UNIVERSIDAD
SAN IGNACIO
DE LOYOLA

FACULTAD DE INGENIERIA

Carrera de Ingeniería Industrial y Comercial

DISEÑO DE UNA PLANTA DE ACEITE DE PALTA A PARTIR DE LA EVALUACIÓN DE TRES MÉTODOS DE EXTRACCIÓN

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial y Comercial

GUTARRA SANABRIA, HUGO DANIEL
VARGAS RODRIGUEZ, MAIRA FERNANDA

Asesor:

Ing. Carlos Cesar Augusto Elías Peñafiel

Lima – Perú
2018

JURADO DE LA SUSTENTACION ORAL

_____
Presidente

_____
Jurado 1

_____
Jurado 2

Entregado el: 16/01/18

Aprobado por:

_____
Hugo Daniel Gutarra Sanabria
Bachiller 1

_____
Ing. Carlos Elias Peñafiel
Asesor

_____
Maira Fernanda Vargas Rodríguez
Bachiller 2

UNIVERSIDAD SAN IGNACIO DE LOYOLA
FACULTAD DE INGENIERIA

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

La Srta. Maira Fernanda Vargas Rodríguez, identificado con DNI Nº 46454380, bachiller de la Carrera de Ingeniería Industrial y Comercial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad San Ignacio de Loyola, presenta la tesis titulada:

"Diseño de una planta de aceite de palta a partir de la evaluación de tres métodos de extracción"

Declaro en honor a la verdad, que el trabajo de tesis en mención es de mi autoría; que los datos, los resultados y su análisis e interpretación, constituyen mi aporte, asimismo que todas las referencias han sido debidamente consultadas y reconocidas en la investigación.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad u ocultamiento de la información aportada. Por todas las afirmaciones, ratifico lo expresado, a través de mi firma correspondiente.

Lima, Enero del 2018

……..……

Maira Fernanda Vargas Rodríguez

DNI N° 46454380

UNIVERSIDAD SAN IGNACIO DE LOYOLA
FACULTAD DE INGENIERIA

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

El Sr. Hugo Daniel Gutarra Sanabria, identificado con DNI Nº 45582085, bachiller de la Carrera de Ingeniería Industrial y Comercial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad San Ignacio de Loyola, presenta la tesis titulada:

"Diseño de una planta de aceite de palta a partir de la evaluación de tres métodos de extracción"

Declaro en honor a la verdad, que el trabajo de tesis en mención es de mi autoría; que los datos, los resultados y su análisis e interpretación, constituyen mi aporte, asimismo que todas las referencias han sido debidamente consultadas y reconocidas en la investigación.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad u ocultamiento de la información aportada. Por todas las afirmaciones, ratifico lo expresado, a través de mi firma correspondiente.

Lima, Enero del 2018

……..……

Hugo Daniel Gutarra Sanabria

DNI N° 45582085

EPÍGRAFE

La calidad empieza por la educación
y termina con la educación

(Ishikawa, 1960)

DEDICATORIA

Dedicamos la presente investigación a nuestros padres, por su paciencia e incondicional apoyo.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos al ING. VICTOR DELGADO por su incondicional colaboración en esta tesis experimental. A nuestro asesor de tesis que nos permitió mejorar a través de sus sugerencias y recomendaciones afinando cada vez la redacción y comprensión de la investigación.

A la Dra Yvonne Cruz por proporcionarnos preciadas pautas en el desarrollo de la investigación. A nuestras familias por su apoyo constante y ser inspiración permanente para el desarrollo de esta tesis.

ÍNDICE

RESUMEN…….. 17

ABSTRACT ……..19

INTRODUCCION 20

Problema de investigación 22

Identificación del problema 22

Formulación del problema 24

MARCO REFERENCIAL 25

Antecedentes 25

Investigaciones nacionales 25

Investigaciones extranjeras 28

Estado del arte 31

Marco teórico 32

Palta (Persea Americana Mill) 32

Razas y variedades 33

Características generales de la palta 37

Grasas y Aceites 38

Clasificación de los aceites 46

Características físicas de los aceites 47

Características químicas de los aceites 49

Composición de ácidos grasos en aceites vegetales 51

Métodos de extracción de aceites vegetales 54

Tecnologías post extracción 63

Aceite de palta 65

Diseño de Planta 76

OBJETIVOS 78

Objetivo general 78

Objetivos específicos 78

Justificación de la investigación 78

Justificación Teórica 78

Justificación Práctica 79

Justificación Social 79

HIPOTESIS ……..80

Hipótesis general 80
Hipótesis Específicas 80
Variable Rendimiento. 80
Variable Composición de ácidos grasos. 80
Variable Características físico-químicas 81
Variable Viabilidad productiva a gran escala y económica 81
Matriz de consistencia 81
MARCO METODOLOGICO 82

Metodología 82
Paradigmas 82
Enfoque 82
Método 83
Variables 83
Variable independiente 83
Variables dependientes. 83
Población y muestra 83
Población 83
Muestra 84
Unidad de análisis 84
Procedimientos 84
Lugar de experimentación 84
Materia prima 84
Materiales y equipos 85
Tratamientos experimentales 86
Diagramas de flujo de los métodos de extracción 91
Diagramas de operaciones de los métodos de extracción 93
Procedimiento para la Extracción de Aceite de Palta por Termobatido 96
Procedimiento para la extracción de aceite de palta por prensado hidráulico 97
Procedimiento para la extracción de aceite de palta por prensado por expeller 99
Balance de materia 101
Análisis estadístico 102
RESULTADOS 104

Rendimiento 104
Composición de ácidos grasos 109
Características físico-químicas 116
Diseño de planta.....127
Determinación del Mercado.....127
Determinación del tamaño de planta 131
Capacidad instalada de planta.....133
Análisis de las maquinarias 134
Análisis de la distribución de la planta 134
Análisis económico.....136
CONCLUSIONES 141
RECOMENDACIONES 143
REFERENCIAS 144

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: La composición por 100 gramos de porción comestible de palta hass……..... 35

Tabla 2: Producción mundial de palta (miles TM)..... 36

Tabla 3: Niveles de madurez de la palta (Persea americana hass) 37

Tabla 4: Ácidos grasos saturados 51

Tabla 5: Ácidos grasos insaturados 51

Tabla 6: Tipos de desecadores y tipos de alimentos que se usan para cada uno. 57

Tabla 7: Comparación de rendimientos entre métodos de extracción. 68

Tabla 8: Comparación de ácidos grasos de otros métodos de extracción. 71

Tabla 9: Comparaciones de ácidos grasos entre otros aceites vegetales. 72

Tabla 10: Comparaciones de las características físico-químicas entre otros métodos de extracción del aceite de palta. 73

Tabla 11: Continuación de comparaciones de las características físico-químicas entre otros métodos de extracción del aceite de palta. 74

Tabla 12: Comparaciones de las características físico-químicas entre otros aceites vegetales..... 75

Tabla 13: Valores de rendimiento por método de extracción y por experimentación. 104

Tabla 14: Análisis del Diseño completamente aleatorio para el Rendimiento. 106

Tabla 15: Análisis descriptivo de la variable rendimiento de cada método de extracción. 107

Tabla 16: Comparación de rendimiento con otras investigaciones similares. .108

Tabla 17: Composición de Ácidos grasos por experimentación y método de extracción. 109

Tabla 18: Promedio del perfil de Ácidos grasos por tipo y método de extracción.....110

Tabla 19: Prueba de Kruskal Wallis para análisis de la variable composición de ácidos grasos. 112

Tabla 20: Principales ácidos grasos. 114

Tabla 21: Comparaciones de composición de ácidos grasos con otras investigaciones.....115

Tabla 22: Características físico-químicas por experimentación y método de extracción. 117

Tabla 23: Análisis de Varianza (ANOVA) para las características fisicoquímicas Densidad e Índice de yodo. 119

Tabla 24: Prueba de Tukey para comparación de métodos respecto a la densidad e índice de yodo. 120

Tabla 25: Análisis Descriptivo de las medias de las características fisicoquímicas densidad e índice de yodo. 121

Tabla 26: Análisis Kruskal Wallis para las características físico-químicas. 122

Tabla 27: Comparación de las características físico-químicas entre métodos. 123

Tabla 28: Comparación de características fisicoquímicas con otras investigaciones.....124

Tabla 29: Resultados experimentales 125

Tabla 30: Análisis de regresión lineal de la población francesa 2012 - 2016 ..130

Tabla 31: Análisis de regresión lineal de la población francesa 2012 - 2016 ..131

Tabla 32: Análisis de regresión lineal de las importaciones 2012 – 2016 132

Tabla 33: Determinación del tamaño de planta en función a la demanda aparente.....133

Tabla 34: Capacidad de planta 133

Tabla 35: Capacidad requerida de los procesos de planta 134

Tabla 36: Inversión para la construcción de la planta (S/ incluyendo IGV) 136

Tabla 37: Capital de trabajo (Todos los montos en S/).....137

Tabla 38: Proyección de ventas de la planta (S/) 138

Tabla 39: Flujo económico (Todos los valores en nuevos soles).....139

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Palta hass 34

Figura 2. Evolución de la producción nacional de palta. 36

Figura 4. Molécula del glicerol 39

Figura 5. Triglicérido 39

Figura 6. Triglicérido simple 40

Figura 7. Triglicérido mixto 40

Figura 8. Diglicérido 40

Figura 9. Monoglicérido 41

Figura 10. Grupo carboxilo 41

Figura 11. Molécula de grasa saturada 41

Figura 12. Molécula de grasa insaturada 42

Figura 13. Ácido esteárico 43

Figura 14. Ácido linoleico 43

Figura 15. Diagrama esquemático de un cromatógrafo de gases 54

Figura 16. Diagrama del procedimiento del aceite de oliva por centrifugación. 56

Figura 17. Representación esquemática Secador de bandejas 58

Figura 18. Representación esquemática de prensa de tornillo helicoidal 62

Figura 19. Tornillo, barral, reducción o boquilla y cabezal para reducciones (a), boquillas con diferentes diámetros de reducción (b) 62

Figura 20. Vistas frontal y lateral de una prensa de tornillo helicoidal escala piloto (capacidad 3-5 kg/hora) 63

Figura 21. Análisis físicos y químicos 70

Figura 22. Diagrama de Flujo del Método Termobatido. 91

Figura 23. Diagrama de Flujo del Método Prensado Hidráulico y Expeller. 92

Figura 24. Diagrama de Operaciones del Método Termobatido 93

Figura 25. Diagrama de Operaciones del Método Prensado Hidráulico. 94

Figura 26. Diagrama de Operaciones del Método Prensado por Expeller. 95

Figura 27. Balance de materia del Método Termobatido 101

Figura 28. Balance de materia del Método Prensado Hidráulico 101

Figura 29. Balance de materia del Método Prensado por Expeller 101

Figura 30. Diagrama de Barras para comparar porcentajes de rendimiento entre métodos de extracción 105

Figura 31. Diagrama de Barras comparativo del perfil de ácidos grasos entre los métodos de extracción. 110

Figura 32. Diagrama de Barras para comparar tipos de ácidos grasos entre métodos de extracción 111

Figura 33. Diagrama de Barras para comparar el promedio de las características fisicoquímicas entre métodos de extracción 116

Figura 34. Diagrama de Barras para comparar el promedio de las características fisicoquímicas entre métodos de extracción 118

Figura 35. Diagrama de relaciones 135

Figura 36. Distribución de planta.....135

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA 152

ANEXO 2: CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES 154

ANEXO 3: FOTOS 155

ANEXO 4: PRESUPUESTO.....164

ANEXO 5: ENSAYO: CROMATOGRAFIA DE ÁCIDOS GRASOS 166

ANEXO 6: CALCULOS DE RENDIMIENTO.....169

ANEXO 7: PRUEBA DE NORMALIDAD PARA VARIABLE RENDIMIENTO ..171

ANEXO 8: PRUEBA DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS PARA VARIABLE RENDIMIENTO 172

ANEXO 9: PRUEBA DE TUKEY PARA COMPARACIÓN DE MÉTODOS RESPECTO A LA VARIABLE RENDIMIENTO.....173

ANEXO 10: PRUEBA DE NORMALIDAD PARA VARIABLE COMPOSICIÓN DE ÁCIDOS GRASOS. 174

ANEXO 11: COMPARACIONES MULTIPLES DE LA VARIABLE COMPOSICION DE LOS ÁCIDOS GRASOS.....175

ANEXO 12: PRUEBA DE NORMALIDAD PARA VARIABLE CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS. 179

ANEXO 13: PRUEBA DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS PARA VARIABLE CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS 180

ANEXO 14: COMPARACIONES MULTIPLES DE LA VARIABLE CARACTERISTICAS FISICOQUIMICAS 181

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo determinar si existen diferencias significativas en rendimiento, composición de ácidos grasos, y características físico-químicas del aceite de palta hass extraído mediante los métodos: termobatido, prensado hidráulico y prensado por expeller, eligiendo el mejor método para proponer el diseño de planta. Para la variable rendimiento se aplicó el DCA pues los datos cumplieron los supuestos, respecto a la composición de ácidos grasos se realizó cromatografía de gases y se aplicó la prueba no paramétrica Kruskal Wallis y respecto a las características físico-químicas solo al índice de yodo y densidad se le realizó el DCA, mientras a los demás se les realizó Kruskal Wallis. Los resultados de rendimiento fueron 16.39%, 23.97% y 42.69% para termobatido, prensado hidráulico y prensado por expeller, respectivamente, obteniéndose un p-valor < 0.05; respecto a la composición de ácidos grasos, los principales ácidos grasos fueron; ácido oleico 65.71%, 41.27%, 40.90% para termobatido, prensado hidráulico, prensado por expeller respectivamente; determinándose un p-valor < 0.05; Ácido linoleico 12.48%, 13.83%, 14.24% para termobatido, prensado hidráulico, prensado por expeller respectivamente; determinándose un p-valor < 0.05; y Ácido alfa-linolénico 1.27%, 0.88%, 0.94% para termobatido, prensado hidráulico, prensado por expeller respectivamente; obteniéndose un p-valor < 0.05. Finalmente los principales análisis físico-químicos dieron como resultado, índice de acidez, 0.41, 0.2, 0.47 mgKOH/1gr para termobatido, prensado hidráulico, prensado por expeller respectivamente; obteniéndose un p-valor < 0.05; peróxido, 5.97, 5.62, 14.82 meqP/Kg para termobatido, prensado hidráulico, prensado por expeller respectivamente; obteniéndose un p-valor < 0.05. Se realizó el diseño de planta a partir del método del prensado hidráulico, la capacidad de planta calculada se estableció en una capacidad de procesamiento de 450Kg de pulpa de palta por hora, logrando producir 67,290 Kg de aceite anuales. En análisis de rentabilidad muestra un TIR de 83%, un ROI de 138.86% aceptándose la implementación de la planta como rentable, y un VAN después de 5 años de S/. 1, 334,705.89.

Palabras clave: Aceite de palta, Palta hass, termobatido, prensado hidráulico, expeller, cromatografía de gases.

ABSTRACT

The objective of the research was to determine if there are significant differences in yield, fatty acid composition, and physico-chemical characteristics of the avocado oil extracted by the methods: thermobinding, hydraulic pressing and expeller pressing, choosing the best method to propose the design of plant. For the performance variable the one way design was applied because the data fulfilled the assumptions, with respect to the composition of fatty acids gas chromatography was performed and the non-parametric test Kruskal Wallis was applied, and with respect to the physico-chemical characteristics only to the iodine index and AOV analysis was applied, while the others were made by Kruskal Wallis. The performance results were 16.39%, 23.97% and 42.69% for thermobinding, hydraulic pressing and expeller pressing, respectively, obtaining a p-value <0.05; Regarding the composition of fatty acids, the main fatty acids were; oleic acid 65.71%, 41.27%, 40.90% for thermoblasted, hydraulic pressing, expeller pressing, respectively; determining a p-value <0.05; Linoleic acid 12.48%, 13.83%, 14.24% for thermoblasted, hydraulic pressing, expeller pressing, respectively; determining a p-value <0.05; and alpha-linolenic acid 1.27%, 0.88%, 0.94% for thermoblasted, hydraulic pressing, expeller pressing respectively; obtaining a p-value <0.05. Finally, the results of the main physical-chemical analyzes were: acid index, 0.41, 0.2, 0.47 mgKOH / 1gr for thermoblasted, hydraulic pressing, expeller pressing, respectively; obtaining a p-value <0.05; peroxide, 5.97, 5.62, 14.82 meqP / Kg for thermoblowing, hydraulic pressing, expeller pressing, respectively; obtaining a p-value <0.05. The plant design was made from the hydraulic pressing method, the calculated plant capacity was established in a processing capacity of 450Kg of avocado pulp per hour, achieving 67,290 Kg of oil per year. In profitability analysis it shows an IRR of 83%, un ROI de 138.86% accepting the implementation of the plant as profitable, and a NPV after 5 years of S/. 1, 334,705.89.

Key words: Avocado oil, Avocado hass, thermoblasted, hydraulic pressing, expeller, gas chromatography.

INTRODUCCION

Actualmente la palta es un cultivo que cuenta con una gran difusión en los países con climas templado – cálido, sin embargo los países que presentan los más importantes cultivos se encuentran en Latinoamérica, dentro de estos esta México que se ubica como el primer productor a nivel mundial, seguido por Perú, Chile, Republica Dominicana y Brasil (Duran, 2011).

En Perú, dentro de la dieta alimenticia se encuentra la palta la cual es uno de los frutos que más se consumen. Hoy en día en nuestro país el consumo per cápita está en los 5kg; consumimos el doble de palta que EE.UU. y el triple respecto a países Europeos, mientras México presenta la mayor demanda de palta al consumir 8 kg per cápita al año. (León, 2014).

Respecto a los beneficios de la palta los diversos libros y documentos especializados en los temas de la salud y la alimentación destacan de la palta su alto contenido de grasas, unas tres cuartas partes de las cuales se encuentran en forma de ácidos grasos poliinsaturados que resultan beneficiosos para la salud. Lo anterior hace de la palta un gran aliado de las personas que por una u otra razón desean o requieren evitar las grasas animales dentro de su dieta. (Duran, 2011).

De los aceites vegetales se sabe que proveen un considerable aporte calórico y mejora la textura y palatabilidad de los alimentos. Su valor nutricional básicamente es en gran proporción el aporte energético que nos generan (Martínez, 2015). Sobre el origen del aceite de palta se sabe que 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 de aceite de palta prensado en frio 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).

El aceite de palta es una fuente importante de ácidos grasos poliinsaturados; conteniendo ácido oleico (75%), ácido linoleico (9%), ácido

palmítico (9%) y ácido palmitoleico (1.5%) (Schwartz, Olaeta, Undurraga, & Costa, 2007), asimismo posee excelentes cualidades como son, sabor y color verde muy atractivo que se convierte en una extraordinaria opción de remplazo del aceite de oliva, por presentar una gran cantidad de nutrientes como grasas no saturadas, antioxidantes, vitamina E y un bajo porcentaje de acidez (Parra, 2005). Asimismo posee un elevado punto de humo, este indica mayor estabilidad entre sus enlaces, logrando resistir a reacciones de degradación como la oxidación y la polimerización. También favorece a procesos de freído o cocción por arriba de los 180°C, indicando que hay menos ácidos grasos libres en el aceite (Castañeda, López, Ramos, Ariza, Carrera & Portillo, 2015).

En los últimos años, las tendencias sobre la importancia de una buena alimentación han significado que muchas de las grasas de origen animal sean remplazadas por alternativas vegetales que sean ricas en “Grasas buenas” como por ejemplo los aceites insaturados como los pertenecientes al grupo de los omega, como por ejemplo el aceite de oliva el cual su demanda se ha ido incrementando en los últimos años (Schwartz et al., 2007). Acorde a las investigaciones recientes, se ha establecido que el aceite de palta presenta mejores cualidades que el de oliva debido en a su mayor cantidad y calidad nutricional, en benéfico a la salud humana, sobre todo en relación a las enfermedades cardiovasculares. (Zhong, Bedgood, Bishop & Robards, 2007)

Para diseñar una planta se tienen que seguir los siguientes pasos; estudio de mercado, para poder saber la capacidad de planta; diseño del proceso, que se evalúa a través de la capacidad de planta, la materia prima, materiales, métodos; el tamaño; distribución de planta; y finalmente un análisis económico para evaluar la rentabilidad (Díaz, Jarufe & Noriega, 2007)

Finalmente en la presente investigación se desarrollaron tres métodos de extracción, termobatido, prensado hidráulico, prensado por expeller y se evaluaron las diferencias de sus rendimientos y calidades de los aceites de palta obtenidos para poder definir un diseño de planta y evaluar la rentabilidad y viabilidad de esta.

Problema de investigación

Identificación del problema

Acorde a lo investigado por Restrepo, Londoño, González, Benavides & Cardona (2012) podemos observar que el componente más importante en el análisis proximal de la palta, es el contenido de aceite que suele representar hasta un cuarto de la materia total en base seca, con una gran diversidad de nutrientes asociados a grandes beneficios para la salud. La variedad hass es la que mayor rendimiento ha tenido en diferentes investigaciones (Martínez, 1988) y (Santana, 2013), y una de las variedades que más aceite contiene (Duran, 2011).

La definición de calidad de los aceites comestibles no es unívoca, aunque en última instancia siempre está relacionada a su composición. La calidad representa el conjunto de propiedades innatas de un producto, los cuales permiten establecer una comparativa con respecto a sus similares y cuantificar sus ventajas y desventajas. Referida a los alimentos en general y a los aceites en particular, la calidad puede expresarse como el conjunto de las propiedades físicas, químicas, nutricionales y organolépticas que poseen y que determinan la aceptabilidad por parte del público en un determinado uso. Esta definición introduce criterios o parámetros que pueden medirse o valorarse (Martínez, 2015).

Una propiedad muy importante en la evaluación de calidad de un aceite es su estabilidad, la cual se encuentra determinada por las propiedades antioxidantes que posee, además del perfil lipídico y las características de su composición. Los aceites vegetales, pese a poseer cadenas y enlaces complejos en su estructura, presentan una mayor estabilidad al presentar una gran variedad de antioxidantes (Jiménez, 2001).

La extracción de aceite de palta en el Perú recién se ha dado a conocer hace unos años, es por eso que no existe mucha investigación nacional científica al respecto, pero por otro lado ya existen empresas como Valle Sur que producen y exportan el aceite de palta a través del método Termobatido.

A nivel internacional si existen varias investigaciones científicas que han determinado la calidad y rendimiento del aceite de palta a partir de diferentes métodos de extracción, pero no específicamente una comparación entre los métodos de extracción desarrollados en la presente investigación determinando si existen diferencias significativas entre estos, para poder definir un diseño de planta óptimo, pues las diferentes plantas de extracción investigadas utilizan diferentes métodos de extracción; pues para poder implementar una planta de obtención de aceite se tiene que saber básicamente el proceso que se va a desarrollar.

Asimismo a través de la investigación y experimentación de diferentes métodos se pueden diseñar procesos que podemos implementar como Ingenieros industriales en diferentes fábricas y/o empresas para la producción y extracción de aceite de palta.

También se sabe que existe un mercado potencial de exportación del aceite sin embargo en la mayoría de países es imposible determinar con exactitud los montos comerciados, dado que las partidas asociadas no son exclusivas de aceite de palta. Sin embargo las tendencias actuales, de la búsqueda de alimento saludables, estiman que el consumo de aceite de palta va a crecer con el tiempo, al ser una mejor alternativa al aceite de oliva (Consejo Oleico Internacional, 2017)

Una incertidumbre muy importante a tomar en cuenta es si es rentable la aplicación de la técnica elegida a gran escala, por eso se debe realizar un diseño de planta, acompañada de un análisis económico que sustente su capacidad de producir utilidades y su viabilidad.

Finalmente se sabe que el 94.2% del total de la palta exportada en el Perú es de la variedad Hass (Feliciano, 2014), y que de este, el 7% se descarta, dicho descarte se vende a un bajo costo o se desperdicia (Román Basilio, entrevista 2016) se podría invertir en un poco de infraestructura dándole un valor agregado y convirtiéndolo en un producto no tradicional como es el aceite de palta, dado que la variedad Hass es la que más porcentaje de aceite contiene (Duran, 2011).

Formulación del problema

Problema General

¿Existen diferencias significativas en la calidad y el rendimiento del aceite de palta hass entre los métodos, termobatido, prensado hidráulico y prensado por expeller para poder definir el mejor proceso y proponer un diseño de planta?

Problemas específicos

¿Existen diferencias significativas respecto al rendimiento del aceite de palta hass entre los métodos de extracción, termobatido, prensado hidráulico y prensado por expeller para poder definir el mejor proceso y proponer un diseño de planta?

¿Existen diferencias significativas respecto a la composición de ácidos grasos del aceite de palta hass entre los métodos de extracción, termobatido, prensado hidráulico y prensado por expeller para poder definir el mejor proceso y proponer un diseño de planta?

¿Existen diferencias significativas respecto a las características físico-químicas del aceite de palta hass entre los métodos de extracción, termobatido, prensado hidráulico y prensado por expeller para poder definir el mejor proceso y proponer un diseño de planta?

¿Es viable económicamente y productivamente el método seleccionado al ser implementado en planta?

MARCO REFERENCIAL

Antecedentes

En esta sección se menciona y describe sucintamente las investigaciones científicas previas llevadas a cabo en el Perú como en el extranjero y que son relevantes a la presente investigación.

Investigaciones nacionales

Cabrera Gonzales, de la Universidad de Lima realizó la tesis titulada “Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta de procesamiento de aceite de palta extravirgen para consumo nacional” publicada en el año 2017, este estudio tuvo el fin de analizar el mercado potencial, establecer la viabilidad técnica y económica para la producción y venta de aceite de palta extra virgen para el consumo nacional, como un modo de genera una oportunidad de aprovechamiento tecnológico del cultivo, proponiendo una fuente extra de ingresos para los productores de palta peruanos, sobre todo los mas pequeños. Se puede asumir que este proyecto es rentable dado el análisis financiero que se realizó, rendimiento de las máquinas y la demanda que se obtuvo en el análisis del mercado. La poca información sobre la industria del aceite de palta en el Perú y la forma en cómo introducir el producto al mercado, ya que es un producto nuevo y está entrando en un mercado ya posicionado con varios marcas, son los limitantes que se pueden tener para este proyecto. Se debe tomar en cuenta también supuestos como la inflación, que no exista conflicto social en el periodo del proyecto y el aumento de la demanda. Se concluyó la viabilidad del proyecto mediante el análisis de rentabilidad. La inversión requerida fue de S/ 2’327,602, La Tasa Interna de Retorno (TIR) resulto en 23,37% y finalmente el Valor Actual Neto S/ 356 677.

Condori Cahui, Moisés de la Universidad Unión de Juliaca, Perú, realizó la tesis titulada “Análisis de extracción de aceite de palta de la variedad Fuerte por evaporación rápida de agua” publicada en el año 2016, su objetivo fue analizar el proceso de obtención de aceite de palta de la variedad Fuerte por evaporación rápida de agua. Se determinó que el uso de la técnica de

extracción de aceite por el Método de Evaporación Rápida de Agua 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. 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 de densidad especifica de 0.910 ± 0.00, un índice de refracción (50 ºC) 1.000, grado de acidez 0.10 (%), nivel de peróxidos 2.20 (meq/kg), Índice de yodo 130.20 (g/100 g), grado de saponificación 130.00 (mg/g), y viscosidad 33.60 ± 16.83 (cP).

Rengifo Gratelli, Pedro de la UNMSM, realizó la tesis titulada "Caracterización del aceite de la semilla de palta Persea Americana Mill. Var. Hass fuerte y medición de su actividad antioxidante" publicada en el año 2014, su objetivo general fue clasificar al aceite obtenido de la semilla de palta de la variedad Hass fuerte, y evaluar su características antioxidantes. La caracterización fisicoquímica generó valores promedios 2,12; 1,40; 242,30; 70,62 y 0,919 para el índice de acidez, el índice de peróxido, el índice de saponificación, el índice de yodo y la gravedad específica, respectivamente; con una significación $p<0,05$; se hallaron triterpenos, quinonas y trazas de lactonas, flavonoides, aminoácidos y compuestos fenólicos. El perfil de ácidos graso permitió identificar los niveles de omega-6 (48,77%) y omega-3 (12,17%). Finalmente, se determinó la capacidad antioxidante mediante el método de DPPH (α,α-difenil-β-picrilhidrazilo) encontrándose una actividad antioxidante total del aceite de 9,676±0,260 µmol TE/kg. Mientras la fracción saponificable tuvo una actividad antioxidante de 8,700±0,26 µmol TE/kg; y la no saponificable fue de 7,37±0,169 µmol TE/kg.

Casanave Zevallos, María del Carmen de la Universidad Nacional Agraria La Molina realizó la tesis titulada "Extracción, Caracterización y Refinación de aceite de pulpa de palta *(persea americana)"* publicada en el año 1980, su objetivos fueron determinar a nivel laboratorio, los parámetros para la extracción del aceite de palta; caracterizar mediante sus propiedades físico-químicas, el aceite de palta crudo; determinar las características del aceite de

palta refinado de acuerdo a las pruebas estandarizadas. El proceso más adecuado para la obtención del aceite de palta fue el prensado, previa deshidratación, luego la centrifugación del aceite y finalmente la extracción por solventes de la torta de la prensa, se junta el aceite y se le denomino aceite crudo. El mayor rendimiento durante el prensado se obtuvo con un contenido de humedad de 8.5% en la pulpa. Se evidenciaron como características físico-químicas del aceite; el % Ácido oleico 0.82%; índice de peróxido, 11.8 meqO2/kg; el índice de yodo, 94.8; índice de saponificación, 224.91; índice de refracción 1.4685; densidad, 1.917. Durante el proceso de secado por aire caliente el índice de acidez aumento de 0.25%(pulpa fresca) a 1.07%(pulpa con 5% de humedad), el índice de peróxido aumento de 3.52 meq o2/kg (pulpa fresca) a 12.5 (pulpa con 5% de humedad) y el índice de yodo disminuyo de 109.89 a 95.45. Finalmente con la neutralización se logró disminuir la acidez del aceite crudo total de 0.82 a 0.21% en ácido oleico.

Sanchez Ipanaque, Miguel de la Universidad Nacional Agraria La Molina realizó la tesis titulada “Correlación del contenido de aceite, materia seca y humedad de pulpa como indicadores de cosechas en frutos de palto (persea americana) cultivado bajo condiciones de chincha” publicada en el año 2008, su objetivo era determinar el nivel de asociación del grado de humedad de la pulpa de palta Hass cultivadas en dos zonas de chincha, y establecer la variación del porcentaje de aceite, en materia seca y humedad de la pulpa de frutos de palta Hass durante el periodo de recolección cultivado en dos zonas de Chincha. Se encontró un gran nivel de reciprocidad positiva entre el contenido de aceite y el de materia seca en ambas zonas, siendo r= 0.9583 para la zona de Alto Larán y para la zona de El Carmen un r= 0.9544 lo que indica que la cantidad de aceite que contiene depende linealmente del contenido de la materia seca, a medida que se incrementa el contenido de materia seca, también se incrementa el contenido de aceite. En cuanto a la aceptación gustativa no presento diferencias significativas entre los promedios del panel de degustación, es decir se tuvieron valores estadísticamente iguales en todo el periodo de recolección en ambas zonas.

Rodríguez Rivera, César de la Universidad Pontificia Universidad Católica del Perú realizó la tesis titulada “Estudio de pre-factibilidad para la producción y exportación de Aceite de Palta” publicada en el año 2014, su objetivo fue elaborar un análisis de pre-factibilidad para añadir valor a la palta hass y acceder a nichos de mercados más rentables, se concluyó que existe suficiente materia prima para poder producir el producto, luego la balanza comercial mostró que a lo largo del siglo 21 existe una diferencia positiva entre lo producido, consumido y exportado arrojando una cifra de 58,576 en el 2011, asimismo, otro punto importante fue que se describió la calidad de la materia prima necesaria, se indicó que esta debe estar sobremadura por lo cual un producto de este tipo brinda al pequeño y mediano productor una alternativa para el producto que no es colocado en los mercados de exportación o de consumo interno, finalmente a través de un estudio de mercado se concluye exportar a China y el monto total de la inversión asciende a 2,074,890 soles mientras que la Tasa Interna de Retorno Económico (TIRE) se calcula en 22.76 % y Valor Actual Neto Económico (VANE) de 1,145,215 nuevos soles lo que hace del proyecto atractivo para los inversionistas.

Investigaciones extranjeras

Acosta Moreno, Martha de la Universidad Nacional de Colombia realizó la tesis titulada “Evaluación y escalamiento del proceso de extracción de aceite de palta utilizando tratamiento enzimático” publicada en el año 2011, su objetivo fue establecer un método de extracción del aceite de palta en frío con el uso de diferentes preparados enzimáticos comerciales. Se evaluaron las variedades Criollo, Lorena, Choquette, Santana y Hass, las cuales son comunes en el departamento de Tolima, con el método de Soxhlet para determinar su extracto etereo, Los resultados muestran que la variedad que presenta más altas fracciones hidrofóbicas es la Hass (25% b.h.), Se complementó el estudio con una evaluación de la aptitud de la variedad Hass para los procesos actuales de extracción de aceite, mediante enzimas (hemicelulasas, celulasas, y pectinasas) El rendimiento alcanzado fue del 95.6% mediante la aplicación de agitación.

Doradea Cruz, Jorge de la Universidad de San Carlos de Guatemala realizó la tesis titulada “Evaluación del rendimiento y calidad del aceite fijo de pulpa de palta (persea americana hass) obtenido por presión en frío en función del proceso de secado” publicada en el año 2013, su objetivo fue evaluar el rendimiento y la calidad del aceite fijo de palta Hass por medio de extracción por prensado en frío. Se comprobó que mediante la cantidad de aceite obtenido en función a la materia seca, se obtuvo un resultado de 10,45% con ácido fosfórico y 11,51% con sulfito de sodio. En esta investigación se trabajó haciendo una mezcla de ambos reactivos con la pulpa de la palta para luego hacer una mezcla homogénea y someterla a un proceso de secado, en el secador de flujo transversal a una temperatura de 60 grados Celsius que permaneció constante, en un intervalo de tiempo de 22 –24 horas para llegar a una humedad de 7,5%. Para determinar los índices de calidad se elaboraron cinco ensayos de cada extracción con ambos reactivos lo que dio un total de diez muestras para analizar. Las pruebas a realizar fueron las siguientes: índice de yodo, peróxido, saponificación, totox, DOBI, humedad, fósforo, fosfátidos, ceras, jabón y gomas. Se halló que no se evidenciaba diferencias significativa en trabajar la pulpa en medio básico y ácido, según los datos obtenidos de los índices de calidad. En cuanto a las propiedades físicas se estableció que no existe diferencia significativa entre ambos procedimientos, las pruebas que se realizaron fueron las siguientes: densidad, viscosidad, punto de ebullición e índice de refracción. Para el análisis cromatográfico se obtuvo que el aceite fijo de pulpa de palta (Persea americana Hass) posee en su mayoría ácido esteárico con un 63,36% y ácido palmítico con un 18,21%.

Santana Salto, Landy Erika de la Universidad Técnica estatal de Quevedo, realizó la tesis titulada “Obtención de aceite de palta (persea americana mill) con tres variedades: (p.a.mill hass) (p.a.mill santana) y (p.a.mill choquete), utilizando tres métodos de extracción” publicada en el año 2013, su objetivo fue Obtener aceite de palta (Persea americana Mill) en las variedades (P.a.Mill Hass) (P.a.Mill Santana) y (P.a.Mill Choquete), utilizando tres métodos de extracción en el Cantón Quevedo, Provincia Los Ríos, ayudando a elevar las posibilidades de rendimiento agrícola en la región. El diseño experimental consistía en trabajar con tres variedades de palta tres métodos de extracción

con 3 repeticiones para obtener los resultados. Se evaluaron y analizaron estadísticamente los resultados por el diseño completamente al azar con arreglo factorial de 3 x 3 con tres repeticiones. También se realizaron los cálculos estadísticos Tukey y Anova estos de aplicaron a través del programa estadístico Infostat. Los aceites obtenidos se caracterizaron de acuerdo con el contenido de la humedad, el índice de acidez, el índice de refracción y la densidad, basándose en los parámetros de la norma técnica para aceites comestibles INEN Ecuador (2012). Al comprobar que el aceite de palta para Soxlhet variedad Choquete tenía un mayor contenido de humedad del 17,93% y un porcentaje inferior presionando con el 0,09%. La variedad Santana por el método Soxlhet tuvo un mayor porcentaje de 1,66%, y los aceites que tenían menor acidez fueron de la variedad Santana por prensado y centrifugación con 0,22 y 0,24%, respectivamente. En el índice de refracción el más alto porcentaje y más bajo se obtiene por los métodos Choquete variedad Soxlhet y centrifugando con 1,450 y 1,480%. Los aceites de mayor densidad y menor porcentaje de aceite se obtuvieron a partir de la variedad Santana por los métodos Soxlhet y centrifugación con 0,87% y 0,93%.

Cuaspud Enríquez, Mauricio Alexander de la Escuela Politécnica Nacional de Ecuador realizó la tesis titulada “Obtención de aceite de palta microencapsulado mediante secado por atomización” publicada en el año 2015, su objetivo fue utilizar un método que consiste en microencapsular el aceite de palta por su perfil de grasas, sobre todo las insaturadas que muestran benéficos para la salud y de esta manera evitar su oxidación. Para lograr esto, se tuvo que evaluar cuatro formulaciones las cuales fueron secadas por atomización a 150°C y 180°C. Luego se elaboraron emulsiones de aceite de palta con soluciones de goma arábiga y maltodextrina, a cuatro diferentes proporciones de GA:MD (1:0; 1:1; 2:3; 3:2). Las emulsiones con mayor cantidad de goma en su formulación presentaron mayor estabilidad, menor tamaño del glóbulo graso y mayor viscosidad. Se pudo observar que al incrementar la cantidad de maltodextrina en las emulsiones disminuyó la viscosidad y aumentó el tamaño del glóbulo graso, este indicador influyo inmediatamente sobre la eficiencia de la microencapsulación. Las partículas de polvo presentaron del 9 al 18% de aceite superficial. Finalmente no se evidenciaron

observaron diferencias estadísticamente significativas entre las formulaciones de proporciones GA:MD 1:0 y 3:2 por lo que se optó por la formulación de proporción 3:2 para las pruebas de estabilidad con la finalidad de abaratar costos.

Romero Blachet, Miguel Angel de la Universidad de Chile realizó la tesis titulada “Producción de aceite de palta en chile, una alternativa de negocio” publicada en el año 2006, su objetivo generar oportunidades económicas en los pobladores de la zona Central de Chile mediante la producción de aceite de palta, la cual es un cultivo de importancia en la región, a través de un análisis estratégico orientado al aceite extra virgen como producto principal, permitiendo de esta manera una diferenciación con la oferta actual y contar con un producto de mayor calidad y valor. Se pudo concluir que el producto a pesar de contar con una gran oportunidad potencial, debe ser promovido en la región buscando incrementar la demanda local, y aplicar estrategias que permitan el ingreso a nuevos mercados en el exterior. Las recomendaciones incluyen la implementación de estándares que permitan el adecuado desarrollo tecnológico, logístico y humano; empezando con la formación de cooperativas entre los productores, logrando así una mayor competitividad.

Estado del arte

Las investigaciones en el tema se han enfocado en los últimos años en el análisis científico de las características físicas y químicas de la palta, orientadas a determinar el contenido de nutrientes presentes y sus beneficios con respecto a la salud humana. Además se buscó también determinar las aptitudes que presenta la palta con respecto a los procesos y tecnologías para la extracción de aceite. Se ha determinado que la palta es una gran fuente de nutrientes, sobre todo grasa esenciales del complejo omega, y una gran variedad de antioxidantes. Además se determinó un gran rendimiento de la variedad Hass a los procesos de extracción enzimáticos y de prensado.

Con respecto a la rentabilidad de iniciativas que busquen la producción y venta de aceite de palta, vemos que todos los proyectos planteados cumplen con la generación de utilidades, sobre todo los orientados a la exportación.

Marco teórico

Palta (Persea Americana Mill)

La palta es nativa de Latinoamerica. El origen de su árbol se halló en México, Centro América hasta Colombia, Venezuela y Perú. La antigüedad reconocida de restos fósiles de paltas que fueron encontrados en el Valle de Tehuacán en el Estado de Puebla es de más de 8000 años (Hernández, 2006). El árbol se originó en Mesoamérica, la cual es la región más alta del centro de México y Guatemala. México es el centro del origen de la palta *(Persea Americana Mill)* (Duran, 2011).

Actualmente las regiones con más hectáreas de cultivos de paltas son México, Estados Unidos, Chile, Sudáfrica y España. La comercialización de este producto se encuentra específicamente dirigida hacia Europa, donde Francia, Alemania, Reino Unido e Italia son sus principales consumidores y España encabeza las exportaciones (Duran, 2011).

Duran explica la taxonomía de la palta de la siguiente manera:

Reino: Vegetal.

División: Spermatophyta.

Subdivisión: Angiospermae.

Clase: Dicotyledonneae.

Subclase: Dipetala.

Orden: Lauréales.

Familia: Lauraceae.

Género: Persea.

Especie: Persea Americana Miller, Persea gratissima Gaerth, Persea drymifolia

Nombre Común: Palta, Palta (2011, p.23)

Razas y variedades

Raza mexicana

La conocida raza Mexicana (Persea Americana var. drymifolia) se acondiciona a climas bien fríos, resistiendo temperaturas de hasta 2,2°C, y teniendo como optimas temperaturas, de 5 a 17°C.

Las razas de palta que mayor contenido de grasa poseen pertenecen a esta raza, puede ser de hasta un 30% y por otro lado la de menor contenido de azúcar con un 2%. Algunas variedades de la raza mexicana son duke, puebla, gottfried, bacon, zutano (Duran, 2011).

Raza guatemalteca

Es originaria del occidente de Guatemala, encontrándose en alturas entre 1000 y 2000 m.s.n.m., granular o arenosa, es resistente al transporte. Su semilla es más pequeña y la pulpa es abundante. Se adapta fácilmente a condiciones subtropicales, con temperaturas de 4 a 19°C. Los frutos son de forma ovalada o piriforme; su color es un verde opaco, y se pone morado oscuro cuando madura; su contenido de grasa es del 20%. Una de las variedades de la raza guatemalteca es la Hass, está compuesta con un 10 a 15% de la raza mexicana y el resto, 85 a 90% de la raza guatemalteca, junto con las variedades Fuerte, Reed y Colinred, son una de las mejores para su producción en condiciones de clima frio moderado. Otras variedades de la raza guatemalteca son la reed, itzamna, linda, nabal, edranol, etc. (Duran, 2011).

Raza antillana

Esta variedad es la más difundida en Sudamérica, aunque debe su nombre a que después de su descubrimiento se llevó a las Antillas, con una gran difusión. (Duran, 2011).

Razas hibridas

Dentro de las variedades hibridas tenemos a la Fuerte, hibrido de la raza mexicana con la guatemalteca, su contenido en grasa esta entre 18 y 24%. Asimismo se tienen otras variedades hibridas como: Rincon, ettinger, Colin V-33; y otros hibridos entre guatemalteca y antillana como la santana, choquete, trinidad, etc. (Duran, 2011).

Hass

Es la que presenta una mayor difusión a nivel global. Es originada de en Estados Unidos gracias a Rudolph G. Hass, a partir de una semilla establecida al principio de 1920. Fue patentada en 1935, se piensa que proviene del antiguo cultivar Lyon. Fruto: de 170 a 350gr, su pulpa es cremosa y tiene de gran sabor, no tiene mucha fibra, contiene un 24% de aceite, cascara algo coriácea, un poco rugosa, color morado oscuro al madurar; semilla chica; excelente productor y lo mejor es que su fruta se puede conservar en el árbol por algunos meses luego de madurar fisiológicamente (Hernández, 2006).

Esta variedad se considera de la raza guatemalteca, pero en realidad tiene un 15% de la raza mexicana y el resto 85% de la raza guatemalteca (Duran, 2011).

Figura 1. Palta hass

Duran (2011), Las propiedades y composición química de la palta hass se ven en la tabla 1.

Tabla 1: La composición por 100 gramos de porción comestible de palta hass

Agua	75 gr
Fibra	1.6 gr
Proteína	1.7 gr
Hidratos de Carbono	5.9 gr
Grasa	15.4 gr
Aceites Saturados	2.2 gr
Aceites Monoinsaturados	8.9 gr (96% ácido oleico)
Aceites Poliinsaturados	1.7 gr (98% ácido linoleico)
Vitamina A	85 mg
Vitamina D	10 mg
Vitamina E	3 mg
Vitamina C	14 mg
Vitamina K	8 mg
Vitamina B1	0.11 mg
Vitamina B2	0.20 mg
Vitamina B6	0.45 mg
Niacina	1.6 mg
Acidos pantotemico	1 mg
Biotina	10 mg
Acido Fólico	32 mg
Calcio	10 mg
Hierro	1.06 mg
Fosforo	40 mg
Sodio	4 mg
Potasio	463 mg
Magnesio	41 mg
Manganeso	2.3 mg
Cobre	0.35 mg
Azufre	25 mg
Cloro	10 mg
Calorías	160

Tabla 2: Producción mundial de palta (miles TM)

Países	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Mundo	2 707	2 786	2 950	3 174	3 216	3 420	3 658	3 613	3 444	3 969	3 898	4 277	4 360
Mexico	907	940	901	905	987	1,022	1,134	1,143	1,162	1,231	1,107	1,264	1,316
Indonesia	146	142	238	256	222	228	239	202	244	258	224	276	294
Rep. Dominicana	82	111	148	274	219	113	216	183	188	184	289	295	290
EE.UU.	217	203	181	212	163	283	247	193	105	271	158	239	245
Colombia	132	137	143	163	171	172	192	194	184	189	205	215	219
PERÚ	84	93	94	100	108	103	113	122	136	157	184	213	215
Kenya	52	54	52	71	80	100	104	94	104	145	202	201	186
Chile	98	110	140	140	160	160	205	210	123	232	166	156	160
Brazil	86	154	174	157	171	169	164	154	147	139	153	160	160
Rwanda	8	15	20	30	40	50	60	70	79	141	130	143	145
Rep. Pop. China	70	75	75	81	100	125	90	92	95	100	102	109	110
Guatemala	26	27	47	66	59	59	117	114	96	99	94	91	95
South Africa	69	69	67	77	57	106	61	65	84	77	83	76	92
Venezuela	52	44	50	46	52	63	59	83	72	75	73	82	83
España	64	75	74	77	76	75	80	82	74	72	97	83	77

Nota: Fuente del Boletín anual del Minagri.

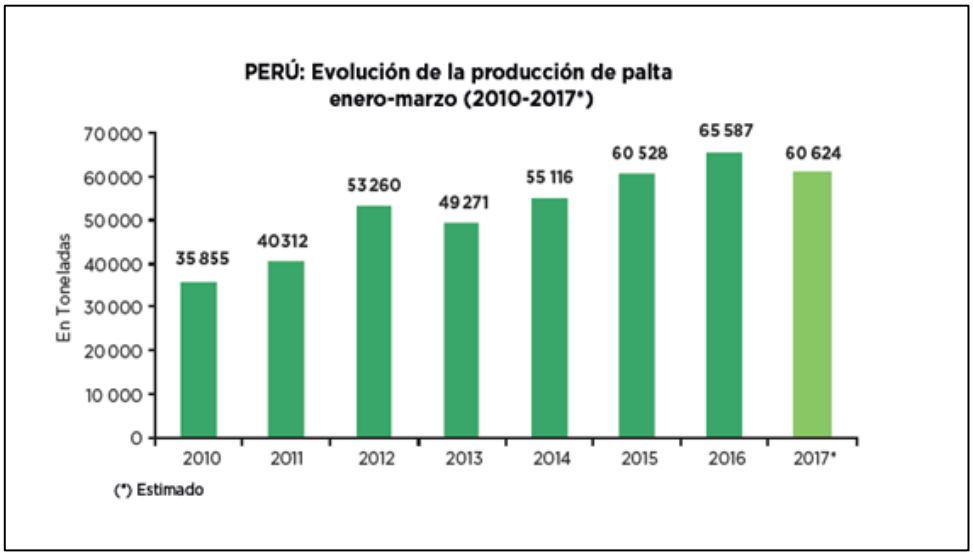

Figura 2. Evolución de la producción nacional de palta.

Fuente: Boletín anual del MINAGRI

El Perú es un país privilegiado dado su óptimo clima, con respecto a la adaptabilidad de los cultivos de palta, durante todo el año, para casi todas sus variedades. Los principales centros de producción en el Perú se ubican en Lima, Moquegua, Ica y Piura. Por otro lado la palta está en el lugar número

doce del rubro de agro-exportación del Perú y es un mercado que está teniendo un crecimiento moderado lo que constituye una oportunidad más para el país, los mercados de la Unión Europea representan los principales mercados destacando Francia y España seguidos de Reino unido y los Países Bajos (Maldonado, 2006).

El Perú ocupa el tercer lugar en el comercio internacional de palta según Comex Perú**,** los envíos de palta nacional fueron 364 millones de dólares teniendo como principales destinos. Holanda (37,4%), España (15,4%) y EE. UU. (28,9%) son los principales lugares de exportación (Redacción Peru21, 2017).

Características generales de la palta

Madurez

Duran (2011) explica que "El contenido de la materia seca es un parámetro que se ha determinado como indicador de grado de madurez fisiológica del fruto y se han fijado unos valores mínimos como estándar legal para cada variedad. Los frutos cosechados con niveles de materia seca por debajo del valor mínimo recomendado, maduran de madera irregular y no desarrollan correctamente sus características de calidad, por otro lado, los frutos cosechados con niveles de materia seca altos, experimentan una rápida maduración y reducen su vida en el mercado. La determinación del contenido de materia seca se desarrolla comúnmente en muestras de 10-15g de pulpa sometidas a desecación en horno de microondas".

Tabla 3: Niveles de madurez de la palta (Persea americana hass)

Nivel de Madurez	Nombre	Fuerza media de penetración (gramos de fuerza)	Dureza al tacto	Color de la cascara
A	Verde	Mayor que 40	Dureza extrema	Verde negro
B	Sazón firme	25 - 40	Firme duro	Negro
C	Sazón suave	26 - 40	Firme suave	Negro
D	Maduro	Menor que 10	Blando	Negro-purpura

Nota: Modificado de (Doradea, 2013)

Grasas y Aceites

Las grasas más abundantes en los seres vivos son las grasas neutras o acilglicéridos, los vulgarmente llamados aceites y grasas que constituyen la principal reserva de energía de los organismos. Estos compuestos, formados únicamente por carbono, hidrogeno y oxígeno son ácidos grasos y ésteres de la glicerina, pudiendo estar esterificado uno, dos o los tres grupos alcohol de la molécula glicérica (monoglicéridos, diglicéridos o triglicéridos). Pero la esterificación es una reacción reversible, llamándose saponificación a la reacción inversa, es decir, la descomposición de una grasa neutra en glicerina y ácidos grasos (Alba, 2008).

Alba (2008), la clasificación de los lípidos es la siguiente:

LOS LIPIDOS COMPLEJOS, los cuales se caracterizan por tener ácidos grasos como componentes, estos comprenden a los acilglicéridos, los fosfoglicéridos, los esfingolípidos y las ceras.

LOS LÍPIDOS SENCILLOS, estos no contienen ácidos grasos y por lo tanto, no son saponificables.

Grasa es el nombre común de varias sustancias untuosas (mezclas de esteres glicéricos de ácidos grasos como esteárico, palmítico y oleico) estas se encuentran principalmente en las células adiposas de animales y vegetales. Según su consistencia se clasifican en aceites, si son liquidas, mantecas, si son semisólidas, y sebos, si son sólidas. En consecuencia, la diferenciación entre aceites y grasas es relativa, depende únicamente del estado físico en el que se encuentran a una determinada temperatura (Alvarado & Aguilera, 2001).

Entonces el término “grasa”, generalmente se refiere a las sustancias las cuales presentas solidez en condiciones ambientales normales (70-75° F, 21, 1-23,9° C) y los “aceites” son líquidos a estas temperaturas y otras inferiores. Como ejemplo de aceites podemos nombrar los de canola, semilla de algodón, germen de maíz, girasol y soja; y entre las grasas, la margarina, la manteca de cerdo, la mantequilla, entre otras (Alba, 2008).

La grasa es fuente de energía para animales. Tienen alrededor de 2 ¼ veces las calorías que posee una cantidad igual de peso seco de proteínas o carbohidratos. Por esta razón, la disminución del contenido calórico de los alimentos se consigue a menudo sustituyendo la grasa por proteínas o carbohidratos. En los alimentos naturales las grasas siempre se asocian a otras sustancias, como las vitaminas liposolubles A, D, E y K. (Potter & Hotch, 2007).

Triglicéridos

Alba (2008) explica que los triglicéridos son el principal nutriente hidrofóbico que ingresa al organismo. Las rutas metabólicas convierten los alimentos en triglicéridos que son una pieza fundamental en el intercambio de energía, a nivel basal.

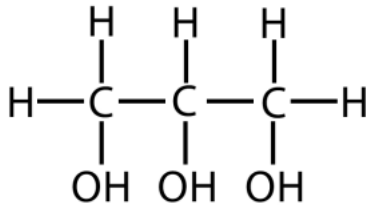

Figura 4. Molécula del glicerol

Un triglicérido está conformado por una molécula de glicerol y tres ácidos grasos.

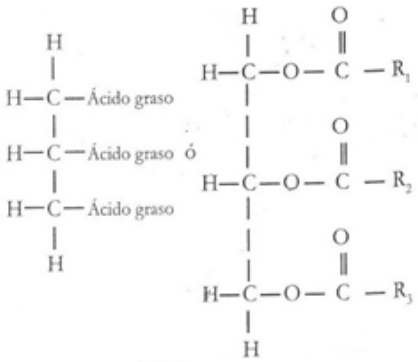

Figura 5. Triglicérido

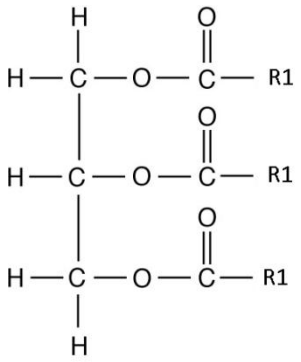

Figura 6. Triglicérido simple

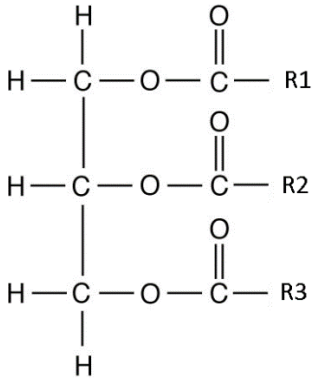

Figura 7. Triglicérido mixto

Si únicamente se enlazan dos ácidos grasos a un glicerol, se tiene un diglicérido; si se une solamente a un ácido graso, la molécula es un monoglicérido. Cada átomo de carbono continúa teniendo cuatro uniones.

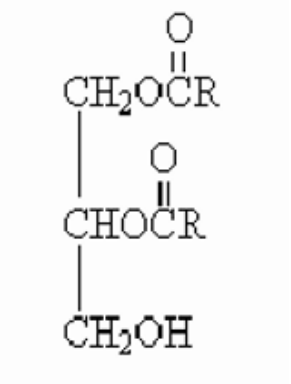

Figura 8. Diglicérido

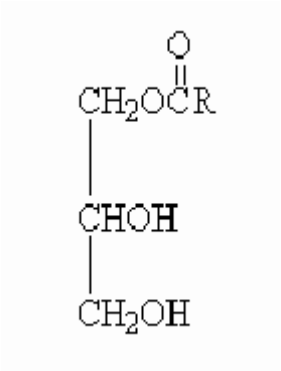

Figura 9. Monoglicérido

Ácidos grasos

Charley (2012), explica que de la misma manera que todos los ácidos orgánicos, incluyen un grupo carboxilo.

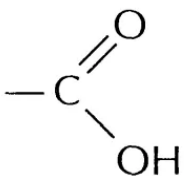

Figura 10. Grupo carboxilo

Las moléculas de los ácidos grasos en su mayoría contienen un número par de átomos de carbono, de 4 a 24. Algunos de estos son saturados, quiere decir, cada átomo de carbono con una valencia de 4, está unido a otros dos átomos de carbono y a 2 átomos de hidrogeno, como se puede ver en la figura 11.

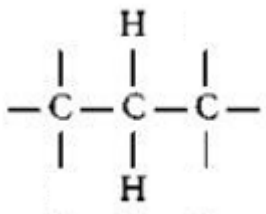

Figura 11. Molécula de grasa saturada

Asimismo otras moléculas de grasa son insaturadas, o sea, uno o más átomos de carbono están entrelazados a un segundo carbono mediante un doble enlace".

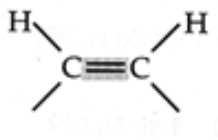

Figura 12. Molécula de grasa insaturada

Alba (2008), si el ácido graso tiene una cola no polar hidrocarbonada, puede estar completamente saturado (contiene sólo enlaces simples o sea no contienen dobles enlaces) o bien puede estar insaturado (con un enlace doble el cual sería monoinsaturado o más enlaces dobles que sería poliinsaturado).

El grado de instauración de un aceite depende del número medio de los dobles enlaces que sus ácidos grasos puedan tener (Bailey, 1984).

Alba (2008) menciona que "Las grasas están conformadas por una mezcla de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y polinsaturados, pero usualmente la mayoría de veces sobresale de ellos. Los lácteos y carnes son en su mayoría tienen más grasas saturadas, mientras que otros, como la mayoría de los aceites vegetales y los pescados grasos, contienen más grasas insaturadas".

Ácidos grasos saturados

Según Alba explica que las grasas saturadas que se presentan solidas a condiciones normales, son aquellas que presentan solo enlaces simples, y a nivel dietético son consideradas como grasas malas, dadas que están asociadas a las enfermedades cardiovasculares y niveles altos de colesterol. La manera más fácil de diferenciar este tipo de grasas es verificando que a temperatura ambiental son sólidas. La mayoría de grasas vegetales no son saturadas, aunque el aceite de palma y de coco no cumple con esta regla (2008).

Considerando a las grasas alimenticias en su totalidad, el ácido graso saturado más abundante y más ampliamente distribuido es el palmítico, aunque las grasas de origen animal, a diferencia de las vegetales, tienen cantidades de ácido esteárico en cantidad apreciable (Charley, 2012).

Ácidos grasos insaturados

Charley (2012), los ácidos grasos insaturados se distinguen según el número y posición de sus instauraciones. También difieren de los ácidos grasos saturados en la forma total de la molécula. Las moléculas de los ácidos grasos saturados tienen una forma lineal, como en el ácido esteárico, el cual se muestra diagramáticamente .

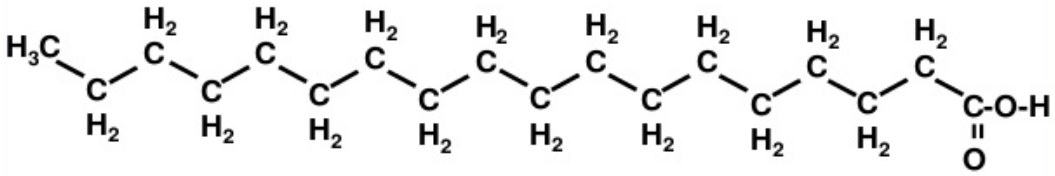

Figura 13. Ácido esteárico

Y los ácidos grasos insaturados se encuentran de manera natural en configuración cis, en cuyo caso, la forma lineal de la molécula se rompe en la posición de instauración. (Fig 14)

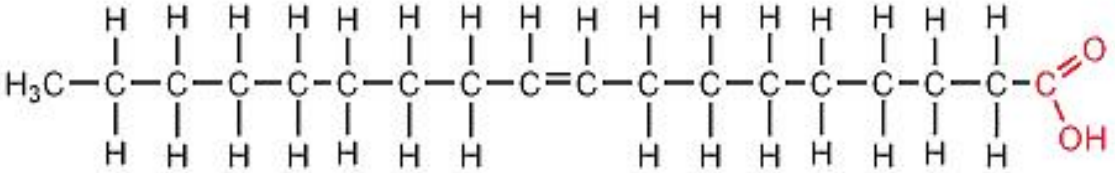

Figura 14. Ácido linoleico

El ácido oleico es el graso insaturado más ubicuo. La mayoría de las grasas de origen vegetal contienen cantidades apreciables de ácido linoleico. Las grasas naturales, como el aceite de oliva, la manteca de cerdo, y el aceite de maíz, son mesclas de triglicéridos mixtos (Charley, 2012).

Durante la hidrogenación parcial u oxidación, la configuración puede cambiar a la forma trans. Sin embargo, las grasas animales y marinas en ocasiones contienen pequeñas cantidades de isómeros trans naturales (Kirt, Sawyer & Egan, 2004).

Los ácidos esteárico y oleico, aunque tienen la misma longitud, el número de átomos de hidrogeno de la cadena difieren. El ácido esteárico está saturado con respecto al hidrogeno. El oleico, con dos átomos menos de hidrogeno, es un ácido insaturado. Otro ácido graso insaturado de 18 átomos de carbono, con cuatro de hidrogeno menos y con dos puntos de instauración es el ácido linoleico (Potter & Hotch, 2007).

Ácidos grasos mono-insaturadas

Alba explica que sustituyen un átomo de hidrogeno generando un doble enlace con el carbono subyacente. Presentan mejores beneficios para la salud que las grasas saturadas. Dietas ricas en este tipo de grasa disminuye el nivel de colesterol LDL (2008).

Ácidos grasos poli-insaturados

A estas les falta dos átomos de dos átomos de hidrógeno, y en su lugar tienen dos átomos de carbono extras (Alba, 2008).

Alba (2008) explica que “La familia de los omega-6 contienen ácidos grasos poliinsaturados las cuales contribuyen a reducir el colesterol LDL y protegen contra las enfermedades del corazón. Aunque, las grasas poliinsaturadas en cantidades significantes de omega-6 puede reducir los niveles de colesterol HDL o colesterol “bueno”, por esta razón es que es aconsejable no consumirlas en exceso por eso y también respecto al posible efecto adverso de los ácidos grasos poliinsaturadas sobre la oxidación de LDL.”

El ácido linoleico (C18:2, ω6) y el ácido α-linolénico (C18:2, ω3) son ácidos grasos poli-insaturados necesarios para el desarrollo normal y funcionamiento de los tejidos animales y seres humanos, por lo cual se conocen como ácidos grasos esenciales (Kirt et al., 2004)

Alba (2008) expresa que según la posición del primer doble enlace, los ácidos grasos poliinsaturados se pueden clasificar en dos familias:

- Ácidos grasos omega-6: Ubican su primer doble enlace en el carbono seis de la cadena y su forma más básica es el ácido linoleico. Asi como los ácidos grasos omega-3, son insaturados y son esenciales “age”, ya que estos no pueden ser generados por el ser humano, por lo que se obtienen a través de los alimentos. Estos también se encuentran en frutos secos, en el huevo y también en algunas carnes.
- Ácidos grasos omega-3: El más conocido es el ácido linolénico, estos son un tipo de grasa poliinsaturadas esencial. Su primer enlace doble lo tienen en el tercer átomo de carbono de la cadena y provienen principalmente del ácido alfa-linolénico. Este también se encuentra en los pescados.

Asimismo las principales funciones del ácido graso omega-3 y omega-6 son:

- Formación de hormonas.
- Formación de la retina.
- Formación de las membranas celulares.
- Correcto funcionamiento del sistema inmunológico.
- El funcionamiento de las neuronas y las transmisiones químicas.

Los ácidos grasos más comunes se denominan por nombres vulgares, tales como láurico, palmítico, oleico, etc. La nomenclatura de Ginebra de un esquema para aplicar a cada Ácido un nombre que defina su composición química. Según este sistema el número de átomos de carbono se indica por un prefijo griego; por ejemplo, los ácidos de 12, 14, 16 y 18 átomos de carbono toman los prefijos dodec-, tetradec-, hexadec- y octadec- respectivamente. Los ácidos saturados se distinguen por el sufijo -anoico y los no saturados por -enoico. El ácido palmítico, por ejemplo, se designa como ácido hexadecanoico. El número de enlaces dobles de los ácidos grasos se indica por un prefijo adecuado, así el ácido linolico, que tiene dos dobles enlaces, es un ácido dienoico, mientras que el ácido linolénico, con tres enlaces dobles, es un ácido trienoico (Bailey, 1984).

Aceites vegetales

CODEX (1999) sostiene que “Los aceites vegetales comestibles son productos alimenticios que contienen principalmente glicéridos de ácidos grasos obtenidos únicamente de fuentes vegetales. Asimismo los aceites vírgenes se extraen, sin modificar la naturaleza del aceite, a través de procedimientos mecánicos y por aplicación solo de calor, por ejemplo, extrusión y prensado, y por aplicación únicamente de calor, estos solo podrán haber sido purificados por lavado, sedimentación, filtración y centrifugación únicamente y finalmente los aceites prensados en frío se pueden obtener sin modificar el aceite por procedimientos mecánicos únicamente, sin la aplicación de calor, mediante procedimientos mecánicos, por ejemplo, extrusión o prensado, sin la aplicación de calor, solo podrán haber sido purificados por lavado, sedimentación, filtración y centrifugación únicamente”.

Según la norma CODEX (1999):

- Índice de acidez
    - Los aceites refinados: 0,6 mg de KOH/g de aceite.
    - Los aceites prensados en frío y vírgenes: 4,0 mg de KOH/g de aceite.
- Índice de peróxido
    - Los aceites refinados, hasta 10 miliequivalentes de oxígeno activo/kg de aceite
    - Los aceites prensados en frío y vírgenes, hasta 15 miliequivalentes de oxígeno activo/kg de aceite.

Clasificación de los aceites

A modo indicativo de los niveles relativos de ácidos insaturados que están presentes en aceites o grasas, se ha establecido tres categorías según su yodo índice de: no secantes (IY<100) semisecantes (IY entre 100 y 150), secantes (IY > 150) (Martínez, 2015).

Según Dávila (1946), citado por (Noriega, 1972) clasifica los aceites de esta manera:

Aceite no secantes

Como su nombre lo indica estos aceites no se van a secar al estar en contacto con el aire; por el contrario, van a descomponerse, enraciandose; su principal característica es que contienen grandes cantidades de ácido oleico, en forma de glicérido. Como ejemplo de este tipo de aceite tenemos: Los de oliva, pepita de uva, almendras, maní, etc.

Aceites semi-secantes

Estos aceites secan al contacto con el aire con relativa facilidad. El ácido graso característico es el linoleico, pero su porcentaje no es muy alto. Debido a esto es que en algunos casos de descomponen antes de secarse, como ocurre con los aceites de pepita de algodón, maíz, soya, etc.

Aceites secantes

Estos aceites secan al contacto con el aire con suma facilidad y no se descomponen, siendo sus ácidos característicos el linoleico y el linolénico. Como ejemplo tenemos los aceites de linaza, adormidera, cáñamo, girasol, nueces, etc.

Características físicas de los aceites

Estas características varían dependiendo de algunos factores como semilla o planta de procedencia, formas isoméricas de los ácidos grasos, grado de instauración, entre otras (Alba, 2008).

Color y brillo

Indicador de gran importancia, no solo de la calidad, también del grado de madurez y pureza (Potter & Hotch, 2007).

Consistencia

Propiedad estrechamente relacionada a la viscosidad, dado que niveles más altos de viscosidad se asocian a una mayor consistencia y viceversa. (Potter & Hotch, 2007).

Puntos de fusión

Como las grasas y los aceites se componen esencialmente de varios ácidos grasos en forma de triglicéridos, estos aceites y grasas no tienen puntos de fusión marcados (Alba, 2008).

Flavor

El flavor es la característica de calidad clave determinante de la aceptación continuada de un alimento por el consumidor. El gusto se ha definido como la respuesta, sensorial combinada del olfato, el sabor y el tacto.

Es importante comprender que los sabores pobres o malos pueden causar fracasos en el producto (Alba, 2008). El flavor es el resultado de la combinación de ambos componentes: olor y sabor (Potter & Hotch, 2007).

Índice de refracción

Esta es una característica muy importante debido a su utilidad en métodos analíticos, basada en la relación entre la velocidad de la sustancia y la velocidad de una onda luminosa en el aire.

Esta propiedad se incrementa con el grado de instauración de los ácidos grasos contenidos en la materia grasa y únicamente diferencia la pertenencia de la grasa a uno de los siguientes grupos: grasas láuricas vegetales o animales y aceites vegetales o animales (Alba, 2008).

Untuosidad y viscosidad

Propiedad que ilustrar la resistencia a fluir de un líquido, en el caso de los aceites se relaciona con su grado de instauración. Se podría decir que a más saturación habrá mayor viscosidad, mientras que a mayor instauración habrá menor viscosidad (Bailey, 1984).

Humedad

Las grasas también se degradan debido a procesos hidrolíticos, que en presencia de humedad hidrolizan los triglicéridos, a sus componentes. Los ácidos grasos libres, triglicéridos especialmente los de cadena corta, producen en las grasas y aceites olores extraños y rancios. Este tipo de deterioro llamado enranciamiento hidrolitico, debe distinguirse del enranciamiento oxidativo; no

necesita la presencia de oxígeno, es favorecido por las temperaturas altas y por las enzimas lipoliticas naturales (Potter & Hotch, 2007).

Características químicas de los aceites

Índice de acidez

Es la cantidad de gramos de hidróxido de potasio que se necesita para neutralizar 1Kg de grasa o aceite. (Alba, 2008). Asimismo mide el contenido de ácidos grasos libres de la grasa. El peso molecular medio de los ácidos grasos que constituyen una grasa, es otra propiedad importante de las grasas y aceites, e influyen en la firmeza de la grasa y también en su flavor y olor. (Potter & Hotch, 2007).

Índice de peróxido

El nivel de oxidación que caracteriza una grasa o un aceite, se expresa mediante el índice de peróxidos. Cuando se oxidan los enlaces dobles presentes en los aceites insaturados, se liberan peróxidos entre los productos resultantes. En condiciones estándar los peróxidos liberan yodo del yoduro potásico añadido. La cantidad de yodo liberado es una medida de los peróxidos existentes que están relacionados con el grado de oxidación de la grasa y consecuentemente con su tendencia al enranciamiento oxidativo. El resultado de la rancidez oxidativa, es la producción de productos olorosos, procedentes de la degradación de los ácidos grasos insaturados. Se representa por la cantidad de miliequivalentes de Peróxido presentes en un kilogramo de grasa (Potter & Hotch, 2007).

Índice de saponificación

Determina el peso molecular medio de los ácidos grasos de una grasa; este es la cantidad de unidades de hidróxido potásico necesario para convertir en jabón una unidad de grasa o aceite. Puesto que 1 gramo de grasa contiene más ácidos grasos si son de cadena corta que si son de cadena larga y puesto que los ácidos grasos reaccionan con el álcali dado jabón, se deduce que el índice de saponificación crece o disminuye inversamente con el peso molecular medio, se determina a través de la cantidad de hidróxido de potasio que se necesita para convertir en jabón un gramo de grasa (Potter & Hotch, 2007).

Cuanto menor sea la proporción de ácidos grasos presentes ósea, cuanto mayor sea la proporción de ácidos grasos de cadena corta, el índice de saponificación será mucho mayor (Matissek, Schnepel & Steiner, 1998).

Índice de yodo

Este índice, indica el nivel de instauración de un cuerpo graso determinado. (Alba, 2008). El grado de instauración de los ácidos grasos de una grasa o aceite puede expresarse cuantitativamente mediante el índice de yodo. Indica la cantidad unidades de yodo presentes en cien de grasa. Puesto que el yodo reacciona en los puntos de instauraciones la misma manera que el hidrogeno en los procesos de hidrogenación, en cuanto mayor sea el índice de yodo mayor será la instauración de la grasa, por lo que es un buen indicador del grado de instauración de la grasa (Potter & Hotch, 2007).

Punto de humo de las grasas

Charley (2012) expresa que esta medida es la temperatura a la cual la grasa se hidroliza al sobre calentarse y libera un humo azul, el glicerol pierde agua y forma acroleína. Es una propiedad fundamental en las grasas con fin a ser usadas en frituras, dado que representa su resistencia a las altas temperaturas, por lo que valores altos son los más deseados. Por ejemplo el aceite de palta presenta un valor de 250°C, contra los 180°C del aceite de oliva, por lo tanto presenta una mejor aptitud para uso en la cocina.

Degradación y rancidez

Es la perdida de sus propiedades dado la reacción progresiva al oxígeno. Las grasas toman el oxígeno y forman hidroperóxidos (ROOH). En general, mientras mayor es el grado de instauración (mayor valor de yodo) hay más posibilidad de que la grasa se enrancie por oxidación. Cuando la concentración de peróxidos alcanza determinado nivel, se producen cambios químicos complejos y se forman productos volátiles que dan lugar al sabor y al olor a rancio. La oxidación inicial de una grasa, en general, es lenta y a una velocidad relativamente uniforme.

A este periodo se le denomina inducción. Al final de dicho periodo, cuando la cantidad de formación de peróxidos alcanza determinado nivel, la

velocidad de la oxidación se acelera con rapidez. En este punto o poco después, la grasa comienza a oler y a saber rancia (Kirt et al, 2004).

Oxidación

Alba (2008) explica que "La reacción de un aceite o grasa con el oxígeno del aire se le denomina oxidación, y según el alimento es indeseable ya que la reacción afectará de manera negativa el sabor de la grasa y del alimento en el cual se usa ésta. Los productos mas predispuesto a la oxidacion son los que contienen una proporción más elevada de ácidos grasos insaturados. Las grasas y los aceites naturales de origen vegetal contienen pequeñas cantidades de sustancias capaces de inhibir la oxidación en cierto grado. El alfatocoferol es el antioxidante natural más importante y su distribución es casi universal. En circunstancias normales, la oxidación de los aceites y las grasas es un proceso lento, pero la oxidación puede llegar a un punto en el cual es notable un sabor y olor a rancio".

Composición de ácidos grasos en aceites vegetales

Hemming & Hawthorne (2001), mencionan algunos ácidos grasos frecuentes, los cuales se pueden encontrar en el aceite de palta:

Tabla 4: Ácidos grasos saturados

Longitud de cadena	Nombre sistemático	Nombre común
16	Hexadecanoico	Palmítico
18	Octadecanoico	Esteárico
20	Eicosanoico	Araquidico

Tabla 5: Ácidos grasos insaturados

Símbolo	Nombre sistemático	Nombre común
16:1	*cis*-9-Hexadecenoico	Palmitoléico
18:1	*cis*-9-Octadecenoico	Oleico
18:2	*Cis*-9,12-Octadecadienoico	Linoléico
18:3	*Cis*-9,12-Octadecatrienoico	Alfa- linolénico

Cromatografía de gases

Actualmente, según Mariani y Fedeli (1993), citado por (Aparicio & Harwood, 2003), la cromatografía de gases es uno de los métodos más útiles en el análisis de los ácidos grasos y otros componentes de los aceites vegetales, y no puede ser reemplazada por ningún otro método instrumental.

Kirt et al., (2004), define en detalle el proceso de la cromatografía de gases a continuación:

La cromatografía de gases es un procedimiento en el cual una mezcla es separada en sus componentes por medio de una fase gaseosa móvil que pasa a través de un absorberte solido fijo. Muchos de los parámetros de control de la cromatografía liquida también se aplican en la cromatografía de gases. En la cromatografía gas-liquido (GLC), la separación se logra por una partición entre la fase gaseosa móvil y un líquido estacionario que se mantiene sobre un soporte solido o sobre las paredes de la columna. Las separaciones por cromatografía de gas-solido se realizan usando un material solido inmóvil con absorbente, tamizado molecular, o propiedades de partición.

El gas vehículo que normalmente es suministrado a partir de tanques de alta precisión, puede ser nitrógeno, helio, argón o hidrogeno, dependiendo del tipo de separación y de detección que se está usando**.** Para muchas aplicaciones, el helio resulta ser el mejor, pero el nitrógeno libre de oxigeno probablemente sea el más utilizado.

En el sistema de inyección, Para lograr separaciones cromatograficas optimas, la muestra debe aplicarse a la parte superior de la columna en forma de vapor en el menor volumen posible, sin que sufra alguna descomposición. El procedimiento normal para líquidos y soluciones es inyectarla en un recipiente metálico caliente, con una microjeringa a través de una separación autosellante, donde la muestra se vaporiza rápidamente, se mezcla con el gas vehículo caliente y entra en la cabeza de la columna.

Para la columna empacada que se una en cromatografía de gas en el análisis de alimentos, el tubo de la columna es de acero inoxidable de 3 mm de diámetro externo o de vidrio de borosiliaco de 2-6 mm de diámetro interno, en

la GLC capilar, se usan tubos de diámetro muy cerrado (0.2-0.5 mm de diámetro interno) de vidrio o de cuarzo fundido (el cual es flexible y muy durable). El soporte inerte para el empaque de las columnas de GLC debe ser un material granular fino con un tamaño de partícula uniforme y con una gran área superficial. Es esencial que no exista material como polvo fino ya que obstruiría el paso del gas vehículo y los análisis serían más lentos. El material de empaque también debe ser fuerte y no romperse fácilmente en pedazos más pequeños debido al manejo físico.

La estufa de la columna. Con excepción del análisis de gases permanentes, las columnas se manejan a temperaturas elevadas y, por lo tanto, se encuentran dentro de estufas controladas por medio de un termostato. Para la separación de una mezcla de sustancias con puntos de ebullición muy diferentes, la temperatura de la estufa puede programarse y así obtener mejores separaciones en menos tiempos. El incremento en la temperatura de la columna y la del gas vehículo puede tener efectos importantes sobre el detector, de modo que se requiere una cuidadosa selección de empaque de la columna, así como controles que mantengan un flujo constante del gas vehículo.

Y el propósito del detector es reconocer el paso de las sustancias que son eluídas por el gas vehículo conforme salen de la columna. Todos los detectores están diseñados para producir una señal eléctrica como resultado de algún efecto físico causado por la sustancia que está siendo eluida. La señal es entonces amplificada y aplicada ya sea un registrador que genera un gráfico de las sustancias que están siendo eluídas (por ejemplo, un cromatograma), o a un equipo de integración electrónica y procesamiento de datos. En el análisis de alimentos se usan diferentes tipos de detectores. El más común es el detector de ionización a la flama (FID, por sus siglas en ingles) que es muy sensible y tiene un amplio rango de respuesta lineal. En este detector, el gas vehículo se conecta dentro de una corriente de gas hidrogeno, la cual se quema con aire. Las sustancias eluidas se queman en la flama produciendo fragmentos ionizados y electrones que son captados por un electrodo. Estos producen una corriente eléctrica que es proporcional al número de átomos de

carbono en el componente de la muestra, por esta razón algunas veces este detector ha sido llamado contador de carbonos. Se detecta y amplifica la eliminación de electrones de una corriente basal estable causada por las sustancias eluidas. El rango de respuesta lineal es corto, pero el detector es extremadamente sensible a compuestos que contengan halógeno y es, por lo tanto, un detector muy selectivo para residuos de ciertos pesticidas en productos alimenticios.

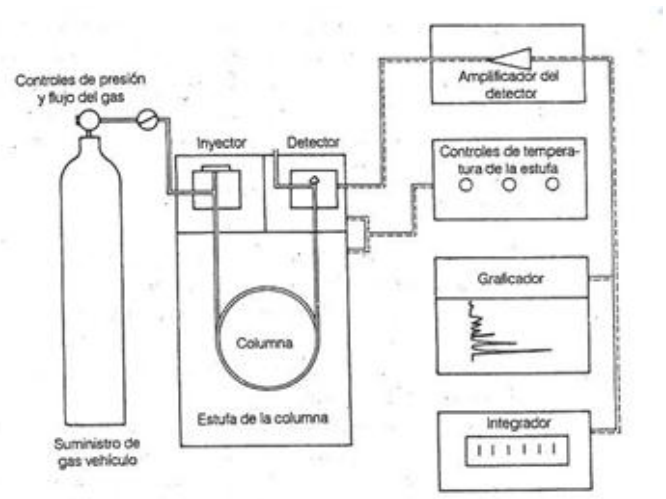

Figura 15. Diagrama esquemático de un cromatógrafo de gases

Métodos de extracción de aceites vegetales

Extracción de grasas y aceites

El principal objetivo en la producción de aceites radica en lograr el proceso de extracción adecuado, es decir aquel que permita extraer la máxima cantidad de aceite sin alterar su calidad (Martínez, 2015).

Métodos de extracción directa con disolventes

Existen varios diseños disponibles, pero básicamente hay dos tipos. El tipo Bolton o Bailey-Walker proporciona una extracción continua en la que las gotas condensadas del disolvente caen sobre la muestra contenida en un recipiente poroso o dedal, alrededor del cual pasan los vapores calientes del disolvente. El tipo Soxhlet proporciona una extracción intermitente con un exceso de disolvente recién condensado; la eficiencia de ambos métodos

depende del tratamiento previo de la muestra y de la elección del disolvente (Kirt et al., 2004)

Este es el método que arroja un mayor rendimiento de valores de hasta un 90% de rendimiento. Por ejemplo en una experimentación de extracción de aceite por el método de Soxhlet utilizando hexano se obtuvo un rendimiento del 85,5% (Restrepo, Londoño, González, Benavides & Cardona, 2012). La producción de aceites mediante disolventes, si bien constituye un método apropiado para efectuar una extracción eficiente y “acotar” el material que se está extrayendo, requiere de instalaciones costosas, una ingeniería depurada por los riesgos que implica el trabajo con disolventes volátiles y altamente inflamables, y una cuidadosa eliminación y recuperación de los residuos de estos en aceite y en la masa solida extraída (Martínez, 2015).

Extracción por termobatido

Conocido como proceso de centrifugación, proceso termomecánico, etc. Este proceso es mayormente usado para la extracción de aceite de oliva, pero también se han encontrado investigaciones que utilizan este método para la extracción de aceite de palta.

Aparicio & Harwood (2003), describen el procedimiento de extracción de aceite de oliva por centrifugación a través del diagrama de la figura 16.

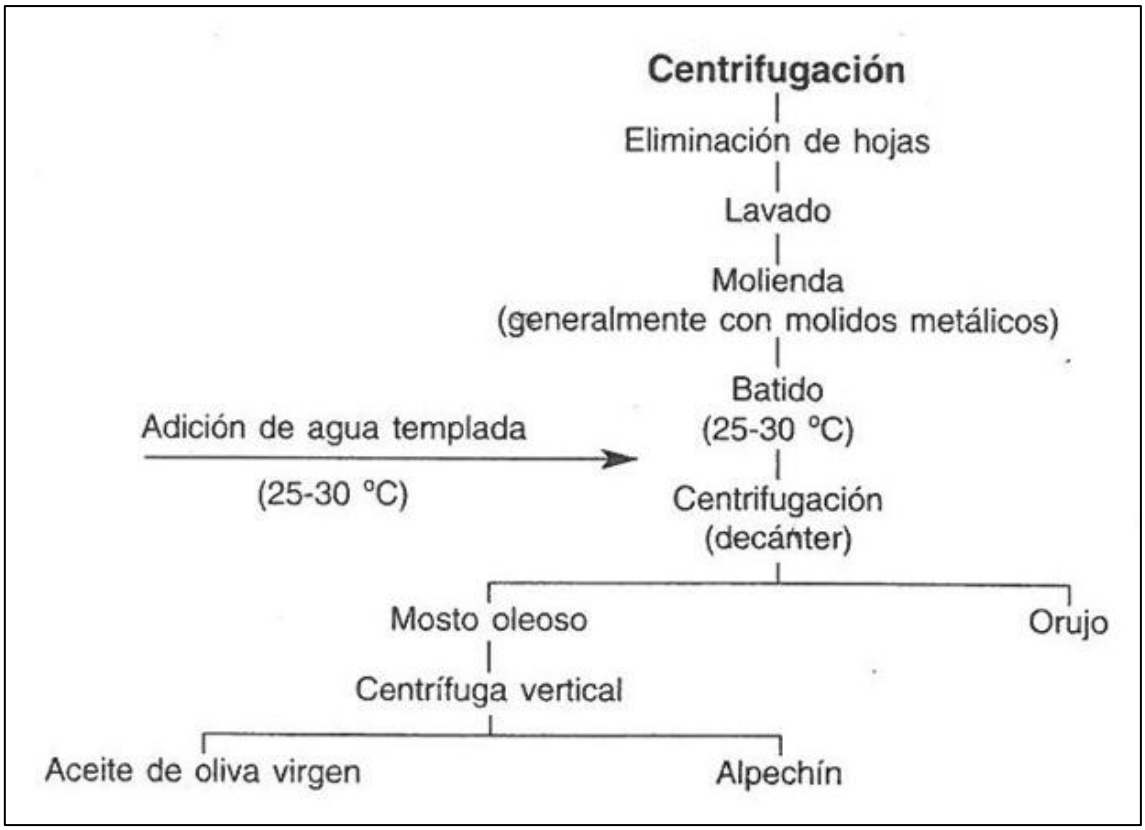

Figura 16. Diagrama del procedimiento del aceite de oliva por centrifugación.

Hay muchos aceites en el mercado internacional que utilizan este método, pues adaptan sus procesos de extracción de aceite de oliva, no explican al detalle las especificaciones pero explican el proceso en general, así como ejemplo está el aceite de palta mexicano “Cate de mi corazón” el cual en su página web describe su proceso; así también lo describe Valle Sur, una de las pocas empresas peruanas que elabora y exporta Aceite de palta.

Deshidratación y concentración de alimentos

El agua se elimina de los alimentos en condiciones naturales mediante diferentes procesos de deshidratación controlados, y en operaciones tan comunes como la cocción y el horneado. Por lo tanto, en sentido estricto, la deshidratación de alimentos se aplica directamente a la eliminación del agua en los alimentos bajo condiciones controladas que no generen cambios en las propiedades del alimento, o que estos sean mínimos. Un criterio importante de calidad de los alimentos deshidratados es que al reconstituirse por la adición de agua estén muy cerca, o sean casi indistinguibles del material alimenticio

original utilizando en su preparación. La conservación es la principal razón, pero no la única, para la deshidratación de alimentos. La deshidratación de alimentos supone la introducción de calor en el producto y la eliminación de humedad, asimismo cuanto a mas sea la diferencia de temperatura entre el origen del calor y el alimento, mayor será la velocidad de transferencia de calor; esta diferencia es la causa de la eliminación de la humedad (Potter & Hotch, 2007).

Asimismo Potter & Hotch (2007), mencionan algunos equipos y métodos de secado:

Entre los métodos más corrientes se incluyen la desecación por tambores o rodillos, por atomización, a vacío en bandejas, a vacío en cinta, atmosférica de cinta, liofilización, desecación en lecho fluidificado, rotatoria, en cámara, en horno, de túnel, y otros.

Una clasificación práctica de los tipos de desecadores los divide en desecadores de convección de aire y desecadores a vacío:

Tabla 6: Tipos de desecadores y tipos de alimentos que se usan para cada uno.

Tipo de desecador	Tipo de alimento usual
Desecadores por convección de aire:	
Horno	Piezas
Armario, bandeja o artesa	Piezas, purés, líquidos
Túnel	Piezas
Desecadores a vacío:	
De bandeja	Piezas, purés, líquidos
De cinta	Purés, líquidos
Liofilizados	Piezas, líquidos

Potter & Hotch (2007), el que se usa usualmente para deshidratar pulpas es el desecadores de armario o bandeja.

En el desecador de armario, el alimento se carga en bandejas o artesas en capas comparativamente delgadas de hasta unos pocos centímetros.

Los desecadores de armario, bandeja o artesa se emplean normalmente en operación a pequeña escala. Son comparativamente baratos y las condiciones de desecación son fáciles de ajustar. Pueden trabajar hasta con 25 bandejas y operar con aire a temperaturas de bulbo seco de alrededor de 95°C.

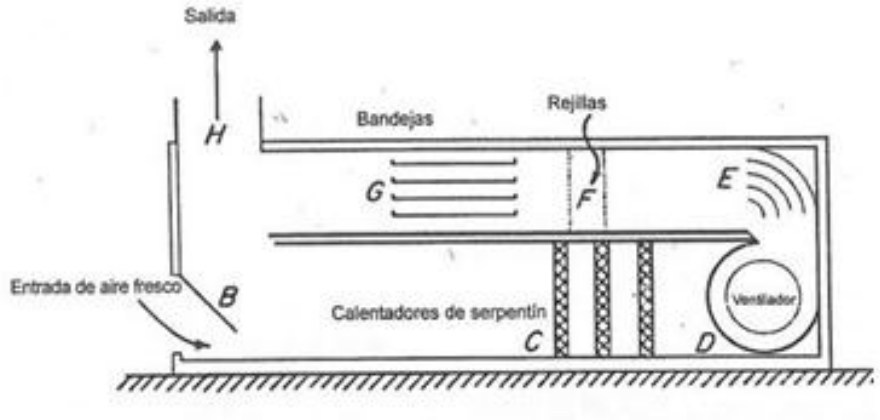

Figura 17. Representación esquemática Secador de bandejas

Cocción para prensado continúo

El tratamiento térmico de las semillas destinadas al prensado continuo, por prensas de tornillo o “expellers”, es algo diferente del que se da a las semillas destinadas al prensado hidráulico. Estas semillas, muy aparte de estas deben estar cocidas, también deben estar secadas en un nivel grado significativo, pues el prensado continúo tipo expeller, solo opera productivamente con productos con un porcentaje de humedad, entre 2 y 5%. Las partículas de soja, preparadas para la expresión, se suelen secar, hasta una humedad del 2 al 3%, haciéndolas pasar a través de secadores rotativos, calentados con vapor y equipados con ventiladores y colectores de polvo. En estos secadores, la semilla se mantiene a una temperatura de cerca de los

132°C, transportándose a los “expellers”, a esta misma temperatura; sin embargo, para dar tiempo a la transformación de las proteínas y alcanzar las condiciones de equilibrio, entre el calor y la humedad de las partículas, se someten a otro tratamiento térmico en unas artesas calentadas con vapor, provistas de transportadores sin fin, que forman parte integrante de los “expellers” o prensas de tornillo (Bailey, 1984).

Extracción por prensado

Martínez (2015) menciona que “Últimamente, ha aumentado el interés por la extracción de aceites por tecnologías de prensado. Tanto el prensado hidráulico como el de tornillo, proporcionan un método sencillo para obtener aceites no tradicionales en pequeños lotes. Aunque los rendimientos en aceite obtenidos mediante esta tecnología son mucho menores a comparación de la extracción por disolventes, estos pueden resultar positivos para materiales con un nivel alto en porcentaje en aceite, asimismo estos procesos requieren menos costos de inversión e instalación y por otro lado también implican operaciones mucho más seguras y de menor peligro para el medio ambiente. El prensado básicamente consiste en que cada micro partícula retiene el aceite en su interior y el fin del prensado es conseguir que el este aceite salga del sistema hacia afuera, entonces se comprime cada partícula y se acomodan en el sistema. Las paredes celulares se destruyen permitiendo que el aceite exude por efecto de la presión y fluya a través del sistema macroscópico, hacia afuera”.

Prensado discontinuo

Bailey (1984) explica que “El procedimiento más antiguo y casi único de extracción de aceite se basa en la aplicación de presión sobre una masa de productos oleaginosos confinados telas, mallas u otros materiales adecuados. Las prensas más antiguas usaron como medios para aplicar la presión. Palancas, cuñas, tornillos, etc., mientras que los tipos más modernos utilizan generalmente un sistema hidráulico, el cual se suele emplear para completar un prensado discontinuo. Las prensas accionadas mecánicamente tienen un uso bien limitado, en esos usos especiales donde se requieren presiones ligeras; por ejemplo, en el prensado de la oleomargarina o de la manteca

parcialmente solidificada, para obtener aceite de manteca (aceite de lardo). Asimismo puede haber dos tipos de prensas discontinuas: las “abiertas” en las cuales el producto oleaginoso debe estar encerrado entre filtros de tela; y las “cerradas”, estas no usan filtros y la materia oleoginosa se encuentra en una jaula. Las prensas de tipo abierto pueden subdividirse en prensas de placa y prensas cajetín, y las cerradas, se pueden dividir en prensas de vaso y de jaula. El rendimiento en la extracción de aceite, por medio del prensado mecánico, depende de muchos factores relacionados con la afinidad del aceite. Estos factores pueden ser, porcentaje de humedad, método de cocción y composición química de la semilla”.

Prensa de caja o tipo de pistón

Esta prensa es la que se utilizó en la experimentación, en este tipo de prensa dentro de un cilindro finamente perforado se hace circular una placa de presión que va producir la presión necesaria. La placa de presión actúa como un pistón que puede moverse de atrás hacia adelante dentro del cilindro. Es accionado hidráulicamente. El diseño del sistema permite un control sobre la presión ejercida en pulpa alimentada dentro del cilindro interior. El líquido resultante de la expresión de la torta durante la compresión pasa a través de las perforaciones. La placa de presión y el terminal cerrado del cilindro está unido mediante hilos de plástico. El cilindro así formado actúa como un medio de expresión por donde drena el líquido durante la compresión, ayudando de esta manera a la extracción (Noriega, 1972).

También hay prensas llamadas cerradas porque son una especie de jaula, donde el material oleaginoso está alojado, durante el prensado, dentro de una especie de caja perforada construida en acero resistente, evitándose de esta forma el empleo de filtros. Las jaulas que se usan para estas prensas se fabrican en forma redonda, y también en cuadrada. Estas de constituyen básicamente de una serie de barras de aceros muy cercanas entre sí o de placas con ranuras, soportadas por dentro y solidarias a un bastidor o anillo rígido, por medio de voluminosas barras de puro acero. Las vías por donde fluye el aceite, aumentan de anchura de dentro a afuera de la jaula, para disminuir cualquier tipo de predisposición a la obstrucción con partículas

sólidas. Estas jaulas trabajan verticalmente, dentro de un bastidor semejante a una prensa anglo-americana. La parte superior de la jaula puede cerrarse sólidamente, en cuyo caso, la presión se aplica solo sobre un extremo de la carga, o bien la jaula puede estar “flotando” entre el pistón interior y un cabezal opuesto, que entra en la jaula desde arriba (Bailey, 1984).

Prensado continúo

En los Estados Unidos se emplean, en la extracción mecánica del aceite de soja, “expeller” o prensas de tornillo, de acción continua, con la casi total exclusión de prensas hidráulicas; el uso de las primeras es también general, en el resto del mundo, para la manipulación de la copra, palmiste, cacahuate, algodón, linaza y casi todas las demás semillas oleaginosas.

En Europa se suelen tratar distintas clases de estás, con la misma maquinaria y, comúnmente, se realiza el prensado dos o tres veces, aumentando la presión entre cada una de ellas. Por otro lado se suelen emplear también prensas de baja presión, para el prensar a las semillas, antes de una extracción con disolventes.

Las ventajas de las prensas continuas es que se pueden evitar mas costos de mano de obra a comparación de las hidráulicas, asimismo también se elimina el uso de telas filtrantes. Estas también son bien adaptables a una cantidad muy amplia de materiales y, generalmente, dan un rendimiento superior a las hidráulicas. Una de sus mayores desventajas es el gasto de energía que puede generar, asimismo requieren de operarios muy bien capacitados para una buena operación y conservación, y por otro lado también no se adaptan muy bien a procesos intermitentes. Básicamente la prensa de tornillo es una prensa de jaula, en la que, la presión se genera a través de un eje rotatorio o tornillo sin fin, en lugar de un pistón de acción intermitente (Bailey, 1984).

Martínez (2015), menciona lo siguiente respecto al proceso de extracción continuo de aceites por expellers:

Las llamadas prensas de tornillo helicoidal, a diferencia de las prensas hidráulicas, permiten realizar operaciones de extracción en un proceso continuo.

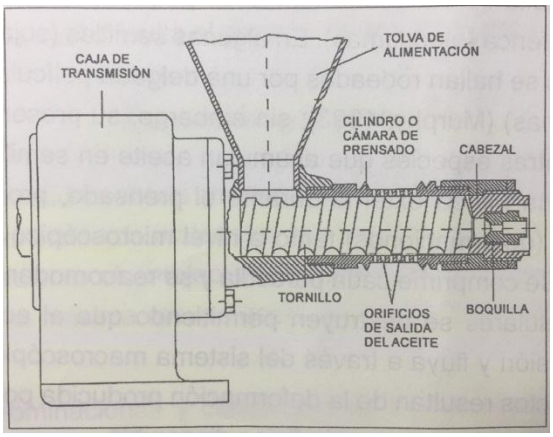

Figura 18. Representación esquemática de prensa de tornillo helicoidal

Esta prensa posee un tornillo metálico horizontal, que mediante su método de rotación, alimenta el material al barral. Esta última forma un cilindro o cámara de prensado con orificios de salida para el aceite, rodeando al tornillo. El residuo del material a partir del cual se ha obtenido el aceite sale de la unidad a través de una boquilla en el extremo de descarga, y se conoce con el nombre de torta o residuo de extracción. Existe otra porción de material que no se extrae conjuntamente con la torta, sino que queda dentro del barral, adherido al tornillo, y se conoce como el material retenido en la prensa. Con algunas variaciones entre los diversos modelos disponibles en el mercado.

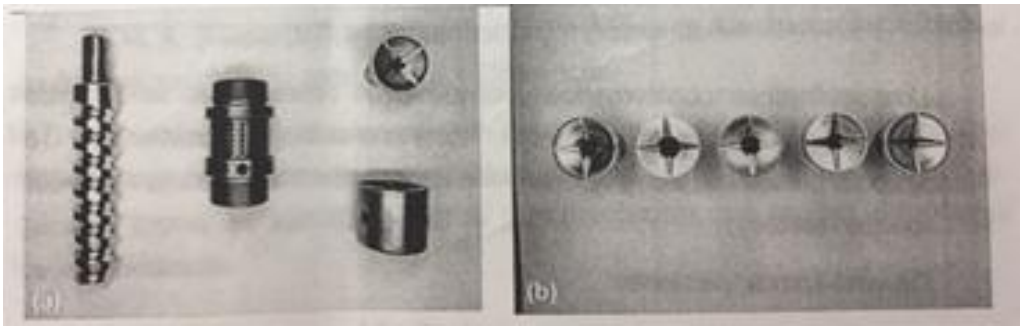

Figura 19. Tornillo, barral, reducción o boquilla y cabezal para reducciones (a), boquillas con diferentes diámetros de reducción (b)

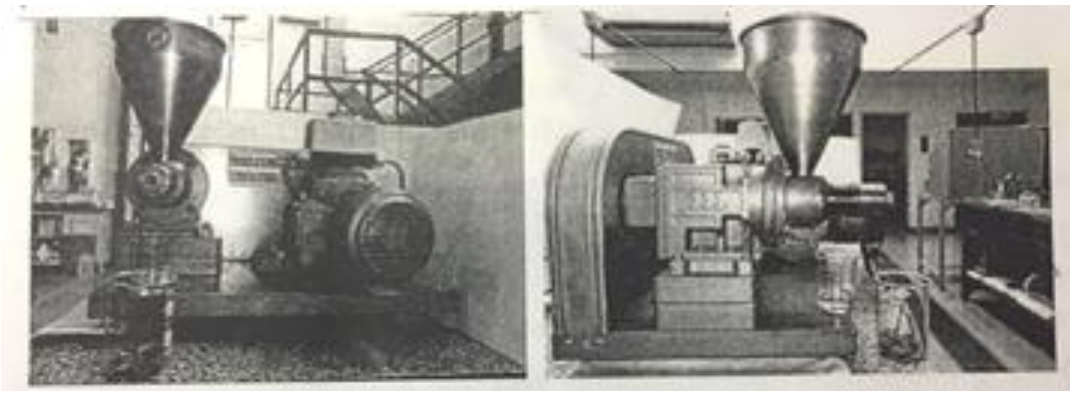

Figura 20. Vistas frontal y lateral de una prensa de tornillo helicoidal escala piloto (capacidad 3-5 kg/hora)

Southwell, K., Harris, R. & Swetman, A. (1990), realizaron la extracción de aceite de palta a través de prensado por expeller, y el procedimiento fue el siguiente:

Los paltas de Kenia variedad Hass fueron pelados, deshuesados y secados al sol, luego de esto, se prensaron usando un expulsor Mini-40 y produjeron aceites de color oscuro. Los rendimientos del aceite crudo fueron altos, dando eficiencias de extracción de 79,4-90,3%. Las rodajas de palta picadas dieron un funcionamiento continuo sin bloqueo a un caudal de 4,5 kg / h. Se lograron mayores rendimientos (81,8-92,1 %) con rebanadas de palta cortadas más finamente (10 mm de diámetro o menos).

Tecnologías post extracción

Refinación

Alba (2008) explica que, “La refinación de los aceites puede extender su vida útil. Este proceso puede incluir hasta más de 40 pasos diferentes, como la exposición a altas temperaturas, tanto en desodorización a temperaturas extremas (232° C-450 F) como a bajas temperaturas de hibernación (0° C – 32° F). Usualmente el aceite refinado es para uso cosmético y productos para el cuidado del cuerpo, pero no se recomienda para un uso gastronómico”.

El término “refinación”, tal como se emplea en América, se refiere a cualquier tratamiento purificador, destinado a eliminar los ácidos grasos libres,

fosfatidos o productos mucilaginosos, y otras impurezas del aceite (Bailey, 1984).

Decoloración

Este tratamiento básicamente se aplica para poder eliminar las sustancias y los colores que producen un color no agradable. Eliminar los pigmentos, amarillos, rojos y verdes que se encuentran presentes en el aceite bruto es su fin principal. Este procedimiento se lleva a cabo por la absorción de los pigmentos sobre un material absorbente (Alba, 2008).

Winterización

Alba (2008) explica que, “La winterización es la tercera etapa en el proceso de refinación. Esta etapa es la encargada de la eliminación de sustancias que turbian el aceite o sea las sustancias que se cristalizan a bajas temperaturas. Básicamente se cristalizan los glicéridos que se desean retirar del aceite, bajo unas condiciones controladas de temperatura, grado de agitación y tiempo, los cuales son muy importantes para la posterior separación de los cristales, esta se puede dar mediante centrifugas”.

Desodorización

Básicamente es un proceso que eliminan los compuestos que provocan los olores desagradables de una corriente gaseosa. Se lleva a cabo en un “alambique” o cámara de destilación porque literalmente hierve y elimina los olores y sabores desagradables presentes en el aceite refinado, decolorado e hidrogenado. Para ello se utilizan equipos de desodorización continuos, semicontinuos y discontinuos, dependiendo del número de cambios en una planta especifica (Alba, 2008).

Después de una refinación del aceite crudo, la acidez peróxido e índice de saponificación reducen sus valores significativamente (Casanave, 1980).

Envasado

Tiene una función muy importante la cual es proteger y conservar las mejores propiedades, con el objetivo de no malograr el aceite producido, teniendo también en cuenta todos los factores que puedan generar una

oxidación o enranciamiento del mismo. Estos factores pueden ser; luz, temperatura, metal, ventilación, etc. (Alba, 2008).

Aceite de palta

Según Duran “El aceite de palta es el componente más importante de la sustancia seca del mesocarpio y es responsable del sabor y de su textura gustativa. En los últimos años la existencia de técnicas de extracción por presión en frio han hecho que este producto tenga un consumo viable por tener muchos beneficios para la salud” (2011).

Hace ya más de dos décadas que se iniciaron estudios sobre la obtención de aceite de palta, y son varias investigaciones que describen procesos de extracción, análisis físico-químicos del aceite y sus beneficios tanto cosmetológicas, medicinales y gastronómicas (Costa, 2001).

La palta presenta una variedad de usos como productos industrializados, que permiten el aprovechamiento de los excedentes y reducen las pérdidas pos-cosecha, entre ellos el aceite, tradicionalmente utilizado para fines cosméticos, pero por otro lado ha aumentado la producción de aceite de palta extra virgen para usos gastronómicos, el cual está presentando un gran potencial debido a sus cualidades que pueden llegar a reemplazar al aceite de oliva. En el ámbito gastronómico el aceite de palta obtenido de la pulpa es relativamente nuevo. El uso predominante del aceite de palta ha sido en la industria cosmética debido a su estabilidad y alto nivel de composición de vitamina E (α-tocoferol). La mayor parte de los procesos aplicados en la extracción del aceite de palta se hace por métodos relativamente severos, altas temperaturas y extracción por solventes orgánicos, que suelen acompañarse de medidas estándar de refinado, como el blanqueado y la desodorización (Yepes, Sanchez & Márquez, 2017).

Según (Ashton et al. 2006; Wong et al. 2008), citado por (Yepes et al, 2017) “El inicio de los procesos de extracción como el prensado en frío a la pulpa de palta mediante el uso de tecnologías muy parecidas a las utilizadas para la extracción de aceite de oliva extra virgen se inició en Nueva Zelanda”.

Según (Smith & Winter, 1970; Human, 1987) citado por (Yepes et al, 2017) la liberación del aceite de la pulpa de la palta no es tan fácil como se puede ver en el tejido de otras frutas, como las aceitunas. Dado que la pulpa de la palta tiene un contenido de agua relativamente alto, los intentos iniciales para recuperar el aceite de la pulpa mediante el uso de presiones hidráulicas o disolventes orgánicos requiere de secado antes de la extracción.

México y Chile son los países latinoamericanos en donde se han mejorado y aplicado técnicas para la mayor extracción de aceite de palta (Velásquez, 2006).

Reed (2001) citado por Santana (2013), menciona que “Una de las razones más importantes para usar el aceite de palta en vez que el de oliva que está en aumento es el alto punto de humo, excelente sabor y un color verde muy atractivo, entonces siendo este preferido por los chef de cocina de la alta gastronomía europea durante estos tiempos, reconocidos chefs han comparado al aceite de oliva con el aceite de palta, determinando que este último presenta mayores niveles de: clorofila, índice de Yodo, Vitamina E y un menor nivel de acidez libre, lo que involucra una mejor calidad”.

Por otro lado también este aceite extravirgen de palta se está comercializando en cápsulas como un suplemento dietético, como aerosoles para cocinar o también como aliños para platos. Durante el almacenaje el aceite de palta se puede deteriorar, a si es que la temperatura de almacenaje no debe ser más de 25 °C y tener un tipo de envase oscuro, para evitar la oxidación por luz y poder conservar más tiempo su calidad (Doradea, 2013).

Beneficios para la salud

Alba (2008) explica que, “Se ha comprobado que el omega-6 tiene propiedades antiinflamatorias que ayudan a combatir enfermedades de las articulaciones, es por eso que los suplementos o los alimentos que lo contienen, son adecuados para reducir la inflamación y aliviar el dolor en enfermedades como la artritis reumatoide. El consumo de alimentos ricos en omega-6, o complementos que tengan estos ácidos, logra disminuir los triglicéridos, reduce el colesterol, puede prevenir la formación de coágulos en

las arterias al impedir la agregación plaquetaria y disminuir levemente la presión arterial. En general hace que la sangre fluya mejor y de esta manera protege contra apoplejías, ataques al corazón, anginas de pecho, derrames cerebrales, enfermedades de Raynaud, entre otras".

Asimismo Duran (2011) recomienda que "Consumirlo con regularidad ayuda a bajar los niveles de colesterol en la sangre, así como los niveles de Lipoproteínas de Baja Densidad (LDL). En otras investigaciones mencionan también que los niveles de vitamina E son particularmente importantes porque están asociados con la reducción de riesgos de enfermedades cardiovasculares, por su contenido de alfa-tocoferol. Asimismo puede ayudar a la prevención de cáncer de colon, mama y próstata por su contenido de beta-sistosterol, el cual hace impide la absorción intestinal de colesterol haciendo disminuir los niveles de colesterol total y de LDL. Por otro lado también reduce el riesgo de trastornos oculares y cataratas por su contenido de luteína, que se encuentra junto con otros pigmentos liposolubles o carotenoides. Asimismo la vitamina E también resulta un gran aliado para el sistema inmunológico de los abuelos. Esto se debe a su capacidad de disminuir las sustancias perjudiciales del organismo que se incrementan con la edad".

Rendimiento del aceite de palta

Para obtener la mayor cantidad de aceite se tiene que utilizar la variedad Hass o la Fuerte las cuales contienen entre 18% y 26% de aceite. (Duran, 2011)

La madurez de la fruta influye en el rendimiento. Esto es porque durante la maduración, después que el fruto ha sido cosechado, el contenido de agua que tiene este es remplazado progresivamente por aceite (Buelvas, Patiño & Cano-Salazar, 2012).

Tabla 7: Comparación de rendimientos entre métodos de extracción.

VARIABLES A COMPARAR	Método de extracción					
	A.P (Solventes previo microondas) (bs)[a]	A.P.F (Prensado y centrifugado, previo tratamiento enzimático) (bs)[b]	A.P (Prensado en frío previo secado) (bh)[c]	A.P (Fluidos supercríticos) (bh)[c]	A.P (Proceso continuo de termobatido a 50°C) (bh)[d]	A.P (Disolventes previo secado de pulpa) (bh)[d]
RENDIMIENTOS %	87.5	71.6	16.52	18.9	11.68	22.05

VARIABLES A COMPARAR	Método de extracción					
	A.P (Mini expeller previo secado al sol)(bs)[e]	A.P (Tratamiento enzimático y centrifugación) (bh)[f]	A.P (Prensado en frío previo deshidratado de pulpa tratada) (bh)[g]	A.P (Centrifugado previo termobatido a 80°C) (bh)[h]	A.P (Prensado en frío previo termobatido a 80°C) (bh)[h]	A.P.F (Evaporación de agua, prensado y centrifugado) (bs)[i]
RENDIMIENTOS %	79	21.36	3.55	4.09	2.71	29.1

Nota: Aceite de Palta (A.P) Rendimiento en base húmeda (bh), rendimiento en base seca (bs). a Jiménez, 2001; b Schwartz, 2001; c Restrepo, 2012; d Martínez, 1992; e Southwell, 1990; f Acosta, 2011; g Doradea, 2013; h Santana, 2013; i Condori, 2016.

Composición de ácidos grasos del aceite de palta

Finol, 2009, citado por Acosta (2010), menciona que “La cromatografía de gases es el método más usado para la obtención de la composición de ácidos grasos para el aceite de palta, éste método puede determinar la cantidad y proporción de ácidos grasos, saturados e insaturados de la muestra de aceite”.

Ozdemir, 2004, citado por Acosta (2010), evaluó lo siguiente: “La composición de ácidos grasos durante la post-cosecha y la maduración de la palta de las variedades Hass y Fuerte. Durante tres meses a intervalos de un mes las muestras fueron recogidas y se conservaron en el laboratorio durante ocho días, este período se considera el tiempo de maduración de la palta. En la palta de variedad Hass, se encontraron los siguientes ácidos grasos: Palmítico con 20,5%; Palmitoleico con 10,5%; Esteárico con 0,15%; Oleico con 53.93%; omega-6 con 16%; omega-3 con 0,18% y Araquídico con 0,75%. Entonces durante los tres meses en las que fueron recolectadas las muestras de palta Hass mostraron un aumento del 20,5% y del 15% en el contenido de ácido oleico y linoleico, respectivamente. Asimismo se presentó una disminución del 29% en el contenido de ácido palmítico y del 15% del ácido palmitoleico, durante el mismo período de tiempo. Durante el la maduración, las muestras de palta Hass presentaron un aumento del 6% en la cantidad de ácido linoleico y palmitoleico y una disminución del 8% en el contenido de ácido graso palmítico y del 0,36% del ácido graso oleico”.

El principal ácido graso monoinsaturado en el aceite de palta es el ácido oleico (C18:1 ó ω-9), el cual se encuentra en cantidades de hasta 61 %, luego está el palmítico (C16:0) que se encuentra en un 16 % y entre los ácidos poliinsaturados, el principal es el ácido linoleico (C18:2 ó ω-6) que se encuentra en un 14 % (Ortiz-Moreno, Dorantes, Galindez & Guzmán, 2003).

Características físicas y químicas del aceite de palta

Las características físicas y químicas de los aceites determinan su calidad; refiriéndose a los alimentos en general y a los aceites en particular, la calidad puede expresarse como el conjunto de las propiedades físicas, químicas, nutricionales y organolépticas las cuales pueden determinar el nivel

de aceptabilidad del consumidor respecto a un uso determinado que le den. Esta definición introduce criterios o parámetros que pueden medirse o valorarse (Martínez, 2015).

Los análisis que se realizaron en esta investigación se muestran en la Figura 21.

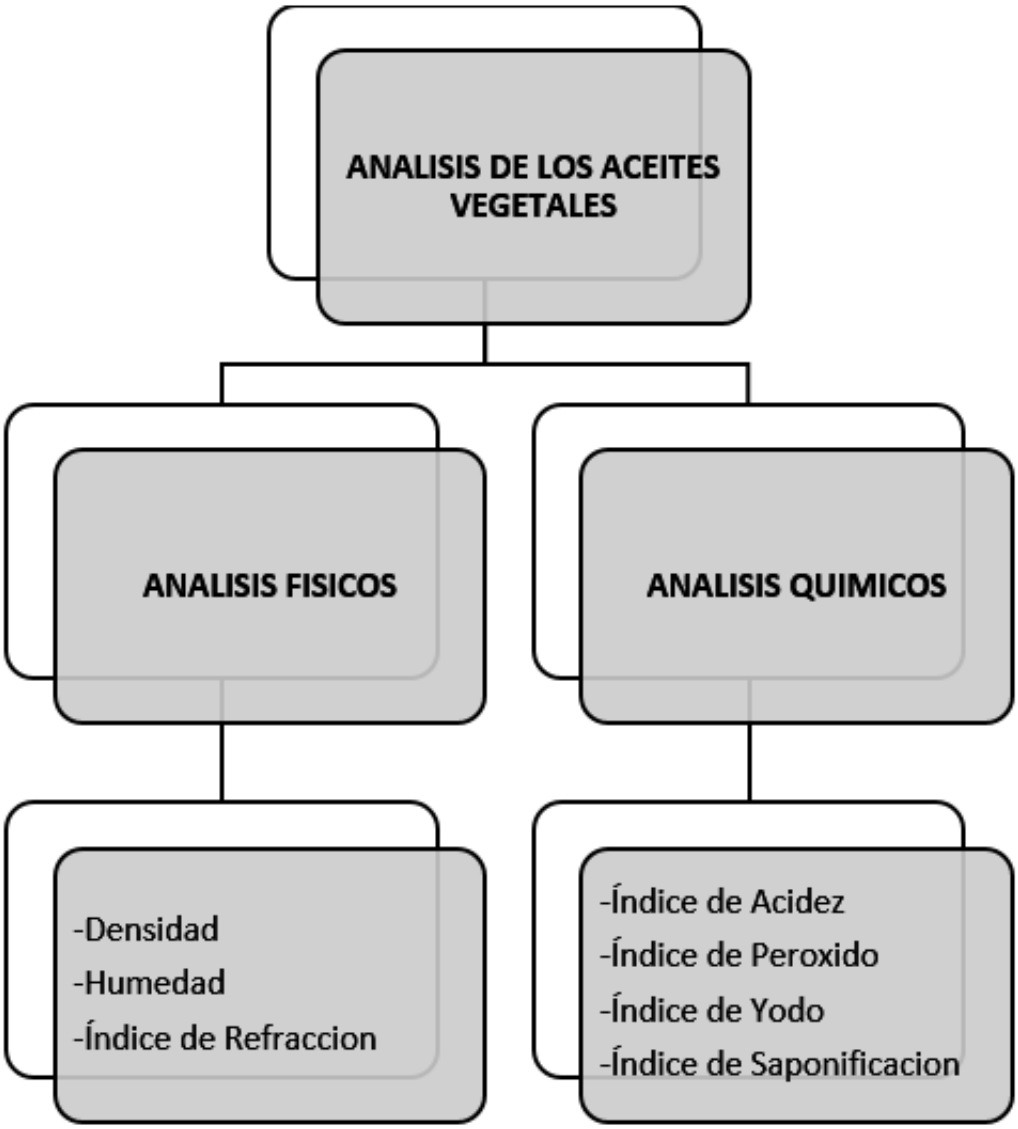

Figura 21. Análisis físicos y químicos

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8: Comparación de ácidos grasos de otros métodos de extracción.

ÁCIDOS GRASOS %	Método de extracción						
	A.P (Prensado en frío)[a]	**A.P (Centrifugado previo secado)[b]**	**A.P (Proceso contínuo de termobatido a 50°C)[c]**	**A.P.F (Prensado y centrifugado, previo tratamiento enzimático)[d]**	**A.P (Termomecánico a 55°C y centrifugación)[e]**	**A.P (Tratamiento enzimático y centrifugación)[f]**	**A.P (Prensado en frío previo deshidratado de pulpa tratada)[g]**
Ácido Palmitoleico/omega 7	5.7	7.8	7.17	1.48		11.51	6.4
Ácido Oleico/omega 9	69.1	60.6	63.83	75.12	53.25	58.17	63.36
Ácido Vaccenico							
Ácido Linoléico/omega 6	9.6	13.3	10.93	8.76	12.87	11.13	9.82
Ácido alfa-Linolénico/omega 3	0.3	1.4	1.01	0.87	0.76	0.93	0.88
Ácido Palmitico	14.1	15.06	16.55	8.61	21.51	16.49	18.22
Ácido Eicosanoico - Araquidico	0.2	0.1	0.02	0.21		0.1	
Ácido Esteárico	0.4	0.7	0.48	0.7	0.48	0.4	1.32

Nota: Aceite de Palta (A.P)
[a] Zhong, 2007; [b] Ariza, 2011; [c] Martínez, 1992; [d] Schwartz, 2001; [e] Yepes, 2016; [f] Acosta, 2011; [g] Doradea, 2013.

Tabla 9: Comparaciones de ácidos grasos entre otros aceites vegetales.

ÁCIDOS GRASOS %	ACEITES VEGETALES			
	Aceite de Maiz[a]	Aceite de Oliva[b]	Aceite de palta[c]	Aceite de palta[d]
Ácido Palmitoleico/omega 7			5.7	1.48
Ácido Oleico/omega 9	20 - 42.2	72.5	69.1	75.12
Ácido Vaccenico				
Ácido Linoléico/omega 6	34 - 65.6	7.9	9.6	8.76
Ácido alfa-Linolénico/omega 3	ND - 2	0.6	0.3	0.87
Ácido Palmitico	8.6 - 16.5	11	14.1	8.61
Ácido Eicosanoico - Araquidico	0.2 - 0.6		0.2	0.21
Ácido Esteárico	ND - 3.3	2.2	0.4	0.7

[a] CODEX, 1990; [b] Charley, 2012; [c] Zhong, 2007; [d] Schwartz, 2001.

Tabla 10: Comparaciones de las características físico-químicas entre otros métodos de extracción del aceite de palta.

CARACTERÍSTICAS FISICO-QUÍMICAS	UND	Métodos de extracción						
		A.P (Solventes previo microondas)[a]	A.P.F (Prensado y centrifugado, previo tratamiento enzimático)[b]	A.P (Centrifugado previo secado)[c]	A.P (Prensado en frío previo secado)[d]	A.P (Proceso continuo de termobatido a 50°C)[e]	A.P (Prensado en frío previa liofilización)[f]	A.P (Termomecánico a 55°C y centrifugación)[g]
Índice de Acidez	mg KOH/1g grasa	1.88						
% Ácidos oleico	%	0.94	1.56	0.75	4.63	0.32	0.33	0.38
Índice de Peróxido	meq P/ kg	26.93	19.58	2.46	22.86	8.10		5.56
Densidad Específica	g/ml	0.92	0.92		0.91		0.91	
Índice de Refracción		1.47	1.47			1.47	1.47	1.47
Índice de Saponificación	mg KOH/1g grasa	219.00	195.01		223.69		238.00	195.55
Índice de Yodo	cg l/1 g grasa	87.53	69.61	86.67	78.44			80.98

Nota: Aceite de Palta (A.P)
[a] Jiménez, 2001; [b] Schwartz, 2001; [c] Ariza, 2011; [d] Restrepo, 2012; [e] Martínez, 1992; [f] Serpa, 2014; [g] Yepes, 2016.

Tabla 11: Continuación de comparaciones de las características físico-químicas entre otros métodos de extracción del aceite de palta.

CARACTERÍSTICAS FISICO-QUÍMICAS	UND	Métodos de extracción					
		A.P (Tratamiento enzimático y centrifugación)[a]	A.P (Prensado en frío previo deshidratado de pulpa tratada)[b]	A.P (Centrifugado previo termobatido a 80°C)[c]	A.P (Prensado en frío, previo termobatido a 80°C) [c]	A.P.F (Evaporación de agua, prensado en frío y centrifugado)[d]	A.P.I (Prensado en frio, previa deshidratación de pulpa a 60°C)[e]
Índice de Acidez	mg KOH/1g grasa	3.13	1.17				1.65
% Ácidos oleico	%			0.24	0.22	0.10	0.82
Índice de Peróxido	meq P/ kg	19.90	3.38			2.20	11.80
Densidad Específica	g/ml	0.91	0.92	0.92	0.92	0.91	1.92
Índice de Refracción		1.47	1.78	1.47	1.47	1 a 50°C	1.47
Índice de Saponificación	mg KOH/1g grasa		197.88			130.00	224.91
Índice de Yodo	cg l/1 g grasa	82.00	84.70			130.20	94.80
Humedad	%	0.31	0.51	0.16	0.17		

Nota: Aceite de Palta (A.P)
[a] Acosta, 2011; [b] Doradea, 2013; [c] Santana, 2013; [d] Condori, 2016; [e] Casanave, 1980.

Tabla 12: Comparaciones de las características físico-químicas entre otros aceites vegetales.

CARACTERISTICAS FISICOQUIMICAS	UND	ACEITES VEGETALES			
		Aceite de Maiz[a]	Aceite de Oliva[b]	Aceite de palta[b]	Aceite de palta[c]
Índice de Acidez	mg KOH/1g grasa		3.3 - 3.35	3.15 - 3.28	
% Ácido oleico	%				1.56
Índice de Peróxido	meq P/ kg		19.5 - 20.5		19.58
Densidad Específica	g/ml	0.917- 0.925	0.916	0.91	0.915
Índice de Refracción		1.465 - 1.468	1.467	1.46 - 1.47	1.468
Índice de Saponificación	mg KOH/1g grasa	187 - 195	180 - 190	185 - 198	195.01
Índice de Yodo	cg I/1g grasa	103 - 135	75 - 94	82 - 84	69.61
Humedad	%		0.2	0.2 - 0.35	

[a] CODEX, 1990; [b] Kirschenbauer, 1964; [c] Schwartz, 2001.

Diseño de Planta

Díaz, Jarufe & Noriega (2007), existen pasos para realizar un diseño de planta adecuado y son los siguientes:

Estudio de Mercado.- tiene como objetivo la definición de los elementos como, el producto, la oferta, la demanda, el precio, los canales de distribución y la demanda para el proyecto. Un estudio de mercado sin ser una ciencia exacta, permite reducir la incertidumbre.

Asimismo se tiene que realizar un análisis de la demanda, y se hace su respectiva proyección, que puede ser por regresión múltiple o función lineal.

Diseño de producto.- en lo que se refiere al diseño de nuevos productos, se requiere de nuevas tecnologías, así como maquinaria, mano de obra, materia prima, etc. Muy aparte de la inversión inicial en capital, el diseño de cualquier producto comprende una fuerte inversión en tiempo para poder, investigar, pensar y probar soluciones que satisfagan los gustos o necesidades de los clientes.

Diseño del proceso.- el proceso es el conjunto de actividades ordenadas en forma cronológica y sistemática, con el objetivo de producir un resultado, podría ser un bien o servicio, este viene a ser la salida de un producto que se brindará al cliente y satisfará sus necesidades. El diseño del proceso puede resultar más importante que el diseño del producto. Los factores básicos son: Materiales, mano de obra, maquinaria y equipo, método y ambiente de trabajo.

Luego se tiene que elegir un tipo de sistema de producción porque este provee la infraestructura que facilita la descripción y la ejecución de un proceso de manufactura o de servicio. Este puede ser un sistema por proyectos, por producto o puede ser un sistema intermitente.

El diseño de proceso elegido en esta investigación fue un sistema por producto, o sea se realizaría una producción continua.

Localización de planta.- Indica la ubicación de la unidad productora, esta se tiene que dar en base a que se alcance la máxima productividad y rentabilidad en el proyecto, asimismo como el lograr mínimos costos unitarios. Se tienen que tener en cuenta unos factores muy importantes para un análisis de localización estos son: costos de transporte, cercanía al mercado, disponibilidad de materia prima, mano de obra, energía, agua, servicios de transporte, etc. Estos factores se pueden evaluar a través de diferentes métodos de evaluación de localización, ya sean cualitativos, semicuantitativos, como el método de ranking de factores, método de Brown y Gibson o análisis dimensional, o también se pueden usar métodos cuantitativos.

Tamaño de planta.- para cualquier proyecto de viabilidad es fundamental determinar la capacidad apropiada de la planta. Muy aparte del pronóstico de la demanda y del estudio de mercado que son el punto de partida, también se debe estudiar los niveles de producción que puedan corresponder a otras tantas magnitudes de inversión, por una parte, y a diferentes niveles de ventas y rentabilidad por la otra; se tienen que analizar diferentes factores: tecnológicos, económicos-financieros, sociales y políticos.

Asimismo existen metodologías para determinar el tamaño de planta, tanto el tamaño máximo que se analiza con el mercado, el tamaño mínimo que se realiza a través del punto de equilibrio, tamaño económico mínimo y tamaños intermedios que se analizan con los costos de inversión, los recursos y financiamiento.

Luego de dichos análisis la solución óptima del tamaño de planta será aquella que genere un resultado económico más favorable.

Finalmente se analizaran los costos de inversión y de producción.

OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar si existen diferencias significativas en el rendimiento y la calidad del aceite de palta hass entre los métodos, termobatido, prensado hidráulico y prensado por expeller, para poder definir el mejor proceso y proponer un diseño de planta.

Objetivos específicos

Determinar si existen diferencias significativas respecto al rendimiento del aceite de palta hass, entre los métodos de extracción, termobatido, prensado hidráulico y prensado por expeller, para poder definir el mejor proceso y proponer un diseño de planta.

Determinar si existen diferencias significativas respecto a la composición de ácidos grasos del aceite de palta hass, entre los métodos de extracción, termobatido, prensado hidráulico y prensado por expeller, para poder definir el mejor proceso y proponer un diseño de planta.

Determinar si existen diferencias significativas respecto a las características fisicoquímicas del aceite de palta hass, entre los métodos de extracción termobatido, prensado hidráulico y prensado por expeller, para poder definir el mejor proceso y proponer un diseño de planta.

Determinar la viabilidad productiva y económica del método propuesto mediante un diseño de planta.

Justificación de la investigación

Justificación Teórica

Hernández et al. (2010) manifiesta que “La justificación de la investigación indica el porqué de la investigación exponiendo sus razones. Por

medio de la justificación debemos demostrar que el estudio es necesario e importante" (p.39).

La presente investigación es un aporte científico desde la ingeniería industrial y serviría como una fuente de consulta futura puesto que no existen investigaciones o tesis referidas específicamente a la descripción y comparación entre los métodos de extracción de aceite de palta hass termobatido, prensado hidráulico, prensado por expeller; y determinar la capacidad productiva a gran escala así como la viabilidad económica.

Asimismo contrastar métodos aplicables en la ingeniería industrial, como aporte de procesos que puedan mejorar los procesos de industrialización y comercialización del aceite de palta.

Justificación Práctica

Esta investigación se realizó con el fin de realizar las comparaciones entre métodos de extracción para definir el mejor, y esto se logrará determinando si es que existen diferencias significativas de rendimiento, características físico-químicas y composición de sus ácidos grasos del aceite de palta hass entre los métodos de extracción termobatido, prensado hidráulico y prensado por expeller.

Contrastar métodos aplicables en la ingeniería industrial, como aporte de procesos que puedan mejorar los procesos de industrialización y comercialización.

Justificación Social

Esta investigación contiene información muy importante tanto para estudiantes de ingeniería industrial como de otras carreras afines y personas que quieran emprender, pues contiene las bases teóricas de los diferentes métodos y procesos de obtención de aceite de palta experimentados en esta investigación. En este caso esta investigación podría ser motivo para promover el valor agregado que se le podría dar al descarte de exportación de palta hass, y desarrollar un producto natural no tradicional de exportación como el aceite de palta.

HIPOTESIS

Hipótesis general

H1: Existen diferencias significativas en el rendimiento y calidad del aceite de palta hass entre los métodos de extracción, termobatido, prensado hidráulico y prensado por expeller, para poder definir el mejor proceso y proponer un diseño de planta.

Ho: No existen diferencias significativas en el rendimiento y calidad del aceite de palta hass entre los métodos de extracción, termobatido, prensado hidráulico y prensado por expeller, para poder definir el mejor proceso y proponer un diseño de planta.

Hipótesis Específicas

Variable Rendimiento.

H1: Existen diferencias significativas respecto al rendimiento del aceite de palta hass, entre los métodos de extracción, termobatido, prensado hidráulico y prensado por expeller, para poder definir el mejor proceso y proponer un diseño de planta.

Ho: No existen diferencias significativas respecto al rendimiento del aceite de palta hass, entre los métodos de extracción, termobatido, prensado hidráulico y prensado por expeller, para poder definir el mejor proceso y proponer un diseño de planta.

Variable Composición de ácidos grasos.

H1: Existen diferencias significativas respecto a la composición de ácidos grasos del aceite de palta hass, entre los métodos de extracción, termobatido, prensado hidráulico y prensado por expeller, para poder definir el mejor proceso y proponer un diseño de planta.

Ho: No existen diferencias significativas respecto a la composición de ácidos grasos del aceite de palta hass, entre los métodos de extracción, termobatido, prensado hidráulico y prensado por expeller, para poder definir el mejor proceso y proponer un diseño de planta.

Variable Características físico-químicas

H1: Existen diferencias significativas respecto a las características fisicoquímicas del aceite de palta hass, entre los métodos de extracción, termobatido, prensado hidráulico y prensado por expeller, para poder definir el mejor proceso y proponer un diseño de planta.

Ho: No existen diferencias significativas respecto a las características fisicoquímicas del aceite de palta hass, entre los métodos de extracción, termobatido, prensado hidráulico y prensado por expeller, para poder definir el mejor proceso y proponer un diseño de planta.

Variable Viabilidad productiva y económica a gran escala.

H1: El método seleccionado es viable económicamente y productivamente al implementarse en planta.

Ho: El método seleccionado no es viable económicamente y productivamente al implementarse en planta.

Matriz de consistencia

Ver ANEXO 1

MARCO METODOLOGICO

Metodología

En la presente investigación se aplicó metodología cuantitativa, dado que la investigación es mesurable y permite la verificación de las hipótesis planteadas mediante el análisis estadístico. Pero para poder realizar estudios cuantitativos es indispensable contar con una teoría ya construida, pues el método científico usado en la misma es deductivo, muy diferente a la cualitativa la cual se tiene que generar una teoría en base a una serie de proposiciones extraídas de un cuerpo teórico. Las características más relevantes de la metodología cuantitativa es que se selecciona una idea, las cual causa varias preguntas y luego de estas se generan las hipótesis y las variables (Tamayo, 2009).

Paradigmas

El método cuantitativo está basado en el enfoque positivista, “Este busca las causas mediante herramientas tales como el cuestionario y producen datos susceptibles de análisis estadístico. Asimismo para el positivismo, la objetividad es primordial, el investigador observa, mide y manipula variables**;** además de que se desvincula de sus propias tendencias ya que la relación entre éste y el fenómeno de estudio es independiente. Y lo principal es que lo que no se puede observar con precisión se excluye como objeto de estudio”

Enfoque

Se ha elegido el enfoque cuantitativo porque “Este enfoque usa la recolección de datos para comprobar una hipótesis, en base a una medición numérica y también al análisis estadístico para establecer patrones de comportamiento y probar otras teorías” (Hernández et al., 2010, p. 4).

Tamayo (2009) explica que “La metodología cuantitativa se basa en la construcción y medición de dimensiones, indicadores e índices de variables, y los datos deben responder a estos factores, por lo cual tendrán validez si se pueden verificar o no, entonces estos deben ser observados y constatados de alguna forma”.

Método

Hernández et al. (2010)”El método elegido es el experimental y este “Se refiere a un estudio en el que el investigador manipula intencionalmente las variables independientes para analizar las consecuencias que genera la manipulación sobre las variables dependientes, dentro de una situación de control para el investigador” (p.121).

Tamayo (2009), se refiere de la misma manera que, “Mediante la manipulación de una variable experimental no comprobada, en condiciones rigorosamente controladas, con el objetivo de describir de qué modo o por que se produce una situación o acontecimiento particular”

Variables

Variable independiente

Métodos de extracción de aceite de Palta Hass

Variables dependientes.

Rendimiento

Calidad (Composición de ácidos grasos y características fisicoquímicas)

Viabilidad productiva y económica a gran escala.

Población y muestra

Población

En este caso la Palta *(Persea Americana)* a todas las variedades se le denominaron como la población de la presente investigación.

Unidad de análisis

Hernández et al. (2010) “Básicamente es el sobre qué o quienes, es decir, los participantes, objetos o sucesos de estudio de donde se van a recolectar datos, dependiendo del planteamiento de la investigación y de los alcances del estudio” (p.172).

En esta investigación la Palta *(Persea Americana)* var. Hass se le denominó como la unidad de análisis de la investigación.

Muestra

Hernández et al. (2010) “La muestra es un subgrupo de la población de interés sobre el cual se recolectaran datos, y que tiene que definirse o delimitarse de antemano con precisión, este deberá ser representativo de dicha población” (p.173).

Hernández et al. (2010) “La muestra seleccionada para la investigación se le puede denominar probabilística “Esta porque es un subgrupo de la población en el que todos los elementos de esta tienen la misma posibilidad de ser elegidos” (p.176).

En total para todos los métodos de extracción y repeticiones para la presente investigación se seleccionó como muestra 42 kg de palta hass aproximadamente.

Procedimientos

Lugar de experimentación

Universidad Nacional Agraria La Molina, Planta piloto y Laboratorios de la Facultad de Industrias Alimentarias.

Materia prima

La palta (Persea americana) variedad Hass se adquirió en el mercado mayorista de frutas el cual se encuentra en el distrito de La Victoria.

Materiales y equipos

Materiales y Suministros para termobatido:

- Agua y lejía
- Tabla de Picar
- Cuchillos
- Bolws.
- Probeta de 250 ml
- Pipeta
- Embudo
- Botellas color ámbar de 250 ml
- Papel toalla

Materiales y Suministros para prensado hidráulico:

- Agua y lejía
- Tabla de Picar
- Cuchillos
- Bolws.
- Probeta de 250 ml
- Pipeta
- Botellas color ámbar de 250 ml
- Bolsas plásticas de polietileno
- Tela poliseda blanca

Materiales y Suministros para prensado por expeller:

- Agua y lejía
- Tabla de Picar
- Cuchillos
- Bolws.
- Baker 500 ml
- Pipeta
- Botellas color ámbar de 250 ml
- Bolsas plásticas de polietileno

Equipos para termobatido:

- Balanza
- Sistema ABENCOR.

Equipos para prensado hidráulico:

- Secador con bandejas:
  - Marca: Reter
  - Modelo: DNN 200
  - Capacidad: 12 bandejas ~ 6kg pulpa de palta
- Prensa hidráulica:
  - Modelo: Ensamblado en UNALM
  - Motor: 2hp
  - Voltaje: 220v
  - Rango de trabajo 6000lbs
  - Material: Acero inox (cesto, base, embolo)
  - Capacidad: 700gr de pulpa de palta por prensada

Equipos para prensado por expeller:

- Expeller:
  - Marca: Monforts IBG Oekotec
  - Tipo: CA 59 G FU
  - Capacidad: 3kg pulpa seca de palta/hora
  - Frecuencia 15 hertz y se usa una boquilla N° 4

Tratamientos experimentales

La presente investigación busca evaluar tres métodos para extraer aceite de palta; termobatido, prensado hidráulico y prensado por expeller, para cada método de extracción se analizó las variables rendimiento, composición de ácidos grasos y características fisicoquímicas. Cabe resaltar que cada método de extracción se realizó por triplicado.

Para el análisis de rendimiento del aceite de palta, a las nueve muestras obtenidas se les midió el volumen en una probeta y los mililitros se convirtieron en gramos considerando la densidad obtenida por los análisis de laboratorio.

Se le hicieron los cálculos respectivos obteniendo primero los porcentajes de rendimiento de la cascara, hueso, pulpa de la palta y finalmente el del aceite de palta, el cual se expresa en base seca. Se utilizaron las siguientes formulas:

$$\%\ Cascara\ y\ hueso = \frac{Peso\ cascara\ y\ hueso}{Peso\ total\ fruto} x\ 100$$

$$\%\ Pulpa\ de\ palta = \frac{Peso\ pulpa\ de\ palta}{Peso\ total\ fruto} x\ 100$$

$$\%\ Aceite\ de\ palta = \frac{Peso\ del\ aceite\ de\ palta}{Peso\ total\ fruto} x\ 100$$

$$\%\ Aceite\ de\ palta(bh) = \frac{Peso\ del\ aceite\ de\ palta}{Peso\ total\ pulpa\ humeda} x\ 100$$

$$\%\ Aceite\ de\ palta(bs) = \frac{Peso\ del\ aceite\ de\ palta}{Peso\ total\ materia\ seca\ de\ la\ pulpa} x\ 100$$

Para analizar estadísticamente los datos se ingresaron los datos al SPSS20 y se utilizó el DCA (Diseño Completamente Aleatorio) para comprobar la hipótesis de investigación.

Para el análisis de la composición de ácidos grasos se mandaron a analizar los respectivos aceites de palta de cada método de extracción; a estas muestras de aceite se les realizó Cromatografía de Gases en el ITP (Instituto Tecnológico de la Producción) por triplicado.

Según lo explicado por el Técnico Carlos Castro del Instituto Nacional de la Producción se realizó la cromatografía Gas-Liquido este consiste

básicamente en la división de compuestos volatilizados de una determinada muestra, al ser arrastrados por una corriente de gas inerte (fase móvil) a través de una capa de líquido no volátil (fase estacionaria) que recubre un soporte sólido, normalmente formado por pequeñas partículas y empaquetado en una columna. Las características de los compuestos que más influencian su separación son su volatilidad relativa y su solubilidad en la fase estacionaria. Las muestras suelen inyectarse disueltas en un disolvente orgánico volátil (1-5ul) directamente en la columna precalentada a una temperatura suficiente para producir una volatilización instantánea del disolvente con sus solutos. El flujo de gas portador arrastra el vapor de las sustancias más volátiles a través de la columna. Las sustancias menos volátiles se retienen en mayor o menor grado en la fase estacionaria y por tanto se desplazan por la columna a diferente velocidad y eluyen en tiempos diferentes (Hemming & Hawthorne, 2001).

Las especificaciones técnicas del cromatógrafo se detallan a continuación:

Nombre: Cromatógrafo de gases equipado con FID (Fire Identification Detection)

Marca: Perkin Elmer Autosystem XL

Los requerimientos de análisis son:

Temperatura horno	160 º C – 230 º C (1° C/min)
Temperatura del inyector	250ºC
Temperatura del detector	270ºC
Presión del hidrógeno	5 psi
Split	100:1
Volumen de la inyección	2 µl

Tipo de columna: Supelcowax – 10 de sílice fundida marca Supelco de 30 metros de longitud, 0,25 milimetros de diámetro interno y 0,25 µm de espesor de película.

Tiempo del análisis: 65 minutos.

Para ver detalles del procedimiento ver **ANEXO 5.**

Se obtuvieron las cantidades en porcentajes de ocho ácidos grasos por método de extracción. Para el análisis estadístico se ingresaron los datos al SPSS20 y se utilizó la prueba Kruskal Wallis con el fin de comprobar la hipótesis de investigación.

Para analizar las características físico-químicas, a las muestras se les realizó siete análisis fisicoquímicos principales por triplicado por cada método de extracción. Dichos análisis fueron desarrollados en los laboratorios de físico-química de la UNALM, y en Calidad Total.

Índice de Acidez, la acidez libre se expresa generalmente en términos del índice de acidez, en lugar de porcentaje de acidez; este se define como el número de miligramos de KOH que se necesitan para neutralizar 1 gramo de muestra (INACAL NTP 209.005, 2014). Este análisis de Índice de Acidez se realizó con el método NTP 209.005.

Índice de Peróxido, la Norma Técnica Peruana dispone el método para definir todas las sustancias, en términos de miliequivalentes de peróxido por 1000g de muestra, que oxidan el yoduro de potasio (KI) en base a las condiciones del ensayo. Estos frecuentemente se consideran como peróxidos o cualquier otro producto parecidos a la oxidación de las grasas. Este análisis se puede aplicar a todas las grasas y aceites comestibles. Este método es altamente experimental y ante cualquier variabilidad en el procedimiento puede conllevar a una alteración en el resultado (INACAL NTP 209.006, 2014). Este análisis de Índice de Peróxido se realizó con el método NTP 209.006.

Índice de yodo es una medida que determina la no saturación de los aceites y grasas, este se expresa en el número de centigramos de yodo que son absorbidos por un gramo de muestra (% de yodo absorbido) (INACAL NTP

209.008, 2014). Este análisis de Índice de Yodo se realizó en base a la NTP 209.008.

Índice de Refracción es básicamente la relación entre la velocidad de la luz al pasar a través de la muestra del aceite o grasa y la velocidad de la luz en el vacío (INACAL NTP 209.121, 2014). Este análisis de Índice de Refracción se realizó con el método AOAC 921.08.

Índice de Saponificación, se representa como el número de miligramos de hidróxido de potasio (KOH), que son necesarios para saponificar 1 gramo de cualquier sustancia grasa (INACAL NTP 209.058, 2014). Este análisis de Índice de Saponificación se realizó con el método AOAC 920.160.

Densidad Relativa, básicamente es el establecimiento de una relación entre el peso de una unidad de volumen de la muestra a 25°C y el peso de una unidad de volumen de agua a 25°C (INACAL NTP 209.128, 2014). Este análisis de densidad relativa se realizó con el método AOAC 920.212.

Humedad, el procedimiento es el universal, por pérdida de peso a través del secado (INACAL NTP 209.004, 2014). Este análisis de % de Humedad se realizó con el método AOAC 926.12.

En total se obtuvieron sesenta y tres valores, porque son tres valores por método de extracción y por análisis físico-químico. Para desarrollar el análisis estadístico se ingresó los datos al SPSS20 y se empleó el DCA para los análisis de densidad e índice de yodo, y para los cinco restantes como no cumplieron los supuestos se les aplico la prueba no paramétrica Kruskal Wallis para poder comprobar la hipótesis de investigación.

Diagramas de flujo de los métodos de extracción

Termobatido

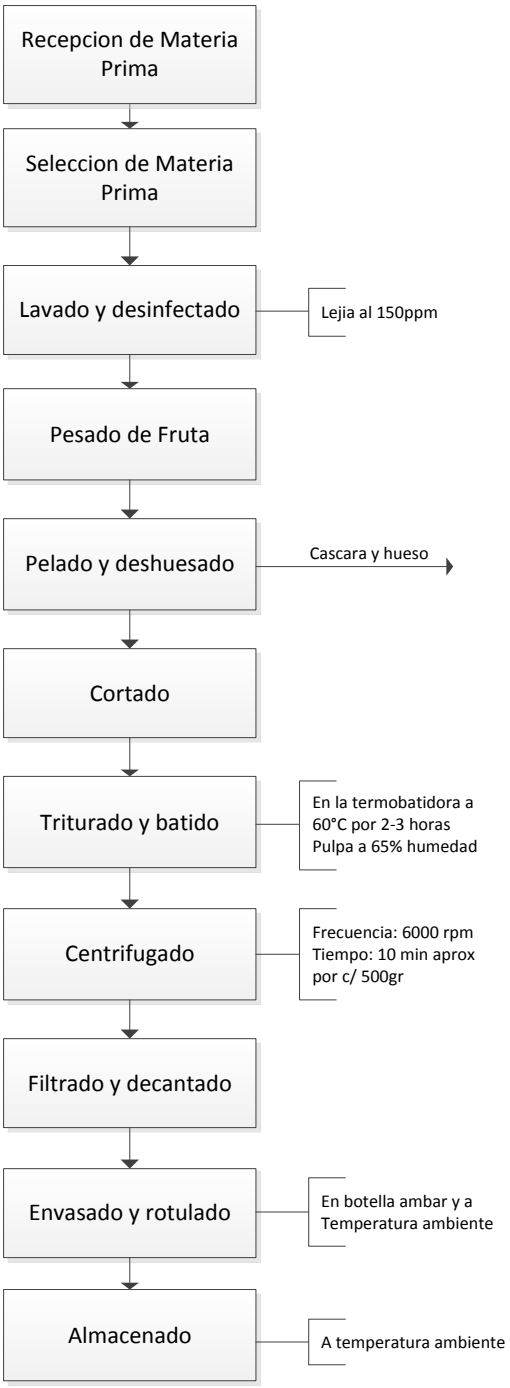

Figura 22. Diagrama de Flujo del Método Termobatido.

Prensado hidráulico y prensado por expeller

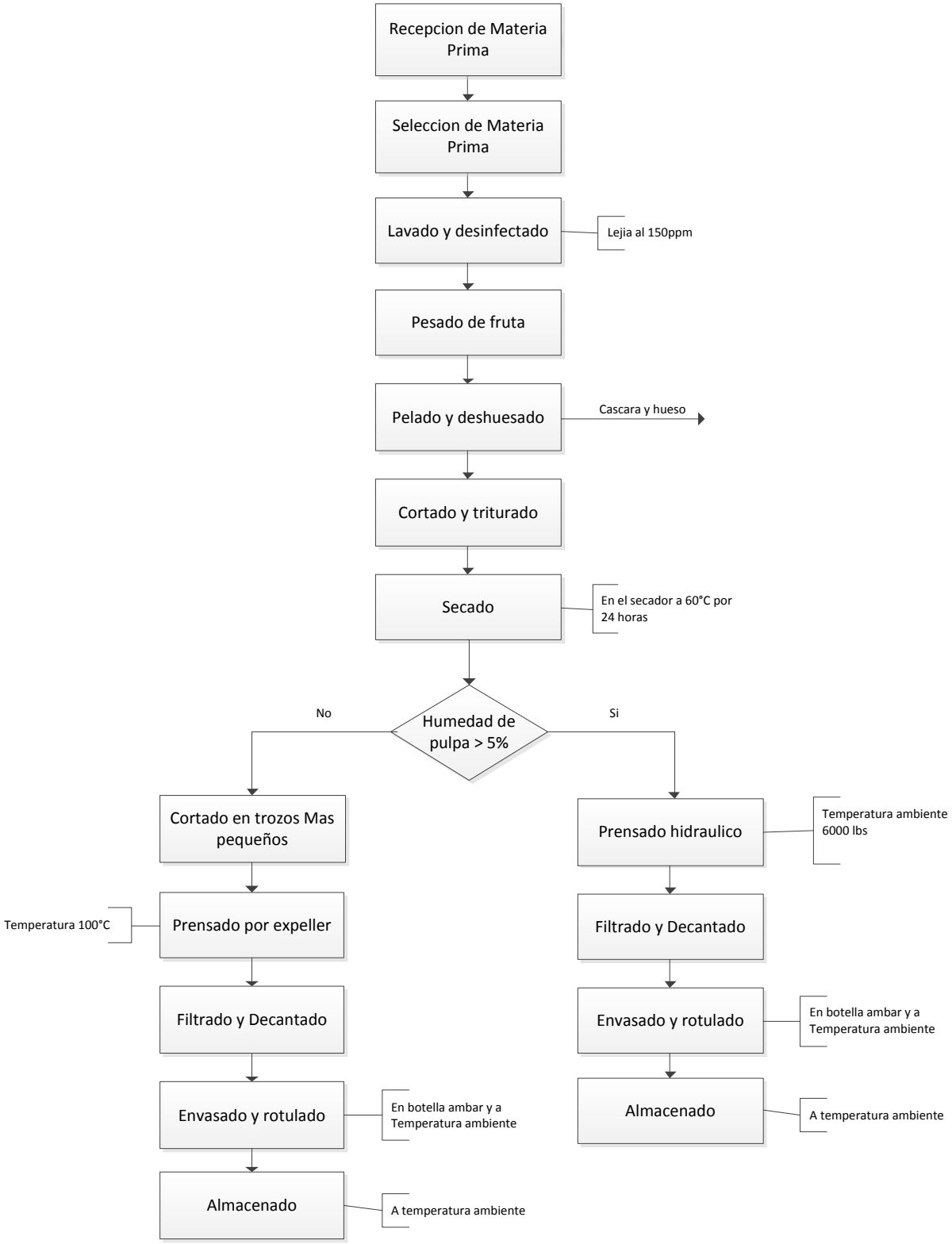

Figura 23. Diagrama de Flujo del Método Prensado Hidráulico y Expeller.

Diagramas de operaciones de los métodos de extracción

Termobatido

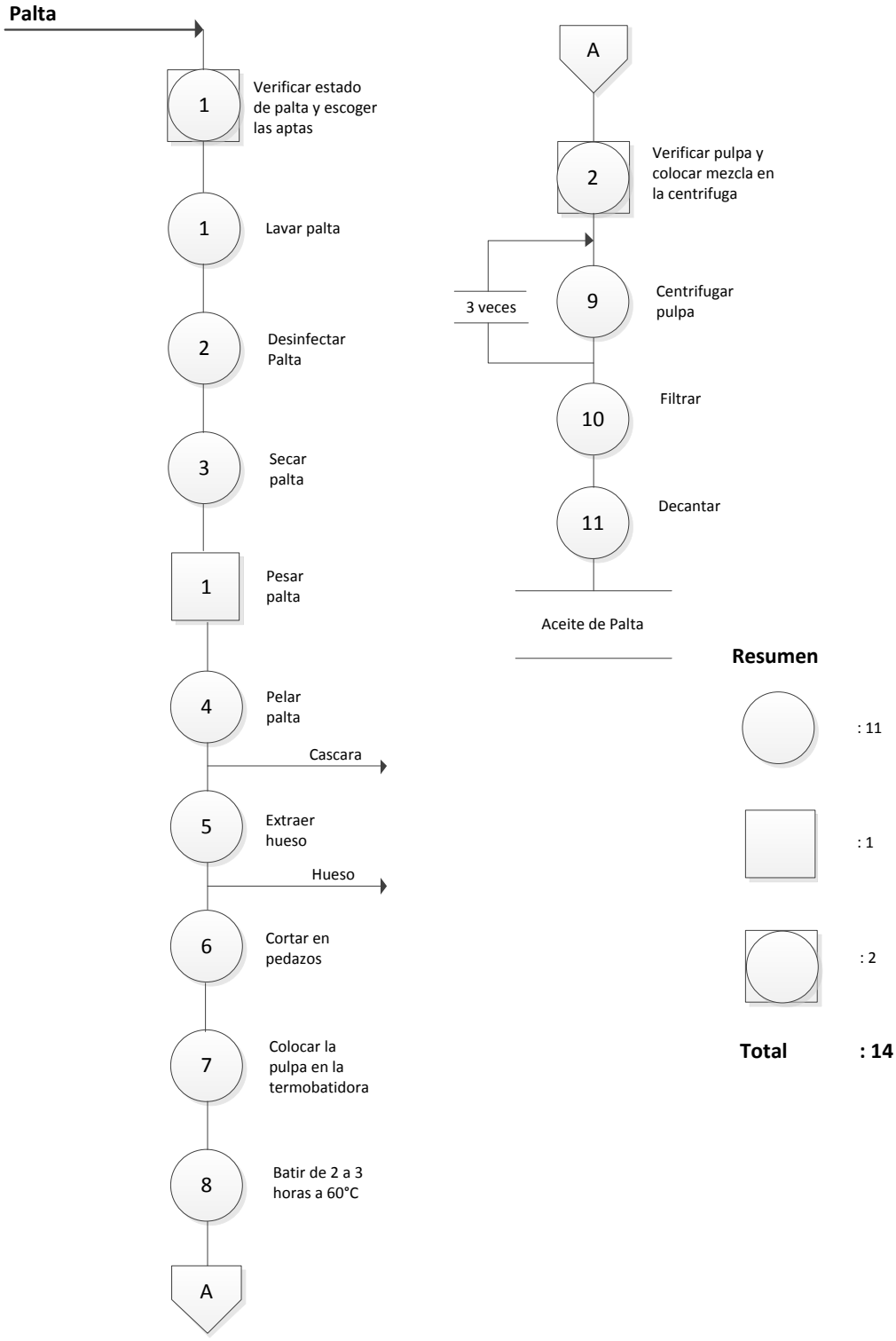

Figura 24. Diagrama de Operaciones del Método Termobatido

Prensado hidráulico

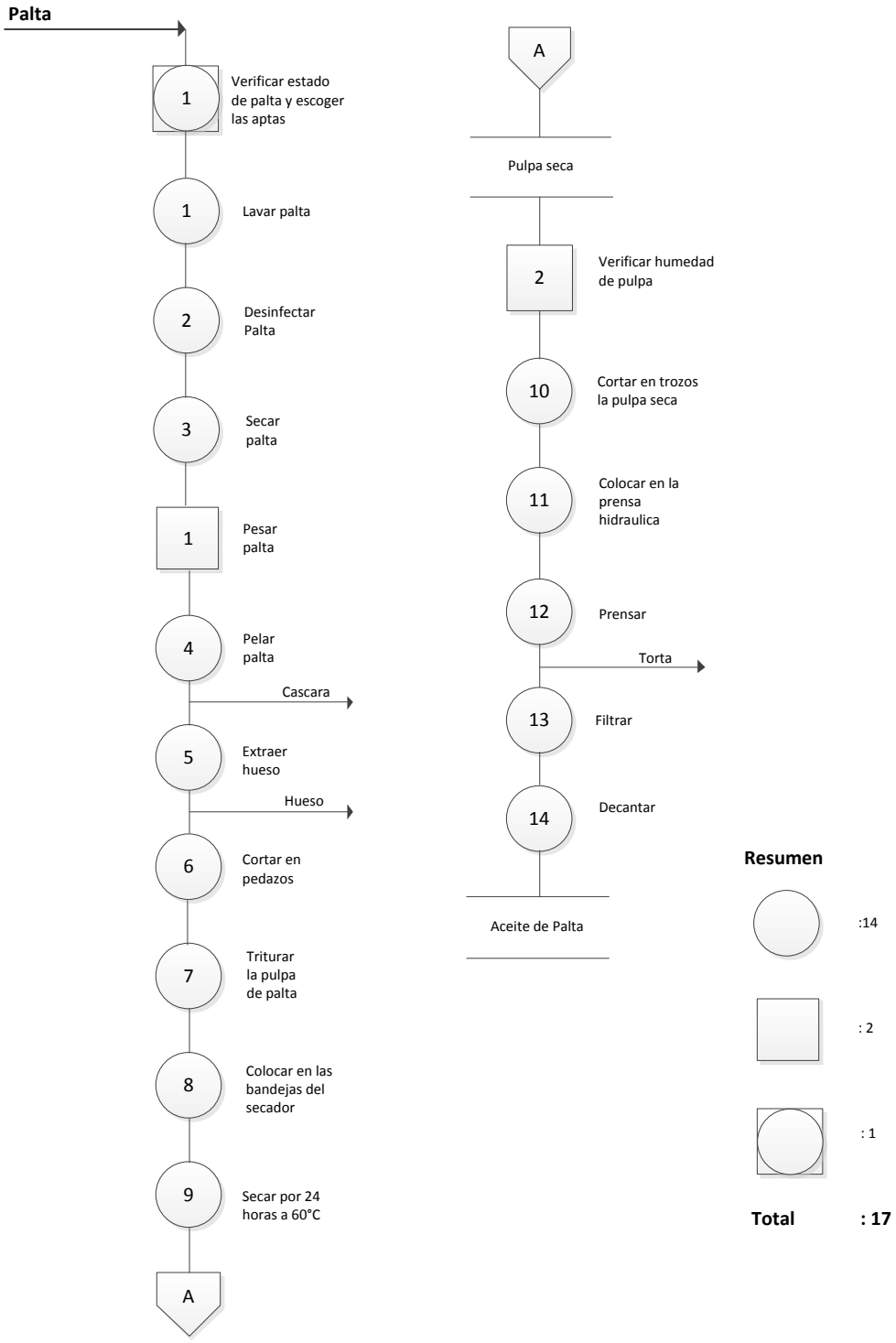

Figura 25. Diagrama de Operaciones del Método Prensado Hidráulico.

Prensado por expeller

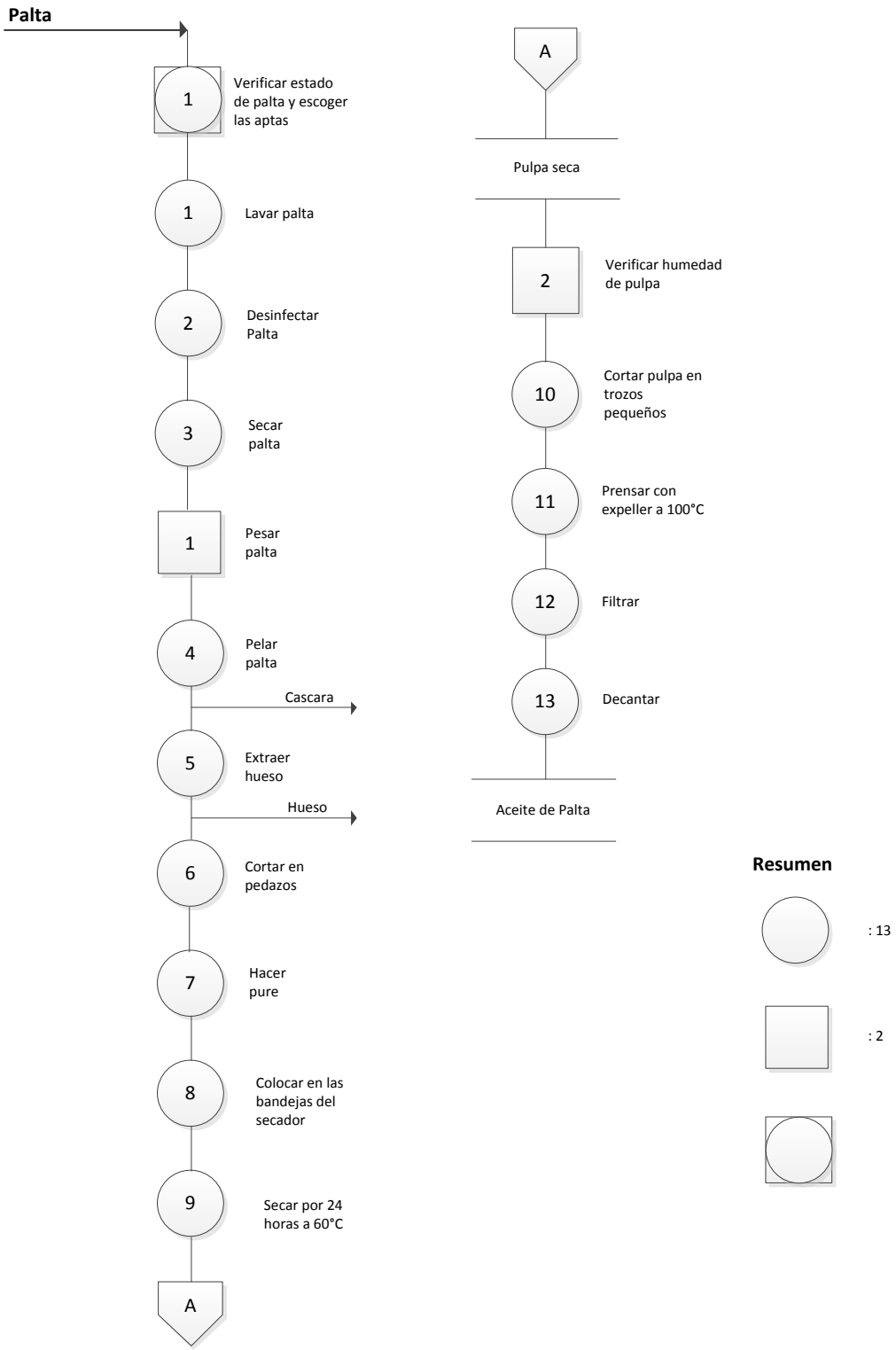

Figura 26. Diagrama de Operaciones del Método Prensado por Expeller.

Procedimiento para la Extracción de Aceite de Palta por Termobatido

Recepción de la materia prima

Se realizó la recepción de la materia prima la cual proviene del mercado de frutas que se encuentra ubicado en Lima, en el distrito de La Victoria.

Selección de la materia prima

Se seleccionó las paltas tomando en consideración el estado de madurez. La selección de las paltas fue meticuloso, se eliminaron las paltas que no cumplian con la dureza, firmeza, textura y apariencia requerida.

Lavar y Desinfectar

Las paltas seleccionadas fueron lavadas con agua, eliminando restos de tierra e impurezas que puedan cambiar las características físico-químicas y luego se desinfecto con lejía a 150 ppm (Duran, 2011).

Pesado de fruta

Se pesó la palta seleccionada en una balanza.

Pelado y deshuesado

Se pelaron las paltas de tal forma que se obtenga la mayor parte de pulpa y se les extrajo el hueso.

Cortado

Los trozos de palta extraídos se cortaron en pedazos de tal forma que puedan entrar en las ollas de la termobatidora y de esta forma agilizó de alguna manera el batido de la pulpa.

Triturado y batido

Al estar todas las ollas de la termobatidora llenas con aproximadamente 500gr de pulpa de palta se procedió a iniciar el termobatido a 60°C aproximadamente de 2 a 3 horas, la temperatura y tiempos se determinaron a través de varias pruebas preliminares realizadas con los mismos equipos y tomando de referencia investigaciones como la de Martínez (1992), donde el uso una temperatura de 55°C.

Centrifugado

Luego de que se rompieron las estructuras que contienen aceite en la pulpa de la palta se procedió al centrifugado, este se realizó por 10 minutos aproximadamente a una frecuencia de 6000 rpm.

Filtrado y decantado

A través de un colador simple se hizo pasar el aceite hacia un beaker quedándose las partículas más grandes en el colador y posteriormente el aceite se decantó por 12 horas aproximadamente, para tener certeza de la separación optima de aceite con agua y otras microparticulas.

Envasado y rotulado

El aceite se depositó en unas botellas color ámbar de 250 ml para que la luz no pueda deteriorar el aceite y se rotuló las botellas para su futura identificación.

Almacenado

Finalmente el aceite se almacenó a una temperatura ambiente.

Procedimiento para la extracción de aceite de palta por prensado hidráulico

Recepción de la materia prima

Se realizó la recepción de la materia prima la cual proviene del mercado de frutas que se encuentra ubicado en Lima, en el distrito de La Victoria.

Selección de la materia prima

Se seleccionó las paltas tomando en consideración el estado de madurez. La selección de las paltas fue meticuloso, se eliminaron las paltas que no cumplían con la dureza, firmeza, textura y apariencia requerida.

Lavar y Desinfectar

Las paltas seleccionadas fueron lavadas con agua, eliminando restos de tierra e impurezas que puedan cambiar las características físico-químicas y luego se desinfecto con lejía a 150 ppm (Duran, 2011).

Pesado de fruta

Se pesó la palta seleccionada en una balanza.

Pelado y deshuesado

Se pelaron las paltas de tal forma que se obtenga la mayor parte de pulpa y se les extrajo el hueso.

Cortado y triturado

Los trozos de palta extraídos se cortaron en pedazos delgados de tal forma que sea más fácil triturar y hacer puré para que de esta forma se desarrolle un secado más óptimo.

Secado

La pulpa hecha puré se colocó en las bandejas del secador encima de unas bolsas de polietileno adaptadas a las bandejas y el horno-secador se programó a 60°C por 24 horas. Se tomó de referencia otras investigaciones que realizaron las mismas operaciones, por ejemplo en Doradea (2013), sometieron a un proceso de secado, en el secador de flujo transversal a una temperatura de 60 grados Celsius que permaneció constante, en un intervalo de tiempo de 22 –24 horas para llegar a una humedad de 7,5%.

Prensado hidráulico

La pulpa seca obtenida después del secado se dividió en dos, los trozos más grandes y con humedad > 5% aproximadamente, se cortaron un poco, y se colocaron en un pedazo de poliseda dentro del cesto de la prensa y esta se activó cada 10 minutos aproximadamente con una fuerza de 6000 lbs poco a poco hasta que se extrajo todo el aceite que se pudo y solo quede la torta.

Filtrado y decantado

A través de un colador simple se pasó el aceite hacia un beaker quedándose las partículas más grandes en el colador y posteriormente el

aceite se decantó por 12 horas aproximadamente, para tener certeza de la separación optima de aceite con agua y otras microparticulas.

Envasado y rotulado

El aceite se depositó en unas botellas color ámbar de 250 ml para que la luz no pueda deteriorar el aceite y se rotuló las botellas para su futura identificación.

Almacenado

Finalmente el aceite se almacenó a una temperatura ambiente.

Procedimiento para la extracción de aceite de palta por prensado por expeller

Recepción de la materia prima

Se realizó la recepción de la materia prima la cual proviene del mercado de frutas que se encuentra ubicado en Lima, en el distrito de La Victoria.

Selección de la materia prima

Se seleccionó las paltas tomando en consideración el estado de madurez. La selección de las paltas fue meticuloso, se eliminaron las paltas que no cumplian con la dureza, firmeza, textura y apariencia requerida.

Lavar y Desinfectar

Las paltas seleccionadas fueron lavadas con agua, eliminando restos de tierra e impurezas que puedan cambiar las características físico-químicas y luego se desinfecto con lejía a 150 ppm (Duran, 2011).

Pesado de fruta

Se pesó la palta seleccionada en una balanza.

Pelado y deshuesado

Se pelaron las paltas de tal forma que se obtenga la mayor parte de pulpa y se les extrajo el hueso.

Cortado y triturado

Los trozos de palta extraídos se cortaron en pedazos delgados de tal forma que sea más fácil triturar y hacer puré para que de esta forma se desarrolle un secado más óptimo.

Secado

La pulpa hecha puré se coloca en las bandejas del secador encima de unas bolsas de polietileno adaptadas a las bandejas y el horno-secador se programa a 60°C por 24 horas. Se tomó de referencia otras investigaciones que realizaron las mismas operaciones, por ejemplo en Doradea (2013), sometieron a un proceso de secado, en el secador de flujo transversal a una temperatura de 60 grados Celsius que permaneció constante, en un intervalo de tiempo de 22 –24 horas para llegar a una humedad de 5%.

Prensado por Expeller

La pulpa seca obtenida después del secado se dividió en dos, los trozos más pequeños con una humedad < 5% aproximadamente se cortaron más y se redujeron sus tamaños para que sea más fácil su ingreso por el alimentador del expeller, este se programó a una temperatura de 100°C, con una frecuencia de 15 hertz y se usa una boquilla N° 4, el expeller tiene dos salidas por una salió el aceite y por la otra salió la pulpa seca en forma de tiras.

Filtrado y decantado

A través de un colador simple se pasó el aceite hacia un beaker quedándose las partículas más grandes en el colador y posteriormente el aceite se decantó por 12 horas aproximadamente, para tener certeza de la separación optima de aceite con agua y otras microparticulas.

Envasado y rotulado

El aceite se depositó en unas botellas color ámbar de 250 ml para que la luz no pueda deteriorar el aceite y se rotuló las botellas para su futura identificación.

Almacenado

Finalmente el aceite se almacenó a una temperatura ambiente.

Balance de materia

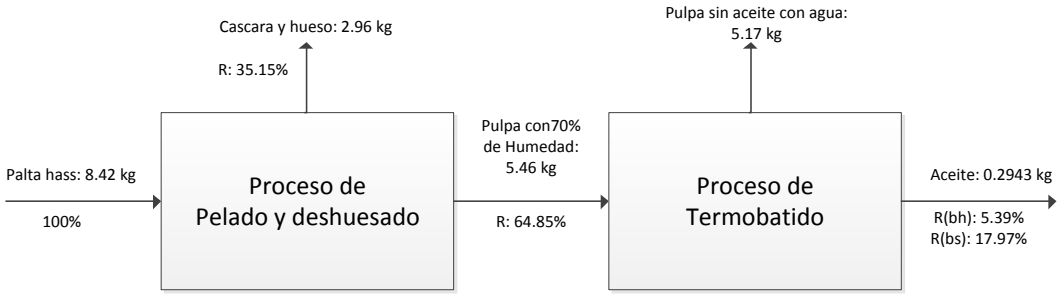

Figura 27. Balance de materia del Método Termobatido

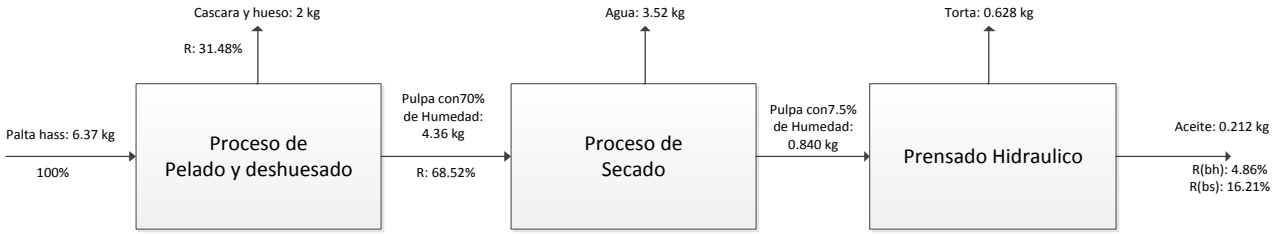

Figura 28. Balance de materia del Método Prensado Hidráulico

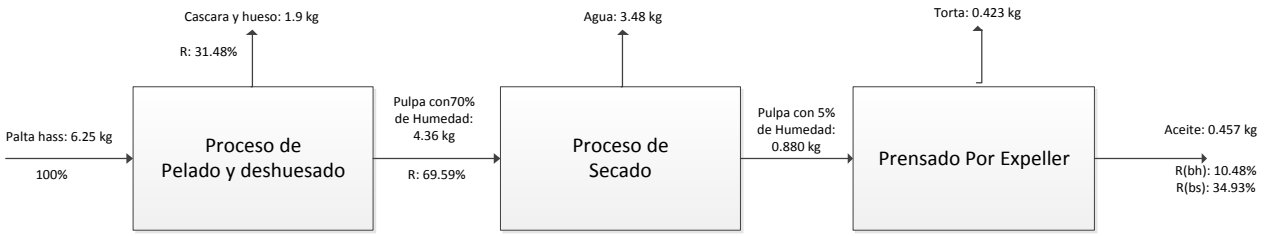

Figura 29. Balance de materia del Método Prensado por Expeller

Análisis estadístico

Para la evaluación y análisis adecuado de las variables se realizó por triplicado la experimentación de cada método, termobatido, prensado hidráulico y prensado por expeller.

Para la variable rendimiento se calcularon tres datos en porcentaje por cada método de extracción, por lo que se obtuvieron nueve valores por tener tres experimentaciones, estos se analizaron para validar si se podía realizar un análisis paramétrico, ya que estos cumplieron los supuestos, normalidad de variables y homogeneidad de varianzas, se utilizó el diseño estadístico completamente al azar.

Hernández et al. (2010) El ANOVA unidireccional es una prueba estadística para analizar si más de dos grupos difieren significativamente entre sí en cuanto a sus medias y varianzas (p.311,322).

Luego para comparaciones posteriores de las medias, cuando se llega a comprobar la hipótesis de investigación, se utiliza la prueba de Tukey. (Hernández et al, 2010, p. 324).

Para la variable composición de ácidos grasos, se obtuvieron las cantidades en porcentajes de ocho ácidos grasos por método de extracción. A estos datos se les evaluó los supuestos para realizar el DCA, pero ningún dato cumplió la prueba de normalidad; por lo tanto se les tuvo que aplicar la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis la cual es una alternativa cuando se usa el ANOVA unidireccional. (Dpto. de Estadística e Informática UNALM, 2017). Luego para analizar la comparación detallada entre cada método de extracción se realizó las comparaciones múltiples de Kruskal Wallis.

Para la variable características fisicoquímicas, se analizaron todos los valores de los análisis y se evaluaron los supuestos, normalidad de variables y la homogeneidad de varianzas, en este caso solo los indicadores de Densidad e Índice de yodo cumplieron los supuestos por lo que se les aplico solo a estos dos la prueba paramétrica DCA (Diseño completamente aleatorio), luego para una comparación futura de medias entre cada método se utilizó una vez más la prueba de Tukey. Para los demás indicadores como el índice de acidez, el

índice de peróxido, el índice de refracción, el índice de saponificación, y Humedad, se les aplica la prueba no paramétrica Kruskal Wallis, y luego para analizar la comparación detallada entre cada método de extracción se realizó las comparaciones múltiples de Kruskal Wallis.

RESULTADOS

Los experimentos realizados como ya se comentó anteriormente han sido tres por cada método de extracción, y a cada experimentación se le evaluó las variables rendimiento y calidad, a través de diferentes análisis.

Rendimiento

Para la evaluación de la variable rendimiento se realizaron las medidas respectivas obtenidas por cada método de extracción, se hicieron las conversiones de volumen a peso y de esta manera se obtuvieron tres valores por cada método de extracción, en total nueve valores en unidades de peso.

Para obtener los valores de porcentaje de rendimiento en base seca por método de extracción considerando %Humedad de Pulpa de palta hass: 70% (Duran, 2011). Se aplicó la siguiente formula:

$$\%\ Aceite\ de\ palta(bs) = \frac{Peso\ del\ aceite\ de\ palta}{Peso\ total\ materia\ seca\ de\ la\ pulpa}\ x\ 100$$

Ver cálculos en **ANEXO 6.**

Tabla 13: Valores de rendimiento por método de extracción y por experimentación.

Repetición	Métodos de extracción (Rendimientos %)		
	Termobatido	Prensado hidráulico	Prensado por Expeller
1	17.97	16.21	34.93
2	15.38	29.78	52.18
3	15.83	25.93	40.96
Rendimiento Promedio	16.39	23.97	42.69

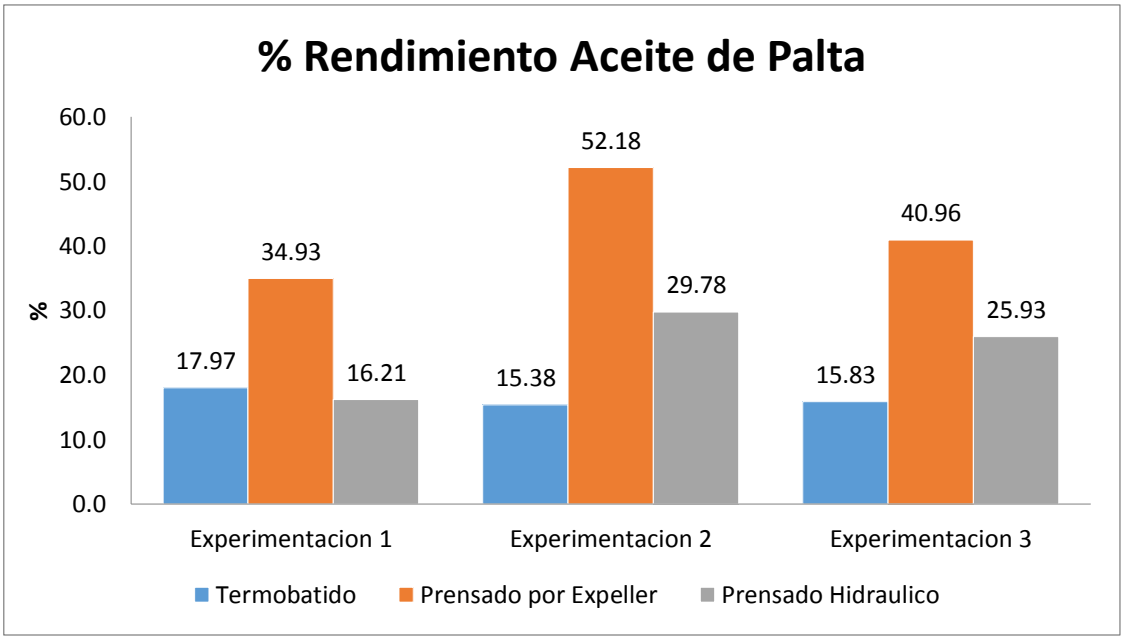

Figura 30. Diagrama de Barras para comparar porcentajes de rendimiento entre métodos de extracción

Se evaluaron los valores de la variable para poder aplicar una prueba paramétrica. Se verificó que cumpla los requisitos de que las variables se ajusten a la distribución normal (test de Shapiro Wilk,) y que las varianzas sean homogéneas (test de Levene). Ver detalles en **ANEXO 7 y 8**

Luego de comprobar estos supuestos se procedió a aplicar la prueba paramétrica ANOVA unidireccional.

Las hipótesis específicas respecto a esta variable son:

Ho: No existen diferencias significativas respecto al rendimiento del aceite de palta hass entre los métodos de extracción, termobatido, prensado hidráulico y prensado por expeller.

H1: Existen diferencias significativas respecto al rendimiento del aceite de palta hass entre los métodos de extracción, termobatido, prensado hidráulico y prensado por expeller.

Para el análisis de los valores se trabajó a una confiabilidad del 95%, un p-valor menor a 0.05 implica un rechazo de la hipótesis nula.

Tabla 14: Análisis del Diseño completamente aleatorio para el Rendimiento.

ANOVA

Rendimiento en %

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1099,285	2	549,642	12,937	,007
Dentro de grupos	254,916	6	42,486		
Total	1354,201	8			

Entonces se ingresó los datos al SPSS 20, y generó un p-valor = 0.007, que implica descartar la hipótesis nula, y concluir que las medias de la población son diferentes.

Por eso se determina estadísticamente que existen diferencias significativas respecto al rendimiento entre los métodos de extracción de aceite de palta hass.

Luego para realizar las comparaciones múltiples, o sea comparar las medias entre cada método se realizó la prueba de Tukey. Ver **ANEXO 9.**

Según la prueba de Tukey se concluyó que no hay diferencias entre Termobatido y Prensado Hidráulico pues su p valor > 0.05, pero existen diferencias significativas entre Termobatido con Expeller; y Prensado con Expeller pues su p valor < 0.05.

Entonces para determinar que método de extracción tiene un mejor rendimiento, sabiendo que a mayor rendimiento el método es más óptimo; se evalúan sus medias.

Finalmente entonces se puede decir que se aprueba la hipótesis de investigación específica la cual dice que existen diferencias significativas respecto al rendimiento del aceite de palta hass entre los métodos de extracción para poder definir el mejor método y proponer un diseño de planta. Y se determina que el prensado por expeller tiene mayor rendimiento promedio que es 42.69%, seguido por el prensado hidráulico con 23.97% y termobatido

con 16.39%; por tanto se concluye que el prensado por expeller es el mejor método de extracción respecto a la variable rendimiento

Tabla 15: Análisis descriptivo de la variable rendimiento de cada método de extracción.

Descriptivos

Rendimiento

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Termobatido	3	16,3933	1,38385	,79896	12,9557	19,8310	15,38	17,97
Prensado	3	23,9733	6,99340	4,03764	6,6008	41,3459	16,21	29,78
Expeller	3	42,6900	8,75416	5,05422	20,9435	64,4365	34,93	52,18
Total	9	27,6856	13,01058	4,33686	17,6847	37,6864	15,38	52,18

Como se puede observar en la tabla 15, se realizó las comparaciones de los resultados de investigaciones con métodos similares, y con resultados del rendimiento de la experimentación. Por tanto también se determina a través de esto que el método que mayor rendimiento tiene es el prensado por expeller, siguiéndole el prensado hidráulico, y finalmente el termobatido.

Esto se debe a que según Martínez (2015) “el principio de extracción por prensado básicamente es que cada partícula del cuerpo retiene el aceite en su interior y el fin del prensado es conseguir que el aceite salga del cuerpo y/o sistema hacia el exterior, lo que se da es que se comprime cada partícula y se reacomodan en el conjunto, entonces así las paredes celulares se destruyen y permiten que el aceite exude por efecto de la presión y emane a través del sistema, hacia el exterior”.

Y en el caso del prensado por expeller se ejerce la presión a altas temperaturas por eso se llegan a destruir más las partículas de aceite, pero teniendo como desventaja un aceite mucho más oscuro que el de termobatido y prensado hidráulico.

.

Tabla 16: Comparación de rendimiento con otras investigaciones similares.

VARIABLES A COMPARAR	Métodos de extracción					
	A.P (Proceso continuo de termobatido a 50°C)[a]	**Termobatido a 60°C (EXPERIMENTO)**	**A.P (Prensado en frío previo secado)[b]**	**Prensado Hidráulico (EXPERIMENTO)**	**A.P (Mini expeller previo secado al sol)[c]**	**Prensado por Expeller (EXPERIMENTO)**
RENDIMIENTOS %	11.68	16.39	16.52	23.97	79	42.69

Nota: Aceite de Palta (A.P)
[a] Martinez, 1992; [b] Restrepo, 2012; [c] Southwell, 1990.

Por otro lado está el método de extracción por solventes el cual arroja un mayor rendimiento de valores de hasta un 90%. Por ejemplo en una experimentación donde se extrajo el aceite a través del método de Soxhlet utilizando hexano se obtuvo un rendimiento del 85,5% (Restrepo et al., 2012). La producción de aceites mediante disolventes, si bien constituye un método apropiado para efectuar una extracción eficiente y “acotar” el material que se está extrayendo, requiere de instalaciones costosas, una ingeniería depurada por los riesgos que implica el trabajo con disolventes volátiles y altamente inflamables, y asimismo también una cuidadosa eliminación y recuperación de los residuos de estos en aceite y en la masa solida extraída (Martínez, 2015). Y obviamente este tipo de aceite no califica para el consumo humano directamente, solo para uso cosmético.

Composición de ácidos grasos

Para la evaluación de la variable composición de ácidos grasos como ya se mencionó se mandó a analizar los aceites de palta de las repeticiones de cada método de extracción, se les realizó una Cromatografía de Gases en el Instituto Tecnológico de la Producción, y se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 17: Composición de Ácidos grasos por experimentación y método de extracción.

Acidos Grasos	Metodos de extraccion (Composicion de Acidos grasos %)											
	Termobatido				Prensado				Expeller			
	Rep 1	Rep 2	Rep 3	PROM	Rep 1	Rep 2	Rep 3	PROM	Rep 1	Rep 2	Rep 3	PROM
Acido Palmitico	12.49	12.87	12.67	12.68	24.21	24.43	24.35	24.33	23.55	23.67	23.62	23.61
Acido Palmitoleico/omega 7	2.32	2.41	2.37	2.37	11.48	11.49	11.49	11.49	11.72	11.79	11.77	11.76
Acido Esteárico	0.69	0.68	0.66	0.68	0.63	0.61	0.62	0.62	0.61	0.61	0.62	0.61
Acido Oleico/omega 9	65.90	65.51	65.71	65.71	41.27	41.26	41.27	41.27	40.96	40.84	40.91	40.90
Acido Vaccenico	4.60	4.60	4.70	4.63	5.60	5.58	5.61	5.60	5.67	5.69	5.69	5.68
Acido Linoléico/omega 6	12.50	12.45	12.49	12.48	13.85	13.81	13.83	13.83	14.23	14.25	14.24	14.24
Acido alfa-Linolenico/omega 3	1.28	1.27	1.26	1.27	0.88	0.88	0.89	0.88	0.93	0.95	0.94	0.94
Acido Eicosaenoico	0.22	0.22	0.23	0.22	0.22	0.19	0.21	0.21	0.21	0.22	0.22	0.22

Nota: Repetición 1 (Rep 1), repetición 2 (Rep 2), repetición 3 (Rep 3), promedio (PROM)

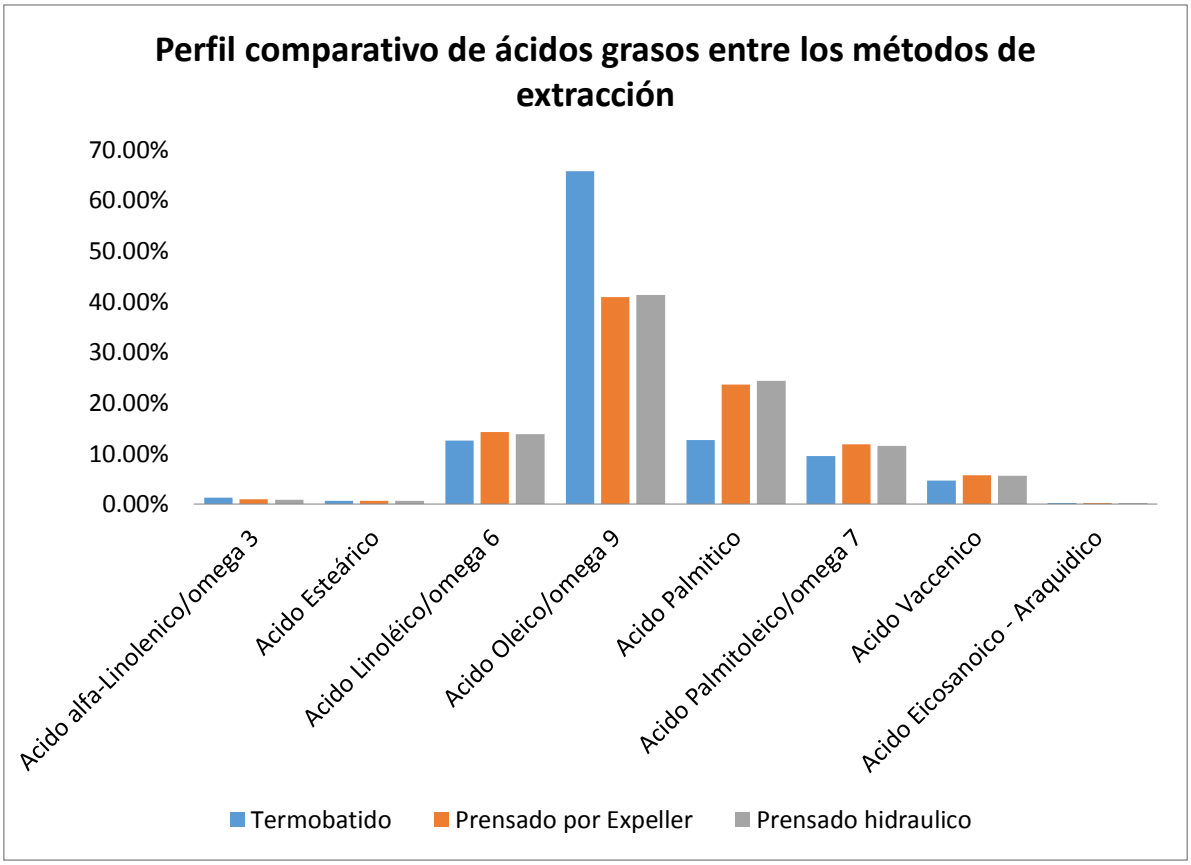

Figura 31. Diagrama de Barras comparativo del perfil de ácidos grasos entre los métodos de extracción.

Tabla 18: Promedio del perfil de Ácidos grasos por tipo y método de extracción.

VARIABLES	PROMEDIO DE INDICADORES		Métodos de extracción		
			Termobatido	Prensado Hidráulico	Prensado por Expeller
COMPOSICIÓN DE ÁCIDOS GRASOS (%)	Monoinsaturado	Ácido Palmitoleico/omega 7	2.37	11.49	11.76
		Acido Oleico/omega 9	65.71	41.27	40.90
		Ácido Vaccenico	4.63	5.60	5.68
	Poliinsaturado	Acido Linoleico/omega 6	12.48	13.83	14.24
		Acido alfa-Linolénico/omega 3	1.27	0.88	0.94
	Saturados	Ácido Palmitico	12.68	24.33	23.61
		Acido Eicosanoico - Araquidico	0.22	0.21	0.22
		Ácido Esteárico	0.68	0.62	0.61

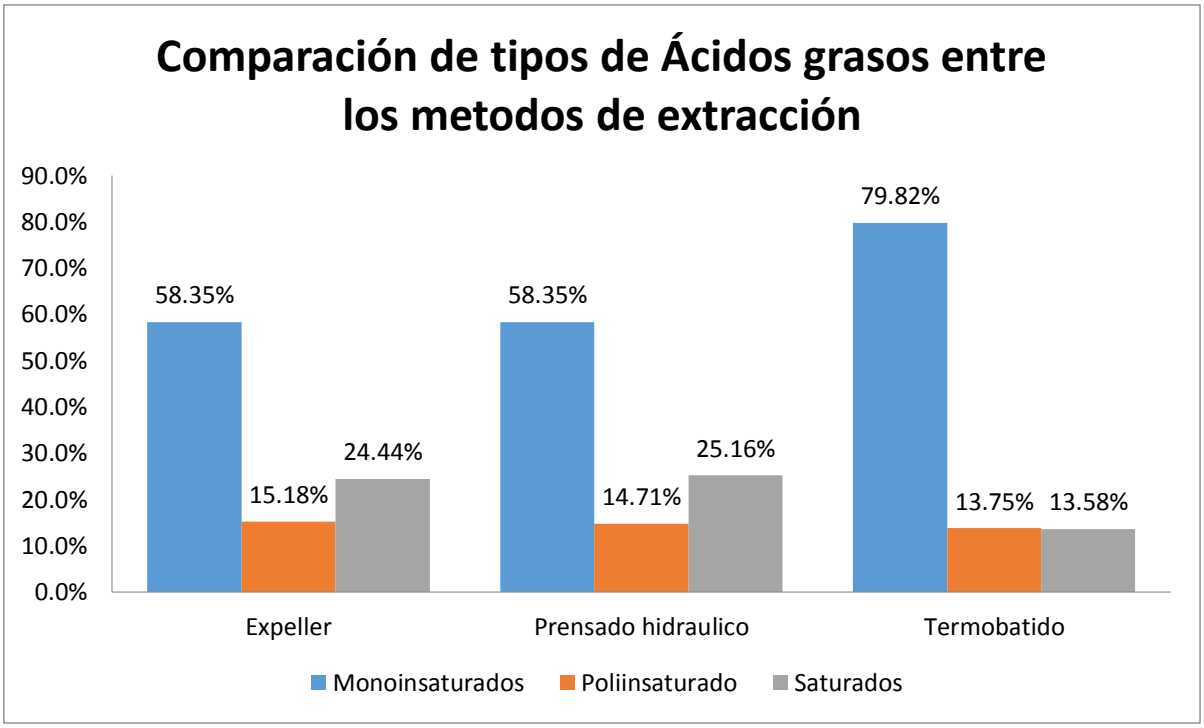

Figura 32. Diagrama de Barras para comparar tipos de ácidos grasos entre métodos de extracción

Para esta variable, igualmente se descartó los requerimientos para las pruebas paramétricas. **Ver ANEXO 10.**

Dado que no se alcanzan los requisitos para el análisis paramétrico, se procedió a aplicar el análisis no paramétrico mediante el test de Kruskal Wallis, por ser la alternativa al no poder usar el ANOVA.

Las hipótesis específicas respecto a esta variable son:

Ho: No existen diferencias significativas respecto a la composición de ácidos grasos del aceite de palta hass, entre los métodos de extracción, termobatido, prensado hidráulico y prensado por expeller.

H1: Existen diferencias significativas respecto a la composición de ácidos grasos del aceite de palta hass, entre los métodos de extracción, termobatido, prensado hidráulico y prensado por expeller.

Para el análisis de los valores se trabajó a una confiabilidad del 95%, un p-valor menor a 0.05 implica un rechazo de la hipótesis nula.

Tabla 19: Prueba de Kruskal Wallis para análisis de la variable composición de ácidos grasos.

Estadísticos de prueba[a,b]

	Ácido Palmítico	Ácido Palmitoleico/omega 7	Ácido Esteárico	Ácido Oleico/omega 9
Chi-cuadrado	7,200	7,261	6,006	7,261
GL	2	2	2	2
Sig. asintót.	,027	,027	,050	,027

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: Métodos de Extracción

Estadísticos de prueba[a,b]

	Ácido Vaccenico	Ácido Linoleico/omega 6	Ácido alfa-Linolénico/omega 3	Ácido Eicosaenoico
Chi-cuadrado	7,322	7,200	7,261	3,582
GL	2	2	2	2
Sig. asintót.	,026	,027	,027	,167

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: Métodos de Extracción

Se aprecia que en siete casos los p-valor son menores que 0.05 entonces se determinó que existen diferencias estadísticas en los tres métodos de extracción respecto a la composición de sus ácidos grasos. Y solo no existen diferencias significativas entre los métodos de extracción respecto al Ácido Eicosaenoico.

Entonces se realizó las comparaciones múltiples de Kruskal wallis para la comparación detallada entre cada método de extracción. **VER ANEXO 11.**

Finalmente se pudo concluir según los análisis y comparaciones de los resultados, respecto a los tres principales ácidos grasos, Oleico, linoleico y alfa-linolénico y palmítico. Ver tabla 19.

Se puede observar que respecto al ácido oleico el método termobatido es mejor por tener mayor porcentaje, esto se debe a que el ácido oleico es más

sensible al calor, puesto que los productos que tienen una mayor proporción de ácidos grasos insaturados están más predispuestos a la oxidación a comparación de los que tienen cantidades más pequeñas (Alba, 2008), respecto al ácido linoleico el método de prensado por expeller es mejor por tener mayor porcentaje, respecto al Ácido alfa-Linolénico el método termobatido es mejor también por tener mayor porcentaje, y finalmente respecto al ácido palmítico que viene a ser un ácido saturado, el método termobatido es mejor por tener un menor porcentaje, a diferencia de los demás métodos que tienen mayor saturación por haber sido expuestos a tratamientos de presión con temperatura.

Ariza et al. (2011), se realizó extracciones de aceite de palta por el método de centrifugado y solventes a nivel laboratorio, en las tres experimentaciones de los tres aceites de palta no se encontraron diferencias estadísticas en el contenido de ácidos grasos, pero se eligió el método de centrifugado por tener mejor acidez y peróxido. Por otro lado en Acosta, 2011, se determinó que la composición de los ácidos grasos insaturados de los aceites de palta evaluados son mucho mayores que el contenido de esos mismos ácidos en el aceite de oliva comercial; asimismo el aceite de oliva contiene más ácidos saturados que el aceite de palta.

Como se puede observar en la tabla 20, se realizó las comparaciones de los resultados de investigaciones con métodos similares, con los resultados del perfil de los ácidos grasos de la presente investigación. Por tanto a través de estas comparaciones se puede observar que los resultados de esta investigación son muy similares a las otras investigaciones. Pero también existen algunas variaciones por ejemplo en Martínez (1992), se puede observar que se ha hallado mayor cantidad de ácido palmitoleico respecto al termobatido a diferencia de Zhong (2007), que ha hallado menor cantidad de ácido palmítico respecto al prensando en frio en comparación con la experimentación de la presente investigación donde se hallan valores mucho mayores. Asimismo sucede con el ácido palmítico Zhong (2007), ha hallado menor cantidad que la presente investigación.

Tabla 20: Principales ácidos grasos.

ACIDOS GRASOS (%)		Métodos de extracción			Conclusión (Descartando el método por expeller)
		Termobatido	Prensado Hidráulico	Prensado por Expeller	
Monoinsaturado	Ácido Oleico/omega 9	65.71	41.27	40.90	1.Termobatido 2. P.Hidraulico
	Ácido Palmitoleico/omega 7	2.37	11.49	11.76	1. P.Hidraulico 2. Termobatido
Poliinsaturado	Ácido Linoleico/omega 6	12.48	13.83	14.24	1. P.Hidraulico 2. Termobatido
	Acido alfa-Linolénico/omega 3	1.27	0.88	0.94	1.Termobatido 2. P.Hidraulico
Saturados	Ácido Palmitico	12.68	24.33	23.61	1. Termobatido 2. P.Hidraulico

Nota: Aceite de Palta (A.P) [a] Martínez, 1992; [b] Zhong, 2007.

Tabla 21: Comparaciones de composición de ácidos grasos con otras investigaciones

ÁCIDOS GRASOS %	Métodos de extracción				
	A.P (Proceso continuo de termobatido a 50°C)[a]	Termobatido a 60°C (EXPERIMENTO)	A.P (Prensado en frío)[b]	Prensado Hidráulico (EXPERIMENTO)	Prensado por Expeller (EXPERIMENTO)
Ácido Palmitoleico/omega 7	7.17	**2.37**	5.7	**11.49**	**11.76**
Ácido Oleico/omega 9	63.83	**65.71**	69.1	**41.27**	**40.90**
Ácido Vaccenico		**4.63**		**5.60**	**5.68**
Ácido Linoleico/omega 6	10.93	**12.48**	9.6	**13.83**	**14.24**
Ácido alfa-Linolénico/omega 3	1.01	**1.27**	0.3	**0.88**	**0.94**
Ácido Palmitico	16.55	**12.68**	14.1	**24.33**	**23.61**
Ácido Eicosanoico - Araquidico	0.02	**0.22**	0.2	**0.21**	**0.22**
Ácido Esteárico	0.48	**0.68**	0.4	**0.62**	**0.61**

Nota: Aceite de Palta (A.P) [a] Martínez, 1992; [b] Zhong, 2007.

Características físico-químicas

Para la evaluación de la variable características fisicoquímicas como se mencionó anteriormente fueron analizadas nueve muestras, a estas se les realizó siete análisis fisicoquímicos principales para determinar la calidad del aceite de palta. Se obtuvieron los siguientes resultados:

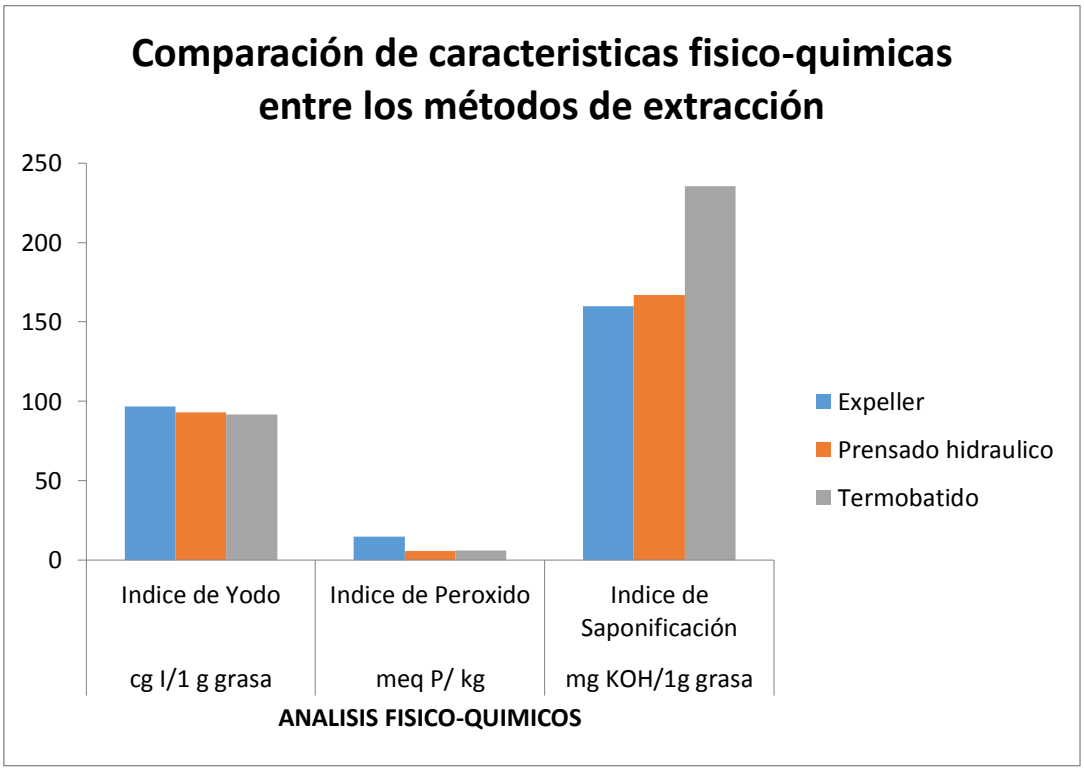

Figura 33. Diagrama de Barras para comparar el promedio de las características fisicoquímicas entre métodos de extracción

Tabla 22: Características físico-químicas por experimentación y método de extracción.

Análisis Fisicoquímicos	Métodos de extracción									Unidad
	Termobatido			Prensado			Expeller			
	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Rep 1	Rep 2	Rep 3	
Índice de Acidez	0.4146	0.3820	0.4364	0.1979	0.2066	0.2052	0.4640	0.4631	0.4767	mg KOH/1g grasa
Índice de Peróxido	5.9890	5.9552	5.9720	5.6100	5.6300	5.6200	15.3447	14.3756	14.7050	meq P/ kg
Densidad Específica	0.9198	0.9210	0.9187	0.9142	0.9131	0.9156	0.9133	0.9141	0.9126	g/ml
Índice de Refracción	1.4630	1.4630	1.4630	1.4620	1.4620	1.4620	1.4640	1.4640	1.4640	
Índice de Saponificación	228.4928	238.5529	239.4712	166.9976	169.2561	164.1662	143.9841	164.4828	171.3849	mg KOH/1g grasa
Índice de Yodo	94.3670	94.3690	86.7470	94.2320	94.2340	90.4680	98.3070	98.3090	93.3890	cg I/1 g grasa
Humedad	0.0780	0.0820	0.0800	0.2589	0.2593	0.2787	0.2345	0.2137	0.2643	%

Nota: Repetición 1 (Rep 1), repetición 2 (Rep 2), repetición 3 (Rep 3).

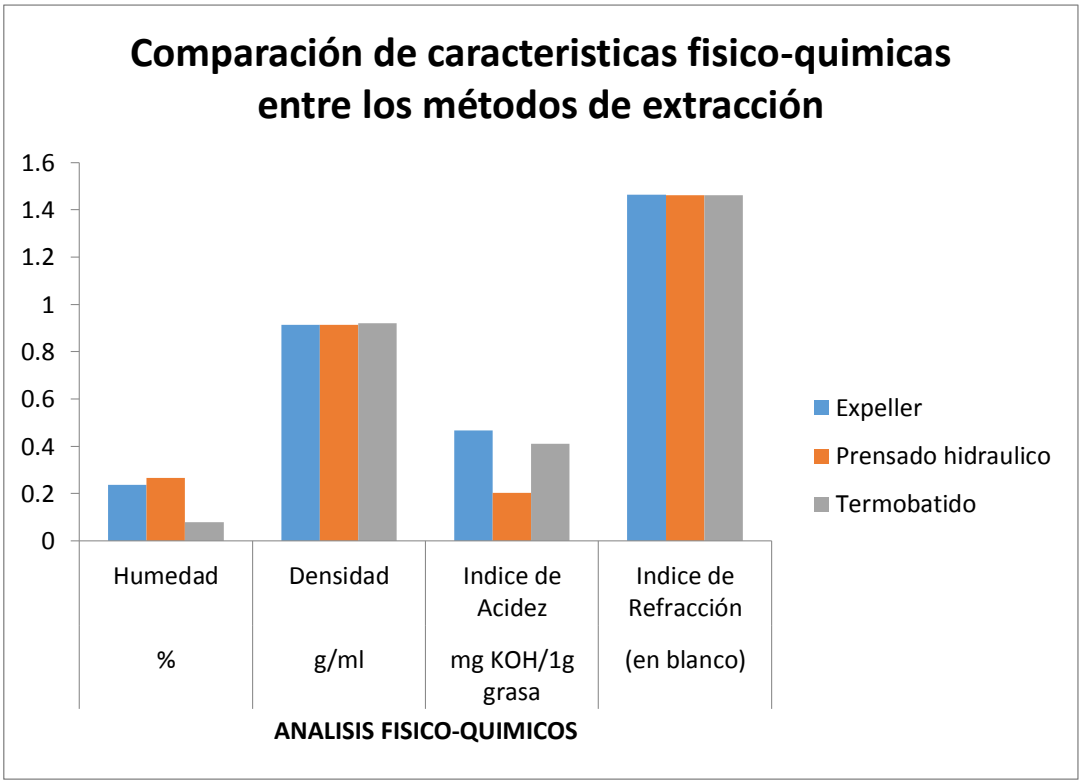

Figura 34. Diagrama de Barras para comparar el promedio de las características fisicoquímicas entre métodos de extracción

Se evaluaron los supuestos requeridos y se verifico su cumplimiento. **VER ANEXO 12 y 13.**

Así es que como se comprueba que los análisis de densidad e índice de yodo cumplen los dos supuestos, se les aplica la prueba paramétrica de ANOVA unidireccional o DCA (Diseño completamente aleatorio).

Las hipótesis específicas respecto a esta variable son:

Ho: No existen diferencias significativas respecto a las características fisicoquímicas del aceite de palta hass entre los métodos de extracción, termobatido, prensado hidráulico y prensado por expeller.

H1: Existen diferencias significativas respecto a las características fisicoquímicas del aceite de palta hass entre los métodos de extracción, termobatido, prensado hidráulico y prensado por expeller.

Para el análisis de los valores se trabajó a una confiabilidad del 95%, un p-valor menor a 0.05 implica un rechazo de la hipótesis nula.

Tabla 23: Análisis de Varianza (ANOVA) para las características fisicoquímicas Densidad e Índice de yodo.

ANOVA

		Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	Sig.
Densidad	Inter-grupos	,000	2	,000	32,026	,001
	Intra-grupos	,000	6	,000		
	Total	,000	8			
Índice de Yodo	Inter-grupos	38,374	2	19,187	1,790	,246
	Intra-grupos	64,301	6	10,717		
	Total	102,675	8			

Se ingresó los datos al SPSS 20, y se generó un p-valor de Densidad = 0.01 y p-valor de Índice de yodo = 0.246. Entonces existen diferencias significativas entre los métodos de extracción respecto a la Densidad; y respecto al Índice de Yodo, no existen diferencias significativas entre métodos de extracción.

Entonces como se concluye que hay diferencias estadísticamente relevantes entre los métodos de extracción respecto a la Densidad, se tiene que analizar y comparar cada uno de ellos; esto se realizo con el método de Tukey de comparaciones múltiples.

Entonces se tiene que analizar y hacer las comparaciones múltiples para comparar cada uno de los métodos de extracción entre si respecto a esos dos análisis; esto se realizará con la prueba de Tukey.

Prueba de Tukey

H0: Las medias son iguales, H1: Las medias no son iguales

Para cada comparación un p-valor menor a 0.05 implica rechazar la hipótesis nula.

Tabla 24: Prueba de Tukey para comparación de métodos respecto a la densidad e índice de yodo.

HSD de Tukey

Variable dependiente	(I) Métodos de extracción	(J) Métodos de extracción	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Densidad	Termobatido	Prensado	,0055333*	,0008764	,002	,002844	,008222
		Expeller	,0065000*	,0008764	,001	,003811	,009189
	Prensado	Termobatido	-,0055333*	,0008764	,002	-,008222	-,002844
		Expeller	,0009667	,0008764	,547	-,001722	,003656
	Expeller	Termobatido	-,0065000*	,0008764	,001	-,009189	-,003811
		Prensado	-,0009667	,0008764	,547	-,003656	,001722
Índice de Yodo	Termobatido	Prensado	-1,1503333	2,6729293	,905	-9,351614	7,050948
		Expeller	-4,8406667	2,6729293	,244	-13,041948	3,360614
	Prensado	Termobatido	1,1503333	2,6729293	,905	-7,050948	9,351614
		Expeller	-3,6903333	2,6729293	,407	-11,891614	4,510948
	Expeller	Termobatido	4,8406667	2,6729293	,244	-3,360614	13,041948
		Prensado	3,6903333	2,6729293	,407	-4,510948	11,891614

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

Entonces según la prueba de Tukey se comprueba nuevamente que no existen diferencias significativas entre los métodos de extracción respecto al Índice de yodo, pues su p valor > 0.05.

Respecto a la densidad se pudo determinar que existen diferencias significativas entre los métodos de Termobatido con Prensado y Termobatido con Expeller, pues su p valor < 0.05, pero no existen diferencias significativas entre los métodos Prensado con Expeller porque su p-valor = 0.547.

Para determinar que método de extracción tiene mejores características, sabiendo que a mayor índice de yodo la calidad del aceite es mejor porque tienes más ácidos insaturados, y que una densidad más cercana a 0.9 es la ideal, se analizan sus medias.

Se aprecia que para la Densidad el Expeller tiene una media más cercana a 0.9; y respecto al Índice de Yodo también el método de Expeller es mejor por tener un mayor valor a comparación de los demás.

Tabla 25: Análisis Descriptivo de las medias de las características fisicoquímicas densidad e índice de yodo.

Descriptivos

		N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
						Límite inferior	Límite superior		
Densidad	Termobatido	3	,919833	,0011504	,0006642	,916976	,922691	,9187	,9210
	Prensado	3	,914300	,0012530	,0007234	,911187	,917413	,9131	,9156
	Expeller	3	,913333	,0007506	,0004333	,911469	,915198	,9126	,9141
	Total	9	,915822	,0031764	,0010588	,913381	,918264	,9126	,9210
Índice de Yodo	Termobatido	3	91,827667	4,3999865	2,5403334	80,897494	102,757839	86,7470	94,3690
	Prensado	3	92,978000	2,1737240	1,2550001	87,578170	98,377830	90,4680	94,2340
	Expeller	3	96,668333	2,8399862	1,6396668	89,613417	103,723250	93,3890	98,3090
	Total	9	93,824667	3,5825068	1,1941689	91,070908	96,578425	86,7470	98,3090

Finalmente a las otras cinco características físico-químicas se les realiza la prueba no paramétrica Kruskal Wallis; como se sabe se le realiza esta prueba porque no cumplió los supuestos requeridos.

Kruskal Wallis

Ho: La aplicación de métodos de extracción son iguales respecto a las características fisicoquímicas

H1: La aplicación de los métodos de extracción no son iguales respecto a las características fisicoquímicas

Un p-valor menor a 0.05 implica el rechazo de la hipótesis nula.

Se determinó que respecto a las características de Saponificación y Humedad no existen diferencias significativas entre métodos de extracción. Porque tienen un p-valor > 0.05. Pero respecto a las otras tres características Índice de Acidez, Peróxido y Refracción si existen diferencias significativas entre los métodos.

Entonces para hacer la comparación detallada entre métodos se hace la prueba de comparaciones múltiples de Kruskal Wallis. **Ver ANEXO 14**

Tabla 26: Análisis Kruskal Wallis para las características físico-químicas.

Estadísticos de contraste[a,b]

	Índice de Acidez	Índice de Peróxido	Índice de Refracción	Índice de Saponificación	Humedad
Chi-cuadrado	7,200	7,200	8,000	5,422	5,956
Gl	2	2	2	2	2
Sig. asintót.	,027	,027	,018	,066	,051

a. Prueba de Kruskal-Wallis

b. Variable de agrupación: Métodos de extracción

Como se puede observar en la tabla 27 y 28, se realizó las comparaciones de los resultados de investigaciones con métodos de extracción similares, con los resultados de esta investigación. Por tanto a través de estas comparaciones se puede observar que los resultados de esta experimentación son similares a las otras investigaciones, y por otro lado no se ha encontrado investigaciones con el método expeller.

La tabla 29 muestra los resultados resumidos

En conclusión, para determinar el aceite de palta que presenta mejores características se evaluaron las más importantes consideradas por la CODEX, 1999; estas son Índice de acidez, peróxido y yodo.

Respecto al índice de acidez el método de prensado hidráulico es el mejor por tener una menor valor de 0.20 mg KOH/1g, pero cabe resaltar que los tres presentan una acidez dentro de los límites permitidos; respecto al índice de peróxido también el método de prensado hidráulico es mejor con 5.62 meq/P kg, mientras el método de prensado por expeller tiene un valor mucho mayor de 14.80 meq/P kg el cual está al límite de la norma y sería un riesgo trabajar con dichas características; y finalmente respecto al Índice de Yodo el método de prensado por expeller contiene un mayor valor el cual es 96.67 cg I/1 g siguiéndole el prensado hidráulico con 92.98 cg I/1 g.

Tabla 27: Comparación de las características físico-químicas entre métodos.

VARIABLES	PROMEDIO DE INDICADORES	Métodos de extracción			Unidades	Conclusión estadística
		Termobatido	Prensado Hidráulico	Prensado por Expeller		
CARACTERÍSTICAS FISICOQUIMICAS	Índice de Acidez	0.4110[a]	0.2032[b]	0.4679[c]	mg KOH/1g grasa	*
	Índice de Peróxido	5.9721[a]	5.6200[b]	14.8084[c]	meq P/ kg	*
	Densidad Específica	0.9198[a]	0.9143[b]	0.9133[b]	g/ml	*
	Índice de Refracción	1.4630[a]	1.4620[b]	1.4640[c]		*
	Índice de Saponificación	235.5057[a]	166.80[b]	159.95[b]	mg KOH/1g grasa	N.S
	Índice de Yodo	91.8277[a]	92.9780[a]	96.6683[a]	cg I/1 g grasa	N.S
	Humedad	0.0800[a]	0.2656[b]	0.2374[b]	%	N.S

Nota: Letras diferentes existe diferencia significativa, letras iguales no existe diferencia significativa.
*Existe diferencia significativa
N.S: No existe diferencia significativa entre métodos.

Tabla 28: Comparación de características fisicoquímicas con otras investigaciones

CARACTERISTICAS FISICOQUIMICAS	UND	Métodos de extracción				
		A.P (Proceso continuo de termobatido a 50°C)[a]	Termobatido a 60°C (EXPERIMENTO)	A.P (Prensado en frío previo deshidratado de pulpa tratada)[b]	Prensado Hidráulico (EXPERIMENTO)	Prensado por Expeller (EXPERIMENTO)
Índice de Acidez	mg KOH/1g grasa		**0.4110**	1.17	**0.2032**	**0.4679**
% Ácidos oleico	%	0.65				
Índice de Peróxido	meqP/ kg	15.3	**5.9721**	3.38	**5.62**	**14.8084**
Densidad Específica	g/ml		**0.9198**	0.92	**0.9143**	**0.9133**
Índice de Refracción		1.47	**1.4630**	1.78	**1.4620**	**1.4640**
Índice de Saponificación	mg KOH/1g grasa		**235.5057**	197.88	**166.8066**	**159.9506**
Índice de Yodo	cgI/g grasa		**91.8277**	84.70	**92.9780**	**96.6683**
Humedad	%		**0.0800**	0.51	**0.2656**	**0.2375**

Nota: [a] Martínez, 1992 ; [b] Doradea, 2013.

Tabla 29: Resultados experimentales

VARIABLES	PROMEDIO DE INDICADORES		Métodos de extracción			Unidades	Conclusión estadística
			Termobatido	Prensado Hidráulico	Prensado por Expeller		
RENDIMIENTO	Rendimiento		16.39	23.97	42.69	**%**	*
COMPOSICIÓN DE ÁCIDOS GRASOS	**Monoinsaturado**	Ácido Palmitoleico/omega 7	2.37	11.49	11.76	**%**	*
		Ácido Oleico/omega 9	65.71	41.27	40.90	**%**	*
		Ácido Vaccenico	4.63	5.60	5.68	**%**	*
	Poliinsaturado	Ácido Linoleico/omega 6	12.48	13.83	14.24	**%**	*
		Ácido alfa-Linolénico/omega 3	1.27	0.88	0.94	**%**	*
	Saturados	Ácido Palmitico	12.68	24.33	23.61	**%**	*
		Ácido Eicosanoico - Araquidico	0.22	0.21	0.22	**%**	N.S
		Ácido Esteárico	0.68	0.62	0.61	**%**	*
CARACTERÍSTICAS FISICOQUIMICAS	Índice de Acidez		0.4110^{a}	0.2032^{b}	0.4679^{c}	**mg KOH/1g grasa**	*
	Índice de Peróxido		5.9721^{a}	5.6200^{b}	14.8084^{c}	**meq P/ kg**	*
	Densidad Específica		0.9198^{a}	0.9143^{b}	0.9133^{b}	**g/ml**	*

	Índice de Refracción	1.4630[a]	1.4620[b]	1.4640[c]		*
	Índice de Saponificación	235.5057[a]	166.80[b]	159.95b	**mg KOH/1g grasa**	N.S
	Índice de Yodo	91.8277[a]	92.9780a	96.6683a	**cg I/1 g grasa**	N.S
	Humedad	0.0800[a]	0.2656[b]	0.2374[b]	**%**	N.S

Nota: Letras diferentes existe diferencia significativa, letras iguales no existe diferencia significativa.
*Existe diferencia significativa
N.S No existe diferencia significativa entre métodos.

Finalmente entonces se descarta el método por expeller por tener una característica significativa al límite como es el peróxido, por tanto según los análisis realizados se puede elegir el método de prensado hidráulico por tener un rendimiento de 23.97% y tener características fisicoquímicas y propiedades positivas que están dentro de los límites de la normas. Entonces partiendo de este método de extracción se realizó el diseñó de una planta de obtención de aceite de palta evaluando su viabilidad productiva y económica.

Diseño de planta

Determinación del Mercado

Se evaluó como mercado objetivo a Francia, específicamente Paris por ser el principal importador de aceites vegetales a nivel mundial y también ser el cliente mayoritario de las exportaciones de aceite de palta de Perú.

Se realizó un análisis para evaluar el nivel de competencia que puede haber dentro de esta industria, y más adelante se pueda desarrollar una estrategia de negocio.

Las 5 Fuerzas de Porter

Fuerza negociadora de los clientes

Describe un conjunto de rasgos y cualidades que debe tener el vendedor, para lograr buenos resultados en el sector de ventas que se le ha sido asignado. No obstante, es importante destacar algunas cualidades básicas que el vendedor debe poseer para tener eficiencia y eficacia en el desarrollo de sus ventas:

1. Hablar el idioma francés
2. Información de la cantidad, calidad del producto y frecuencia por tipo de canal de venta.
3. Información de la cultura de negociación, contratos, adelantos y formas de pago (frecuencias) con los clientes.
4. Información de ofertas y promociones para los clientes.

Fuerza negociadora de los proveedores

La cantidad, la frecuencia, la calidad y el precio negociable serán los indicadores para establecer la negociación con los proveedores, ya que el trabajo de exportación se trabaja por temporadas, delimitadas por fiestas como la navidad, el año nuevo, algunas fiestas de Francia, altas temporadas de turismo, entre otros. Por ello, se establece rangos de negociación con el proveedor. El principal proveedor de este negocio reside en el productor de palta, el cual también realiza las exportaciones por temporadas por lo que deben programarse bien la compra de materia prima y establecerse convenios de manejo, así como contratos de compras, para establecer vínculos comerciales futuros.

Amenaza de nuevos competidores entrantes

Los costos fijos de capacidad instalada, pago por la materia prima, altos niveles de inversión en tecnología, inversión en publicidad hacen que existan barreras de ingreso. Asimismo el manejo y cultivo de la palta, debido que esta inversión representa un potencial peligro para el abastecimiento. A pesar de ello, si se logra obtener contratos a futuro bien elaborados, el abastecimiento no sería un problema.

Amenaza de productos sustitutos

La amenaza radica en aquellos frutos similares por medio de los cuales se obtenga el aceite. Un sustituto directo es el aceite de oliva el cual ya tiene un mercado determinado. Pero actualmente también existen el aceite de jojoba, coco y ajonjolí que se exportan para cocina y cosméticos. Para neutralizar esta situación, pueden realizarse investigaciones y analizar que puede ser consumido con el mismo sabor y aroma, realizando focus group, evaluaciones sensoriales, etc.

Rivalidad entre los competidores

Aquí en Perú solo existe un productor y exportador de Aceite de palta que es Valle Sur, el cual se encuentra ubicado en Tacna.

A nivel internacional como se sabe Nueva Zelanda es el principal productor y exportador de aceite de palta, y dentro las empresas más conocidas están Olivado y Grove Avocado oil. Así también existen otras principales empresas latinoamericanas como:

- Biocate Ltda. (Colombia)
- Avocado Oil (Chile)
- Mira Naturals (Ecuador)

Bueno se podría determinar que si hay competencia a nivel internacional, por la cuota de mercado que ya muchas de estas marcas han posicionado, pero por otro lado aun no es un producto muy conocido ni tan comercial, por lo que es una buena oportunidad de negocio.

Finalmente evaluando las fuerzas de Porter se pudo evaluar el nivel de competencia que existe en la industria del Aceite de Palta, y con esto se puede tener ciertas consideraciones para futuros proyectos y estrategias.

Entonces para el desarrollo de la investigación, hemos definido utilizar un método de carácter objetivo, dado que la población en la cual se encuentra el mercado objetivo corresponde a la población francesa, la cual se encuentra monitoreada por las instituciones oficiales demográficas, tanto del país como de la Unión Europea. Por tal motivo se dispone de información actualizada de tendencia, estacionalidad, ciclicidad e irregularidades del sector para realizar una proyección objetiva en base a lo observado en años recientes.

El método de proyección empleado fue el de la regresión lineal, el cual como su nombre indica, permite proyectar la población de los pobladores de Paris y sus alrededores, que conforman la población objetivo del presente estudio, en base a una tendencia lineal según los datos históricos que se tienen de la población. Para reducir los niveles de error (probabilidad de que la función lineal no proyecte de manera adecuada a la población), se establece como parámetro que el coeficiente de determinación (R cuadrado) debe ser mayor o igual a 0.9.

La proyección de la población se realizó a partir del año 2018 (año 0 para efectos del estudio) y se prolongó hasta el año 2023, teniendo así que se está evaluando el proyecto por un periodo de 5 años. Para efectos de la proyección se utilizó data histórica de la población a partir del año 2012 hasta el 2016. La población inicial a proyectarse comprende la inicial de París, actual capital francesa, y sus alrededores. La tabla 30 muestra la información de los estadísticos obtenidos.

Tabla 30: Análisis de regresión lineal de la población francesa 2012 - 2016

Año	Población (Paris)
2012	13 120 070
2013	13 188 419
2014	13 297 637
2015	13 351 990
2016	13 404 892
R^2	0.9751
p-valor	0.00108

Fuente: EUROSTATS – 2018, Elaboración propia

Dado que el R2 alcanza valores muy próximos a 1 podemos ver que una proyección basada en la regresión lineal cuenta con una elevada procesión, sumado a un p-valor muy inferior a 0.05 lo cual nos indica que a un 95% de confiabilidad estadística los datos se ajustan a una regresión lineal. Por lo tanto se procede con la proyección.

Como podemos ver en la tabla 31, se presentan el mercado potencial el cual es representado por las proyecciones de la población de Paris durante los años 2019 – 2023. A partir de esta data se procedió al cálculo del mercado disponible el cual representa el 30% del mercado potencial y comprende a la fracción de la población con edad de 25 a 45 años, las cuales según estudios son más propensas a cambiar sus hábitos alimenticios El mercado efectivo se calculó como el 65% del mercado disponible al representar la facción que presenta ingresos medio – altos. (EUROSTATS, 2018).

Tabla 31: Análisis de regresión lineal de la población francesa 2012 - 2016

Año	M. Potencial	M. disponible	M. Efectivo
2019	13 639 411	4 091 823	2 659 685
2020	13 712 733	4 113 820	2 673 983
2021	13 786 054	4 135 816	2 688 281
2022	13 859 376	4 157 813	2 702 578
2023	13 932 697	4 179 809	2 716 876

Fuente: EUROSTATS – 2018, Elaboración propia

Determinación del tamaño de planta

Para establecer adecuadamente el tamaño de planta se procede con el cálculo del consumo posible de aceite de palta del mercado disponible, para este cálculo se empleó el consumo de aceite de oliva per cápita en Francia (año 2015) dado que el producto estudiado se presenta como una mejor alternativa al mismo. Acorde al Consejo Oleico Internacional (2018) el consumo de aceite de oliva en Francia es en promedio 1.5 Litros per cápita por año. Por razones culturales el presente proyecto plantea sustituir el 40% del consumo de aceite de oliva.

Además se debe tener en cuenta las importaciones actuales que Francia realiza con respecto al aceite de palta. Este producto no cuenta con una partida independiente sino que está ubicado con otros aceites vegetales bajo la partida 33012991 (Trade Map, 2018). Al igual que como se procedió con la población, se realizó un análisis de regresión lineal de las importaciones de aceite de palta, asumiendo que los volúmenes anuales de la partida dada presentan un 40% de aceite de palta. La tabla 32 presenta el análisis de regresión lineal correspondiente a las importaciones francesas de aceite de palta:

Tabla 32: Análisis de regresión lineal de las importaciones 2012 – 2016

Año	Importaciones (TM)
2012	120.690
42013	134.340
2014	105.251
2015	86.744
2016	82.168
R^2	0.7245
p-valor	0.04266

Fuente: EUROSTATS – 2018, Elaboración propia

Dado que el R2 un valor superior a 0.7 podemos ver que una proyección basada en la regresión lineal cuenta con una elevada precisión, sumado a un p-valor inferior a 0.05 lo cual nos indica que a un 95% de confiabilidad estadística los datos se ajustan a una regresión lineal. Por lo tanto se procede con la proyección de las importaciones realizadas.

La tabla 33 presenta el balance entre el consumo potencial y las importaciones, dando como resultados la demanda aparente. El proyecto busca cubrir con el 4% de esta demanda aparente durante 5 años, y en base a los resultados obtenidos plantear una mayor inversión para un incremento productivo. Asimismo muestra la demanda aparente y la demanda objetivo:

Tabla 33: Determinación del tamaño de planta en función a la demanda aparente

Año	Mercado Efectivo	Consumo esperado (TM)	Importaciones (TM)	Demanda Aparente (TM)	Demanda Objetivo (TM)
2019	2659685	1595.811	167.998	1427.813	57.113
2020	2673983	1604.390	180.462	1423.928	56.957
2021	2688281	1612.968	192.926	1420.043	56.802
2022	2702578	1621.547	205.390	1416.157	56.646
2023	2716876	1630.126	217.854	1412.272	56.491

Fuente: EUROSTATS – 2018, Elaboración propia

Por lo tanto la planta de producción debe ser capaz de producir volúmenes presentados anualmente durante el periodo evaluado (2019 - 2023) según la tabla 33.

Capacidad instalada de planta

La capacidad propuesta de planta se plantea en base a poder cumplir anualmente con lo requerido según la demanda objetivo. El rendimiento del proceso de prensado seco, como se puede ver en la parte experimental es de 23.97% en base seca, lo que significa que para obtener un 1 kilo de aceite de palta se requieren 13.91 Kilos de pulpa Se plantea una línea de producción base con una capacidad de 450 kilos de pulpa por hora obteniéndose los siguientes ratios:

Tabla 34: Capacidad de planta

Variable	Capacidad
Palta hass (Kg/h)	750
Pulpa de palta (Kg/h)	450
Horas/Semana	40
Kg pulpa/año	936 000
Rendimiento (Kg/L)	13.91
Aceite producido (Kg/año)	67 290

Fuente: Estudio experimental, Elaboración propia

Análisis de las maquinarias

En base a la capacidad de planta es posible calcular la capacidad requerida de cada proceso, y así poder asignar las maquinas adecuadas y proceder con el diseño de planta. La tabla 35 ilustra los procesos y su capacidad en función a la entrada de materia prima.

Tabla 35: Capacidad requerida de los procesos de planta

Proceso	Capacidad
Lavado y separación de la pulpa	750 kg palta/h
Secado	450 kg pulpa/h
Prensado	135 Kg pulpa seca/h
Filtrado	33 kg aceite/h
Decantado	33 kg aceite/h o 35 L/h
Embotellado	130 Botellas/h
Etiquetado	130 Botellas/h
Empaquetado en Cajas	11 Caja/h

Fuente: Estudio experimental, Elaboración propia

Análisis de la distribución de la planta

Tomando en cuenta los requerimientos de la maquinaria se procede a la distribución de las siguientes áreas correspondientes a los procesos de producción y a la logística requerida por la planta:

- Recepción y despacho.
- Lavado y despulpado de la palta.
- Secado.
- Producción.
- Decantación y filtrado.
- Embotellado.
- Etiquetado y empaquetado.
- Almacén.
- Laboratorio.
- Oficina administrativa.

Para determinar la distribución de los espacios de la planta se procedió con la realización del diagrama de relaciones SLP. La figura 35 ilustra gráficamente el resultado del método.

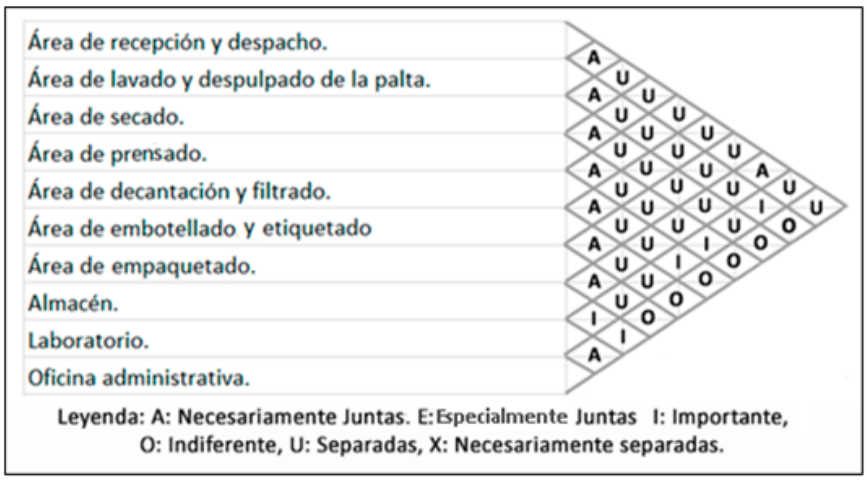

Figura 35. Diagrama de relaciones
Fuente: Elaboración Propia.

En base a los resultados del diagrama de relaciones se procede a efectuar la propuesta de diseño de planta, de una manera funcional y efectiva en base a la línea de producción de aceite de palta según los procesos y las operaciones establecidas. La figura 36 presenta el plano de la planta según el análisis anteriormente efectuado.

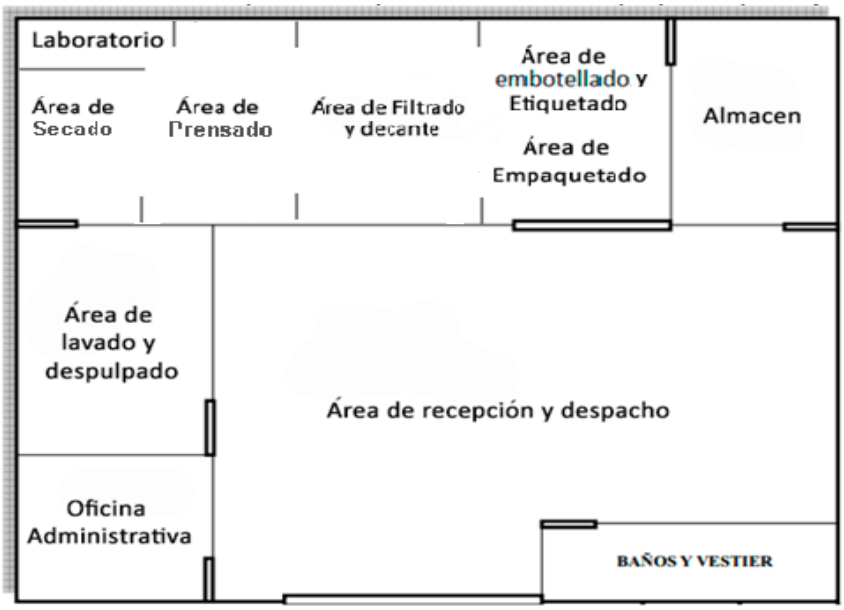

Figura 36. Distribución de planta
Elaboración Propia.

Análisis económico

Inversión

La inversión puede ser tangible y no tangible, en el caso del presente estudio podemos observar la gran parte de la inversión es tangible, y está conformada por la maquinaria, la mueblería, los anaqueles, las obras civiles, equipos informáticos, entre otros, que se explican en detalle en la tabla 36.

Tabla 36: Inversión para la construcción de la planta (S/ incluyendo IGV)

Item	Precio Unitario	Cantidad	Costo
Tolva de recepción	9065	2	18130
Secadora Lineal Guoxin	25400	1	25400
Prensa de aceite	11800	1	11800
Filtro	2000	2	4000
Sección de lavado y pelado	4500	1	4500
Marmitas de decantación	18000	6	108000
Llenadora	98450	1	98450
Etiquetadora	41350	1	41350
Anaqueles	950	4	3800
Computadora	2700	1	2700
Escritorio con silla	800	1	800
Archivador	150	2	300
Laboratorio	3000	1	3000
Obras civiles	250000	1	250000
Estudio técnico	22000	1	22000
Total			**594230**

Fuente: Estudio experimental, Elaboración propia

Con respecto a las inversiones intangibles podemos observar que la única inversión de este tipo constituye la elaboración del presente estudio.

Capital de trabajo

La tabla 37 muestra los gastos que requieren la operación de la planta, en el caso de la palta, se está considerando un precio por kilo de S/ 1.20 en chacra, las botellas de vidrio al por mayor tienen un costo de S/ 1.25 más la tapa que cuesta S/ 0.15. la etiqueta cuesta por unidad S/ 0.20 y cada caja de embalaje cuesta S/ 0.35.

FORMULA DE REQUERIMIENTO DE MANO DE OBRA:

$$N = \frac{\text{Requerimientos de HH por periodo}}{\text{horas disponibles por periodo}}$$

$$Requerimientos\ de\ HH\ por\ periodo = HH\ por\ unidad\ de\ produccion\ x\ Requerimiento\ de\ produccion\ por\ periodo$$

Con respecto a los sueldos se consideró:

Áreas/puestos	Cantidad Operarios	Salario Mensual	Salario anual
Lavado y pelado	4	1200	18600
Producción	2	1200	18600
Embotellado	1	1200	18600
Etiquetado			
Empaquetado en Cajas	1	1200	18600
Jefe de planta	1	8500	131750
Supervisor	1	4500	69750
TOTAL			**275900**

Fuente: elaboración propia

Y para la depreciación se tomó una vida útil de 5 años, salvo para la maquinaria que gracias al mantenimiento dado puede tener una vida de 10 años.

Tabla 37: Capital de trabajo (Todos los montos en S/)

	Año				
	1	2	3	4	5
Costos de producción	**1790720.28**	**1785889.33**	**1893932.79**	**1888791.93**	**1995909.63**
Palta	1361535.25	1357816.32	1466964.66	1462935.81	1571158.39
Etiquetado	49978.56	49842.05	49706.41	49569.90	49434.26
Botellas	312366.00	311512.80	310665.06	309811.86	308964.12
Tapas	37483.92	37381.54	37279.81	37177.42	37075.69
Cajas	7288.54	7268.63	7248.85	7228.94	7209.16
Servicios	22068.00	22068.00	22068.00	22068.00	22068.00

Costos administrativos	**276400.00**	**276400.00**	**276400.00**	**276400.00**	**276400.00**
Salarios	275900.00	275900.00	275900.00	275900.00	275900.00
Otros	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00
Depreciación	**35496.00**	**35496.00**	**35496.00**	**35496.00**	**35496.00**
Maquinaria	28950.00	28950.00	28950.00	28950.00	28950.00
Mueblería y anaqueles	5406.00	5406.00	5406.00	5406.00	5406.00
Computadora	540.00	540.00	540.00	540.00	540.00
Laboratorio	600.00	600.00	600.00	600.00	600.00

Fuente: elaboración propia

Ventas

El precio de venta en planta por unidad de botella es de S/ 13.00, la tabla 38 muestra la proyección de ventas e ingresos de la planta.

Tabla 38: Proyección de ventas de la planta (S/)

	2019	**2020**	**2021**	**2022**	**2023**
Cantidad de Botellas	249893	249210	248532	247849	247171
Precio unitario	S/ 13.00	S/ 13.00	S/ 13.00	S/ 13.00	S/ 13.00
Ingreso por ventas	**S/ 3,248,606.43**	**S/ 3,239,733.10**	**S/ 3,230,916.65**	**S/ 3,222,043.32**	**S/ 3,213,226.87**

Fuente: Estudio experimental, Elaboración propia

Flujo económico

El resultado de los estados (Ingresos y egresos) nos determina el flujo económico y nos permite conocer la utilidad anual, tanto bruta, como neta. Se considera el impuesto a la renta como un 35% de la utilidad bruta, según la Ley Tributaria Peruana. La tabla 39 muestra el flujo dado.

TIR

El TIR económico hallado es de 83 %. Esta tasa es la que hace que el VAN del proyecto sea igual a 0. Como su valor supera la tasa de referencia (15.00%), se acepta el proyecto.

VAN

El VAN económico hallado es de 1 334 705,89 nuevos soles. Para hallar este valor, se utilizó el costo de oportunidad del proyecto asumido a 15.00 %, como tasa de descuento para los flujos económicos. Al no haberse tomado deuda, el VAN financiero tiene el mismo valor. Este valor presentado altamente positivo da por viable económicamente el proyecto.

VAN > 0 La inversión produciría ganancias.
VAN < 0 La inversión produciría pérdidas por debajo de la rentabilidad exigida (r)
VAN = 0 La inversión no produciría ni ganancias ni pérdidas

ROI

Tomando como inversión, tanto la inicial, como lo invertido en capital de trabajo, se muestra el ROI de 138%, lo que significa que por cada 100.00 invertidos obtenemos un retorno de 138.00

Tabla 39: Flujo económico (Todos los valores en nuevos soles)

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos		**3,248,606.43**	**3,239,733.10**	**3,230,916.65**	**3,222,043.32**	**3,213,226.87**
Ventas		3,248,606.43	3,239,733.10	3,230,916.65	3,222,043.32	3,213,226.87
Egresos		**2,127,616.28**	**2,122,785.33**	**2,230,828.79**	**2,225,687.93**	**2,332,805.63**
Costos Produccion		1,790,720.28	1,785,889.33	1,893,932.79	1,888,791.93	1,995,909.63
Costos Administrativos		276,400.00	276,400.00	276,400.00	276,400.00	276,400.00
Mantenimiento		25,000.00	25,000.00	25,000.00	25,000.00	25,000.00
Depreciacion		35,496.00	35,496.00	35,496.00	35,496.00	35,496.00
Inversion	- 594,230.00					
Utilidad Bruta		526,760.16	1,116,947.77	1,000,087.86	996,355.38	880,421.23
Impuesto a la Renta		184,366.05	390,931.72	350,030.75	348,724.38	308,147.43
Utilidad Neta	- 594,230.00	**342,394.10**	**726,016.05**	**650,057.11**	**647,631.00**	**572,273.80**

VANE	S/1,334,705.89
TIRE	83%
ROI	138.86%

Fuente: Estudio experimental, Elaboración propia

Discusión de resultados

Según Cabrera (2017) se observa que la inversión inicial requerida en la instalación de una compañía productora y exportadora de aceite de palta 2 327 602 Nuevo Soles, mientras que el presente estudio solo requiere una inversión de 594 230 nuevos soles, sin embargo si tomamos en cuenta el tamaño de planta resulta acorde, dado que el presente estudio plante una capacidad 10 veces menor. Con respecto a la TIR el valor que presenta el estudio es de 83%, muy mayor a lo encontrado por Cabrera (2017), esto se debe a que la presente investigación es una propuesta de implementación tecnológica, no se está calculando costos de ventas, de marketing, publicidad ni de exportaciones, así como también no se realizó un análisis financiero.

Esta propuesta es más que todo una guía para inversionistas o empresarios involucrados en el campo de la exportación de palta para que evalúen la posibilidad de emprender en este proyecto.

CONCLUSIONES

La extracción de aceite de palta hass por los tres métodos realizados nos permitió evaluar, conocer y comprobar la existencia de diferencias significativas y semejanzas entre los métodos de extracción, así como también los aspectos positivos y negativos en el uso de cada uno de ellos.

Se encontraron diferencias significativas en la evaluación de los métodos de extracción respecto a su rendimiento, el método de mayor rendimiento fue el de prensado por expeller con un 42.69 %, seguido del prensado hidráulico con un 23.97% y el de menor rendimiento el termobatido con 16.39%.

Se encontraron diferencias significativas en la evaluación de los métodos de extracción respecto al perfil de ácidos grasos a excepción del ácido eicosanoico, de los principales se obtuvo, ácido oleico 65.71%, 41.27%, 40.90% para termobatido, prensado hidráulico, prensado por expeller respectivamente; Ácido linoleico 12.48%, 13.83%, 14.24% para termobatido, prensado hidráulico, prensado por expeller respectivamente y Ácido alfa-linolénico 1.27%, 0.88%, 0.94% para termobatido, prensado hidráulico, prensado por expeller respectivamente.

Respecto a los análisis físico-químicos se encontraron diferencias significativas entre los métodos en los análisis de índice de acidez, 0.41, 0.2, 0.47 mgKOH/1gr para termobatido, prensado hidráulico, prensado por expeller respectivamente; para peróxido, 5.97, 5.62, 14.82 meqP/Kg para termobatido, prensado hidráulico, prensado por expeller respectivamente; para densidad, 0.9198, 0.9143, 0.9133 g/ml para termobatido, prensado hidráulico, prensado por expeller respectivamente; y para el índice de refracción, 1.463, 1.462, 1.464 para termobatido, prensado hidráulico, prensado por expeller respectivamente. Por otro lado las características que no presentan diferencias significativas entre métodos son el grado de saponificación, índice de yodo y % de humedad.

Se realizó el diseño de planta por el método del prensado hidráulico, con el fin de satisfacer el 4% de la demanda aparente de aceite de palta en Paris - Francia. La capacidad de planta calculada se estableció en una capacidad de procesamiento de 450Kg de pulpa de palta por hora, logrando producir 67 290 Kg de aceite anuales al 100% de su capacidad. En análisis de rentabilidad muestra un ROI de 138%, TIR de 83% que al ser superior a la tasa de interés de referencia, la implementación de la planta se acepta como rentable, logrando alcanzar un VAN después de 5 años de S/ 1, 334,705.89.

RECOMENDACIONES

Se sugiere el uso del método de prensado hidráulico pues presenta un buen rendimiento, contiene algunos ácidos grasos ligeramente mayores a comparación de los otros métodos, pero sobre todo tiene mejores valores respecto a las principales características fisicoquímicas como un bajo índice de acidez con 0.2032 mg KOH/1g grasa, un bajo índice de peróxido de 5.62 meq P/ kg y un mejor índice de Yodo de 92.9780 cg I/1 g grasa.

Se sugiere que se podría experimentar con otra variedad de palta, puesto que se han encontrado algunas investigaciones donde con la variedad Fuerte se han hallado también resultados positivos.

Se recomendaría hacer una investigación y experimentación más profunda con variación de parámetros de temperatura al método de prensado por expeller puesto que es el método que genera mayor rendimiento y sus análisis de acidez y peróxido son positivos, pero estos últimos se encuentran al límite de las especificaciones de la NORMA CODEX, para que el aceite sea calificado como extra virgen.

REFERENCIAS

Acosta Moreno, Martha. (2011). Evaluación y escalamiento del proceso de extracción de aceite de aguacate utilizando tratamiento enzimático (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

Alba, N. (2008). Ciencia, tecnología e industria de los alimentos. Bogotá: Grupo latino editores.

Alvarado, J. & Aguilera, J. (2001). Métodos para medir propiedades físicas en industrias de alimentos. Zaragoza: Acribia.

Anon. (1996). La palta: Fruto del paraíso. Agroenfoque, 21-23.

Aparicio, R. & Harwood, J. (2003). Manual del aceite de oliva. Madrid: Mundi prensa AMW ediciones.

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.

Ariza, J. A., López, F., Coyotl, J., Ramos, M. E., Díaz, J., & 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). Revista venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos, 2(2), 263-276.

Bailey, A. (1984). Aceites y grasas industriales. Barcelona: Reverte.

Buelvas, G., Patiño, J. & Cano - Salazar, J. (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.

Charley, H. (2012). Tecnología de alimentos: procesos químicos y físicos en la preparación de alimentos. Ciudad de México: Limusa.

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

Casanave Zevallos, Maria del Carmen. (1980). Extracción, Caracterizacion y Refinacion de aceite de pulpa de palta (persea americana) (Tesis de Linceciatura). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

Codex alimentarius (1999). Norma para aceites vegetales especificados . Editado por la ONU y OMS.

Castañeda, D., López, P., Ramos, E., Ariza, A., Carrera, C. & Portillo, 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.

Codex alimentarius (1981). Norma para grasas y aceites comestibles no regulados por normas individuales. Editado por la ONU y OMS.

Consejo Oleico Internacional (2018) Web de promoción del consumo de aceite a nivel mundial http://www.internationaloliveoil.org/ (Acceso el 11 de octubre de 2017)

Cuaspud Enríquez, Mauricio Alexander. (2015). Obtención de aceite de aguacate microencapsulado mediante secado por atomización (Tesis de Licenciatura). Escuela Politécnica Nacional de Ecuador, Quito, Ecuador.

Romero Blachet, Miguel Angel. (2006). Producción de aceite de palta en chile, una alternativa de negocio (Tesis de Maestría). Universidad de Chile, Santiago, Chile.

Caps, A. (2014). Tecnología de los alimentos de origen vegetal. Madrid: editorial Síntesis S.A.

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.

Duran, R. (2011). Cultivo del aguacate o palta. Bogotá: Grupo latino editores.

Departamento de Estadística e Informática (2017). Guía del curso de métodos estadísticos para la investigación I. Universidad Nacional Agraria La Molina.

Diaz, B., Jarufe, B. & Noriega, M. (2007). Disposición de planta (2da Edición). Lima: Fondo Editorial Universidad de Lima.

Doradea Cruz, Jorge. (2013). Evaluación de rendimiento y calidad del aceite de pulpa de Aguacate (Persea Americana Hass) obtenido por presión en frio en función del proceso de secado (Tesis de Licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

Feliciano, J. (2014). Impulso a la palta hass en el ande retos y perspectivas. Material publicado. Sierra Exportadora.

Fellows, P. & Sala, F. (1994). Tecnología del procesado de los alimentos principios y prácticas. Zaragoza: Acribia.

Hernández, R., Fernandez, C. & Baptista, M (2010) Metodología de la investigación (5ta. ed.). Mexico, D.F.: Mcgraw-Hill.

Hemming, F & Hawthorne, J. (2001). Análisis de lípidos. Zaragoza: Acribia.

Hernández, E. (2006). Evaluación del pardeamiento enzimático durante el almacenamiento en congelación de puré de palta. Lima: ANR

Kirt, R., Sawyer, R. & Egan, H. (2004). Composición y análisis de los alimentos de Pearson. Ciudad de México: Continental.

Kirschenbauer, H. Grasas y aceites, Química y Tecnología. Segunda edición. México: Editorial Continental (1964).

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

Jimenez Venturi, Pablo Genaro (1972). Ensayo de extracción de aceite de semilla de maracuyá (Tesis de Linceciatura). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

Jiménez, M., Agular, R. & Zambrano, L., Kolar, E. (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.

Matissek, Schnepel, Steiner. (1998). Análisis de los alimentos: fundamentos, métodos, aplicaciones. Acribia.

Maldonado, R. (2006). Cultivo y producción de la palta. Lima: Ediciones Ripalme EIRL.

Martínez, M. (2015). Aceites Vegetales no tradicionales: Guía para la producción y evaluación de la calidad. Córdova: Editorial Encuentra Grupo editor.

Martínez, L., Camacho, F., Rodríguez, F. & Moreno, M. (1988). Extracción y caracterización del aceite de aguacate. Grasas y aceite, 39, 272-277.

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 Chemestry, 51, 2216-2221.

Martínez, L., Barranco, R. & Moreno, M. V. (1992). Extracción de aceite de aguacate: Un experimento industrial. Grasas y aceite, 43, 11-15.

Norma Técnica Peruana 209.058 (2014). Aceites y Grasas comestibles. Método de Determinación de Índice de Saponificación. Editado por el instituto nacional de Calidad (INACAL)

Norma Técnica Peruana 209.128 (2014). Aceites y Grasas comestibles. Método de Determinación Densidad Relativa. Editado por el instituto nacional de Calidad (INACAL)

Norma Técnica Peruana 209.005 (2014). Aceites y Grasas comestibles. Método de Determinación de Índice de Acidez. Editado por el instituto nacional de Calidad (INACAL)

Norma Técnica Peruana 209.008 (2014). Aceites y Grasas comestibles. Método de Determinación de Índice de yodo. Editado por el instituto nacional de Calidad (INACAL)

Norma Técnica Peruana 209.121 (2014). Aceites y Grasas comestibles. Método de Determinación de Índice de Refracción. Editado por el instituto nacional de Calidad (INACAL)

Norma Técnica Peruana 209.006 (2014). Aceites y Grasas comestibles. Método de Determinación de Índice de Peróxido. Editado por el instituto nacional de Calidad (INACAL)

Norma Técnica Peruana 209.004 (2014). Aceites y Grasas comestibles. Método de Determinación de Humedad. Editado por el instituto nacional de Calidad (INACAL)

Noriega Lores, Jorge A. (1972). Ensayo de extracción de Aceite de pulpa del humari (Tesis de Linceciatura).Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

Ortiz-Moreno Alicia; Dorantes, Lidia; Galíndez, Juvencio and Guzmán, Rosa I. 2003. Effect of different extraction methods on fatty acids, volatile compounds, and physical and chemical properties of avocado (Persea americana Mill.) oil. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 51(8):2216-2221.

Potter, N. & Hotch, J. (2007). Ciencia de los alimentos. Zaragoza: Acribia.

Parra, J.(2005). Rendimiento y calidad en pulpa y aceite en nueve selecciones de Palto Persea Americana Millen Chile. (En línea). Consultado el 18 de Octubre del 2012. Disponible en: www.avocadosource.com/papers/Chile...A.../ParraJoana2005.pdf

Redacción Peru21. (7 de Agosto de 2017). Perú es el tercer mayor exportador de palta en el mundo. Peru21.

Santana Salto, Landy Erika. (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 (Tesis de Licenciatura). Universidad Técnica estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador.

Sanchez Ipanaque, Miguel. (2008). Correlación del contenido de aceite, materia seca y humedad de pulpa como indicadores de cosechas en frutos de palto (persea americana) cultivado bajo condiciones de chincha (Tesis de Linceciatura). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

Serpa, A., Echeverri, A., Lezcano, M., Vélez, L., Ríos, A., & Hincapie, G. (2014). Extracción de aceite de aguacate variedad “Hass” (Persea americana Mill) liofilizado por prensado en frio. Revista Investigaciones Aplicadas, 8(2), 113-123.

Rivera Ignacio, Diego. (2013). Estudio de pre factibilidad para la comercialización de Aceite de Palta en el mercado de Lima Metropolitana (Tesis de Linceciatura). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

Rengifo Gratelli, Pedro. (2014). Caracterización del aceite de la semilla de palta Persea Americana Mill. Var. Hass fuerte y medición de su actividad antioxidante (Tesis de Doctorado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

Restrepo, A., Londoño, J., González, D., Benavides, Y. & Cardona, B. (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, Vol. 9 No. 2,151-161.

Reyes, M. Gómez, I., & Espinoza, C. (2013). Tablas peruanas de composición de alimentos. 9na. Ed. Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud. Lima Cultivo

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).

Southwell, K., Harris, R. & Swetman, A. (1990). Extraction and refining of oil obtained from dried avocado fruit using a small expeller. Tropical Science, Vol.30 No.2, 121-131

Schwartz, M., Olaeta, J. A., Undurraga, P., & Costa, V. (2007). Mejoramiento del rendimiento de extracción del aceite de palta (aguacate). In Proceedings of the VI World Avocado Congress (Actas VI Congreso Mundial del Aguacate).

Tamayo, M. (2009). El proceso de la investigación científica. Mexico, D.F., Limusa. Noriega Editores. Quinta Edición

TRADE MAP (2018) Web de consulta en línea de estadísticas del comercio exterior internacional http://trademap.org/ (Acceso el 11 de octubre de 2017)

Velásquez, J. (2006). Identificación del aguacate como un rubro importante de grandes oportunidades comerciales, según los acuerdos de integración, los nuevos tratados comerciales y el comercio mundial globalizado. Secretaria de Productividad y Competitividad. Gobernación de Antioquia.

Yepes, P., Sánchez, L. & Márquez, J. (2017). Extracción termomecánica y caracterización fisicoquímica del aceite de aguacate (Persea americana Mill. cv. Hass). Informador Técnico, 81(1), 75-85

Zhong, H., Bedgood, D., Bishop, P., Robards, K. (2007). Endogenous biophenol, fatty acid and volatile profiles of selected oils. Food Chemistry, 100 (4), 1544-1551.

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLES DE ESTUDIO	INDICADORES	MEDIDAS	MÉTODO
¿Existen diferencias significativas en el rendimiento y la calidad del aceite de palta hass entre los métodos, termobatido, prensado hidráulico y prensado por expeller para poder definir el mejor proceso y proponer un diseño de planta?	Determinar si existen diferencias significativas en el rendimiento y la calidad del aceite de palta hass entre los métodos, termobatido, prensado hidráulico y prensado por expeller, para poder definir el mejor proceso y proponer un diseño de planta.	H1: Existen diferencias significativas en el rendimiento y calidad del aceite de palta hass entre los métodos de extracción, termobatido, prensado hidráulico y prensado por expeller, para poder definir el mejor proceso y proponer un diseño de planta. Ho: No existen diferencias significativas de rendimiento y calidad del aceite de palta hass entre los tres métodos de extracción, termobatido, prensado hidráulico y prensado por expeller, para poder definir el mejor proceso y proponer un diseño de planta.	**VARIABLE INDEPENDIENTE.** X: Métodos de extracción de aceite de palta hass. **VARIABLES DEPENDIENTES** Y1: Rendimientos. Y2: Calidad (Composición de ácidos grasos y características físico-químicas)	**Rendimiento (%)** **Calidad:** **Composición de ácidos (%)** [Ácido Palmitoleico] [Ácido Oleico] [Ácido Vaccénico] [Ácido Linoleico] [Ácido Alfa-linolénico] [Ácido Palmítico] [Ácido Eicosanoico] [Ácido Esteárico] **Características fisicoquímicas** Índice de acidez (mgKOH / g) Índice de peróxido (meqP/ Kg) Índice de Saponificación (mg KOH / g) Índice de Yodo (cgl/ g) Humedad (%) Densidad relativa (g/ml) Índice de Refracción (Condiciones normales)	La unidad de medida es cuantitativa Las unidades de medida son cuantitativas	El rendimiento se halla en base seca a través de una regla de tres simple. Se calcularon a través de una cromatografía de gases Liquido-Gas en el ITP, utilizando la norma validada (LABS-ITP-FQ-002-98, Rev.4, 2003) Índice de Acidez: NTP 209.005. Índice de Peróxido: NTP 209.006. Índice de Yodo: NTP 209.008. Índice de Refracción AOAC 921.08. Índice de Saponificación: AOAC 920.160. Densidad relativa: AOAC 920.212. %Humedad : AOAC 926.12
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	**OBJETIVOS ESPECÍFICOS**	**HIPOTESIS ESPECIFICAS**				
¿Existen diferencias significativas respecto al rendimiento del aceite de palta hass entre los métodos de extracción, termobatido, prensado hidráulico y prensado por expeller para poder definir el mejor proceso y proponer un diseño de planta?	Determinar si existen diferencias significativas respecto al rendimiento del aceite de palta hass, entre los métodos de extracción, termobatido, prensado hidráulico y prensado por expeller, para poder definir el mejor proceso y proponer un diseño de planta.	H1: Existen diferencias significativas respecto al rendimiento del aceite de palta hass, entre los métodos de extracción, termobatido, prensado hidráulico y prensado por expeller, para poder definir el mejor proceso y proponer un diseño de planta. Ho: No existen diferencias significativas respecto al rendimiento del aceite de palta hass, entre los métodos de extracción, termobatido, prensado hidráulico y prensado por expeller, para poder definir el mejor proceso y proponer un diseño de planta.				
¿Existen diferencias significativas respecto a la composición de ácidos grasos del aceite de palta hass entre los métodos de extracción, termobatido, prensado hidráulico y prensado por expeller para poder definir el mejor proceso y proponer un diseño de planta?	Determinar si existen diferencias significativas respecto a la composición de ácidos grasos del aceite de palta hass, entre los métodos de extracción, termobatido, prensado hidráulico y prensado por expeller, para poder definir el mejor proceso y proponer un diseño de planta.	H1: Existen diferencias significativas respecto a la composición de ácidos grasos del aceite de palta hass, entre los métodos de extracción, termobatido, prensado hidráulico y prensado por expeller, para poder definir el mejor proceso y proponer un diseño de planta. Ho: No existen diferencias significativas respecto a la composición de ácidos grasos del aceite de palta hass, entre los métodos de extracción, termobatido, prensado hidráulico y prensado por expeller, para poder definir el mejor proceso y proponer un diseño de planta.				
¿Existen diferencias significativas respecto a las características físico-químicas del aceite de palta hass entre los métodos de extracción, termobatido, prensado hidráulico y prensado por expeller para poder definir el mejor proceso y proponer un diseño de planta?	Determinar si existen diferencias significativas respecto a las características fisicoquímicas del aceite de palta hass, entre los métodos de extracción termobatido, prensado hidráulico y prensado por expeller, para poder definir el mejor proceso y proponer un diseño de planta.	H1: Existen diferencias significativas respecto a las características fisicoquímicas del aceite de palta hass, entre los métodos de extracción, termobatido, prensado hidráulico y prensado por expeller, para poder definir el mejor proceso y proponer un diseño de planta. Ho: No existen diferencias significativas respecto a las características fisicoquímicas del aceite de palta hass, entre los métodos de extracción, termobatido, prensado hidráulico y prensado por expeller, para poder definir el mejor proceso y proponer un diseño de planta.				

¿Es viable económicamente y productivamente el método seleccionado al ser implementado en planta?	Determinar la viabilidad productiva y económica del método propuesto mediante un diseño de planta.	H1: El método seleccionado es viable económicamente y productivamente al implementarse en planta. Ho: El método seleccionado no es viable económicamente y productivamente al implementarse en planta.	Y3: Viabilidad productiva y económica a gran escala.	**Viabilidad productiva y económica a gran escala:** TIR VAN ROI		Diseño de planta Análisis Económico y de Rentabilidad

ANEXO 2: CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Actividades	nov-16	dic-16	ene-17	feb-17	mar-17	abr-17	may-17	jun-17	jul-17	ago-17	sep-17	oct-17	nov-17	dic-17	ene-18
Aprobación de Plan de Tesis															
Marco Teórico y Revisión Bibliográfica															
Experimentación en planta piloto de la Agraria															
Análisis estadístico de Datos															
Ordenamiento del documento															
Presentación de Resultados															
Corrección de Trabajo final															
Última entrega trabajo final y Sustentación															

ANEXO 3: FOTOS

Figura 37: Pelado y deshuesado de la palta

Figura 38: Termobatidora

Figura 39: Ingreso a centrifuga

*Figura 40: C*entrifuga

Figura 41: Extracción de aceite

Figura 42: Filtrado de aceite

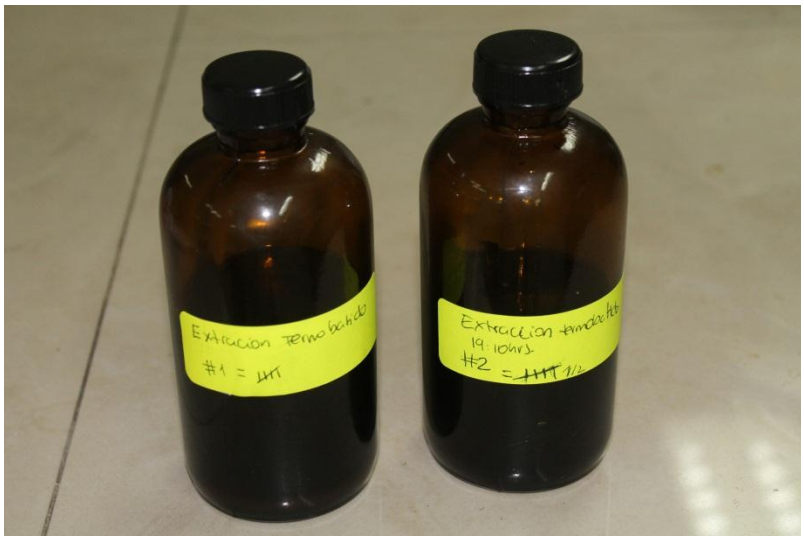

Figura 43: Envasado de aceite

Figura 44: Pesado de pulpa para secado

Figura 45: Pulpa en secador

Figura 46: Especificaciones en secador

Figura 47: Pulpa después del secado

Figura 48: Pulpa deshidratada en prensa

Figura 49: Prensa hidráulica

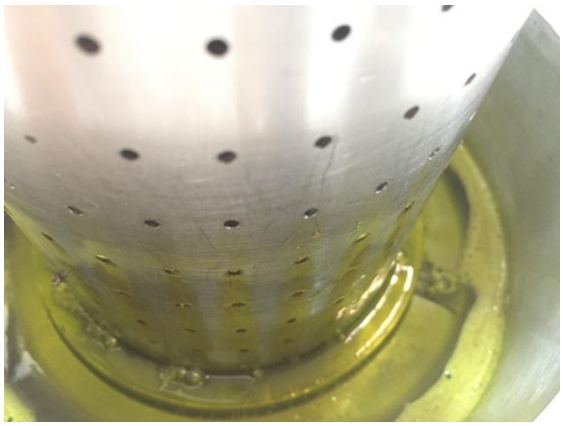

Figura 50: Aceite de palta en prensa hidráulica

Figura 51: Torta residual de laextraccion en la prensa hidráulica

Figura 52: Expeller

Figura 53: Torta residual del Expeller

Figura 54: Aceite extraído del Expeller

ANEXO 4: PRESUPUESTO

RRHH	TOTAL
Asesoría de tesis pago a la Usil	S/. 3,000.00
Sustentación	S/. 2,400.00
Asesoría Técnica externa	S/. 1,000.00
TOTAL	S/. 6,400.00

BIENES Y MATERIALES	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
Materia Prima (palta kg)	42	S/. 8.00	S/. 336.00
Botellas ambar de 250 ml	10	S/. 2.00	S/. 20.00
Papel toalla	3	S/. 3.00	S/. 9.00
Tela poliseda blanca	1	S/. 5.00	S/. 5.00
Bolsas plásticas de polietileno	1	S/. 1.00	S/. 1.00
Alcohol	1	S/. 3.00	S/. 3.00
Lejia	1	S/. 1.00	S/. 1.00
Lapiceros	2	S/. 1.00	S/. 2.00
Lápices	2	S/. 1.00	S/. 2.00
TOTAL			S/. 379.00

EXPERIMENTACION: ALQUILER DE EQUIPOS Y ANALISIS	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
Termobatidora	3	284	852
Secador	3	220	660
Prensa hidráulica	3	160	480
Expeller	3	160	480
Análisis de Densidad	9	17	153
Análisis de Humedad	9	18	162
Análisis de Índice de Refracción	9	14	126
Análisis de Índice de Saponificación	9	42	378
Análisis de Índice de acidez	9	35	315
Análisis de Índice de Peróxido	9	36	324
Análisis de Índice de Yodo	9	72	648
Cromatografía de gases	9	359	3231
TOTAL			S/. 7,809.00

OTROS	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
Copias de libros	300	0.1	30
Anillado			0
Empastado			0
Cenas y reuniones con el asesor	8	20	160
TOTAL			S/. 190.00

RESUMEN

AMBITOS	COSTOS
RRHH	S/. 7,000.00
BIENES Y MATERIALES	S/. 379.00
EXPERIMENTACION: ALQUILER DE EQUIPOS Y ANALISIS	S/. 7,809.00
OTROS	S/. 190.00
COSTO TOTAL	S/. 15,378.00

ANEXO 5: ENSAYO: CROMATOGRAFIA DE ÁCIDOS GRASOS

1. PRINCIPIO DEL METODO:

Los triglicéridos y fosfolípidos son saponificados y metilados a la vez por reacción de las soluciones NaOH 2N y HCl 2N en metanol respectivamente. Los ácidos grasos metilados son inyectados al cromatógrafo de gases donde son separados al ser arrastrados por el gas hidrógeno que es el gas de arrastre a través de la fase estacionaria de la columna.

MATERIALES, APARATOS Y REACTIVOS:

- Pipetas.
- Baño maría.
- Balanza analítica.
- Eter de petróleo (40 - 60 ° C)
- Solución NaOH aproximadamente 2N en metanol
- Solución HCl aproximadamente 2N en metanol
- Micro-jeringa.

- Gradilla para tubos.

Tubos de vidrio con tapa.

Viales de vidrio de 2 mL de capacidad con tapas de aluminio.

Gas Hidrogeno con un mínimo de pureza de 99.995%.

- Cromatógrafo de gases equipado con detector de ionización de flama de hidrógeno (FID).
- El cromatógrafo emplea una columna capilar Supelcowax – 10 de silica fundida marca Supelco de 30 m de longitud , 0.25 mm de diámetro interno y 0.25 um de espesor de película.

3. PROCEDIMIENTO:

En un tubo de ensayo introducir aproximadamente 50 mg de aceite o grasa fundida.

Agregar aproximadamente 2,5 mL de éter de petróleo y agitar en vortex hasta disolver.

Agregar alrededor de 0,25 mL de NaOH 2N en metanol. Agitar vigorosamente en vortex por 10 segundos.

Sumergir en baño maría a aproximadamente 50 º C durante 20 segundos, agitar 10 segundos en vortex.

Agregar alrededor de 0,30 mL de HCl 2N en metanol. Agitar y luego esperar hasta que se separen las dos fases.

Se separa la fase del éter de petróleo que contiene los ácidos grasos metilados, con ayuda de una pipeta, y se introduce en un vial de vidrio.

Colocar el vial en el Autosampler del cromatógrafo de gases y programar el equipo.

Las condiciones de análisis son:

Temperatura del horno 160°C - 230 º C

Temperatura del inyector 250 º C

Temperatura del detector 270 º C

Presión del hidrógeno 5 psi

Split 100 : 1

4. CALCULOS

La cuantificación de los ácidos grasos metilados se realiza mediante el software del equipo; y se reporta como porcentaje relativo. Los resultados proporcionados por el equipo (duplicado) se promedian.

5. REFERENCIA O NORMA:

Prevot y Mordret, Revue Francaise des Corps Gras, 23 anne, N ° 7-8, 1976.

ANEXO 6: CALCULOS DE RENDIMIENTO

Método Termobatido

Primera experimentación:

$$\%\ Aceite\ de\ palta = \frac{294.34\ gr}{1638 gr}\ x\ 100 = 17.97\%$$

Segunda experimentación:

$$\%\ Aceite\ de\ palta = \frac{137.97\ gr}{897\ gr}\ x\ 100 = 15.38\%$$

Tercera experimentación:

$$\%\ Aceite\ de\ palta = \frac{103.02\ gr}{650.82 gr}\ x\ 100 = 15.83\%$$

Método Prensado Hidráulico

Primera experimentación:

$$\%\ Aceite\ de\ palta = \frac{212.09\ gr}{1308.63\ gr}\ x\ 100 = 16.21\%$$

Segunda experimentación:

$$\%\ Aceite\ de\ palta = \frac{205.7\ gr}{690.82\ gr}\ x\ 100 = 29.78\%$$

Tercera experimentación:

$$\%\ Aceite\ de\ palta = \frac{111.53\ gr}{430.06\ gr}\ x\ 100 = 25.93\%$$

Método Prensado por Expeller

Primera experimentación:

$$\%\ Aceite\ de\ palta = \frac{456.65\ gr}{1307.37\ gr}\ x\ 100 = 34.93\%$$

Segunda experimentación:

$$\%\ Aceite\ de\ palta = \frac{224.89\ gr}{430.98\ gr}\ x\ 100 = 52.18\%$$

Tercera experimentación:

$$\%\ Aceite\ de\ palta = \frac{177.35\ gr}{433.02\ gr}\ x\ 100 = 40.96\%$$

ANEXO 7: PRUEBA DE NORMALIDAD PARA VARIABLE RENDIMIENTO

H0 = La población está distribuida normalmente
H1 = La población no está distribuida normalmente

Si el p-valor es menor a alfa (p<0.05), entonces la hipótesis nula es rechazada. Si el p-valor es mayor a alfa (p>0.05), se acepta hipótesis nula, y se concluye que los datos siguen una distribución normal.

Se ingresó los datos al SPSS 20, y genero un p-valor = 0.183, por lo que se concluye que los datos siguen una distribución normal.

Pruebas de normalidad

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Rendimiento en %	,886	9	,183

ANEXO 8: PRUEBA DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS PARA VARIABLE RENDIMIENTO

H0 = Varianzas poblacionales son iguales
H1 = Varianzas poblacionales no son iguales

Si el p-valor es menor a alfa (p<0.05), la hipótesis nula de igualdad de varianzas se rechaza y se concluye que hay una diferencia entre las variaciones en la población. Pero si el p-valor es mayor a alfa (p>0.05), se acepta la hipótesis nula y se acepta que las varianzas son iguales.
Entonces se ingresó los datos al SPSS 20, y genero un p-valor = 0.145, por lo que se concluye que sus varianzas son homogéneas.

Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error

Variable dependiente: Rendimiento en %

F	df1	df2	Sig.
2,707	2	6	,145

ANEXO 9: PRUEBA DE TUKEY PARA COMPARACIÓN DE MÉTODOS RESPECTO A LA VARIABLE RENDIMIENTO

H0 = Las medias son iguales

H1 = Las medias no son iguales

Si el p-valor es menor a alfa (p<0.05), entonces la hipótesis nula es rechazada. Si el p-valor es mayor a alfa (p>0.05), se acepta la hipótesis nula y se concluye que los datos no tienen diferencias.

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Rendimiento en %

HSD Tukey

(I) Métodos de Extracción	(J) Métodos de Extracción	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
Termobatido	Prensado	-7,58000	1,59567	,388	-23,9094	8,7494
	Expeller	-26,29667*	1,59567	,006	-42,6261	-9,9672
Prensado	Termobatido	7,58000	1,59567	,388	-8,7494	23,9094
	Expeller	-18,71667*	1,59567	,029	-35,0461	-2,3872
Expeller	Termobatido	26,29667*	1,59567	,006	9,9672	42,6261
	Prensado	18,71667*	1,59567	,029	2,3872	35,0461

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

ANEXO 10: PRUEBA DE NORMALIDAD PARA VARIABLE COMPOSICIÓN DE ÁCIDOS GRASOS.

H0 = La población está distribuida normalmente
H1 = La población no está distribuida normalmente

Si el p-valor es menor a alfa (p<0.05), entonces la hipótesis nula es rechazada. Si el p-valor es mayor a alfa (p>0.05), se acepta la hipótesis nula y se concluye que los datos siguen una distribución normal.

Pruebas de normalidad

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Pvalue=Sig.
Ácido Palmitoleico/omega 7	,639	9	,000
Ácido Esteárico	,813	9	,029
Ácido Oleico/omega 9	,631	9	,000
Ácido Vaccenico	,693	9	,001
Ácido Linoléico/omega 6	,765	9	,008
Ácido alfa-Linolénico/omega 3	,729	9	,003
Ácido Eicosaenoico	,810	9	,026

Entonces se ingresó los datos al SPSS 20, y se generaron los p-valor, siendo todos menores a 0.05, por lo que se concluye que no cumple uno de los supuestos, por lo que los datos no siguen una distribución normal, y por ende no se podría realizar una prueba paramétrica.

ANEXO 11: COMPARACIONES MULTIPLES DE LA VARIABLE COMPOSICION DE LOS ÁCIDOS GRASOS

Tratamientos

Termobatido: 1

Prensado: 2

Expeller: 3

Si abs(Ri/ni-Rj/nj) > ALS(K-W) se rechaza hipótesis nula (hay diferencia significativa)

Ácido Palmítico

Tratamientos	abs(Ri/ni-Rj/nj)	sd	ALS(K-W) =2,447*Sd	Significación
1 y 2	6	0,816	2,00	*
1 y 3	3	0,816	2,00	*
2 y 3	3	0,816	2,00	*

Nota:

* Existe diferencia significativa

n.s. No existe diferencia significativa

Existen diferencias significativas entre los métodos de extracción con respecto al ácido palmítico.

Ácido Palmitoleico/omega 7

Tratamientos	abs(Ri/ni-Rj/nj)	sd	ALS(K-W) =2,447*Sd	significación
1 y 2	3	0,782	1,91	*
1 y 3	6	0,782	1,91	*
2 y 3	3	0,782	1,91	*

Nota:

* Existe diferencia significativa

n.s. No existe diferencia significativa

Existen diferencias significativas entre los métodos de extracción con respecto al Ácido Palmitoleico/omega 7.

Ácido Esteárico

Tratamientos	abs(Ri/ni-Rj/nj)	sd	ALS(K-W) =2,447*Sd	significación
1 y 2	3,83	1,262	3,09	*
1 y 3	5,17	1,262	3,09	*
2 y 3	1,33	1,262	3,09	ns

Nota:

* Existe diferencia significativa

n.s. No existe diferencia significativa

Existen diferencias significativas entre los métodos de extracción 1 y 2; y los métodos 1 y 3 al analizar. Pero no existen diferencias significativas entre los métodos de extracción 2 y 3 respecto al Ácido Estearico.

Ácido Oleico/omega 9

Tratamientos	abs(Ri/ni-Rj/nj)	sd	ALS(K-W) =2,447*Sd	significación
1 y 2	3,00	0,782	1,91	*
1 y 3	6,00	0,782	1,91	*
2 y 3	3,00	0,782	1,91	*

Nota:

* Existe diferencia significativa

n.s. No existe diferencia significativa

Existen diferencias significativas entre los métodos de extracción con respecto al Ácido Oleico/omega 9.

Ácido Vaccenico

Tratamientos	abs(Ri/ni-Rj/nj)	sd	ALS(K-W) =2,447*Sd	significación
1 y 2	3,00	0,745	1,82	*
1 y 3	6,00	0,745	1,82	*
2 y 3	3,00	0,745	1,82	*

Nota:

* Existe diferencia significativa

n.s. No existe diferencia significativa

Existen diferencias significativas entre los métodos de extracción con respecto al Ácido Vaccenico.

Ácido Linoléico/omega 6

Tratamientos	abs(Ri/ni-Rj/nj)	sd	ALS(K-W) =2,447*Sd	significación
1 y 2	3,00	0,816	2,00	*
1 y 3	6,00	0,816	2,00	*
2 y 3	3,00	0,816	2,00	*

Nota:

* Existe diferencia significativa

n.s. No existe diferencia significativa

Existen diferencias significativas entre los métodos de extracción con respecto al Ácido Linoléico/omega 6.

Ácido alfa-Linolenico/omega 3

Tratamientos	abs(Ri/ni-Rj/nj)	sd	ALS(K-W) =2,447*Sd	significación
1 y 2	6,00	0,782	1,91	*
1 y 3	3,00	0,782	1,91	*
2 y 3	3,00	0,782	1,91	*

Nota:

* Existe diferencia significativa

n.s. No existe diferencia significativa

Existen diferencias significativas entre los métodos de extracción con respecto al Ácido alfa-Linolenico/omega 3.

Ácido Eicosaenoico.

Tratamientos	abs(Ri/ni-Rj/nj)	sd	ALS(K-W) =2,447*Sd	significación
1 y 2	3,83	1,743	4,26	n.s
1 y 3	2,17	1,743	4,26	n.s
2 y 3	1,67	1,743	4,26	n.s

Nota:

* Existe diferencia significativa

n.s. No existe diferencia significativa

No existen diferencias significativas entre los métodos de extracción con respecto al Ácido Eicosaenoico.

.

ANEXO 12: PRUEBA DE NORMALIDAD PARA VARIABLE CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS.

H0 = La población está distribuida normalmente

H1 = La población no está distribuida normalmente

Si el p-valor es menor a alfa (p<0.05), entonces se acepta H1. Si el p-valor es mayor a alfa (p>0.05), se acepta H0 y se concluye que los datos siguen una distribución normal.

Pruebas de normalidad

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Índice de Acidez	,783	9	,013
Índice de Peróxido	,665	9	,001
Densidad Específica	,860	9	,095
Índice de Refracción	,823	9	,037
Índice de Saponificación	,796	9	,018
Índice de Yodo	,889	9	,196
Humedad	,767	9	,008

Entonces se ingresó los datos al SPSS 20, y se determinó que la densidad y el Índice de Yodo tienen un p-valor > 0.05, por lo que se concluye que solo estas dos características siguen una distribución normal. Por lo tanto solo a estos dos análisis se les aplicó la prueba de Levene.

ANEXO 13: PRUEBA DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS PARA VARIABLE CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS

H0 = Las medias son iguales

H1 = Las medias no son iguales

Si el p-valor es menor a alfa (p<0.05), entonces la hipótesis nula es rechazada. Si el p-valor es mayor a alfa (p>0.05), se acepta la hipótesis nula y se concluye que los datos no tienen diferencias significativas.

Entonces se ingresó los datos al SPSS 20, y genero un p-valor > 0.05, por lo que se concluye que sus varianzas son homogéneas.

Prueba de homogeneidad de varianzas

	Estadístico de Levene	df1	df2	Sig.
Densidad Específica	,299	2	6	,752
Índice de Yodo	1,949	2	6	,223

ANEXO 14: COMPARACIONES MULTIPLES DE LA VARIABLE CARACTERISTICAS FISICOQUIMICAS

Tratamientos

Termobatido: 1

Prensado: 2

Expeller: 3

Si abs(Ri/ni-Rj/nj) > ALS(K-W) se rechaza hipótesis nula (hay diferencia significativa)

Índice de Acidez

Tratamientos	abs(Ri/ni-Rj/nj)	sd	ALS(K-W) =2,447*Sd	significación
1 y 2	3	0,816	2,00	*
1 y 3	3	0,816	2,00	*
2 y 3	6	0,816	2,00	*

Nota:

* Existe diferencia significativa

n.s. No existe diferencia significativa

Existen diferencias significativas entre los métodos de extracción con respecto al índice de acidez.

Índice de Peróxido

Tratamientos	abs(Ri/ni-Rj/nj)	sd	ALS(K-W) =2,447*Sd	significación
1 y 2	3	0,816	2,00	*
1 y 3	3	0,816	2,00	*
2 y 3	6	0,816	2,00	*

Nota:

* Existe diferencia significativa

n.s. No existe diferencia significativa

Existen diferencias significativas entre los métodos de extracción con respecto al índice de peróxido

Índice de Refracción

Tratamientos	abs(Ri/ni-Rj/nj)	sd	ALS(K-W) =2,447*Sd	significación
1 y 2	3,00	0,000	0,00	*
1 y 3	3,00	0,000	0,00	*
2 y 3	6,00	0,000	0,00	*

Nota:

* Existe diferencia significativa

n.s. No existe diferencia significativa

Existen diferencias significativas entre los métodos de extracción con respecto al Índice de refracción.

Índice de Saponificación

Tratamientos	abs(Ri/ni-Rj/nj)	sd	ALS(K-W) =2,447*Sd	significación
1 y 2	4,33	1,466	3,59	*
1 y 3	4,67	1,466	3,59	*
2 y 3	0,33	1,466	3,59	n.s

Nota:

* Existe diferencia significativa

n.s. No existe diferencia significativa

Existen diferencias significativas entre los métodos de extracción 1 y 2, 1 y 3 con respecto al Índice de refracción. Y no existen diferencias significativas entre los métodos de extracción 2 y 3.

Humedad

Tratamientos	abs(Ri/ni-Rj/nj)	sd	ALS(K-W) =2,447*Sd	significación
1 y 2	5,33	1,305	3,19	*
1 y 3	3,67	1,305	3,19	*
2 y 3	1,67	1,305	3,19	n.s

Nota:

* Existe diferencia significativa

n.s. No existe diferencia significativa

Existen diferencias significativas entre los métodos de extracción 1 y 2, 1 y 3 con respecto al Índice de refracción. Y no existen diferencias significativas entre los métodos de extracción 2 y 3.