



Una Institución Adventista

Extracción y caracterización de aceite de semillas de zapallo de la variedad
Macre (*Cucurbita maxima*).

Haydeé Hayqui Betancurt

Juliaca, diciembre de 2016.

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



Una Institución Adventista

Extracción y caracterización de aceite de semillas de zapallo de la
variedad Macre (*Cucurbita maxima*).

Por:

Haydeé Hayqui Betancurt

Asesor:

Dr. Augusto Pumacahua Ramos

Juliaca, diciembre de 2016.

Estilo APA

Hayqui, H. (2016). Extracción y caracterización de aceite de semillas de zapallo de la variedad Macre (*Cucurbita maxima*). (Tesis pregrado). Universidad Peruana Unión, Juliaca.

Estilo Vancouver

Hayqui, H. Extracción y caracterización de aceite de semillas de zapallo de la variedad Macre (*Cucurbita maxima*). (Tesis pregrado). Juliaca: Universidad Peruana Unión., 2016.

Artículo publicado:

Sustitución parcial de la harina de trigo (*Triticum aestivum*) por las harinas de quinua (*Chenopodium quinoa* Wild); cañihua (*Chenopodium pallidicaule*); y chía (*Salvia hispanica* L.) en la elaboración de pan Chuta. *Revista de Investigación Universitaria* 4.1 (2016).

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

TIA	Hayqui Betancurt, Haydeé
2	Extracción y caracterización de aceite de las semillas de zapallo de la variedad Macre
H28	(<i>Curcubita máxima</i>) / Autora: Haydeé Hayqui Betancurt; Asesor: Dr. Augusto Pumacahua
2016	Ramos. -- Juliaca, 2016.
	100 páginas: anexos, figuras, tablas
	Tesis (Licenciatura) -- Universidad Peruana Unión. Facultad de Ingeniería y
	Arquitectura. EP. de Ingeniería de Alimentos, 2016.
	Incluye referencias y resumen.
	Campo del conocimiento: Ingeniería de Alimentos.
	1. Semilla. 2. Zapallo. 3. Aceite. 4. Propiedades físicas.

CDD 664.369

**DECLARACIÓN JURADA
DE AUTORÍA DEL INFORME DE TESIS**

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

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: "EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE ACEITE DE LAS SEMILLAS DE ZAPALLO DE LA VARIEDAD MACRE (*Curcubita maxima*)" constituye la memoria que presenta la Bachiller Haydeé Hayqui Betancurt para aspirar al título de Profesional de Ingeniero de Alimentos ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

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

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



Dr. Augusto Pumacahua Ramos

Extracción y caracterización de aceite de las semillas de zapallo de la
variedad Macre (*Curcubita maxima*)

TESIS

Presentada para optar el título profesional de Ingeniero de Alimentos

JURADO CALIFICADOR



Ing. Nancy Curasi Rafael
Presidente



Ing. Enrique Mamani Cuela
Secretario



Ing. Lidelza Rebeca Azaña Vilca
Vocal



Ing. Cesar Augusto Condori Mamani
Vocal



Dr. Augusto Pumacahua Ramos
Asesor

Juliaca, 21 de diciembre de 2016

DEDICATORIA

A Dios que supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mi padre por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional sin importar nuestra diferencia de opiniones. Me has dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos.

A mi madre, a pesar de la distancia, siento que estás conmigo siempre y aunque nos faltaron muchas cosas por vivir juntos, sé que este momento hubiera sido tan especial para ti como lo es para mí.

A mi novio Moisés le agradezco de la manera más sincera, e infinitamente por su apoyo incondicional y por darme ánimo para seguir adelante en los momentos más difíciles de la ejecución de este trabajo.

A mi tía Eulalia B. que siempre me ha apoyado guiado y cuidado con mucho amor. Gracias de corazón por todas las oportunidades que me ha brindado.

AGRADECIMIENTO

Mi gratitud, principalmente está dirigida al Dios Todopoderoso por haberme dado la existencia y valor para culminar esta etapa de vida.

A mi padre, que siempre lo he sentido en mi vida y sé que está orgulloso de la persona en la cual me he convertido. A madre aun estando lejos lo llevo siempre en mi corazón. A mi tío por su apoyo incondicional, y por demostrarme la gran fe que tiene en mí. A mi hermanito. Por darme ánimos para seguir adelante y hacer realidad mi tesis de igual manera a mi hermana.

A mi asesor Prof. Dr. Augusto Pumacahua Ramos por su generosidad al brindarme la oportunidad de recurrir a su capacidad y experiencia científica, por su tiempo, paciencia y por permitirnos trabajar en un marco de confianza y libertad fundamentales para la realización de este trabajo y para nuestra formación profesional.

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

A mis docentes por su esfuerzo y dedicación, quienes con sus conocimientos, sus experiencias, sus paciencias y sus motivaciones han logrado en mí que pueda terminar mis estudios con éxito. Agradezco especialmente a los siguientes docentes: Ing. Guido Anglas Hurtado, Mg. Daniel Sumire Qqenta, Ing. Enrique Mamani Cuela, Ing. Ana M. Torres Jiménez, Ing. Nancy Curasi Rafael, Ing. Lidelza Rebeca Azaña Vilca, Ing. Carmen Rosa Apaza Humerez, Ing. Alex Danny Chambi Rodríguez y otros, de la escuela profesional de Ingeniería de Alimentos y Ing. Alex Ticono de la escuela profesional de Ingeniería Ambiental.

A mis compañeros y amigos que saben que son importantes para mí y que de una u otra manera estuvieron a mi lado, que me enseñaron y dieron ánimos. Gracias a todos que Dios les bendiga a cada uno de ustedes.

Les agradezco de todo corazón.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT	xvii
CAPÍTULO I.....	18
INTRODUCCIÓN.....	18
1.1 Objetivo general	19
1.2 Objetivos específicos.....	19
CAPÍTULO II.....	20
MARCO TEÓRICO	20
2.1 Antecedentes	20
2.2 Zapallo (<i>Cucurbita maxima</i>).....	21
2.2.1 Clasificación taxonómica	22
2.2.2 Información nutricional del fruto de zapallo.....	23
2.3 Semillas de zapallo.....	24
2.3.1 Información nutricional	25
2.3.2 Torta de semilla de zapallo.....	27
2.3.2.1 Usos y aplicaciones de la torta de semilla de zapallo	27
2.4 Secado.....	28
2.5 La energía del sol.....	28
2.5.1 Proceso de secado solar natural de semillas.....	28
2.5.2 Secado con el sol	29
2.5.3 Cinética de secado solar	29
2.6 Propiedades físicas de la semilla de zapallo.....	29
2.6.1 Humedad.....	30
2.6.2 Tamaño y forma	30
2.6.3 Densidad.....	30
2.6.4 Densidad aparente	31
2.6.5 Porosidad	31
2.6.6 Volumen de una semilla	31

2.7	Aceite de origen vegetal	31
2.7.1	Aceite de semilla de zapallo	31
2.7.2	Análisis en aceites.....	32
2.7.2.1	Propiedades físicas del aceite	32
2.7.2.2	Propiedades químicas	34
2.7.3	Técnicas de extracción de aceite.....	37
2.7.3.1	Extracción con solventes.....	37
2.7.3.2	Centrifugación	38
2.7.3.3	Extracción por prensado en frío	39
2.7.3.4	Extracción con fluidos supercríticos.....	39
CAPÍTULO III.....		41
MATERIALES Y MÉTODOS.....		41
3.1	Lugar de investigación.....	41
3.2	Materiales y equipos.....	41
3.2.1	Materia prima	41
3.2.2	Materiales.....	41
3.2.3	Reactivos	42
3.2.4	Equipos	42
3.3	Metodología experimental	42
3.3.1	Determinación de humedad.....	42
3.3.2	Determinación de ceniza	43
3.3.3	Determinación de tamaño y forma de semillas húmeda y seca	43
3.3.3.1	Diámetro medio aritmético (D_a).....	43
3.3.3.2	Diámetro medio geométrico (D_g) y esfericidad (ϕ)	44
3.3.3.3	Área superficial específica.....	44
3.3.3.4	Relación de aspecto	44
3.3.4	Determinación de propiedades gravimétricas	44
3.3.4.1	Densidad real	44
3.3.4.2	Densidad aparente	45
3.3.4.3	Porosidad (ϵ)	45
3.3.4.4	Volumen	46
3.3.5	Cinética del secado solar natural.....	46
3.3.6	Rendimiento de almendra de las semillas de zapallo	47

3.3.7	Procedimiento experimental de extracción de aceite	48
3.3.7.1	Descripción del proceso	49
3.3.8	Caracterización del aceite de zapallo	50
3.3.8.1	Determinación de las propiedades físicas	50
3.3.8.2	Determinación de los índices de calidad de aceite	52
3.3.8.3	Determinación de propiedades fisicoquímicas	52
CAPÍTULO IV		54
RESULTADOS Y DISCUSIONES		54
4.1	Semilla de zapallo	54
4.1.1	Contenido de agua	54
4.1.2	Cenizas	55
4.2	Diámetros	55
4.2.1	Diámetro medio aritmético, geométrico, área superficial específica y relación aspecto	58
4.2.2	Propiedades gravimétricas	59
4.3	Cinética del secado solar natural	60
4.4	Rendimiento de almendras	61
4.4.1	Aceite extraído de las almendras de zapallo Macre	61
4.5	Caracterización del aceite de zapallo	62
4.5.1	Propiedades físicos-químicas de aceite	62
4.6	Viscosidad de aceite	67
CAPÍTULO V		69
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		69
5.1	Conclusiones	69
5.2	Recomendaciones	69
Referencias		70
Anexos		81

Índice de Tabla

	Pág.
Tabla 1. Composición química del fruto de zapallo en 100 g.	23
Tabla 2. Composición química de las semillas y almendras de zapallo en 100 g.....	26
Tabla 3. Composición de aminoácidos de las semillas de zapallo en 100g.....	26
Tabla 4. Composición química (%) de la torta de semilla de zapallo.....	27
Tabla 5. Composición química de aceites.....	37
Tabla 6. Ventajas y desventajas de los métodos de extracción de aceites	40
Tabla 7. Humedad de las semillas de zapallo Macre	54
Tabla 8. Diámetros de las semillas fresca y seca de semillas de zapallo Macre	57
Tabla 9. Dimensiones axiales de semillas frescas y secas de zapallo Macre	58
Tabla 10. Propiedades gravimétricas de semillas secas de zapallo	59
Tabla 11. Determinaciones físicos-químicas de aceite de las almendras de zapallo Macre .	63
Tabla 12. Determinaciones físicos-químicas de aceite de las almendras de zapallo Macre .	64
Tabla 13. Viscosidad de aceite de semillas de zapallo Macre.....	67
Tabla 14. Comparación de viscosidad de aceite de zapallo Macre con otras semillas	67
Tabla 15. Relación entre el porcentaje de ácidos grasos libres y la concentración de la solución titulante	84

Índice de Figuras

	Pág.
Figura 1. Fruto de zapallo (Cucurbita maxima)	22
Figura 2. Semilla de zapallo Macre con cáscara	24
Figura 3. Semillas descascaradas o almendras de zapallo Macre	24
Figura 4. Vista de los tres diámetros de una semilla de zapallo, A.) (Vista frontal vertical), B.) (Vista de frontal horizontal), C.) (Vista de perfil).....	43
Figura 5. Flujograma de extracción de aceite de las almendras de zapallo Macre con solvente.	48
Figura 6. Longitud de semilla seca de zapallo Macre.....	56
Figura 7. Ancho de semilla seca de zapallo Macre.	56
Figura 8. Espesor de semilla seca de zapallo Macre.	56
Figura 9. Puntos experimentales de pérdida de agua de las semillas de zapallo y curva de ajuste por el modelo Page, así como las medidas de error de validación del modelo.	60
Figura 10. Aceite obtenido de almendras de zapallo Macre.	62

Índice de Anexos

	Pág.
Anexo 1. Metodología de determinación de humedad	82
Anexo 2. Metodología de determinación de ceniza.....	83
Anexo 3. Método de número de acidez (Método oficial AOCS Ca5a-40)	84
Anexo 4. Método de índice de peróxidos de los aceites y grasas	86
Anexo 5. Método de índice de yodo.....	87
Anexo 6. Método de índice de saponificación	91
Anexo 7. Fruto de zapallo Macre de 15 Kg.	92
Anexo 8. Secado de semilla de zapallo Macre.....	93
Anexo 9. Humedad de la semilla fresca y seca y, almendra fresca y seca de zapallo Macre	94
Anexo 10. Dimensiones axiales de las semillas frescas de zapallo Macre.....	95
Anexo 11. Dimensiones axiales de las semillas secas de zapallo Macre	95
Anexo 12. Densidad real y aparente de semilla de zapallo Macre	97
Anexo 13. Determinación de humedad y ceniza de zapallo Macre	98
Anexo 14. Extracción de aceite con hexano de las semillas secas de zapallo	99
Anexo 15. Determinaciones físicos químicas de aceite de almendras de zapallo Macre ...	100

ÍNDICE DE ECUACIÓN

Pág.

Ecuación 1 - Diámetro medio aritmético.....	42
Ecuación 2 - Diámetro medio geométrico	43
Ecuación 3 - Esfericidad	43
Ecuación 4 - Área superficial específica.....	43
Ecuación 5 - Relación aspecto.....	43
Ecuación 6 - Determinación de densidad real de semilla	44
Ecuación 7 - Determinación de densidad aparente de semilla	44
Ecuación 8 - Determinación de porosidad de semilla.....	45
Ecuación 9 - Determinación de volumen de semilla	45
Ecuación 10 - Modelo matemático empírico y exponencial de Page.....	45
Ecuación 11 - Raíz cuadrática media del error.....	46
Ecuación 12 - Media aritmética porcentual del error	46
Ecuación 13 - Rendimiento de porcentaje de cáscara	46
Ecuación 14 - Rendimiento de porcentaje de almendra de semilla de zapallo	47
Ecuación 15 - Determinación de densidad real de aceite.....	49
Ecuación 16 - Determinación de gravedad específica del aceite	50
Ecuación 17 - Determinación de peso específico de aceite	50
Ecuación 18 - Determinación de volumen específico de aceite.....	50
Ecuación 19 - Determinación de viscosidad de aceite por caída de bola	52
Ecuación 20 - Determinación de viscosidad cinemática de aceite.....	52

SÍMBOLOS USADOS

Símbolos	Significados
ADN	: Ácido desoxirribonucleico
FFAs	: ácidos grasos libres
ARN	: Ácido ribonucleico
A	: Área superficial específica
IBr	: Bromuro de yodo
ICI	: Cloruro de yodo
CG	: Cromatografía de gases
C	: Cucurbita
ρ_b	: Densidad aparente
ρ	: Densidad real
A	: Diámetro mayor
B	: Diámetro medio
C	: Diámetro menor
D_a	: Diámetro medio aritmético
D_g	: Diámetro medio geométrico
\emptyset	: Esfericidad
$^{\circ}\text{C}$: Grados Celsius
g	: Gramos
h	: Hora
H	: Humedad
IA	: Índice de acidez
IP	: Índice de peróxido
IY	: Índice de Yodo
Kcal	: Kilo calorías
L	: Longitud
<i>Mrl</i>	: Masa de recipiente lleno
<i>Mrv</i>	: Masa de recipiente vacío
μg	: Microgramos
mEq	: miliequivalentes
mg	: Miligramos

ml	: Mililitro
min	: Minutos
Mm	: Masa de la muestra
P_f	: Peso final
P_i	: Peso inicial
%	: Porcentaje
E	: Porosidad
R	: Relación aspecto
rpm	: Revolución por minutos
Θ	: Tiempo
v	: Volumen
V	: Velocidad
V_r	: Volumen de recipiente

RESUMEN

Las semillas del zapallo normalmente son descartadas como residuos orgánicos antes de su consumo. El aceite de estas semillas contiene ácidos grasos poliinsaturados y pueden ser aprovechadas en lugar de ser desechadas. El objetivo de este trabajo de investigación fue caracterizar las semillas y el aceite del zapallo variedad Macre para un futuro proceso de industrialización. Se extrajeron semillas de zapallos maduros y comercializados en el mercado central de la ciudad de Juliaca. Se determinó las propiedades físicas de la semilla como, humedad, cenizas, tamaño y forma, propiedades gravimétricas y masa unitaria mediante métodos estandarizados. Se estudió la cinética del secado solar de las semillas y ajustado al modelo empírico de Page. El aceite fue extraído previa separación de las almendras de forma manual, mediante hexano en la proporción de 1:2 (almendra molidas: hexano). Los resultados mostraron que de aproximadamente 1 kg de semillas secas se extrae 494 kg de almendras. Las semillas húmedas tuvieron 66.6 % de humedad, 5.37 % de ceniza, 0.937 ± 0.11 cm de diámetro medio geométrico, 0.393 ± 0.064 de esfericidad, 414.6 ± 27.7 kg/m³ de densidad real, 273.7 ± 4.8 kg/m³ de densidad aparente, porosidad de 33.8 % y masa unitaria de 0.51 ± 0.01 gr. Después del secado y extracción de aceite, se obtuvo un rendimiento de 17.2 %. Este resultado nos indica que la semilla de zapallo tiene un alto porcentaje de aceite por lo tanto sería una buena alternativa para su industrialización.

Palabras claves: Semilla, zapallo, caracterización, propiedades físicas, aceite.

ABSTRACT

The pumpkin seeds are usually discarded as waste organic before consumption. The oil of these seeds contain polyunsaturated fatty acids and can be exploited instead of being scrapped. The objective of this research work was characterized the seeds and the pumpkin oil variety Macre for a future process industrialization. Seeds were extracted of mature pumpkins and they were marketed in central market of Juliaca city. It was determined the physical properties of seed as, humidity, ashes, size and shape, gravimetric properties and unitary mass using standardized methods. It was studied the kinetics of solar drying of the seeds and adjusted to empirical model of Page. The oil was extracted previous almonds separation manually, thought hexane in the proportion 1:2 (almond ground: hexane). The results showed that approximately 1 kg of dried seeds extracted 494 kg of almonds. Damp seeds had 66.6 % humidity, 5.37 % of ash, 0.937 ± 0.11 centimeters of geometric mean diameter, 0.393 ± 0.064 sphericity, $414.6 \pm 27.7 \text{ kg/m}^3$ real density, $273.7 \pm 4.8 \text{ Kg/m}^3$ apparent density, porosity 33.8% and mass unitary 0.51 ± 0.01 gr. After drying and oil extraction, was obtained an output 17.2 %. This result indicates that the pumpkin seed has a high percentage of oil would therefore be a good alternative for their industrialization.

Key words: Seed, pumpkin, characterization, physical properties, oil.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En nuestro país existe una diversidad de frutas, verduras, hortalizas, etc., que tienen semillas que son desechadas causando contaminación orgánica. Se sabe que las semillas poseen ácidos grasos muy escasos en la alimentación. El fruto de zapallo tiene abundante semilla, no existiendo alternativas de uso son destinados al aterro sanitario, otros también lo consideran como desechos agroindustriales y desechado. La conversión de estos residuos agrícolas en los ingredientes de valor agregado es probable que sea un gran paso hacia los esfuerzos globales de sostenibilidad; por lo tanto, merece más investigación (Patel, 2013).

Por lo tanto, una buena solución a este problema sería la extracción de aceite de semilla de zapallo (*Cucurbita maxima*) que contiene en su interior almendras que son altamente oleaginosas, es decir, se puede obtener aceite vegetal a partir de un procedimiento de extracción adecuado, además así podríamos aprovechar el posible valor agregado que se podría dar de la semilla.

La investigación en alimentos en este ciclo se ha vuelto muy importante, sobre todo en el desarrollo de nuevos productos, y más atención tiene los que surgen del aprovechamiento de “residuos” de materias primas, esto se da por lo general en las industrias procesadoras de vegetales y frutas.

El proceso de extracción requiere de conocimientos de las propiedades físicas y físico químicas de las semillas y sus ácidos grasos. Las propiedades físicas permiten dimensionar los equipos de almacenamiento, transporte y procesamiento de las semillas. Requiere saber el porcentaje de almendras que las semillas poseen y el contenido de ácidos grasos. También es necesario caracterizar este aceite para incentivar el consumo e industrialización.

Según Ortiz, Pasos, Rivas, Valdés y Vallejo (2009) las semillas de zapallo contiene los siguientes ácidos grasos: Palmítico C16:0 (25.11 – 36.94 %); esteárico C18 (10.79 – 13.37%); linoleico C18:2 (48.23 – 62.41%); linolénico C18:3 (0.66%) y araquídico C20:0 (0.53 – 0.78%). Además, el aceite de semilla de zapallo contiene 55.28% ácido graso insaturados, con una

cantidad apreciable de linoleico (55.11%) y la torta de semilla contiene $51.11 \pm 0.95\%$ de proteína.

Las semillas de estos frutos descartados como residuos vegetales contienen importantes cantidades de compuestos potencialmente nutritivos. La recuperación de ellos es ahora una elegante vía para la reutilización de diversos grupos de subproductos y en última década el interés en alternativas de uso ha aumentado drásticamente.

1.1 Objetivo general

Extraer y caracterizar aceite de semillas de zapallo de la variedad Macre (*Cucurbita maxima*).

1.2 Objetivos específicos

- ✓ Determinar las propiedades físicas de semillas húmedas y secas de zapallo Macre.
- ✓ Determinar la cinética de secado solar natural mediante el modelo empírico de Page.
- ✓ Extraer las almendras y determinar el rendimiento en fresco y seco de semillas de zapallo Macre.
- ✓ Extraer el aceite de las almendras de semillas de zapallo Macre.
- ✓ Analizar las características físicas, químicas del aceite obtenido de semilla de zapallo Macre.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Ortiz, Pasos, Rivas, Valdés y Vallejo, 2009, extrajeron y caracterizaron aceite de semilla de zapallo por el método solvente (éter de petróleo) a reflujo en un extractor Soxhlet a 180°C durante ocho horas. Encontraron que el extracto etéreo (EE) fue estable químicamente, con propiedades organolépticas óptimas de aceite comestibles, no presentaba característica de rancidez; aceite semi secante (122.90 mg/g de KOH); índice de acidez 3.25 mg/g de KOH; poliinsaturado y sin formación de cristales. Además determinaron que el aceite de semilla de zapallo contiene 55.28% ácido graso insaturados con una cantidad apreciable de linoleico (55.11%). La torta de semilla presentó proteína (51.11±0.95%) y energía (4604.66±134.08 Kcal/kg).

Ferías y Matos, (2009) estudiaron la influencia de la temperatura y tamaño de partícula en el proceso de extracción de aceite de semilla de uva (*Vitis vinífera*). La humedad de las semillas fue reducida hasta 10.4%, trituradas hasta obtener partículas de 2.6mm y 0.8mm de diámetro. La extracción fue mediante hexano bajo el sistema de percolación, en una relación peso volumen de 1.20. Obtuvieron mayor cantidad de aceite a mayor temperatura y menor tamaño de partícula.

En 2010 Martínez realizó, extracción y caracterización de aceite de nuez (*Juglans regia* L.): Influencia del cultivar y de factores tecnológico sobre su composición y estabilidad oxidativa. Se realizaron ensayos de extracción del aceite mediante disolventes (n-hexano, CO₂ en estado supercrítico) y prensa de tornillo helicoidal (a escala piloto de industrial). Esta última Metodológica resulta asequible para la obtención de altos rendimientos de aceite, de buena calidad química. No obstante, por su elevado nivel de insaturación, el aceite es altamente susceptible al deterioro termo y foto- oxidativo. La adición de antioxidantes constituye alternativas tecnológicas para la conservación del aceite.

En 2002 Trevejo y Maury realizaron: Extracción y caracterización del aceite de paraqueiba serícea *Tulasne* (UMARI). El aceite bruto se obtuvo por extracción por solvente, según el método mixto Inmersión percolación. La clasificación se hizo por color del epicarpio,

luego se procedió al lavado. La preparación de la materia prima se efectuó separando el epicarpio, mesocarpio, el endocarpio y la almendra. El secado se hizo a 70°C y tiempos de 13, 12 y 10 horas, las que posteriormente fueron sometidas a extracción en el aparato Soxhlet. La extracción se hizo utilizando hexano como disolvente. Los rendimientos de aceite expresados en base a 100 kg del fruto fue 14.7% y 15.8% de umari a marillo y negro, respectivamente, sin considerar el aceite de la almendra.

2.2 Zapallo (*Cucurbita maxima*)

En el país existe una costumbre arraigada de consumo de zapallo, que data de la época preincaica, entre 4200 y 250

0 a. C., según los restos hallados en el departamento de Lima. El zapallo Macre es una hortaliza y es considerado uno de los alimentos más conocidos por las amas de casa peruanas, pues es el ingrediente principal de varios platos típicos (Merino, & Otiniano, 2014).

El género *Cucurbita* es bien conocido por sus plantas domesticadas, las cuales en los países de habla hispana son comúnmente conocidas con nombres como "calabazas", "zapallos" o mediante numerosos nombres en lenguas indígenas, mientras que en los países anglosajones se les denomina "squashes", "pumpkins" o "gourds". El uso más importante al que se han destinado las plantas domesticadas de *Cucurbita* es el alimenticio, no solo en Latinoamérica, sino también en muchas otras regiones del mundo (Lira, Eguiarte y Montes, 2009).

Al igual que los grupos *Argyrosperma* y *Pepo*, los miembros del Grupo Máxima son plantas anuales. Todos los tipos de evidencias existentes indican claramente que el proceso de domesticación en este grupo ocurrió en América del Sur. Las crónicas históricas, por ejemplo, señalan que durante la época de la conquista del Río de La Plata, la subespecie máxima fue uno de los principales cultivos de los Guaraníes del noreste de Argentina y Paraguay, además de que se sabe que ya en ese entonces, como ahora, existían numerosas variantes cultivándose en los valles andinos (Lira, *et al.*, 2009).



Figura 1. Fruto de zapallo (*Cucurbita maxima*)

Fuente: González y Yanez, 2012.

2.2.1 Clasificación taxonómica

Según Espinosa (2012) y Castro (2013), mencionan que la clasificación taxonómica de zapallo se clasifica de la siguiente manera:

Reino	: Vegetal
Sub-reino	: Fanerogamas
División	: Angiospermas
Clase	: Dicotiledonea
Subclase	: Metaclamidias
Orden	: Curcubitales
Familia	: Cucurbitacea
Género	: Cucurbita
Especie	: Curcubita maxima
Nombre científico	: Cucurbita máxima
Nombre común	: Zapallo de pachía

2.2.2 Información nutricional del fruto de zapallo

En definitiva, el hombre para mantener la salud necesita ingerir energía; y para vivir, para llevar a cabo todas sus funciones, necesita un aporte continuo de energía. Todos los alimentos son potenciales fuentes de energía, pero en cantidades variables según su diferente contenido en macronutrientes: Hidratos de carbono, grasas y proteínas. Por otro lado, los minerales no suministran energía al organismo pero tienen importantes funciones reguladoras (Moreiras, Carbajal, Cabrera, & Cuadrado, 2013), y se detalla la composición química del fruto de zapallo en la Tabla 1.

Tabla 1.
Composición química del fruto de zapallo en 100 g.

Componentes	Unidad	^a Zapallo	^b Zapallo macre	^c Zapallo loche
		<i>Cucurbita máxima</i>	<i>Cucurbita maxima Duch</i>	<i>C. maxima subsp. Máxima</i>
Energía	Cal	21	26	58
Agua	g	92	92	79.8
Hidratos de carbono	g	2.2	6.3	16.2
Fibra	g	0.5	1.0	2.3
Proteínas	g	0.6	0.7	2.6
Lípidos	g	4.2		
Grasa	g		0.2	0.2
Ceniza	g		0.7	
Sodio	mg	3		17
Potasio	mg	300		219
Calcio	mg	24	26	38
Fósforo	mg	28	17	30
Hierro	mg	0,60	0.6	0.33
Zinc	mg	400		0.40
Vitamina A (retinol)	ug	90	154	108
Vitamina B1 (tiamina)	mg	0.03	0.03	0.05
Vitamina B2 (riboflavina)	mg	0.04	0.04	0.08
Vitamina B3 (niacina)	mg	13 M.O.	0.40	0.52
Vitamina C	mg	22	5.7	7.44

Fuente: ^aCamasca citado en González y Yanez, 2012; ^bCollazos y otros, 1996; ^cReyes-García, Gómez-Sánchez, & Espinoza-Barrientos, 2013.

2.3 Semillas de zapallo

La semilla de zapallo es un subproducto subutilizado, disfrutan en la dieta y cualidades medicinales, además es la fuente de aceites comestibles de buena calidad. Es excelente fuente natural de nutrientes que puede aumentar por técnicas de procesamiento especialmente la germinación y es un arma poderosa para luchar contra las enfermedades en adultos y mejorar la función cerebral de los niños y requiere atención en el futuro la investigación (George, 2015), y tienen múltiples usos en diferentes países, como alimento, fines medicinales (Robinson y Walters, 1997), las semillas de zapallo llamado pepas se muestra en la Figura 2 y las almendras en la Figura 3.



Figura 2. Semilla de zapallo Macre con cáscara



Figura 3. Semillas descascaradas o almendras de zapallo Macre

2.3.1 Información nutricional

Es una fuente útil de muchos nutrientes esenciales para los seres humanos. Además, contiene cantidades útiles de linoleico (92 mg/g de peso seco) y los elementos siguientes (en un g por g peso seco): Potasio (5790), magnesio (5690), manganeso (49,3), zinc (113), selenio (1,29), cobre (15,4), cromo (2,84) y molibdeno (0,81), pero bajas cantidades de calcio y hierro. A excepción de potasio (5,573 mg/g de peso seco) y el cromo (2,88 mg/g de peso seco) (Glew, Glew, Chuang, Huang, Millson, Constans, & Vanderjagt, 2006). Y según, Habib, Biswas, Siddique, Manirujjaman, Uddin, Hasan, & Rahman, (2015), muestra as composiciones próximas de las semillas de zapallo en polvo: Humedad 4,06%, 3,80% de cenizas, fibra cruda 2,91%, lípidos totales 36.70%, 34.56% de proteína total, proteína soluble total 18,10%, 1,08% de azúcar y almidón 2,15%. La composición de los minerales de las semillas eran de nitrógeno 5,53%, fósforo 0,71%, sodio 4,80 Cmol / kg, potasio 20.00 Cmol/kg, calcio 4,40 Cmol/kg, magnesio 348,7 ppm, hierro 290,0 ppm, coper 70 ppm, zinc 39,9 ppm, y manganeso 17,9 ppm.

Estas semillas aportan gran cantidad de vitaminas, antioxidantes y minerales, como se muestra en la Tabla 2. Y además, los aminoácidos de la semilla de zapallo son adecuados para la fortificación de alimentos (Alfawaz, 2004), se muestra en la Tabla 3.

Tabla 2.
Composición química de las semillas y almendras de zapallo en 100 g

Componentes	Zapallo Macre ^a	Zapallo (<i>Cucurbita maxima</i>)	
		Semilla ^b	Almendra ^b
Calorías	547.0		
Agua %	4.9		
Carbohidratos		11.48±2.53	9.82±2.70
Proteína cruda		39.25±0.66	39.22±2.46
Proteínas	30.3		
Fibra	2.2		
Grasas	45.8		
Aceite cruda		27.83±0.91	43.69±3.92
Ceniza cruda		4.59±0.16	5.14±1.23
Calcio	38.0		
Fósforo	1.1		
Hierro	9.2		
Vitamina A	15.0		
Vitamina B1	0.2		
Vitamina B2	0.2		
Niacina	2.9		
Vitamina C	0.0		

Fuente: ^aHammerley en citado en González y Yanez, 2012. ^bAlfawaz, 2004.

Tabla 3.
Composición de aminoácidos de las semillas de zapallo en 100g.

Aminoácidos	Valor promedio
Metionina	1.83 ± 0.05
Tirosina	3.26 ± 0.01
Fenilalanina	5.29 ± 0.06
Leucina	7.25 ± 0.05
Isoleucina	3.59 ± 0.03
Lisina	3.71 ± 0.01
Treonina	3.04 ± 0.03
Triptófano	1.10 ± 0.04
Valina	4.45 ± 0.06
Total de aminoácidos esenciales	33.52
Histidina	2.66 ± 0.01
Arginina	15.80 ± 0.22
El ácido aspártico	9.56 ± 0.05
El ácido glutámico	23.23 ± 0.23
Serina	5.85 ± 0.03
Glicina	6.01 ± 0.05
Alanina	5.12 ± 0.10
Total de aminoácidos no esenciales	68.2

Fuente: Alfawaz, 2004.

2.3.2 Torta de semilla de zapallo

Después de la extracción del aceite se obtiene la torta o pasta de semilla, rica en proteína. El contenido de fibra bruta depende de la extracción si es con cáscara o no. El sub producto tiene bajos niveles de vitaminas hidrosolubles y algunos ácidos grasos de cadena larga, como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4.
Composición química (%) de la torta de semilla de zapallo

Nutrientes	Con cascara (Disolvente)	Sin cáscara (Extracción mecánica)
Materia seca	89.5	88.0
Proteína bruta	47.0	63.2
Cenizas	1.3	13.0
Grasa	8.5	9.0
Fibra bruta	34.0	5.7

Fuente: FAO (2006) Citado en Martínez, Valdivie, Lao y Leyva, 2007.

2.3.2.1 Usos y aplicaciones de la torta de semilla de zapallo

El uso de la torta de semilla de zapallo en la alimentación de corderos en la agricultura ecológica se justifica ya que las propiedades de producción en corderos (peso corporal y la ganancia diaria de peso) que consumieron mezcla con el agregado torta de semillas de zapallo lograron mejores resultados (Antunović, Novoselec, Sičaja, Stainer, Klir, & Matanić, 2016).

Las películas de la torta de las semillas de zapallo son fuertes y elástico, y tiene una buena propiedad de barrera de gas junto con la integridad física aceptable, ya que su valor de resistencia a la tracción es comparable a la de otras películas comestibles, así como su alargamiento a la rotura es similar o superior a la de celofán (Popović, Peričin, Vaštag, Popović, & Lazić, 2011).

Las películas obtenidas a partir de aislado de proteína de aceite de la torta de aceite de zapallo tienen mejores propiedades de barrera a los gases, y alargamiento a la rotura. Podrían ser útiles para el recubrimiento de alimentos necesarios para estar protegidos de la oxidación o envasado en atmósfera modificada (Popović, Peričin, Vastag, Lazić, & Popović, 2012). Proteína aislada de la torta de aceite de zapallo se hidrolizó eficazmente por proteasa ácida de *A. niger* (*aspergillopepsina* I) para producir hidrolizados con actividad antirradical. La

temperatura influye fuertemente en la actividad antirradical de los hidrolizados y a temperaturas más altas (cerca de 50 °C) la hidrólisis es más preferido en cuanto a producir hidrolizados con propiedades antioxidantes (Vaštag, Popović, Popović, Krimer, & Peričin, 2010).

2.4 Secado

2.5 La energía del sol

Es importante aprovechar de la mejor manera la energía del sol en forma de calor. Esta energía podemos obtener todo el tiempo, no contamina, es gratuita y es para todos. La cantidad y la intensidad de los rayos del sol que llegan a la tierra dependerá de varios factores, como la posición del sol en relación con la tierra, que cambia según la época del año y las condiciones de cielo como: Nubes, viento, Lluvia, humo, etc. Es importante entonces, aprovechar al máximo la energía del sol que en conjunto con el viento, ayuda a remover la humedad de los granos (Cruz, León, Pascual & Battaglia, 2011).

2.5.1 Proceso de secado solar natural de semillas

El secado es una operación útil para disminuir el contenido de agua de los granos frescos y prolongar la vida útil sin ataque microbiano. Y es realizado para inhibir la germinación de las semillas durante el periodo de almacenamiento y evitar las reacciones bioquímicas (Bergues, Griñán, Bériz, 2008). Uno de los métodos más antiguos utilizados por el ser humano para la conservación de los alimentos es la deshidratación o desecado, por el hecho de que en los ambientes secos no actúan ni microorganismos ni enzimas que descompongan los alimentos; se trata de uno de los métodos más efectivos para preservar los frutos a consumir (Ospina y Tinoco, 2010).

Según Navaro (2003) la longevidad de las semillas, es decir el período en que se mantienen viables en el almacén, está determinada por su potencial de almacenamiento genético y fisiológico, y por el daño antes o durante la permanencia en el almacén, así como por la interacción entre los factores individuales.

2.5.2 Secado con el sol

El sol eleva la temperatura y por consiguiente baja la humedad relativa del aire alrededor de la semilla. Es necesario asegurar un flujo de aire adecuado alrededor de la semilla, ya que su capacidad para transportar humedad es limitada.

En el trópico casi toda la semilla se seca al sol en canastos o bandejas delgadas, o en mesas de concreto o lonas, este método de secado es el más económico bajo la mayoría de las condiciones.

Durante la estación seca la mayoría de las semillas secadas al sol pueden alcanzar un contenido de humedad de aproximadamente 8%. Este contenido de humedad en la mayoría de los casos, es suficientemente bajo para almacenamiento a mediano plazo (5-10 años) por debajo de 5°C (Jara, 1997).

2.5.3 Cinética de secado solar

El secado es un fenómeno de transferencia de masa por dos mecanismos: El mecanismo difusivo y el convectivo. El primero acontece en el interior del producto y el segundo desde la superficie al aire ambiente. La evaporación o pérdida del agua del producto puede ser modelada por modelos empíricos exponenciales, no exponenciales y fenomenológicos. Diversos autores investigaron la cinética del secado de alimentos como, pescado (Jain & Pathare, 2007), piñas (Bala, Mondol, Biswas, & Das, 2003), fresas (De Oliveira, Aragao, De Oliveira, Silva, & Gusmao, 2015) y café (Corrêa, *et al.*, 2010). Entre varios modelos, el modelo de Page es muy utilizado en el modelamiento de secado de granos.

2.6 Propiedades físicas de la semilla de zapallo

El estudio de las propiedades físicas y mecánicas de las semillas a diferentes contenidos de humedad es necesario para el diseño de equipos para manejar, procesar, transportar y almacenar (Sharanagat, & Goswami, 2014). Las propiedades físicas de la semilla incrementan con el contenido de humedad como, tamaño, área proyectada, ángulo de reposo, coeficiente de fricción estático. Los valores y modelos encontrados pueden ser utilizados para el diseño de equipos de procesamiento postcosecha como también para el control de calidad de la semilla (Rojas y Aristizábal, 2011).

La caracterización de las propiedades mecánicas, nutricionales y organolépticas, es importante en la adaptación de equipos y procesos productivos para incrementar en forma significativa las formulaciones alimentarias y los productos industriales donde se utilice ésta como materia prima y para ofrecer parámetros y recomendaciones para el consumidor en el nivel doméstico (Fajardo, Molina, Ospina y García, 1999).

El estudio sobre los parámetros genéticos y las características fisicoquímicas de las semillas serán un aporte fundamental para la selección de genotipos apropiados con fines de cultivo y aprovechamiento industrial (Araiza, *et al.*, 2015).

2.6.1 Humedad

El contenido de humedad de un alimento es la cantidad de agua total que contiene (Colina, 2010) y se elimina durante el periodo de velocidad constante de secado (Barbosa, & Vega, 2000).

2.6.2 Tamaño y forma

Según Alain-Claude, el tamaño se determina conociendo diámetros de los productos granulados. Se mide entre dos o tres diámetros llamados: Diámetro mayor, diámetro medio y diámetro menor (Alain-Claude, 2004). Mediante estos diámetros se determina el diámetro medio geométrico y la esfericidad.

2.6.3 Densidad

Se define como la masa de las semillas entre el volumen de las mismas, donde el volumen es determinado por el método de desplazamiento de líquido (Duran Ramírez, 2008). Esta propiedad es influenciada por la temperatura.

2.6.4 Densidad aparente

La densidad aparente, es una propiedad de las materias primas, pues es muy útil para diseño de transportadores, almacenes o determinar el volumen del envase de granulados (Duran Ramírez, 2008).

2.6.5 Porosidad

La porosidad del material que se haya envasado, es aquella fracción del volumen total que está ocupado por el aire. Si se agita para apelmazar su contenido, el volumen y la porosidad del producto disminuirán hasta que el sistema alcance un volumen de equilibrio (Duran Ramírez, 2008).

2.6.6 Volumen de una semilla

Es una magnitud definida como el espacio ocupado por una semilla. Depende de la forma geométrica de esta. Para semillas ovales como los del zapallo, se puede determinar experimentalmente. Es decir dividir el volumen desplazado entre el número de semillas.

2.7 Aceite de origen vegetal

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

2.7.1 Aceite de semilla de zapallo

El aceite de semilla de zapallo es comúnmente utilizado en ensalada y producido en Eslovenia oriental y el sur de Austria. El tostado de semillas de zapallo a alta temperatura conduce a la producción de un aceite con características aromáticas intensas, mientras que las condiciones leves, generalmente se emplean para obtener un aceite con características terapéuticas profeso, dar lugar a un producto con menor característico aroma del aceite de semilla de zapallo (Procida, Stancher, Cateni, & Zacchigna, 2013).

En treinta y ocho tipos de semillas de zapallo de diversas partes del mundo y se prepararon aceites auténticos, son altamente insaturados, y los valores de ácido oleico de diferentes regiones del mundo varía desde 26,8 hasta 43,6% y el contenido de ácido linoleico está entre 37,2 y 54,9%. (Potočnik, Ogrinc, Potočnik, & Košir, 2016), que es útil en el cuerpo humano (Habib, Biswas, Siddique, Manirujjaman, Uddin, Hasan, & Rahman, 2015). Las semillas alcanzan hasta 43% de aceite que, tanto física como químicamente, es un producto estable, con los ácidos grasos saturados oscilando entre 37.5 a 51% y los insaturados entre 48.8 y 62.4% (Grisales, 2012).

Aceite de semilla de zapallo de *C. maxima* reduce significativamente el grado de síntoma de puntuación de vejiga hiperactiva (OABSS) en los sujetos. Que el aceite de semilla de zapallo extractos de *C. maxima*, así como de *C. pepo* son eficaces para los trastornos urinarios de la vejiga hiperactiva (OAB) en los seres humanos (Nishimura, Ohkawara, Sato, Takeda & Nishihira, 2014).

2.7.2 Análisis en aceites

2.7.2.1 Propiedades físicas del aceite

Los más reconocidos son la densidad y la humedad, los cuales pueden ser identificados fácilmente. Los resultados obtenidos a partir de esta evaluación permiten identificar a primera vista si los aceites se encuentran en el estado adecuado para las pruebas posteriores de calidad, o si deben ser rechazados, pues su calidad no es apropiada (Acosta, 2011).

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

a. Densidad

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

presión no es necesaria en el caso de líquidos y sólidos, porque son prácticamente incomprensibles (Matissek, Steiner, Schnepel, 1998).

b. Humedad

Es una medida de la cantidad de agua contenida en el aceite. El agua en exceso es un factor negativo para el aceite debido a que puede formar enlaces químicos y físicos inadecuados, propiciando así reacciones de degradación (ICONTEC NTC 287, 2002).

c. Peso específico

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

d. Índice de refracción

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

2.7.2.2 Propiedades químicas

a. Índice de acidez (IA)

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

Es una medida del contenido de ácidos grasos libres presentes en grasas y aceites. Este resultado es indispensable como prueba de pureza, ya que permite sacar conclusiones acerca del estado de la materia prima al igual que de las reacciones de degradación que se hayan podido producir a lo largo del tratamiento y almacenamiento del aceite. Generalmente es expresado en porcentaje de ácidos grasos libres o en porcentaje del ácido graso más abundante en el aceite (ICONTEC NTC 218, 1999). Por otra parte, el conocimiento de ácidos grasos libres como de prueba de pureza y en ocasiones permite extraer conclusiones acerca del tratamiento o reacciones de degradación que se hayan producido (Matissek, *et al.*, 1998).

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

b. Índice de peróxidos (IP)

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

Es una medida del oxígeno unido a las grasas en forma de peróxido. Se forman especialmente hidroperóxidos como productos de oxidación primarios, además de

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

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

c. Índice de yodo

El índice de yodo se define como los gramos de yodo absorbido por cada 100 g de muestra. Cuanto mayor es el número de insaturación, tanto más yodo es absorbido; por consiguiente, cuanto más elevado es el índice de yodo, tanto mayor es el grado de insaturación (Nielsen, & Finkenzeller, 2009). Por lo tanto, es una medida del grado de insaturación de los componentes de una grasa. El índice será tanto mayor cuanto mayor sea el número de dobles enlaces por unidad de grasa. Esta prueba evalúa la identidad y la pureza de las grasas, como se puede apreciar en la Tabla 5. Al igual que identifica la presencia de ácidos grasos insaturados, identifica las sustancias acompañantes insaturadas, como por ejemplo los esteroides. El yodo, por su parte, no reacciona con los dobles enlaces, pero en su lugar se utilizan halogenados mixtos como ICl o IBr (Matissek, *et al.*, 1998). La adición de halógenos a los dobles enlaces

depende de la configuración de los compuestos insaturados al igual que de las condiciones externas por lo que es una prueba rigurosa y debe ser realizada bajo parámetros más estrictos (ICONTEC NTC 283, 1998). Sin embargo, no es un buen indicador de la vida útil para fritura. El índice de yodo se calcula por CG-CAF con exactitud y precisión equivalentes sin necesitar los productos químicos altamente peligrosos que se utilizan en los métodos de titulación (Lawson, 1999)

d. Índice de saponificación

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

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

Tabla 5.
Composición química de aceites

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

Fuente: Valdez y Untiveros, 2010.

2.7.3 Técnicas de extracción de aceite

2.7.3.1 Extracción con solventes

Una de las formas tradicionales de separar la grasa de una materia oleaginosa es el tratamiento con disolvente. Cuando una semilla se pone en contacto con un disolvente y es posible su separación. Existen varios disolventes autorizados para extraer grasa, aunque el hexano comercial es el más utilizado. Se trata de una mezcla de alcanos con unas propiedades muy similares a las del n-hexano, pero de menor coste. Se caracteriza por ser suficientemente selectivo en la extracción de grasa como para que el aceite extraído sea procesado fácilmente para obtener aceites comestibles, no es miscible con agua, ni solubiliza azúcares ni proteína (Caps, 2014).

La extracción con solvente es un procedimiento muy eficaz para la extracción de aceite vegetales y puede reducir el contenido de aceite de las semillas hasta menos de un 1% (Valderrama, & Aravena, 1994). Y el rendimiento de la extracción con solvente está muy condicionado por la temperatura del disolvente, el tiempo de extracción, la cantidad de solvente y las características de la semilla, principalmente su estructura, tamaño y humedad. La temperatura elevada reduce la viscosidad del aceite y aumenta la solubilidad en el disolvente, sin embargo, si es muy elevado el aceite crudo también se enriquece en compuestos no deseables, como ceras y fosfátidos, que deberán ser eliminados en la refinación (Caps, 2014).

El hexano es el disolvente más ampliamente utilizado. La fracción oleosa de la semilla se solubiliza en el hexano durante la extracción y a continuación el hexano se destila y reutiliza. Debido a su elevado carácter volátil en el aceite después de su obtención queda un residuo

de hexano mínimo o nulo (Lawson, 1999). Sin embargo, de estos resultados se recomienda la extracción con solvente para la industria de jabones y cosméticos (Lafont, & Portacio, 2011).

Extracción con solvente es un procedimiento muy eficaz para la extracción de aceites vegetales y puede reducir el contenido de aceite de las semillas oleaginosas hasta menos de un 1%. La extracción por prensado deja un residuo aproximado de aceite de 6%. La extracción por solvente es especialmente ventajosa en el tratamiento de semillas con un contenido bajo en aceite. A la extracción debe proceder la limpieza y trituración de la semilla. Esta trituración tiene por finalidad abrir las células y facilitar la salida del aceite. La temperatura necesaria del proceso, a veces más elevada, le da el disolvente, por lo cual las semillas trituradas no se calientan. La extracción por solvente es una típica operación de transferencia de masa, donde el solvente penetra en el sólido y el aceite contenido se hace miscible con el solvente. Este proceso de extracción es tanto más rápido cuando menos aceite contiene el disolvente y la cantidad extraída será mayor cuando más grande es la diferencia de concentraciones. Por esto, es ventajoso no dejar el disolvente en contacto con el material hasta la completa extracción, si no reemplazarlo por disolvente fresco. El aceite obtenido de esta manera, es de inferior calidad al obtenido por presión en frío, y debe ser refinado, (Valderrama, & Aravena, 1994).

2.7.3.2 Centrifugación

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

La centrifugación, al igual que la sedimentación, permite separar sólidos de líquidos o líquidos inmiscibles. La diferencia consiste que la separación se lleva a cabo por la acción de fuerza centrífuga que se generan durante la rotación del material. La intensidad de la fuerza centrífuga generada depende del radio y de la velocidad de rotación, así como la masa de la partícula a separar. La velocidad de separación dependerá de la velocidad de rotación y de las mismas variables indicadas para la sedimentación (Ordóñez, 1998). La distinta densidad de los aceite nos permite también aplicar el principio de la fuerza centrífuga para realizar la separación. A cierta temperatura (máximo a 35 °C), lo que ayuda a una mejor clarificación del aceite. La centrifuga puede ser causa de cierto perjuicios en la calidad de aceite debido a que

produce fuerte aireación en el aceite que puede dar lugar a la oxidación y pérdida de volátiles aromáticos (Caps, 2014).

2.7.3.3 Extracción por prensado en frío

El prensado es el más utilizado desde tiempos antiguos para la extracción de aceites vegetales de consumo humano (Bailey, 2001; Valderrama, & Aravena, 1994). Al ser sometida a la presión, las gotas de aceite y los granos de grasa se separan de la masa. Las gotas que no quedaron libres por la trituración desgarran las paredes las células y se separan de la masa, pasando de las canales. Es claro que las grasas líquidas o aceites abandonan más fácilmente la masa si se calientan, ya que se disminuye su viscosidad. Con la elevación de temperaturas se coagulan también los cuerpos albuminoides y precipitan los mucilaginosos que están en las células vegetales, formando una especie de emulsión con el aceite. Por otra parte se si calienta el aceite, aumenta el poder disolvente para los cuerpos que le dan olor, sabor y color, y que están contenidos en la semilla (Valderrama, & Aravena, 1994).

El proceso inicia con la maceración y el batido de la pulpa hasta lograr una consistencia homogénea. Después se somete a la acción de prensas hidráulicas, generalmente, y se hace pasar a través de una serie de centrifugas. Algunos productores han adicionado durante la molienda o maceración de la pulpa una mezcla de enzimas conocidas comercialmente como oleasas para mejorar la extracción del aceite (Kiritsakis, 1982; Ortiz, 2008).

2.7.3.4 Extracción con fluidos supercríticos

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

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

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

Fuente: Moreau y Kamal-Eldin, 2009.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de investigación

El presente proyecto de investigación se realizó en el Laboratorio de Química y en el Centro de Investigación en Tecnología de Alimentos (CITAL) de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental e Ingeniería de Alimentos respectivamente, de la Universidad Peruana Unión (UPeU) Juliaca, en los meses de Marzo del 2016 – Diciembre del 2016, cuya ubicación es:

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

3.2 Materiales y equipos

3.2.1 Materia prima

Las semillas de zapallo variedad Macre (*cucúrbita máxima*), se adquirió del mercado las Mercedes y mercado central Santa Bárbara de la ciudad de Juliaca.

3.2.2 Materiales

- ✓ Bandejas
- ✓ Cuchillo de acero inoxidable
- ✓ Envase de plástico y vidrio
- ✓ Mortero
- ✓ Papel de aluminio
- ✓ Pipeta
- ✓ Pizeta

- ✓ Placas Petri
- ✓ Probetas de 500 ml
- ✓ Vasos precipitados de 500ml

3.2.3 Reactivos

- ✓ Agua destilada
- ✓ Hexano
- ✓ Hidróxido de potasio (KOH)
- ✓ Fenolftaleína al 1%
- ✓ Alcohol etílico al 95%
- ✓ Ácido clorhídrico (HCl) a 0,5 N.

3.2.4 Equipos

- ✓ Balanza analítica marca Mettler Toledo serie AL 204 con capacidad de 0.01g a 210g
- ✓ Centrifuga: Capacidad 4000 rpm
- ✓ Computadora Corell3, software: MS-Word, MS-Excel, Internet Explore y Paquete estadístico STATISTICA versión 7.0.
- ✓ Cronometro: Reloj
- ✓ Estufa marca KERT LAB – ODHG – 9030B. USA.
- ✓ Mufla marca Naberthen con una capacidad de temperatura de 30 – 3000 °C, SN: 232102
- ✓ Potenciómetro (pH)
- ✓ Pie de rey digital callifer, marca STANLEY.
- ✓ Soporte universal
- ✓ Termómetro

3.3 Metodología experimental

3.3.1 Determinación de humedad

La humedad de semillas y almendras, fresca y seca de zapallo Macre se determinó de acuerdo a la metodología de AOAC método oficial 925.10 (2000). Para ver más detalle ver Anexo 1.

3.3.2 Determinación de ceniza

Se determinó la ceniza según la metodología de AOAC método oficial 923.03 (2000), de semillas y almendras de zapallo Macre. Para ver más detalle ver en Anexo 1.

3.3.3 Determinación de tamaño y forma de semillas húmeda y seca

3.3.3.1 Diámetro medio aritmético (D_a)

Debido a que el tamaño de semilla se considera un parámetro importante en el procesamiento (Aviara y Haque, 2000), se determinó el diámetro medio aritmético mediante la ecuación (1), este fue medido en sus tres dimensiones, diámetro mayor (a), diámetro medio (b) y diámetro menor (c) (Ordoñez, Gely y Pagano, 2012).

$$D_a = \frac{a+b+c}{3} \quad (1)$$

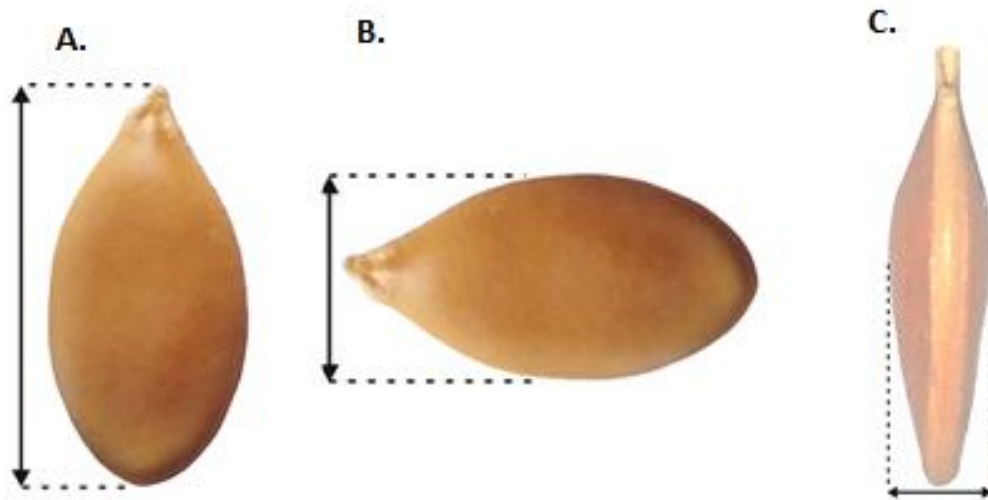


Figura 4. Vista de los tres diámetros de una semilla de zapallo, A.) (Vista frontal vertical), B.) (Vista de frontal horizontal), C.) (Vista de perfil).

3.3.3.2 Diámetro medio geométrico (D_g) y esfericidad (\emptyset)

El diámetro geométrico medio se calculó como la media geométrica de las tres dimensiones utilizando la siguiente expresión (Vilche, Gely y Santalla, 2003), por la Ecuación (2) y la esfericidad de las semilla por la Ecuación (3)

$$D_g = (a \cdot b \cdot c)^{1/3} \quad (2)$$

$$\emptyset = \frac{(a \cdot b \cdot c)^{1/3}}{a} \quad (3)$$

3.3.3.3 Área superficial específica

Se calculó asumiendo la forma elipsoidal de la semilla, según la siguiente Ecuación (4) (McCabe, Smith y Harriot, 1986):

$$S = \pi D_g^2 \quad (4)$$

3.3.3.4 Relación de aspecto

Para completar la información sobre la forma de la semilla de zapallo, se calculó la relación aspecto mediante la siguiente Ecuación (5) (Maduako y Faborode, 1990).

$$R_a = \frac{b}{a} \times 100 \quad (5)$$

3.3.4 Determinación de propiedades gravimétricas

3.3.4.1 Densidad real

La densidad es la cantidad de masa por unidad de volumen de una sustancia. (Mott, 1996). Se determinó por el método de desplazamiento de líquido, utilizando un recipiente aforado de 50 ml (con una precisión de 0,1 ml), el cual se llenó con 25 ml de agua destilada; luego, se sumergieron 20 gramos de semilla por un tiempo corto de 10 segundos, evitando que la semilla absorbiera agua. La densidad real (ρ), en g/cm³, de las semillas se determinó

como la relación entre el peso de semillas (g) y volumen del agua desplazada (1ml = 1cm³) mediante la Ecuación (6). El volumen del agua desplazada se registró por lectura directa en la escala del recipiente (Olajide, & Ade-Omowaye, 1999; Amin, Hossain, & Roy, 2004).

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (6)$$

Donde:

ρ = densidad

V = Volumen

M = masa

3.3.4.2 Densidad aparente

Se determinó empleando el procedimiento Singh y Goswami (1996), utilizando una probeta de 250 ml, en la cual se dejaron caer, a velocidad constante, las semillas de zapallo desde una altura de 10 cm tomada desde la abertura. Este proceso se realizó hasta alcanzar la línea que representa los 200 ml. La masa de las semillas de zapallo contenidas en el recipiente fue dividida por el volumen del cilindro representado por la probeta, según la Ecuación (7).

$$\rho_b = \frac{M_{rl} - M_{rv}}{V_r} \quad (7)$$

Donde:

M_{rl} = Masa de recipiente lleno

M_{rv} = Masa de recipiente vacío

V_r = Volumen de recipiente

3.3.4.3 Porosidad (ϵ)

Se define como la fracción del espacio en conjunto de granos que no es ocupado por los mismos (Thompson e Isaacs, 1967)

La porosidad, definida como el porcentaje del volumen del continente ocupado por el aire. Su complementario es la compacidad (Alain-Claude, 2004) o la fracción de huecos en el

lecho de granos, se calculó mediante la Ecuación (8), a partir de las densidades real y aparente (Gupta & Das, 1997):

$$\varepsilon = \left(1 - \frac{\delta_{\text{aparente}}}{\delta_{\text{real}}}\right) 100 \quad (8)$$

3.3.4.4 Volumen

El volumen real del grano se determinó por triplicado por el método de desplazamiento de Tolueno usando una probeta de 25 ml a 20°C, pesando los granos en balanza analítica (precisión 0.0001 g) (Kachru, *et al.*, 1994; Vilche, *et al.*, 2003). Se determinó el volumen de la semilla y almendra de zapallo a partir de la siguiente ecuación (9) (Özarslan, 2002):

$$V = \frac{m}{\rho} \quad (9)$$

Donde:

M = Es la masa de una semilla (g) calculada a partir de la muestra utilizada en la determinación de la densidad real.

3.3.5 Cinética del secado solar natural

El secado fue realizado en el mes de agosto del 2016, colocando aproximadamente 250 g de semillas en una bandeja metálica directamente al aire ambiente y al sol. A cada 30 minutos se pesó la bandeja con las muestras. Mediante la humedad inicial de las semillas y las masas, se determinó la humedad en base seca durante el tiempo de secado. El secado se realizó en 2 días. El primer día se inició a las 11:34 h aproximadamente y terminó a las 16:00 h. En el segundo día, se inició a las 11:15 h y terminó a las 15:15 h. En el intervalo de un día al otro, las muestras fueron guardadas en bolsa plástica para evitar pérdida de agua.

La pérdida del contenido de agua de las semillas de zapallo en base seca se ajustó al modelo matemático empírico y exponencial de Page. Por la Ecuación (10)

$$\theta = \frac{\bar{X}_t - X_{\text{eq}}}{X_i - X_{\text{eq}}} = \exp(-kt^n) \quad (10)$$

Donde:

Θ = el contenido de agua adimensional,

\bar{X}_t = es el contenido de agua promedio durante el tiempo de secado

X_{eq} = es el contenido de agua de equilibrio en un tiempo infinito,

X_i = es el contenido de agua inicial, t es el tiempo,

k y n = son las constantes del modelo.

En investigaciones con secado de alimentos y el ajuste a modelos matemáticos es necesario comparar los resultados experimentales y calculados. Para validar un modelo se utilizan el coeficiente de determinación (R^2), la raíz cuadrática media del error (RMSE), por la Ecuación 11 y la media aritmética porcentual del error (MA%E) por la Ecuación (12) (Jain & Pathare, 2007; Villa-Vélez, de Souza, Pumacaua-Ramos, Polachini, & Telis-Romero, 2015).

$$RMSE = [(\sum_{i=1}^N (X_{exp} - X_{Page})^2) / N]^{1/2} \quad (11)$$

$$MA\%E = \left(\frac{100}{N}\right) \sum_{i=1}^N \frac{(X_{exp} - X_{Page})}{H_{exp}} \quad (12)$$

Donde:

X_{exp} = Contenido de agua experimental (kg agua/ kg masa seca)

X_{Page} = Contenido de agua predicho por el modelo Page (kg agua/ kg masa seca)

N = Número de determinaciones

Por los trabajos mencionados, si el coeficiente de determinación, R^2 es próximo de 1, el MRSE próximo de 0 y el MA%E menor a 10% el modelo matemático será adecuado al predecir los contenidos de agua del producto durante el secado solar natural.

3.3.6 Rendimiento de almendra de las semillas de zapallo

Se analizó el peso de semillas enteras (50 unidades), su cáscara y almendra mediante una balanza analítica de margen de error 0.05g, efectuando tres repeticiones. El porcentaje se determinó por las siguientes ecuaciones (13 y 14):

$$\% \text{ Cáscara} = \frac{\text{Peso de Cáscara}}{\text{Peso total}} * 100 \quad (13)$$

$$\% \text{ Almendra} = \frac{\text{Peso de Semilla}}{\text{Peso total}} * 100 \quad (14)$$

3.3.7 Procedimiento experimental de extracción de aceite

La extracción de aceite de semilla zapallo de la variedad Macre se procedió acuerdo al Flujograma, como se muestra en la Figura 5.

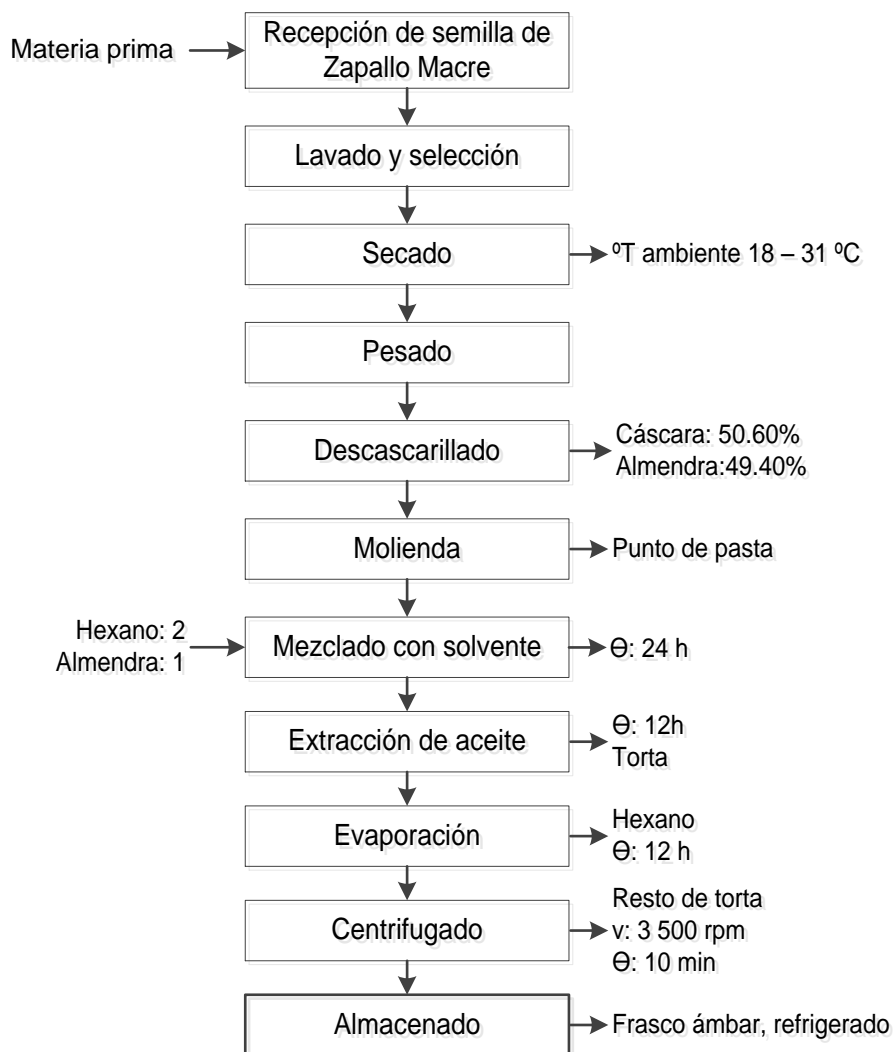


Figura 5. Flujograma de extracción de aceite de las almendras de zapallo Macre con solvente.

3.3.7.1 Descripción del proceso

a. Recepción de semilla

A la apertura del fruto de zapallo, se hizo la extracción de semillas a mano quitando la pulpa.

b. Lavado y selección

El lavado de semillas frescas se realizó con la finalidad de eliminar el resto de pulpa y mucilago, y al mismo tiempo se seleccionó por densidad.

c. Secado

El secado solar natural se realizó a temperatura ambiente por dos días y con temperaturas mínima de 18 °C y máxima de 31 °C durante el día.

d. Pesado

El pesado se realizó con la finalidad de determinar el rendimiento de semilla de semilla de zapallo

e. Descascarillado

El descascarillado se desarrolló manualmente retirando la cáscara de la almendra e inmediatamente las almendras se pesaron por separado.

f. Molienda

La molienda se hizo en un mortero hasta que quede una pasta (La semillas trituradas convertidas en trozos muy finos que facilita la extracción con disolvente, para obtener mayor rendimiento de aceite, Latino, 2006).

g. Mezclado con solvente

Luego se pesó 5g de almendra molida y el solvente hexano se midió 10 ml y se agregó a la semilla molida agitando.

h. Extracción de aceite

Se llevó a la centrifuga para separar el aceite y la torta por 10 min y 3000 rpm.

i. Evaporación

El aceite obtenido con solvente (hexano) se evaporó al ambiente hasta obtener el aceite.

j. Centrifugado

Separar por densidad, es decir lo que pesa se queda abajo y lo que no pesa menos se queda arriba; formando dos capas.

k. Almacenado

El aceite obtenido de la extracción fue envasado en frascos de vidrio color ámbar y se conservó a temperatura ambiente.

3.3.8 Caracterización del aceite de zapallo

3.3.8.1 Determinación de las propiedades físicas

a. Densidad

Se determinó la densidad por la metodología utilizada de Flores (2006) utilizando picnómetro calibrado a una temperatura de 25 °C. Se determinó mediante la Ecuación (15) se pesó el picnómetro vacío y luego el peso con la muestra a la temperatura de 25 °C.

$$\rho_a = \frac{m}{V} \quad (15)$$

Donde:

ρ_a = densidad del aceite
 m = masa
 V = Volumen

b. Gravedad específico

Es el cociente de la densidad del aceite entre la densidad de agua a 4 °C o el cociente del peso específico de una sustancia entre el peso específico del agua a 4 °C, según la ecuación (16) (Mott, 1996).

$$sg = \frac{\rho_a}{1000Kg/m^3} = \frac{\gamma_s}{9.81 kN/m^3} \quad (16)$$

c. Peso específico

El peso específico es la cantidad de peso por unidad de volumen de una sustancia (Mott, 1996). Para un fluido homogéneo del peso específico es la Ecuación (17) (Martin Domingo, 2014). La unidad en el sistema internacional es el (N/m³)

$$\gamma = \frac{mg}{V} = \rho g \quad (17)$$

Donde:

γ = Peso específico

ρ =densidad

g = gravedad

d. Volumen específico

Se denomina volumen específico al volumen ocupado por la unidad de masa. Sus unidades en el sistema internación son (m³/kg). Para un fluido heterogéneo es expresado mediante la Ecuación (18)

$$v = \frac{V}{m} = \frac{1}{\rho} \quad (18)$$

3.3.8.2 Determinación de los índices de calidad de aceite

e. Método de número de acidez

Se determinó según AOCS, (2012), Este método determina los ácidos grasos libres existentes en la muestra se aplica en aceites vegetales crudos y refinados, aceites marítimos y grasas animales. El procedimiento se detalla en el Anexo 3.

f. Método de índice de peróxido

Según AOAC, (2000) determina todas las sustancias, en términos de miliequivalentes de peróxido por 1 000 gramos de muestra, que oxidan el ioduro de potasio bajo las condiciones de la prueba. El procedimiento se detalla en el Anexo 4.

g. Método de índice de Yodo

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

h. Método de índice de saponificación

Según AOAC, (2000) el índice de saponificación es la cantidad de álcali para saponificar una cantidad definida de muestra. Se expresa como el número de miligramos de hidróxido de potasio (KOH) requeridos para saponificar un gramo de muestra. El procedimiento se detalla en el Anexo 6.

3.3.8.3 Determinación de propiedades fisicoquímicas

a. Viscosidad dinámica

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

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

Por lo tanto, para μ (kg/m s) tenemos, la Ecuación (19).

$$\mu = \frac{D^2}{18v}(\rho_{esfera} - \rho_{aceite})g \quad (19)$$

Las mediciones de viscosidad de aceite se realizaron a 20, 30 y 40°C por triplicado.

b. Viscosidad cinemática

La viscosidad cinemática (m^2/s), está expresado mediante la Ecuación (20), basta dividirla entre la densidad del mismo (Mott, 1996):

$$v = \frac{\mu}{\rho} = \mu \left(\frac{1}{\rho} \right) \quad (20)$$

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Semilla de zapallo

De un fruto de zapallo Macre de 15 Kg, se obtuvo 789 g (5.26%) de semilla húmeda y después del secado solar natural se obtuvo 262 g. Ortiz, *et al.*, (2009) obtuvieron un promedio de 45.11 ± 24.5 g por fruto. Así mismo, la masa de 100 unidades de semilla tiene un peso de 39.738 ± 0.327 g. Siendo la masa de cada semilla de 2.52 g.

4.1.1 Contenido de agua

El contenido de agua de las semillas y almendras de zapallo Macre se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7.
Humedad de las semillas de zapallo Macre

Semillas	Contenido de agua, % (base húmeda)	Referencias
Semilla zapallo fresco	72.70 ± 2.48	Presente trabajo (Anexo 9)
Semilla zapallo seco	8.67 ± 1.55	Presente trabajo (Anexo 9)
Semilla sandía seca	8.38 ± 0.01	Londoño <i>et al.</i> , (2014).
Semilla zapallo seco	4.6 ± 0.11	Ouattara, Somda, Moyen, Traore (2015).
Semilla sandía seca (D-W-H-21)	3.24 ± 0.08	Raziq, Anwar, Mahmood, Shahid, & Nadeem (2012).
Almendra fresca zapallo	32.90 ± 1.07	Presente trabajo (Anexo 9)
Almendra seca zapallo	5.65 ± 0.06	Presente trabajo (Anexo 9)
Almendra de Sacha inchi seca	4.08	Medina, Coronado, García, & Cueva (2007)
Semilla de zapallo seco	7.9 ± 0.3	Nyam, Tan, Lai, Long, & Man, (2009)

El contenido de agua después del secado solar natural fue inferior a 10%, de las semillas y de su respectiva almendra. La humedad en materiales vegetales, para extracción de aceite, debe ser inferior al 10% para que no existan interferencias, puesto que el agua crea una barrera que impide el proceso de difusión del solvente (Treybal, 1989). Además, un bajo

contenido de humedad es favorable, ya que inhibe el crecimiento de microorganismos e inactiva las enzimas que podrían degenerar la semilla (Londoño, Valera, Silva & Pitre. 2014). La humedad de las semillas seca de zapallo fue similar a las de semillas de sandía. Del mismo modo para las almendras de zapallo se obtuvo similar al de las almendras de sachá inchi.

4.1.2 Cenizas

El contenido de ceniza en semillas fresca de zapallo fue de $1.434 \pm 0.010\%$ y $5.373 \pm 0.040\%$ de almendra fresca. Esto indica que la almendra de semilla de zapallo contiene mayor cantidad de minerales que la semilla de zapallo. Londoño, *et al.*, (2014), obtuvieron en semillas secas de sandía $3,015 \pm 0,001$ y en sandía de las variedades de Sugar Baby, Q-F-12, D-W-H-21 y Red Circle-1885 obtuvieron 3.00 ± 0.12 , 2.00 ± 0.10 , 1.95 ± 0.90 y $3.42 \pm 0.15\%$ respectivamente (Raziq, *et al.*, 2012). El contenido en minerales varía mucho para un mismo alimento, dependiendo por ejemplo de factores genéticos, climáticos, prácticas de cultivo, composición de suelo y madurez de la cosecha (Belitz, & Grosch, 1997). Según Baltes, (2007). A los minerales se les atribuye las siguientes funciones en el organismo humano: Formación de sustancia estructurales y de sostén, control de las reacciones enzimáticas, influencia sobre la actividad nerviosa y mantenimiento de los equilibrios electrolítico y osmótico.

4.2 Diámetros

Los diámetros de las semillas son mostrados en las Figuras 6, 7 y 8. Los diámetros mayor, medio y menor de semillas fresca y seca de zapallo Macre se detalla en la Tabla 8.



Figura 6. Longitud de semilla seca de zapallo Macre.

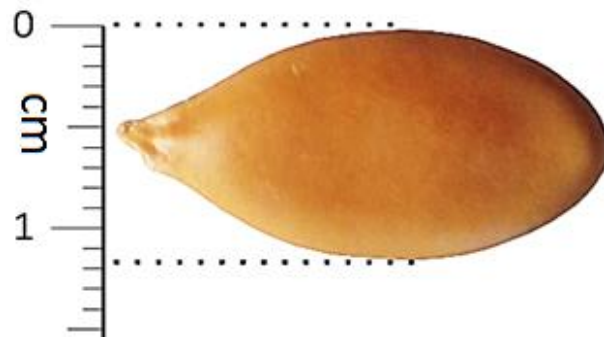


Figura 7. Ancho de semilla seca de zapallo Macre.

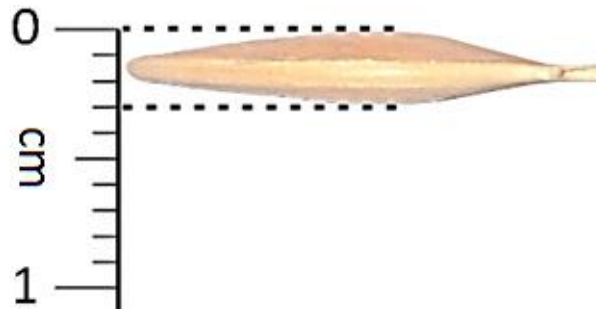


Figura 8. Espesor de semilla seca de zapallo Macre.

Tabla 8.
Diámetros de las semillas fresca y seca de semillas de zapallo Macre

Semilla fresca			
	Diámetro mayor (a)	Diámetro medio (b)	Diámetro menor (c)
Prom	2.885	1.563	0.670
Min	2.500	1.370	0.540
Max	3.120	1.800	0.870
Desvia	0.151	0.089	0.073
Mediana	2.925	1.570	0.650
Varianza	0.020	0.009	0.005
Semilla seca			
	Diámetro mayor (a)	Diámetro medio (b)	Diámetro menor (c)
Prom	2.406	1.162	0.290
Min	2.000	0.900	0.200
Max	3.000	1.300	0.400
Desvia	0.194	0.094	0.071
Mediana	2.400	1.200	0.300
Varianza	0.037	0.008	0.005
% disminución	16.6	25.7	56.7

Las dimensiones axiales de las semillas secas, fueron menores, que las húmedas, debido a la pérdida de agua durante el secado. Se observa un % de disminución mayor para el diámetro menor (56.7%), puesto que esta lado de la semilla está más próxima a la almendra. Joshi, Das, & Mukherjee, (1993), determinaron que el diámetro mayor, diámetro medio y diámetro menor fue de 1.69 ± 2.16 , 0.87 ± 1.05 , 0.30 ± 0.33 cm y la masa media de 100 semillas de zapallo fue de 203 g. Rojas y Aristizábal (2011), manifiestan que las dimensiones diámetro mayor, diámetro medio y diámetro menor de las semillas se cambian de manera significativa por diferentes porcentajes de contenido la humedad. Similares resultados fueron obtenidos en otras semillas, Altuntas y Yildiz (2007) en haba, Bart-Plange y Baryeh (2003) en cacao y Amin *et al.*, (2004) en lenteja; quienes manifiestan que un incremento de la humedad de la semilla genera un estiramiento de los tejidos proporcionalmente en sus tres planos longitudinales sin cambiar su forma.

4.2.1 Diámetro medio aritmético, geométrico, área superficial específica y relación aspecto

El diámetro medio aritmético y geométrico, área superficial específica, relación aspecto y esfericidad de semillas frescas y secas de zapallo se muestran en la Tabla 9.

Tabla 9.
Dimensiones axiales de semillas frescas y secas de zapallo Macre

		Diámetro medio aritmético, cm (D_a)	Diámetro medio geométrico, cm (D_g)	Área superficial específica, cm^2	Relación aspecto	Esfericidad
Semillas frescas	Prom	1.706	1.443	6.538	0.542	0.500
	Min	1.470	1.333	5.579	0.548	0.533
	Max	1.930	1.612	8.160	0.577	0.517
	Desvia	0.105	0.061	0.012	0.592	0.401
	Mediana	1.715	1.437	6.486	0.537	0.491
	Varianza	0.011	0.004	0.000	0.422	0.176
Semillas secas	Prom	1.305	0.948	2.822	0.507	0.394
	Min	1.100	0.761	1.817	0.550	0.380
	Max	1.700	1.268	5.053	0.567	0.423
	Desvia	0.120	0.109	0.037	0.479	0.560
	Mediana	1.300	0.952	2.850	0.500	0.397
	Varianza	0.017	0.012	0.000	0.236	0.326
% disminución	Prom	23.5	34.3	56.8	6.4	21.2

Se observa que todas las dimensiones axiales disminuyeron después del secado solar. El % de disminución fue de 23.5, 34.3, 56.8, 6.4 y 21.2 % para los D_a , D_g , S , R_a y esfericidad, respectivamente. La esfericidad en semilla de vitabosa no cambia significativamente con diferentes porcentajes de humedad (Rojas & aristazabal, 2011) y de la misma manera en semillas cacao (Bart-Plange & Baryeh, 2003). En otras investigaciones realizadas por Abalone, Cassinera, Gaston, & Lara, (2004), semillas de amaranto; Altuntaş, Özgöz, & Taşer, (2005), semilla de alholva; Selvi, Pınar, & Yeşiloğlu, (2006), semilla de linaza; Cetin (2007) semillas de frijol; observan cambios leves de la esfericidad cuando se incrementa la humedad de las semillas.

4.2.2 Propiedades gravimétricas

Las propiedades gravimétricas de semillas de zapallo secas se muestran en la Tabla 10.

Tabla 10.
Propiedades gravimétricas de semillas secas de zapallo

Propiedades	Semillas de zapallo Macre
Densidad real (kg/m ³)	414.60±27.70
Densidad aparente (kg/m ³)	273.70±4.80
Porosidad (%)	33.983
Volumen (m ³)	75.00±5.00

Para las semillas de zapallo (Joshi, Das, & Mukherjee, 1993), garbanzo (Konak, Carman, y Aydin, 2002), haba (Altuntaş, & Yıldız, 2007), a medida que disminuye el contenido de humedad, disminuye la densidad real, sin embargo, la densidad aparente aumenta. La densidad aparente depende de una serie de factores como son la densidad de sus componentes, la geometría, el tamaño, las propiedades de superficie y el método de medida. La densidad aparente, es una propiedad de las materias primas, pues es muy útil para diseño de transportadores, almacenes o determinar el volumen del envase de granulados (Duran Ramírez, 2008).

La porosidad varía de acuerdo al porcentaje de humedad que contiene la semilla, es decir a medida que disminuye la humedad disminuye la porosidad de las semillas de haba (Altuntaş, & Yıldız, 2007), almendra de girasol (Gupta y Das, 1997) almendra de guna (Aviara, Gwandzang, & Haque, 1999). Asimismo, la porosidad resulta afectada por la geometría, tamaño y propiedades superficiales (Lewis, 1993). La porosidad del material que se haya envasado, es aquella fracción del volumen total que está ocupado por el aire (Duran Ramírez, 2008).

4.3 Cinética del secado solar natural

En la Figura 8 se muestra la curva de secado de las semillas de zapallo Macre y el ajuste por el modelo Page.

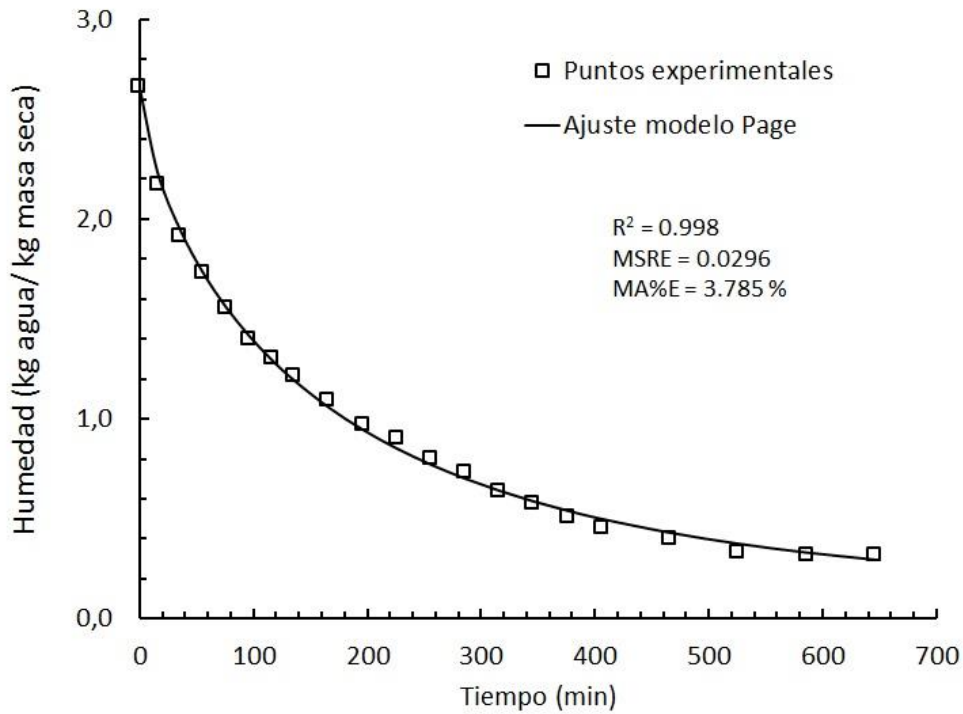


Figura 9. Puntos experimentales de pérdida de agua de las semillas de zapallo y curva de ajuste por el modelo Page, así como las medidas de error de validación del modelo.

Es una curva típica de secado exponencial. No presenta etapa inicial de equilibrio con el ambiente. Al contrario el agua evapora rápidamente hasta 460 min aproximadamente para luego entrar en una etapa constante.

El ajuste de los datos experimentales a los del modelo de Page muestra que este es un modelo adecuado para predecir secado solar natural de semillas de zapallo. El R^2 es próximo de 1, el MSRE próximo de 0 y el MA%E menor a 10%, como mostrado en la Figura 8.

4.4 Rendimiento de almendras

El rendimiento de almendras de semilla fresca de zapallo Macre 54.10 ± 0.25 (54.10%), y la diferencia es la cáscara 45.90 ± 0.25 (45.90%). Esto nos indica que las almendras contienen mayor cantidad de agua que la cáscara, según Cetin (2007) el incremento de la humedad de semillas genera un dilatamiento de las estructuras celulares aumentando su tamaño. El rendimiento de las almendras de semilla seca de zapallo Macre 49.40 ± 0.16 (49.40%), y la diferencia es la cáscara 50.60 ± 0.16 (50.60%).

4.4.1 Aceite extraído de las almendras de zapallo Macre

El aceite obtenido de las semillas de zapallo es un subproducto del fruto de zapallo y su producción dependerá del consumo humano, al igual que el aceite de maíz y el aceite de las semillas de algodón. De las almendras de zapallo Macre se obtuvo aceite $22.67 \pm 1.15\%$, por el método solvente (hexano). En 12 cultivares de zapallo (*Cucurbita maxima*) que han estudiado el rendimiento de aceite varió de 10.9 a la del 30.9%. (Stevenson, *et al.*, 2007). Extraído por medio de dióxido de carbono supercrítico de aceite de semilla de zapallo (*Cucurbita maxima*) fue 30.7% (Mitra, Ramaswamy, & Chang, 2009), por Soxhlet obtuvieron el rendimiento de aceite de semilla de zapallo (*C. Cucurbita ficifolia*) 43,5% (Bernardo-Gil, & Lopes, 2004) y por hexano con Soxhlet de semilla de zapallo (*Cucurbita pepo* L.) en tres zonas diferentes 35, 24 y 22% de aceite (Younis, Ghirmay, & Al-Shihry, 2000). Se alegó que tales diferencias en el rendimiento se podrían atribuir a la diversidad genética (Idouraine, Kohlhepp, Weber, Warid, & Martinez-Tellez, 1996). Por otra parte, el contenido de aceite de las semillas de zapallo tiende a ser mayor para las semillas cultivadas en grandes altitudes, donde la temperatura media es baja, y tiende a ser más baja para las semillas cultivadas a bajas altitudes, donde la temperatura media es alta (Younis, Ghirmay, & Al-Shihry, 2000).

Siegmund, & Murkovic (2004), mencionan que las semilla de zapallo (*Cucurbita pepo* L.) para la producción del aceite, las semillas se tuestan a temperaturas de hasta 130°C, que este el proceso de tostado a altas temperaturas es necesaria para obtener el típico aroma del aceite de semilla zapallo. Los compuestos que son responsables de Roasty/notas de nuez de aroma (pirazinas alquilados, así como 2-acetilpirrol) requieren una temperatura de tostado de al menos 90°C. Otros compuestos que muestran cambios significativos en la concentración

son principalmente productos de degradación de Strecker, así como compuestos derivados de la oxidación de lípidos.



Figura 10. Aceite obtenido de almendras de zapallo Macre.

Además, el aceite de semillas de zapallo es adecuado para la producción de biodiesel y jabón; sin embargo, no tiene potencial para la producción de tinta y pintura (Bwade, Aliyu, & Kwaji, 2013).

4.5 Caracterización del aceite de zapallo

4.5.1 Propiedades físicos-químicas de aceite

Las propiedades físico químicas son los índices más comunes para evaluar la calidad de los aceites de semilla en la industria alimentaria, no obstante, las determinaciones de las propiedades fisicoquímicas del aceite vegetal son necesarios para juzgar la idoneidad de aceite para una aplicación particular (Bwade, *et al.*, 2013). Las determinaciones de aceite extraído por solvente (hexano) se ilustran en la Tabla 11 y 12 de la segunda columna, los resultados fueron similares.

Tabla 11.

Determinaciones físicos-químicas de aceite de las almendras de zapallo Macre

Determinaciones	Aceite de almendras de zapallo por diferentes métodos							
	Con hexano Experimental	Soxhlet hexano ^a	Soxhlet hexano ^b	Soxhlet n-hexano ^c	Soxhlet n-hexano ^d	Evaporado n-hexano ^e	Evaporado n-hexano ^f	Evaporador éter de petróleo ^g
Densidad (Kg/m ³)	910.30				908.00±0.00			
Gravedad específica	0.910	0.915±0,00	0.913±0.00	0.920±0.01				0.910
Peso específico	8381.9							
Volumen específico	0.0012							
Índice de refracción 50 °C	1.465	1.469±0.00	1.465±0.00	1.460±0.00				1.460
Índice de acidez (%)	0.08	0.66±0.20	0.53±0.25	7.08±0.13	0.44±0.11	0.43±0.03	1.20±0.05	7.54±0.02
Índice de peróxidos (meq/Kg)	2.13		0.85±0.46	2.84±0.08	0.22±0.22	0.20±0.01	1.33±0.15	2.33±0.65
Índice de yodo (g/100g)	123.16	123.00±0.10	105.12±5.83	113.81±0.32	104.78±1.22	104.7±0.07	95.55±0.16	153.66±0.65
Índice de saponificación (mg/g)	128.00	132.33±0.02	185.20±5.84	184.41±1.70	151.48±1.40	147.2±0.05	117.13±2.37	175.00±1.30

^aYounis, Ghirmay, & Al-Shihry, (2000). ^bAlfawaz, (2004). ^cJiao, Li, Gai, Li, Wei, & Ma, (2014). ^dEmmanuel, Obi, & Jude, (2015). ^eOkpashi, Ogugua, Ugian, & Njoku, (2013). ^fOuattara, *et al.*, (2015). ^gRezig, Chouaibi, Msaada, & Hamdi, (2012).

Tabla 12.

Determinaciones físico-químicas de aceite de las almendras de zapallo Macre

Determinaciones	Con hexano Experimental	Aceite de almendras de zapallo por diferentes métodos					
		Soxhlet éter de petróleo ^a	Soxhlet Éter de petróleo ^b	Evaporador éter de petróleo ^c	Enzimas ^d	Enzimas ^b	CO ₂ supercrítico ^e
Densidad a 25 °C (Kg/m ³)	910.30						
Gravedad específica	0.910		0.891±0.00		0.910±0.00	0.893±0.00	
Peso específico	8381.9						
Volumen específico	0.0012						
Índice de refracción 50 °C	1.000		1.451±0.00		1.470±0.00	1.467±0.00	1.460±0.01
Índice de acidez (%)	0.08	1.60±0.02	1.40±0.03	0.43±0.15	6.970±0.09	1.87±0.04	5.57±0.59
Índice de peróxidos (meq/Kg)	2.13	1.50±0.01	2.08±0.03	0.22±0.00	2.46±0.03	2.52±0.04	3.46±0.42
Índice de yodo (g/100g)	123.16	86.7±0.50	120.15±0.46	104.7±0.07	116.26±0.47	110.46±0.32	115±4.55
Índice de saponificación (mg/g)	128.00	185.3±1.80		154.4±0.08	183.37±0.96		200±2.21

^aNyam, Tan, Lai, Long, & Man, (2009). ^bLi, Li, Wang, Han, Zhang, Fu, & Zhao, (2016). ^cOkpashi, *et al.*, (2013). ^dJiao, Li, Gai, Li, Wei, & Ma, (2014). ^eMitra, *et al.*, (2009).

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

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

El índice de acidez es indispensable como prueba de pureza, ya que permite sacar conclusiones acerca del estado de la materia prima al igual que de las reacciones de degradación que se hayan podido producir a lo largo del tratamiento y almacenamiento del aceite (ICONTEC NTC 218, 1999). En la grasa bruta, el índice de acidez estima la cantidad de aceite que se perderá durante las etapas de refinado, diseñadas para eliminar los ácidos grasos. En las grasas refinadas, un nivel de acidez elevado significa una grasa mal refinada o una descomposición de la grasa después de su almacenamiento o su utilización. Sin embargo, si una grasa parece poseer una cantidad elevada de FFAs, esto puede ser atribuible a aditivos ácidos (ácido cítrico añadido como quelante de los metales), puesto que cualquier ácido tomará parte en la reacción. Si estos ácidos grasos liberados son volátiles, el FFA o el índice de acidez pueden ser una medida de la ranciedad (Nielsen, & Finkenzeller, 2009).

El índice de peróxido ya que es una medida del oxígeno unido a las grasas en forma de peróxido. Por tal motivo, proporciona información acerca del grado de oxidación de la

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

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

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

4.6 Viscosidad de aceite

En la Tabla 13 se muestra la viscosidad dinámica y cinemática del aceite de zapallo Macre a 19.3 °C, extraído con hexano; y además, en la Tabla 14 se hace la comparación de viscosidad con otros aceites de semillas vegetales.

Tabla 13.
Viscosidad de aceite de semillas de zapallo Macre

Esfera acero		Valores	Desvío medio
Temperatura	°C	19.3	
Masa	g	0,447925	0,009496
	Kg	0,000448	9,5E-06
Diámetro	Mm	4,7325	0,03594
	m	0,004733	3,59E-05
Volumen	m ³	5,55E-08	1,26E-09
Densidad	kg/m ³	8075,932	352,3973
Tiempo	s	2,8925	0,209344
Distancia	m	0,37	0
Velocidad	m/s	0,12846	0,010003
Gravedad	m/s ²	9,81	0
Viscosidad dinámica	kg/m s	0,682353	0,028307
Viscosidad dinámica	cP	68,23525	2,830653
Viscosidad cinemática	m ² /s	0,000751	0.000031

Tabla 14.
Comparación de viscosidad de aceite de zapallo Macre con otras semillas

Propiedades térmicas	Temperatura	semilla de zapallo	Aceite semilla de zapallo^a	Ajonjolí^b	Nuez^b
	19.3	68.23±2.83			
Viscosidad dinámica (kg /m s)	25		48.09±0.03		
	26			52.50±0.00	42.90±0.00
	38			35.10±0.00	29.60±0.00
	50			25.10±0.00	21.20±0.00
Viscosidad cinemática (m²/s)	19.3	0.00075±0.00			

^aAlfawaz, (2004). ^bDiamante, & Lan, (2014).

Según Steffe (1996) y Timms (1985), los aceites vegetales son ejemplos típicos de fluidos newtonianos, con viscosidad independiente de la velocidad de cizallamiento. Por otra parte, los aceites por lo general presentan un comportamiento newtoniano debido a la

presencia de ácidos grasos de cadena larga en su composición (Santos, *et al.*, 2004; Maskan, 2003), y puede confirmada por el estudio de Antunes, *et al.* (2013), sobre el aceite de salvado de arroz. Jorge, *et al.* (2015), manifiesta que el aceite comercial mostró mayor porcentaje de ácidos grasos insaturados, por lo tanto, se espera que tenga menos de la viscosidad en comparación con otros aceites. De acuerdo con la misma lógica, el aceite de Margarida debe presentar mayor viscosidad, ya que contiene menos ácidos grasos insaturados. Davies (2016), y Diamante, & Lan, (2014) menciona que la viscosidad de los aceites vegetales y/o semillas disminuyen al aumentar la temperatura.

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

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- ✓ En semillas secas de zapallo Macre el diámetro medio aritmético, geométrico, área superficial y relación aspecto fue, 0.257 ± 0.092 cm, 0.883 ± 0.234 cm, 2.587 ± 0.756 cm² y 47.234 ± 10.891 , respectivamente; y las propiedades gravimétricas como la densidad real, densidad aparente, porosidad, volumen y esfericidad fue: 414.60 ± 27.70 kg/m³, 273.70 ± 4.80 kg/m³, 33.983 %, 75.00 ± 5.00 m³ y 0.387 ± 0.050 , respectivamente.
- ✓ El rendimiento de las almendras de las semillas frescas y secas de zapallo Macre, 54.10 ± 0.25 (54.10%) 49.40 ± 0.16 (49.40%), indica que las almendras frescas contiene mayor cantidad de agua.
- ✓ El rendimiento de extracción de aceite con hexano se obtuvo $22.67\pm 1.15\%$ de semillas secas de zapallo Mare.
- ✓ Las propiedades físicas y químicas como: Peso específico, índice de refracción, índice de yodo, índice acidez, índice peróxido, índice de saponificación, para las muestras de aceite de almendras de zapallo Macre son semejantes a aceites de almendras de zapallo por otros métodos.

5.2 Recomendaciones

- ✓ Completar el análisis proximal (fibra bruta, grasa y proteína) de la torta de almendra de semilla de zapallo Macre.
- ✓ Determinar el costo por litro de aceite de las almendras de zapallo Macre.
- ✓ Comparar rendimiento de aceite con otras variedades y selecciones de semilla de zapallo de nuestro país Perú, y analizar sus propiedades físicas, químicas y térmicas.
- ✓ Aprovechar la torta de semilla de zapallo como sub producto para alimento de animales.

Referencias

- Abalone, R., Cassinera, A., Gaston, A., & Lara, M. A. (2004). Some physical properties of amaranth seeds. *Biosystems Engineering*, 89(1), 109-117.
- Acosta, M. (2011). Evaluación y escalamiento del proceso de extracción de aceite aguacate utilizando tratamiento enzimático.
- Alain-Claude, R. (2004). Reología y análisis de la textura de los alimentos. *Zaragoza: Acribia*.
- Alcázar, J. (2002). Diccionario Técnico de Industria Alimentaria. Perú, Cusco.
- Alfawaz, M. A. (2004). Chemical composition and oil characteristics of pumpkin (*Cucurbita maxima*) seed kernels. *Food Science and Agriculture*, 2(1), 5-18.
- Altuntaş, E., Özgöz, E., & Taşer, Ö. F. (2005). Some physical properties of fenugreek (*Trigonella foenum-graceum* L.) seeds. *Journal of food engineering*, 71(1), 37-43.
- Altuntaş, E., & Yıldız, M. (2007). Effect of moisture content on some physical and mechanical properties of faba bean (*Vicia faba* L.) grains. *Journal of Food Engineering*, 78(1), 174-183.
- Antunović, Z., Novoselec, J., Sičaja, V., Stainer, Z., Klir, Ž., & Matanić, I. (2016). The use of pumpkin seed cake in the diets of lambs in organic farming. *Krmiva*, 57(1), 3-9.
- Amin, M.N., Hossain, M.A., Roy, K.C. (2004). Effects of moisture content on some physical properties of lentil seeds. *Journal of Food Engineering*. 65(1): 83–87.
- AOAC International. (2000). *Official methods of analysis of AOAC International* (17th ed.). Gaithersburg, USA: Association of Analytical Communities.
- Araiza, N., Alcaraz-Melendez, L., Angulo, M. A., Reynoso-Granados, T., Cruz-Hernandez, P., Ortega-Niebla, M. (2015). Propiedades fisicoquímicas del aceite de semilla de *Jatropha curcas* de poblaciones silvestres en México. *Revista Facultad Ciencia Agrar.*, 47(1).
- Aviara, N. A., Gwandzang, M. I., & Haque, M. A. (1999). Physical properties of guna seeds. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 73(2), 105-111.

- Aviara, N. A., Haque, M.A. (2000). Moisture dependence of density, coefficient of friction and angle of repose of gona seed and Kernel. *J Eng Application 2*: 44-53.
- Bala, B. K., Mondol, M. R. A., Biswas, B. K., & Das, B. L. (2003). Solar drying of pineapple using solar tunnel drier. *Renewable Energy*, 28, 183–190.
- Baltes, W. (2007). Lebensmittelchemie. Química de los alimentos (No. TX545. B318 2007).
- Barbosa, G., & Vega, H. (2000). Deshidratación de alimentos. *Zaragoza: Acribia*.
- Bart-Plange, A., & Baryeh, E. A. (2003). The physical properties of Category B cocoa beans. *Journal of Food Engineering*, 60(3), 219-227.
- Belitz, H. D., & Grosch, W. (1997). Química de los Alimentos. 2da ed. *Zaragoza: Acribia*.
- Bergues, C. C., Griñán, P., Bériz, I., (2008) “Generalización de secadores solares directos en Cuba. Análisis numérico de sus tendencias actuales”, *Revista Desarrollo Local Sostenible*, 3(8).
- Bernardo-Gil, M. G., & Lopes, L. M. C. (2004). Supercritical fluid extraction of Cucurbita ficifolia seed oil. *European Food Research and Technology*, 219(6), 593-597.
- Bwade, K. E., Aliyu, B., & Kwaji, A. M. (2013). Physicochemical properties of pumpkin seed oil relevant to bio-diesel production and other industrial applications. *International Journal of Engineering, Business and Enterprise Applications (IJEBA)*, 4(1), 72-78.
- Canciam, C. A. (2013). Aplicação da análise de regressão linear na estimativa da energia de ativação de fluxo dos ácidos oleico e palmítico. *Revista da Universidade Vale do Rio Verde*, 11(1), 10-18.
- Cetin, M. (2007). Physical properties of barbunia bean (*Phaseolus vulgaris* L. cv. ‘Barbunia’) seed. *Journal of Food Engineering*, 80(1), 353-358.
- Caps, A. 2014. Tecnología de los alimentos de origen vegetal. España: editorial síntesis S.A. 372 p.
- Castro, L. (2013). Utilización de zapallo (*Cucurbita máxima* y *Cucurbita pepo*), en la elaboración de compotas, Quevedo-los Ríos.2013. Tesis

- Colina, M. L. (2010). Deshidratación de alimentos. *México DF.: Trillas.*
- Collazos, C., Alvisur, E., Vasquez, J., Herrera, N., Robles, N., Arias, M., & Roca, A. (1996). Tablas peruanas de composición de alimentos. *7ma. Edición.* Instituto Nacional de Salud, Lima (Peru); Centro Nacional de Alimentación y Nutrición, Lima (Peru).
- Corrêa, P. C., Henrique, G., Oliveira, H., Botelho, F. M., Luis, A., & Goneli, D. (2010). Modelagem matemática e determinação das propriedades termodinâmicas do café (*Coffea arabica* L.) durante o processo de secagem. *Revista Ceres Vicoca*, 57(5), 595–601.
- Cruz, D., de León, E. L., Pascual, L. F., & Battaglia, M. (2011). Guía técnica de construcción y funcionamiento de secadoras solares tipo domo. *Journal of Agriculture and Environment for International Development (JAEID)*, 104(3/4), 125-138.
- Davies, R. M. (2016) Effect of the temperature on dynamic Viscosity, Density and flow rate of some vegetable oils. *Journal of Scientific Research in Engineering & Technology*, 1(1), 14-24.
- De Oliveira, G. H. H., Aragao, D. M. S., De Oliveira, A. P. L. R., Silva, M. G., & Gusmao, A. C. A. (2015). Modelagem e propriedades termodinâmicas na secagem de morangos. *Brazilian Journal of Food Technology*, 18(4), 314–321.
- Diamante, L. M., & Lan, T. (2014). Absolute viscosities of vegetable oils at different temperatures and shear rate range of 64.5 to 4835 s⁻¹. *Journal of Food Processing*, 2014.
- Doria, J. 2010. Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. *Cultivos tropicales*. 31(1) 74-85 p.
- Duran Ramírez, F. (2008). *Ciencia, tecnología e industria de alimentos*. Colombia: Grupo latino editores
- Espinosa, J. (2012). Efecto de la Aplicación de concentraciones NaCl y Boro en el crecimiento y Desarrollo de cultivo de zapallo (*Cucurbita Máxima*) ecotipo pachía, bajo condiciones ambientales controladas. Tesis

- Emmanuel, C. O., Obi, U. N., & Jude, C. O. C. O. (2015). The Effects of Increasing Alkyl Ester Head Groups on the Fuel Properties of Fluted Pumpkin (*Telfairia occidentalis* hook F) Seed Oil Biodiesels. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 15(5), 913-919.
- Fajardo, B. L., Molina, D. P., Ospina, J. E., y García, H. R. 1999. Determinación de algunas Propiedades Físicas y Mecánicas de la Pamela Granulada. *Revista Ingeniería e investigación*, 43(1), 34-39.
- Ferías, A. y Matos A. (2009). Influencia de temperatura y tamaño de partícula en el proceso de extracción de aceite de semilla de uva (*Vitis vinífera*).
- George, S. (2015). Effective utilization of processing techniques on nutritional and pharmacological activities of pumpkin seeds. Disponible en <http://hdl.handle.net/10603/40393>
- Glew, R. H., Glew, R. S., Chuang, L. T., Huang, Y. S., Millson, M., Constans, D., & Vanderjagt, D. J. (2006). Amino acid, mineral and fatty acid content of pumpkin seeds (*Cucurbita* spp) and *Cyperus esculentus* nuts in the Republic of Niger. *Plant foods for human nutrition*, 61(2), 49-54.
- Grisales, S. O. 2012. Fruto y semilla de *Cucurbita moschata* fuente de carotenoides y aceite con valor agregado. In *Congreso brasileiro de olericultura* (Vol. 52).
- González, D. M., & Yáñez, Y. M. (2012). Diseño y Construcción de un Extractor Sólido-Líquido para la Obtención de Aceite de Semillas de Sambo y zapallo. (Tesis de obtención de Ingeniería química).
- Gupta, R. K., & Das, S. K. (1997). Physical properties of sunflower seeds. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 66(1), 1-8.
- Idouraine, A., Kohlhepp, E. A., Weber, C. W., Warid, W. A., & Martinez-Tellez, J. J. (1996). Nutrient constituents from eight lines of naked seed squash (*Cucurbita pepo* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44(3), 721-724.
- Jain, D., & Pathare, P. B. (2007). Study the drying kinetics of open sun drying of fish. *Journal of Food Engineering*, 78(4), 1315–1319. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.12.044>

- Jara, L. F. (Ed.). (1997). Secado, procesamiento y almacenamiento de semillas forestales (Vol. 24). CATIE.
- Jiao, J., Li, Z. G., Gai, Q. Y., Li, X. J., Wei, F. Y., Fu, Y. J., & Ma, W. (2014). Microwave-assisted aqueous enzymatic extraction of oil from pumpkin seeds and evaluation of its physicochemical properties, fatty acid compositions and antioxidant activities. *Food chemistry*, 147, 17-24.
- Joshi, D. C., Das, S. K., & Mukherjee, R. K. (1993). Physical properties of pumpkin seeds. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 54(3), 219-229.
- Konak, M., Carman, K., & Aydin, C. (2002). PH—Postharvest Technology: Physical properties of chick pea seeds. *Biosystems Engineering*, 82(1), 73-78.
- Latino, G. (2006). Manual del Ingeniero de Alimentos. *IGL Ltda. Editores. Colombia*.
- Lawson, H. (1999). Aceites y grasas alimentarios: tecnología, utilización y nutrición. Acribia.
- Lafont, J. J., & Portacio, A. A. (2011). Extracción y Caracterización Físicoquímica del Aceite de la Semilla (Almendra) del Marañón (*Anacardium occidentale* L). *Información tecnológica*, 22(1), 51-58.
- Lewis, M. J. (1993). Propiedades físicas de los alimentos y de los sistemas de procesado. España: Editorial Acribia S.A.
- Li, X. J., Li, Z. G., Wang, X., Han, J. Y., Zhang, B., Fu, Y. J., & Zhao, C. J. (2016). Application of cavitation system to accelerate aqueous enzymatic extraction of seed oil from *Cucurbita pepo* L. and evaluation of hypoglycemic effect. *Food Chemistry*, 212, 403-410.
- Lira, R., Eguiarte, L., Montes, S. (2009). Proyecto recopilación y análisis de la información existentes de la especie de los géneros *Cucurbita* y *Sechium* que crecen y/o se cultiva en México. 107 p. Disponible en: http://www.biodiversidad.gob.mx/genes/centrosOrigen/Cucurbita%20y%20Sechium/Informe_Final/Informe%20final%20Cucurbita%20y%20Sechium.pdf

- Londoño, P., Valera, M. V., Silva, V., & Pitre, A. (2014). Extracción del aceite de la semilla de patilla (*Citrullus vulgaris*) por lixiviación. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 5(4).
- Maduako J.N., Faborode M.O. (1990). Some physical properties of cocoa pods in relation to primary processing. *Ife J Technol* 2(1), 1–7.
- Martínez, Y., Valdivie, M., Lao, A., & Leyva, L. 2007. Potencialidades de las semillas de calabaza como alimento para monogástricos. *Asociación Cubana de Producción Animal* (ACPA).
- Martínez, M. 2010. Extracción y caracterización de aceite de nuez (*Juglas regia* L.): influencia del cultivar y de factores tecnológicos sobre su composición y estabilidad oxidativa.
- Matissek, R., Steiner, G., & Schnepel, F. M. (1998). *Análisis de los alimentos: fundamentos, métodos, aplicaciones*. Acribia.
- Medina Vivanco, M. L., Coronado Jorge, M. F., García Garay, N., & Cueva Benavides, A. D. (2007). Manejo Postcosecha, Caracterización físico-química, secado y almacenamiento de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*) cultivado en tres pisos ecológicos de la Región San Martín. Concurso de proyectos de investigación 2006-2007.
- Merino, M. C., & Otiniano, G. M. (2014). Estudio para instalar una planta procesadora de puré instantáneo de zapallo Macre. *Ingeniería Industria*, 32, 173-195.
- Mitra, P., Ramaswamy, H. S., & Chang, K. S. (2009). Pumpkin (*Cucurbita maxima*) seed oil extraction using supercritical carbon dioxide and physicochemical properties of the oil. *Journal of food engineering*, 95(1), 208-213.
- McCabe W.L., Smith J.C., Harriot P. (1986). *Unit Operations of Chemical Engineering*. McGraw- Hill, New York, USA.
- Morata, A. (2010). Nuevas tecnologías de conservación de alimentos. *Madrid: Antonio Madrid Vicente*. 321 p.
- Moreau, R. A., Kamal-Eldin, A. (2009). *Gourmet and Health-Promoting Specialty Oils*. 587 p.

- Moreiras, O., Carbajal, A., Cabrera, L., & Cuadrado, C. (2013). Tabla de composición de Alimentos. Ediciones Pirámide. 16^o edición. 455 p.
- Navarro, M. (2003). Desempeño fisiológico de las semillas de árboles leguminosos de uso múltiple en el trópico. *Pastos y Forrajes*, 26(2).
- Nielsen, S. S., & Finkenzeller, M. U. (2009). Análisis de los alimentos. *Zaragoza: Acribia*. 657 p.
- Nishimura, M., Ohkawara, T., Sato, H., Takeda, H., & Nishihira, J. (2014). Pumpkin seed oil extracted from Cucurbita maxima improves urinary disorder in human overactive bladder. *Journal of traditional and complementary medicine*, 4(1), 72.
- Norma Técnica Colombiana 336. (2002). Grasas y aceites animales y vegetales. Método de la determinación de la densidad- Masa por volumen convencional. Editado por el instituto Colombiano de normas técnicas y certificación (ICONTEC).
- Norma Técnica Colombiana 287. (1998). Grasas y aceites animales y vegetales. Método de Determinación de Humedad y Sustancias Volátiles. Editado por instituto colombiano de normas técnicas y certificación (ICONTEC).
- Norma Técnica Colombiana 218. (1999). Grasas y aceites animales y vegetales. Determinación de índice de acidez y de la acidez. Editado por el instituto Colombiano de normas técnicas y certificación (ICONTEC).
- Norma Técnica Colombiana 236. (1998). Grasas y aceites animales y vegetales. Método de Determinación del índice de Peróxido. Editado por el instituto Colombiano de normas técnicas y certificación (ICONTEC).
- Norma Técnica Colombiana 283. (1998). Grasas y aceites animales y vegetales. Método de determinación del índice de yodo. Editado por el instituto Colombiano de normas técnicas y certificación (ICONTEC).
- Norma Técnica Colombiana 335. (1999). Grasas y aceites animales y vegetales. Método de determinación del índice de saponificación. Editado por el instituto Colombiano de normas técnicas y certificación (ICONTEC).

- Nyam, K. L., Tan, C. P., Lai, O. M., Long, K., & Man, Y. C. (2009). Physicochemical properties and bioactive compounds of selected seed oils. *LWT-Food Science and technology*, 42(8), 1396-1403.
- Ospina, D. y Tinoco, H. (2010). Análisis del proceso de deshidratación de cacao para la disminución del tiempo de secado. *Revista Escuela de Ingeniería de Antioquía* 13(5): 53-63.
- Okpashi, V. E., Ogugua, V. N., Ugian, E. A., & Njoku, O. U. (2013). Physico-chemical properties of fluted pumpkin (*telfiariaoccidentalis hook f*) seeds. *The International Journal of Engineering and Science*, 2(9), 36-38.
- Olajide, J. D. y Ade-Omowaye, B. I. 1999. Some physical properties of locust bean seed. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 74(2): 213–215.
- Ordoñez, M. R., Gely, M. C., y Pagano, A. M. 2012. Estudio de las propiedades físicas y de la Cinética del secado de Granos de Maíz colorado duro. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 3(3) 153-172.
- Ortiz, S. Pasos, S. C., Rivas, X. C., Valdés M. P., y Vallejo F. A. 2009. Extracción y cauterización de aceite de semilla de zapallo. *Acta Agronómica*, 59(3). 145-151.
- Ouattara, C. A. T., Somda, M. K., Moyen, R., & Traore, A. S. (2015). Comparative physico-chemical and proximate analysis of oils of Shea nut, *Sesamum indicum*, *Cucurbita pepo*, *Cucumis melo* seeds commonly cultivated in West Africa. *African Journal of Biotechnology*, 14(31), 2449-2454.
- Özarlan, C. (2002). Physical properties of cotton seed. *BiosystemsEngineering*. 83: 169–174 p.
- Patel, S. (2013). Pumpkin (*Cucurbita* sp.) seeds as nutraceutic: a review on status quo and scopes. *Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism*, 6(3), 183-189.
- Popović, S., Peričin, D., Vaštag, Ž., Lazić, V., & Popović, L. (2012). Pumpkin oil cake protein isolate films as potential gas barrier coating. *Journal of Food Engineering*, 110(3), 374-379.

- Popović, S., Peričin, D., Vaštag, Ž., Popović, L., & Lazić, V. (2011). Evaluation of edible film-forming ability of pumpkin oil cake; effect of pH and temperature. *Food Hydrocolloids*, 25(3), 470-476.
- Potočnik, T., Ogrinc, N., Potočnik, D., & Košir, I. J. (2016). Fatty acid composition and $\delta^{13}\text{C}$ isotopic ratio characterisation of pumpkin seed oil. *Journal of Food Composition and Analysis*.
- Procida, G., Stancher, B., Cateni, F., & Zacchigna, M. (2013). Chemical composition and functional characterisation of commercial pumpkin seed oil. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(5), 1035-1041.
- Raziq, S., Anwar, F., Mahmood, Z., Shahid, S. A., & Nadeem, R. (2012). Characterization of seed oils from different varieties of watermelon [*Citrullus lanatus* (Thunb.)] from Pakistan. *Grasas y aceites*, 63(4), 365-372.
- Rezig, L., Chouaibi, M., Msaada, K., & Hamdi, S. (2012). Chemical composition and profile characterisation of pumpkin (*Cucurbita maxima*) seed oil. *Industrial Crops and Products*, 37(1), 82-87.
- Reyes-García, M. Gómez-Sánchez, I., Espinoza-Barrientos, C. (2013). Tablas peruanas de composición de alimentos. 9na. Ed. Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud. Lima.
- Rivera, Y., Gutiérrez, C., Gómez, R., Matute, M. & Izaguirre, C. 2014. Cuantificación del deterioro de aceite vegetales usados en procesos de frituras en establecimientos ubicados en el Municipio Libertador de Estado Mérida. *Revista Ciencia e Ingeniería*, 35(3), 157-164.
- Rojas, A. F., Aristizábal, I. D. 2011. Efecto del contenido de humedad sobre propiedades físicas de la semilla Vitabosa (*Mucuna Deeringiana*). *Revista Facultad de Ciencias Agropecuarias, Medellín* 64(1), 5961-5971.
- Robinson RW, Decker-Walters DS (1997). Cucurbits, Cab. International, PP.

- Santana, L. (2013). Obtención de aceite de aguacate (*Persea americana* Mill) con tres variedades: (P. a. Mill Hass) (P. a. Mill Santana) y (P. a. Mill Choquete), utilizando tres métodos de extracción. 96 p.
- Selvi, K. Ç., Pınar, Y., & Yeşiloğlu, E. (2006). Some physical properties of linseed. *Biosystems Engineering*, 95(4), 607-612.
- Sharanagat, V. S., & Goswami, T. K. (2014). Effect of moisture content on physio-mechanical properties of coriander seeds (*Coriandrum sativum*). *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 16(3), 166-172.
- Siegmund, B., & Murkovic, M. (2004). Changes in chemical composition of pumpkin seeds during the roasting process for production of pumpkin seed oil (Part 2: volatile compounds). *Food Chemistry*, 84(3), 367-374.
- Singh, K., & Goswami, T. (1996). Physical Properties of Cumin Seed. *Journal Agricultural Engineering Research*, 64, 93-98
- Stevenson, D. G., Eller, F. J., Wang, L., Jane, J. L., Wang, T., & Inglett, G. E. (2007). Oil and tocopherol content and composition of pumpkin seed oil in 12 cultivars. *Journal of agricultural and food chemistry*, 55(10), 4005-4013.
- Trevejo, E.Y M. Maria 2002. Extracción y caracterización del aceite de paraqueiba serícea Tulasne (UMARI).
- Treybal, R. (1989). Operaciones de transferencias de masa. Segunda edición. Editorial McGraw-Hill. México.
- Thompson RA, Isaacs GW (1967). Porosity determination of grains and seeds with air comparison pycnometer. *Trans ASAE* 10: 693–696.
- Valderrama, J., & Aravena, A. M. Y. F. (1994). Industrialización de la higuera o planta de ricino parte II: extracción de aceite. *Información tecnológica*, 5(3), 91-97.
- Valdez, C., Untiveros, G. 2010. Extracción y caracterización del aceite de las larvas del *Tenebrio Molitor*.

- Vaštag, Ž., Popović, L., Popović, S., Krimer, V., & Peričin, D. (2010). Hydrolysis of pumpkin oil cake protein isolate and free radical scavenging activity of hydrolysates: Influence of temperature, enzyme/substrate ratio and time. *Food and bioproducts processing*, 88(2), 277-282.
- Villa-Vélez, H. A., de Souza, S. J. F., Pumacaua-Ramos, A., Polachini, T., & Telis-Romero, J. (2015). Thermodynamic properties of water adsorption from orange peels. *Journal of Bioenergy and Food Science*, 2(2), 72–81.
- Walters, S. A., & Taylor, B. H. (2006). Effects of honey bee pollination on pumpkin fruit and seed yield. *HortScience*, 41(2), 370-373.
- Younis, Y. M. H., Ghirmay, S., & Al-Shihry, S. S. (2000). African Cucurbita pepo L.: properties of seed and variability in fatty acid composition of seed oil. *Phytochemistry*, 54(1), 71-75.

Anexos

ANEXO 1. METODOLOGÍA DE DETERMINACIÓN DE HUMEDAD

32.1.03

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

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

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

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

ANEXO 2. METODOLOGÍA DE DETERMINACIÓN DE CENIZA

AOAC Official Method 923.03 Ash of Flour Direct Method Final Action

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

Reference: JAOAC 7, 132(1923).

ANEXO 3. MÉTODO DE NÚMERO DE ACIDEZ (MÉTODO OFICIAL AOCS CA5A-40)

Materiales y equipo

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

Reactivos

- Hidróxido de potasio
- Fenolftaleína
- Alcohol etílico

Soluciones

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

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

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

Tabla 15. *Relación entre el porcentaje de ácidos grasos libres y la concentración de la solución titulante*

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

Procedimiento

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

Cálculos

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

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

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

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

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

Recomendaciones

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

ANEXO 4. MÉTODO DE ÍNDICE DE PERÓXIDOS DE LOS ACEITES Y GRASAS

AOAC Official Method 965.33 Peroxide Value of Oils and Fats

Titration Method
First Action 1965
Final Action 1969

AOCS-AOAC Method

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

A. Reagents

(a) *Acetic acid-chloroform solution.*—Mix 3 volumes CH₃COOH with 2 volumes CHCl₃, USP.

(b) *Potassium iodide solution, saturated.*—Dissolve excess KI in freshly boiled H₂O. Excess solid must remain. Store in dark. Test daily by adding 0.5 mL to 30 mL CH₃COOH-CHCl₃, (a); then add 2 drops 1% starch solution, (mix ca 1 g soluble starch with enough cold H₂O to make thin paste, add 100 mL boiling H₂O, and boil ca 1 min while stirring). If solution turns blue, requiring >1 drop 0.1N Na₂S₂O₃ to discharge color, prepare fresh solution.

(c) *Sodium thiosulfate standard solutions.*—0.1 and 0.01N. Prepare and standardize as in 942.27 (see A.1.13). For 0.01N, dilute 0.1N with freshly boiled and cooled H₂O.

B. Determination

(a) *Fats and oils.*—Weigh 5.00 ± 0.05 g sample into 250 mL glass-stoppered Erlenmeyer. Add 30 mL CH₃COOH-CHCl₃, (a), and swirl to dissolve. Add 0.5 mL saturated KI solution, (b), from Mohr pipet, let stand with occasional shaking 1 min, and add 30 mL H₂O. Slowly titrate with 0.1N Na₂S₂O₃ with vigorous shaking until yellow is almost gone. Add ca 0.5 mL 1% starch solution, and continue titration, shaking vigorously to release all I₂ from CHCl₃ layer, until blue just disappears. If <0.5 mL 0.1N Na₂S₂O₃ is used, repeat determination with 0.01N Na₂S₂O₃.

Conduct blank determination daily (must be ≤0.1 mL 0.1N Na₂S₂O₃). Subtract from sample titration.

Peroxide value (milliequivalent peroxide/kg sample) = $S \times N \times 1000/g$ sample, where S = mL Na₂S₂O₃ (blank corrected) and N = normality Na₂S₂O₃ solution.

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

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

ANEXO 5. MÉTODO DE ÍNDICE DE YODO

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

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

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

Method Performance:

See Table 993.20A for method performance data.

A. Principle

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

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

B. Apparatus

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

C. Reagents

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

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

Determine I/Cl ratio as follows:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

D. Standardization of Sodium Thiosulfate Solution

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

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

E. Determination

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

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

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

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

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

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

Table 993.20B Sample Weights

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

F. Calculation

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

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

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

ANEXO 6. MÉTODO DE ÍNDICE DE SAPONIFICACIÓN

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

A. Reagent

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

B. Determination

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

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

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

ANEXO 7. FRUTO DE ZAPALLO MACRE DE 15 KG.



ANEXO 8. SECADO DE SEMILLA DE ZAPALLO MACRE



ANEXO 9. HUMEDAD DE LA SEMILLA FRESCA Y SECA Y, ALMENDRA FRESCA Y SECA DE ZAPALLO MACRE

Semilla de zapallo Macre	Humedad %	Promedio	Desviación estándar
	75.55		
Semilla fresca	71.06	72.703	2.021
	71.5		
	67.54		
Semilla seca	65.34	67.071	1.265
	68.33		
	33.92		
Almendra fresca	32.26	32.692	0.878
	31.90		
	5.58		
Almendra seca	5.68	5.649	0.048
	5.69		

ANEXO 10. DIMENSIONES AXIALES DE LAS SEMILLAS FRESCAS DE ZAPALLO MACRE

8	(a)	(b)	(c)	D _a	D _g	S	R _a	Φ
1	2.92	1.80	0.66	1.793	1.514	7.199	0.616	0.518
2	2.95	1.59	0.62	1.720	1.427	6.401	0.539	0.484
3	2.68	1.67	0.61	1.653	1.398	6.137	0.623	0.522
4	3.09	1.46	0.73	1.760	1.488	6.954	0.472	0.481
5	2.94	1.47	0.68	1.697	1.432	6.446	0.500	0.487
6	2.54	1.37	0.68	1.530	1.333	5.579	0.539	0.525
7	2.94	1.45	0.64	1.677	1.397	6.134	0.493	0.475
8	2.99	1.42	0.67	1.693	1.417	6.307	0.475	0.474
9	2.70	1.47	0.64	1.603	1.364	5.849	0.544	0.505
10	2.85	1.62	0.87	1.780	1.590	7.938	0.568	0.558
11	3.08	1.53	0.59	1.733	1.406	6.212	0.497	0.457
12	2.97	1.66	0.62	1.750	1.451	6.617	0.559	0.489
13	2.95	1.65	0.61	1.737	1.437	6.490	0.559	0.487
14	2.73	1.59	0.76	1.693	1.489	6.962	0.582	0.545
15	2.91	1.44	0.73	1.693	1.452	6.620	0.495	0.499
16	2.81	1.50	0.63	1.647	1.385	6.024	0.534	0.493
17	3.00	1.55	0.69	1.747	1.475	6.834	0.517	0.492
18	2.79	1.57	0.62	1.660	1.395	6.115	0.563	0.500
19	3.06	1.45	0.54	1.683	1.338	5.625	0.474	0.437
20	2.94	1.60	0.68	1.740	1.473	6.820	0.544	0.501
21	3.09	1.42	0.70	1.737	1.454	6.638	0.460	0.470
22	2.87	1.69	0.61	1.723	1.436	6.475	0.589	0.500
23	2.98	1.64	0.63	1.750	1.455	6.649	0.550	0.488
24	2.97	1.70	0.74	1.803	1.552	7.564	0.572	0.522
25	3.05	1.59	0.57	1.737	1.403	6.188	0.521	0.460
26	2.79	1.56	0.68	1.677	1.436	6.476	0.559	0.515
27	2.86	1.45	0.61	1.640	1.363	5.833	0.507	0.476
28	3.12	1.72	0.78	1.873	1.612	8.160	0.551	0.517
29	2.76	1.62	0.68	1.687	1.449	6.593	0.587	0.525
30	2.98	1.54	0.66	1.727	1.447	6.577	0.517	0.486
31	2.77	1.56	0.86	1.730	1.549	7.537	0.563	0.559
32	3.00	1.51	0.68	1.730	1.455	6.651	0.503	0.485
33	2.73	1.68	0.61	1.673	1.409	6.238	0.615	0.516
34	2.95	1.62	0.73	1.767	1.517	7.226	0.549	0.514
35	3.08	1.42	0.61	1.703	1.387	6.043	0.461	0.450
36	2.95	1.57	0.64	1.720	1.436	6.483	0.532	0.487
37	2.50	1.57	0.66	1.577	1.373	5.926	0.628	0.549
38	2.93	1.55	0.74	1.740	1.498	7.049	0.529	0.511
39	2.86	1.59	0.64	1.697	1.428	6.404	0.556	0.499
40	2.82	1.54	0.77	1.710	1.495	7.025	0.546	0.530
41	2.73	1.60	0.60	1.643	1.379	5.972	0.586	0.505
42	2.71	1.68	0.75	1.713	1.506	7.124	0.620	0.556
43	2.84	1.66	0.63	1.710	1.437	6.491	0.585	0.506
44	2.61	1.54	0.83	1.660	1.494	7.014	0.590	0.572
45	2.81	1.61	0.62	1.680	1.410	6.248	0.573	0.502
46	2.86	1.48	0.61	1.650	1.372	5.913	0.517	0.480
47	2.84	1.62	0.62	1.693	1.418	6.319	0.570	0.499
48	2.94	1.44	0.62	1.667	1.379	5.978	0.490	0.469
49	3.07	1.61	0.62	1.767	1.453	6.628	0.524	0.473
50	2.93	1.52	0.71	1.720	1.468	6.768	0.519	0.501
Prom	2.885	1.563	0.670	1.706	1.443	6.538	0.542	0.500
Min	2.500	1.370	0.540	1.470	1.333	5.579	0.548	0.533
Max	3.120	1.800	0.870	1.930	1.612	8.160	0.577	0.517
Desvia	0.151	0.089	0.073	0.105	0.061	0.012	0.592	0.401
Mediana	2.925	1.570	0.650	1.715	1.437	6.486	0.537	0.491
Varianza	0.020	0.009	0.005	0.011	0.004	0.000	0.422	0.176

(a), Diámetro mayor, (b) Diámetro medio, (c) Diámetro menor, D_a diámetro medio aritmético, D_g diámetro medio geométrico, S área superficial específica, R_a relación aspecto y Φ esfericidad.

ANEXO 11. DIMENSIONES AXIALES DE LAS SEMILLAS SECAS DE ZAPALLO MACRE

Nº	(a)	(b)	(c)	D _a	D _g	S	R _a	Φ
1	2,92	1,80	0,66	1.300	1.046	3.436	0.591	0.475
2	2,95	1,59	0,62	1.347	0.864	2.345	0.477	0.332
3	2,68	1,67	0,61	1.400	1.091	3.742	0.520	0.437
4	3,09	1,46	0,73	1.347	0.976	2.993	0.496	0.390
5	2,94	1,47	0,68	1.267	0.939	2.770	0.522	0.408
6	2,54	1,37	0,68	1.267	0.939	2.770	0.522	0.408
7	2,94	1,45	0,64	1.267	0.832	2.175	0.500	0.347
8	2,99	1,42	0,67	1.300	0.843	2.235	0.480	0.337
9	2,70	1,47	0,64	1.353	0.981	3.025	0.504	0.393
10	2,85	1,62	0,87	1.300	0.964	2.922	0.565	0.419
11	3,08	1,53	0,59	1.343	0.973	2.977	0.492	0.389
12	2,97	1,66	0,62	1.293	0.947	2.818	0.492	0.395
13	2,95	1,65	0,61	1.267	1.018	3.258	0.545	0.463
14	2,73	1,59	0,76	1.267	0.939	2.770	0.522	0.408
15	2,91	1,44	0,73	1.197	0.908	2.593	0.567	0.433
16	2,81	1,50	0,63	1.300	0.964	2.922	0.565	0.419
17	3,00	1,55	0,69	1.333	0.978	3.006	0.542	0.408
18	2,79	1,57	0,62	1.343	0.973	2.977	0.492	0.389
19	3,06	1,45	0,54	1.200	0.808	2.052	0.545	0.367
20	2,94	1,60	0,68	1.300	1.034	3.356	0.522	0.449
21	3,09	1,42	0,70	1.427	1.012	3.218	0.474	0.375
22	2,87	1,69	0,61	1.317	0.855	2.297	0.500	0.342
23	2,98	1,64	0,63	1.267	0.950	2.837	0.591	0.432
24	2,97	1,70	0,74	1.333	0.855	2.294	0.462	0.329
25	3,05	1,59	0,57	1.300	1.034	3.356	0.522	0.449
26	2,79	1,56	0,68	1.300	0.938	2.763	0.440	0.375
27	2,86	1,45	0,61	1.383	1.077	3.645	0.500	0.431
28	3,12	1,72	0,78	1.237	0.823	2.126	0.526	0.358
29	2,76	1,62	0,68	1.300	0.938	2.763	0.440	0.375
30	2,98	1,54	0,66	1.233	0.820	2.114	0.522	0.357
31	2,77	1,56	0,86	1.233	0.820	2.114	0.522	0.357
32	3,00	1,51	0,68	1.367	0.962	2.909	0.407	0.356
33	2,73	1,68	0,61	1.233	0.912	2.614	0.478	0.397
34	2,95	1,62	0,73	1.567	1.113	3.888	0.630	0.412
35	3,08	1,42	0,61	1.287	0.942	2.786	0.483	0.392
36	2,95	1,57	0,64	1.303	0.846	2.247	0.484	0.338
37	2,50	1,57	0,66	1.300	0.952	2.850	0.500	0.397
38	2,93	1,55	0,74	1.400	0.861	2.328	0.379	0.297
39	2,86	1,59	0,64	1.367	0.978	3.006	0.462	0.376
40	2,82	1,54	0,77	1.267	1.004	3.167	0.478	0.437
41	2,73	1,60	0,60	1.300	1.046	3.436	0.591	0.475
42	2,71	1,68	0,75	1.297	0.841	2.222	0.476	0.336
43	2,84	1,66	0,63	1.257	0.836	2.195	0.552	0.363
44	2,61	1,54	0,83	1.267	1.030	3.331	0.619	0.490
45	2,81	1,61	0,62	1.233	0.808	2.052	0.458	0.337
46	2,86	1,48	0,61	1.200	0.986	3.057	0.600	0.493
47	2,84	1,62	0,62	1.233	0.912	2.614	0.478	0.397
48	2,94	1,44	0,62	1.333	1.061	3.540	0.565	0.462
49	3,07	1,61	0,62	1.267	0.832	2.175	0.500	0.347
50	2,93	1,52	0,71	1.470	0.899	2.538	0.403	0.300
Prom	2,885	1,563	0,670	1.305	0.948	2.822	0.507	0.394
Min	2,500	1,370	0,540	1.100	0.761	1.817	0.550	0.380
Max	3,120	1,800	0,870	1.700	1.268	5.053	0.567	0.423
Desvia	0,151	0,089	0,073	0.120	0.109	0.037	0.479	0.560
Mediana	2,925	1,570	0,650	1.300	0.952	2.850	0.500	0.397
Varianza	0,020	0,009	0,005	0.017	0.012	0.000	0.236	0.326

(a), Diámetro mayor , (b) Diámetro medio, (c) Diámetro menor, D_a diámetro medio aritmético, D_g diámetro medio geométrico, S área superficial específica, Ra relación aspecto y Φ esfericidad.

ANEXO 12. DENSIDAD REAL Y APARENTE DE SEMILLA DE ZAPALLO MACRE

Densidad real

Repetición	masa	volumen	Densidad Kg/m ³		
1	31	75	413,3	Promedio	31
2	31	70	442,9	Min	31
3	31	80	387,5	Max	31
Total	93	Promedio	414,6	Mediana	31
		Desvia	27,7	Varianza	0

Densidad aparente

Repetición	masa	volumen	Densidad Kg/m ³		
1	337	1207	279,2	Promedio	330,33
2	327	1207	270,9	Min	327,00
3	327	1207	270,9	Max	337,00
		Promedio	273,7	Mediana	327,00
		Desvia	4,8	Varianza	33,33

ANEXO 13. DETERMINACIÓN DE HUMEDAD Y CENIZA DE ZAPALLO MACRE



Humedad de semilla y almendra de semilla de zapallo



Ceniza de semilla de zapallo

ANEXO 14. EXTRACCIÓN DE ACEITE CON HEXANO DE LAS SEMILLAS SECAS DE ZAPALLO



Separación de aceite y torta

Repetición	Rendimiento	Porcentaje
1	2,2	22
2	2,4	24
3	2,2	22
Promedio	2,267	22,667
Desviación estándar	0,115	1,155

Rendimiento de aceite

ANEXO 15. DETERMINACIONES FÍSICOS QUÍMICAS DE ACEITE DE ALMENDRAS DE ZAPALLO MACRE



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



CERTIFICADO DE ANÁLISIS N° 3213APVF-2016

SOLICITANTE : Haydeé Hayqui Betancurt
DIRECCIÓN :
PRODUCTO : Aceite de almendra de Zapallo Macre.
TAMAÑO DE MUESTREO : 01 Botella de 200 ml de vidrio.
TIPO DE ENVASE : Vidrio acaramelado.
CANTIDAD : 250 ml.
LOTE :
ANÁLISIS SOLICITADO : Varios.
FECHA DE PRODUCCIÓN :
FECHA DE VENCIMIENTO :
FECHA DE MUESTREO Y HORA :
FECHA DE RECEPCIÓN : 05 de agosto del 2016.
FECHA DE CERTIFICACIÓN : 10 de agosto del 2016.

RESULTADOS:

De acuerdo al reporte de análisis que obra en los archivos del laboratorio, los resultados son:
DETERMINACIONES FÍSICOS QUÍMICAS, SANIDAD Y ASPECTO:

DETERMINACIONES	APVF
Agua %	--
Densidad Relativa %	0,18
Acidez %	0,08
Índice de Peróxidos meq/Kg	2,13
Índice de Refracción (50 °C)	1,000
Índice de Yodo g/100g	123,16
Índice de Saponificación mg/g	128,00
Aceite mineral ppm	--
Hierro ppm	--
Cobre ppm	--
Sodio ppm	--
Plomo mg/Kg	--
Arsénico mg/Kg	--

CARACTERÍSTICAS FÍSICO ORGANOLÉPTICAS:

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

CONCLUSIÓN:

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

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

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



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

Los resultados son aplicables a esta muestra.

Rinconada de Salcedo s/n