

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



**“EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA GRASA DE
LA ALMENDRA DE MANGO (*Mangífera indica L.*) VARIEDAD
KENT POR PRENSA MECÁNICA”**

Presentado por:

SHEYLA GISSELLE SILVA CRUZ

**TRABAJO ACADÉMICO PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

Lima – Perú

2018

DEDICATORIA

A **Dios**, por la fortaleza que me da para luchar por mis sueños y por poner en mi camino a personas que me ayudaron y que me ayudan a crecer.

Al **Universo**, por ser un gran maestro en mi proceso de evolución. Gracias, gracias, gracias.

A **mis padres**, por su apoyo incondicional, por creer en mí y por la dicha que me transmiten al verlos orgullosos con cada uno de mis logros, así fueran pequeños.

A **Julissa**, mi amiga y segunda madre, por ser tan maravillosa persona, generosa, noble y valerosa, por haber creído siempre en mí, aun cuando yo no lo hacía.

AGRADECIMIENTO

- A la Mg. Sc. Gloria Pascual Chagman, mi asesora, por haberme impulsado en realizar esta investigación, haberme orientado y apoyado en la realización del presente trabajo académico.
- A los miembros y presidente de jurado por sus valiosos aportes con la finalidad de perfeccionar el presente trabajo académico.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN

ABSTRACT

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1	MANGO.....	3
2.1.1	GENERALIDADES.....	3
2.1.2	SUBPRODUCTOS DEL MANGO	4
2.1.3	PRODUCCIÓN	5
2.1.4	VARIETADES MÁS COMERCIALIZADAS.....	11
2.2	GRASAS Y ACEITES VEGETALES.....	12
2.3	GRASA DE LA ALMENDRA DE MANGO	13
2.3.1	COMPOSICIÓN DE ÁCIDOS GRASOS	14
2.3.2	PROPIEDADES FÍSICO QUÍMICAS	14
2.3.3	USOS DE LA GRASA DE LA ALMENDRA DE MANGO.....	17
2.4	OPERACIONES PRELIMINARES EN LA EXTRACCIÓN DE ACEITES	18
2.4.1	SECADO.....	18
2.4.2	TRITURACIÓN O MOLIENDA.....	18
2.5	MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE ACEITES.....	19
2.5.1	EXTRACCIÓN POR DISOLVENTES	19
2.5.2	EXTRACCIÓN MECÁNICA.....	19
2.6	ANTECEDENTES	20
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
3.1	LUGAR DE EJECUCIÓN	22
3.2	MATERIA PRIMA	22
3.3	MATERIALES Y EQUIPOS.....	22
3.3.1	REACTIVOS.....	22
3.3.2	MATERIALES.....	23
3.3.3	EQUIPOS	23
3.4	METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	26
3.5	MÉTODOS DE ANÁLISIS	29
3.5.1	ANÁLISIS PROXIMAL.....	29
3.5.2	RENDIMIENTO DE LA EXTRACCIÓN.....	29

3.5.3	PUREZA DE LA EXTRACCIÓN	29
3.5.4	DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICO - QUÍMICAS	30
3.6	MÉTODO ESTADÍSTICO	33
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
4.1	COMPOSICIÓN PROXIMAL.....	34
4.2	EXTRACCIÓN DE LA GRASA DE LA ALMENDRA DE MANGO	36
4.3	CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUIMICA DE LA GRASA DE LA ALMENDRA DE MANGO.....	39
V.	CONCLUSIONES.....	45
VI.	RECOMENDACIONES.....	46
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
VIII.	ANEXOS	51

ÍNDICE DE TABLAS

Cuadro 1:	Valor nutritivo del mango en 100 gramos de parte comestible	4
Cuadro 2:	Exportación de mango en conserva.....	8
Cuadro 3:	Evolución de las exportaciones de mango congelado.....	10
Cuadro 4:	Características del mango de variedad Kent.....	12
Cuadro 5:	Grasa total (porcentaje) y su composición de ácidos grasos en almendras de Mango de diferentes variedades	14
Cuadro 6:	Propiedades físico-químicas de la grasa de mango	15
Cuadro 7:	Diseño experimental para la extracción de la grasa de la almendra de mango	33
Cuadro 8:	Composición química proximal de la almendra de mango	34
Cuadro 9:	Rendimiento de la extracción de la grasa de la almendra de mango	36
Cuadro 10:	Caracterización físico química de la grasa de la almendra de mango ..	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:	Evolución de las áreas sembradas de Mango en Piura, Lambayeque y Ancash	6
Figura 2:	Superficie cultivada según regiones.....	7
Figura 3:	Volumen de exportación de mango deshidratado en distintos periodos	8
Figura 4:	Volumen de exportación de jugo de mango en distintos periodos.....	9
Figura 5:	Variedades de mango más comercializadas.....	11
Figura 6:	Volúmenes de producción de mango por variedades.....	12
Figura 7:	Prensa KOMET, <i>Expeller CA 59G</i>.....	24
Figura 8:	Dispositivo para el calentamiento de la cabeza de la cámara de prensado	25
Figura 9:	Diagrama de flujo para la extracción de la grasa de la almendra de mango	28
Figura 10:	Grasa bruta de mango recién extraída del <i>expeller</i>	38
Figura 11:	Grasa pura de almendra de mango recién centrifugada	38
Figura 12:	Grasa pura de almendra de mango a 20 °C.....	39
Figura 13:	Ubicación del espectro cromático de la grasa de la almendra de mango	43

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1:	RENDIMIENTO DE LA EXTRACCIÓN DE LA GRASA DE LA ALMENDRA DE MANGO	51
ANEXO 2:	EXPERIMENTO FACTORIAL 2A3B PARA LA EXTRACCIÓN DE LA GRASA DE MANGO.....	52
ANEXO 3:	PRUEBA DE COMPARACIÓN PARA EFECTO RENDIMIENTO DE LA EXTRACCIÓN DE LA GRASA BRUTA DE LA ALMENDRA DE MANGO	54
ANEXO 4:	COMPOSICIÓN QUÍMICA PROXIMAL DE LA ALMENDRA DE MANGO	56
ANEXO 5:	CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA DE LA GRASA DE LA ALMENDRA DE MANGO	56
ANEXO 6:	MEDICIÓN DEL COLOR DE LA GRASA DE LA ALMENDRA DE MANGO	57
ANEXO 7:	SEMILLAS DE MANGO.....	57
ANEXO 8:	ALMENDRAS DE MANGO CON PIEL	58
ANEXO 9:	ALMENDRA DE MANGO FRESCA, SIN PIEL	58
ANEXO 10:	ALMENDRA DE MANGO SECA	59
ANEXO 11:	MOLIENDA DE ALMENDRA DE MANGO.....	59
ANEXO 12:	ALMENDRA DE MANGO TAMIZADA (TAMAÑO 0,085 MM A 2 MM)	60
ANEXO 13:	PIEZAS DE LA CÁMARA DE PRENSADO DE LA PRENSA EXPPELLER.....	60
ANEXO 14:	EXTRACCIÓN DE GRASA BRUTA DE MANGO EN PRENSA EXPPELLER.....	61
ANEXO 15:	CÁMARA DE PRENSADO.....	61
ANEXO 16:	GRASA DE ALMENDRA DE MANGO A TEMPERATURA DE AMBIENTE, EN CUBETA PARA MEDICIÓN DE COLOR.....	62

RESUMEN

El mango es una de las frutas de mayor abundancia en el país, se comercializa como fruta fresca y una parte es procesada en la obtención de alimentos industrializados, entre 40 a 60 por ciento de la fruta es descartada como desecho. La finalidad del presente trabajo de investigación fue la utilización y el aprovechamiento de las semillas de mango que se descartan como residuos orgánicos provenientes del mango variedad Kent, mediante la extracción y caracterización de la grasa de la almendra generando ganancias, valor agregado y reducción del impacto ambiental. Dentro de las aplicaciones de la grasa de la almendra de mango, resaltan la industria alimentaria, farmacéutica y cosmética. El trabajo de investigación se desarrolló en los laboratorios de la Facultad de Industrias Alimentarias de la UNALM, las semillas de mango fueron recolectadas como residuos de una planta procesadora de fruta picada congelada, se extrajeron las almendras y se secaron, luego de su acondicionamiento se procedió a la extracción mecánica de la grasa por prensa *expeller*. Se realizó un Diseño Completamente al Azar, con arreglo factorial de 2x3, teniendo como variable respuesta el rendimiento de la grasa extraída, los factores fueron: el diámetro interno de boquilla de salida de la cámara de prensado (mm) y la velocidad de rotación del tornillo sin fin (rpm). El mayor rendimiento fue 6,01 por ciento de grasa pura, con el tratamiento cuatro: boquilla 6 mm y 20 rpm. Los resultados mostraron que la grasa de la almendra de mango contiene: índice de acidez 1,36; índice de yodo 41,2; índice de saponificación 199,5; índice de refracción 1,461; punto de fusión 34,9 y parámetros de color L*, a*, b*: 60,08; -4,41 y 10,11; respectivamente. Estos resultados son similares a estudios de otros países y cercanos a las características correspondientes de la manteca de cacao.

Palabras clave: Semilla de Mango, Almendra de Mango, Grasa de Mango, Mango Kent.

ABSTRACT

The mango is one of the fruits of greater abundance in the country, it is marketed as fresh fruit and a part is processed in the obtaining of industrialized foods, between 40 to 60 percent of the fruit is discarded as waste. The purpose of this research work was the use and use of mango seeds that are discarded as organic waste from Kent variety mango, by extracting and characterizing the almond fat, generating profits, added value and reducing the impact environmental. Within the applications of the fat of the mango almond, highlighted the food industry, pharmaceutical and cosmetic. The research work was developed in the laboratories of the Faculty of Food Industries of the UNALM, the mango seeds were collected as waste from a processing plant of frozen chopped fruit, the almonds were extracted and dried, after its conditioning it was proceeded to the mechanical extraction of fat by press expeller. A Completely Random Design was carried out, with a factorial arrangement of 2 x 3, having as response variable the performance of the extracted fat, the factors were: the internal diameter of the outlet nozzle of the press chamber (mm) and the speed of rotation of the Endless screw (rpm). The highest yield was 6,01 percent pure fat, with treatment four: 6 mm nozzle and 20 rpm. The results showed that the fat of the mango almond contains: acidity index 1.36; iodine value 41,2; saponification index 199,5; refractive index 1,461; melting point 34,9 and color parameters L*, a*, b*: 60,08; -4,41 and 10,11; respectively. These results are similar to studies from other countries and close to the corresponding characteristics of cocoa butter.

Keywords: Mango Seed, Mango Almond, Mango Fat, Kent Mango.

I. INTRODUCCIÓN

El Perú es un país agrícola, con diversidad de cultivos, entre los cuales se encuentra el mango (*Mangifera Indica L.*) con una mayor producción en la variedad Kent. Según MINCETUR (2012), el consumo de los zumos naturales y conservas de frutas ha aumentado en los últimos años como consecuencia de los nuevos hábitos de alimentación generando a su vez mayor cantidad de residuos orgánicos.

Los subproductos del mango representan una cantidad significativa de desechos, el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) dio a conocer que en febrero del 2015 la producción de mango fue de 118 029 toneladas, aumentando en 64,8 por ciento respecto al nivel registrado en febrero de 2014 (71 mil 639 toneladas). Por ello la utilización de los subproductos del mango, se ha convertido en un aspecto importante en la gestión de residuos para contribuir a una producción más sostenible y al desarrollo económico en las industrias alimentarias.

Dependiendo de las variedades, la almendra de mango representa de 45 a 85 por ciento de la semilla y contiene 7 a 15 por ciento de grasa bruta, ésta ha atraído considerable interés por sus características físicas y químicas únicas, que son similares a las de la manteca de cacao, *illipe*, *karité* y *kokum*; además, es rica en ácidos grasos como oleico, esteárico, palmítico, y linoleico (Jahurul *et al.* 2015). Es una fuente prometedora, segura y natural de grasas comestibles, ya que no contiene ácidos grasos trans (Solís y Durán, citados por Jahurul *et al.* 2015).

El producto restante de la extracción puede ser un sustituto para el trigo o maíz utilizado en la formulación de alimento para animales y es una buena fuente de aminoácidos esenciales (Vega 2004) y aunque la almendra de mango contiene una pequeña cantidad de proteína bruta (6,7 por ciento en base seca), la calidad de la proteína es alta ya que es rica en todos los aminoácidos esenciales (Jahurul *et al.* 2015). Por ello, el presente trabajo de investigación tuvo los objetivos presentados a continuación.

El objetivo general de la investigación fue:

- Extraer y caracterizar la grasa de la almendra de mango de la variedad Kent por prensa mecánica.

Los objetivos específicos fueron:

- Obtener la grasa de la semilla de mango por una extracción mecánica por *expeller*.
- Evaluar el rendimiento en la obtención de la grasa a partir de la almendra de mango Kent.
- Determinar los parámetros óptimos de extracción de la grasa de almendra de mango en la prensa *Expeller Komet*.
- Determinar la calidad físico química de la grasa extraída.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 MANGO

2.1.1 GENERALIDADES

El mango, es el fruto del árbol *Mangífera Indica* L., originario de la India. Este árbol llega a conseguir alturas superiores a los 25 metros y tiene una dilatada longevidad. Es una planta de bajas altitudes que tolera un amplio rango de lluvia, a pesar de necesitar clima seco en el tiempo que se forma su fruto (Rimache 2007).

Su peso varía desde 150 g hasta 2 kg, su forma también es variable, pero generalmente es ovoide - oblonga, redondeada u obtusa a ambos extremos, de 4 a 25 cm de largo y 1,5 a 10 cm de grosor. El color puede estar entre verde, amarillo y diferentes tonalidades de rosa, rojo y violeta. La cáscara es gruesa y la carne es de color amarillo o anaranjado, jugoso y sabroso. La semilla es ovoide, oblonga, alargada, estando recubierta por un endocarpio grueso y leñoso con una capa fibrosa externa, que se puede extender dentro de la carne (Rimache 2007).

Los principales productos industriales obtenidos del mango son puré de mango, rebanadas en jarabe, néctar, rodajas enlatadas y *chutney*. Los subproductos del procesamiento son cáscaras y semillas, que contienen altos niveles de sustancias que benefician la salud, tales como compuestos fenólicos, carotenoides, vitamina C y fibra dietética; en función de las variedades y productos elaborados, representan de 35 a 60 por ciento del peso total del fruto (Larrauri *et al.*, citados por Jahurul *et al.* 2015). El cuadro 1 muestra el valor nutritivo del mango.

Cuadro 1: Valor nutritivo del mango en 100 gramos de parte comestible

COMPONENTES	VALOR
Agua (g)	81,8
Carbohidratos (g)	16,4
Fibra (g)	0,7
Vitamina A (µl)	1100
Proteínas (g)	0,5
Ácido ascórbico (mg)	80
Fosforo (mg)	14
Calcio (mg)	10
Hierro (mg)	0,4
Grasa (mg)	0,1
Riboflavina (mg)	0,07

FUENTE: Tomado de Rimache 2007

2.1.2 SUBPRODUCTOS DEL MANGO

En la industria, sólo la pulpa de mango se utiliza para la producción de zumos, fruta en jarabes, mermeladas, jaleas, etc. En consecuencia, las enormes cantidades de semillas de mango se descartan como subproducto agroindustrial, generando pérdidas económicas y problemas ambientales. Las semillas de mango y las cáscaras son los principales subproductos de las industrias de jugo de mango y representan alrededor del 60 por ciento del total de frutas (Jahurul *et al.* 2014).

Basilio (2009) afirma que del 100 por ciento de estos residuos, 20 por ciento podrían ser aprovechados para la extracción de pectinas y el 80 por ciento restante para la obtención de ácidos grasos o pastas oleosas.

a. Cáscaras del mango

Las cáscaras del mango se consideran subproductos procedentes de la transformación o el consumo de la fruta industrial, compone aproximadamente el 24,7 por ciento del peso total

del mango (Kim *et al.*, citados por Jahurul *et al.* 2014). Recientemente, las cáscaras de mango han atraído una considerable atención debido a su alto contenido de compuestos valiosos como fitoquímicos, polifenoles, carotenoides, enzimas, vitamina E y vitamina C, que tienen propiedades funcionales y antioxidantes, además son una rica fuente de fibra dietética, celulosa, hemicelulosa, lípidos, proteínas, enzimas y pectina (Jahurul *et al.* 2014).

b. Semillas de mango

La semilla es ovoide, oblonga, alargada, estando recubierta por un endocarpo grueso y leñoso con una capa fibrosa externa, que se puede extender dentro de la pulpa (Rimache 2007), la semilla representa de 10 por ciento a 25 por ciento de todo el peso de la fruta (Hemavathy, citado por Abdalla *et al.* 2007) y la almendra representa de 45 a 85 por ciento de la semilla (Solís y Duran, citados por Jahurul *et al.* 2015).

Abdalla *et al.* (2007), afirman que la almendra de mango contiene una cantidad considerable de compuestos fenólicos, lípidos totales, materia insaponificable y una baja cantidad de proteína pero de buena calidad por ser rica en todos los aminoácidos esenciales. En función de su variedad, las semillas de mango contienen, en base seca, un promedio de 6 por ciento de proteína, 11 por ciento de grasa, 77 por ciento de carbohidratos, 2 por ciento de fibra cruda y 2 por ciento de cenizas (Zayn *et al.*, citados por Abdalla *et al.* 2007).

Arogba, citado por Abdalla *et al.* (2007), llegó a la conclusión de que la almendra de mango tiene una fuente de grasas de buena calidad y proteínas, así como taninos. Cuando se extraen estos componentes podrían ser valiosos comercialmente en la industria del aceite vegetal, en confitería y en el curtido.

2.1.3 PRODUCCIÓN

La producción de mango es diversa y se clasifica a continuación.

a. Producción de mango fresco

El subsector agrícola tuvo una evolución en su producción que se sustentó en las favorables condiciones climatológicas y disponibilidad del recurso hídrico, garantizando el normal desarrollo de las plantaciones en sus etapas de fructificación y maduración, según menciona el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) quien dio a conocer que en febrero

de 2015 la producción de mango fue de 118 029 toneladas, aumentando en 64,8 por ciento, respecto al nivel registrado en febrero del 2014 (71 mil 639 toneladas).

El departamento de Piura, que concentra el 96 por ciento de la producción nacional de este cultivo, alcanzó una cifra récord en la producción de mango llegando a 206 mil 85 toneladas métricas lo que significó un incremento de 10,9 por ciento. Otros departamentos que aumentaron su producción fueron Lambayeque (98,2 por ciento), Tumbes (84,0 por ciento), Lima (9,6 por ciento), Ancash (7,7 por ciento), Ucayali (6,3 por ciento), Loreto (4,4 por ciento) y La Libertad (0,2 por ciento) (INEI 2015).

El Ministerio de Agricultura con el apoyo del BID (Banco Interamericano de Desarrollo) y de APEM (Asociación de Productores y Exportadores de Mango de Perú) ha realizado un censo agrícola en lo que respecta al área sembrada de mango en las regiones de Piura, Lambayeque y Ancash, entre diciembre 2007 y noviembre 2008, el resultado fue 22,236 hectáreas. Según el último informe del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), el área actual para las mismas tres regiones es de 27,120 hectáreas. En la figura 1 se observa la evolución de las áreas sembradas desde la campaña del año 95/96, y en la figura 2 se detalla la superficie cultivada en cada una de las tres regiones.

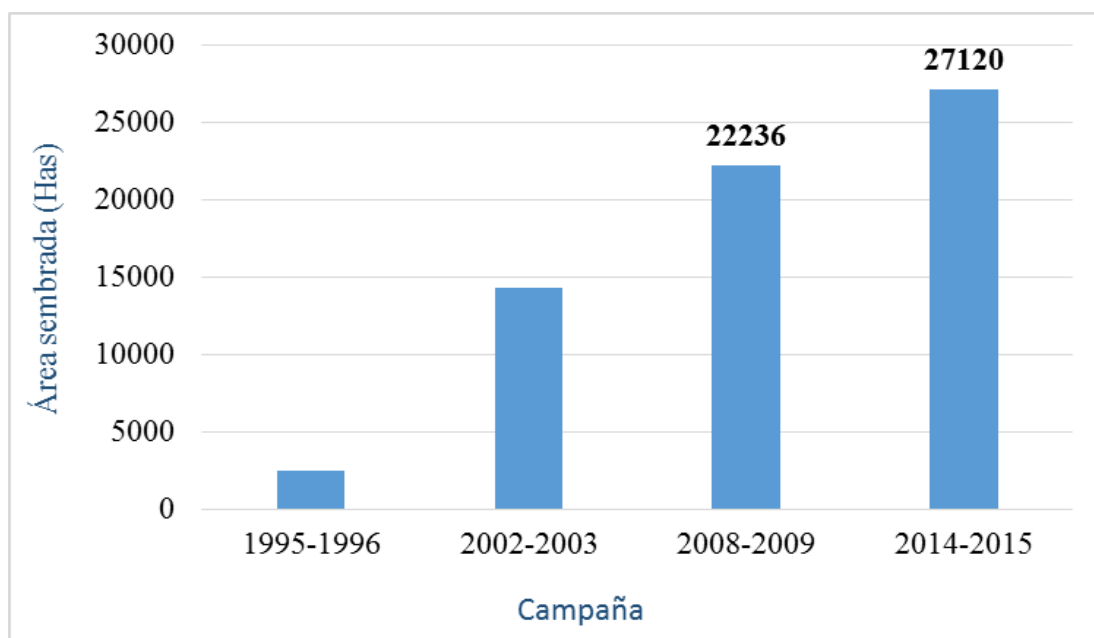


Figura 1: Evolución de las áreas sembradas de Mango en Piura, Lambayeque y Ancash.

FUENTE: Tomado de APEM 2014

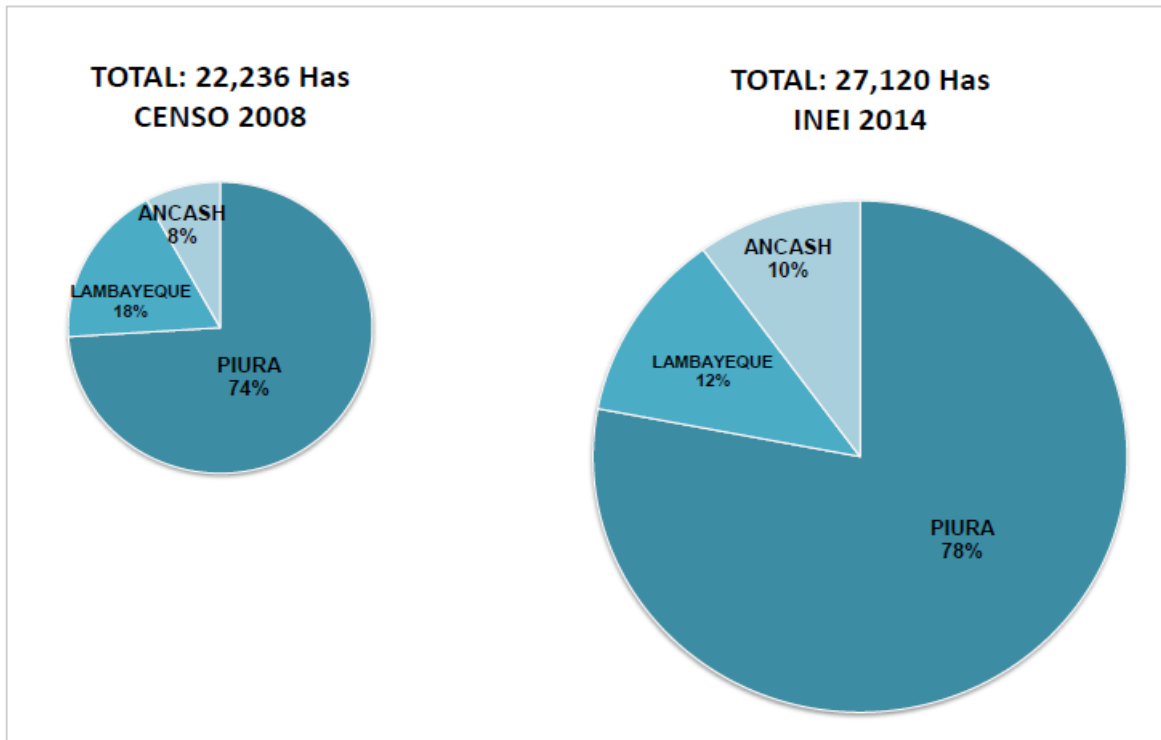


Figura 2: Superficie cultivada según regiones.

FUENTE: Tomado de APEM 2014

b. Producción de mangos en conserva

Con respecto a las exportaciones peruanas de mangos preparados o conservados en el primer semestre del 2014 alcanza los U\$ 5,2 millones, superando en 61 por ciento el promedio del 2013. Estados Unidos es el mayor importador con el 33 por ciento del total, seguido por Holanda con un 19 por ciento (PROMPERU 2014).

En el cuadro 2 se observa el volumen que Perú ha exportado en distintos periodos, desde el 2009 hasta el 2013 a nivel mundial y a EE.UU., siendo éste su mayor destino de exportación, el número de empresas que figuran son aquellas que han registrado un monto de exportación superior a US\$ 1 000.

Cuadro 2: Exportación de mango en conserva

AÑO	EXPORTACIÓN – MUNDO				EXPORTACIÓN – EE.UU.			
	Valor FOB (US\$)	%Δ	Peso Neto (kg)	# Empresa	Valor FOB (US\$)	%Δ	Peso Neto (kg)	# Empresa
2009	5 220 118	-33,9	4 153 313	11	519 994	-61,6	437 916	7
2010	5 244 341	19,8	4 976 414	14	989 233	90,2	944 561	7
2011	8 664 497	70,5	8 486 262	10	1 368 128	38,3	1 410 011	5
2012	6 144 847	-39,0	5 172 384	14	1 340 663	-2,0	1 114 183	6
2013	7 284 396	10,2	5 697 438	14	2 279 020	70,0	1 706 113	8

FUENTE: Tomado de PROMPERU 2014

c. Producción de mango deshidratado

Debido a que los comercializadores de mango fresco se daban cuenta que existía una sobre producción de este fruto, se decide optar por otro método de procesamiento, es decir darle un valor agregado a la fruta. De esta manera, Promango se preparó para comenzar la exportación de mangos deshidratados, enfocándose primordialmente en el mercado local. Para comenzar el negocio, se han invertido más de US\$ 100 mil para comenzar a producir más frutos y realizar el proceso de secado. La proporción es de 10 Kg de materia prima a 1 Kg de producto terminado, por tanto, se obtuvo cinco toneladas métricas mensuales.

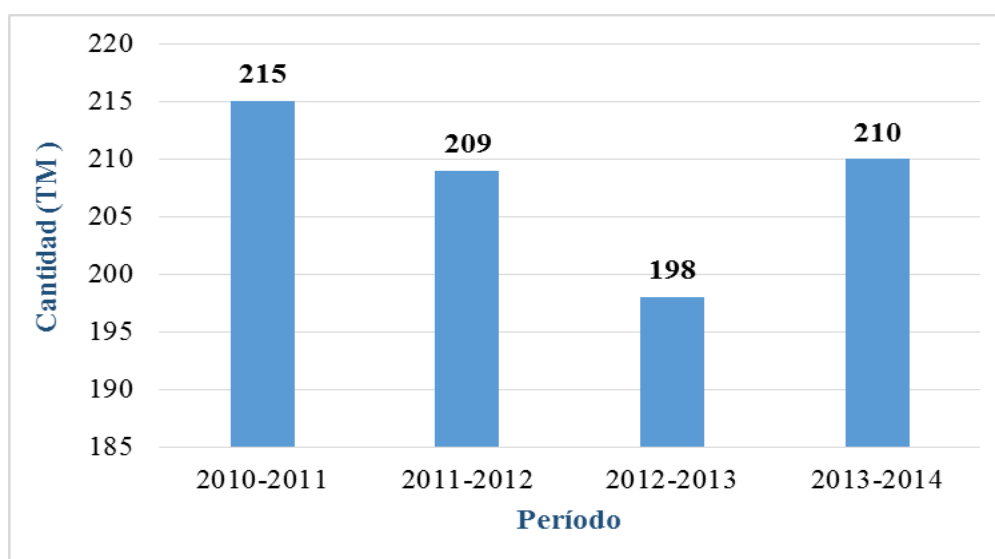


Figura 3: Volumen de exportación de mango deshidratado en distintos periodos.

FUENTE: Tomado de APEM 2014

En la figura 3 se observa el volumen de exportación de mango peruano deshidratado en distintos periodos, empezando entre los años 2010-2011 hasta el volumen que logró exportarse desde mediados del 2013 al 2014, en este último periodo se exportó cerca de 210 toneladas métricas.

d. Producción de jugo de mango.

Según PROMPERU (2014), el jugo de mango representa un total de 2,8 por ciento de toda la exportación realizada. Para agosto del año 2014 la exportación de Jugo de Mangos se incrementa en cuatro por ciento alcanzando los U\$ 2,7 millones a un precio de U\$ 1,01 kilo promedio.

En la figura 4 se observa que el volumen más alto de exportación para jugo de mango se dio entre los periodos 2006 al 2007, con un valor de 3 508 toneladas métricas. Este último periodo, que va desde el año 2013 hasta agosto del 2014, se observa un volumen exportado de 2 574 toneladas métricas.

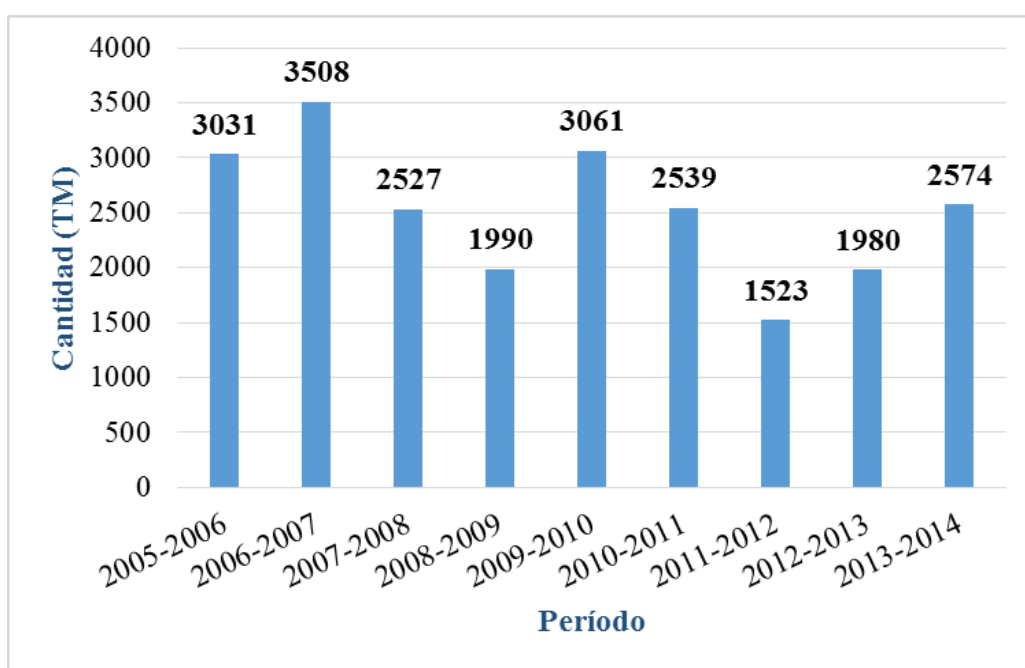


Figura 4: Volumen de exportación de jugo de mango en distintos periodos.

FUENTE: Tomado de APEM 2014

e. Producción de Mango congelado

Según la Inteligencia de Mercados de PROMPERU (2014), México y Perú lideran las exportaciones del mango congelado a Estados Unidos, no obstante, ambos países tienen periodos definidos de exportación por lo que la competencia entre ellos es muy baja. México coloca en este país el 65 por ciento de sus exportaciones de mango congelado en el tercer trimestre, mientras que Perú envía cerca de 90 por ciento en el primer semestre. El mango congelado es el segundo producto importado por Estados Unidos, después de los arándanos cultivados y antes de los arándanos silvestres, ambos congelados (cuadro 3).

Las exportaciones se realizan desde Lima, Piura y Lambayeque, representando cerca del 70 por ciento de participación en promedio durante los últimos tres años. Las exportaciones de mango congelado empiezan cuando las exportaciones de la fruta fresca están terminando, por lo que la campaña para el mango congelado solo puede darse desde febrero de cada año aprovechando el mango fresco que no se pudo colocar en Estados Unidos.

Cuadro 3: Evolución de las exportaciones de mango congelado

AÑO	EXPORTACIÓN – MUNDO				EXPORTACIÓN - EEUU			
	Valor FOB (US\$)	%Δ	Peso Neto (kg)	# Empresa	Valor FOB (US\$)	%Δ	Peso Neto (kg)	# Empresa
2009	10 172 695	-44,5	5 841,417	18	5 172 682	-39,8	3 075,043	10
2010	20 365 328	100,2	13 626,12	21	11 370 971	120	7 895,530	15
2011	24 896 382	22,2	16 486,67	23	11 860 638	4,3	7 991,084	16
2012	29 954 982	20,3	15 924,33	23	14 964 585	26,2	8 108,405	16
2013	40 111 271	33,9	24 144,88	33	22 023 203	47,2	13 244,07	21

FUENTE: Tomado de PROMPERU 2014

2.1.4 VARIEDADES MÁS COMERCIALIZADAS

El mercado mundial está dominado por las variedades rojas, de tamaño mediano a grande, siendo las más conocidas las variedades «Tommy Atkins» y «Kent» (figura 5), que son menos fibrosas, más firmes y tienen un color más atractivo que el de otras variedades y son resistentes al transporte; estas se cultivan principalmente en países latinoamericanos (APEM 2014).

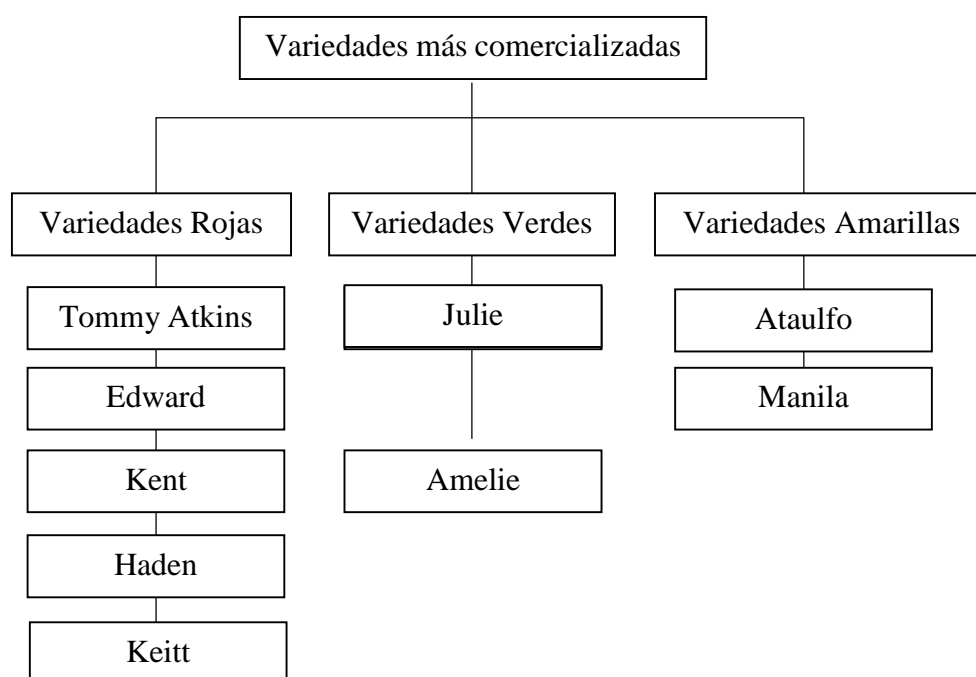


Figura 5: Variedades de mango más comercializadas.

FUENTE: Tomado de MINCETUR 2012

Gradualmente el mercado mundial ha ido dando cabida a otras variedades de colores verdes y amarillos más pequeñas y más dulces, que se usan como *snacks* (Valeriani 2003). Sin embargo, en Perú, la variedad Kent es la que hasta el momento ha tenido mayor importancia, ya que su producción abarca más del 80 por ciento, y en el año 2014 su producción llegó al 94 por ciento, tal como se puede apreciar en la figura 6.

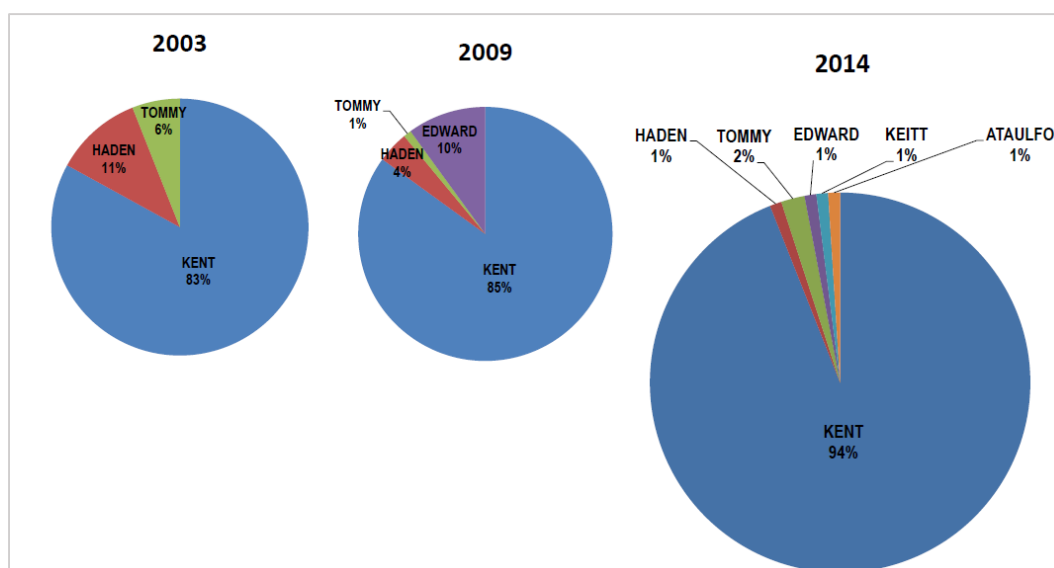


Figura 6: Volúmenes de producción de mango por variedades.

FUENTE: Tomado de PROMPERU 2014

El Mango Kent es de buena aceptación en el mercado internacional y su carácter tardío permite ampliar el período de cosecha en una zona determinada, en Perú la época de cosecha puede iniciarse en febrero en la zona norte del país y concluir en Abril – Mayo en Huaral donde existe una pequeña área de plantaciones (Rimache 2007).

Cuadro 4: Características del mango de variedad Kent

TAMAÑO	grande (500 a 800 g)
COLOR	amarillo anaranjado con chapa rojiza a la madurez
FORMA	ovalada orbicular
SABOR	Agradable sabor, jugoso, de poca fibrosidad, alto contenido de azúcares
VARIEDAD	Semi tardía

FUENTE: Tomado de MINCETUR 2012

2.2 GRASAS Y ACEITES VEGETALES

Los aceites, así como las grasas, son triglicéridos de glicerol (también llamado glicerina, 1, 2, 3 propanotriol o sólo propanotriol). El glicerol es capaz de enlazar tres radicales de ácidos grasos llamados carboxilatos, dichos radicales por lo general son distintos entre sí, pueden

ser saturados o insaturados, de 12 a 24 carbonos de extensión de cadena (Rojas y Burbano 2011).

Las grasas y aceites vegetales se acumulan mayoritariamente en las frutas y semillas, que junto con féculas y compuestos nitrogenados nutren el embrión para el nacimiento de las especies vegetales. Las que son extraídas de semillas oleaginosas y nueces, se utilizan principalmente como aceites comestibles (Vega 2004).

El color amarillo rojizo, característico de la mayoría de los aceites naturales, se debe a la presencia de diversos pigmentos carotenoides, como en el aceite de palma, soya, oliva, seje y maíz de manera acentuada. La mayoría de los pigmentos responsables del color se remueven durante el refinado de los aceites, también las sustancias odoríferas propias de un aceite crudo. El olor y el sabor deben ser completamente neutros, sin embargo, ciertos productos como el aceite de oliva y el aceite de ajonjolí virgen conservan sus aromas y sabores típicos, pues sus propiedades naturales son altamente apreciadas (Vega 2004).

2.3 GRASA DE LA ALMENDRA DE MANGO

La grasa de mango ha atraído considerable interés de los científicos por dos principales razones: composición y contenido de ácidos grasos y por sus características físico - químicas, que son similares a las de la manteca de cacao, *illipe*, *Karité* y *Kokum* (Jahurul *et al.*, citados por Jahurul *et al.* 2015). Es una fuente natural de las grasas comestibles, ya que no contiene ácidos grasos trans (Solís y Duran, citados por Jahurul *et al.* 2015).

En los estudios nutricionales y toxicológicos de la almendra de mango; Ruk-Mini y Vijayaraghavan, citados por Abdalla *et al.* (2007), indicaron que la grasa de la almendra de mango es una fuente segura de aceite comestible y se encontró que era nutritiva y no tóxica por lo que podría ser sustituto de cualquier grasa sólida. Rashwan, citado por Abdalla *et al.* (2007), mostró que los lípidos extraídos de diferentes variedades de mango estaban libres de materiales tóxicos como el ácido cianhídrico.

2.3.1 COMPOSICIÓN DE ÁCIDOS GRASOS

En cuanto a su composición de ácidos grasos Jahurul *et al.* (2015) asegura que es una fuente rica en ácido palmítico ($C_{16:0}$), esteárico ($C_{18:0}$), oleico ($C_{18:1}$) y linoleico ($C_{18:2}$), siendo el esteárico y oleico los ácidos grasos dominantes; sin embargo, las proporciones en general varían considerablemente de acuerdo a las variedades del mango. En el cuadro 5 se muestra la composición de los ácidos grasos principales presentes en la grasa de la almendra de mango.

Cuadro 5: Grasa total (porcentaje) y su composición de ácidos grasos en almendras de Mango de diferentes variedades

VARIEDAD	ORIGEN	GRASA TOTAL (%)	ÁCIDOS GRASOS					REF.
			$C_{16:0}$	$C_{18:0}$	$C_{18:1}$	$C_{18:2}$	$C_{20:0}$	
Seis variedades	Malasia	7,6 - 13,7	6,9- 10,9	32,8- 47,6	37- 47,3	3,7- 6,9	1,8- 2,4	Jahurul <i>et al.</i> (2014)
Variedad mixta	Egipto	12,3	5,8	38,3	46,1	8,2	-	Abdalla <i>et al.</i> (2007)
Variedad Manila	México	11,3	9,3	39,1	40,8	6,1	2,5	Solís y Durán (2004)
Variedad Kaew	Tailandia	7,3	5,4	46,6	41,1	3,8	1,7	Sonwai <i>et al.</i> (2012)
Cuatro variedades	Kenia	8,1 - 10	4,9- 10,6	24,2- 32,8	46,4- 58,6	6,7- 10,4	0,6- 1,6	Muchiri <i>et al.</i> (2012)

FUENTE: Tomado de Jahurul *et al.* 2015

2.3.2 PROPIEDADES FÍSICO QUÍMICAS

La investigación de las grasas alimentarias o de las fracciones grasas obtenidas de los alimentos mediante los métodos de extracción adecuados tiene por lo general como objetivo la caracterización de estas sustancias. Es decir, permite extraer conclusiones acerca de su identidad, composición (pureza, autenticidad) y calidad (frescura, vida útil), para ello se emplean diversos métodos físicos, químicos (índices), análisis espectroscópicos y métodos

cromatográficos. Para evaluar un alimento en función de índices, en lugar de analizar directamente cada uno de sus componentes, que no son asequibles de forma individual, se determina la cantidad equivalente de compuesto necesario para reaccionar con los grupos funcionales de las grasas/aceites o de sus componentes (Matissek *et al.* 1998).

En el cuadro 6 se observan las propiedades físico-químicas de la grasa de mango con sus respectivos valores.

Cuadro 6: Propiedades físico-químicas de la grasa de mango

VARIEDAD	ÍNDICE DE ACIDEZ (mg KOH/ 100 g grasa)	ÍNDICE DE YODO (g yodo / 100g grasa)	ÍNDICE SAPONIFICACIÓN (mg KOH / g grasa)	PUNTO DE FUSIÓN (°C)	REF.
Seis variedades	3,23 – 5,12	42,9 – 52,7	189,9 – 190,7	35,8–39,1	Jahurul <i>et al.</i> (2014)
Cuatro variedades	4,5 – 7,5	51,1 – 56,8	188,8 – 195,9	25,3	Muchiri <i>et al.</i> (2012)
Variedad mixta	1,2	53,2	192,2	30,5	Abdalla <i>et al.</i> (2007)
Variedad Kaew	-	40,9	185,4	35,7	Sonwai <i>et al.</i> (2012)
Variedad manila	-	41,8	189,0	-	Solís y Durán (2004)

FUENTE: Tomado de Jahurul *et al.* 2015

- **Índice de acidez (mg KOH /g):** es el porcentaje de ácidos grasos libres contenidos en el aceite; además de los ácidos grasos libres, se determinan los ácidos minerales que pudiera haber. El conocimiento del contenido en ácidos grasos libres sirve como prueba de pureza y en ocasiones permite extraer conclusiones acerca del tratamiento o reacciones de degradación que se hayan producido. Las grasas brutas, sin refinar, presentan por lo general un IA (índice de Acidez) de hasta 10, mientras que para los aceites refinados suele ser menor a 0,2 (Matissek *et al.* 1998).

- **Índice de Yodo (g I/g):** Se define como la cantidad de gramos de yodo que resulta ligada por cada 100 gramos de grasa. El índice de yodo es una medida del grado de insaturación de los componentes de una grasa; será tanto mayor cuanto mayor sea el número de dobles enlaces por unidad de grasa, por esto se utiliza para comprobar la pureza e identidad de las grasas. Así, el índice de yodo del ácido oleico es 90, del ácido linoleico es 181 y del ácido linolenico es 274 (Jiménez y Aguilar 2001).
- **Índice de saponificación (mg KOH/g):** Se define como la cantidad de hidróxido de potasio, expresada en mg, que se precisa para saponificar (hacer jabón) un gramo de muestra. El índice de saponificación es una medida para calcular el peso molecular promedio de todos los ácidos grasos presentes (Jiménez y Aguilar 2001).
- **Índice de refracción:** mide el grado de desviación que sufre un haz de luz cuando pasa a través de un medio (en este caso aceite). Este puede ayudar a determinar de manera cuantitativa y cualitativa la presencia de ácidos grasos saturados; su valor está ligado a la insaturación de los ácidos grasos, aumentando conforme aumenta el grado de insaturación. El índice de refracción depende fuertemente de la temperatura (Jiménez y Aguilar 2001).
- **Color:** El color es la propiedad sensorial más importante asociada con el sentido de la vista, la primera impresión que se tiene de los alimentos generalmente es visual y su aceptación depende en mayor o menor medida de su color. Es la única propiedad sensorial que puede ser medida más eficazmente en forma instrumental que en forma visual, por la objetividad del dato como por la sencillez de obtención (Magariños y Bauzá 2003).

De acuerdo a la determinación del color – método CIELab, el parámetro «a*» representa tonalidades que van del verde (valores negativos) al rojo (positivos), el parámetro «b*» representa tonos azules para los valores negativos y amarillos para los positivos. Para ambos parámetros, el cero equivale al gris, a través de la coordenada «L*» se representa la luminosidad: 100 es el blanco, 50 el gris y 0 el negro.

Según Ayala (2009), el IC* por sus características de variación puede utilizarse como variable de control de calidad organoléptica de alimentos:

- a. Si IC^* está entre -40 a -20, su valor relaciona los colores que van desde el azul – violeta al verde profundo.
- b. Si IC^* está entre -20 a -2, su valor relaciona los colores que van del verde profundo al verde amarillento.
- c. Si IC^* está entre -2 a +2, representa amarillo verdoso.
- d. Si IC^* está entre +2 a +20, se relaciona con los colores que van del amarillo pálido al naranja intenso.
- e. Si IC^* está entre +20 a +40 se relaciona con los colores que van desde el naranja intenso al rojo profundo.

El tono o matiz (h_{ab}) es un indicador cualitativo de la naturaleza cromática del color y se expresa en grados: 0° ó 360° , 90° , 180° y 270° para el rojo, amarillo, verde y azul respectivamente (CIE, citado por Ayala 2009).

2.3.3 USOS DE LA GRASA DE LA ALMENDRA DE MANGO

De acuerdo a su comportamiento térmico (punto de fusión y cristalización), la grasa de la almendra de mango ha recibido mucha atención dado su valioso papel en formulaciones con manteca de cacao y su uso generalizado en productos de confitería, además podría ser sustituto de cualquier grasa sólida (Jahurul *et al.* 2015).

Por otro lado, las características físico químicas y su composición de ácidos grasos son ligeramente superiores o inferiores a las características correspondientes en la manteca de cacao por lo que se podría utilizar para aumentar o reducir las características de la manteca de cacao a los valores deseados. Bustamante *et al.*, citado por Tapia *et al.* (2013), mencionan que la grasa de la semilla de mango, por su composición, es una de las seis grasas tropicales permitidas que pueden reemplazar parcialmente la manteca de cacao en la elaboración de chocolate, además contiene menor cantidad de grasas saturadas frente a la manteca de cacao (66,5 por ciento), su perfil de lípidos le hace tener un potencial de comercialización importante.

Jahurul *et al.* (2014), realizaron mezclas de grasa de la semilla de mango y estearina de palma para formular la sustitución de manteca de cacao con características favorables frente a altas temperaturas en países tropicales o en países de clima cálido durante la temporada de verano.

2.4 OPERACIONES PRELIMINARES EN LA EXTRACCIÓN DE ACEITES

Previamente a la extracción del aceite se deben realizar ciertas operaciones, tanto para el correcto funcionamiento del equipo de extracción como para asegurar la máxima extracción del aceite. Según Rojas *et al.* (2010), las semillas oleaginosas deben ser limpiadas y descascaradas o descortezadas previamente, después son troceadas y molidas. Cabe resaltar que las operaciones preliminares a realizar antes de la extracción dependen de las características iniciales de la materia prima y del tipo de extracción que se va llevar a cabo (Gallardo 2009).

2.4.1 SECADO

El secado artificial produce la principal transformación del grano y a su vez es el procedimiento que más atención requiere para no afectar su calidad. Los objetivos principales del secado son reducir la humedad de semillas a niveles seguros para el almacenamiento y óptimos para su comercialización. La temperatura que el grano adquiere en los procesos de secado determinará si la calidad inicial se mantiene o se reduce, asimismo el sistema de secado de las semillas oleaginosas debe ser a temperatura media, es decir por debajo de 60 °C (Casini *et al.* 2006).

Rojas *et al.* (2010), secaron las almendras de mango a temperatura de ambiente, las colocaron en una bandeja de metal y las expuso al sol; sin embargo, los autores mencionan que se debe tener cuidado de la contaminación por cualquier agente externo como insectos o moscas. Tapia *et al.* (2013) secaron las almendras en un horno de recirculación forzada a una temperatura de 55 °C en un tiempo de 15 horas; mientras que Abdalla *et al.* (2007), secaron las almendras a una temperatura de 50 °C. Por otro lado, el manual de instrucciones del equipo de extracción (Prensa KOMET CA59) recomienda que las semillas oleaginosas contengan un rango de humedad de 6 a 10 por ciento para su extracción.

2.4.2 TRITURACIÓN O MOLIENDA

La extracción del aceite de una semilla oleaginosa, se realiza mucho más rápidamente cuando ésta se somete a una trituration previa, diversos estudios han demostrado que el aceite está contenido en una infinidad de células y la rotura se puede realizar por una fuerte

compresión sobre las semillas. Dichos estudios han confirmado que aun después de una fuerte trituración o laminación hay todavía células que no se rompen, de ahí la dificultad de poder extraer la totalidad del aceite en la semilla (Bernandini y Baquero, citados por Gallardo 2009).

2.5 MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE ACEITES

2.5.1 EXTRACCIÓN POR DISOLVENTES

Se puede partir de las semillas oleaginosas o de la torta proteínica obtenida por el sistema de extracción mecánica, ya que aún contiene un cierto porcentaje de aceite que se puede reducir al mínimo. Si partimos directamente de las semillas, estas deben ser limpiadas, descascarilladas y trituradas, pasando entonces a un acondicionador para homogeneizar, luego pasa a un molino, con lo que se divide finamente permitiendo una mejor extracción del aceite, donde un disolvente de las materias grasas arrastra a éstas, siendo separadas en el evaporador a la vez que se recupera el disolvente (Rojas *et al.* 2010).

Entre las ventajas de este procedimiento se puede mencionar, por un lado, un gran poder de extracción, con rendimientos elevados y la obtención de un aceite libre de impurezas sólidas. Sin embargo, el uso de un disolvente inflamable y la acumulación de trazas del mismo en el aceite final, constituyen las principales limitaciones de este proceso tecnológico. Los aceites obtenidos directamente de la extracción se denominan aceites «crudos» o «brutos», contienen pequeñas cantidades de compuestos naturales que no son glicéridos y que son eliminados posteriormente para obtener un aceite refinado totalmente cristalino (Ziller, citado por Rojas y Burbano 2011).

2.5.2 EXTRACCIÓN MECÁNICA

En el proceso de extracción de aceite de semillas por métodos mecánicos es fundamental la etapa de acondicionamiento, además de las características en cuanto a naturaleza, forma y dimensiones de las semillas que varían de una especie a otra incluso dentro de una misma especie dependiendo del cultivar o variedad y que son determinantes de las operaciones tecnológicas del proceso. Por otro lado, a diferencia de la extracción química, la extracción mecánica garantiza que el aceite extraído conserve su identidad original tanto en macro como

en micro moléculas, razón por la cual los aceites vírgenes constituyen en la actualidad campos de investigación muy importantes tanto para los tecnólogos como para los expertos en nutrición (Navas 2010).

Las semillas molidas pasan a un acondicionador para obtener un producto homogéneo que pasa a la prensa de tornillo donde a elevadas presiones y en un solo paso se procede a la separación del aceite de la torta proteínica, denominada generalmente *turtó*, pellets o torta residual, la cual puede ser desgrasada aún más, en una planta de extracción por disolventes. El aceite obtenido es limpiado de impurezas groseras en un tamiz vibratorio, el abrillantamiento y limpieza final del aceite se llevan a cabo en un filtro, con lo que tenemos así un aceite crudo filtrado (Navas 2010).

2.6 ANTECEDENTES

Rojas *et al.* (2010) en sus investigaciones acerca de la grasa de la semilla de mango mencionan que este es un aceite obtenido mediante la extracción del hueso de la fruta, es semisólido a temperatura de ambiente, pero se derrite al contacto con la piel. Tiene propiedades emolientes naturales, alta capacidad de oxidación, la cicatrización de heridas y actividad regenerativa debido a su alta cantidad de ácidos grasos.

Baliga *et al.*, citados por Rojas y Burbano (2011), trabajaron en la extracción con solvente de aceite de la semilla del mango por el método Soxhlet para emplearlo como sustituto de la manteca de cacao, obteniendo una proporción de ácidos grasos mono y disaturados presentes de 0,4:1 en comparación con la de la manteca de cacao (3,7:1). Para lograr características similares se hizo un proceso de fraccionamiento y se mezcló en varias proporciones la grasa de mango y la manteca de cacao.

Rukmini *et al.*, citados por Rojas y Burbano (2011), observaron efectos nutricionales y toxicológicos de la grasa de mango, en la dieta de ratones durante tres generaciones. Luego de este estudio se observó que la supervivencia de ambas poblaciones de ratones fue similar, concluyéndose que la grasa de mango es toxicológicamente seguro y de alto valor nutricional al incorporarse en la alimentación y por consiguiente como sustituto de la manteca de cacao.

Tapia *et al.* (2013), aseguran que las características químicas de la grasa de semilla de mango mostraron tener una mayor relación de grasas insaturadas (53,7 por ciento) que de las grasas saturadas (45,2 por ciento), el ácido oleico fue de mayor proporción (45,6 por ciento); además, Solís y Durán, citados por Jahurul *et al.* (2015) afirman que es una fuente natural y segura de grasas comestibles ya que no contiene ácidos grasos trans.

Según Basilio (2009), es factible extraer hasta 12 por ciento de grasa de la almendra de mango mediante el uso de métodos mecánicos y químicos (solos o combinados), con características de calidad similares entre sí, y semejantes en composición y funcionalidad a otros aceites (como por ejemplo el aceite o manteca de cacao), y asegura que el contenido graso en la almendra depende de las variedades y condiciones climáticas, este estudio se llevó a cabo en México.

Arogba; citado por Abdalla *et al.* (2007), en el estudio de la almendra de mango de variedad rian-nige, llegó a la conclusión de que tiene una buena fuente de grasas y proteínas, así como taninos y que la extracción de estos componentes podrían ser valiosos comercialmente en la industria del aceite vegetal, confitería y en el curtido.

Soong *et al.*, citados por Abdalla *et al.* (2007), sugirió que la semilla de mango podría ser utilizado como una fuente potencial para ingredientes alimenticios funcionales debido a su alta calidad de la grasa y proteínas, así como altos niveles de antioxidantes naturales.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN

El trabajo de investigación se realizó en la Planta Piloto de Alimentos (PPA), Laboratorio de Análisis Físico Químico de los Alimentos (LFQA) y en el Laboratorio de Biotecnología, todos pertenecientes a la Facultad de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

3.2 MATERIA PRIMA

Se utilizaron semillas de Mango (*Mangifera indica L.*) de la variedad Kent, las cuales fueron tomadas como residuos del día de una planta agroindustrial que entre sus actividades se dedica al procesamiento de fruta picada congelada, se encuentra ubicada en la urbanización Pro, distrito San Martín de Porres, Lima.

3.3 MATERIALES Y EQUIPOS

Los materiales utilizados para el desarrollo del trabajo de investigación son los siguientes:

3.3.1 REACTIVOS

- Ácido acético
- Ácido clorhídrico
- Agua destilada
- Alcohol etílico
- Hidróxido de sodio 0,1N
- Hipoclorito de sodio

- Solución indicadora de almidón
- Solución indicadora fenolftaleína
- Tetracloruro de carbono
- Tiosulfato de sodio 0,1 N
- Yoduro de potasio

3.3.2 MATERIALES

- Alicata de corte de punta de acero
- Bolsas Marca Ziploc
- Malla ASTM (luz de malla 2 mm)
- Malla ASTM (luz de malla 850 micras)
- Refractómetro
- Cuchillo
- Tabla para picar
- Tazón de plástico
- Vaso precipitado de 250 ml
- Envases de vidrio con tapa para guardar las muestras de grasa
- Papel aluminio
- Termómetro
- Tina de lavado de acero inoxidable

3.3.3 EQUIPOS

- Estufa de convección forzada ESCO Isotherm
- Congelador horizontal
- Molino tradicional CORONA
- Centrífuga de mesa COLE PARMER
- Balanza de Precisión Scout Pro OHAUS
- Balanza gramera SCOUT PRO
- Medidor de humedad MA35 Halogen SARTORIUS
- Colorímetro CR400 KONICA MINOLTA
- Prensa Expeller KOMET CA 59G

Para la extracción de la grasa de la almendra de mango se utilizó el método de extracción mecánica con prensa *expeller*, ya que este método garantiza que la grasa extraída conserve su identidad original tanto macro como micromoléculas. La prensa modelo KOMET CA 59G, cuya imagen se muestra en la figura 7, tiene las siguientes dimensiones, largo 70 cm, ancho 40 cm y alto 40 cm, consta de tres componentes principales: en primer lugar, un motor eléctrico de 1,1 KW (1,5 HP) de potencia, que utiliza energía eléctrica de 220 V para hacer girar un sistema de poleas, que mueven a su vez, el tornillo sin fin localizado en la cámara de prensado.

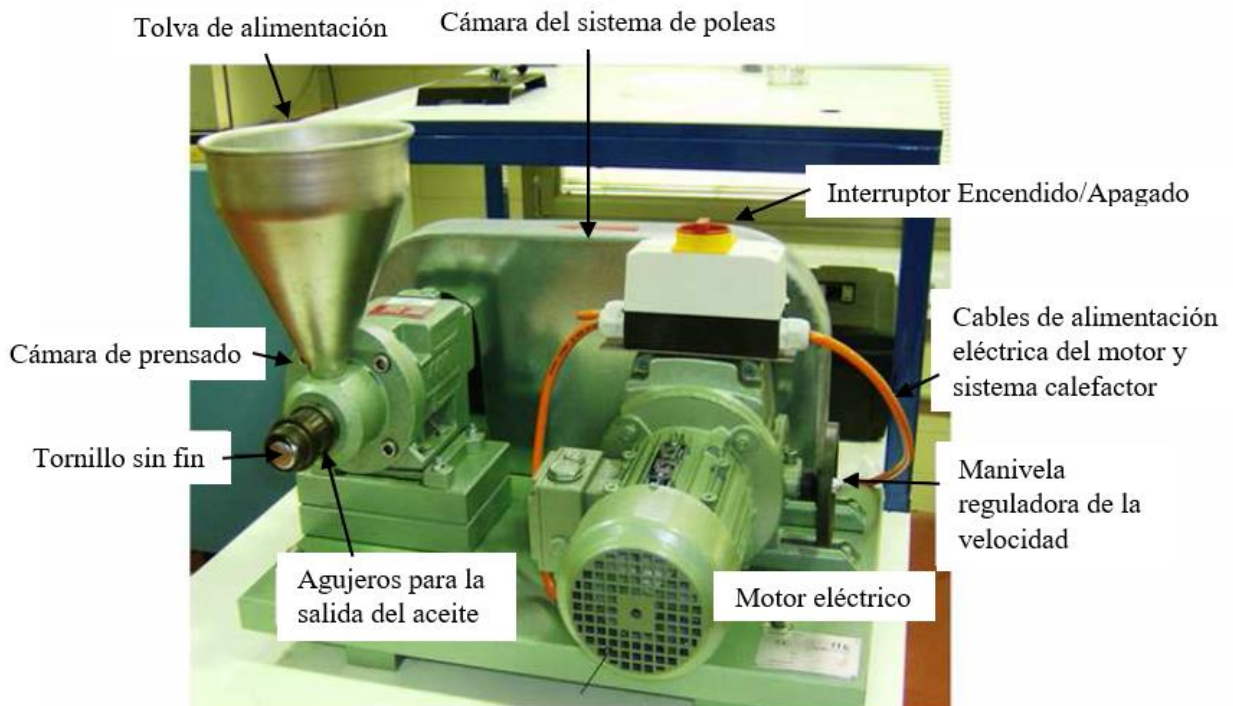


Figura 7: Prensa KOMET, Expeller CA 59G.

En segundo lugar, la cámara de prensado consta de una tolva de aluminio de forma cónica, que permite la alimentación de la almendra de mango molida al sistema. Inmediatamente seguido se encuentra un tornillo sin fin fabricado en acero inoxidable, que tiene una longitud de 13,5 cm y un diámetro de 3,2 cm, provisto de ranuras en espiral para el transporte de las semillas hacia la cabeza de la cámara, donde está ubicada una boquilla con un diámetro interno que es seleccionado en función al tamaño de las partículas.

En la zona de contacto entre el tornillo sin fin y la boquilla se produce la presión necesaria para provocar la ruptura de las células que contiene el aceite y para que este pueda fluir hacia

El exterior a través de agujeros de la parte intermedia de la cámara de prensado. A través de la abertura de la boquilla sale expulsada la mayor parte del material sólido, bajo la forma de pellets cilíndricos, que pasan a constituir la torta residual.

Con el fin de evitar que la salida de la cámara de prensado se bloquee con la torta residual, es necesario calentar esta parte, para lo cual se hace uso del tercer componente del sistema, que consiste en un dispositivo de calentamiento con forma de brazaletes que se ubica en la salida de la cámara de prensado (figura 8). Este dispositivo se calienta eléctricamente por medio de una resistencia y debe instalarse antes del proceso de prensado, la temperatura no debe superar los 100 °C a fin de evitar que se produzcan daños al aceite virgen.



Figura 8: Dispositivo para el calentamiento de la cabeza de la cámara de prensado.

Para evaluar el proceso de extracción se consideraron dos variables: el diámetro interno de la boquilla de la cámara de prensado, ya que esta se relaciona directamente con las dimensiones de las semillas, y la segunda variable será la velocidad de rotación del tornillo sin fin. La rotación del tornillo tiene dos propósitos, desplazar al material desde la tolva de alimentación hasta la cabeza de la cámara de prensado donde se produce la presión necesaria sobre las semillas para provocar la expulsión del aceite.

3.4 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

La extracción mecánica de la grasa de la almendra de mango consta de diversas etapas detalladas en la figura 9 y que se exponen a continuación:

- **Lavado / Desinfectado:** se lavaron las semillas de mango en una tina de lavado de acero inoxidable, retirando los restos de pulpa o cáscara adheridas y se desinfectaron con hipoclorito de sodio en una concentración de 200 ppm.
- **Descortezado:** con ayuda de un alicate de corte, con punta de acero y mango antideslizante, se retiró la almendra de la corteza (o hueso). Se retiró la piel que rodea las almendras manualmente o con ayuda de un cuchillo.
- **Trozado:** se procedió a separar las dos mitades de cada almendra, de forma manual o con ayuda de un alicate de corte de punta de acero.
- **Almacenamiento:** los trozos de almendra se guardaron inmediatamente en bolsas Ziploc y se almacenaron a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ para evitar la oxidación o rancidez de los ácidos grasos presentes en ellas (Basilio 2009).
- **Deshidratado:** el secado se realizó a una temperatura de $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas aproximadamente, hasta lograr una humedad de $8 \pm 0,5$ por ciento, cabe mencionar que el tiempo de secado depende de la humedad inicial de la materia prima. Esta operación se realizó en una estufa de convección forzada marca ESCO Isotherm, modelo OFA-170-8.
- **Molienda:** para obtener el tamaño de partícula deseado (entre 0,85 mm y 2 mm) de las almendras de mango se utilizó un molino tradicional de mano el cual tritura por efecto de presión y fricción provocando la rotura de la almendra a partes más pequeñas conforme ingresa a los discos mediante el tornillo sin fin. El equipo consta de tres partes principales: un brazo que se hace girar manualmente para moler las almendras, un tornillo sin fin y dos discos (uno estático y el otro giratorio).

- **Tamizado:** se tamizaron las almendras molidas para obtener el tamaño de partícula deseado, entre 0,85 mm y 2 mm, las partículas que sean de menor tamaño no se usarán en el proceso de extracción ya que pueden obstruir los agujeros de la salida del aceite, afectando su pureza.
- **Extracción:** se extrajo la grasa de la almendra de mango en la prensa *expeller* modelo KOMET CA 59G, agregando la almendra molida y tamizada en la tolva de alimentación, previamente se calentó la cámara de prensado a una temperatura que no sobrepase los 100 °C, tal como lo recomienda el manual del equipo. La extracción se realizó usando la boquilla cuatro y boquilla seis, con velocidades de rotación del tornillo sin fin de 20, 30 y 40 rpm, dichas boquillas fueron usadas debido al tamaño de partícula a emplear (0,85 mm a 2 mm) y por generar mayor cantidad de aceite.
- **Centrifugado:** esta operación permitió la separación de la fase líquida oleosa de la sólida con relativa rapidez y facilidad, obteniéndose una grasa virgen totalmente limpia (grasa pura). El aceite obtenido del *expeller*, el cual sale en fase líquida, se centrifugó utilizando 4000 rpm durante 15 minutos, estos parámetros se determinaron a partir de pruebas preliminares, considerando la obtención de la mayor cantidad de grasa, transparente y totalmente libre de impurezas.

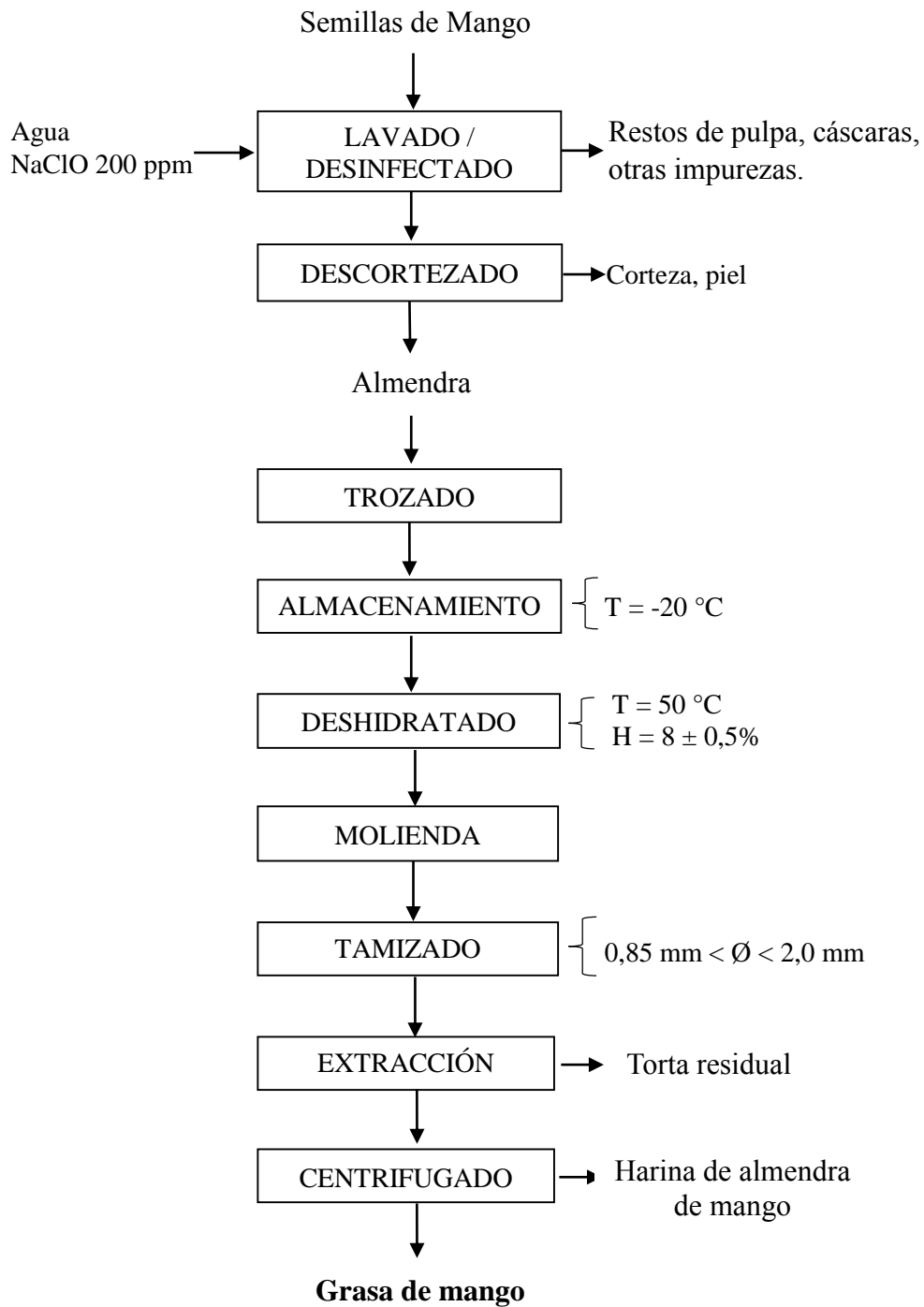


Figura 9: Diagrama de flujo para la extracción de la grasa de la almendra de mango.

3.5 MÉTODOS DE ANÁLISIS

3.5.1 ANÁLISIS PROXIMAL

Se realizó el análisis proximal de la almendra de mango según los métodos de la *Association of Official Agricultural Chemists* (AOAC 2005), tal como se detalla a continuación:

- Determinación de humedad según el método AOAC 968.11
- Determinación de ceniza según el método AOAC 920.93
- Determinación de grasa según el método AOAC 920.97
- Determinación de fibra según el método AOAC 920.98

3.5.2 RENDIMIENTO DE LA EXTRACCIÓN

El rendimiento del proceso de extracción se calculó en base al peso de la grasa cruda, tal como sale de la prensa *expeller*, según la ecuación 1.

$$\% \text{ de aceite en semilla} = \frac{(W \text{ grasa})}{W \text{ almendra}} \times (100) \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde:

W grasa: Peso de la grasa extraída de la prensa mecánica.

W almendra: Peso de la almendra seca y molida.

3.5.3 PUREZA DE LA EXTRACCIÓN

La grasa obtenida en la extracción por la prensa *expeller* contiene pequeñas partículas de harina de almendra de mango (impurezas), la cual fue separada después de la centrifugación. La pureza de la grasa obtenida se calculó con la ecuación 2.

$$\% \text{ Pureza} = \frac{(W \text{ grasa libre de impurezas})}{W \text{ grasa cruda}} \times (100) \quad (\text{Ec. 2})$$

3.5.4 DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICO - QUÍMICAS

Una vez obtenida la grasa de la almendra de mango libre de impurezas, se procedió a determinar las propiedades físico - químicas de la extracción de mayor rendimiento. Para la medición de estos parámetros de calidad se emplearon los métodos establecidos por la AOAC o en su defecto los establecidos en la Norma Codex-Stan 234 – 1999.

a. Determinación de acidez

Se utilizó el método de la titulación, según la técnica de la AOAC 940.28 (AOAC 1990) la cual se fundamenta en la neutralización de los ácidos grasos libres hasta el punto de equivalencia con una solución de NaOH utilizando fenolftaleína como indicador. A la muestra líquida de grasa, se añade etanol de 95 por ciento neutralizado e indicador de fenolftaleína, a continuación se valora la muestra con NaOH y se calcula el porcentaje de ácidos grasos libres, según la ecuación 3. El resultado se expresó en porcentaje de ácidos grasos libres (g/100 g), expresado como ácido oleico.

$$\text{Índice de Acidez} = \frac{(V_{NaOH}) \times (N) \times 282}{W_{ACEITE}} \times 100 \quad (\text{Ec. 3})$$

Donde:

V_{NaOH} = Volumen de NaOH valorante consumido (en ml)

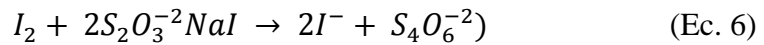
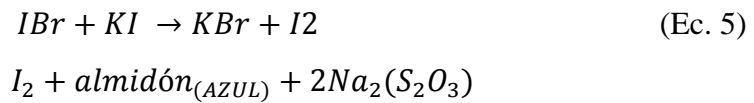
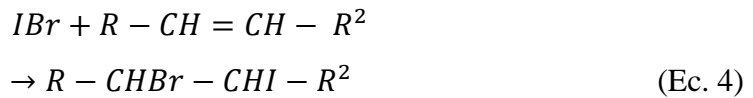
N = Normalidad exacta de la solución de NaOH valorante (en moles / 1,000 ml)

282 = Peso molecular del ácido oleico (en g/mol)

W_{ACEITE} = Peso del aceite extraído (en g)

b. Determinación del índice de Yodo

Se utilizó el método de Hanus, según la técnica de la AOAC 920.158 (AOAC 1990) la que se fundamenta en la adición cuantitativa de I y Br (como IBr), los que son fijados por los ácidos grasos insaturados formando productos de adición. Una cantidad de grasa o aceite disuelta en un disolvente, se hace reaccionar con una cantidad medida de yodo u otro halógeno (ecuación 4), se añade una disolución de yoduro de potasio para transformar el exceso de ICl en yodo libre (ecuación 5). A continuación, el yodo liberado se valora frente a una disolución valorada de tiosulfato de sodio, utilizando almidón como indicador (ecuación 6) y se calcula el índice de yodo (ecuación 7).



$$\text{Índice de yodo} = \frac{(V_B - V_{AC}) \times (N_{TIOSULFATO}) \times (0.127)}{W_{ACEITE}} \times (100) \quad \text{(Ec. 7)}$$

Donde:

Índice de yodo = gramos de yodo absorbidos por cada 100 gramos de muestra.

V_B = volumen en ml de tiosulfato de sodio gastado en la valoración del blanco

V_{AC} = volumen en ml de tiosulfato de sodio gastado en la valoración del aceite

$N_{TIOSULFATO}$ = normalidad del tiosulfato de sodio

W_{ACEITE} = peso en gramos del aceite

c. Determinación del índice de saponificación

Se determinó según el método oficial AOAC 41.1.18 (AOAC 1995), se añade un exceso de hidróxido de potasio alcohólico a la muestra y se calienta la disolución para saponificar las grasas. El hidróxido de potasio que no ha reaccionado se valora por retroceso frente a HCl valorado, utilizando fenolftaleína como indicador y se calcula el índice de saponificación (ecuación 8).

$$\text{Índice de saponificación} = \frac{(V_B - V_{AC}) \times (N_{HCL}) \times (56.1)}{W_{ACEITE}} \quad \text{(Ec. 8)}$$

Donde:

V_B = volumen en ml de ácido clorhídrico gastado en la valoración del blanco

V_{AC} = volumen en ml de ácido clorhídrico gastado en la valoración del aceite

N_{HCL} = normalidad del ácido clorhídrico.

W_{ACEITE} = peso en gramos del aceite

d. Determinación del índice de refracción

Se utilizó el método AOCS 7-25 (AOCS 2005), con un refractómetro Abbe, el cual se calibró con agua destilada a 20 °C, teniendo como resultado la medida de 1,3330; luego se procedió a la lectura del índice de refracción del aceite extraído, para ello se colocó dos a tres gotas de aceite (suficientemente transparente). Si la temperatura de la muestra fuera diferente a 20 °C se debe corregir el índice de refracción aplicando la ecuación 9.

$$\text{Índice de refracción corregido} = I_{REFRACCIÓN} - (T_R - T_L) \times (F) \quad (\text{Ec. 9})$$

Si $T_R < T_L$

Para $T_R = 20$ °C: $F = 0,00035$; Para $T_R = 40$ °C: $F = 0,00036$

Dónde:

$I_{REFRACCIÓN}$ = índice de refracción a la temperatura de lectura T_L en °C

T_R = temperatura de referencia en °C

T_L = temperatura de lectura en el refractómetro en °C

F = factor de corrección por temperatura

e. Determinación del color

La determinación del color se realizó con un colorímetro HunterLab modelo CR-400, obteniendo los factores a^* , b^* y L^* del sistema Hunter, se calibró el instrumento con una placa blanca estándar antes de tomar las medidas, luego se realizaron cinco mediciones de la muestra de grasa pura extraída, mediante la colocación de la cabeza del colorímetro encima de la superficie exterior.

Los valores obtenidos de la medición, se evaluaron mediante la determinación del índice de color IC^* , con la siguiente ecuación:

$$IC^* = \frac{a^* \cdot 1000}{L^* b^*}$$

Además se calculó el tono o matiz (h_{ab}) como indicador cualitativo de la naturaleza cromática del color, mediante la siguiente ecuación:

$$h_{ab} = \arctan\left(\frac{b^{*2}}{a^{*2}}\right)$$

3.6 MÉTODO ESTADÍSTICO

El diseño empleado para el análisis del rendimiento de extracción de la grasa de la almendra de mango con boquillas de distintos diámetros y diferentes velocidades de tornillo fue el de un arreglo factorial conducido en un Diseño Completo al Azar (DCA). Presentando seis tratamientos, producto de la interacción de los siguientes factores:

- Factor A: diámetro interno de boquilla de salida de la cámara de prensado (mm)
Niveles: $a_1 = 4 \text{ mm}$, $a_2 = 6 \text{ mm}$
- Factor B: velocidad de rotación del tornillo sin fin (rpm)
Niveles: $b_1 = 20 \text{ rpm}$, $b_2 = 30 \text{ rpm}$, $b_3 = 40 \text{ rpm}$.

Por cada tratamiento se realizaron tres repeticiones, los resultados de la extracción fueron presentados como la media con su respectiva desviación estándar y un análisis de varianza, en el caso de presentar diferencias significativas, se realizó una prueba de comparación de medias de Tukey a un nivel de significancia del 95 por ciento. En el cuadro 7 se aprecia el esquema del experimento.

Cuadro 7: Diseño experimental para la extracción de la grasa de la almendra de mango

ALMENDRA DE MANGO	SECADO	MOLIENDA	EXTRACCIÓN
→	→	→	<p>Boquilla 4 mm → 20 rpm → 30 rpm → 40 rpm</p> <p>Boquilla 6 mm → 20 rpm → 30 rpm → 40 rpm</p>
ANÁLISIS PROXIMAL <ul style="list-style-type: none"> • Humedad • Cenizas • Grasa • Fibra 	TEMPERATURA DE SECADO $T = 50 \text{ }^\circ\text{C}$ PORCENTAJE DE HUMEDAD (%) $H = 8 \pm 0,5\%$	TAMAÑO DE PARTÍCULA $0,85 - 2,0 \text{ mm}$	RENDIMIENTO PUREZA CALIDAD DE LA GRASA <ul style="list-style-type: none"> • i. acidez • i. yodo • i. saponificación • i. refracción • Color

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 COMPOSICIÓN PROXIMAL

Se analizaron las almendras de mango (*Mangifera indica L.*) de la variedad Kent y se obtuvo que la grasa y los carbohidratos son, después del contenido de humedad, los de mayor composición, por ello se determina que la almendra es una fuente importante de estos dos componentes. En el cuadro 8 se muestran los valores obtenidos de la composición química proximal promedio en base seca, en comparación con los resultados obtenidos por estudios de otros autores. Las variaciones encontradas en el análisis proximal pueden ser originadas por la variedad de mango, el clima o el estado de maduración del fruto y las semillas.

Cuadro 8: Composición química proximal de la almendra de mango

ANÁLISIS	VALORES OBTENIDOS ^a	CHAPARRO <i>et al.</i> (2015)	GUTIERREZ <i>et al.</i> (2015)	NZIKOU <i>et al.</i> (2010)	CHANSGO (2008)	ABDALLA <i>et al.</i> (2007)
Humedad (%)	55,53 ± 0,15	44,8	45,43 ± 2,1	45,2	40,5	50,7
Grasa (%)	8,65 ± 0,05	10,7	7,57	13,0	4,92	12,3
Fibra (%)	2,82 ± 0,13	2,38	6,42	2,02	3,96	2,7
Ceniza (%)	2,04 ± 0,03	2,4	2,48	3,2	0,83	2,5
Proteína (%)	6,99 ± 0,10	6,39	6,17	6,36	1,43	6,7
Carbohidratos* (%)	23,95	33	31,93	32,24	48,19	25,1

^a Media de tres repeticiones ± desviación estándar; * Se determinó por diferencia.

De acuerdo a los resultados mostrados, la humedad de la almendra de mango, variedad Kent, fue en promedio 55,53 ± 0,15 por ciento, siendo un valor mayor al que reportaron otros autores como Chaparro *et al.* (2015), Gutiérrez *et al.* (2015), Nzikou *et al.* (2010) y Chansgo (2008), quienes obtuvieron valores de humedad por debajo de 50 por ciento; sin embargo, Abdalla *et al.* (2007) reportan un valor más alto (50,7 por ciento); y Puwastien *et al.*, citados por Abdalla *et al.* (2007), analizaron las almendras de mango de variedad tailandesa (jaca),

encontrando una humedad promedio de 60,7 por ciento, mientras que las almendras de mango de variedad de Malasia (Jaiba), contenían de 57,2 a 63,7 por ciento de humedad. Lo cual muestra que el valor de humedad de la almendra de mango variedad Kent se encuentra dentro del rango reportado por estos autores, donde la diferencia principal del contenido de humedad es producida por la variedad del mango, clima de cosecha y país de procedencia.

Las almendras de mango presentaron un porcentaje de grasa de $8,65 \pm 0,05$, este valor se encuentra dentro del rango de los resultados obtenidos por diversos estudios (cuadro 8) que oscilan desde 4,92 hasta 13 por ciento. Asimismo, Jahurul *et al.* (2014), afirma que el contenido de grasa en las almendras de mango es de 7,1 a 15 por ciento y que ésta se caracteriza por ser buena fuente de ácidos grasos como el ácido palmítico, esteárico y oleico. Es una fuente prometedora, segura y natural de grasas comestibles, ya que no contiene ácidos grasos trans (Solís y Durán, citados por Jahurul *et al.* 2015).

El porcentaje de fibra en la almendra de mango corresponde al $2,82 \pm 0,13$ por ciento, valor superior al que reportan Chaparro *et al.* (2015) y Nzikou *et al.* (2010), pero inferior al de Gutierrez *et al.* (2015) y Chansgo (2008), según el cuadro 8.

Referente al contenido de ceniza de la almendra de mango, presentó un valor de $2,04 \pm 0,03$ por ciento, el cual se encuentra dentro del rango de los resultados obtenidos por diversos estudios (cuadro 8), que oscilan desde 0,83 hasta 3,2 por ciento.

En cuanto al contenido de proteínas, las almendras presentaron un valor de $6,99 \pm 0,1$ por ciento, valor ligeramente mayor al reportado por otros autores. Jahurul *et al.* (2015), aseguran que las almendras de mango contienen una baja cantidad de proteína bruta (6,7 por ciento) en comparación con el trigo, maíz y cebada pero que la calidad de la proteína es alta ya que es rica en todos los aminoácidos esenciales. Por otro lado, Kittiphoom (2012) obtuvo a través de diferentes estudios, que la composición de aminoácidos en las almendras de mango depende de la variedad del fruto, además demostró que las almendras de mango son una buena fuente de polifenoles, fitoesteroles y tocoferoles.

4.2 EXTRACCIÓN DE LA GRASA DE LA ALMENDRA DE MANGO

Con el propósito de obtener la mayor eficiencia y rendimiento en la extracción de la grasa de mango, utilizando la prensa *expeller*, se consideraron dos factores: el diámetro interno de la boquilla de salida de la cámara de prensado y la velocidad de rotación del tornillo sin fin. En el cuadro 9 se presentan los resultados (media \pm desviación estándar) de la extracción de la grasa de almendra de mango, siendo seis tratamientos con tres repeticiones cada uno, se utilizó 250 gramos de almendra molida para cada tratamiento a una temperatura de 25 °C, humedad de $8 \pm 0,5$ por ciento y un tamaño de partícula comprendido entre 0,85 mm y 2 mm.

Cuadro 9: Rendimiento de la extracción de la grasa de la almendra de mango

TRAT.	VARIABLES		GRASA BRUTA ^A		GRASA PURA ^B		PUREZA DE LA EXTRACCIÓN*
	N° Boquilla	Velocidad tornillo	Peso (g)	Rendimiento (%)	Peso (g)	Rendimiento (%)	Porcentaje (%)
1	4	20 rpm	14,61 \pm 0,503	5,84 \pm 0,201	10,66 \pm 0,165	4,27 \pm 0,066	73,07 \pm 3,190
2	4	30 rpm	12,49 \pm 0,235	5,00 \pm 0,094	9,77 \pm 0,228	3,91 \pm 0,091	78,20 \pm 0,361
3	4	40 rpm	11,09 \pm 0,150	4,43 \pm 0,060	9,05 \pm 0,041	3,62 \pm 0,016	81,67 \pm 0,777
4	6	20 rpm	17,58 \pm 0,330	7,03 \pm 0,132	15,03 \pm 0,369	6,01 \pm 0,147	85,53 \pm 0,850
5	6	30 rpm	17,10 \pm 0,107	6,84 \pm 0,043	14,63 \pm 0,232	5,85 \pm 0,093	85,57 \pm 1,650
6	6	40 rpm	16,03 \pm 0,255	6,41 \pm 0,102	13,92 \pm 0,295	5,57 \pm 0,118	86,83 \pm 0,611

^A Grasa con partículas sólidas de almendra de mango (tal como sale del expeller), ^B Grasa libre de impurezas (después de centrifugado), * B/A.

Se utilizaron dos boquillas: 4 y 6 mm y tres velocidades de rotación del tornillo sin fin: 20, 30 y 40 rpm. Los resultados, muestran que la mayor extracción de grasa se logró utilizando la boquilla de 6 mm de diámetro interno la cual se adaptó bastante bien a las características de la almendra, con la boquilla de diámetro menor el rendimiento disminuía, ya que se ejercía

mayor presión en la cámara de prensado, provocando la pulverización de la almendra a tamaños menores que los agujeros de salida de la grasa y generando obstrucción de la misma.

Se realizó un diseño completamente al azar, determinando a un nivel de confianza del 95 por ciento, que se tiene suficiente evidencia estadística para afirmar que existe diferencia significativa en el rendimiento de la extracción de la grasa de almendra de mango en al menos uno de los tratamientos (anexo 2).

Se tiene suficiente evidencia estadística a un nivel de 95 por ciento de confianza para afirmar que el tratamiento 4 (boquilla N° 6 y velocidad de rotación de tornillo 20 rpm) es similar al tratamiento 5 (boquilla N °6 y velocidad de rotación de tornillo 30 rpm). Entre los tratamientos se escogió como el óptimo el tratamiento cuatro, tomando en consideración el rendimiento de la extracción de la grasa (porcentaje), con $7,03 \pm 0,132$ por ciento de grasa bruta vs. $6,84 \pm 0,043$ por ciento (anexo 3).

Los resultados obtenidos muestran que la eficiencia de la extracción depende en forma simultánea del diámetro interno de la boquilla con la velocidad de rotación del tornillo sin fin, alcanzándose eficiencias de extracción mayores a velocidades bajas, por lo que una velocidad de giro de 20 rpm y boquilla de 6 mm de diámetro interno fueron seleccionados como parámetros óptimos para la obtención de la grasa de almendra de mango.

En la extracción por prensado se obtiene una grasa bruta color marrón claro (figura 10) que viene acompañada de impurezas sólidas, tales como restos de harina de almendra por lo que deben ser separados para obtener una grasa virgen libre de impurezas. Por ello se evaluó en simultáneo del tiempo y la fuerza centrífuga, el grado de limpieza de la grasa bruta, se utilizó la centrífuga de laboratorio marca COLE PARMER, a 4000 rpm y un tiempo de 15 minutos, debido a un mayor rendimiento en cantidad de grasa limpia, en estas condiciones se obtuvo una grasa transparente y libre de impurezas (figuras 11 y 12).

De acuerdo al presente trabajo de investigación, es posible extraer alrededor del 7 por ciento de grasa bruta y 6 por ciento de grasa pura de la almendra de mango, Chaparro *et al.* (2015) afirman que la almendra de mango puede ser una fuente de grasa virgen, lo que generaría el aprovechamiento de residuos agroindustriales, y en un ingreso extra para los procesadores de pulpa de mango y de mango picado congelado.

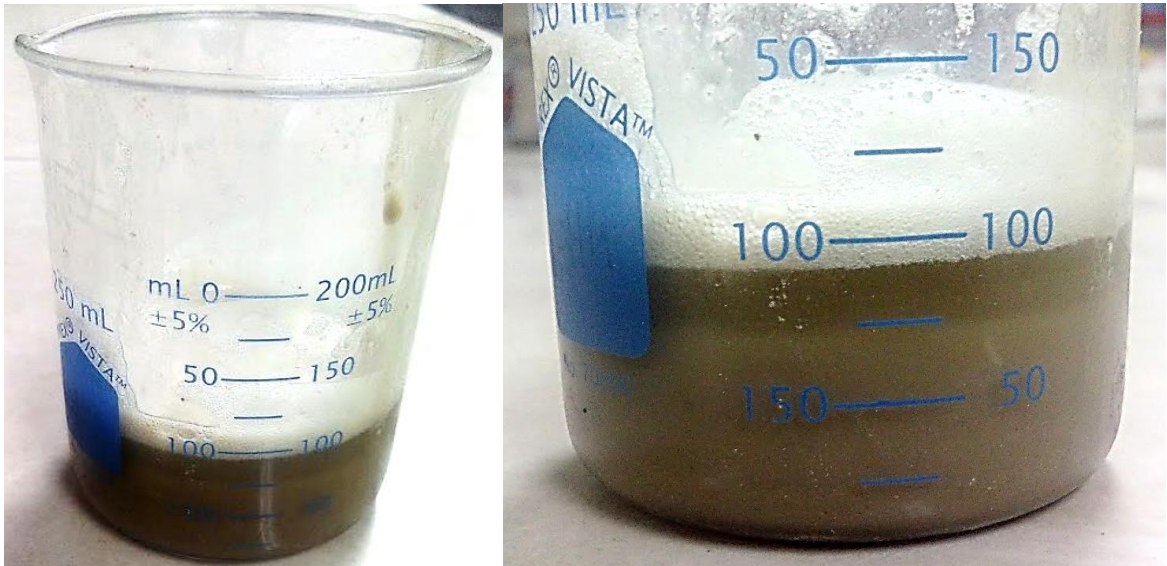


Figura 10: Grasa bruta de mango recién extraída del *expeller*.



Figura 11: Grasa pura de almendra de mango recién centrifugada.

La grasa virgen de la almendra de mango puede tener diversos usos, de acuerdo a sus características, Kittiphoom (2012) reportó que la grasa de mango está conformada por aproximadamente 44-48 por ciento de ácidos grasos saturados (esteárico mayoritario) y 52-56 por ciento de ácidos grasos insaturados; Abdalla *et al.* (2007) afirman que el ácido esteárico es el principal ácido graso saturado mientras que el ácido oleico es el ácido graso insaturado predominante. Lo cual resulta interesante debido a que el consumo de grasas poli

insaturadas se considera como alternativa más saludable frente al consumo de productos grasos saturados; Solís y Durán, citados por Jahurul *et al.* (2015), mencionan que la grasa de mango es una fuente prometedora, segura y natural de grasas comestibles, por no contener ácidos grasos trans.



Figura 12: Grasa pura de almendra de mango a 20 °C.

4.3 CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA DE LA GRASA DE LA ALMENDRA DE MANGO

Se realizó la caracterización físico química de la grasa virgen de almendra de mango, fue analizada a través del porcentaje de acidez, índice de yodo, índice de saponificación, índice de refracción y punto de fusión. Los resultados se muestran en el cuadro 10, como la media de tres repeticiones \pm desviación estándar.

Cuadro 10: Caracterización físico química de la grasa de la almendra de mango

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO	\bar{x}	S
Índice de acidez (mg KOH / 100 g grasa)	1,36	0,074
Índice de yodo (g I ₂ / 100 g de grasa)	41,2	0,451
Índice de saponificación (mg KOH / g de grasa)	199,5	0,862
Índice de refracción (40 °C)	1,461	0,003
Punto de fusión	34,9	0,252

«continuación»

Color	L*	60,08	0,511
	a *	-4,41	0,056
	b *	10,11	0,044
	a/b	-0,44	0,004
	IC*	-7,26	0,028
	h _{ab}	113,57	0,197

En la determinación del índice de acidez, la almendra de mango presentó un valor promedio de $1,36 \pm 0,074$ por ciento, dicho valor permite su uso directo en la industria de alimentos sin necesidad de neutralización (Arogba, citado por Abdalla *et al.* 2007), además es posible utilizarla como ingrediente para la fabricación de chocolate y productos de chocolate según la Norma para la manteca de cacao CODEX STAN 86-1981 que indica un contenido de acidez no mayor a 1,75 por ciento. Lo cual la hace menos predispuesta a la degradación oxidativa y rancidez por la baja presencia de ácidos grasos libres, los altos valores de acidez indican la posible hidrólisis sufrida como resultado de la descomposición lipolítica de triglicéridos.

Abdalla *et al.* (2007), estudiaron las variedades de mango *zebda*, *balady* y *succary*, consiguiendo un índice de acidez de 1,22 por ciento como promedio, Nzikou *et al.* (2010), reportaron un valor de 3,93 por ciento en la variedad Kibangou, mientras que Álvarez (2004) muestra valores de 3,11; 2,17; 2,5 por ciento para las variedades Manila, Keitt y Kent, respectivamente; y afirma que diferencia entre dichos valores puede ser debido a que las muestras hayan estado más o menos expuestas a una rancidez hidrolítica.

Se obtuvo que el índice de yodo de la almendra de mango de variedad Kent fue $41,2 \pm 0,451$ g I₂ / 100 g de grasa, valor que concuerda con resultados de otros estudios, Solís y Durán (2004) reportan un valor de 41,76; Muchiri *et al.*, citados por Jahurul *et al.* (2015), reportaron de 40,90 a 56,79 g. de yodo por 100 g. grasa, el valor de yodo de la variedad Kaew (40,9) cultivada en Tailandia fue el más bajo, mientras que la variedad de mango Kagege (56,79) fue el más alto, los autores también informaron que los valores de índice de yodo de las diferentes variedades de mango cultivadas en India, Bangladesh, Egipto, México y Malasia fueron similares.

Abdalla *et al.* (2007), mencionan que el índice de yodo indica la insaturación de los ácidos grasos, reportando un valor de 53,15; mientras que Gutierrez *et al.* (2015) obtuvieron un índice de yodo de 40,6 e indica que la grasa de mango es un producto estable lo que permite su uso como sustituto de la grasa de cacao. El resultado del presente trabajo de investigación se encuentra dentro del rango de índice de yodo permitido para la manteca de cacao el cual es de 31- 42 g de I / 100 g de grasa.

Se obtuvo un índice de saponificación de $199,5 \pm 0,862$ mg KOH/g de muestra, valor que se encuentra dentro de los parámetros de la manteca de cacao (190 – 200 de acuerdo al CODEX STAN 86-1981). Por otro lado, se le puede dar uso no alimentario tal como afirma Kittiphoom y Sutasinee, citados por Gutiérrez *et al.* (2015) quienes mencionan que los valores significativos del índice de saponificación de la grasa de la almendra de mango sugieren su uso en la fabricación de champú, jabones y cremas cosméticas.

Como referente al valor obtenido en el estudio de la grasa de la almendra de mango, Solís y Durán (2004) reportaron un índice de saponificación de 189,0 mg KOH/g; Nzikou *et al.* (2010) alcanzaron valores de 207,5 mg KOH/g para la variedad Kibango y Gutierrez *et al.* (2015) obtuvieron un índice de saponificación de 209,1 mg KOH/g, asociado a la longitud de los ácidos grasos contenidos y sus pesos moleculares, infiriéndose que la grasa posee un alto contenido de ácidos grasos de bajo peso molecular.

Para realizar la medida del índice de refracción de la grasa de mango, se tuvo que calentar la grasa a baño maría hasta una temperatura de 40 °C, obteniéndose un valor de $1,461 \pm 0,003$; el cual es muy similar al reportado por López *et al.* (2016) con 1,464; mientras que Solís y Durán (2004) obtuvieron un valor de 1,466; además éste último menciona que su valor está muy ligado a la insaturación de los ácidos grasos, aumentando conforme aumenta el grado de insaturación y el porcentaje de ácidos insaturados.

Jahurul *et al.* (2014) y Muchiri *et al.* (2012) informaron que el índice de yodo, índice de saponificación, índice de acidez y el punto de fusión de la grasa de almendra de mango, son similares a las de *illipe* de borneo, manteca de *karité* y manteca de cacao. Además las características fisicoquímicas de la grasa de almendra de mango son muy cercanas a las características correspondientes a la manteca de cacao, por lo cual, una hidrogenación controlada, refinación química o física y/o procesos de mezcla natural podrían usarse para

augmentar o reducir las características de la manteca de mango a los valores deseados tal como lo sugiere Jahurul *et al.* (2015).

Se halló que la grasa de almendra de mango presenta una temperatura de fusión de $34,9\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,252$; la cual es favorable para la elaboración de coberturas y rellenos de chocolates ya que una temperatura de fusión cercana a $36\text{ }^{\circ}\text{C}$ asegura que el producto se derrita en la boca, de lo contrario, si el punto de fusión fuera muy alto, se produciría una sensación cerosa en la boca sin lograrse una completa fundición. Como referencia, se tiene que otros autores como Adballa *et al.* (2007), Jahurul *et al.* (2015), y Gutiérrez *et al.* (2015), reportaron para la grasa de almendra de mango, temperaturas de fusión de $30,5\text{ }^{\circ}\text{C}$; $35,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ y de $39,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $38,3\text{ }^{\circ}\text{C}$; respectivamente.

El color es la única propiedad sensorial que puede ser medida más eficazmente en forma instrumental que en forma visual, es un indicador importante de la pureza, composición del producto y grado de deterioro (Magariños y Bauzá 2003). En el cuadro 10 se muestran las coordenadas L^* , a^* , b^* y los índices de color, las coordenadas presentaron uniformidad en sus valores debido a la baja dispersión de los datos, el parámetro L^* tuvo un valor medio de 60,08 unidades, por lo cual las muestras tuvieron una luminosidad alta, en cuanto a la variable a^* , se obtuvo una media de -4,41 unidades, valor que tiende al eje de los tonos verdes; mientras que la variable b^* tuvo una media de 10,11 unidades, ubicándose en la zona de los amarillos claros. En la figura 13, podemos observar que los valores del espectro cromático ubican a la grasa pura de la almendra de mango en un tono verde pálido, amarillo pálido.

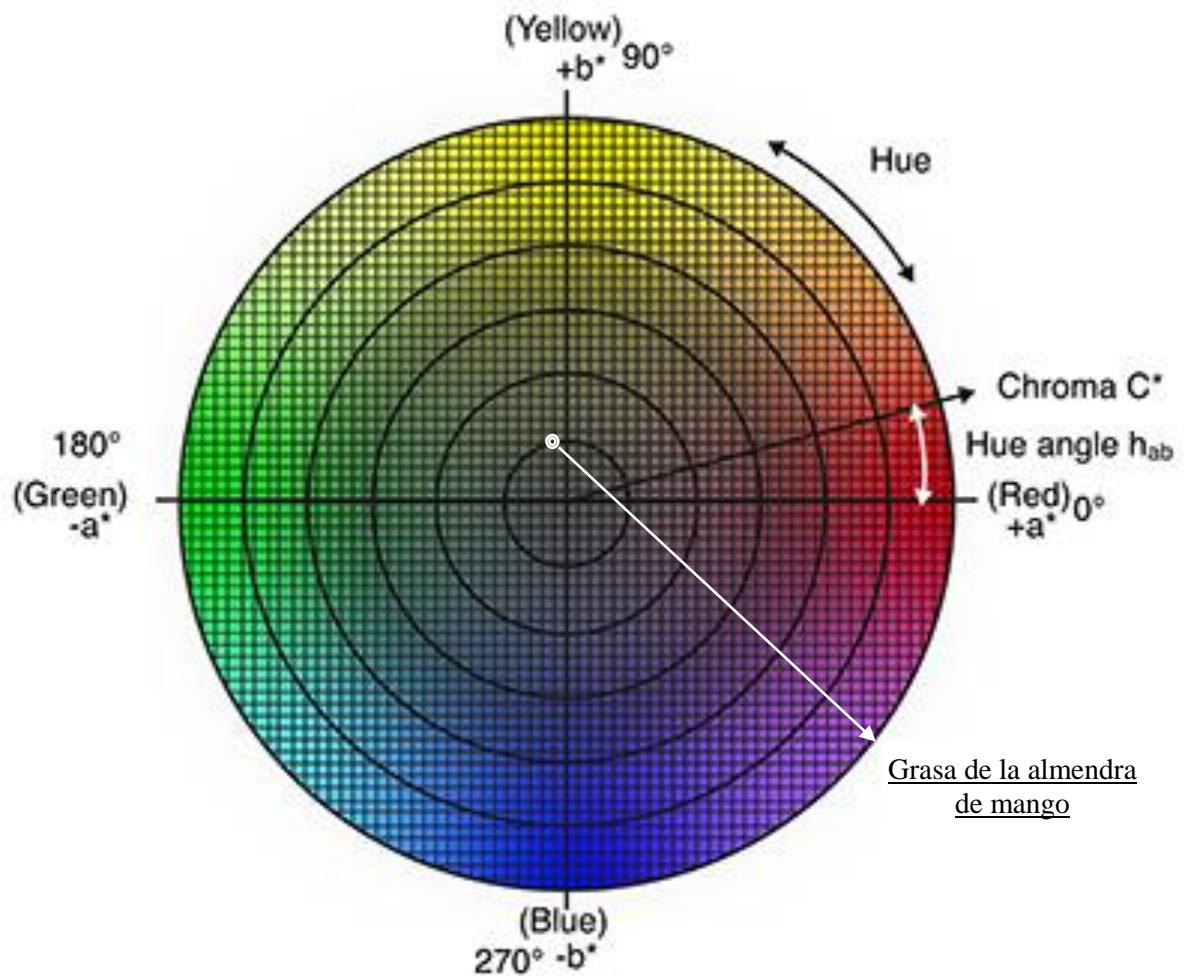


Figura 13: Ubicación del espectro cromático de la grasa de la almendra de mango.

Se calculó el cociente a/b y se obtuvo un valor medio de $-0,44$; según Magariños y Bauzá (2003) dicho cociente sirve para obtener datos de referencia en el momento de comparar muestras, el cociente a/b toma valores por debajo de $0,10$ y negativos cuando las muestras son de color «amarillo verdoso», entre $0,10$ y $0,20$ el color del aceite es el conocido como «amarillo oro» y para valores superiores a $0,25$ el color es «amarillo intenso». El índice de color (IC^*) hallado nos muestra un valor promedio de $-7,26$, según Ayala (2009), éste corresponde a los colores que van del verde profundo al verde amarillento, además el valor de h_{ab} en promedio es $113,6^\circ$ mostrando tener una naturaleza cromática del amarillo al verde según CIE (1978).

La grasa de la almendra de mango a simple vista es de color amarillo pálido (a temperatura de ambiente, ver anexo 16), la cual es una característica muy favorable en aceites y en grasas

vegetales en general y coincide con los índices de color obtenidos con el método del colorímetro HunterLab.

V. CONCLUSIONES

- Se extrajo la grasa de la almendra de mango de la variedad Kent con el siguiente flujo de operaciones: (1) trozado, (2) almacenamiento, (3) deshidratado, (4) molienda, (5) tamizado, (6) extracción y (7) centrifugado y se realizó su caracterización físico química.
- Se obtuvo la grasa de la almendra de mango por medio de la extracción mecánica en prensa *expeller*, teniendo como factores: (a) el diámetro interno de boquilla de salida de la cámara de prensado, y (b) la velocidad de rotación del tornillo sin fin.
- Se evaluó el rendimiento de la grasa de la almendra de mango en relación al peso (g) de la grasa extraída de la prensa *expeller* y el peso de la almendra seca, molida y tamizada que ingresó a la prensa.
- Los parámetros óptimos en la extracción de la grasa de la almendra de mango fueron (a) boquilla de diámetro interno de 6 mm, y (b) velocidad de rotación de tornillo sin fin de 20 rpm, con lo cual se consiguió el mayor rendimiento: $7,03 \pm 0,132$ por ciento de grasa bruta y $6,01 \pm 0,147$ de grasa pura.
- Con respecto al análisis físico químico, se obtuvo un índice de acidez de $1,36 \pm 0,074$ mg KOH/100 g grasa; índice de yodo, $41,2 \pm 0,451$ g I₂/100 g de grasa; índice de saponificación, $199,5 \pm 0,862$ mg KOH/g de grasa; índice de refracción (40 °C), $1,461 \pm 0,003$ y punto de fusión, $34,9 \text{ °C} \pm 0,252$, cuyos resultados son similares a otros estudios y cercanos a las características correspondientes de la manteca de cacao. Además se obtuvo que los valores L*, a* y b* fueron 60,08; -4,41 y 10,11; respectivamente.

VI. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios de extracción de la grasa de mango mediante el uso de enzimas aplicadas a la almendra de mango.
- Realizar una determinación y caracterización del contenido de ácidos grasos de la grasa de almendra de mango.
- Realizar estudios de investigación respecto a la vida en anaquel de la grasa de almendra de mango, así como sus características sensoriales y propiedades nutricionales de los alimentos que lo contengan.
- Realizar trabajos de investigación en base al aprovechamiento de la torta de almendra de mango para consumo animal y/o humano, utilización como harina de almendra de mango y análisis de su composición.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdalla, A; Darwish, S; Ayad, E, El-Hamahmy, R. 2007. Egyptian mango by-product: Compositional quality of mango seed kernel. *Food Chemistry* 103:1134-1140.
- Álvarez, F. 2004. Obtención, caracterización y optimización del proceso de extracción del aceite de la semilla de mango. Tesis Lic. Ciudad de México, México, Universidad Nacional Autónoma de México.
- AOAC (Association of Official Agricultural Chemists, Estados Unidos). 2005. International official methods of analysis. 18th Ed. Maryland, Estados Unidos. v. 2, C 30.
- AOAC (Association of Official Agricultural Chemists, Estados Unidos). 1990. International official methods of analysis. 15th Ed. Maryland, Estados Unidos. v. 2, C 41.
- AOAC (Association of Official Agricultural Chemists, Estados Unidos). 1995. International official methods of analysis. 16th Ed. Maryland, Estados Unidos. v. 2, C 41.
- AOCS (American Chemical Chemists Society, Estados Unidos). 2005. Official method AOCS 7-25: Refractive Index of Fats and Oils. 7th Ed. Urbana, Illinois, Estados Unidos.
- APEM (Asociación de Productores y Exportadores de Mango, Perú). 2014. Perspectivas de la industria de exportación de mango peruano (en línea, sitio web). Piura, Perú. Consultado 14 ago. 2017. Disponible en <http://www.peruvianmango.org/13congreso/12.pdf>.
- Ayala, M. 2009. Extracción, refinación y caracterización de aceite de unguirahui (*Jessenia bataua* L.) de la variedad blanca. Tesis Ing. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina.

- Basilio, J. 2009. Extracción de aceite del hueso de Mango. Sinaloa, México, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.
- Casini, C; Rodríguez, J; Bartosik, R. 2006. Secado de granos: proyecto eficiencia de cosecha y post cosecha. Córdoba, Argentina, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- Chansgo, C. 2008. Study of extraction process, chemical and physical properties of mango seed almond fat. Tesis Mg.Sc. Bangkok, Thailand, Silpakorn University.
- Chaparro, S; Lara, A; Sandoval, A; Sosa, S; Martínez, J; Gil, J. 2015. Caracterización funcional de la almendra de las semillas de mango (*Mangífera indica L.*). Ciencia en Desarrollo 4(1):67–75.
- Elegbede, J; Achoba, I; Richard, H. 1995. Nutrient composition of mango characteristics of seed kernel from Nigeria. Food Biochemistry 19:391-398.
- Gallardo, G. 2009. Extracción y Caracterización del aceite de linaza (*Linum usitatissimum*) del distrito de Cachachi, Provincia de Cajabamba, Departamento de Cajamarca. Tesis Ing. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina.
- INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática, Perú). 2015. Producción de Mango (en línea, sitio web). Consultado 24 oct. 2017. Disponible en <http://www.inei.gob.pe/prensa/noticias/produccion-de-mango-se-incremento-en-648-8358/>.
- Jahurul, M; Zaidul, I; Kashif, G; Fahad, Y; Al-Juhaimi, F; Nyam, K; Norulaini, N; Sahena, F; Mohd, A. 2015. Mango (*Mangifera indica L.*) by-products and their valuable components: a review. Food Chemistry 183:173-180.
- Jahurul, M; Zaidul, I; Norulaini, N; Sahena, F; Abedin, M; Mohamed, A. 2014. Hard cocoa butter replacers from mango seed fat and palm stearin. Food Chemistry 154:323-329.
- Jiménez, E; Aguilar, R. 2001. Propiedades físicas y químicas del aceite de aguacate obtenido de puré deshidratado por microondas. Journal of the Mexican Chemical Society 45(2):89-92.

- Kittiphoom, S. 2012. Utilization of mango seed. *International Food Research Journal* 19(4):1325-1335.
- Magariños, C; Bazuá, M. 2003. Determinación del color de aceites de oliva vírgenes. *FCA UNCuyo* 35(2):71-76.
- Matissek, R; Schnepel, F; Steiner, G. 1998. *Análisis de los alimentos: fundamentos, métodos, aplicaciones*. España, Acribia. 430 p.
- MINCETUR (Ministerio de Comercio Exterior y Turismo del Perú). 2012. Perfil del mercado y competitividad exportadora de mango (en línea, sitio web). Consultado 28 jul. 2017. Disponible en <http://www.mincetur.gob.pe/comercio/otros/penx/pdfs/Mango.pdf>.
- Navas, P. 2010. Componentes minoritarios y propiedades antioxidantes de aceites vírgenes y tortas residuales obtenidos por presión en frío a partir de fuentes vegetales convencionales y no convencionales. Tesis Ph.D. La Mancha, España, Universidad de Castilla-La Mancha.
- Nzikou, J; Kimbonguila, A; Matos, L; Loumouamou, B; Pambou, N; Ndangui, C; Abena, A; Silou, T; Scher, J; Desobry, S. 2010. Extraction and characteristics of seed kernel oil from mango (*Mangífera indica L.*). *Environmental Earth Sciences* 2(1):31-35.
- PROMPERU (Comisión de Promoción del Perú para la Exportación y el Turismo). 2014. Perfil Producto - Mercado: mango en conserva y congelado en Estados Unidos (en línea, sitio web). Consultado 28 jul 2017. Disponible en <http://www.siicex.gob.pe/siicex/documentosportal/alertas/documento/doc/733972302rad6D353.pdf>.
- Rimache, M. 2007. *Cultivo de mangos, colección de fruticultura*. Lima, Perú, Macro.
- Rojas, A; Marín, L; Oropeza, Y. 2010. Extracción del aceite de semilla de mango utilizando solventes orgánicos. Venezuela, U.E.P. Dr. Rafael Andreani Pieretti. 39 p.

- Rojas, F; Burbano, F. 2011. Efecto de un pretratamiento enzimático en el proceso de obtención de aceite de la semilla del mango (*Mangífera indica L.*). Tesis Ing. Cali, Colombia, Universidad del Valle.
- Solís, J; Durán, M. 2004. Mango seed uses: thermal behaviour of mango seed almond fat and its mixtures with cocoa butter. *Bioresource Technology* 92(1):71-78.
- Tapia, M; Pérez, B; Cavazos, J; Mayet, Y. 2013. Obtención de aceite de semilla de Mango (*Mangifera indica L.*) como una alternativa para aprovechar subproductos agroindustriales en regiones tropicales. *Revista Mexicana de Agronegocios* 32:258-266.
- Valeriani, R. 2003. Plan estratégico de la cadena productiva de mango en Piura. Lima, Perú, Ministerio de Agricultura. 83 p.
- Vega, A. 2004. Guía para la elaboración de aceites comestibles, caracterización y procesamiento de nueces. Bogotá, Colombia, CAB Ciencia y Tecnología.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1: RENDIMIENTO DE LA EXTRACCIÓN DE LA GRASA DE LA ALMENDRA DE MANGO

TRAT.	VARIABLES		GRASA BRUTA ^A		GRASA PURA ^B		PUREZA DE EXTRACCIÓN*
	N° boquilla	Velocidad tornillo	Peso (g)	Rendi_miento (%)	Peso (g)	Rendi_miento (%)	Porcentaje (%)
1	4	20 rpm	14,88	5,95	10,48	4,19	70,40
			14,92	5,97	10,77	4,31	72,20
			14,03	5,61	10,75	4,30	76,60
2	4	30 rpm	12,73	5,09	10,01	4,00	78,60
			12,26	4,90	9,55	3,82	77,90
			12,49	5,00	9,75	3,90	78,10
3	4	40 rpm	11,01	4,40	9,02	3,61	81,90
			11,26	4,50	9,10	3,64	80,80
			10,99	4,40	9,04	3,62	82,30
4	6	20 rpm	17,67	7,07	15,11	6,04	85,50
			17,85	7,14	15,21	6,08	85,20
			17,21	6,88	14,61	5,84	84,90
5	6	30 rpm	17,22	6,89	14,45	5,78	83,90
			17,08	6,83	14,89	5,96	87,20
			17,01	6,80	14,56	5,82	85,60
6	6	40 rpm	16,03	6,41	13,83	5,53	86,30
			16,28	6,51	14,25	5,70	87,50
			15,77	6,31	13,67	5,47	86,70

^A Grasa con partículas sólidas de almendra de mango (tal como sale del expeller), ^B Grasa libre de impurezas (después de centrifugado), * B/A.

ANEXO 2: EXPERIMENTO FACTORIAL 2A3B PARA LA EXTRACCIÓN DE LA GRASA DE MANGO

- Factor A: diámetro interno de boquilla de salida de la cámara de prensado (mm)
Niveles: 4 mm, 6 mm.
- Factor B: velocidad de rotación del tornillo sin fin (rpm)
Niveles: 20 rpm, 30 rpm, 40 rpm.
- Unidad experimental: Almendra de mango molida.
- Variable respuesta: Rendimiento de la grasa de la almendra de mango.

Ho: el rendimiento de extracción de la grasa de mango no varía respecto a los tratamientos.

Ha: el rendimiento de extracción de la grasa de mango es diferente en alguno de los tratamientos.

α : 0,05

Cuadro resumen del experimento factorial para el rendimiento de extracción de la grasa bruta de la almendra de mango

TRATAMIENTO	Nº BOQUILLA	VELOCIDAD (RPM)	REPETICIONES	SUMA	PROMEDIO	VARIANZA
1	4	20	3	17,532	5,84	0,04043
2	4	30	3	14,992	5,00	0,00883
3	4	40	3	13,304	4,43	0,00362
4	6	20	3	21,092	7,03	0,01742
5	6	30	3	20,524	6,84	0,00182
6	6	40	3	19,232	6,41	0,01040

Análisis de varianza para el efecto del rendimiento de extracción de la grasa bruta de la almendra de mango

FUENTE DE VARIABILIDAD	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADO	CUADRADO MEDIO	F _{CALC.}	F _{CRÍT}	PROBABI-LIDAD
Diámetro de boquilla	1	12,5334	12,5334	910,913	4,747	1,1*10 ⁻¹² *
Velocidad	2	3,0891	1,5446	112,257	3,885	1,7*10 ⁻⁸ *
Diámetro* Velocidad	2	0,5363	0,2681	19,488	3,885	1,7*10 ⁻⁴ *
Error	12	0,1651	0,0138			
Total	17	16,3238				

El análisis de varianza nos muestra lo siguiente:

- Los efectos de las dos boquillas sobre el rendimiento de extracción de la grasa bruta de la almendra de mango resultan tener una diferencia significativa ($P = 1,1 \cdot 10^{-12} < 0,05$).
- Los efectos de las tres velocidades de rotación del tornillo sin fin de la prensa *expeller* sobre el rendimiento de extracción de la grasa bruta de la almendra de mango resultan tener una diferencia significativa ($P = 1,7 \cdot 10^{-8} < 0,05$).
- La interacción entre las boquillas (diámetro 4mm y 6mm) y las velocidades de rotación de tornillo (20, 30 y 40 rpm) resultan significativamente diferentes ($P = 1,7 \cdot 10^{-4} < 0,05$).

Por lo cual, se rechaza la H_0 y se concluye que existe suficiente diferencia estadística para aceptar que el rendimiento promedio de la extracción de la grasa de almendra de mango es diferente en los tratamientos.

Dado que los resultados presentaron diferencias significativas, se realizó una prueba de comparación de medias de Tukey a un nivel de significancia del 95 por ciento.

ANEXO 3: PRUEBA DE COMPARACIÓN PARA EFECTO RENDIMIENTO DE LA EXTRACCIÓN DE LA GRASA BRUTA DE LA ALMENDRA DE MANGO

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_6$$

$$H_a: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5 \neq \mu_6$$

$$\alpha: 0,05$$

El valor de la tabla de Tukey, con $\alpha = 0,05$, $p = 6$ tratamientos y 12 grados de libertad para el error experimental es $AES = 4,75$.

Amplitud del límite significativo de Tukey:

$$ALS = AES \sqrt{\frac{CME}{r}}$$

$$ALS = 4,75 \sqrt{\frac{0,013759}{3}}$$

$$ALS = 0,322$$

Comparación del efecto rendimiento de la extracción de la grasa bruta de la almendra de mango

TRATAMIENTOS COMPARADOS	REPETICIONES	DIFERENCIA	COMPARADOR	SIGNIFICANCIA
1 y 2	3	0,85	0,322	*
1 y 3	3	1,41	0,322	*
1 y 4	3	1,19	0,322	*
1 y 5	3	1,00	0,322	*
1 y 6	3	0,57	0,322	*
2 y 3	3	0,56	0,322	*
2 y 4	3	2,03	0,322	*
2 y 5	3	1,84	0,322	*
2 y 6	3	1,41	0,322	*
3 y 4	3	2,60	0,322	*

«continuación»

3 y 5	3	0,43	0,322	*
3 y 6	3	1,98	0,322	*
4 y 5	3	0,19	0,322	n.s.
4 y 6	3	0,62	0,322	*
5 y 6	3	0,43	0,322	*

n.s.: Diferencia no significativa.

Diagrama de líneas:

Rendimiento:	4,43	5,0	5,84	6,41	6,84	7,03
Tratamiento N°:	3	2	1	6	5	4

Existe suficiente evidencia estadística a un nivel de 95 por ciento de confianza para afirmar que el tratamiento 4: boquilla N°6 y velocidad de rotación de tornillo 20 rpm es similar al tratamiento 5: boquilla N°6 y velocidad de rotación de tornillo 30 rpm. Entre los dos, el tratamiento cuatro es el óptimo, tomando en consideración el rendimiento de la extracción de la grasa (porcentaje), con $7,03 \pm 0,132$ por ciento de grasa bruta vs. $6,84 \pm 0,043$ por ciento.

ANEXO 4: COMPOSICIÓN QUÍMICA PROXIMAL DE LA ALMENDRA DE MANGO

COMPOSICIÓN PROXIMAL	R1	R2	R3	PROMEDIO ± DESVIACIÓN ESTÁNDAR
Humedad (%)	55,4078	55,4760	55,6915	55,53 ± 0,15
Grasa (%)	8,58920	8,6864	8,6717	8,65 ± 0,05
Fibra (%)	2,9622	2,7125	2,7845	2,82 ± 0,13
Ceniza (%)	2,0385	2,0124	2,0795	2,04 ± 0,03
Proteína (%)	6,9650	7,0995	6,9080	7,01 ± 0,10
Carbohidratos* (%)	23,95			

* Se determinó por diferencia.

ANEXO 5: CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA DE LA GRASA DE LA ALMENDRA DE MANGO

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO	R1	R2	R3	PROMEDIO ± DESVIACIÓN ESTÁNDAR
Índice de acidez (mg KOH/ 100 g grasa)	1,39	1,28	1,42	1,36 ± 0,074
Índice de yodo (g I ₂ /100 g de grasa)	41,7	41,2	40,8	41,2 ± 0,451
Índice de saponificación (mg KOH/ g de grasa)	198,7	200,4	199,3	199,5 ± 0,862
Índice de refracción (40 °C)	1,464	1,46	1,459	1,461 ± 0,003
Punto de fusión	34,9	34,6	35,1	34,9 ± 0,252

ANEXO 6: MEDICIÓN DEL COLOR DE LA GRASA DE LA ALMENDRA DE MANGO

MUESTRA	L*	A*	B*	A*/B*	IC*	H _{AB}
R1	60,60	-4,48	10,13	-0,44	-7,30	113,86
R2	60,35	-4,44	10,14	-0,44	-7,26	113,65
R3	59,36	-4,34	10,04	-0,43	-7,28	113,38
R4	60,35	-4,43	10,15	-0,44	-7,23	113,58
R5	59,75	-4,37	10,10	-0,43	-7,24	113,40
\bar{x}	60,08	-4,41	10,11	-0,44	-7,26	113,57
σ	0,511	0,056	0,044	0,004	0,028	0,197

ANEXO 7: SEMILLAS DE MANGO



ANEXO 8: ALMENDRAS DE MANGO CON PIEL



ANEXO 9: ALMENDRA DE MANGO FRESCA, SIN PIEL



ANEXO 10: ALMENDRA DE MANGO SECA



ANEXO 11: MOLIENDA DE ALMENDRA DE MANGO



ANEXO 12: ALMENDRA DE MANGO TAMIZADA (TAMAÑO 0,085 MM A 2 MM)



ANEXO 13: PIEZAS DE LA CÁMARA DE Prensado DE LA PRENSA *EXPELLER*



**ANEXO 14: EXTRACCIÓN DE GRASA BRUTA DE MANGO EN PRENSA
EXPELLER**



ANEXO 15: CÁMARA DE PRENSADO



ANEXO 16: GRASA DE ALMENDRA DE MANGO A TEMPERATURA DE AMBIENTE, EN CUBETA PARA MEDICIÓN DE COLOR

