

FUNDACIÓN
PRODUCE
Sinaloa A.C.
ENLACE, INNOVACIÓN Y PROGRESO

SAGARPA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA,
GANADERÍA, DESARROLLO RURAL,
PECUA Y ALIMENTACIÓN



GOBIERNO
DEL ESTADO
DE SINALOA

Extracción de aceite del hueso de mango

José Basilio Heredia



RESULTADOS DE PROYECTOS

Extracción de aceite del hueso de mango

José Basilio Heredia¹

¹ Investigador Titular A del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD), A. C., unidad Culiacán.

Índice

INTRODUCCIÓN.....	7
Sinaloa, uno de los principales productores de mango.....	7
Una alternativa rentable.....	8
Objetivo general del proyecto.....	8
METODOLOGÍA APLICADA.....	8
Condiciones previas.....	8
Materiales y métodos.....	9
Determinación de grasa.....	9
Determinación de la composición de ácidos grasos.....	9
Análisis estadístico de datos.....	11
RESULTADOS.....	11
Cosecha de frutos de mango Keitt.....	11
Traslado de frutos del empaque al laboratorio.....	11
Determinación de la calidad fisicoquímica del hueso de mango mediante evaluaciones de humedad, actividad de agua y análisis proximal.....	12
Extracción de ácidos grasos de semillas de mango mediante extracción química.....	14
Determinación de la calidad fisicoquímica del aceite de hueso de mango obtenido por extracción mecánica mediante evaluaciones de índices de refracción y saponificación.....	16
Determinación de la calidad fisicoquímica del aceite de hueso de mango obtenido por extracción química mediante evaluaciones de índices de refracción y saponificación.....	16
Determinación del perfil de ácidos grasos obtenidos por extracción mecánica, utilizando cromatografía de gases.....	16
Determinación del perfil de ácidos grasos obtenidos por extracción química, utilizando cromatografía de gases.....	16
CONCLUSIONES.....	18
BIBLIOGRAFÍA.....	19

INTRODUCCIÓN

Este folleto incluye la descripción de los métodos mecánico y químico para extraer aceite del de mango Keitt, derivado que al comercializarse puede incrementar en más de 28 veces la ganancia que se obtiene por la venta de residuos de mango en el sur de Sinaloa.

En la semilla de mango fresca y deshidratada también se identificó la humedad y actividad de agua; así como el contenido de grasa, fibra cruda, cenizas y proteínas que pueden tener fines alimenticios para el hombre o como alimento balanceado para animales.

La información que se presenta en este documento pertenece a los resultados del proyecto *Procesos de extracción, rendimiento y caracterización cualitativa de aceite del hueso de mango*, apoyado por Fundación Produce Sinaloa, A. C., durante 2008-2009 a través de su Consejo Consultivo zona Sur.

Sinaloa, uno de los principales productores de mango

Entre las principales variedades de mango producidas en Sinaloa se encuentran Keitt, Kent, Manila, Tommy Atkins y Haden, todas con características muy particulares de forma, color y sabor.

Sinaloa se ubica entre los principales productores de mango, con una superficie sembrada de 22 mil hectáreas, de donde se obtienen 195 mil toneladas de fruta al año, con un valor estimado de 31 millones de dólares.

Además de los grandes volúmenes de mango producidos y comercializados en fresco en Sinaloa, está documentado que al año se procesan 60 mil toneladas de este fruto en el estado.

La comercialización de residuos de mango en las procesadoras de Sinaloa no representa una ganancia para los productores de mango;

al contrario, en ocasiones se debe pagar para que una procesadora reciba el producto.

Una alternativa rentable

Los principales productos que se obtienen del procesamiento del mango son pasta, deshidratados y más recientemente se pretende incursionar en la elaboración de congelados con tecnologías de vanguardia tipo IQF².

Además de las ganancias obtenidas por la comercialización de la pulpa de mango se deben considerar otros ingresos por los usos potenciales de semillas (extracción de aceite) y de cáscaras (obtención de pectinas y fibra).

Una vez obtenida la pulpa de mango (que equivale a 60% del peso del fruto), se generan residuos (que representan el 40% del peso total del fruto) aproximados a las 24 mil toneladas por año, entre los que se encuentran las cáscaras (8%) y los huesos o semillas (32%).

Del 100% de estos residuos, 20% podrían ser aprovechados para la extracción de pectinas y el 80% restante para la obtención de ácidos grasos.

Actualmente se desarrollan diversas investigaciones para extraer y caracterizar las fracciones de pectinas de los desechos de diversas fuentes de frutas tropicales, incluidas las cáscaras de mango. Esto se realiza por la amplia gama de aplicaciones industriales de pectinas, entre las que destacan la elaboración de mermeladas, jaleas, conservas, salsas y, más recientemente, la comercialización de diversos productos o suplementos medicinales.

Por otra parte, existe poca información o estudios sobre productos desarrollados a partir de huesos de mango, entre los que sobresale la elaboración de extractos de ácidos grasos o pastas "oleosas" ('aceitosas') para fines de alimentación de rumiantes.

Objetivo general del proyecto

Evaluar el método mecánico de prensado y métodos químicos (solventes) para la extracción y caracterización fisicoquímica y cromatográfica³ de los ácidos grasos de las semillas de mango producido en Sinaloa.

METODOLOGÍA APLICADA

Condiciones previas

La técnica que presenta este proyecto está diseñada para procesar huesos de mango que sean residuos derivados de una planta procesadora de pasta, deshidratados o congelados; de no existir este proceso se deberá extraer la pulpa antes de empezar con la obtención de aceite de hueso de mango Keitt.

² Congelado Rápido Individual, del inglés: Individually Quick Frozen.

³ De cromatografía: método de separación para la caracterización de mezclas complejas.

Materiales y métodos. Se utilizaron 100 kilogramos de mango Keitt muestreados en agosto y septiembre de 2008 en la Agrícola Luque de Higuera de Zaragoza, Ahome, Sinaloa.

Las muestras se trasladaron al laboratorio de calidad del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD), A. C., unidad Culiacán, donde se lavaron, desinfectaron y se seleccionaron los mangos que serían procesados.

Las fracciones de cáscara y pulpa de mango se separaron de las semillas o huesos. Una vez obtenidas, las semillas se lavaron y almacenaron en bolsas Ziploc, a -20 °C para evitar la oxidación o rancidez de los ácidos grasos presentes en ellas.

Posteriormente, las semillas congeladas fueron utilizadas para la extracción de ácidos grasos por prensado en frío (para lo que se empleó una prensa Komet, tornillo R8) y solventes no polares (acetona, éter de petróleo y hexano). A las distintas fracciones de ácidos grasos obtenidas se les evaluaron sus propiedades fisicoquímicas y cromatográficas.

La evaluación fisicoquímica de los aceites o ácidos grasos consistió en determinar el índice de refracción⁴, índice de yodo⁵ e índice de saponificación⁶, de acuerdo con metodologías básicas de la AOAC⁷ Internacional de 1998.

A continuación se describe la determinación de grasa y los análisis de composición de ácidos grasos por cromatografía de gases.

Determinación de grasa. Se siguió el método número 920.39 de la AOAC Internacional de 1998: se trituraron 50 gramos de germen de mango, se tomaron 2 gramos y se colocaron en un dedal de extracción; posteriormente, en un vaso de extracción de peso constante se agregaron 30 mililitros de éter de petróleo anhidro (grado reactivo) y se calentaron a reflujo constante por cuatro horas en un extractor de grasa Goldfish (marca Labconco).

Inmediatamente después, el vaso de extracción se colocó en una estufa de aire forzado a 100 °C, hasta la evaporación total del solvente. El porcentaje de grasa se obtuvo por diferencia de peso de los vasos de extracción, multiplicados por 100.

La extracción de aceite de la semilla de mango se efectuó en colaboración con la Empresa de Ingeniería y Diseño Kegma, S. A. de C. V.; ubicada en Pedro Zavala, número 2146, colonia Libertad, Culiacán, Sinaloa. Teléfonos: (667) 992 01 85 y (667) 717 61 46. Contacto: Gilberto Blanco.

Determinación de la composición de ácidos grasos. La composi-

⁴ Medida que determina la reducción de la velocidad de la luz al propagarse por un medio.

⁵ Escala que representa la cantidad de yodo que absorbe un compuesto orgánico.

⁶ La saponificación es el proceso por el cual un aceite o una grasa se transforma en jabón

⁷ Asociación de Químicos Analíticos Oficiales.

Etapas sugeridas, para una planta independiente o en adición a una procesadora de mango del sur de Sinaloa (para: concentrados, deshidratados o congelados)

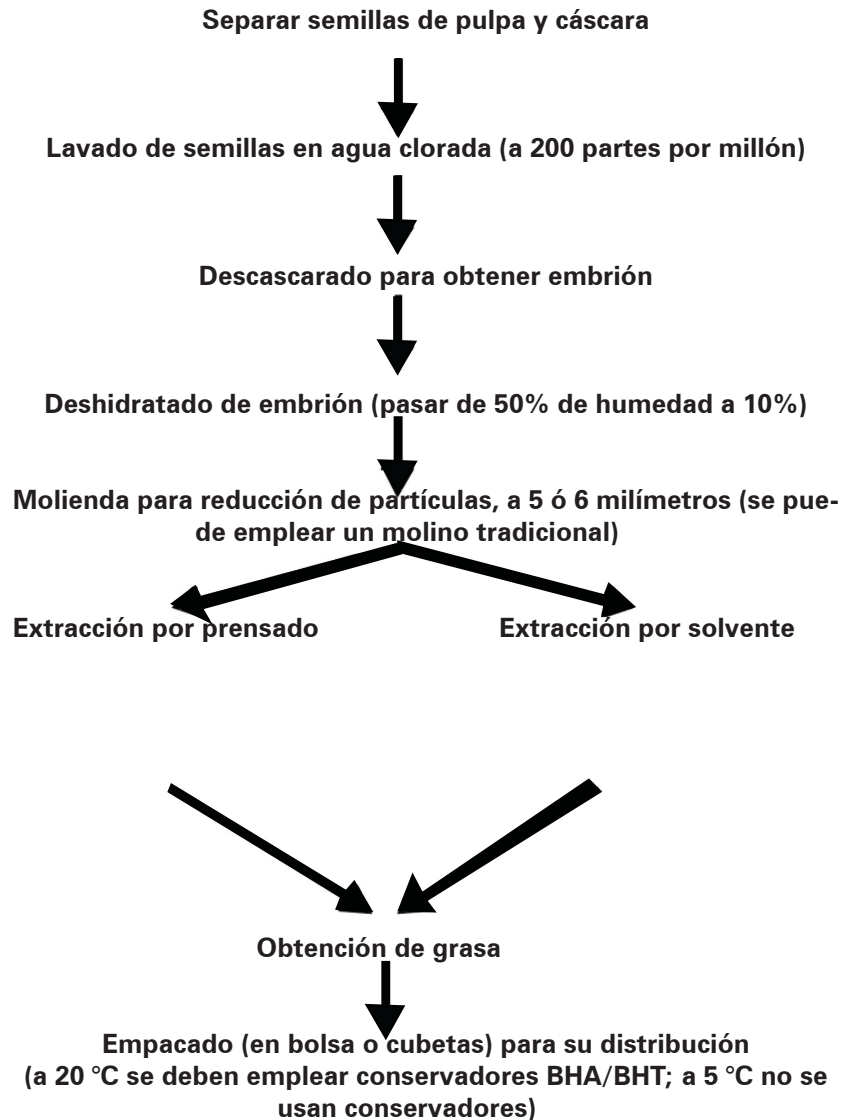


Figura 1. Proceso de extracción de aceite de hueso de mango.

ción de ácidos grasos se determinó en cuatro etapas: extracción, metilación⁸, detección y cuantificación.

La primera etapa consistió en la extracción de lípidos, para lo que se homogeneizaron 2 gramos de muestra con metanol⁹ y cloroformo¹⁰ (ambos a grado cromatográfico), con un homogeneizador de tejidos, y se filtró al vacío. El proceso de extracción se repitió tres veces. Del filtrado se separaron los lípidos, agregando cloruro de potasio al 0.88%, metanol y agua destilada.

La segunda etapa fue la metilación de los ácidos grasos. Se siguió el método número 969.33 de la AOAC Internacional de 1998: a la muestra de lípidos se le adicionaron hidróxido de sodio al 0.5N, trifluoruro de boro al 14%, n-heptano, solución de cloruro de sodio saturado y sulfato de sodio.

La tercera y cuarta etapa fueron para la detección y cuantificación de los ácidos grasos de la muestra. Se tomó un microlitro de muestra y se inyectó en un cromatógrafo de gases VARIAN CP-3800, con un detector FID¹¹, con las condiciones siguientes: una temperatura de 250 °C para el inyector y detector; tiempo alcanzado de 35.17 minutos; gas acarreador helio con flujo de 3 mililitros por minuto, con una columna capilar Omegawax 320 rellena de sílica¹², de 30 metros por 0.32 milímetros y 0.25 micrometros.

La detección se realizó comparando los tiempos de retención de un estándar de una mezcla de 37 ácidos grasos metil ésteres C4-C24 (Supelco, cat18919-1AMP) con los de la muestra de interés. La cuantificación se realizó por el método número 963.22 de normalización, según la AOAC Internacional; los resultados se expresaron en porcentaje de ácidos grasos.

Análisis estadístico de datos. Una vez realizado el registro de datos de caracterización fisicoquímica de los ácidos grasos extraídos de huesos o semillas de mangos se efectuaron los análisis de medias y desviación estándar¹³.

RESULTADOS

Cosecha de frutos de mango Keitt. En enero de 2009 se obtuvo un lote de aproximadamente 100 kilogramos de mango Keitt, de huertos del municipio de Ahome, Sinaloa, que se cosechó en forma adelantada durante el ciclo agrícola de 2008.

Traslado de frutos del empaque al laboratorio. Los frutos de man-

8 Adición de un grupo "metilo" ('radical del metano') a una molécula.

9 Alcohol metílico o alcohol de madera.

10 Compuesto orgánico volátil con propiedades anestésicas.

11 Detector para ionización de Flama, del inglés: Flame Ionization Detector.

12 Gel granular y poroso.

13 Medida de la variabilidad de un conjunto de puntos de datos alrededor de su media (nivel medio).



Figura 2. Mango limpio y seleccionado previo a la extracción de semillas.



Figuras 3 y 4. Secado, molienda y acondicionamiento de semillas de mango previo a la extracción química y mecánica de ácidos grasos de semillas.

go se trasladaron al laboratorio de calidad del CIAD-Culiacán, donde se obtuvo un lote aproximado de 15 kilogramos de semillas, que se procesaron mediante secado en horno de charolas con resistencia eléctrica, y posteriormente se almacenaron a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta su utilización.

El almacenamiento se clasificó en dos grupos: el 50% estaba destinado para obtención de ácidos grasos mediante extracción mecánica, y el resto (50%) para extracción por medio químico.

Determinación de la calidad fisicoquímica del hueso de mango mediante evaluaciones de humedad, actividad de agua y análisis proximal. A continuación se presenta la evaluación de la calidad fisicoquímica de los huesos de mango, realizada en dos presentaciones: hueso o germen fresco (recién extraído del mango) y hueso o germen deshidratado.

En el Cuadro 1 se presenta la diferencia entre el porcentaje de humedad: 44.68% para el germen fresco, contra 10.72% para el germen deshidratado en horno de charolas de la planta piloto del CIAD-Culiacán.

La actividad de agua es un parámetro fisicoquímico que permite predecir la vida de anaquel de diversas materias primas. En el caso particular de gérmenes o semillas de huesos de mango (previo a su

Cuadro 1. Porcentaje de humedad de huesos de mango fresco y deshidratado.

Hueso fresco			
Repetición	Porcentaje de humedad	Porcentaje promedio	Desviación estándar
1	52.09	44.68	7.43
2	44.73		
3	37.23		
Hueso deshidratado			
Repetición	Porcentaje de humedad	Porcentaje promedio	Desviación estándar
1	10.25	10.72	0.69
2	11.51		
3	10.39		

utilización para la extracción de aceite) su preservación se consigue al reducir la actividad de agua de su estado fresco.

En el Cuadro 2 se observa que la actividad de agua de semilla en estado fresco es de 0.97, y que puede ser reducida a valores de 0.76 a 0.83 mediante el proceso de deshidratado.

Por lo anterior, se recomienda utilizar la práctica de deshidratado de semillas, que puede realizarse mediante hornos de convección o secadores solares, en los casos donde se requieran tiempos prolongados de almacenamiento de huesos extraídos de los mangos.

Además de las características de humedad y actividad de agua de las semillas de mango, también se realizó la caracterización proximal

Cuadro 2. Actividad de agua en huesos de mango fresco y deshidratado.

Hueso fresco			
Repetición	Actividad de agua	Porcentaje promedio	Desviación estándar
1	0.968	0.97	0.00
2	0.973		
3	0.971		
Hueso deshidratado			
Repetición	Porcentaje de humedad	Porcentaje promedio	Desviación estándar
1	0.831	0.80	0.04
2	0.812		
3	0.761		

mediante la evaluación del porcentaje de grasa, fibra cruda, cenizas y proteínas (ver Cuadro 3). Los valores promedio fueron de 6.53 para grasas, 3.37 para fibra cruda, 2.26 para cenizas y 8.10% para proteínas.

Con estos resultados se demuestran los importantes aportes en fibra y proteínas que pueden ser obtenidos de las semillas de mango, ya sea con fines alimenticios para el hombre o como alimento balanceado para animales.

En las siguientes etapas de la investigación, los valores porcentuales de grasa total serán evaluados para determinar el perfil de ácidos grasos y su posible funcionalidad biológica, química e industrial.

En las Figuras 5 y 6 se puede observar el estado de los embriones o gérmenes obtenidos de huesos de mango, en sus distintas etapas del proceso: trozos y harina.

En la Figura 7 se muestra la composición porcentual de germen y testa¹⁴: con 69%, el germen integra la mayor parte del hueso de mango; el 31% restante es para la testa.

Extracción de ácidos grasos de semillas de mango mediante extracción química. Cinco kilogramos de semilla deshidratada fueron molidos, y se evaluó el efecto de los solventes hexano, acetato de etilo y acetona sobre el porcentaje de extracción y recuperación: la acetona

Cuadro 3. Análisis proximal de hueso de mango deshidratado.

Repetición	Porcentaje de humedad	Porcentaje de grasas	Porcentaje de fibra cruda	Porcentaje de cenizas	Porcentaje de proteínas
1	10.25	6.70	3.21	2.4	7.04
2	11.51	6.42	3.36	2.0	9.50
3	10.39	6.45	3.52	2.4	7.77
Porcentaje promedio	10.72	6.53	3.37	2.26	8.10
Desviación estándar	0.69	0.15	0.16	0.23	1.27



Figura 5. Trozos de hueso de mango.



Figura 6. Harina de hueso de mango.

¹⁴ Cubierta externa de la semilla.

fue el solvente que produjo la mayor concentración de ácidos grasos, 11.8% (ver Cuadro 4).

Estos resultados sobrepasan los documentados en bibliografía, donde los porcentajes de recuperación apenas se aproximan al 9%.

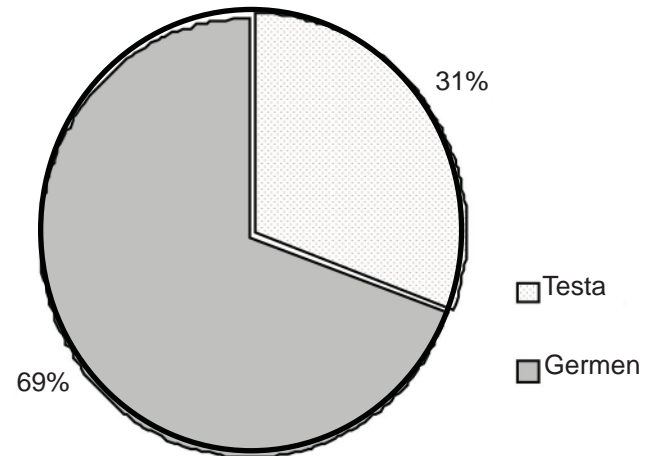


Figura 7. Distribución porcentual de hueso de mango (testa-germen).

Cuadro 4. Efecto de solventes en el porcentaje de recuperación de ácidos grasos.

Solvente	Porcentaje promedio	Desviación estándar
Hexano	8.2	0.05
Acetato de etilo	8.9	1.45
Acetona	11.8	0.98



Figura 8. Sistema de extracción química de ácidos grasos de semillas.

Determinación de la calidad fisicoquímica del aceite de hueso de mango obtenido por extracción mecánica mediante evaluaciones de índices de refracción y saponificación. Se determinó la calidad fisicoquímica de una muestra de 10 gramos (por triplicado) de aceite de hueso de mango Keitt, extraído mediante una prensa Komet.

Los resultados de los análisis son índice de refracción: 1.3449, e índice de saponificación: 116.21 miligramos de hidróxido de potasio por gramo de muestra.

Determinación de la calidad fisicoquímica del aceite de hueso de mango obtenido por extracción química mediante evaluaciones de índices de refracción y saponificación. Se determinó la calidad fisicoquímica de una muestra de 1 gramo (por triplicado) de aceite de hueso de mango Keitt, extraído químicamente con acetona (por ser el solvente de mayor rendimiento, en comparación con hexano y éter de petróleo).

Los resultados de los análisis son muy similares a los reportados para la fracción extraída mecánicamente: el índice de refracción fue de 1.3411, mientras que el índice de saponificación, 126.21 miligramos de hidróxido de potasio por gramo de muestra.

Determinación del perfil de ácidos grasos obtenidos por extracción mecánica, utilizando cromatografía de gases. Con un cromatógrafo de gases se obtuvo el perfil de ácidos grasos en muestras representativas de ácidos grasos extraídas mediante el prensado mecánico.

Como se muestra en el Cuadro 5, se observó que los ácidos predominantes son oleico¹⁵ (aproximadamente 58%) y esteárico¹⁶ (aproximadamente 22%); les siguió el palmítico¹⁷ y linoleico¹⁸, con valores entre 6 y 7%. Con excepción del ácido araquídico (2.7%), el resto de los ácidos grasos detectados presentó valores menores al 1%.

Determinación del perfil de ácidos grasos obtenidos por extracción química, utilizando cromatografía de gases. Con el mismo cromatógrafo de gases se obtuvo el perfil de ácidos grasos en muestras representativas de ácidos grasos extraídos químicamente con acetona.

En forma similar al perfil del extracto prensado mecánicamente, el Cuadro 6 muestra que los ácidos predominantes son el oleico (aproximadamente 59%) y el esteárico (aproximadamente 22%), siguiendo el palmítico y linoleico, con valores entre 6 y 7%. Con excepción del ácido cis 11 eicosanoico (2.6%), el resto de los ácidos grasos detectados manifestó valores de 0.15 a 1%.

CONCLUSIONES

¹⁵ Ácido graso que reduce el riesgo de sufrir enfermedades del corazón e hígado.

¹⁶ Ácido graso usado en la fabricación de velas, jabones y cosméticos.

¹⁷ De todos los ácidos grasos, es el que más aumenta los niveles de colesterol en la sangre.

¹⁸ Ácido graso que promueve la disminución de la concentración de triglicéridos, así como de la tensión de la sangre.

Cuadro 5. Muestra de aceite por extracción mecánica.

Tiempo de retención (en minutos)	Ácido graso	Número de carbonos	Porcentaje
18.012	Ácido palmítico	C16(0)	6.86
18.87	Ácido margárico*	C17(0)	0.16
19.776	Ácido esteárico	C18(0)	23.53
19.875	Ácido oleico	C18 (1)9cis	58.22
20.531	Ácido linoleico	C18(2)9,12	6.28
21.405	Ácido linolénico**	C18(3)9,12,15	0.48
22.347	Ácido araquídico	C20(0)	2.77
22.589	Ácido cis 11 eicosanoico	C20(1)n-11	0.26
25.7	Ácido behérico	C22 (0)	0.72
29.407	Ácido lignocérico	C24(0)	0.72

*Combinación de ácido esteárico y palmítico.

**Ácido graso que reduce el riesgo de enfermedades del corazón, también tiene efectos benéficos sobre el cerebro.

Cuadro 6. Muestra de aceite por extracción química.

Tiempo de retención (en minutos)	Ácido graso	Número de carbonos	Porcentaje
18.117	Ácido palmítico	C16(0)	6.95
18.981	Ácido margarico	C17(0)	0.15
19.865	Ácido esteárico	C18(0)	22.33
20.006	Ácido oleico	C18 (1)9cis	59.33
20.657	Ácido linoleico	C18(2)9,12	6.13
21.492	Ácido linolénico	C18(3)9,12,15	0.52
22.444	Ácido cis 11 eicosanoico	C20(1)n-11	2.60
22.699	Ácido araquídico	C20(0)	0.33
25.843	Ácido behérico	C22 (0)	0.66
29.505	Ácido lignocérico	C24(0)	1

1. Por la comercialización de residuos a ganaderos del sur de Sinaloa se tiene un ingreso económico de 50 pesos por tonelada; mientras que con la óptima extracción de grasa de semilla de mango la ganancia se incrementa en más de 28 veces.

2. De acuerdo con los estudios realizados en el presente proyecto, por cada kilogramo de residuos de mango se podría obtener hasta 12% de grasa, lo que equivale a un total de 96 kilogramos de grasa por tonelada de residuos. El valor anterior (96 kilogramos de grasa) surge al considerar que el 80% de los residuos de mango son semillas: si por tonelada de residuos se tienen 800 kilogramos de semillas, y de cada kilogramo se consigue 12% de grasa, entonces de cada tonelada de desechos de mango se obtienen 96 kilogramos de grasa.

3. Si el costo estimado del kilogramo de grasa vegetal es de 20 pesos, los ingresos pueden llegar a mil 920 pesos por 96 kilogramos; a este valor se le tendría que restar el 25% de gastos de producción, con lo que la ganancia sería de mil 440 pesos. Esta cifra indica que el ingreso se incrementa en más de 28 veces al extraer y comercializar la grasa obtenida del hueso de mango.

4. Es factible extraer hasta 12% de aceite de hueso 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).

5. La selección del método (mecánico o químico) para extracción de aceite de la semilla de mango dependerá de la infraestructura que se tenga o de la inversión que se destine para esta industria.

BIBLIOGRAFÍA

Álvarez-Correa, F.; C. Álvarez-Toledano; y A. Trejo-Márquez. 2008. *Proceso de extracción, optimización y caracterización del aceite de semilla de mango para su aplicación como sustituto de crema de cacao*. Fecha de consulta: enero de 2008. <www.pncta.com.mx>.

AOAC Internacional. 1998. "Método No. 920.39", *Fat (crude) or ether extract in animal feed*. Official Methods Of Analysis Of Association Of The Official Analytical Chemistry International. Capítulo 4.5.01. Edición 16.

AOAC Internacional. 1998. "Método No. 969.33.", *Fatty acids in oils and fats, preparation of methyl esters, boro trifluoride method*. Official Methods Of Analysis Of Association Of The Official Analytical Chemistry International. Capítulo 41.1.28. Edición 16.

AOAC Internacional. 1998. "Método No. 963.22", *Methyl esters of fatty acids in oils and fats, gas chromatographic method*. Official Methods Of Analysis Of Association Of The Official Analytical Chemistry International. Capítulo 41.1.29. Edición 16.

Comunicación Personal. 2008. *Resultados de entrevistas con Industriales de Mango del Sur de Sinaloa*. Junio-Octubre de 2009

Folch, J.; M. Lees; and G. H. Sloane-Stanley. 1956. "A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissue", *J. BIOL. CHEM.* 226:497-509.

Madhav, A. and P. B. Pushpalatha. 2002. "Characterization of pectin extracted from different fruit wastes", *Journal of Tropical Agriculture* 40:53-55.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2009. *Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, México. Fecha de consulta: agosto de 2009. <http://www.siap.gob.mx>.