

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

**Utilización de los subproductos de mango (*Mangifera indica*
L.) con tecnología cero desechos para la elaboración de
productos aplicados a la industria cosmética y alimenticia**

Estefany Daniela Arroyo Dávila

Ingeniería Química

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito
para la obtención del título de
Ingeniera Química

Quito, 28 de abril de 2020

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

HOJA DE CALIFICACIÓN DE TRABAJO FIN DE CARRERA

Utilización de los subproductos de mango (*Mangifera indica L.*) con tecnología cero desechos para la elaboración de productos aplicados a la industria cosmética y alimenticia

Estefany Daniela Arroyo Dávila

Nombre del profesor, Título académico

Andrea Landázuri, Ph.D

Lourdes Orejuela, Ph.D

Quito, 28 de abril de 2020

Derechos de Autor

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Nombres y apellidos: Estefany Daniela Arroyo Dávila

Código: 00129965

Cédula de identidad: 1716455892

Lugar y fecha: Quito, 28 de abril de 2020

ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN

Nota: El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETHeses>.

UNPUBLISHED DOCUMENT

Note: The following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETHeses>.

Resumen

Las industrias procesadoras de alimentos y bebidas generan una gran cantidad de desechos al momento de elaborar sus productos; sin embargo, estos pueden ser utilizados como materia prima renovable debido a sus excelentes propiedades físico-químicas. Es por este motivo, que el objetivo de este proyecto es utilizar los subproductos del mango para recuperar sus componentes valiosos que tienen aplicaciones en la elaboración de productos con potencial industrial, aplicando el concepto de tecnología cero desechos, y de bioeconomía circular. El propósito de este estudio es desarrollar diferentes productos a partir de los subproductos del mango, tales como bálsamo labial, crema hidratante, y harina para productos horneables o pastas, y obtener colorantes naturales para su aplicación. Para esto, se recolectó la materia prima y se obtuvo sus pesos y dimensiones; se extrajo, se secó y se trituro los subproductos; se extrajo aceite de la semilla de mango Haden mediante método Soxhlet y rotavapor; se caracterizó el aceite obtenido; se realizó una maceración en etanol al 37% para obtener colorantes; se realizó el análisis proximal de los subproductos; y finalmente, se elaboró los prototipos cosméticos y alimenticios. Con esto se observó que la pulpa es aproximadamente un 64% del mango; la cáscara, un 13%; la pepa, un 14%; y la semilla es un 73% de la pepa. Mediante el método de Soxhlet y rotavapor se obtuvo un rendimiento de $9,65 \pm 0,34\%$ de aceite, el cual al solidificarse se convirtió en manteca, con un punto de fusión de $33,42 \pm 0,64$ °C; pH de $6,42 \pm 0,04$; gravedad específica de $0,88 \pm 0,04$ g/mL; índice de saponificación de $136,83 \pm 1,50$ mg KOH/g aceite; $3,48 \pm 0,42\%$ de ácidos grasos libres; y valor de acidez de $6,92 \pm 0,83$ mg NaOH/g aceite. Se demostró la presencia de 40,91% ácido oleico, 35,20% ácido esteárico, 10,65% ácido palmítico, 9,33% ácido linoleico (omega 6), 2,49% ácido araquídico, 0,98% ácido α -linoleico (omega 3), y 0,44% ácido cáprico. Finalmente, se elaboró un bálsamo labial, crema hidratante, y harina.

Palabras clave: mango, semilla de mango, aceite de mango, ácidos grasos, propiedades físico-químicas, caracterización, análisis proximal, prototipos cosméticos, tecnología cero desechos.

Abstract

The food and beverage processing industries generate a large amount of waste when elaborating their products; however, they can be used as a renewable raw material due to their excellent physico-chemical properties. For this reason, the objective of this project is to use mango by-products to recover their valuable components which have applications in the elaboration of products with industrial potential, applying the concept of zero waste technology and a circular bioeconomy. The purpose of this study is to develop different products from mango by-products, such as lip balm, moisturizing lotion, and flour for baking products or pasta, and to obtain natural dyes for their application. For this, the raw material was collected, and its weights and dimensions were obtained; the by-products were extracted, dried and crushed; oil was extracted from the Haden mango seed by Soxhlet method and a rotary evaporator; the oil obtained was characterized; a maceration in 37% ethanol was performed to obtain the dyes; a proximal analysis of the by-products was performed; and finally, cosmetic and nutritional food prototypes were developed. With this it was observed that the pulp is approximately 64% of the mango; the peel, 13%; the seed, 14%; and the kernel is 73% of the seed. Using the Soxhlet and rotary evaporator method, a yield of $9.65 \pm 0.34\%$ of oil was obtained, which when it solidified, it was transformed into butter, with a melting point of 33.42 ± 0.64 ° C; pH of 6.42 ± 0.04 ; specific gravity of 0.88 ± 0.04 g / mL; saponification value of 136.83 ± 1.50 mg KOH / g oil; $3.48 \pm 0.42\%$ of free fatty acids; and acidity value of 6.92 ± 0.83 mg NaOH / g oil. There was demonstrated the presence of 40.91% oleic acid, 35.20% stearic acid, 10.65% palmitic acid, 9.33% linoleic acid (omega 6), 2.49% arachidic acid, 0.98% α -linoleic acid (omega 3), and 0.44% capric acid. Finally, a lip balm, moisturizing cream, and flour were made.

Key words: mango, mango seed, mango kernel oil, fatty acids, physicochemical properties, characterization, proximal analysis, cosmetic prototypes, zero waste technology.

Tabla de contenido

1. Introducción	8
1.1 Cáscara de mango.....	8
1.2 Pepa y semilla de mango	9
1.3 Tecnología cero desechos.....	9
2. Metodología	10
2.1 Lavado y extracción de subproductos	10
2.2 Secado	10
2.3 Extracción semilla de mango	11
2.4 Molienda.....	11
2.5 Extracción de aceite de la semilla de mango.....	11
2.6 Caracterización del aceite de la semilla de mango.....	11
2.7 Extracción de colorantes de los subproductos de mango.....	11
2.8 Análisis proximal de los subproductos de mango.....	12
2.9 Prototipos: bálsamo labial, crema corporal, y harinas	12
3. Resultados y discusión.....	12
4. Conclusiones y recomendaciones	14
5. Referencias.....	15

1. Introducción

Las industrias procesadoras de alimentos y bebidas utilizan únicamente la parte comestible de frutas y vegetales para la obtención de productos finales, ya sean jugos, mermeladas, entre otros. Lo que genera un gran volumen de residuos como cáscaras, pepas y semillas, convirtiéndose en un problema ambiental que requiere solución. Sin embargo, estos residuos pueden ser utilizados como materia prima renovable ya que contiene compuestos químicos con excelentes propiedades físico-químicas que pueden convertirse en compuestos de alto valor agregado y ser aplicados en diferentes tipos de industrias (Orejuela, 2019).

El mango es una fruta tropical originaria de India que fue introducida en el Ecuador en tiempos de conquista. En Ecuador, el mango se cultiva en provincias de la costa como: Guayas, Manabí, El Oro, y Los Ríos y existen 4 tipos: Tommy Atkins, Haden, Keitt, y Kent; estos se diferencian por su peso, color, tamaño, y sabor (Fundación Mango Ecuador, 2018). Aunque la mayor parte de cultivos de mango están destinados a la exportación, este es consumido en todo el país (Díaz, 2019).

Los subproductos, que generalmente se desecha como la cáscara y la pepa, representan un gran volumen y contienen una gran cantidad de componentes activos que los que se encuentran en la pulpa o en los productos finales y productos procesados del mango (Torres-León et al., 2016). De igual forma, estas propiedades beneficiosas pueden ser aplicadas en diferentes industrias, como por ejemplo en alimentos, cosméticos, fármacos, entre otros (Arora, Banerjee, Vijayaraghavan, MacFarlane, & Patti, 2018).

1.1 Cáscara de mango

La cáscara tiene una gran cantidad de nutrientes importantes como azúcares, pigmentos naturales, polifenoles y biopolímeros como la pectina, celulosa, y hemicelulosa (Arora et al.,

2018). De igual manera, la cáscara contiene poderosos antioxidantes que protegen contra enfermedades como el cáncer y la diabetes (Arora et al., 2018).

La cáscara de mango puede ser utilizada para aplicaciones en la industria alimenticia, específicamente como harina para elaborar productos como fideos, galletas, pasteles, entre otros (Jahurul et al., 2015). Del mismo modo, es excelente para utilizarla en la elaboración de comidas para personas con diabetes, ya que la fibra del mango es soluble y reduce la velocidad a la que la glucosa llega a la sangre (Serna-Cock, García-Gonzales, & Torres-León, 2016).

1.2 Pepa y semilla de mango

La pepa de mango se encuentra rodeada por el mesocarpio cubierto por una piel fibrosa. La pepa está compuesta de una capa leñosa exterior llamada endocarpio, la cual es gruesa y dura y encapsula a la semilla (cotiledón) de manera apropiada (Torres-León et al., 2016). La semilla contiene una alta concentración de potasio, magnesio, calcio y sodio (Kittiphoom, 2012). La manteca que se obtiene del aceite de la semilla del mango puede reemplazar a la manteca de cacao gracias a sus triglicéridos y ácidos grasos, y se puede utilizar para la elaboración de bálsamos labiales, cremas y exfoliantes (Aggarwal, Kaur, & Bhise, 2017).

Los ácidos grasos son metabolitos importantes para organismos vivos, ya que regulan una gran variedad de funciones físicas y biológicas (Kittiphoom & Sutasinee, 2013). Los ácidos grasos que se encuentran en el aceite de la semilla de mango son el ácido oleico, ácido esteárico, ácido palmítico, ácido linoleico, y ácido araquídico (Jahurul et al., 2013). Para analizar las propiedades físico-químicas y la calidad del aceite de mango se utiliza el porcentaje de ácidos grasos libres, y el valor de acidez (Kittiphoom & Sutasinee, 2013).

1.3 Tecnología cero desechos

La tecnología cero desechos se utiliza para reducir problemas de desperdicio que existe alrededor del mundo (Zaman, 2015). Esta se basa en reutilizar los subproductos que

generalmente son desechados y rediseñar su ciclo de vida dándoles una nueva aplicación gracias a sus excelentes potenciales (Song, Li, & Zeng, 2015). Por otro lado, la bioeconomía es la producción, reutilización, y conservación de los recursos biológicos (Orejuela, 2019). Asimismo, el Gobierno Nacional del Ecuador mediante el Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021 propuesto por el presidente Lenin Moreno, contempla el desarrollo sostenible del Ecuador basado en la bioeconomía y promueve la economía circular basada en la tecnología cero desechos (Gobierno Nacional del Ecuador, 2017).

Debido a la poca información que existe sobre la reutilización de los subproductos de mango, el objetivo de este proyecto es utilizar los subproductos del mango para recuperar sus componentes valiosos que tienen aplicaciones en la elaboración de productos con potencial industrial, aplicando el concepto de tecnología cero desechos, y de bioeconomía circular. De igual manera, desarrollar diferentes productos a partir de los subproductos del mango, tales como bálsamo labial, crema hidratante, y harina para productos horneables o pastas, y obtener colorantes naturales para su aplicación.

2. Metodología

2.1 Lavado y extracción de subproductos

Para la obtención de la cáscara y pepa de mango, los mangos fueron adquiridos en un mercado local, se lavaron, se registraron los tamaños y pesos de los mismos y se pelaron para evitar la pulpa de mango.

2.2 Secado

El secado de los subproductos fue realizados a temperatura ambiente y en estufa hasta eliminar totalmente la humedad.

2.3 Extracción semilla de mango

La semilla del mango se extrajo de la pepa seca con ayuda de un cuchillo. Una vez extraída, se dejó secar con los métodos de secado mencionados anteriormente.

2.4 Molienda

Las cáscaras, semillas y pepas secas fueron trituradas con un molino durante 1 minuto.

2.5 Extracción de aceite de la semilla de mango

Para la extracción del aceite de la semilla del mango se siguió el método empleado por (Kittiphoom & Sutasinee, 2013), usando un extractor Soxhlet y hexano como solvente. Una vez terminados los ciclos de extracción, se procedió a la recuperación del solvente por medio de un rotavapor.

2.6 Caracterización del aceite de la semilla de mango

Para la caracterización del aceite de la semilla de mango se utilizó el método de (FSSAI, 2015), el de (Sadiq, Ejilah, & Aroke, 2017) y el de (College & Road, 2011), los cuales consisten en métodos experimentales para la obtención del pH, gravedad específica, punto de fusión, índice de saponificación, valor de acidez y ácidos grasos libres. También, los ácidos grasos contenidos en el aceite extraído fueron esterificados y analizados en un cromatógrafo de gases acoplado a espectrometría de masas (GC-MS).

2.7 Extracción de colorantes de los subproductos de mango

Los colorantes de los subproductos del mango fueron extraídos utilizando el método de (Jutiviboonsuk & Sardsaengjun, 2010), el cual consiste en una maceración de los subproductos con etanol al 37%.

2.8 Análisis proximal de los subproductos de mango

Se realizó un análisis proximal de los subproductos de mango siguiendo el método establecido por (AOAC, 2016), el cual consiste en métodos experimentales para analizar el porcentaje de proteínas, grasas, humedad, y cenizas.

2.9 Prototipos: bálsamo labial, crema corporal, y harinas

Con el aceite obtenido, se elaboró prototipos cosméticos; y con los subproductos, se obtuvo harina para formulaciones de alimentos.

3. Resultados y discusión

Según los pesos y medidas de los mangos, se observó que la pulpa es aproximadamente un 64% del mango; la cáscara, un 13%; la pepa, un 14%; y la semilla es un 73% de la pepa. Además, los mangos con los que se trabajó tuvieron dimensiones de aproximadamente 9 cm de largo, 7 cm de ancho, y 8 cm de profundidad, lo cual es consistente con los resultados obtenidos por (Aggarwal et al., 2017).

Por medio del método de secado, se observó que una buena temperatura para los subproductos fue de 40 °C; ya que con esta se evita una proliferación de organismos y un sobre secado. De la misma manera, se observó que la semilla de mango es 50% agua y su periodo de secado requiere un mínimo de 12 horas. Por otro lado, al triturar las semillas y cáscaras secas se logró obtener harina.

El método de Soxhlet y rotavapor fue una excelente opción para extraer aceite de la semilla de mango, con el cual se obtuvo un rendimiento de $9,65 \pm 0,34\%$, siendo este mayor al obtenido por (Gutierrez, Rivera, Gómez, Bastidas, & Izaguirre, 2015), ya que obtuvieron un rendimiento de 7,57%. Asimismo, el aceite de mango se solidificó a temperatura ambiente tornándose en manteca. De la misma manera, se observó que el mejor solvente para extracción de aceite de la

semilla fue el hexano, así como menciona (Arora et al., 2018), el hexano es comercialmente utilizado para la extracción de aceites de materia fibrosa o sólida.

La manteca de mango tuvo un punto de fusión de $33,42 \pm 0,64$ °C, mismo que se encuentra en el rango de resultados mencionados por (College & Road, 2011); un pH de $6,42 \pm 0,04$, similar a los resultados obtenidos por (Yadav, Garg, Verma, Kumar, & Trivedi, 2017); tuvo una gravedad específica de $0,88 \pm 0,04$ g/mL, cercana a la obtenida por (College & Road, 2011); el índice de saponificación fue de $136,83 \pm 1,50$ mg KOH/g aceite, parecido a los resultados de (Sadiq et al., 2017); sus ácidos grasos libres y el valor de acidez fueron de $3,48 \pm 0,42\%$ y $6,92 \pm 0,83$ mg NaOH/g aceite respectivamente, similares a los resultados obtenidos por (Sadiq et al., 2017) y (Abdelaziz, 2018).

La caracterización de ácidos grasos en el aceite a través del GC-MS demostró la presencia de 40,91% ácido oleico, 35,20% ácido esteárico, 10,65% ácido palmítico, 9,33% ácido linoleico (omega 6), 2,49% ácido araquídico, 0,98% ácido α -linoleico (omega 3), y 0,44% ácido cáprico. Estos resultados pueden ser comparados con la investigación realizada por (Abdelaziz, 2018), ya que estos son muy cercanos.

Por otro lado, en cuanto a los colorantes obtenidos de los subproductos de mango, el colorante extraído del residuo de la semilla fue de un color anaranjado brillante y fuerte, lo cual demuestra la presencia abundante de carotenos. Por otro lado, de la cáscara de mango se obtuvo un color verdoso; y de la pulpa de mango, un amarillo tenue. Estos son colorantes completamente naturales, orgánicos, ecológicos y amigables con el medio ambiente, los cuales pueden ser aplicados de diversas maneras, ya sea en alimentos, textiles, cosméticos, entre otros.

El análisis proximal se realizó para la semilla, cáscara y pepa del mango. El porcentaje de proteínas que se encontró en la semilla del mango fue $6,16 \pm 0,52\%$, el cual es similar al resultado de (Nzikou et al., 2010); la cáscara tuvo $4,19 \pm 0,02\%$, el cual es muy parecido al

obtenido por (Serna-Cock et al., 2016); y la pepa, $1,27 \pm 0,51\%$. El porcentaje de grasas obtenido para la semilla fue de $9,31 \pm 0,12\%$, resultado cercano al de (Abdelaziz, 2018); para la cáscara, este fue de $2,19 \pm 0,23\%$, el cual es similar al obtenido por (Noor, Siti, & Mahmud, 2015); y para la pepa, este fue de $0,29 \pm 0,09\%$. En cuanto al porcentaje de cenizas, la semilla de mango tuvo $2,32 \pm 0,05\%$, parecida al obtenido por (Banerjee et al., 2016); la cáscara, $3,00 \pm 0,31\%$; y la pepa, $0,66 \pm 0,03\%$. En cuanto al porcentaje de humedad, la semilla tuvo como resultado $9,21 \pm 0,16\%$, el cual es similar al obtenido por (Lakshmi, Usha, & Preetha, 2016); la cáscara, $5,94 \pm 0,36\%$; y la pepa, $9,11 \pm 1,36\%$. Además, se debe tomar en cuenta que los resultados dependen de la variedad de mango.

En cuanto a los prototipos cosméticos, al mezclar la manteca junto con cera de abejas se obtuvo un bálsamo labial, y al colocar aceite de coco y batir la mezcla, se formó una crema hidratante. Debido a las propiedades de los ingredientes utilizados, la piel quedó brillante, humectada y sin efectos adversos al momento de su aplicación. Asimismo, la harina obtenida al triturar la semilla y cáscara de mango seca, puede ser aplicada en la industria alimenticia, para la elaboración de productos de panadería en diferentes concentraciones y formulaciones, como lo realizó (Jahurul et al., 2015).

4. Conclusiones y recomendaciones

Mediante el experimento realizado se obtuvo resultados positivos. Se demostró que los subproductos del mango pueden ser aprovechados al máximo y utilizados de diversas maneras, en vez de desecharlos, aplicando la tecnología cero desechos y bioeconomía circular. Se obtuvo aceite de la semilla de mango y colorantes naturales, y se elaboró prototipos cosméticos y alimenticios. La mejor opción es conseguir los subproductos de mango en una empresa procesadora de fruta, pero tomando en cuenta que es una fruta de temporada. Es de suma importancia separar cuidadosamente la pulpa de los subproductos antes del secado para evitar

la presencia de hongo en los mismos. Se debe mantener la temperatura a 40°C durante el secado para evitar la proliferación de microorganismos y el sobre secado. Es de suma importancia realizar la extracción de aceite con la semilla completamente seca y triturada, para evitar una separación de fases.

5. Referencias

- Abdelaziz, S. A. (2018). Physico chemical characteristics of mango kernel oil and meal. *Middle East Journal of Applied Sciences*, 08, 1–6.
- Aggarwal, P., Kaur, A., & Bhise, S. (2017). Value-added Processing and Utilization of Mango By-products. *Handbook of Mango Fruit: Production, Postharvest Science, Processing Technology and Nutrition*, 279–293. <https://doi.org/10.1002/9781119014362.ch14>
- AOAC. (2016). Official Methods of Analysis of AOAC International - 20th Edition, 2016. *20th Ed. Gaithersburg: AOAC.*
- Arora, A., Banerjee, J., Vijayaraghavan, R., MacFarlane, D., & Patti, A. F. (2018). Process design and techno-economic analysis of an integrated mango processing waste biorefinery. *Industrial Crops and Products*, 116(October 2017), 24–34. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.02.061>
- Banerjee, J., Patti, A. F., MacFarlane, D., Vijayaraghavan, R., Ramkrishna, S., & Arora, A. (2016). Effect Of Drying Methods And Extraction Time-Temperature Regime On Mango Kernel Lipids. *International Journal of Food and Nutritional Science*, 3(2), 1–10. <https://doi.org/10.15436/2377-0619.16.048>
- College, B. N. B., & Road, C. B. (2011). Composition and Characterization of Refined Oil Compared with Its Crude Oil from Waste Obtained from *Mangifera indica*. *Asia Journal Research Chemical*, 4(9), 1415–1419.
- Díaz, M. (2019). EXTRACCIÓN DE COLORANTES NATURALES DEL MANGO (*Mangifera Indica L.*), MANDARINA (*Citrus reticulata*), PIÑA (*Ananas comosus*), PARA EL USO EN LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS. *Escuela Superior Politécnica De Chimborazo. Riobamba, Ecuador.*
- FSSAI. (2015). *Manual of Methods of Analysis of Foods (Oils and Fats)*. New Delhi: Food Safety and Standards Authority of India Ministry of Health and Family Welfare Government of India.
- Fundación Mango Ecuador. (2018). Variedades de Mango Ecuatoriano. Retrieved from Variedades de Mango Ecuatoriano website: <http://www.mangoecuador.org/variedades-mango.php>
- Gobierno Nacional del Ecuador. (2017). Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021. *Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo*. <https://doi.org/10.1109/CDC.2014.7039974>
- Gutierrez, C., Rivera, Y., Gómez, R., Bastidas, V., & Izaguirre, C. (2015). *Extracción y caracterización de grasa y almidón de la almendra de mango variedad Alphonso (Mangifera indica L.)*. Universidad de Los Andes, Venezuela.
- Jahurul, M. H. A., Zaidul, I. S. M., Ghafoor, K., Al-Juhaimi, F. Y., Nyam, K. L., Norulaini, N. A. N., ... Mohd Omar, A. K. (2015). Mango (*Mangifera indica L.*) by-products and their valuable components: A review. *Food Chemistry*, 183, 173–180. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.03.046>
- Jahurul, M. H. A., Zaidul, I. S. M., Norulaini, N. A. N., Sahena, F., Jinap, S., Azmir, J., ... Mohd

- Omar, A. K. (2013). Cocoa butter fats and possibilities of substitution in food products concerning cocoa varieties, alternative sources, extraction methods, composition, and characteristics. *Journal of Food Engineering*, 117(4), 467–476. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.09.024>
- Jutiviboonsuk, A., & Sardsaengjun, C. (2010). Mangiferin in leaves of three thai mango (*Mangifera indica* L.) varieties. *IJPS*, 6(3), 122–129.
- Kittiphoom, S. (2012). Utilization of mango seed. *International Food Research Journal*.
- Kittiphoom, S., & Sutasinee, S. (2013). Mango seed kernel oil and its physicochemical properties. *International Food Research Journal*.
- Lakshmi, M., Usha, R., & Preetha, R. (2016). Mango (*Mangifera indica*) Stone Kernel Flour - A Novel Food Ingredient. *Malaysian Journal of Nutrition*, 22(3), 461–467.
- Noor, S. A. A., Siti, N. M., & Mahmad, N. J. (2015). Chemical Composition, Antioxidant Activity and Functional Properties of Mango (*Mangifera indica* L. var Perlis Sunshine) Peel Flour (MPF). *Applied Mechanics and Materials*. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.754-755.1065>
- Nzikou, J., Kimbonguila, A., Matos, L., Loumouamou, B., Pambou-Tobi, N., Ndangui, C., ... Desobry, S. (2010). Extraction and Characteristics of Seed Kernel Oil from Mango (*Mangifera indica*). *Research Journal of Environmental and Earth Sciences*, 2, 31–35.
- Orejuela, L. (2019). Relación de la Economía Circular, la Tecnología Cero Desechos, la Bioeconomía, la Biorrefinería y el Desarrollo Sostenible y Sustentable. *ÑAWPAY Revista Técnica Tecnológica*, 1, 38–47. <https://doi.org/10.36500/nrtt-v1.n1.2019.04>
- Sadiq, A. S., Ejilah, I. R., & Aroke, U. O. (2017). EXTRACTION AND ASSESSMENT OF PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF ROSIGOLD MANGO (*MANGIFERA INDICA*) SEED KERNEL OIL FOR BIORESIN PRODUCTION. *Arid Zone Journal of Engineering, Technology and Environment*, 13(5), 643–654.
- Serna-Cock, L., García-Gonzales, E., & Torres-León, C. (2016). Agro-industrial potential of the mango peel based on its nutritional and functional properties. *Food Reviews International*. <https://doi.org/10.1080/87559129.2015.1094815>
- Song, Q., Li, J., & Zeng, X. (2015). Minimizing the increasing solid waste through zero waste strategy. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.08.027>
- Torres-León, C., Rojas, R., Contreras-Esquivel, J. C., Serna-Cock, L., Belmares-Cerda, R. E., & Aguilar, C. N. (2016). Mango seed: Functional and nutritional properties. *Trends in Food Science & Technology*, 55, 109–117. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.06.009>
- Yadav, K. K., Garg, N., Verma, A., Kumar, S., & Trivedi, M. (2017). Optimization and extraction of oil from mango seed kernel (*Mangifera indica*). *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 87(7), 943–946.
- Zaman, A. U. (2015). A comprehensive review of the development of zero waste management: Lessons learned and guidelines. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.12.013>