

## Propuesta para el procesamiento industrial de la almendra de la semilla de mango

### Proposal for the industrial processing of mango seed kernel

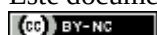
David Ramón Gutiérrez Toledo<sup>1,\*</sup>, Yoan Manuel Ramos Botello<sup>2</sup>, Jorge Fidel González Dacal<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Fábrica de Conservas de Frutas y Vegetales de Yara, Granma, Cuba.

<sup>2</sup> Departamento de Ingeniería Mecánica. Universidad de Granma. Carretera a Manzanillo, km 17½, Peralejo, Bayamo. Granma, Cuba.

\*Autor para correspondencia: [yramosb@udg.co.cu](mailto:yramosb@udg.co.cu)

Este documento posee una [licencia Creative Commons Reconocimiento/No Comercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



**Recibido:** 27 mayo 2020 **Aceptado:** 3 junio 2020 **Publicado:** 5 junio 2020

#### Resumen

En Cuba se cuenta con varias empresas en las cuales se procesa el mango, siendo una de ellas la fábrica de conservas Yara de la provincia Granma. Del procesamiento del mango se obtiene pulpa para compotas, néctares y mermeladas. En la elaboración de los productos antes mencionados, alrededor del 50% del mango utilizado (cáscaras y semillas) corresponde a desechos, los cuales no son utilizados por no contar con la tecnología necesaria. En la cosecha de mango de 2019 en la fábrica de conservas Yara se procesaron 3 625,28 t de mango, de las cuales 1 812,64 t fueron desechos; del total de desechos, 1 667,62 t fueron semillas. La almendra de la semilla de mango es rica en carbohidratos, grasa y proteína, lo cual sería de gran utilidad en la elaboración de pienso animal y otros usos. Para el aprovechamiento de este producto, en esta investigación se describen las etapas para la trituration de la semilla, separación de la almendra de la cáscara y procesamiento de la misma, para la obtención de harina deshidratada. Esta tecnología está siendo aplicada a escala de laboratorio en la fábrica antes mencionada, donde se han obtenido resultados satisfactorios. De acuerdo a los resultados obtenidos, se justifica la implementación de una línea de producción para el procesamiento de la semilla de mango.

**Palabras clave:** Semilla de mango, harina deshidratada, pienso animal

#### Abstract

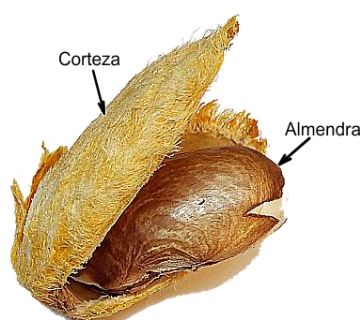
There are several companies in Cuba, in which mango is processed; one of them is the Yara Canning Factory at Granma province. From the mango processing, pulp is obtained for compotes, nectars and marmalades. In the elaboration of the aforementioned products, around 50% of the mango used (peels and seeds) corresponds to waste, which is not used due to not having the necessary technology. In 2019, the mango harvested was processed at Yara Canning Factory in 3 625.28 t of mango, of which 1 812.64 t were waste. Of the total waste, 1 667.62 t were seeds. The mango seed almond is rich in carbohydrates, fats and proteins, which would be very useful in the preparation of animal feed and other uses. To take advantage of this product, this research describes the steps for crushing the seed, separating the almond from the shell and processing it, to obtain dehydrated flour. This technology is being applied on a laboratory scale in the aforementioned factory, where satisfactory results have been obtained. According to the obtained results, the establishing of a production line for the processing of mango seed is justified.

**Keywords:** Mango seed kernel, dehydrated flour, animal feed

## 1. Introducción

Los residuos orgánicos han tomado una importancia significativa, debido a que su inadecuado manejo conlleva a problemas de olores, generación de partículas en suspensión por arrastre de vientos, contaminación de fuentes hídricas y emisión de gases efecto invernadero. El uso de recursos disponibles localmente, es un elemento importante para generar formas de producción adecuadas para el medio ambiente y aprovechar al máximo los recursos disponibles. Con este fin, la utilización de residuos agroindustriales resulta una de las variantes más adecuadas. En Cuba, en la industria de procesamiento del mango se generan volúmenes importantes de desechos (en su mayoría cáscaras y semillas), de los cuales hasta la fecha no se obtiene ningún beneficio [1].

El mango (*Mangifera indica* L) es una fruta cultivada en países tropicales y subtropicales, siendo una de las frutas comestibles más comunes en todo el mundo. El mango y los productos de este fruto como pulpa, néctar y mermeladas entre otros, han ganado popularidad [2]. La semilla de mango que representa del 30% al 45% del peso total de la fruta, dependiendo de su variedad, es el principal producto de desecho de la industria de procesamiento de esta fruta [3, 4]; la misma está compuesta por la corteza y la almendra (Figura 1).



**Fig.1** Partes de la semilla del mango

En la almendra de la semilla de mango se puede encontrar la mayoría de los aminoácidos esenciales, destacándose altos valores de leucina, (6,9-9 g/100 g de almendra de la semilla del mango), valina (3,7-5,8 g/100 g de almendra de la semilla del mango) y lisina (4,3-5,4 g/100 g de almendra de la semilla del mango). Es evidente que las semillas de mango pueden ser usadas como fuente potencial de ingredientes alimentarios funcionales, debido a la alta calidad de las grasas y las proteínas [5, 6]. Además, se pueden encontrar importantes compuestos bioactivos que tienen una alta actividad antioxidante y lípidos que tienen características físicas y químicas aceptables (libres de ácidos grasos trans) [7-9]. En la Tabla 1 se muestra la composición de la almendra de la semilla del mango, según diferentes autores.

**Tabla 1.** Composición de la almendra de la semilla de mango

| Análisis                  | [10]         | [5]   |
|---------------------------|--------------|-------|
| Humedad (%)               | 44,85 ± 0,24 | 42,50 |
| Proteína cruda (%)        | 6,39 ± 0,28  | 6,36  |
| Grasa cruda (%)           | 10,70 ± 0,12 | 6,98  |
| Fibra cruda (%)           | 2,38 ± 0,14  | 1,65  |
| Cenizas (%)               | 2,46 ± 0,16  | 2,47  |
| Carbohidratos totales (%) | 33           | 32,24 |

La harina de la almendra del mango se obtiene al secar, moler y tamizar la semilla de dicho fruto. Se produce con el propósito de obtener polvos ricos en fibra dietética, el cual ha sido probado en la

repostería, en la elaboración de jabones y cosméticos, en la fabricación de medicamentos y como alimento animal [11, 12].

La presente investigación se desarrolla en la fábrica de conservas de frutas y vegetales de Yara UEB Granma, Cuba. En dicha empresa en el 2019 se procesaron 3 625,28 t de mango, de las cuales 1 812,64 t fueron cáscaras y semillas. Del total de estos desechos, 1 667,62 t fueron semillas, las cuales fueron arrojadas al vertedero. Cantidades similares son desechadas cada año sin obtener ningún beneficio.

El objetivo del presente trabajo es estimar el volumen de producción de harina obtenida de la semilla del mango, a partir de un estudio a escala de laboratorio y considerando las condiciones locales. Partiendo de estos resultados, se puede determinar el rendimiento de la producción de harina, y con ello justificar la implementación de una línea de producción para el procesamiento de dicha semilla.

## 2. Materiales y Métodos

Para poder llevar a cabo la propuesta de la implementación de la línea de producción para el procesamiento de la semilla de mango, primeramente, hay que demostrar que es posible el procesamiento de dicha semilla. Para ello se tomó una pequeña muestra de semillas con el fin de determinar el rendimiento e ir describiendo todo el proceso hasta obtener la harina. La muestra tomada incluye semillas de las variedades de mango procesadas en la fábrica; dichas variedades son mameyson, bizcochuelo y super hayden.

No existe mucha diferencia entre las durezas de la corteza de la semilla de mango de diferentes variedades. La dureza Brinell de esta se encuentra entre  $0,5 \text{ kp (mm}^2\text{)}^{-1}$  y  $2 \text{ kp (mm}^2\text{)}^{-1}$ . Este valor es importante para el diseño de la máquina para la trituración de la semilla del mango. A continuación, se describen las consideraciones que se tuvieron en cuenta para la prueba a escala de laboratorio.

### *Consideraciones para la prueba a escala de laboratorio*

El proceso se inició con la selección de 15 kg de semillas salidas del equipo despulpador de mango. La selección del tipo de semilla se realizó al azar (sin tener en cuenta el tipo de semillas según la variedad de mango). La muestra tomada fue expuesta a la radiación solar sobre una superficie pavimentada durante 18 h, a una temperatura entre  $32^\circ\text{C}$  y  $34^\circ\text{C}$ . Transcurrido el tiempo antes mencionado, dicha muestra queda en 13,5 kg para un aprovechamiento del 90%. Luego de ser molidas (para lo cual se utilizó un molino de cuchillas) y separada la corteza de los pequeños trozos de almendra, la masa restante fue de 6,5 kg para un aprovechamiento del 48,15%. Tras iniciar el proceso de molienda de los 6,5 kg de almendra, se notó cierta dificultad al hacer pasar el producto obtenido por un tamiz con una abertura de  $500 \mu\text{m}$  dada la consistencia de dicho producto. Por tal motivo, esta masa fue expuesta nuevamente a radiación solar bajo las mismas condiciones, pero esta vez por 20 h. Finalmente, tras el secado, es molida la masa restante, obteniéndose 3,3 kg de harina, lo cual representa un aprovechamiento del 50,76% en relación a los 6,5 kg de la masa de almendra. En la Tabla 2 se muestra lo antes descrito.

Además de los parámetros antes expuestos, es importante conocer el porcentaje de humedad de la harina, ya que de esto depende en gran medida la conservación y el uso que se le dé a la misma. En las ecuaciones 1 y 2 se describe como se determinó esta variable.

**Tabla 2.** Resumen de los resultados de la prueba a escala de laboratorio

|                                                 | <b>Masa<br/>(kg)</b> | <b>Tiempo de<br/>secado (h)</b> | <b>Aprovechamiento<br/>(%)</b> |
|-------------------------------------------------|----------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| Masa inicial de la muestra                      | 15,0                 | 18                              | -                              |
| Masa tras el secado                             | 13,5                 | -                               | 90                             |
| Masa de almendra tras la 1 <sup>ra</sup> molida | 6,5                  | 20                              | 48,87                          |
| Masa final tras la 2 <sup>da</sup> molida       | 3,3                  | -                               | 50,76                          |

$$U_{fin} = \frac{G_{ini}}{G_{fin}} \cdot U_{inc} \quad (1)$$

$$U_{fin} = \frac{3,3 \text{ kg}}{15 \text{ kg}} \cdot 46\%$$

$$U_{fin} = 10,12\%$$

$$W_{harina} = G_{inc} \cdot \frac{U_{ini} - U_{fin}}{100 - U_{fin}} \quad (2)$$

$$W_{harina} = 15 \text{ kg} \cdot \frac{46\% - 10,12\%}{100\% - 10,12\%}$$

$$W_{harina} = 5,59\%$$

Donde:

$G_{ini}$ : Masa inicial del producto suministrado para el secado (15 kg de semillas húmedas).

$G_{fin}$ : Masa final del producto (3,3 kg de harina).

$U_{ini}$ : Humedad inicial del producto suministrado para el secado (43,67% [10, 13]).

$U_{fin}$ : Humedad del material respecto a la sustancia seca (%).

$W_{harina}$ : Humedad de la harina (%).

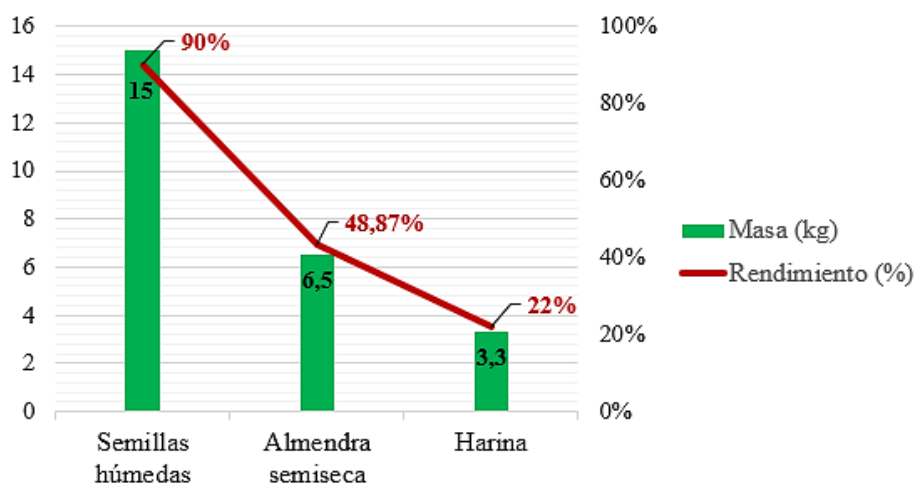
Según los cálculos realizados se obtuvo una humedad de 5,59%. Este valor está muy próximo a los obtenidos por [5,13,14].

### 3. Resultados y Discusión

La harina obtenida tiene una alta uniformidad granulométrica (500  $\mu\text{m}$ ), lo cual promueve una mejor calidad de la textura, sabor y apariencia visual del producto final [15]. Hay que destacar que la granulometría de dicha harina, dependerá en gran medida del uso que se le vaya a dar a la misma, para lo cual habrá que seleccionar el tamiz correspondiente.

Teniendo en cuenta la masa inicial de la muestra y la masa de harina obtenida, el rendimiento logrado al final de la prueba a escala de laboratorio es de un 22%. Las pérdidas en el proceso de obtención de la harina se deben en gran medida, a la evaporación del agua a lo largo de dicho proceso y a la separación de la corteza de la semilla del mango, la cual pudiera utilizarse como biomasa vegetal. En la fábrica donde se realiza la investigación, se procesa tomate con un rendimiento del 17,02%. Es de destacar la diferencia entre el aprovechamiento en la obtención de harina de semilla del mango y el aprovechamiento en el procesamiento del tomate, más aún si se

tiene en cuenta que dichas semillas, son parte del desecho de otro proceso productivo. En la Figura 2 se representa de forma gráfica los resultados de los cálculos para la prueba a escala de laboratorio.



**Fig.2** Relación Masa vs. Rendimiento

En la prueba a escala de laboratorio, el primer tiempo de secado fue para eliminar el agua proveniente del proceso de lavado y lograr la disminución de la masa de la almendra, lo que facilita la separación entre la corteza y dicha almendra una vez triturada la semilla. La corteza de la semilla del mango, retarda en gran medida la deshidratación de la almendra. Esta fue la razón por la cual después de ser molida la semilla de mango, se aumentó el tiempo de exposición al sol, ya que el tiempo inicial no fue suficiente. Para el procesamiento de grandes volúmenes de semilla de mango, como los que se obtuvieron en el 2019 en la fábrica antes mencionada, resulta conveniente que el tiempo de secado sea de forma continua durante 72 h [16]. Esto reduciría el tiempo de obtención de la harina, ya que en el ciclo productivo solo habría que secar una vez.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la prueba a escala de laboratorio, se puede deducir que si para 15 kg de semillas de mango, se obtuvieron 3,3 kg de harina, para 1 667,620 t de semillas de mango que se obtuvieron producto del procesamiento de mango en el 2019, se hubiesen obtenido 366,876 t de harina.

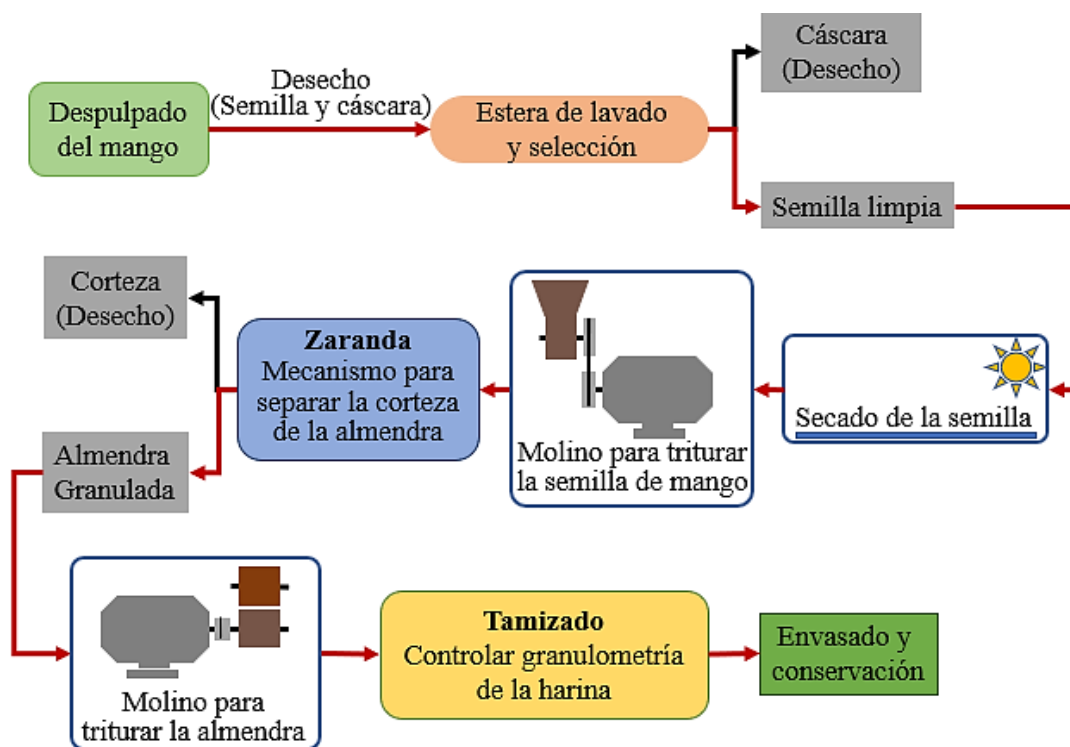
Con la prueba a escala de laboratorio se demostró que es posible la obtención de la harina de semilla de mango en la propia fábrica con un buen rendimiento. Para ello, es necesario la creación de una infraestructura en función de los niveles de producción deseados. Para el secado de las semillas se utilizaría parte del patio de la entidad el cual se encuentra pavimentado, lo que facilita la evaporación del agua presente en las mismas. Este proceso de secado se realizará utilizando siempre la energía solar como fuente libre de costo y compatible con el medio ambiente. Las máquinas para triturar la semilla y para la obtención de la harina pueden ser fabricadas con los recursos disponibles en la fábrica. A continuación, se describen las etapas para la producción de harina de semilla de mango en La Fábrica de Conservas Yara.

#### *Descripción de las etapas para el procesamiento de la semilla de mango*

1. Del proceso de despulpado del mango se obtiene como desecho una mezcla de semillas y cáscaras de mango. Esta debe ser sometida a un proceso de lavado y separación. En un principio esto se hará de forma manual.

2. Obtenidas las semillas libres de cáscara y pulpa, estas pasarán al área de secado mediante la exposición al sol durante 72 h hasta alcanzar una humedad de alrededor de un 40% lo cual, garantiza que la corteza de la semilla parta con facilidad.
3. Estando las semillas con la humedad requerida, estas serán molidas en un molino de cuchillas. En la prueba a escala de laboratorio, tras haber probado diferentes molinos, se determinó que los molinos de cuchillas son los más adecuados para la trituration de este producto. Como resultado se obtienen fragmentos separados de almendra y corteza.
4. Separar la almendra de la corteza a partir de un mecanismo de zaranda.
5. Moler los trozos de la almendra hasta alcanzar la granulometría deseada, lo cual se logra dependiendo de la abertura del tamiz utilizado.

En la Figura 3 se muestra el proceso productivo antes expuesto.



**Fig.3** Flujo tecnológico para la obtención de la harina de la semilla de mango

#### 4. Conclusiones

De los 15 kg de semillas de mango que se tomaron para la prueba a escala de laboratorio, se obtuvieron 3,3 kg de harina, para un rendimiento de un 22%. Teniendo en cuenta estos resultados se pudo inferir, que para 1 667,62 t de semillas de mango que fueron desechadas en la cosecha de 2019 se hubiesen obtenido alrededor 366,87 t de harina. De acuerdo a los resultados obtenidos, se justifica la implementación de una línea de producción para el procesamiento de la semilla de mango.

## Referencias

1. Guzmán, O., et al., *Composición y características químicas de mangos (Mangifera indica L.) destinados a la alimentación animal en Nayarit, México*. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 2013. **47**(3): p. 273-277.
2. Pérez, A., et al., *Propiedades mecánicas y maduración de frutos de mango (Mangifera Indica L.) bajo compresión axial*. Ingeniería Agrícola y Biosistemas, 2009. **1**(1): p. 19-23.
3. Ganeshan, G., et al., *Thermo-chemical conversion of mango seed kernel and shell to value added products*. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 2016. **121**: p. 403-408.
4. Perea-Moreno, A.J., et al., *Mango stone properties as biofuel and its potential for reducing CO<sub>2</sub> emissions*. Journal of Cleaner Production, 2018. **190**: p. 53-62.
5. Das, P.C., et al., *Comparison of the physico-chemical and functional properties of mango kernel flour with wheat flour and development of mango kernel flour based composite cakes*. NFS Journal, 2019. **17**: p. 1-7.
6. Awolu, O.O., et al., *Mechanical characteristics and grinding studies of mango seed kernel*. Engineering in Agriculture, Environment and Food, 2018. **11**(4): p. 256-261.
7. Torres-León, C., et al., *Solid-state fermentation with Aspergillus niger to enhance the phenolic contents and antioxidative activity of Mexican mango seed: A promising source of natural antioxidants*. LWT, 2019. **112**: p. 108236.
8. Torres-León, C., et al., *Mango seed: Functional and nutritional properties*. Trends in Food Science & Technology, 2016. **55**: p. 109-117.
9. Solís-Fuentes, J.A., et al., *Chapter 88-Mango (Mangifera indica L.) Seed and Its Fats*, in *Nuts and Seeds in Health and Disease Prevention*, V.R. Preedy, R.R. Watson, and V.B. Patel, Editors. 2011, Academic Press: San Diego. p. 741-748.
10. Chaparro, S., et al., *Caracterización funcional de la almendra de las semillas de mango (Mangifera indica L.)*. Revista Ciencia en Desarrollo, 2015. **6**(1): p. 67-75.
11. Jahurul, M.H.A., et al., *Mango (Mangifera indica L.) by-products and their valuable components: A review*. Food Chemistry, 2015. **183**: p. 173-180.
12. Jahurul, M.H.A., et al., *Characterization of crystallization and melting profiles of blends of mango seed fat and palm oil mid-fraction as cocoa butter replacers using differential scanning calorimetry and pulse nuclear magnetic resonance*. Food Research International, 2014. **55**: p. 103-109.
13. Nzikou, J., et al., *Extraction and characteristics of seed kernel oil from mango (Mangifera indica L.)*. Environmental Earth Sciences, 2010. **2**(1): p. 31-35.
14. Patiño-Rodríguez, O., et al., *Unripe mango kernel starch: Partial characterization*. Food Hydrocolloids, 2020. **101**: p. 105512.
15. Dussán, S., et al., *Granulometría, propiedades funcionales y propiedades de color de las harinas de quinua y chontaduro*. Información Tecnológica, 2019. **30**(5): p. 3-10.
16. Okpala, L.C., et al., *Physicochemical Properties of Mango Seed Flour*. Nigerian Food Journal, 2013. **31**(1): p. 23-27.

## Conflicto de Intereses

No existe ningún conflicto de intereses entre los autores, ni de los autores con otras entidades vinculadas al contenido del artículo.



**Contribución de los autores**

**David Ramón Gutiérrez Toledo.** ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0906-1961>

Llevó a cabo la prueba a escala de laboratorio y contribuyó con la redacción del manuscrito.

**Yoan Manuel Ramos Botello.** ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7838-5981>

Llevó a cabo la prueba a escala de laboratorio y contribuyó con la redacción del manuscrito.

**Jorge Fidel González Dacal.** ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8366-2522>

Contribuyó con la redacción del manuscrito.