



Título del artículo.

**Elaboración de un alimento con harina de semilla de ramón (*Brosimum alicastrum*) y almendra (*Amygdalus communis* L.) y su caracterización reológica.**

Título del artículo en idioma Inglés.

**Preparation of a food with seed flour of ramón (*Brosimum alicastrum*) and almond (*Amygdalus communis* L.) and its rheological characterization.**

Autores.

Manuel Octavio Ramírez Sucre  
Salma Alejandra Enriquez Valencia  
Élida Gastélum Martínez

Referencia bibliográfica:

MLA

Ramírez Sucre, Manuel Octavio, Salma Alejandra Enriquez Valencia y Élida Gastélum Martínez. Elaboración de un alimento con harina de semilla de ramón (*Brosimum alicastrum*) y almendra (*Amygdalus communis* L.) y su caracterización reológica. *Tlamati* 9.2, (2018): 20-24. Print.

APA

Ramírez Sucre, M. O., Enriquez Valencia, S. A. y Gastélum Martínez, E. (2018). Elaboración de un alimento con harina de semilla de ramón (*Brosimum alicastrum*) y almendra (*Amygdalus communis* L.) y su caracterización reológica. *Tlamati*, 9(2), 20-24.

---

ISSN: 2007-2066.

Publicado el 31 de diciembre del 2018

© 2018 Universidad Autónoma de Guerrero

Dirección General de Posgrado e Investigación

Dirección de Investigación

*TLAMATI*, es una publicación semestral de la Dirección de Investigación de la Universidad Autónoma de Guerrero. El contenido de los artículos es responsabilidad exclusiva de los autores y no refleja de manera alguna el punto de vista de la Dirección de Investigación de la UAGro. Se autoriza la reproducción total o parcial de los artículos previa cita de nuestra publicación.



## Elaboración de un alimento con harina de semilla de ramón (*Brosimum alicastrum*) y almendra (*Amygdalus communis* L.) y su caracterización reológica

Manuel Octavio Ramírez Sucre<sup>1</sup>  
 Salma Alejandra Enriquez Valencia<sup>2</sup>  
 Élica Gastélum Martínez<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A. C. – Sede Sureste. Tablaje Catastral 31264 Km 5.5 Sierra Papacal – Chuburná Puerto, Parque Científico Tecnológico de Yucatán. C.P. 97302. Mérida, Yucatán. México. Tel: +(52) 999 9202671 ext. 4012

<sup>2</sup>Universidad de Sonora. Blvd. Luis Encinas y Rosales S/N, Col. Centro Hermosillo, Sonora. México.

\*Autor de correspondencia  
 egastelum@ciatej.mx

### Resumen

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO], la seguridad alimentaria se da cuando las personas tienen acceso físico, social y económico permanente a alimentos seguros, nutritivos y en calidad suficiente para satisfacer los requerimientos nutricionales y preferencias alimentarias, para poder llevar una vida activa y saludable. En México 41.6% de los hogares presenta inseguridad alimentaria leve y 28.2% moderada y severa. Dicha inseguridad genera problemas de salud a la población como desnutrición, sobrepeso, obesidad, anemia, entre otros. En apoyo a programas existentes para combatir este problema, se encuentra el aprovechamiento de recursos naturales nacionales como la semilla de ramón (*Brosimum alicastrum*) la cual tiene una importante concentración de proteína, aminoácidos esenciales, minerales, etc. Mientras que la almendra (*Amygdalus communis* L.) producida en México, es fuente de ácidos grasos omega-6, vitaminas (D/A/E) y minerales. El objetivo del presente trabajo fue elaborar un alimento a base de semilla de ramón y almendra, caracterizando su comportamiento reológico posterior a la pasteurización. Los resultados mostraron que el alimento presentó un comportamiento de fluido no-newtoniano. La pasteurización incrementó la viscosidad de 5.97 mPa.s hasta 8.04 mPa.s (T8: 85°C/25 min), con curvas de fluidez bien caracterizadas por la ecuación de Cross ( $R^2 > 0.99$ ), reduciendo 11.6% el índice consistencia (T8).

**Palabras clave:** Alimento homólogo lácteo, nuez maya, geles, matriz alimentaria no newtoniana

### Abstract

According to the Food and Agriculture Organization [FAO], food security occurs when people have permanent physical, social and economic access to food that is safe, nutritious and of enough quality to meet nutritional requirements and food preferences, in order to lead an active and healthy life. In Mexico, 41.6% of households show mild food insecurity and 28.2% moderate and severe. This insecurity generates health problems for the population such as malnutrition, overweight, obesity, anemia, among others. In support of existing programs to combat this problem, is the use of national natural resources such as ramon seed (*B. alicastrum*) which has an important concentration of protein, essential amino acids, minerals, etc. While the almond (*A. communis* L.) produced in Mexico, is a source of ome-

### Como citar el artículo:

Ramírez Sucre, M. O., Enriquez Valencia, S. A. y Gastélum Martínez, E. (2018). Elaboración de un alimento con harina de semilla de ramón (*Brosimum alicastrum*) y almendra (*Amygdalus communis* L.) y su caracterización reológica. *Tlamati*, 9(2), 20-24.

ga-6, vitamins (D / A / E) and minerals. The objective of the present work was to elaborate a food based on ramon seed and almond, characterizing its rheological behavior after pasteurization. The results showed that the food exhibited non-Newtonian fluid behavior. Pasteurization increased the viscosity from 5.97 mPa.s to 8.04 mPa.s (T8: 85 °C / 25 min), with fluidity curves well characterized by the Cross equation ( $R^2 > 0.99$ ), reducing the consistency index by 11.6% (T8).

**Keywords:** Dairy homologous food, Mayan nut, gels, non-Newtonian food matrix

## Introducción

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO] la Seguridad Alimentaria "...existe cuando todas las personas tienen, en todo momento, acceso físico, social y económico a alimentos suficientes, inocuos y nutritivos que satisfacen sus necesidades energéticas diarias y preferencias alimentarias para llevar una vida activa y sana" (Acosta Acosta, 2017). En México 41.6% de los hogares presenta inseguridad alimentaria leve y 28.2% moderada y severa. Dicha inseguridad genera problemas de salud a la población como desnutrición, sobrepeso, obesidad, anemia, entre otros. En apoyo a programas existentes para combatir este problema, se encuentra el aprovechamiento de recursos naturales nacionales como la semilla de ramón (*Brosimum alicastrum*).

La harina de las semillas de ramón tiene un contenido nutricional que ha sido reportado con proteína cerca del 11%, carbohidratos 70% y grasas 1.5%. Cuenta con contenido de fibra, vitaminas B1, B2 y ácido fólico; también es rico en minerales como calcio, hierro, zinc y sodio; aporta 318 Kcal por cada 100 g de harina y no contiene gluten (Ramírez, Ibáñez, Gutiérrez, Ortega, García y Larqué, 2016). La semilla de ramón es una fuente de nutrientes poco aprovechada, se sabe que es una fuente importante de proteína y puede ser empleada para el consumo como ingrediente en la formulación de alimentos (Caballero y Velázquez, 2012). Por otro lado un árbol de ramón llega a producir 95.5 kg de semillas por año o bien 19.1 toneladas por hectárea de 200 árboles al año (Hernández-González,

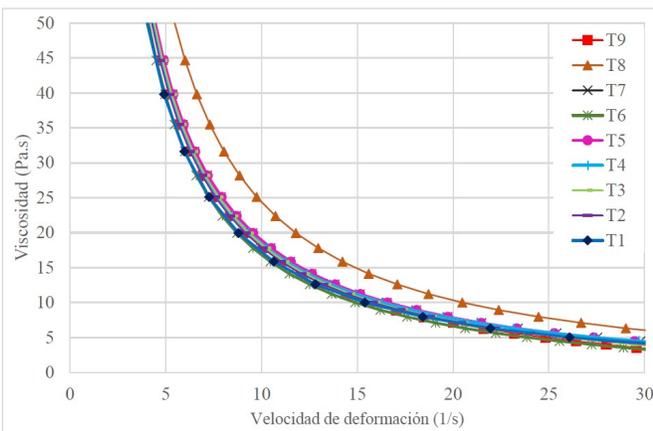


Figura 1. Curvas de comportamiento al flujo de las matrices alimentarias tratadas a diferentes temperaturas y tiempos de pasteurización (T1: 80 °C, 15 min; T2: 85 °C, 15 min; T3: 95 °C, 15 min; T4: 80 °C, 20 min; T5: 85 °C, 20 min; T6: 90 °C, 20 min; T7: 80 °C, 25 min; T8: 85 °C, 25 min; T9: 90 °C, 25 min)

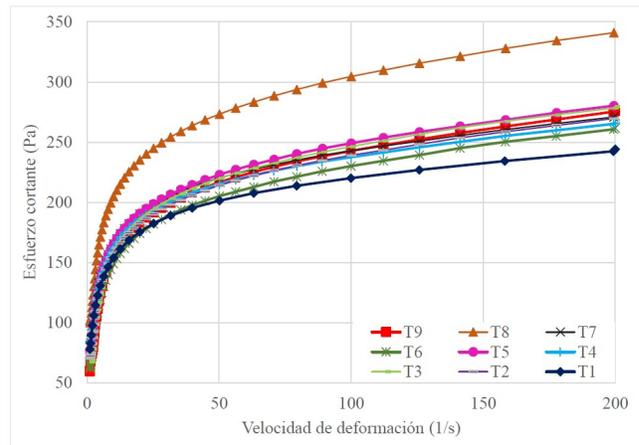


Figura 2. Curvas de esfuerzo cortante de las matrices alimentarias tratadas a diferentes temperaturas y tiempos de pasteurización en función de la velocidad de deformación (T1: 80 °C, 15 min; T2: 85 °C, 15 min; T3: 95 °C, 15 min; T4: 80 °C, 20 min; T5: 85 °C, 20 min; T6: 90 °C, 20 min; T7: 80 °C, 25 min; T8: 85 °C, 25 min; T9: 90 °C, 25 min)

Vergara-Yoisura y Larqué-Saavedra, 2014). Bebidas tipo leche elaboradas a base de almendras tienen propiedades nutricionales que cambian de una variedad a otra ya que dependen de la materia prima, el procesamiento, enriquecimiento y la presencia de otros ingredientes. La bebida tipo de leche de almendras no contiene lactosa ni lipoproteínas de baja densidad, es rica en antioxidantes, minerales esenciales, provee de vitaminas D y A, alto contenido de vitamina E, proteínas vegetales, ácidos grasos  $\omega 6$ , zinc, hierro, magnesio y potasio, finalmente, tiene un alto nivel de fibra natural soluble e insoluble (García-Saavedra, 2017). En general, la leche de almendras contiene niveles altos de ácidos grasos insaturados, los cuales son buenos para la salud, pero bajo contenido de calcio, sodio y carbohidratos. Las principales fuentes de energía de la leche de almendras son las grasas y las proteínas por lo que el contenido calórico de esta depende directamente de esas fuentes (Alozie y Udofia, 2015). Con el fin de dar una posible respuesta a este problema al que se enfrenta el país, y el de aprovechar la gran producción de semilla de ramón en su forma de harina, se formuló una matriz alimentaria tipo natilla y se trató térmicamente mediante pasteurización para evaluar su comportamiento reológico y concentración de proteína.

## Materiales y Métodos

### Material vegetal

Se empleó harina de semilla de ramón (*B. alicastrum*) marca Kishur proveniente del municipio de Chocholá,

Tabla 1. Diseño experimental para pasteurización de las matrices alimentarias

Tratamiento	Sin Codificar		Codificado	
	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Temperatura	Tiempo
1	80	15	-1	-1
2	85	15	0	-1
3	90	15	+1	-1
4	80	20	-1	0
5	85	20	0	0
6	90	20	+1	0
7	80	25	-1	+1
8	85	25	0	+1
9	90	25	+1	+1

Yucatán. Así como semillas de almendra (*A. communis* L.) empacadas de marca comercial adquiridas en el supermercado local.

#### Formulación de la bebida

Se realizó una infusión con harina de semilla de ramón en una proporción 1:50 durante 5 minutos a una temperatura de 80 °C. Los sólidos se retiraron por filtración con ayuda de manta cielo y el clarificado se homogenizó con semillas de almendra en una proporción 1:25 para posteriormente ser filtrado de igual manera. Se adicionó concentrado de vainilla al 0.3 % (marca Molina), edulcorante al 4 % (marca Splenda Naturals) y goma guar a una concentración de 2 %. La matriz alimentaria se mantuvo en agitación

durante 10 min a 60 °C para ser posteriormente envasada en frascos de vidrio con tapa rosca y pasteurizada. El efecto de la temperatura y tiempo de pasteurización se evaluó mediante un diseño experimental  $3^2$  (2 factores, 3 niveles) generando 9 tratamientos (véase tabla 1), todas las muestras se analizaron por duplicado.

#### Cuantificación de proteína

La determinación de proteína se llevó a cabo por el método de Bradford, teniendo como curva estándar la albúmina como proteína patrón en un rango desde 0 hasta 60  $\mu$ g. Las muestras se midieron a una longitud de onda de 595 nm en un espectrofotómetro GENESYS20 (Thermo Spectronic, mod. 4001/4).

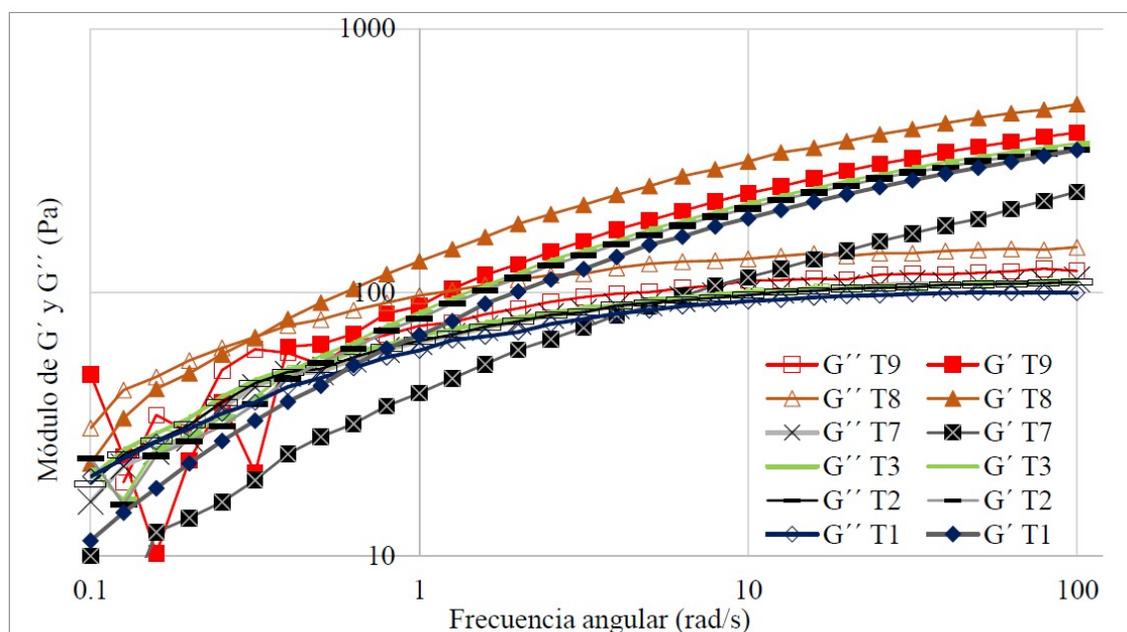


Figura 3. Espectros mecánicos de las matrices alimentarias tratadas a diferentes temperaturas y tiempos de pasteurización (T1: 80 °C, 15 min; T2: 85 °C, 15 min; T3: 95 °C, 15 min; T4: 80 °C, 20 min; T5: 85 °C, 20 min; T6: 90 °C, 20 min; T7: 80 °C, 25 min; T8: 85 °C, 25 min; T9: 90 °C, 25 min)

Tabla 2. Caracterización inicial de la matriz alimentaria antes de pasteurización

Parámetro evaluado	Valor
Proteína (g/100ml)	0.19 ± 0.01
Viscosidad* (Pa.s)	5.97 ± 0.024
Módulo de almacenamiento (Pa)	68.77 ± 0.49

\* Medido a un esfuerzo cortante de 31.62 1/s

### Comportamiento reológico

La medición de viscosidad y el comportamiento reológico se hizo en un Reómetro Modular (TA Instruments, mod. Discovery Hybrid Rheometer DHR-2) con una geometría de 40 mm parallel plate, SAND BLAST Peltier Plate Steel – 104770 a 25 °C y con una amplitud de frecuencia angular de 10 rad/s y un barrido de tensión de 0.1 a 300 %; una frecuencia de tensión de 0.1% con un barrido de frecuencia angular de 0.1 a 100 rad/s y un flujo de barrido de velocidad de deformación de 1 a 200 1/s.

### Resultados

La matriz alimentaria a base de harina de semilla de ramón (*B. alicastrum*) y almendra (*A. communis* L.) se pasteurizó a 3 temperaturas y 3 tiempos diferentes de acuerdo al diseño experimental descrito previamente (véase tabla 1). La concentración de proteína y comportamiento reológico se determinaron antes de los tratamientos (véase tabla 2). Lo que permitió conocer los cambios estructurales que sufrió la matriz alimentaria debido al efecto de la temperatura y tiempo de pasteurización.

#### Concentración de proteína

Se observó una reducción de la concentración de proteína máxima de  $0.01 \pm 0.01$  g/100ml en el T3 y T9 y mínima de  $0.12 \pm 0.02$  g/100 ml en el T1 (véase tabla 3). El análisis estadístico mostró que la temperatura y tiempo de manera individual y combinada tienen un efecto sobre la

Tabla 3. Concentración de proteína en las matrices alimentarias después de pasteurización a diferentes temperaturas y tiempos

Tratamiento	T (°C)	Tiempo (min)	Proteína (g/100ml)
T1	80	15	0.12 ± 0.02
T2	85	15	0.08 ± 0.00
T3	90	15	0.01 ± 0.01
T4	80	20	0.11 ± 0.02
T5	85	20	0.10 ± 0.01
T6	90	20	0.02 ± 0.00
T7	80	25	0.08 ± 0.00
T8	85	25	0.08 ± 0.01
T9	90	25	0.01 ± 0.01

P<0.05

concentración de la proteína ( $p<0.05$ ). Los resultados mostraron que al incrementar tanto la temperatura como el tiempo de pasteurización se reduce la concentración de proteína en las muestras (Fisher LSD, 95%).

#### Comportamiento reológico

Las muestras de la matriz alimentaria sometidas a diferentes temperaturas y tiempos de pasteurización fueron analizadas para determinar su viscosidad. Los resultados obtenidos mostraron que la viscosidad disminuye conforme aumenta la velocidad de deformación, lo que indica que las matrices alimentarias formuladas corresponden a fluidos no newtonianos (véase figura 1). El T8 (85 °C, 25 min) presentó mayor viscosidad con respecto a los otros tratamientos de pasteurización probados. En análisis de varianza realizado a los tratamientos mostró que los factores de temperatura y tiempo de pasteurización de manera individual y combina tienen un efecto en la viscosidad de las matrices alimentarias ( $p<0.05$ ). El análisis de medias y Fisher LSD (95%) mostró que el efecto de la temperatura a una T=85 °C es significativo con respecto a 80 y 90 °C en la viscosidad de las muestras, así como el tiempo de 25 min resultó ser significativo con respecto a los otros dos niveles probados.

Como parte del comportamiento reológico analizado en las muestras, la figura 2 muestra la velocidad de deformación de las matrices alimentarias vs el esfuerzo cortante aplicado. Dado que en este caso no fueron proporcionales, es un indicador que las matrices alimentarias analizadas exhiben un comportamiento no newtoniano.

La figura 3 muestra los módulos de almacenamiento ( $G'$ ) y los módulos de pérdida ( $G''$ ) con respecto a la frecuencia angular. En las matrices alimentarias analizadas se observó que el módulo de almacenamiento es mayor que el módulo de pérdida que corresponde a un comportamiento de fluidos no newtonianos. Se observó que, al incrementar el tiempo de pasteurización,  $G'$  incrementó de igual forma indicando que la matriz alimentaria desarrolló un carácter más sólido. Comparando las muestras a una misma frecuencia angular de 1 rad/s, es posible observar que T8 (85 °C, 25 min) presentó el máximo valor de  $G' = 131.2$  Pa mientras que el mínimo se obtuvo para T1 (80 °C, 15 min) con una  $G' = 68.8$  Pa.

Se realizó una modelización de las curvas de flujo de las matrices alimentarias de acuerdo con la ecuación de Cross (véase tabla 4) y los datos de ajustaron con un  $R^2 > 0.999$  para todos los tratamientos. El análisis de varianza mostró que la temperatura tuvo un efecto significativo ( $p<0.05$ ) en la consistencia, no así para el tiempo de pasteurización ni la combinación de ambos efectos. La prueba de múltiples rangos mostró que no hay diferencia significativa para consistencia cuando se incrementa la temperatura de pasteurización de 80 a 85 °C, así como de 85 y 90 °C, no así cuando se incrementa de 80 a 90 °C donde si hay una diferencia significativa (LSD Fisher 95%).

### Discusión y conclusiones

#### Concentración de proteína

La concentración de proteína en las matrices alimentarias se redujo hasta un 94% después de los diferentes tratamientos de pasteurización empleados. A mayor temperatura y tiempo de pasteurización, se observó mayor pérdida

Tabla 4. Modelización de las curvas de flujo por la ecuación de Cross

Tratamiento	Zero-rate viscosity (Pa.s)	Infinite-rate viscosity (Pa.s)	Consistencia (s)	Índice de flujo
1	185.83 ± 2.14	-0.05 ± 0.05	1.76 ± 0.68	0.85 ± 0.03
2	125.51 ± 18.46	0.03 ± 0.12	0.95 ± 0.18	0.87 ± 0.02
3	120.48 ± 4.84	-0.09 ± 0.03	0.97 ± 0.02	0.83 ± 0.01
4	198.85 ± 25.33	-0.07 ± 0.07	1.73 ± 0.21	0.85 ± 0.02
5	139.96 ± 12.38	-0.02 ± 0.03	1.07 ± 0.12	0.85 ± 0.0
6	105.67 ± 7.43	-0.07 ± 0.00	0.88 ± 0.05	0.84 ± 0.0
7	179.67 ± 7.88	-0.1 ± 0.08	1.52 ± 0.00	0.84 ± 0.01
8	236.31 ± 74.25	-0.11 ± 0.09	1.75 ± 0.86	0.84 ± 0.02
9	105.75 ± 10.26	-0.11 ± 0.09	0.86 ± 0.21	0.83 ± 0.03

en la concentración de proteína analizada en las muestras. El análisis de varianza multifactorial mostró que la temperatura y tiempo de pasteurización de manera individual y combinada tienen un efecto en la concentración de proteína ( $p < 0.05$ ).

#### Comportamiento reológico

A diferencias de la concentración de proteína, los valores de viscosidad de las muestras se incrementaron con los tratamientos térmicos aplicados. Como se observa en la gráfica 2, los módulos de almacenamiento ( $G'$ ) de todos los tratamientos fueron mayores que sus módulos de pérdida ( $G''$ ), lo que indica que las matrices alimentarias son viscoelásticas y que corresponden a fluidos no newtonianos donde hay un mayor comportamiento elástico que viscoso. De acuerdo con los espectros mecánicos, los geles obtenidos son bien estructurados (Ramos e Ibarz, 2006). Como la viscosidad de las muestras tratadas térmicamente disminuye conforme aumenta la velocidad de deformación, este comportamiento permite decir que las matrices alimentarias desarrolladas corresponden a fluidos no newtonianos. El tratamiento T8 (85 °C, 25 min) es el que tuvo mayor efecto en la viscosidad de las matrices alimentarias ( $8.04 \pm 0.18$  Pa.s) con respecto a los demás ( $p < 0.01$ , Bonferroni). Las curvas de flujo se ajustaron a la ecuación de Cross con un  $R^2 > 0.999$  y el análisis de varianza multifactorial mostró que la temperatura tuvo en efecto significativo en la consistencia, no así para el tiempo de pasteurización. Considerando los resultados obtenidos, es posible obtener una matriz alimentaria tipo natilla a base de harina de semilla de ramón y almendra que mantenga sus propiedades reológicas posteriormente al tratamiento térmico.

#### Agradecimientos

Los autores agradecen al Programa Delfin por la beca otorgada a la estudiante Salma Alejandra Enriquez Valencia que le permitió realizar una estancia de investigación en el verano de 2018. Así mismo agradecen al Dr. Francis-

co Alfonso Larqué Saavedra del Centro de Investigación Científica de Yucatán y la empresa Kishur por su aporte en los materiales.

#### Referencias

- Acosta Acosta, G. A. (Febrero 20, 2017). La seguridad alimentaria en México y su problemática en el contexto del desarrollo. *Instituto de Investigaciones Estratégicas de La Armada de México*, (2), 1–28. Obtenido de [http://repositorio.uninav.edu.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/23000/391/da\\_02-17.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uninav.edu.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/23000/391/da_02-17.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Alozie, Y. E. y Udofia, U. S. (2015). Nutritional and Sensory Properties of Almond (*Prunus amygdalu* Var . Dulcis ) Seed Milk. *World Journal of Dairy & Food Sciences*, 10(2), 117–121.
- Caballero, A. y Velázquez, M. A. (2012). Aprovechamiento del árbol nativo *Brosimum alicastrum* Swartz (*Moraceae*) en la Selva Zoque Chiapas, México. *Lacandonia*, 6(1), 71–82.
- García-Saavedra, N. M. (Julio 20, 2017). *Bebidas Vegetales*. Tesis de Grado. Universidad Complutense de Madrid, 20 pp. Retrieved from [http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/NATALIA\\_MORALEJA\\_GARCIA-SAAVEDRA.pdf](http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/NATALIA_MORALEJA_GARCIA-SAAVEDRA.pdf)
- Hernández-González, O., Vergara-Yoisura, S. y Larqué-Saavedra, A. (2014). Studies on the productivity of *Brosimum alicastrum* a tropical tree used for animal feed in the Yucatan Peninsula. *Bothalia Journal*, 44(6), 70–81.
- Ramírez, S., Ibáñez, D., Gutiérrez, M., Oterga, M., García, L., y Larqué, A. (2016). El ramón (*Brosimum alicastrum* swartz) una alternativa para la seguridad alimentaria en México. *Agroproductividad*, 10, 80-83.
- Ramos, A. e Ibarz, A. (2006). Comportamiento viscoelástico de pulpa de membrillo en función de la concentración de sólidos solubles. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 26(1), 214–219.