

## Evaluación de las propiedades tecno-funcionales del almidón de camote (*Ipomoea batatas*)

N.S. Muñoz-Acuña\*<sup>1</sup>, J.G. Báez-González<sup>1</sup>, S.L. Castillo-Hernández<sup>1</sup>, E. García-Márquez<sup>2</sup> y M. Bautista-Villarreal<sup>1</sup>

**1** Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias Biológicas. Departamento de Alimentos. Av. Pedro de Alba s/n, Cd. Universitaria, C.P. 66455 San Nicolás de los Garza, México. **2** Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C. Unidad Noreste, Parque PIIT, Vía de la innovación 404, C.P. 66600 Apodaca, México. \*[minerva.bautistavl@uanl.edu.mx](mailto:minerva.bautistavl@uanl.edu.mx)

### RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar las propiedades tecno-funcionales del almidón de camote (*Ipomoea batatas*) para determinar las aplicaciones que puede tener como aditivo alimenticio. Primeramente se realizó la extracción del almidón por el método de (Ganga & Corke, 1999). Posteriormente se determinó la capacidad gelificante por el método de (Siddiq *et al.*, 2010) a diferentes concentraciones 2%, 4%, 6%, 8%, 10%, 12%, 14% y 16% (%m/v) y se obtuvo del 10 al 16% una gelificación completa. La capacidad emulsionante se realizó de acuerdo al método de (Yasumatsu *et al.*, 1972) y fue de un 35.56%, La claridad del gel con el método de (Hazarika & Sit, 2016) se obtuvo un valor del 19.65 %, que muestra características de poca fuerza asociativa, lo que indica una mayor cantidad de amilosa. La determinación de la estabilidad al congelamiento-descongelamiento (Bello *et al.*, 2002) el gel a temperatura de refrigeración (4°C) con una sinéresis de valor máximo de 3% y para el porcentaje de amilosa y amilopectina, se realizó el análisis (Galicia, 2012) donde el contenido de amilosa fue de 27.14 % . El almidón de camote de acuerdo a sus propiedades tecno-funcionales es una nueva opción para uso como aditivo alimenticio.

**Palabras clave:** almidón, camote, amilosa, capacidad emulsionante.

### ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the techno-functional properties of sweet potato starch (*Ipomoea batatas*) to determine the applications it can have as a food additive. First, starch extraction was performed by the method of (Ganga & Corke, 1999). Subsequently, the gelling capacity was determined by the method of (Siddiq *et al.*, 2010) at different concentrations 2%, 4%, 6%, 8%, 10%, 12%, 14% and 16% (%m/v) and a complete gelling was obtained from 10 to 16%. The emulsifying capacity was performed according to the method of (Yasumatsu *et al.*, 1972) and was 35.56%, The clarity of the gel with the method of (Hazarika & Sit, 2016) was obtained a value of 19.65%, which shows characteristics of low associative strength, indicating a greater amount of amylose. The determination of the freeze-thaw stability (Bello *et al.*, 2002) the gel at refrigeration temperature (4°C) with a syneresis of maximum value of 3% and for the percentage of amylose and amylopectin, the analysis was carried out (Galicia, 2012) where the amylose content was 27.14%. Sweet potato starch according to its techno-functional properties is a new option for use as a food additive.

**Key words:** starch, sweet potato, amylose, emulsifying capacity.

## INTRODUCCIÓN

En esta investigación se caracterizó el almidón de camote (*Ipomoea batatas*). Se propone el uso de almidón de camote ya que de acuerdo con datos del (SIAP, 2016) el camote se cultiva en 22 estados y en el 2015 se cosecharon 2,354.3ha, con un rendimiento promedio de 17.72 t/ha para una producción de 41,722.05 toneladas. El almidón de camote posee de un 15-25% de amilosa y el resto de amilopectina (Vargas & Villalobos, 2013). Su producción y porcentaje de amilosa hacen al camote un candidato fuerte para la modificación de su almidón ya que las propiedades de gelatinización son dadas por su composición (amilosa y amilopectina).

### Almidón

El almidón es utilizado como reserva energética en el reino vegetal y se encuentra en pequeños gránulos, lo cual por su estructura compacta le permite almacenar mucha glucosa en una reducida partícula. El almidón está compuesto estructuralmente por dos polisacáridos: la amilosa y la amilopectina. La amilosa es un polímero lineal de unidades de glucosa unidas por enlaces glucosídicos  $\alpha$  (1,4), está conformado por largas cadenas lineales con 200 – 300 unidades y pesos moleculares de hasta un millón de dáltones.

La amilopectina suele diferenciarse de la amilosa por su estructura, que es similar a la de un árbol, estructuralmente está compuesta de glucosa unida con enlaces  $\alpha$  (1-4) con 4.2 a 5.9 % de enlaces  $\alpha$  (1-6) en las ramificaciones localizadas cada 15-25 unidades lineales de glucosa, su peso molecular es muy alto y depende de las fracciones, algunas llegan hasta los 200 millones de daltones, el doble en comparación a la amilosa. Los almidones contienen comúnmente un 25% de amilosa y un 75% de amilopectina (Gil, 2010; Fraser-Reid *et al.*, 2008).

### Almidón de camote

Es obtenido de la raíz (*Ipomoea batatas*) actualmente es uno de los cultivos más importantes en Asia y África por su fuente calórica. En Japón es el segundo cultivo más importante y su producción es destinada principalmente para la obtención y el uso del almidón a nivel industrial.

### Almidón modificado

El almidón es utilizado como materia prima para modificar la textura y consistencia de los alimentos por sus propiedades estabilizante, espesante y gelificante, estos factores se ven influenciados por el contenido de amilosa y amilopectina los cuales son dependientes del tipo de especie y de la organización molecular de los gránulos (Bello, 2002). Los gránulos de almidón son insolubles en agua debido a su estructura altamente organizada, por lo que para poder emplearse en la industria alimenticia deben ser sometidos a algún tratamiento previo. Los gránulos poseen una estructura micelar cristalina y la amilopectina se asocia mediante enlaces de hidrógeno con las cadenas lineales de amilosa, por lo que hace al gránulo de almidón insoluble en agua fría.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar las propiedades tecno-funcionales del almidón de camote (*Ipomoea batata*) para determinar las aplicaciones que puede tener como aditivo en alimentos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Método para la extracción de almidón

Para la extracción del almidón se utilizó camote el cual se lavó, descascarilló y posteriormente se cortó en cubos, para después mezclar con tres volúmenes de agua destilada y se vertió en una licuadora (Osterizer, Mexico®) por 5 min a máxima velocidad, a continuación la suspensión se centrifugó a 1500 rpm/ 5 min y después se decantó, el residuo sobrante se volvió a licuar con dos volúmenes de agua y posteriormente se dejó reposar 60 min y se decantó, el sedimento se volvió a licuar durante un minuto a máxima velocidad para después dejar reposar 60 min. Posteriormente el sedimento se filtró a través de un tamiz (Manitox, Mexico®) de 105  $\mu\text{m}$  de apertura de malla. Los sólidos remanentes fueron eliminados y el filtrado se lavó hasta que el agua del lavado fue translúcida, lo cual indicó que el almidón fue extraído. Posteriormente la fracción en donde estuvo contenido el almidón se secó en una estufa (Riossa Digital, México®) a 40°C por 24h y después fue almacenada en contenedores de color ámbar (Ganga & Corke, 1999).

### Capacidad gelificante

Se prepararon soluciones de acuerdo a lo citado por (Siddiq *et al.*, 2010) a diferentes concentraciones 2%, 4%, 6%, 8%, 10%, 12%, 14% y 16% (%m/v), por triplicado en 5ml de agua destilada. Se calentaron por 1 hora en baño de agua a 100°C, inmediatamente se enfriaron a flujo de agua potable y se almacenarán a 6 °C por 2 horas, al finalizar se invirtieron los tubos de prueba, se observaron y registraron los resultados.

Interpretación de resultados:

- + : La muestra no se desliza por la pared del tubo o no se cae (Gelificación completa).
- : La muestra cae o se desliza por las paredes del tubo (No hay gelificación).
- ± : Si cae una gota o irregular.

### Capacidad emulsionante

En un tubo y por triplicado se colocaron 1g de almidón con 20 ml de agua destilada y se agitó 5 segundos en vortex, posteriormente se ajustó a pH 7 con HCl 0.1 N o NaOH 0.1 N. Posteriormente se agregó agua destilada hasta obtener un volumen total de 25 ml y se adicionaron 25ml de aceite de maíz, después se agitó 3 min en el homogenizador de alto corte Omni GLH-01 y se centrifugó a 1,300 gravedades por 5min, al finalizar se midió el volumen de la capa emulsionada respecto al total del líquido, el resultado se expresó en porcentaje (Yasumatsu *et al.*, 1972).

### Claridad del gel

La prueba se realizó de acuerdo la metodología de (Hazarika & Sit, 2016). Se preparó una solución de almidón al 1 % (p/v), posteriormente se llevó a ebullición durante 3 minutos, finalmente se enfrió y se leyó la transmitancia de las muestras a 650 nm (GENESYS 10S UV-VIS Thermoscientific) empleando agua destilada como blanco. Las determinaciones se realizaron por triplicado y los resultados se reportaron en porcentaje.

### Determinación de la estabilidad al congelamiento-descongelamiento.

Se realizó mediante el método de (Bello *et al.*, 2002). Se gelificó una suspensión de almidón en agua al 5% y se introdujo en un congelador por 18 horas a -20°C.

Posteriormente se descongeló a temperatura ambiente durante 6 horas, se centrifugo a 3000 rpm durante 10 minutos (HERME Labnet Z326). Finalmente se midió la cantidad de agua separada.

$$\% \text{ sinéresis} = \text{peso de agua} / \text{peso de gel} \times 100 \quad \text{Ec. (1)}$$

### Determinación del porcentaje de amilosa y amilopectina

El análisis se realizó de acuerdo al citado por (Galicia, 2012). Se tomaron 25 mg de almidón y se colocaron en un matraz de aforación de 25 mL, posteriormente 0.25 mL de etanol al 95% y 2.25 mL de NaOH 1M, se dejaron reposar de 20-24 horas, luego se aforó con agua destilada, posteriormente se tomaron 3.5 mL de esta solución y se colocaron en un matraz de aforación de 10 ml, junto con 1 mL de ácido acético 1M y 0.2 mL de solución lugol al 2% y se aforó. Finalmente se leyeron las muestras en el espectrofotómetro GENESYS 10S UV-VIS Thermoscientific a 620 nm, utilizando agua como blanco. Se realizó una curva estándar de 10-35% de amilosa.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Capacidad gelificante

Los resultados de la prueba de capacidad gelificante se muestran en la **Tabla I**, se observa que de un 2 a 8% hay una gelificación parcial y del 10 al 16% hay una gelificación completa. Cuando se someten a calentamiento los gránulos de almidón en presencia de agua, sufren una transición de orden-desorden, llamado gelatinización (Jacobs & Delcour, 1998; O'Brien & Wang, 2008). A medida que aumenta la temperatura, hay una mayor difusión de agua dentro del gránulo, se produce una hidratación progresiva y la amilosa que se comporta como un disolvente de la amilopectina comienza a lixiviar. Al llevarse a cabo el proceso de gelatinización hay una pérdida de la birrefringencia y la cristalinidad, por la disociación de las dobles hélices formadas por la amilopectina y la amilosa (Martín & López, 2009).

**Tabla I.** Capacidad gelificante del almidón de camote.

Concentración	Capacidad gelificante
2%	±
4%	±
6%	±
8%	±
10%	+
12%	+
14%	+
16%	+

No hay gelificación (-), gelificación completa (+), o gelificación parcial (±)

### Capacidad emulsionante

Se evaluó la capacidad emulsionante del almidón de camote como se observa en la **Tabla II**, obteniéndose un 35.56%, por lo que puede ser usado para la elaboración de aderezos, la US Food and Drug Administration establece que los aderezos deben contener al menos un 30% de aceite vegetal (USFDA, 2012).

**Tabla II.** Capacidad emulsionante de almidón de camote.

Repetición	% de aceite
1	34.62
2	36.16
3	35.90
<b>Promedio</b>	<b>35.56±0.82</b>

### Claridad del gel

La transmitancia de luz del almidón gelatinizado puede usarse para indicar la claridad del gel de almidón que varía considerablemente con la fuente de almidón (Thitipraphunkul *et al.*, 2003). Novelo y (Betancurt, 2005) mencionan que los almidones que presentan menor cantidad de amilosa son fácilmente dispersados, por lo que se incrementa su claridad, al igual que los que presentan mayor poder de hinchamiento. La transparencia u opacidad presentada por las pastas de almidón influyen directamente sobre las características de brillantez y opacidad del color de los productos en los que se empleen como espesantes (Betancur *et al.*, 2001). En el trabajo de (Hernández, 2008), el gel de almidón de camote presentó una claridad de gel de 24.6 %, y menciona que almidones que presentan valores elevados de transmitancia, tales como el de yuca (51.8 %) podría ser utilizado en alimentos como mermeladas, gelatinas, y en confitería para la elaboración de gomitas, etc. Mientras que los más opacos, como los de makal (10.9%) y sagú (13.6%), pueden ser utilizados en alimentos poco transparentes, como las mayonesas, los productos cárnicos, las bebidas concentradas tipo néctar o los productos de panificación (Hernández, 2008).

De acuerdo con (Aristizábal *et al.*, 2007), los geles de almidones que tengan valores de transmitancia menores 40% se consideran como opacos o turbios y geles de almidones que tengan valores de transmitancia mayores de 40% se consideran como claros o transparentes. En esta investigación, como se puede observar en la **Tabla III**, se obtuvo un valor de claridad de gel del 19.65 %, que muestra características de poca fuerza asociativa lo que indica una mayor cantidad de amilosa, por lo que la pasta que puede formar es la indicada para el desarrollo de productos como los aderezos.

**Tabla III.** Resultados de la medición de transmitancia (%) a 650nm del almidón de camote.

Repetición	Transmitancia (%)
1	21.04
2	19.36
3	18.58
<b>Promedio</b>	<b>19.66 ± 0.7</b>

### Determinación de la estabilidad al congelamiento-descongelamiento.

La evaluación de la estabilidad a la refrigeración y congelación consiste en verificar la expulsión del agua (sinéresis) contenida en los geles como consecuencia de la reorganización de las moléculas del almidón. De acuerdo con (Corzo, 2018), cuando un gel es sometido a un congelamiento y descongelamiento ocurre un incremento en la asociación entre las moléculas de las cadenas de almidón, específicamente la retrogradación de la amilosa en principio generando una expulsión de agua de la estructura del gel.

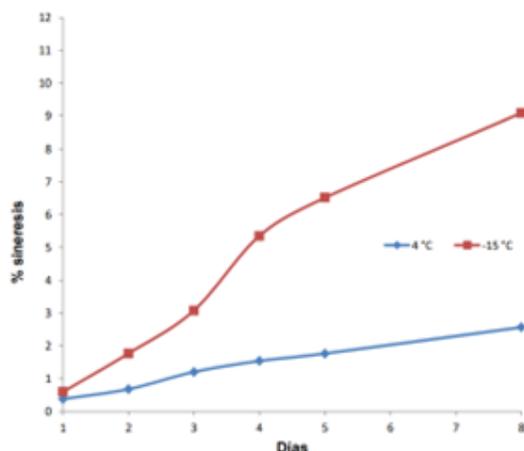


Figura 1. Cinética del % de sinéresis de geles de almidón a 4 y -15°C

Cuando los almidones se someten a sucesivos ciclos de congelación, su estructura se ve afectada, ya que hay una redistribución y dilución de las pastas de almidón por el crecimiento y disolución de los cristales de hielo. Como se muestra en la **Figura 1**, se puede notar como a temperatura de congelación (-15°C) el valor de sinéresis incrementa de manera significativa durante los 8 días a comparación con el gel a temperatura de refrigeración (4°C) con una sinéresis de valor máximo de 10 y 3% respectivamente. Durante la congelación (Abegunde *et al.*, 2013), encontraron que la separación de fases incrementaba con un aumento en el número de ciclos de congelación y descongelación debido a un aumento en la retrogradación de la

amilosa. Cuando se agregan ciclos de descongelación, las cadenas ramificadas de almidón también pueden sufrir efectos de retrogradación. La sinéresis sin un tratamiento de congelación y descongelación (almacenada a 4° C) muestra principalmente la tendencia a basarse en la cantidad de amilosa para retrogradar. Esto coincide con los resultados de (Hernández *et al.*, 2008), quien realizó pruebas de sinéresis en diferentes almidones de diferentes fuentes, encontrando que el almidón de yuca fue el que produjo menor sinéresis tanto en temperatura de refrigeración como en congelación, con el porcentaje de amilosa más bajo de todos los almidones. Con base en lo anterior es posible explicar porque el gel de almidón libera más agua a temperatura de congelación a comparación de la temperatura de refrigeración.

### Determinación del porcentaje de amilosa y amilopectina

El contenido de amilosa de las muestras de camote fue de 27.14 % obtenido de una curva estándar de amilosa. En la investigación de (Moorthy, 2002), quien al comparar el contenido de amilosa en seis variedades de camote procedente de Filipinas encontró un rango de 20-25% esto es muy poca variación entre los diferentes cultivares estudiados. Demostraron que no existe ningún efecto de la fertilización sobre el contenido de amilosa. También confirmaron que no hubo cambios en el contenido de amilosa de dos variedades de batata durante el período de crecimiento. De igual manera en el trabajo de (Chen, 2003), analizaron 3 variedades de camote proveniente de China, y no mostraron diferencia en el contenido de amilosa (20-23%) aunque se informó anteriormente que el contenido de amilosa puede variar del 8.5 al 37.4% para almidones de diferentes variedades de batata (Oduro *et al.*, 2000; Iheagwara, 2013). Himeda *et al.*, (2012) encontraron una disminución de 35.9 % a 27.6 % en el contenido de amilosa en almidones con 6 y 10 meses de maduración; lo anterior concuerda con algunos autores que atribuyen la variación en el contenido de amilosa de almidones provenientes del mismo tubérculo a factores como la especie analizada, la edad del cultivo, el clima y las condiciones de crecimiento (Vargas & Hernández, 2013). Elliason (2004) encontró un contenido de amilosa de 15% a 25%, un rango similar al reportado por (Tecson, 2007), de 12.90% a 29.70%. (Osundahunsi *et al.*, 2003), hizo un estudio con

dos especies de camote (blanco y rojo) procedentes de Nigeria, y reportaron un rango mayor a 32% para ambas. Este autor menciona que las diferencias entre estos resultados pueden deberse a que las condiciones de crecimiento (siembra) de la raíz pueden afectar las propiedades físicas de los almidones; y que, por ejemplo, si la temperatura del suelo aumenta, la temperatura de gelatinización y el tamaño promedio del gránulo pueden variar (Elliason, 2004). Con la información analizada se puede concluir que la diferencias entre las cantidades de amilosa entre estas investigaciones, se deben principalmente al clima de cultivo y las condiciones de crecimiento y en menor medida, pero no menos influyente, la etapa de maduración y las diferentes variedades del mismo tubérculo.

Por otra parte, los resultados obtenidos en este estudio fueron superiores a los de la yuca, makal y sagú, que varían entre (17% a 23.6 %) mientras que fue muy parecido al contenido de amilosa del maíz con 28.3 % (Hernández, 2008). Puede inferirse que estas diferencias encontradas en el contenido de amilosa se deben a la fuente biológica de donde provienen los almidones. El contenido de amilosa es muy importante para la industria alimentaria ya que de ella dependerán varios factores fisicoquímicos. El almidón tiene regiones amorfas las cuales son ricas en amilosa y ésta tiene como característica estructura desordenada, mientras que la región cristalina es una región organizada donde domina la amilopectina en su estructura, hay que mencionar que en el proceso de gelatinización el agua es absorbida en las zonas intermicelares amorfas que son menos organizadas y las más accesibles, por lo tanto un almidón con más regiones amorfas (amilosa) tendría una menor temperatura de gelatinización y de igual manera al tener menos amilosa se reducirá el fenómeno de sinéresis, se puede mencionar que el almidón de maíz el cual es de los más utilizados en la industria alimentaria tiene un contenido similar al del almidón de camote, por lo que se recomienda para su utilización en el desarrollo de productos alimenticios.

### CONCLUSIÓN

De acuerdo con la capacidad emulsionante que presentó el almidón de camote de 35.56% y claridad de gel de 19.65 %, además del contenido de amilosa de 27.14 % y la estabilidad al congelamiento-descongelamiento, en la cual presentó una baja sinéresis. Todas las propiedades tecno-funcionales analizadas en esta investigación son adecuadas para emplearlo como aditivo en alimentos y así tener una nueva opción en este tipo de aditivos.

### BIBLIOGRAFÍA

- Abegunde, O. K., Mu, T. H., Chen, J. W., & Deng, F. M. (2013). Physicochemical characterization of sweet potato starches popularly used in Chinese starch industry. *Food Hydrocolloids*, 33(2), 169-177.
- Aristizábal, J., Sánchez, T., & Lorío, D. M. (2007). Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Chen, Z., Schols, H. A., & Voragen, A. G. J. (2003). Physicochemical properties of starches obtained from three varieties of Chinese sweet potatoes. *Journal of Food Science*, 68(2), 431-437
- Corzo Riaño, D. L. (2018). Evaluación de las características del almidón de quinua (*chenopodium quinoa willd*) de dos variedades de Cundinamarca como una posible alternativa tecnológica en la industria de alimentos.
- Bello P. (2002). Propiedades químicas y funcionales del almidón modificado de plátano *Musa paradisiaca* L. (Var. Macho). *Agrociencia: México* 32 (2) 169- 180.
- Betancur, D. et al., Physicochemical and functional characterization of baby lima bean (*Phaseolus lunatus*) starch. *Starch/Stärke*, v. 53, n. 5, p. 219-226, 2001.

- Elliason, A. C. (2004). *Starch in Food. Structure, Function and Application*. Cambridge, UK: Woodhead Publishing Limited.
- Fraser-Reid B. O., Tatsuta, K. & Thiem, J. (2008). Glycoscience: Chemistry and Chemical Biology. In: Robyt, J. F. (editor), *Starch: Structure, Properties, Chemistry, and Enzymology*. 2nd ed., Berlin: Springer, 1437-1472.
- Galicia, L., Miranda, A., Gutiérrez, M. G., Custodio, O., Rosales, A., Ruíz, N., & Palacios, N. (2012). Laboratorio de calidad nutricional de maíz y análisis de tejido vegetal: protocolos de laboratorio 2012. CIMMYT.
- Ganga Z.N., Corke H. 1999. Physical properties of starch of Asian-adapted potato varieties. *Journal of Science Food Agriculture*, 79: 1642-1646.
- Gil AH. (2010). *Tratado de nutrición: Tomo II Composición y calidad nutritiva de los alimentos*. Ediciones MedicaPanamericana: España.
- Hazarika, B. J., y Sit, N. (2016). Effect of dual modification with hydroxypropylation and cross-linking on physicochemical properties of taro starch. *Carbohydrate Polymers*, 140, 269-278.
- Hernández M, Torruco J, Chel L, & Betancur D. (2008). Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. *Ciencia e Tecnología de Alimentos*, 28(3), 718-726.
- Himeda, M., Njintang, N., Nguimbou, R., Gaiani, C., Scher, J., Facho, B. & Mbofung, C. (2012). Physicochemical, rheological and thermal properties of taro (*Colocassia esculenta*) starch harvested at different maturity stages. *International Journal of Biosciences (IJB)*, 2(3), 14-27
- Iheagwara, M. C. (2013). Isolation, modification and characterization of sweet potato (*Ipomoea batatas* L (Lam)) starch. *Journal of Food Processing and Technology*, 4(1), 1-6
- Jacobs, H. Delcour, J. (1998). Hydrothermal modification of granular starch with retention of the granular structure: A Review *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 46, 2895-2905.
- Martín, J. C., & López, E. (2009). Modificación física del almidón de yuca y evaluación de la susceptibilidad a la hidrólisis enzimática por una alfa amilasa. *Revista colombiana de Química*, 38(3), 395-408.
- Moorthy, S. N. (2002). Physicochemical and functional properties of tropical tuber starches: a review. *Starch-Stärke*, 54(12), 559-592.
- Novelo, C. L.; Betancur, A. D. Chemical and functional properties of *Phaseolus lunatus* and *Manihot esculenta* starch blends. *Starch/Stärke*, 57 (9), 431-441, 2005.
- Osundahunsi, F.O., Fagbemi, N.T., Kesselman, E., Shimoni, E. (2003). Comparison of the physicochemical properties and pasting characteristics of flour and starch from red and white sweet potato cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51, 2232-2236.
- Oduro, I., Ellis, W. O., Aryeetey, S. K., Ahenkora, K., & Otoo, J. A. (2000). Pasting characteristics of starch from new varieties of sweet potato. *Tropical science*, 40(1), 25-28.
- O'Brien S, Wang Y. (2008). Susceptibility of annealed starches to hydrolysis by amylase and glucoamylase. *Carbohydrate Polymers*, 72, 597-607
- Siddiq M, Ravi R, Harte J.B., Dolan K.D. (2010). Physical and functional characteristics of selected dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Food Science and Technology* 43, 232-237.
- Tecson-Mendoza, E. M. (2007). Development of functional foods in the Philippines. *Food science and technology research*, 13(3), 179-186.
- Thitipraphunkul, K., Uttapap, D., Piyachomkwan, K., Takeda, Y., 2003. A comparative study of edible canna (*Canna edulis*) starch from different cultivars. Part I. Chemical composition and physicochemical properties. *Carbohydrate Polymers*. 53, 317-324.
- USFDA. 2012. U.S Food and Drug Administration Code of Federal Regulations, Title 21, Part 169. Food Dressings and Flavorings. U.S. Government Printing Office, Washington, DC. Available at: [http://ecfr.gpoaccess.gov/cgi/t/text/text-idx?c=ecfr&tpl=/ecfrbrowse/Title21/21cfr169\\_main\\_02.tpl](http://ecfr.gpoaccess.gov/cgi/t/text/text-idx?c=ecfr&tpl=/ecfrbrowse/Title21/21cfr169_main_02.tpl).

- Vargas, P., & Hernández, D. (2013). Harinas y almidones de yuca, ñame, camote y ñampí: propiedades funcionales y posibles aplicaciones en la industria alimentaria. *Revista Tecnología en Marcha*, 26(1), 37.
- Yasumatsu, K., Sawada, K., Moritaka, S., Mikasi, M., Toda, T., Tshi, K. (1972). Whipping and emulsifying properties of soybean products. *Agricultural Biochemistry*, 36,719- 727