

**INFLUENCIA DE LA RELACIÓN AMILOSA/AMILOPECTINA EN LA RESISTENCIA DE LOS ADHESIVOS ELABORADOS A PARTIR DE ALMIDONES NATIVOS DE YUCA Y ÑAME**

*Influence of relationship amylose/amylopectin resistance of adhesives made from native starches yucca and yams*

Guevara Lastre, Cesar Augusto<sup>1</sup>, Robles Marín, Vlaxmir<sup>2</sup> León Rocha, Luis Fernando<sup>3</sup> Pupo Jaramillo, Nestor Alberto<sup>4</sup>

---

Recibido: 03 de Noviembre de 2016  
Aceptado: 03 de Diciembre de 2016

---

### Resumen

El almidón es una fuente de energía, que se encuentra almacena en tubérculos, semillas, tallos y en algunas frutas. Es utilizado en varios campos como: alimentario, industrial, papeler, protección y conservación de archivos. Por su versatilidad es usado como pegamento en la industria alimentaria. Sin embargo, debido a la diversidad de su origen, se presentan una gran variedad de almidones, cuyas propiedades varían. En este estudio se evaluó la influencia del contenido de amilosa-amilopectina en la resistencia adhesiva de dos pegamentos elaborados a partir de féculas de yuca y ñame. Se encontró que los adherentes a base yuca tienen mayores resistencia en comparación con los de ñame. Dicha resistencia se asocia al contenido de amilopectina puesto que el contenido de esta en almidones de yuca es entre 79 al 83%, lo cual permite que se formen geles más estables y con mayor elasticidad.

**Palabras clave:** Adhesivo, almidón, amilosa, almidón, amilopectina, resistencia.

---

<sup>1</sup> Docente Instituto Universitario de la Paz. Grupo GREIP. Ingeniero Químico.

<sup>2</sup> Docente Instituto Universitario de la Paz. Grupo GREIP. Ingeniero Industrial y Economista. Especialista en educación matemática y estadística.

<sup>3</sup> Estudiante de la tecnología en Procesos Químicos Industriales. Auxiliar en la investigación

<sup>4</sup> Estudiante de la tecnología en Procesos Químicos Industriales. Auxiliar en la investigación.

## Abstract

Starch is a source of energy, which is stored in tubers, seeds, stems and some fruits. It is used in various fields such as food, industrial, paper, adhesives, protection and archiving. Because it has great versatility it is used as glue in the food industry. However, because of the great variety of starches, not all have the same properties and it is because in this study the influence of the amylose-amylopectin content on the adhesive resistance of two adhesives made from cassava and yam starches was evaluated. It was found that cassava-based adherents have greater resistance compared to yams, and such resistance is associated with amylopectin content, because the content of cassava starches is about 79 to 83%, which allows more stable and more elastic gels are formed.

**Key words:** Adhesive, starch, strength, amylose, amylopectin.

## Introducción

El almidón es el polímero natural de mayor importancia y la que mayor fuente de energía presenta almacenada en algunas plantas, que generalmente se encuentra en las semillas de cereales, en tubérculos, en semillas leguminosas y frutas (Aristizabal & Sanchez, 2007). El almidón por encontrarse almacenado en varias plantas, se puede utilizar como materia prima en varios campos de aplicación como: alimentos, textil, pegamentos, películas protectoras para la conservación de archivos, producción de bioplásticos y muchas otras (Zhao y Whistler, 1994). Para la industria alimentaria es un ingrediente de gran importancia ya que es utilizado como espesante, estabilizante y gelificante (Faostat, 2001). Además es materia prima para la elaboración de jarabes de glucosa (Salcedo, Montes, & Pajaro, 2009), (Berghofer & Sarhaddar, 1988), (Sánchez & Ariel, 2005) y en la producción de biocombustibles como etanol. (Monsalve, Medina, & Ruiz, 2006).

La estructura del almidón ésta constituida por dos polisacáridos que son la amilosa y amilopectina, los cuales son químicamente diferentes, porque el primero es un polímero lineal conformado por enlaces de glucosa unidas por enlaces  $\alpha$  (1-4) (Knutzon & Grove, 1994) y el segundo es un polímero ramificado de glucosa, que al igual que la amilosa presenta enlaces  $\alpha$  (1-4) (Guan & Hanna, 2004).

Sin embargo, no todos los almidones presentan igual una relación amilosa/ amilopectina, porque principalmente varía según la fuente de almidón, clima, edad y sitio de cultivo (Onitilo, Sanni, Oyewole, & Maziya-Dixon, 2007), (Vargas & Hernández, 2013).

Esta diferencia en el contenido de amilosa/amilopectina le permite a los almidones tener variaciones en características como: viscosidad, gelatinización, textura,

solubilidad, poder de hinchamiento, índice de absorción de agua, estabilidad del gel y retrogradación (Vargas & Hernández, 2013)

Ya que los almidones presentan diferentes propiedades, éstas se han usado para diferentes fines, dependiendo de la finalidad de las féculas, a estas se les realizar diferentes tratamientos, a través de medios físicos, químico, enzimáticos y genéticos para el aprovechamiento y mejoramiento de sus propiedades funcionales (Vargas & Hernández, 2013).

Uno de estos usos es la elaboración de adhesivos (Salcedo, Hernandez, Vergara, & Fernandez, 2008), los cuales pueden ser usados en el etiquetado, sellado y embalaje de recipientes para el almacenamiento de alimentos, ya que estos presentan baja toxicidad.

El uso del almidón para la producción de adhesivos, se debe a que este se utiliza como materia prima para la elaborar dextrinas, que es el componente principal para obtener pegantes (Cook, 1989)

Unas de las materias primas para la elaboración de adhesivos es la yuca, ya que esta contiene gran cantidad de almidón (Aristizabal & Sánchez, 2007), el cual puede ser utilizado para la elaboración de pegantes, así mismo también se puede usar el ñame, ya que es otro tubérculo que contiene gran cantidad de almidón (Rincón, Araujo, Carrillo, & Martín, 2000).

Como es posible la elaboración de adhesivos de estas fuentes, pero no se conoce cuál tendrá mayor resistencia, es por ello que se evaluara la resistencia de los pegantes elaborados a partir de los almidones nativos de yuca y ñame.

## **Materiales y métodos**

La metodología utilizada se realizó en tres etapas: proceso de extracción del almidón, síntesis del adhesivo y pruebas de resistencia.

### **Extracción del almidón**

Para la fécula de yuca se tomaron 80 libras provenientes de San Martín de Loba (Bolívar) y para el almidón de ñame se tomaron 50 Lb adquiridas en Sincelejo (Sucre). En la primera etapa se tomaron las raíces y se lavaron con abundante agua para extraerle la tierra que tenían adherida a la superficie, posteriormente se retiró la cáscara. En la segunda etapa se realiza el rallado utilizando un rallador metálico artesanal, en la tercera fase se realizó el colado utilizando una tela como filtro para separar la fibra y el agua que contiene el almidón disuelto.

En la fase de sedimentación se deja en reposo la solución de agua-almidón por 19 horas para cada una de las pruebas, para luego separar la mezcla, por último se tiene la etapa de secado el cual se realizó al sol durante un lapso de tiempo de tres días. Después de haber realizado el procedimiento se obtuvieron 10 libras de almidón de almidón de yuca y 4 libras de fécula de ñame.

### **Síntesis de los adhesivos.**

La síntesis de los adhesivos se realizó agregando diferentes cantidades de almidones, tomadas de la siguiente manera 10 g, 20 g, 30 g y 40 g. Después se prepararon las soluciones de 10 %w/w, 20 %w/w, 30 %w/w y 40 %w/w, luego se adicionaron los agentes conservantes y plastificantes (Urea, bórax, formaldehído y aceite de ricino).

Después de tener las soluciones preparadas, se siguió el procedimiento establecido por Salcedo, Hernández & Vergara, descrito a continuación: Las soluciones (10, 20, 30 y 40%) y las soluciones de hidróxido de potación (KOH) (0, 0.5, 1.5 y 1.5 M) fueron puestas en un reactor, donde se prepararon adhesivos con un 10% de almidón pero con las diferentes concentraciones de KOH establecidas, y así mismo se hicieron para los demás porcentajes de almidones ver tabla 1.

Luego se dejaron las soluciones del adhesivo, por un tiempo de 16 min, (tiempo óptimo de preparación de almidón) a temperaturas de más o menos  $\pm 5$  °C por debajo de la temperatura de gelatinización de los almidones de yuca y ñame, estas pruebas se realizaron por triplicado.

### **Pruebas de resistencia**

El método que se estableció para poder desarrollar las pruebas de resistencia se describirá a continuación:

Las pruebas para la determinación de resistencia de cada adhesivo, se llevaron a cabo utilizando probetas de triple de 5 cm de ancho x 5 cm de largo, a las cuales se le realizaron unas perforaciones en el centro para sujetarlas con una cuerda.

En cada tabla se aplicó una capa de pegamento delgada y se unieron las dos para luego dejarla secar por 24 horas para cada prueba, se tuvo la necesidad de hacer un contrapeso, para garantizar el pegado correcto.

Una vez secado el pegamento en las probetas, se procedió a hacer las pruebas de resistencia, para la cual se utilizó una estructura metálica de 1,10 metros de alto por 50 cm de ancho; en la cual se sujetó cada tabla con una guaya al dinamómetro de

50 kg y el otro extremo a la base del armazón metálico, y se le aplica un contrapeso hasta que haya el desprendimiento de las probetas, el ángulo de tensión aplicado fue de 90°.

### Diseño experimental

El diseño de experimentos se realizó la evaluación de dos factores; porcentaje de almidón y concentración molar de KOH, cada una de ellas con cuatro niveles. Para el primero fueron 10, 20, 30 y 40% de almidón, tanto para yuca y ñame, para el segundo se tomaron las siguientes concentraciones molares 0.5, 1, 1.5 Molar y se preparó una muestra con 0.0 M de KOH que actuó como muestra de control. Por último para la variable de respuesta se tomó la fuerza de cohesión.

### Resultados

Después de haber realizado las pruebas de resistencia con cada uno de los adhesivos obtenidos a partir de los almidones de yuca y ñame, se obtuvieron los siguientes resultados, en la tabla 1 y 2 se pueden ver las resistencias obtenidas para los adhesivos a base de almidón de yuca y ñame respectivamente.

**Tabla 1.** Resistencia para cada uno de los adhesivos obtenidos a partir de yuca

% Almidón	Y1	Y2	Y3	Y4
	F. Ad1 (N)	F. Ad2 (N)	F. Ad3 (N)	F. Ad4 (N)
10	117,72	146,96	175,53	295,3
	119,62	147,15	176,96	295,25
	118,1	146,77	176,58	296,2
20	186,58	176,58	224,53	256,77
	186,2	177,72	225,63	255,06
	187,72	177,15	226,77	255,06
30	126,77	127,53	147,15	198,1
	127,53	127,53	148,34	198,1
	127,53	126,34	147,15	199,67
40	78,48	88,1	117,72	137,34
	78,48	88,29	117,72	134,53
	78,86	88,29	118,1	137,34

**Nota:** Y1; Y2; Y3 e Y4 indican la concentración de hidróxido de potasio a 0 M, 0,5 M, 1 M y 1,5 M respectivamente. F.Ad1; F.Ad2; F.Ad3 y F.Ad4 indican la resistencia.

En la tabla 1 se observan que a la resistencia tiene dos comportamientos para cada uno de los factores, para el porcentaje de almidón es inversamente proporcional y para la concentración de KOH es directamente proporcional.

**Tabla 2.** Resistencia para cada uno de los adhesivos obtenidos a partir de almidón de ñame.

% Almidón	Ñ1	Ñ2	Ñ3	Ñ4
	F. Ad1	F. Ad2	F. Ad3	F. Ad4
10	-	4,91	-	2,943
	-	-	-	2,943
	-	-	-	3,924
20	-	-	-	0,981
	-	-	-	0,981
	-	-	-	0,81
30	2,943	4,905	4,715	3,924
	2,943	4,905	0,981	2,943
	2,943	8,829	0,981	2,943
40	5,886	8,829	5,886	5,886
	6,867	7,848	3,924	5,886
	5,886	0,981	3,924	4,905

En la tabla 2 se observa que 10 y 20% de almidón de ñame y a concentraciones de 0, 0.5 y 1 M, no se registran la mayoría de los valores correspondiente a la resistencia del adhesivo, esto ocurrió, porque al momento de hacer la pruebas las probetas ya se encontraban despegadas. Sin embargo, el comportamiento que presenta la fuerza de adhesividad con relación a los factores es el siguiente: es directamente proporcional al porcentaje de almidón y para la concentración molar de KOH presenta un comportamiento fluctuante.

### Análisis Estadístico

Los análisis estadísticos se realizaron con la herramienta STATGRAPHICS Centurion XVI (Versión Demo), donde se tomaron los valores de la resistencia de los almidones de yuca solamente, porque los resultados obtenidos con las féculas de ñame se consideraron que no son suficientes para realizar dicho análisis, como instrumento de contraste se tomó la el análisis de la Varianza (ANOVA)

A continuación se muestran los resultados.

**Tabla 3.** Análisis de Varianza para Fuerza adhesividad

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:Porcentaje Almidón	75450,7	3	25150,2	41230,76	0,0000
B:Concentración KOH	65692,9	3	21897,6	35898,48	0,0000
INTERACCIONES					
AB	17249,9	9	1916,66	3142,13	0,0000

RESIDUOS	19,5196	32	0,609988		
TOTAL (CORREGIDO)	158413,	47			

En la tabla 3 se muestra el análisis de varianza (ANOVA) para la fuerza de adhesividad, donde se evidencia que el porcentaje de almidón estadísticamente tiene un efecto significativo en la fuerza de adhesión, porque el valor P es menor a 0,05 e igualmente la concentración de KOH posee el mismo comportamiento.

Y para las interacciones entre los factores (% de almidón y concentración de KOH) sobre la variable respuesta (Fuerza de adhesividad) el valor P es menor a 0,05, por lo tanto estadísticamente tienen un efecto significativo sobre la fuerza de adhesión. Generándose así el rechazo de la hipótesis nula teniendo en cuenta que los análisis individuales y de interacción los valores P para cada uno de ellos son menores a 0,05.

**Tabla 4.** Resultados prueba de Tukey para % de almidón

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
10 - 20	*	-26,9692	0,864015
10 - 30	*	34,2	0,864015
10 - 40	*	79,0742	0,864015
20 - 30	*	61,1692	0,864015
20 - 40	*	106,043	0,864015
30 - 40	*	44,8742	0,864015

\* indica una diferencia significativa.

En la tabla 4 muestra el análisis comparativo entre las medias para cada uno de los % de almidón. El asterisco que se encuentra al lado de los 6 pares indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95,0% de confianza.

**Tabla 5.** Resultados prueba de Tukey para la concentración de KOH.

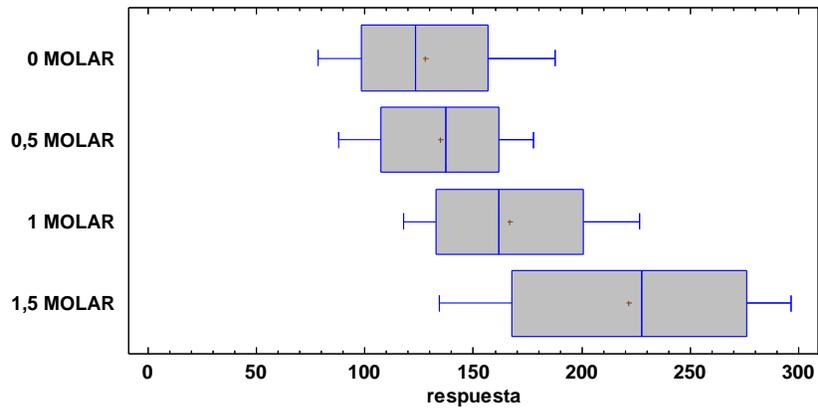
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 0,5	*	-7,06833	0,864015
0 - 1	*	-39,0492	0,864015
0 - 1,5	*	-93,7608	0,864015
0,5 - 1	*	-31,9808	0,864015
0,5 - 1,5	*	-86,6925	0,864015
1 - 1,5	*	-54,7117	0,864015

\* indica una diferencia significativa.

Fuente. STATGRAPHICS Centurion.

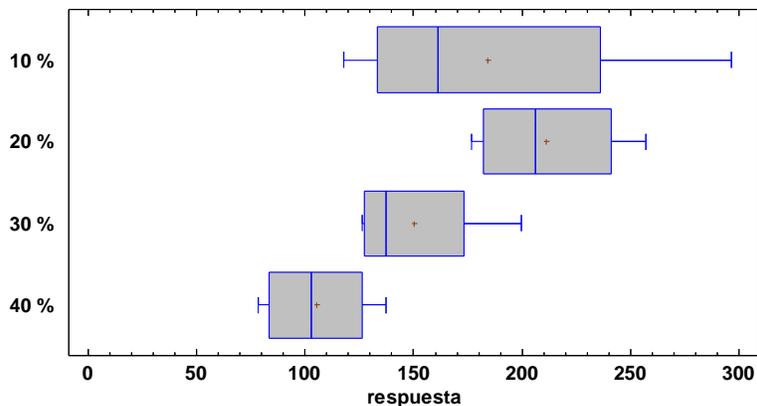
En la tabla 5 muestra el análisis comparativo entre las medias para cada una de las concentración de KOH como agente hidrolizante. El asterisco que se encuentra al

lado de los 6 pares indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95,0% de confianza.



**Figura 1.** Diagrama de caja y bigote Concentración molar Vs Respuesta

De acuerdo con la prueba Tukey se identifica la diferencia estadísticas entre las medias; y en particular, la media de los datos que son sometidas a 1,5 molar, además se vislumbra la diferencia estadística que la mayor respuesta en promedio en términos de fuerza de adhesividad es 1,5 molar con ese nivel de tratamiento.



**Figura 2.** Diagrama de caja y bigote % almidón Vs Respuesta

De acuerdo con la prueba Tukey se identifica la diferencia estadística entre las medias; y en particular, la media de los datos que son sometidas a 20% de almidón, además se vislumbra la diferencia estadística que la mayor respuesta en promedio en términos de fuerza de adhesividad es de 20% con este nivel de tratamiento.

Como se puede observar las mayores resistencias se presentan para los adhesivos obtenidos a base de almidón de yuca, esto se encuentra relacionado con la relación de amilosa/amilopectina, porque estos polisacáridos influyen sobre la propiedades físicas y funcionales de los almidones (Wang & White).

Ahora para conocer cual molécula se encuentra más relacionada con la resistencia de los almidones, se realizó la revisión bibliográfica donde se haya estudiado el contenido de amilosa y amilopectina en almidones de yuca y ñame, esta revisión en evidencia en la tabla 6.

**Tabla 6.** Estudios realizados por otros autores para la cuantificación de amilosa y amilopectina en almidones de yuca y ñame.

Artículo científico	Yuca		Ñame	
	Amilosa (%)	Amilopectina (%)	Amilosa (%)	Amilopectina (%)
<b>Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México</b>	17,0	83,0	_____	_____
<b>Propiedades funcionales del almidón de Sagu (Maranta andinacea)</b>	16,7	83,3	_____	_____
<b>Physicochemical and functional properties of sour starches from different cassava varieties</b>	20,01-20,47	79,53-79,99		
<b>Evaluation of the flour and starch from white and purple varieties of mapuey (Dioscorea trifida)</b>	_____	_____	34,72	65,28
<b>Caracterización de almidón nativa de Discorea Bulbifera L</b>	_____	_____	29,37	70,62
<b>Thermal, microstructural and textural characterization of gelatinized corn, cassava and yam starch blends</b>	_____	_____	28,50	71,50

Como se puede observar en la tabla 6 el contenido de amilopectina es mayor en los almidones de yuca que de ñame. Además, el contenido de amilosa y amilopectina para la yuca se encuentran entre 16-20% y 79-83%, respectivamente. Para los almidones de ñame los contenidos de amilosa y amilopectina oscilan entre 28-34% y 65-71% respectivamente.

Otras pruebas realizadas fueron el poder de hinchamiento e índice de absorción de agua (IAA), la técnica usada fue la establecida por Anderson *et al.*, 1969. A continuación se muestran los resultados obtenidos:

Los resultados obtenidos del índice de absorción de agua y poder hinchamiento para los almidones yuca y ñame se presentan en la tabla 8.

**Tabla 7.** Poder hinchamiento e índice de absorción de agua para almidones de yuca y ñame.

	Almidón de yuca	Almidón de ñame
PH	4,23	3,63
IAA	3,1	2,46

## Discusión

Para el almidón de ñame se los cuales se encuentran dentro de los rangos establecidos por la FAO (0,82 a 15,52 g gel/g muestra para índice de absorción de agua y 0,79 a 15,45 poder de hinchamiento). Sin embargos estos rangos son bastantes amplios y no se especifica la temperatura a la cual se estableció.

Por lo tanto los resultados obtenidos se compararon con los realizados por Hernández *et al.*, 2007, en el estudio que lleva como nombre Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. En dicho estudio se determinó el índice de absorción de agua y poder de hinchamiento para varias temperaturas y el método utilizado por este fue el de Anderson *et al.*, 1969. Es aquí donde se puede realizar una comparación para el IAA del almidón de yuca y se observa que el valor obtenido a 60 °C es de 3,1 g gel/g de muestra, valor muy similar al conseguido por Hernández, que es aproximadamente de 3 g gel/g de muestra.

Para los resultados del poder de hinchamiento se tiene que para Hernández *et al.*, fue de aproximadamente de 4 g gel/g muestra, y el obtenido en el presente estudio fue de 4,23. Valor muy cercano a los realizados por los investigadores mexicanos. Para el almidón de ñame el IAA y el PH fueron de 2,46 g gel/g y 3,63 a 60 °C, valores muy similar a los obtenidos por Bou *et al.*, 2006, en el estudio titulado Evaluación de harinas y almidones de mapuey (*Dioscorea trifida*), variedades blanco y morado, que es de aproximadamente de 2,76 g y 3,76 para el IAA y PH respectivamente para el ñame blanco.

Por otro lado, los estudios mostrados en la tabla 7 que cuantifican la relación amilosa/amilopectina, muestran que el contenido de amilopectina es mayor que en las féculas de yuca, lo cual implica que esta molécula es factor influyente en el poder de hinchamiento en los almidones (Cheng *et al.*, 1996 y Hoover, 2002) . Por otro lado, indica que entre mayor sea el contenido de esta molécula se aumenta el poder de hinchamiento y se producen geles más elásticos (Zhou *et al.*, 1998)

Por último y tomando como evidencia que el contenido de amilopectina afecta la resistencia de los adhesivos obtenidos a partir de los almidones de yuca y ñame, donde las mayores resistencias son para los adherentes a base de yuca.

## Conclusiones

Para los adhesivos preparados a partir de almidones de yuca y ñame, se tiene que las mayores resistencias son para los adherentes a base de yuca, esto debido a que el contenido de amilopectina es mayor comparándolo con las féculas de ñame. Además los adhesivos a partir de almidón de yuca, presentan mayor resistencia a menor porcentaje de almidón y a mayor concentración del agente hidrolizante (KOH). Específicamente se refiere al adhesivo elaborado con un 10% de almidón y una concentración de 1,5 molar de KOH; la fuerza de adhesividad proporcionada por este pegante fue de un promedio de 295,58 Newton, caso contrario con el adhesivo elaborado con un 40% de almidón y una concentración 1.5 molar de Hidróxido de Potasio donde su resistencia a despegarse esta en un promedio de 135,93 N.

Para los adhesivos elaborados a partir de almidones de ñame se tiene que la mayor resistencia fue 8,829 N; utilizando una concentración de KOH de 0,5M y un porcentaje de almidón de 30%. Esto se debe a que el contenido de amilosa en las féculas de este tubérculo es mayor que en la yuca, lo cual ocasiona la retrogradación de las pastas durante el enfriamiento, generando el proceso de sinéresis (Hoover, 2002).

## Bibliografía

- Araujo de Vizcarrondo, C., Rincón, A. M., & Padilla, F. (2014). Caracterización de almidón nativo de discorea bulbifera L. Archivos Latinoamericanos De Nutrición, 54(2), 241-245.
- Berghofer, E., & Sarhaddar, S. (1988). Production of glucose and high fructose syrup by enzymatic direct hydrolysis of cassava roots. Process Biochem, 23(6), 188-194.
- Bou Rached, L., de Vizcarrondo, C. A., Rincón, A. M., & Padilla, F. (2006). Evaluation of the flour and starch from white and purple varieties of mapuey (Dioscorea trifida). Archivos latinoamericanos de nutrición, 56(4), 375.
- CHENG, Y., TSAI, M., & TSENG, K. (1996). Effect of amylose content on the rheological property of rice starch. Cereal Chemistry, 73(4), 415-420.
- Granado, C., Guzmán, L., Acevedo, D., Díaz, M., & Herrera, A. (2014). Propiedades funcionales del almidón de sagu (maranta andinacea). Biotecnología En El Sector Agropecuario Y Agroindustrial, 12(2), 90-96.

Guan, J., & Hanna, M. A. (2004). Extruding foams from corn starch acetate and native corn starch. *Biomacromolecules*, 5(6), 2329-2339.

Gunaratne, A., & Hoover, R. (2002). Effect of heat–moisture treatment on the structure and physicochemical properties of tuber and root starches. *Carbohydrate Polymers*, 49(4), 425-437.

Hernández-Medina, M., Torruco-Uco, J. G., Chel-Guerrero, L., & Betancur-Ancona, D. (2008). Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. *Food Science and Technology (Campinas)*, 28(3)

JAIRO G. SALCEDO M, EVERALDO J. MONTES M, & JOSE L. PAJARO S. (2009). Producción de jarabes de fructosa por medio de la hidrólisis enzimática del almidón de yuca de las variedades corpoica m tai-8 y corpoica orense. *Dyna*, 76(160), 121-130.

Johanna, A., Teresa, & Sánchez. (2007). Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. Roma:

JOHN F. MONSALVE G, VICTORIA ISABEL MEDINA DE PEREZ, & ANGELA ADRIANA RUIZ COLORADO. (2006). Producción de etanol a partir de la cáscara de banano y de almidón de yuca. *Dyna*, 73(150), 21-27.

Karam, L. B., Ferrero, C., Martino, M. N., Zaritzky, N. E., & Grossmann, M. V. E. (2006). Thermal, microstructural and textural characterization of gelatinized corn, cassava and yam starch blends. *International Journal of Food Science & Technology*, 41(7), 805-812.

Knutzon, C. A., & Grove, M. J. (1994). Rapid method for estimation of amylose in maize starches. *Cereal Chemistry*, 5(71)

Lizet Bou Rached, Consuelo A de Vizcarrondo, Alicia M Rincón, & Fanny Padilla. (2006). Evaluación de harinas y almidones de mapuey (*Dioscorea trifida*), variedades blanco y morado. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 56(4), 375.

Madrid, M. (1997). *Tecnología de la adhesión* (2ª ed.). Madrid, España: LOCTITE.

Onitilo, M. O., Sanni, L. O., Oyewole, O. B., & Maziya-Dixon, B. (2007a). Physicochemical and functional properties of sour starches from different cassava varieties. *International Journal of Food Properties*, 10(3), 607-620.

Onitilo, M. O., Sanni, L. O., Oyewole, O. B., & Maziya-Dixon, B. (2007b). Physicochemical and functional properties of sour starches from different cassava varieties. *International Journal of Food Properties*, 10(3), 607-620.

Patricia Pérez Herrera, Luis A. Álvarez Rivas, Yolanda Salinas Moreno, & Jorge Castillo Merino. (2003). Relación de amilosa. amilopectina en el almidón de harina

nixtamalizada de maíz y su efecto en la calidad de la tortilla. *Revista Fitotecnia Mexicana*,

Pedro Vargas Aguilar, & Diana Hernández Villalobos. (2013). Cassava, yam, sweet potato and ñampi starch: functional properties and possible applications in the food industry. &nbsp; *Tecnología en Marcha*, 26(1), 37-45.

Rincón, A. M., Araujo de Vizcarrondo, C., Carrillo de Padilla, F., & Martín, E. (2000). Evaluation of the possible technological uses of some dioscoreas tubers: name congo (*Dioscorea bulbifera*) and mapuey (*Dioscorea trifida*). *Archivos latinoamericanos de nutrición*, 50(3), 286.

Sánchez, O. J. (2005). Producción biotecnológica de alcohol carburante, I: obtención a partir de diferentes materias primas. *Interciencia*, 30(11), 671-678.

WANG, L. Z., & WHITE, P. J. (1994). Structure and properties of amylose, amylopectin and intermediate materials of oat starches. *Cereal Chemistry*, 71(5), 263-268.

Zhou, M., Robards, K., Glennie-Holmes, M., & Helliwell, S. (1998). Structure and pasting properties of oat starch. *Cereal Chemistry*, 75(3), 273-281.