

Caracterización de almidones obtenidos de fuentes alternativas

Caracterização de amidos obtidos a partir de fontes alternativas

DOI:10.34117/bjdv9n1-366

Recebimento dos originais: 23/12/2022

Aceitação para publicação: 26/01/2023

María Martha Sandoval Arreola

Maestría en Ciencias ambientales

Institución: Tecnológico Nacional de México Campus Lázaro Cárdenas

Dirección: Av. Melchor Ocampo, 2555, Colonia Cuarto Sector, Cd. Lázaro Cárdenas
Michoacán, México, C.P. 60950

Correo electrónico: sandoval_129@live.com

Elizeth Ramírez Álvarez

Doctorado en Ingeniería Química

Institución: Tecnológico Nacional de México Campus Lázaro Cárdenas

Dirección: Av. Melchor Ocampo, 2555, Colonia Cuarto Sector, Cd. Lázaro Cárdenas
Michoacán, México, C.P. 60950

Correo electrónico: elizeth.ramalv@lcardenas.tecnmx

Montserrat Gaspar Barragán

Graduado en Ingeniería Química

Institución: Tecnológico Nacional de México Campus Lázaro Cárdenas

Dirección: Av. Melchor Ocampo, 2555, Colonia Cuarto Sector, Cd. Lázaro Cárdenas
Michoacán, México, C.P. 60950

Correo electrónico: mongaba18@gmail.com

Gerardo Ortiz Rodríguez

Maestría en Procesos

Institución: Tecnológico Nacional de México Campus Lázaro Cárdenas

Dirección: Av. Melchor Ocampo, 2555, Colonia Cuarto Sector, Cd. Lázaro Cárdenas
Michoacán, México, C.P. 60950

Correo electrónico: gor_leon@yahoo.com

RESUMEN

El almidón es una de las materias primas más importante en la generación de plásticos biodegradables por lo que resulta de interés encontrar fuentes alternativas para su producción. En esta investigación se aíslan y caracterizan parcialmente diferentes almidones para establecer posteriormente correlaciones con sus propiedades plásticas. Se determinaron sus características morfológicas mediante microscopía electrónica de barrido. Los espectrogramas y el análisis elemental fueron obtenidos mediante la técnica de FTIR en el Centro de Investigación de Ingeniería Química de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Los gránulos, presentaron diferentes formas y tamaños, según la fuente del almidón. En los almidones de *Solanum tuberosum* (papa) *Ipomea batata* (camote morado) y *Musa paradisiaca L* (plátano macho), las formas detectadas fueron lenticular, esférica truncada y piramidal respectivamente. El almidón de maíz exhibió una forma poligonal. Los gránulos de almidón de plátano costillón, presentaron formas

ovales, elipsoidales e irregulares con un tamaño promedio de 20 – 50 μm .. En el análisis elemental de los almidones se detectan como componentes principales C y O, además elementos trazas como: P, Fe, K, Cu y Zn. Los espectrogramas de los almidones en estudio reflejan comportamientos similares a los obtenidos del almidón de maíz. Las diferencias encontradas en los tamaños y distribución de los gránulos de almidón pueden resultar importantes en las propiedades viscoplásticas, así como de su reactividad.

Palabras clave: almidón, caracterización morfológica, *Ipomea batata*, *Musa paradisiaca* L, *Solanum tuberosum*.

RESUMO

O amido é uma das matérias primas mais importantes na geração de plásticos biodegradáveis e, portanto, é de interesse encontrar fontes alternativas para sua produção. Nesta pesquisa, diferentes amidos foram isolados e parcialmente caracterizados a fim de estabelecer correlações com suas propriedades plásticas. Suas características morfológicas foram determinadas por microscopia eletrônica de varredura. Espectrogramas e análises elementares foram obtidos pela técnica FTIR no Centro de Pesquisa em Engenharia Química da Universidade Juárez Autónoma de Tabasco. Os grânulos apresentavam formas e tamanhos diferentes, dependendo da fonte de amido. Nos amidos de *Solanum tuberosum* (batata), *Ipomea batata* (batata doce roxa) e *Musa paradisiaca* L (plátano), as formas detectadas foram lenticulares, truncadas esféricas e piramidais, respectivamente. O amido de milho exibiu uma forma poligonal. Os grânulos de amido de fécula de fécula de plantio apresentaram formas ovais, elipsoidais e irregulares com um tamanho médio de 20-50 μm . Na análise elementar dos amidos, C e O foram detectados como componentes principais, assim como elementos vestigiais como P, Fe, K, Cu e Zn. Os espectrogramas dos amidos em estudo refletem um comportamento semelhante aos obtidos para o amido de milho. As diferenças encontradas nos tamanhos e distribuição dos grânulos de amido podem ser importantes nas propriedades viscoplásticas, assim como em sua reatividade.

Palavras-chave: amido, caracterização morfológica, *Ipomea batata*, *Musa paradisiaca* L, *Solanum tuberosum*.

1 INTRODUCCIÓN

En los últimos años el almidón se ha destacado como materia prima potencial para la elaboración de plásticos biodegradables, por lo que se hace necesario buscar nuevas fuentes de extracción para satisfacer la creciente demanda de este producto. El almidón es un biopolímero en forma de gránulos constituido básicamente de dos polisacáridos: amilosa y amilopectina, la primera de cadena lineal, mientras que la segunda exhibe una cadena ramificada. Ambos componentes se encuentran en diferente proporción dependiendo de la fuente de la que se obtiene. Las propiedades más importantes del almidón a considerar en la elaboración de alimentos y en sus aplicaciones industriales han sido las fisicoquímicas, entre ellas la gelatinización y retrogradación, las

funcionales como absorción de agua y solubilidad y las reológicas (llamadas propiedades viscoelásticas). Según Cobana y Antezana (2007), las características fisicoquímicas que determinan la calidad del almidón son granulometría, composición química, contenido de humedad, y viscosidad, entre otras. El contenido promedio de amilosa de los almidones estudiados ha sido reportado como 21%, 19.6% y 35 %, respectivamente (Hernandez–Medina *et al.* 2007 y Romero–Bastida *et al.* 2005).

Bertollini *et al.* (2003), encontraron que el tamaño de gránulo de 9.9 a 18.5 μm se correlaciona positivamente con el contenido de amilosa total, concluyen que la distribución de tamaño de gránulo es una característica importante que puede influir en su composición química, de igual manera Geera *et al.* (2006) y Chioetelli y Le Meste (2002), en su investigación indican que la composición química, principalmente el contenido de amilosa y el tamaño de gránulo influyen en las propiedades de gelatinización, adherencia e hinchazón.

Puede observarse el papel preponderante de la granulometría de los almidones y las diferencias existentes entre ellos determinada por la fuente de aislamiento. Raeker *et al.* (1998), reportan una distribución granulométrica trimodal para los almidones de trigo blando. Hernández-Medina *et al.* (2007), reportan tamaños promedio de gránulo de 12.4 μm . con forma esférica para el camote, no mencionando si existen otros tamaños o formas de gránulo en las muestras analizadas. Mientras que para el plátano macho, Carmona-García *et al.* (2009) y Millán-Testa *et al.* (2005), reportaron formas diversas para los gránulos: ovales, elipsoidales o irregulares alargadas con un tamaño promedio de entre 20 y 60 μm . El tipo de gránulos encontrado para el almidón de plátano costillón, es muy similar al reportado en la literatura con formas ovales, elipsoidales e irregulares con un tamaño promedio de 20 – 50 μm . Para el almidón de papa se encontraron gránulos grandes de forma elíptica y gránulos pequeños de forma esférica de tamaño que varía de 2 a 66 μm . (Medina y Salas, 2007). Por otro lado, Narváez-González *et al.* (2007), encontraron que los granos duros de maíz presentaron gránulos de almidón pequeños, mientras que en los granos suaves fueron grandes. El objetivo del presente investigación es ampliar el conocimiento de las características fisicoquímicas y morfológicas de los almidones aislados de la papa (*Solanum tuberosum*), camote (*Ipomea batata*), plátano macho (*Musa paradisiaca L.*) y plátano costillón (*Musa paradisiaca L.*) Como base para una investigación posterior.

2 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

2.1 EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN NATIVO

Para la obtención del almidón de papa, camote y plátano macho y costillón se siguió la metodología de Waliszewski *et al.* (2003). Para el almidón de camote, plátano y papa, se pesaron y lavaron 10 kg, se picaron en porciones pequeñas de aproximadamente 2 cm, remojándose en un recipiente que contenga un volumen de 20 L de agua purificada a una temperatura de 40°C. El material remojado se molió en una licuadora de alta velocidad hasta su desintegración total, después se procedió a la separación del almidón por sedimentación natural durante 3 horas, el agua residual fue centrifugada para recuperar la mayor cantidad de almidón posible. El agua de lavado se preparó disolviendo ácido cítrico en agua purificada en proporción 1:2 (g/L). Para el almidón de maíz, se usó almidón de marca Meyer con un grado de pureza de 99.96%.

2.2 RENDIMIENTO

El rendimiento se determinó cuantificando primero el contenido de humedad inicial y final de las cuatro fuentes de almidón, de acuerdo a la norma NOM-116 SSA-1994, para determinar el porcentaje de almidón seco posteriormente. Las muestras se analizaron por triplicado.

2.3 CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA

El equipo utilizado para la determinación de los espectros fue un espectrofotómetro infrarrojo de transformada 0.25 Fourier marca Shimadzu modelo IRAffinity-1. La muestra fue preparada en pastillas de KBr a una relación del 5%. El método usado fue en modo de % transmitancia, realizando 40 escaneos, en un rango de 3400 a 4700 cm. Las micrografías fueron tomadas en un microscopio electrónico de barrido con capacidad de análisis elemental marca JEOL EDS System 6010 LA, en el Centro de Investigaciones de Ingeniería Química de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco y en el Instituto de Investigaciones Metalúrgicas de la UMSNH.

3 COMENTARIOS FINALES

3.1 RESUMEN DE RESULTADOS

Los resultados de la investigación incluyen el rendimiento de los almidones, la caracterización superficial, el análisis elemental y los espectrogramas de los almidones

en estudio. El rendimiento promedio alcanzado en los diferentes almidones se muestra en la tabla 1:

Tabla 1. Rendimiento de los almidones

Almidón	Peso inicial (g)	Humedad inicial (%)	Humedad final (%)	Rendimiento	Porcentaje de rendimiento
Papa	6000	75- 80	5.36-5.60	321.3 ± 0.2	25.27
Camote	5000	63- 69	6.45-6.66	486 ± 0.3	26.73
Plátano macho	5000	75	6.22-6.35	650 ± 0.25	48.87
Plátano costillón	1671.7	65-69	5.59-5.	202.22±0.25	25.67

El porcentaje de rendimiento de la papa es superior al reportado por Zarate *et al.* (2012) y Nelson *et al.* (2010), mientras que en el almidón de camote los valores obtenidos son similares a los de Guízar *et al.* (2008). De igual manera, para el plátano costillón los valores obtenidos se encuentran dentro del rango del reportado por Kayisu *et al.* 1981), Para el plátano macho el rendimiento se encuentra por debajo de lo obtenido por Amaya y Bello-Pérez (2010).

3.2 CONTENIDO DE AMILOSA

En cuanto al contenido de amilosa determinado para los 4 tipos de almidón se reporta en la tabla 2, anexando una columna por los resultados obtenidos en otras investigaciones, como parámetro de comparación.

Tabla 2. Contenido de amilosa de los almidones

Tipo de almidones	% de amilosa	% de amilosa reportado
Papa	30±1.2	1 (Hernández-Medina <i>et al.</i> , 2008)
Camote	21±1.5	35.04 (Paredes- Escobar. <i>et al.</i> , 2018)
Plátano tabasco	29± 0.5	35 (Hernández-Medina <i>et al.</i> , 2017)
Plátano costillón	14.95±0.55	9.11 y 17.16% (Aparicio,200)

3.3 CARACTERIZACIÓN SUPERFICIAL DE LOS GRÁNULOS

La microscopía electrónica de barrido reveló la forma, el tamaño y análisis elemental de los almidones. En el primer punto referente a la forma de los almidones, las diferencias entre ellos se muestran en la figura 1. El almidón de papa muestra gránulos grandes una forma ovalada lenticular mezclados con gránulos pequeños esféricos, de 4 a 10 µm y gránulos medianos que conservan aún la forma esférica, mostrando a medida de

que se incrementa su tamaño, una forma ovalada, predominando los primeros, con tamaños de gránulo de 35 a 73 μm . Estos resultados son congruentes con los reportados por Singh *et al.* (2003), de 20 a 110 μm para gránulo grande elíptico y de 1 a 20 para los gránulos pequeños. Para el almidón de maíz, Thomas y Atwell (1999), reportan una forma piramidal, sin embargo en la microfotografía se aprecian formas esféricas pequeñas, algunas ovaladas y otras irregulares de apariencia piramidal predominando ovaladas de tamaño entre 6 y 16 μm y las de forma esférica, de diámetros de 6 a 9 μm , esto es congruente, dado que la morfología depende del tipo de maíz. El tamaño promedio de gránulo varía de 6 a 16 μm presentando algunos gránulos con un diámetro mayor a 50 μm . En el almidón del camote se presentan formas predominantemente esféricas truncada e irregulares cuyos tamaños en promedio se encuentran en el rango de 9 -19 μm , presentándose gránulos con tamaños de 2 a 4 μm y muy pocos superiores a 25 μm , coincidiendo con lo reportado por Hernández-Medina *et al.* (2008), en cuanto a tamaño promedio de 12.4 μm si bien se difiere en la forma reportada. En el almidón de plátano macho se encontraron gránulos pequeños esféricos, a medida que se hacen más grandes adoptan forma ovalada a piramidal con bordes bien definidos. El tamaño que predomina varía de 5 a 15 μm , encontrando algunos granulos entre 20 y 40 μm .

La descripción completa del tamaño de gránulos encontrados se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Descripción completa de los tamaños de gránulos de almidón

Tipo de almidón	Intervalo (μm)	Observaciones
Almidón de papa	4-10	
	35-49	
	60-73	
Almidón de maíz	6-16	Tamaño más uniforme
	Pocos de ≤ 35 a 45	
Almidón de camote	2-4	Predomina la fracción media
	5-15	
	Pocos de 29 a 35	
Almidón de plátano macho	2-6	Predomina la fracción de 15-25 μm
	15-25	
	30-40	
Almidón de plátano costillón	3-8	Predomina la fracción de 20 a 50 μm
	10-20	
	20-50	

Estas diferencias en tamaños y distribución de los gránulos de almidón pueden ser importantes en las propiedades fisicoquímicas y funcionales de los productos que se generen de estos almidones , ya que tamaños de gránulos más pequeños pueden absorber

mayor cantidad de agua (Paredes-López *et al.* 1989) y dar características diferentes al producto elaborado, gránulos pequeños se caracterizan por poseer altos contenidos del complejo amilosa-lípido (Raeker *et al.* 1998, Bertollini *et al.* 2003 y Geera *et al.* 2006).

3.4 ANÁLISIS ELEMENTAL DE LOS ALMIDONES

En el análisis elemental de los almidones se detectan como componentes principales C y O, característicos de la estructura del almidón, sin embargo se difiere en el contenido y clase de los elementos traza, se detectan elementos como: P, K, Cu y Zn. La detección de fósforo en la papa ya ha sido reportado por Guízar *et al.* (2008), probablemente presente en forma de fosfatos lo que incrementaría la viscosidad y daría soluciones ligeramente iónicas. Los resultados del análisis elemental de los almidones se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Análisis elemental de los almidones

Tipo de almidón	Carbono %ms	Oxígeno %ms	Elementos trazas			
			P %ms	K %ms	Cu %ms	Zn %ms
Papa	57.49	42.34	0.03	0.04	0.09	
Maíz	56.97	42.98			0.03	0.02
Camote	57.72	42.18			0.10	
Plátano macho	58.62	41.26		0.07	0.03	0.02
Plátano costillón	57.85	40.85		0.28	0.03	0.04

3.5 MORFOLOGÍA DE LOS ALMIDONES

Figura 1. Almidón de camote nativo. 1000X

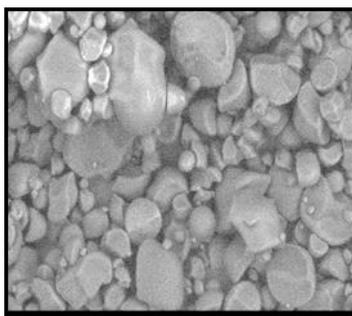


Figura 2. Almidón de papa nativo. 4000X

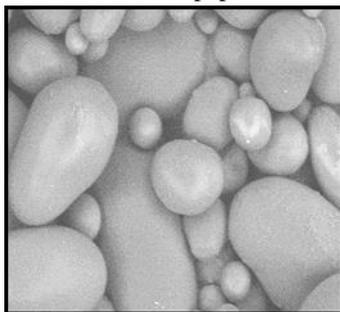


Figura 3. Almidón de Plátano macho 1000X

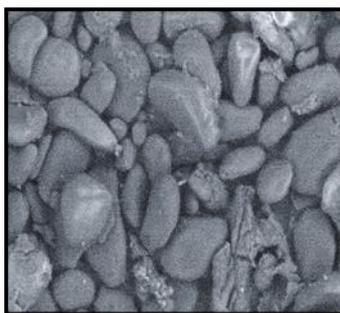


Figura 4. Almidón de maíz 500X

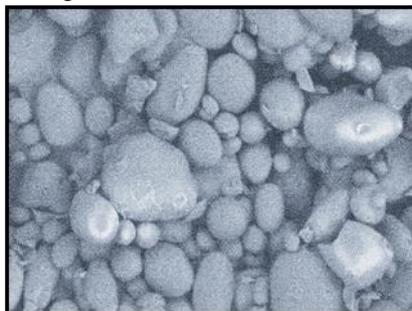
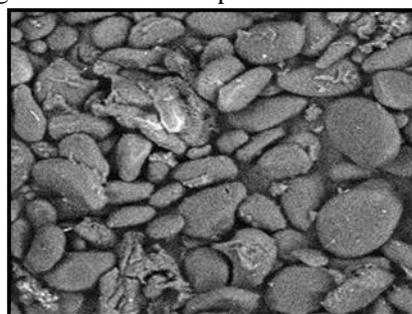


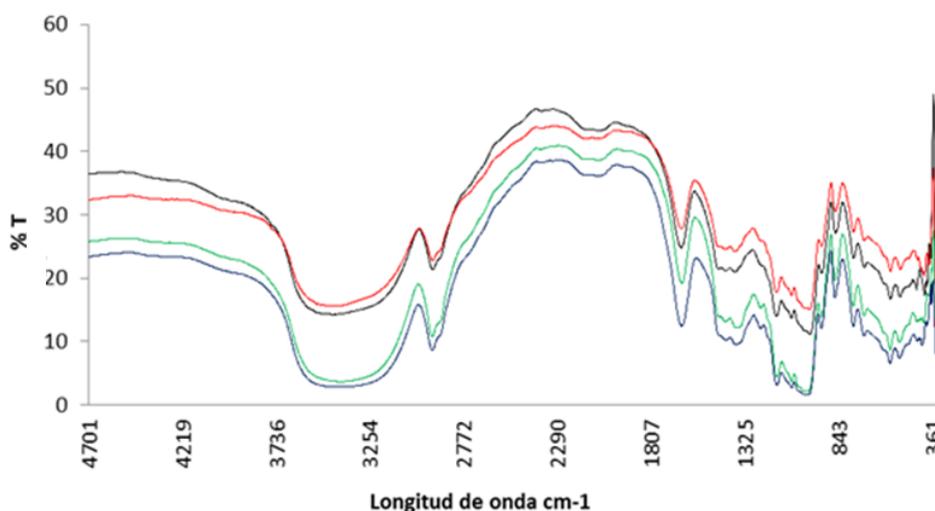
Figura 5: Almidón de plátano costillon 500X



Los cromatogramas de los almidones en estudio reflejan comportamientos similares a los obtenidos del almidón de maíz difiriendo en el contenido de elementos traza. Para el análisis de los espectros obtenidos de los almidones estudiados se tomó de

referencia el espectro básico del almidón de maíz. Se observan patrones similares de comportamiento de los espectros obtenidos como las vibraciones del alargamiento, que aparece como una banda ancha intensa desde 3000 a 3900 cm^{-1} que se debe al enlace de hidrógeno de los grupos hidroxilo que contribuyen a las vibraciones de los estiramientos asociados con el enlace libre inter e intramolecular del grupo hidroxilo, siendo una característica muy particular de la estructura del almidón. (Fang *et al.* 2002). También en este rango los 3400 cm^{-1} se observa un estiramiento que se atribuye a los grupos OH. En 2929 cm^{-1} se muestra el estiramiento del enlace C-H. Este pico es característico de los estiramientos C-H asociados con el anillo de glucopiranososa (Mano *et al.* 2003). De igual manera en el rango comprendido entre 1200 y 1400 cm^{-1} existe una vibración tipo doblez en el plano de los grupos CH en el anillo de glucosa en la estructura del almidón. Para finalizar existen tres picos característicos entre 930 y 1160 cm^{-1} , los cuales se atribuyen al estiramiento del enlace C-O (Goheen y Wool, 1991). Región conocida como la huella dactilar.

Figura 6. Espectrogramas de los almidones: — papa — maíz — camote — plátano macho



4 CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este estudio de forma, tamaño, espectrograma y análisis elemental relacionado con otras propiedades como contenido de amilasa pueden sentar una base de comparación y predicción de propiedades de los almidones para la elaboración de productos plásticos. La apariencia granular del almidón difiere considerablemente según la fuente de la que se obtenga, ocasionando cambio en las

propiedades fisicoquímicas y funcionales, como comportamiento químico, propiedades viscoelásticas, adherencia, absorción de humedad, entre otras. Se lograron establecer similitudes y diferencias con los resultados de investigaciones anteriores: similitud en forma y tamaño de la papa, diferencias en la forma del gránulo del camote, lo que ocasiona diferente comportamiento químico, viscoelástico, adherencia y absorción de humedad.

El análisis elemental de los almidones muestra una composición química similar en cuanto a los porcentajes de Carbono y Oxígeno, presentando variaciones en los elementos traza detectados, de importancia el contenido de Fósforo en la papa, a quien se le ha atribuido un incremento en la viscosidad.

La materia prima para la producción de estos almidones está disponible en Michoacán, por lo que su uso para la producción de plásticos biodegradables surge como un área de oportunidad de desarrollo del Estado siendo necesario realizar una investigación exhaustiva para mejorar y obtener las propiedades adecuadas en la generación de películas biodegradables.

RECOMENDACIONES

Los resultados de esta investigación pueden ser usados como base para nuevas investigaciones que involucren el efecto de la reactividad de los almidones en sus propiedades plásticas, enfocado a producir envases biodegradables. Otro campo de investigación pudiera ser, el estudio de los elementos traza en el almidón y sus efectos en sus propiedades morfológicas, químicas y reológicas.

REFERENCIAS

Amaya C.F., Bello-Pérez L.A. “Propiedades de digestión de almidón de plátano (*Musa paradisiaca* L) doblemente modificado.” *XII Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de alimentos*. Guanajuato, Gto. 27 de Mayo 2010.

Agama-Acevedo, Edith; Ottenhof, Marie Astrid; Farhat, Imad A.; Paredes-López, Octavio; Ortiz-Cereceres, Joaquín; Bello-Pérez, L.A. “Aislamiento y Caracterización del Almidón de Maíces Pigmentados.” *Agrociencia* 39: 419-429. 2005
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30239406> ISSN 1405-3195

Bertollini A. C. E., Souza J.E.N., Huber K.C. “Composition and reactivity of A and B type starch granules of normal, partial wax, and waxy wheat.” *Cereal Chem* 80:544,547. 2003.

Carmona-García, R., Aguirre-Cruz, A., Yee- Madeira, H. and Bello-Pérez-L. A. “Dual modification of banana: Partial Characterization.” *Starch/Stärke*, 61, 656-664. 2009.

Cobana, M. R. Antezana. “Proceso de extracción de almidón de yuca por vía seca.” Centro de Alimentos y Productos Naturales, Fac. Ciencias y Tecnología, Universidad Mayor de San Simón. *Revista boliviana de química*. Vol. 24, No.1, 2007.

Chioetelli E., Le Meste M. “Effect of small and large wheat starch granule on thermomechanical behavior of starch.” *Cereal Chem*. March /April. Vol. 79 No. 2. Pp. 286-293. 2002 <http://dx.doi.org/10.1094/CCHEM.2002.79.2.286>

Fang, J. M., P. A. Fowler, J. Tomkinson, and C. A. S. Hill. “The preparation and characterization of a series of chemically modified potato starches.” *Carbohydr. Polym*. 47: 245–252. 2002.

Goheen, S. M., and R. P. Wool. “Degradation of polyethylene–starch blends in soil. J. Appl.” *Polym. Sci*. 42: 2691–2701. 1991.

Guízar Miranda, Albero; Montañés Soto, José Luís; García Ruiz, Ignacio. “Parcial caracterización de nuevos almidones obtenidos del tubérculo de camote del cerro (*Dioscorea* spp).” *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, Vol. 9, Núm. 1, sin mes, 2008, pp. 81-88

Asociación Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, S.C. México.

Hernández-Medina, Marilyn; Torruco-Uco, Juan Gabriel; Chel-Guerrero, Luis; Betancourt-Ancona, David *Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México* Ciência e Tecnologia de Alimentos, vol. 28, núm. 3, julio-septiembre, 2008, pp. 718-726 Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos Campinas, Brasil

Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México Ciência e Tecnologia de Alimentos, vol. 28, núm. 3, julio-septiembre, 2008, pp. 718-726 Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos Campinas, Brasil

Mano, J. E., D. Koniarova, and R. L. Reis. "Thermal properties of thermoplastic starch/synthetic polymer blends with potential biomedical applicability." *J. Mater. Sci.—Mater. M.* 14: 127–135. 2003.

Millán-Testa CE, MG. Méndez-Montealvo MA, Ottenhof IA, Farhat and LA, Bello-Pérez. "Determination of the molecular and structural characteristics of okenia, mango and banana starches." *Journal and Agriculture and Food Chemistry* 53: 495-501. 2005

N. Singh, J. Singh, L. Kaur, N. Singh Sodhi and B. Singh Gill. "Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources." *Food Chemistry*, No. 81, 2003, pp. 219-231. 2003.

Paredes Escobar M.L, Manzanillas Rojas, L.A Evaluación de las propiedades físicoquímicas y funcionales de féculas de tres variedades de camote (*Ipomea batata*) para aplicaciones alimentarias. 2018.
<https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/28375>

Raeker M.Ö, Gaines C.S., Finney P.L. and Donelsen T. "Granule distribution and chemical composition of starch from 12 soft wheat cultivars." *Cereal Chemistry*. Sep/Oct. Vol. 75 No. 5 pp. 721-728. 1998. <http://doi.org/10.1094/CCHEM,1998,75.5.721>

Romero-Bastida, C. A., L. A. Bello-Pérez, M. A. García, M. N. Martino, J. Solorza-Feria, and N. E. Zaritzky. "Physicochemical and microstructural characterization of films prepared by thermal and cold gelatinization from non-conventional sources of starches." *Carbohydr. Polym.* 60: 235–244. 2005.

Paredes-López O. M. L. Schevenin, D. – Hernández A. Carabez – Trejo. "Amaranth starch - isolation and partial characterization" *Starch/Stärke*. 41:205-207. 1989.

Thomas, H. D. and Atwell, W. A. "Starches. Practical guides for the food industry." *American Association of Cereal Chemist*. Egan Press, St. Paul Minnesota, USA. Pp. 1-87. 1999.

Zarate-Polanco L.M., Ramírez-Suárez L.M., Otalora-Santamaría, Prieto L., Garnica-Holguin A.M. Cerón- Lasso M.S. Arguelles J.H. "Extracción de almidón nativo de clones promisorios de papa criolla." *Revista Latinoamericana de la papa* Vol. 18-1. ISSN 1853-4961. 2012