Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica

Página principal: www.riiit.com.mx

Almidones de frutos tropicales y su aplicación en la industria alimentaria: mango, plátano, chirimoya y guanábana. Una revisión

Tropical fruit starches and its application in the food industry: mango, banana, sweetsop and soursop. A review

Martínez-Ortiz, M.A.[1], León-Fernández, A.E.[2], Bello-Lara, J.E.[2], Berumen-Varela, G.[2], Bautista-Rosales, P.U.[1,2], Jiménez-Zurita J.O.[2], Juárez-López, P.[3], Balois-Morales, R.[1,2],

[1] Programa de Doctorado en Ciencias Biológico Agropecuarias; Universidad Autónoma de Nayarit; Carretera Tepic-Compostela km 9, C. P. 63780, Xalisco, Nayarit, México.
[2] Unidad de Tecnología de Alimentos, Secretaría de Investigación y Posgrado; Universidad Autónoma de Nayarit; Ciudad de la Cultura S/N, C. P. 63000, Tepic, Nayarit, México.
[3] Posgrado en Ciencias Agropecuarias y Desarrollo Rural; Universidad Autónoma del Estado de Morelos; Avenida Universidad 1001, 62210, Cuernavaca, Morelos, México.
miguel_martinez@uan.edu.mx; eloyleon87@gmail.com; estebanbela@gmail.com; guillermo.berumen@uan.edu.mx, porfirio.juarez@uaem.mx; u_bautista@hotmail.com; jose-jimenez@uan.edu.mx; rmbalois@uan.edu.mx

Innovación tecnológica: propiedades y aplicaciones de almidón extraído de frutos de mango, plátano, chirimoya y guanábana.

Área de aplicación industrial: alimentaria, farmacéutica, biopolímeros, materiales biodegradables.

Recibido: 07 septiembre 2021
Aceptado: 18 febrero 2022

Abstract

Obtaining starch from other fruit and vegetable sources has been of interest to the food industry, so the objective of this review was to analyze research that has been carried out on obtaining starch from tropical sources, with emphasis on mango, banana, sweetsop and soursop fruits, and its potential application. For this analysis, an exhaustive review was made in the databases where indexed scientific articles have been published (Elsevier, Scielo, Wiley online library, Redalyc, Springer, Scopus, Sciencedirect) from 2000 to 2021. The following results are derived from the information analyzed, the shape and size of the starch granule are related to the functional properties, the banana fruit starches are larger compared to sweetsop, soursop and mango starches, these present a greater swelling capacity and water absorption while maintaining a stable structure, forming viscous pastes, and these applied as a thickening and stabilizing agent; therefore, these starches have a high stability to freezing-thawing and less syneresis, they are ideal for application

in baked and frozen foods and dressings. Banana fruit starches can be applied in pastes, to make them more viscous with a higher rate of water absorption. Another important properties of the starches obtained from banana and mango is the resistance to enzymatic hydrolysis, which is related to the internal structure of the granule, limiting the reaction of the enzymes on the amylose and amylopectin chains and these starches may be used for the preparation of functional foods products. Concluding that to its characteristics and properties, the starches obtained from these sources have a high potential to be applied in food products that ham, sausages, dressings, jellies and jams, and in functional products that biscuits, bars energy and box bread, proposing them as alternative to commercial starches, due these can potentiate the organoleptic and technological characteristics in the manufacturing and storage processes of products in the food industry.

Key words: aplications, industry, polysaccharides.

Resumen

La obtención de almidón de otras fuentes hortofrutícolas ha sido de interés para la industria de los alimentos, por lo que el objetivo de esta revisión fue hacer un análisis de investigaciones que se han llevado a cabo sobre la obtención de almidón de fuentes tropicales, con énfasis en frutos de mango, plátano, chirimoya y guanábana, así como su potencial aplicación. Para este análisis se hizo una revisión exhaustiva en las bases de datos donde se han publicado artículos científicos indexados (Elsevier, Scielo, Wiley online library, Redalyc, Springer, Scopus, Sciencedirect) desde el año 2000 hasta el 2021. De la información analizada se derivan los siguientes resultados, la forma y tamaño del gránulo del almidón están relacionados con las propiedades funcionales, los almidones de frutos de plátano son de mayor tamaño con respecto a los almidones de chirimoya, guanábana y mango, por lo que estos últimos presentan una mayor capacidad hinchamiento y absorción de agua manteniendo una estructura estable, formando pastas viscosas, actuando como un agente espesante y estabilizante; por lo que éstos almidones presentan una alta estabilidad a la congelación-descongelación y una menor sinéresis, siendo ideales para su aplicación en alimentos horneados, congelados y aderezos. Los almidones de frutos de plátano pueden ser aplicados en la elaboración de pastas, lo que las puede hacer más viscosas y con mayor índice de absorción de agua. Otra de las propiedades importantes de los almidones de frutos de plátano y mango, es la resistencia a la hidrólisis enzimática, ésta tiene relación con la estructura interna del gránulo, limitando la reacción de las enzimas sobre las cadenas de amilosa y amilopectina; por lo que pueden ser usados para la elaboración de productos alimenticios funcionales. Concluyendo que por sus características y propiedades, los almidones obtenidos de estas fuentes presentan un alto potencial para ser aplicados en productos alimenticios como jamón, salchichas, aderezos, jaleas y mermeladas, y en productos funcionales tales como galletas, barras energéticas y pan de caja; proponiéndolos como una alternativa a los almidones comerciales, ya que pueden potencializar las características organolépticas y tecnológicas en los procesos de manufactura y almacenamiento de los productos en la industria alimentaria.

Palabras clave: aplicaciones, industria, polisacáridos.

Introducción

La fruticultura es una de las actividades agropecuarias más redituable manteniendo un balance comercial dentro del sector rural, en este sentido la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) ha reportado que la comercialización de los frutos, a nivel mundial, representa un valor superior a los 1000 dólares por tonelada (FAO, 2020). México se encuentra entre los 12 principales países fruticultores, destacando en la producción de plátano (*Musa paradisiaca* L.) y mango (*Mangifera indica* L.) 'Ataulfo' (SIAP, 2020), los frutos de plátano son fuente de almidón al igual que la papa (*Solanum tuberosum* L.), maíz (*Zea mays* L.), arroz (*Oryza sativa* L.) y trigo (*Triticum aestivum* L.), éstos últimos están catalogados como fuentes convencionales para la obtención de almidón (Carvalho, 2013). Se han llevado a cabo investigaciones referentes a la obtención de almidón de otras fuentes vegetales, tal como frutos de mango, chirimoya (*Annona cherimola* L.), kiwi (*Actinidia deliciosa*), guanábana (*Annona muricata* L.) y otros órganos estructurales como son las semillas de mango, yaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam.), longan (*Dimocarpus longan* Lour.), níspero (*Eriobotrya japonica* Thunb.), litchi (*Litchi chinensis* Sonn.), pitomba (*Talisia esculenta* R.) (Tabla 1 a y b), y al igual que los frutos de plátano son considerados como fuentes no convencionales. La importancia de productos hortofrutícolas es que sus almidones presentan propiedades de interés para la industria de los alimentos, ya que pueden ser aplicados como agente espesante y estabilizante; además, la resistencia a la hidrólisis enzimática y una baja tendencia a la sinéresis los sitúan como materiales de interés para la industria farmacéutica como material acarreador de fármacos (Espinosa-Solis *et al*., 2009; Koev *et al.*, 2020). Es por ello que el objetivo de esta investigación fue hacer un análisis de la información publicada referente a las aplicaciones del almidón obtenido de frutos tropicales, con énfasis de mango, plátano, chirimoya y guanábana, así como su potencial para la industria alimentaria.

Materiales y equipos

La investigación se centró en la recopilación de información en las bases de datos de Elsevier, Scielo, Wiley online library, Redalyc, Springer, Scopus, Sciencedirect desde el año 2000 hasta 2021, como fuente de información fueron artículos científicos publicados en revistas indexadas y arbitradas.

Discusión de resultados

Generalidades del almidón, fuentes de obtención y aplicación

De los polisacáridos presentes en los productos hortofrutícolas, el almidón es el segundo de mayor abundancia después de la celulosa (Bello-Pérez *et al.*, 2005; Schmiele *et al.*, 2019), éste se encuentra como gránulos que difieren en forma y tamaño, que depende del órgano estructural vegetal de obtención (BeMiller y Huber, 2011; Builders y Arhewoh, 2016; Zhang *et al*., 2021). Los gránulos de almidón se componen de amilosa y amilopectina, presentan enlaces α-D-glucosa con diferente número de ramificaciones; son insolubles en agua a temperaturas menores a 60 °C (Bello-Pérez y Agama-Acevedo, 2017; Taggart y Mitchell, 2009). La amilosa es un polímero lineal formado en su mayoría por uniones α-(1,4) y pocas ramificaciones en enlaces α-(1,6), con un peso molecular aproximado entre $10^5 – 10^6$ Da (BeMiller y Huber, 2011), es el componente principal que permite la formación de redes tridimensionales denominadas geles, un alto contenido de amilosa forma geles fuertes, que si se lixivia (por el proceso de gelatinización) provoca la disrupción de la estructura del gránulo (BeMiller, 2019; Schmiele *et al*., 2019), con respecto a la amilopectina, ésta presenta

cadenas lineales con ramificaciones cada 20-30 unidades en enlaces α-(1,6) y constituye la región cristalina del gránulo (BeMiller, 2019); aunado a la amilosa y amilopectina los gránulos de almidón contienen otros componentes como lípidos, proteínas y minerales.

El uso del almidón resulta atractivo por su alta disponibilidad, bajo costo y gran versatilidad en sus aplicaciones; la industria alimentaria usa el almidón como un agente espesante, estabilizante y emulsionante; mientras que, en la industria no alimentaria, como la del papel, usa el almidón para modular la humectabilidad y, las capacidades de impresión y escritura (Yongfeng y Jay-lin, 2015; Schmiele, 2019). En la industria farmacéutica el almidón actúa como un agente aglutinante en tabletas o como material de relleno debido a su capacidad de retención de agua (Koev *et al.*, 2020), y también, como materia prima para la obtención de otros componentes por fermentación (Avérous y Halley, 2014). La demanda de los almidones ha propiciado nuevas investigaciones a nivel mundial para diversificar su obtención (Tabla 1 a y b).

Los frutos como fuentes no convencionales

De la diversidad de órganos estructurales vegetales para la obtención del almidón, destacan en importancia económica los granos de maíz, arroz y trigo, tubérculos como la papa, y la yuca (*Manihot esculenta* Crantz), aunado a esto, también existen otras fuentes de las que se puede extraer almidón con características similares a éstos, entre los cuales están los frutos de plátano, mango, guanábana y chirimoya; raíz de jícama (*Pachyrhizus erosus* L.) el camote, y semillas de yaca, litchi y níspero, a este grupo se le ha catalogado como fuentes no convencionales (Bello-Pérez y Agama-Acevedo, 2017).

Los frutos de plátano, en madurez fisiológica, son fuente importante de almidón, obteniéndose desde un 70-80% (Barros *et al.*, 2016), 75-86% (Flores-Gorosquera *et al*., 2004) en base seca, y 23.5% (Dávila, 2014) en base fresca; estos almidones son resistentes a hidrólisis enzimática (Shittu *et al.*, 2016; Bi *et al.*, 2017) y presentan capacidad espesante (Chávez-Salazar *et al.*, 2017). También se ha reportado que en harinas de plátano inmaduro se encuentra un alto contenido de almidón resistente a hidrólisis enzimática (Hoffmann-Sardá *et al*., 2016), y sus características de digestibilidad y reológicas están determinadas por la relación amilosa/amilopectina (Utrilla-Coello *et al.*, 2014), también se ha obtenido almidón de las cáscaras de frutos de plátano (Hernández-Carmona *et al.*, 2017). De frutos de mango se han obtenido almidones, que por sus propiedades funcionales pueden ser utilizados en productos cárnicos como jamón y salchichas (Bello-Pérez *et al*., 2005), los gránulos de almidón de este fruto son de forma redondeada y ovalada, tamaño que oscila entre los 5 y 10 µm; se gelatinizan a los 69 y 70 °C, presentan una mayor viscosidad y formación de pasta, con respecto a los almidones de maíz (Casarrubias-Castillo *et al*., 2012). Por otro lado, almidones extraídos de semillas de frutos de mango presentan actividad antioxidante, lenta digestión y baja tendencia a la retrogradación, por lo que pueden ser aplicados en productos alimenticios para disminuir la oxidación de lípidos; asimismo para productos funcionales, que debido a la temperatura y entalpía de gelatinización poseen un comportamiento similar al almidón de maíz (Ferreira *et al.*, 2019; Patiño-Rodríguez *et al.*,2020). Con respecto a los almidones obtenidos de Chirimoya y guanábana, éstos tienen un comportamiento similar a los de maíz, con alto contenido de amilopectina (cerosos) y baja sinéresis, por lo que pueden ser usados en la elaboración de productos horneados y congelados; la sinéresis está

relacionado con la lenta retrogradación debida al bajo contenido de amilosa (Goñi *et al.*, 2008; Nwokocha y Williams, 2009; Medina *et al*., 2010).

Métodos de extracción de almidón: convencional y tecnologías emergentes

La obtención de almidón y sus características, dependerán de las condiciones de la materia prima (base fresca o base seca) y sus componentes de la misma (enzimas, lípidos, proteínas), así mismo de la fuente hortofrutícola y metodología para su extracción (Tabla 1 a y b), en este sentido, el principio de separación se basa en la insolubilidad del almidón en agua fría (Schmiele *et al.*, 2019). Durante la extracción de almidón se debe cuidar que éste no sufra daños en su estructura, a los almidones no dañados se les denomina "almidones nativos"; en este sentido, se han reportado diversas extracciones con diferentes reactivos químicos, que pueden causar daño al almidón (Shahrim *et al.*,2018). En frutos de chirimoya se realizó extracción acuosa con bisulfito de sodio y ácido cítrico (Goñi *et al.*,2008), en frutos de plátano extracción acuosa con ácido cítrico (Espinosa-Solís *et al.*, 2009; Casarrubias-Castillo *et al*., 2012; Salazar *et al.*, 2017), en frutos y semillas de mango extracción acuosa con bisulfito de sodio como agente antioxidante (Castro *et al.*, 2019; Ferreira *et al*., 2019; Patiño-Rodríguez *et al.*, 2020), también se ha reportado extracción acuosa con bisulfito de sodio, ácido cítrico e hidróxido de sodio en semilla de mango (Shahrim *et al.*,2018). Sin embargo, Nwokocha y Williams (2009) extrajeron almidón de frutos de chirimoya y guanábana mediante un lavado de harina de la pulpa previamente deshidratada por radiación solar, sin el uso de reactivos químicos; en este contexto, de estos frutos se han preparado harinas deshidratadas por liofilización y horno convencional, de los cuales se obtuvieron los almidones (Iombor *et al.*,2011; Álvarez-Yanamango *et al.*,2019). El uso de tecnologías emergentes permite la mejora en los procesos de extracción o la modificación de las propiedades de los almidones, por ejemplo, extracción de almidón de frutos de guanábana con ultrasonido como método asistido (Ramírez-Balboa *et al.*, 2021).

Tabla 1-a. Fuentes, métodos de extracción y características de almidones de frutos.

Fuente de obtención	Método de extracción	Temperatura y tiempo de secado	Rendimiento (%)	Forma y tamaño de gránulo	Referencia
Banana (*Musa paradisiaca*),	Extracción acuosa alcalina.	45 °C – 24 h.	N	Planos de forma ovalada irregular.	(Bi *et al*., 2017)
Plátano (*Musa paradisiaca* L.) y mango (*Mangifera indica* Var. Tommy Atkins)	Extracción acuosa con ácido cítrico (0.5g/L).	130-150 °C, por atomización	N	Almidón de plátano forma alargada 40 a 45 µm. Almidón de mango forma esférica de 5-12 µm.	(Casarrubias-Castillo *et al*., 2012; Espinosa-Solis *et al.*, 2009)
Bananas de cultivares de Colombia (Dominico Hartón, FHIA 20 y Gros Michel)	Extracción acuosa con bisulfito de sodio (0.3%).	50 °C – 24 h	Dominico Hartón: 32.2 FHIA 20: 31.7 Gros Michel: 20 (*ts)	De forma alargada, Dominico Hartón: longitud 50-65 µm, diámetro 20-30 FHIA 20: longitud 39-75 µm, diámetro 18-32 µm, Gros Michel: longitud 35-70 µm, diámetro 10-20 µm	(Chávez-Salazar *et al*., 2017)

Mango criollo y manila	Extracción acuosa con bisulfito de sodio (0.122%).	40 °C-48 h	N	Mango criollo y manila diámetros de 5-10 µm	(Bello-Pérez *et al.*, 2005)
Semilla de mango Tommy Atkins	Extracción acuosa con bisulfito de sodio (0.5%).	60-80 °C por atomización	29.7-49.7 (*ts)	Oval aplanada y esférica. Tamaño 3.6 a 19.6 µm.	(Ferreira *et al.*, 2019)
Semilla de mango	Extracción acuosa con bisulfito de sodio (1%).	40 °C- 24h	N	Forma ovalada y redonda. Tamaño medio 50 µm	(Patiño-Rodríguez *et al.*, 2020)

*N- no reportado; *ts: en peso seco*

Tabla 1-b. Fuentes, métodos de extracción y características de almidones de frutos.

Fuente de obtención	Método de extracción	Temperatura y tiempo de secado	Rendimiento (%)	Forma y tamaño de gránulo	Referencia
Frutos de cherimoya (*A. cherimola* Mill. cv. Fino de Jete)	Secado por liofilización y molienda en seco, extracción acuosa con bisulfito de sodio (20 mM) y ácido cítrico (10mM).	35 °C- 24h	N	Poligonales y ovalados pequeños de 5-70 µm	(Goñi *et al.*, 2008)
Fruto de kiwi (*Actinidia chinensis*)	Extracción acuosa con fruto congelado	45 °C- 24h	N	Tipo esfera y aplanados, tamaño de 7.5 a 9.6 µm	(Li y Zhu, 2017)
Frutas de la familia *Annonaceae*	Secado del fruto, molido y lavado de la harina para obtención del almidón.	Secado al sol	*Anonna squamosa* 25.6 *Anonna muricata* 27.3 (*ts)	Esféricos, truncados e irregulares. Tamaño medio de 4.8 µm.	(Nwokocha y Williams, 2009)
Guanábana (*Anonna muricata*)	Extracción acuosa asistida con ultrasonido.	40 °C -24h	1.15-6.34	Circular, elípticos, irregulares truncados	(Ramírez-Balboa *et al.*, 2021)
mango (*Mangifera indica* L.)	Extracción acuosa con bisulfito de sodio (0.5%) por 24 h.	40 °C	N	Mango (12.6 µm) elípticos, esféricos o en forma de cúpula.	(Guo *et al.*, 2018)
Semilla de yaca (*Artocarpus heterophyllus*)	Obtención de harina y aislamiento de almidón por extracción acuosa alcalina (NaOH)	50 °C-12h	26.13 (*ts)	Formas redondas acampanadas. Tamaño medio10.0 µm	(Rengsutthi y Charoenrein, 2011)

*N- no reportado; *ts: en peso seco*

Propiedades funcionales de los almidones

Los almidones presentan propiedades funcionales que son determinantes para su aplicación en la industria (Tabla 2 a y b). Se ha reportado que los almidones del fruto de plátano presentan una viscosidad entre 0.25 y 0.27 Pascal por segundo (Pa.s), mayor estabilidad al hinchamiento y ruptura, además de presentar resistencia a la hidrólisis enzimática y picos de viscosidad superiores al almidón de maíz (Chávez-Salazar *et al.*, 2017); la morfología y tamaño del gránulo influye en el aumento de la viscosidad, la formación de geles resistentes y estabilidad de redes tridimensionales relacionadas con la amilosa lixiviada (Casarrubias-Castillo *et al.*, 2012). Se ha reportado contenido de amilosa

aparente en almidón de frutos de plátano (36%) y mango (31%), los cuales presentaron mayor viscosidad pico, final y contenido de amilosa que el almidón de maíz (Espinosa-Solis *et al*., 2009). En la investigación por Guo *et al.*, (2018), reportaron que almidones extraídos de semillas de mango presentaron gránulos de 12.6 µm de diámetro, gelatinización a 83.4 °C, capacidad de absorción de agua de 33 g/g de almidón y un contenido de amilosa de 25% con patrones de difracción de rayos X tipo A; además de una gelatinización con menor retrogradación y resistencia a hidrólisis enzimática (Patiño-Rodríguez *et al.*, 2020). Un análisis de almidón de frutos de chirimoya y guanábana (gránulos menores a 10 µm, gelatinización entre 64 y 75.3 °C) su capacidad de absorción de agua fue de 42.37 g/g de almidón y 27.40 g/g de almidón, respectivamente, y para ambos almidones se presentan picos de viscosidad superiores a 400 RVU (Nwokocha y Williams, 2009).

Tabla 2-a. Propiedades y aplicaciones de almidones de frutos.

Fuente de obtención	Temperatura pico de gelatinización (°C)	Contenido de amilosa (%)	Pico de viscosidad	Patrón de rayos X	Aplicación	Referencia
Banana (*Musa parasdisiaca*),	N	31.41 - 41.66	N	Tipo C	Alimentos funcionales por el contenido de almidón resistente.	(Bi *et al*., 2017)
Plátano (*Musa paradisiaca* L.) y mango (*Mangifera indica* Var. Tommy Atkins)		Platano 36.6% Mango 31.1%	Almidón de plátano forma alargada 40 a 45 µm. Almidón de mango forma esférica de de 5-12 µm.		Espesante, mayor viscosidad que el almidón de maíz.	(Casarrubias-Castillo et al., 2012; Espinosa-Solis, Jane, & Bello-Perez, 2009)
Bananas de cultivares de Colombia (Dominico Hartón, FHIA 20 y Gros Michel)	Dominico Hartón: 74.33 FHIA 20: 73.98 Gros Michel: 73.55	Dominico Hartón: 31.12 FHIA 20: 28.58 Gros Michel: 22.7	Dominico Hartón: 0.26 Pa.s FHIA 20: 0.27 Pa.s Gros Michel: 0.25 Pa.s	Tipo C	En alimentos como espesante o estabilizador.	(Chávez-Salazar *et al*., 2017)
Plátano (*Musa paradisiaca* L.) y mango (*Mangifera indica* Var. Tommy Atkins)	Plátano 76,5 Mango 71.3	Plátano 36.2 Mango 31.1	Plátano 215 RVU Mango 194.1 RVU	Tipo C	Diferentes aplicaciones	(Casarrubias-Castillo *et al*., 2012; Espinosa-Solis *et al.*, 2009)
Bananas cultivadas en Brasil (*Musa* spp.)	70-72	25.13 - 29	369-486 RVU	Tipo B	Competencia en la industria por su mayor viscosidad.	(de Barros Mesquita *et al*., 2016)
Mango criollo y manila	69-71	13.3-12.9	N	Tipo A	Agente espesante y estabilizador por su alta capacidad de absorción de agua y aceite.	(Bello-Pérez *et al.*, 2005)
Semilla de mango Tommy Atkins	68.4	25.26	N.	Tipo V	Alimentos funcionales. Formación de complejos amilosa-lípidos.	(Ferreira *et al*., 2019)

Semilla de mango	75.89	23	67 mPa.s	Tipo A	Lenta digestibilidad, características similares de almidones comerciales.	(Patiño-Rodríguez *et al.*, 2020)

*N- no reportado; *ts: en peso seco.*

Tabla 2-b. Propiedades y aplicaciones de almidones de frutos.

Fuente de obtención	Temperatura pico de gelatinización (°C)	Contenido de amilosa (%)	Pico de viscosidad	Patrón de rayos X	Aplicación	Referencia
Frutos de cherimoya (*A. cherimola* Mill. cv. Fino de Jete)	65.2	15-16.4	N	N	Productos de textura suave y mayor vida útil, y en alimentos horneados y congelados por su baja sinéresis.	(Goñi *et al.*, 2008)
Fruto de kiwi (*Actinidia chinensis*)	60.8-63.6	15.5-23.3	N	Tipo B	Resistencia a degradación enzimática en comparación de maíz y papa. Mayor entalpia.	(Li y Zhu, 2017)
Frutas de la familia *Annonaceae*	*Anonna squamosa (*chirimoya*)* 68.62 *Anonna muricata (*guanábana*)*70.96	Chirimoya 19.35 Guanábana 19.31	Chirimoya 578.25 RVU Guanábana 428.92 RVU.	N	Alimentos instantáneos y congelados	(Nwokocha y Williams, 2009)
Guanábana (*Anonna murucata*)	70.33-82	24-30	N	N	Espesante alimentario	(Ramírez-Balboa *et al*., 2021)
Mango (*Mangifera indica* L.)	Mango 83.4	Mango 24.1	Mango 711 mPa.s	Mango tipo A	Almidones sensibles a la hidrólisis.	(Guo *et al.*, 2018)
Semilla de yaca (*Artocarpus heterophyllus*)	81.58	32.14	255.58 RVU	Tipo A	Espesante y estabilizador en salsa.	(Rengsutthi y Charoenrein, 2011)

*N- no reportado; *ts: en peso seco.*

Las propiedades de los almidones, dependiendo la fuente de obtención y método de extracción, son consideradas para la aplicación y uso de los almidones en las industrias. Por ejemplo, los almidones obtenidos de frutos de guanábana y chirimoya presentan mayor estabilidad a la congelación-descongelación por lo que presentan menor exudado de agua (sinéresis), similares a los almidones cerosos de maíz, por lo que son potenciales en comidas horneadas y congeladas (Nwokocha y Williams, 2009). Los almidones con baja sinéresis presentan bajo contenido de amilosa y por lo tanto una lenta retrogradación, éstos pueden ser aplicados en productos alimenticios con alto contenido de agua y, que requieren almacenamiento en refrigeración, por ejemplo, helados, salsas y cremas; sin embargo, estos almidones también forman geles inestables que dificulta su aplicación en productos que requieran la formación de una matriz estructurada, como jaleas, gelatinas, budín y flanes (Srichuwong *et al*., 2012). Por otro lado, los almidones nativos por sus propiedades funcionales y en relación al proceso gelatinización, pueden ser utilizados en la industria alimentaria; por su resistencia a la hidrólisis enzimática también pueden ser sugeridos para la industria farmacéutica,

como material acarreador de fármacos. Los almidones de gránulos pequeños obtenidos de semillas han demostrado su capacidad como agente espesante y estabilizante de aderezos.

Con la información analizada, en relación a la extracción y aplicaciones de los almidones de frutos de plátano, mango, chirimoya y guanábana; se tiene que la obtención y separación de los almidones se lleva mediante extracción acuosa, principalmente, aunque también se reportó el uso de reactivos químicos como bisulfito de sodio y ácido cítrico con el objetivo es disminuir el pardeamiento enzimático. Sin embargo, el uso de los reactivos químicos puede ocasionar daño en la estructura granular del almidón y provocar la erosión superficial, lo cual afecta las propiedades funcionales como la absorción de agua y la solubilidad, aunque el uso de reactivos químicos está condicionado por los tiempos de extracción y las técnicas de separación (tecnologías emergentes).

La forma y tamaño del gránulo están relacionados con las propiedades funcionales, se ha documentado que los gránulos de menor tamaño, como los de chirimoya, guanábana y mango presentan una mayor capacidad de hinchamiento y está ligado a una compacta estructuración de las cadenas de amilopectina, lo que permite una estabilidad en su estructura y una mayor absorción de agua, formando pastas viscosas en comparación a una de almidón de maíz. Mientras que los almidones de mayor tamaño (plátano) presentan un mayor hinchamiento que los de maíz, pero menos que los de mango y anonáceas. A mayor hinchamiento del gránulo las pastas son más viscosas generando un mayor índice de absorción de agua favoreciendo la lixiviación de la amilosa. La gelatinización se logra a temperaturas que van desde los 65 °C (anonáceas y mango) hasta los 70 °C (plátano). Otra de las propiedades importantes de los almidones es la resistencia a la hidrólisis enzimática, la cual se relaciona con la estructura interna del gránulo, limitando la reacción de las enzimas sobre las cadenas de amilosa y amilopectina; en el caso de los almidones de plátano y mango estos presentan una alta resistencia. Se propone que los almidones obtenidos de frutos de plátano pueden ser propuestos para la elaboración de productos funcionales; los almidones de frutos de mango para productos que requieren una estabilidad de gelificado; los almidones de chirimoya y guanábana para la formación de pastas viscosas y transparentes con baja tendencia a la retrogradación y para ser usados en productos alimenticios que requieren una baja sinéresis.

Conclusión

El almidón obtenido de frutos tropicales como el mango, plátano, chirimoya y guanábana presentan un potencial para ser aplicados como agentes espesantes, estabilizantes y gelificantes en productos alimenticios, tales como en jamón, salchichas, aderezos, jaleas y mermeladas. Al ser almidones resistentes también tienen una aplicación potencial en productos funcionales, por ejemplo, galletas, barras energéticas y pan de caja. Los almidones, en específico de guanábana y chirimoya, por su baja sinéresis pueden ser aplicados en productos horneados y congelados.

Estos almidones son una alternativa por sus propiedades, las cuales potencializan las características organolépticas y tecnológicas en los procesos de manufactura y almacenamiento de los productos en la industria alimentaria.

Referencias

1. FAO, 2020, *Major Tropical Fruits Statistical Compendium 2019*. (Publication no. ISBN 978-92-5-

133203-0). Roma. En: http://www.fao.org/economic/est/est-commodities/frutas-tropicales/es/ (consultado octubre, 2021).

2. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), 2020, *Cierre de la producción agrícola*, en: https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola (consultado enero, 2022).

3. Carvalho, A. J. F., 2013, *7 - Starch: Major Sources, Properties and Applications as Thermoplastic Materials. In S. Ebnesajjad (Ed.), Handbook of Biopolymers and Biodegradable Plastics*, Boston, William Andrew Publishing.

4. Espinosa-Solis, V., Jay-lin, J., y Bello-Perez, L. A., "Physicochemical Characteristics of Starches from Unripe Fruits of Mango and Banana", *Starch - Stärke, 61*, 5, 2009, 291-299. doi: 10.1002/star.200800103

5. Koev, T. T., Muñoz-García, J. C., Iuga, D., Khimyak, Y. Z., y Warren, F. J. "Structural heterogeneities in starch hydrogels". *Carbohydrate Polymers, 249*, 2020, 116834. doi: https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116834

6. Bello-Pérez, L. A., Aparicio-Saguilán, A., Méndez-Montealvo, G., Solorza-Feria, J., y Flores-Huicochea, E.,"Isolation and partial characterization of mango (Magnifera indica L.) starch: morphological, physicochemical and functional studies". *Plant foods for human nutrition, 60*, 1, 2005, 7-12.

7. Schmiele, M., Marques-Sampaio, U., y Pedrosa-Silva, C., M., 2019, *Chapter 1 - Basic Principles: Composition and Properties of Starch. In Starches for Food Application*, Sawston, Reino Unido, Academic Press.

8. BeMiller, J. N., y Huber, K. C., 2011, *Starch Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*, Weinheim, Alemania, Wiley-VCH Verlag GmbH y Co. KGaA.

9. Builders, P. F., y Arhewoh, M. I. "Pharmaceutical applications of native starch in conventional drug delivery". *Starch - Stärke, 68*, 9-10, 2016, 864-873. doi: 10.1002/star.201500337

10. Zhang, Y., Li, B., Xu, F., He, S., Zhang, Y., Sun, L., Tan, L., "Jackfruit starch: Composition, structure, functional properties, modifications and applications". *Trends in Food Science and Technology, 107*, 2021, 268-283. doi: https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.10.041

11. Bello-Perez, L. A., y Agama-Acevedo, E., 2017, *Chapter 1 - Starch.* In *Starch-Based Materials in Food Packaging*, Sawston, Reino Unido, Academic Press.

12. Taggart, P., y Mitchell, J. R., 2009, *5 - Starch*. In *Handbook of Hydrocolloids* (Second Edition), Sawston, Reino Unido, Woodhead Publishing.

13. BeMiller, J. N., 2019, *6 - Starches: Molecular and Granular Structures and Properties.* In J. N. BeMiller (Ed.), *Carbohydrate Chemistry for Food Scientists (Third Edition)*, San Diego CA., International Press.

14. Yongfeng, A., y Jay-lin, J., "Gelatinization and rheological properties of starch", Starch - Stärke, 67, 3-4, 2015 213-224. doi: 10.1002/star.201400201

15. Avérous, L., y Halley, P. J., 2014, *Chapter 1 - Starch Polymers: From the Field to Industrial Products*. In *Starch Polymers*, Amsterdam: Elsevier.

16. Bi, Y., Zhang, Y., Jiang, H., Hong, Y., Gu, Z., Cheng, L., Li, C., "Molecular structure and digestibility of banana flour and starch", *Food Hydrocolloids, 72*, 2017, 219-227. doi: https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.06.003

17. Casarrubias-Castillo, M. G., Méndez-Montealvo, G., Rodríguez-Ambriz, S. L., Sánchez-Rivera, M. M., y Bello-Pérez, L. A., "Diferencias estructurales y reológicas entre almidones de frutas y cereales" *Agrociencia, 46*, 2012, 455-466.

18. Chávez-Salazar, A., Bello-Pérez, L. A., Agama-Acevedo, E., Castellanos-Galeano, F. J., Álvarez-Barreto, C. I., y Pacheco-Vargas, G., "Isolation and partial characterization of starch from banana cultivars grown in Colombia", *International Journal of Biological Macromolecules, 98*, 2017, 240-246. doi: https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.01.024

19. Ferreira, S., Araujo, T., Souza, N., Rodrigues, L., Lisboa, H. M., Pasquali, M., Rocha, A. P., "Physicochemical, morphological and antioxidant properties of spray-dried mango kernel starch", *Journal of Agriculture and Food Research, 1*, 2019, 100012. doi: https://doi.org/10.1016/j.jafr.2019.100012

20. Patiño-Rodríguez, O., Agama-Acevedo, E., Ramos-Lopez, G., y Bello-Pérez, L. A., "Unripe mango kernel starch: Partial characterization", *Food Hydrocolloids, 101*, 2020, 105512. doi: https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105512

21. Goñi, O., Escribano, M. I., y Merodio, C., "Gelatinization and retrogradation of native starch from cherimoya fruit during ripening, using differential scanning calorimetry", *LWT - Food Science and Technology, 41*, 2, 2008, 303-310. doi: https://doi.org/10.1016/j.lwt.2007.03.009

22. Li, D., y Zhu, F., "Physicochemical properties of kiwifruit starch", Food Chemistry, 220, 2017, 129-136. doi: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.09.192

23. Nwokocha, L. M., y Williams, P. A., "New starches: Physicochemical properties of sweetsop (Annona squamosa) and soursop (Anonna muricata) starches", *Carbohydrate Polymers, 78*, 3, 2009, 462-468. doi: https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2009.05.003

24. Ramírez-Balboa, G., Balois-Morales, R., Bello-Lara, J. E., Bautista-Rosales, P. U., León-Fernández, A. E., López-Guzmán, G. G., López-Flores, Y. A., "Ultrasound-assisted extraction and characterization of the functional properties of starch from soursop fruits (*Annona muricata* L.)." *Acta Scientiarum. Technology, 43*, 2021, e49052-e49052. https://doi.org/10.4025/actascitechnol.v43i1.49052

25. Guo, Z., Jia, X., Zhao, B., Zeng, S., Xiao, J. and Zheng, B., "C-type starches and their derivatives: structure and function", Ann. N.Y. Acad. Sci., 1398, 2017, 47-61. https://doi.org/10.1111/nyas.13351

26. Rengsutthi, K., y Charoenrein, S., "Physico-chemical properties of jackfruit seed starch (Artocarpus heterophyllus) and its application as a thickener and stabilizer in chilli sauce", *LWT - Food Science and Technology, 44*, 5, 2011, 1309-1313. doi: https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.12.019

27. Barros, C., Leonel, M., Franco, C., Leonel, S., Garcia, E., y dos Santos, T., "Characterization of banana starches obtained from cultivars grown in Brazil", *International Journal of Biological Macromolecules, 89*, 2016, 632-639. doi: https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.05.040

28. Flores-Gorosquera, E., García-Suárez, F. J., Flores-Huicochea, E., Núñez-Santiago, M. C., González-Soto, R. A., y Bello-Pérez, L. A., "Rendimiento del proceso de extracción de almidón a partir de frutos de plátano (Musa paradisiaca). Estudio en planta piloto", *Acta Científica Venezolana, 55*, 1, 2004, 86-90.

29. Dávila, F. V., "Determinación de los parámetros para la extracción de almidón del plátano bellaco (Musa paradisiaca)", *Revista de Investigación Universitaria, 3*, 2, 2014, 23-28 https://doi.org/10.17162/riu.v3i2.517

30. Shittu, R., Lasekan, O., Karim, R., y Sulaiman, R., "Plantain-starch: Microstructural, physicochemical, and morphological characteristics of two cultivars grown in Malaysia", *Starch - Stärke, 68*, 11-12, 2016, 1187-1195. doi: https://doi.org/10.1002/star.201500262

31. Hoffmann-Sardá, F. A., de Lima, F. N., Lopes, N. T., Santos, A. O., Tobaruela, E. d. C., Kato, E. T. M., y Menezes, E. W., "Identification of carbohydrate parameters in commercial unripe banana flour", *Food Research International, 81*, 2016, 203-209. doi: https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.11.016

32. Utrilla-Coello, R. G., Rodríguez-Huezo, M. E., Carrillo-Navas, H., Hernández-Jaimes, C., Vernon-Carter, E. J., y Alvarez-Ramirez, J., "In vitro digestibility, physicochemical, thermal and rheological properties of banana starches" *Carbohydrate Polymers, 101*, 2014, 154-162. doi: https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.09.019

33. Hernández-Carmona, F., Morales-Matos, Y., Lambis-Miranda, H., y Pasqualino, J., "Starch extraction potential from plantain peel wastes", *Journal of Environmental Chemical Engineering, 5*(5), 2017, 4980-4985. doi: https://doi.org/10.1016/j.jece.2017.09.034

34. Medina, C., Paredes, A., Rodríguez, M. E., Moreno, M., Belén-Camacho, D., García, D., y Ojeda, C., "Evaluación de dos métodos de extracción de almidón a partir de cotiledones de mango", *Bioagro, 22*,1, 2010, 67-74.

35. Castro, D. S., dos Santos Moreira, I., de Melo Silva, L. M., Lima, J. P., da Silva, W. P., Gomes, J. P., y de Figueirêdo, R. M. F., "Isolation and characterization of starch from pitomba endocarp, "*Food Research International*, *124*, 2019, 181-187. doi: https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.06.032

36. Shahrim, N. A., Sarifuddin, N., y Ismail, H., "Extraction and Characterization of Starch From Mango Seeds", *Journal of Physics:*

Conference Series, 1082, 2018, 012019. doi: 10.1088/1742-6596/1082/1/012019

37. Iombor, T. T., Olaitan, I. N., y Ede, R. A., "Proximate composition, antinutrient content and functional properties of soursop flour as influenced by oven and freeze drying methods", *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*, *2*, 2, 2014, 106-110. http://dx.doi.org/10.12944/CRNFSJ.2.2.08

38. Álvarez-Yanamango, E., Chuquilín-Goicochea, R., Huayta, F., y Arias, G., "Functionality and physicochemical properties of the cherimoya flour (*Annona cherimola* Miller) cv. Cumbe", *Italian Journal of Food Science*, 1, 2019, 39-49.

39. Srichuwong, S., Isono, N., Jiang, H., Mishima, T., y Hisamatsu, M., "Freeze–thaw stability of starches from different botanical sources: Correlation with structural features", *Carbohydrate Polymers*, *87*(2), 2012 1275-1279. doi: https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2011.09.004.