

**UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y
ARTES DE CHIAPAS**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN Y
ALIMENTOS**

**ELABORACIÓN DE
TEXTO**

**MANUAL DE OBTENCIÓN,
CARACTERIZACIÓN Y USO DE
HARINAS Y ALMIDONES DE
FUENTES NO CONVENCIONALES**

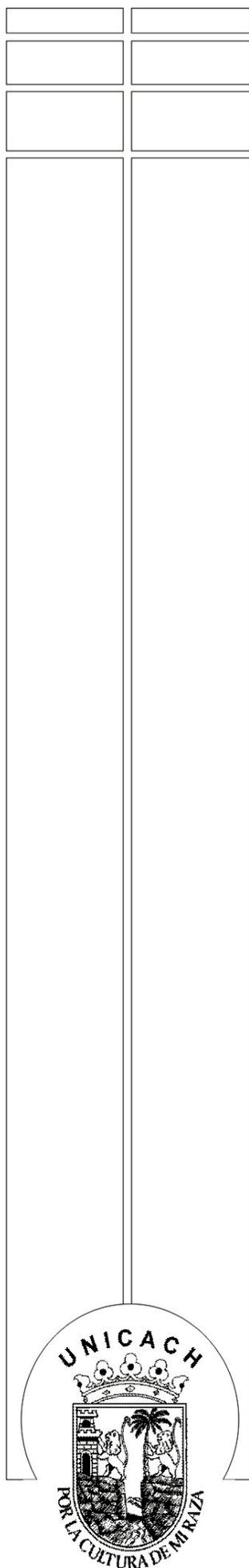
**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN CIENCIA Y
TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

PRESENTAN

**JEFFREY ALEGRÍA LEÓN
JORGE JAVIER FARRERA OLEA**

DIRECTOR DE TESIS

**M. EN C. MARÍA EMPERATRIZ DOMÍNGUEZ
ESPINOSA**





UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

SECRETARÍA GENERAL

DIRECCIÓN DE SERVICIOS ESCOLARES

DEPARTAMENTO DE CERTIFICACIÓN ESCOLAR

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

13 de diciembre de 2021

C. Jeffrey Alegría León

Pasante del Programa Educativo de: Licenciatura en Ciencia y Tecnología de Alimentos

Realizado el análisis y revisión correspondiente a su trabajo recepcional denominado:

Manual de obtención, caracterización, uso de harinas y almidones de fuentes no convencionales.

En la modalidad de: Elaboración de Texto

Nos permitimos hacer de su conocimiento que esta Comisión Revisora considera que dicho documento reúne los requisitos y méritos necesarios para que proceda a la impresión correspondiente, y de esta manera se encuentre en condiciones de proceder con el trámite que le permita sustentar su Examen Profesional.

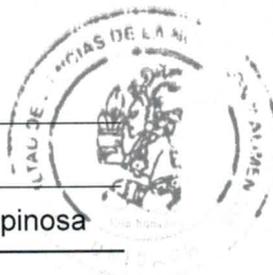
ATENTAMENTE

Revisores

Mtro. José Abelardo Castillo Archila

Mtro. Pedro Gerardo Trejo Flores

Mtra. María Emperatriz Domínguez Espinosa



Firmas:

Ccp. Expediente



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

SECRETARÍA GENERAL

DIRECCIÓN DE SERVICIOS ESCOLARES

DEPARTAMENTO DE CERTIFICACIÓN ESCOLAR

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

13 de diciembre de 2021

C. Jorge Javier Farrera Olea

Pasante del Programa Educativo de: Licenciatura en Ciencia y Tecnología de Alimentos

Realizado el análisis y revisión correspondiente a su trabajo recepcional denominado:

Manual de obtención, caracterización, uso de harinas y almidones de fuentes no convencionales.

En la modalidad de: Elaboración de Texto

Nos permitimos hacer de su conocimiento que esta Comisión Revisora considera que dicho documento reúne los requisitos y méritos necesarios para que proceda a la impresión correspondiente, y de esta manera se encuentre en condiciones de proceder con el trámite que le permita sustentar su Examen Profesional.

ATENTAMENTE

Revisores

Mtro. José Abelardo Castillo Archila

Mtro. Pedro Gerardo Trejo Flores

Mtra. María Emperatriz Domínguez Espinosa



COORD. DE TITULACIÓN

Firmas:

Three horizontal lines with blue ink signatures written over them, corresponding to the three reviewers listed on the left.

Ccp. Expediente

AGRADECIMIENTOS

Jeffrey Alegría León.

Agradezco primeramente a Dios y a mis padres, ustedes han sido siempre el motor que impulsa mis sueños. Siempre han sido mis mejores guías de vida. Gracias por ser quienes son y por creer en mí. A mis amigos y compañeros de viaje, hoy culmina esta maravillosa aventura y no puedo dejar de recordar cuantas tardes y horas de trabajo y vivencias juntos. A mis profesores que les debo mis conocimientos. Donde quiera que vaya, los llevaré conmigo en mi transitar profesional. Gracias por su paciencia, por compartir sus conocimientos de manera profesional e invaluable, por su dedicación perseverancia y tolerancia.

Jorge Javier Farrera Olea.

Primero que nada quiero agradecer a dios por darme la oportunidad de estar vivo, también quiero agradecer a mi esposa e hija por ser mi motor día a día y estar siempre en el camino que tomemos juntos, a mis padres por el apoyo incondicional y a mis maestros que pusieron los pilares y cimientos de mi desarrollo académico, también quiero agradecer a mis amigos que siempre estuvieron apoyándome cuando los necesite sin todas esas personas involucradas no habría sido posible terminar esta tesis siempre les desearé lo mejor a ellos y cuando necesiten algo estaré ahí para ellos. Por la cultura de mi raza.

Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN.....	1
JUSTIFICACIÓN.....	2
OBJETIVOS	3
GENERAL	3
ESPECÍFICOS	3
MARCO TEÓRICO	4
HARINAS	4
PLÁTANO.....	4
Producción de plátano en México y el mundo	5
Estudio de las propiedades fisicoquímicas y funcionales de la harina de banano ..	6
Papa.....	7
YACA.....	7
Características	8
MALANGA.....	9
Mango	11
Producción de mango en México	11
CAMOTE	11
ALMIDONES	13
Comportamiento de diferentes almidones:.....	18
El almidón de maíz	18
El almidón de maíz ceroso.....	19
El almidón de papa	19
Almidón de Plátano.....	19
USO DE LOS ALMIDONES	20
PRODUCCIÓN Y CONSUMO NACIONALES:	22

METODOLOGÍA	24
POBLACIÓN.....	26
RESULTADOS.....	26
GLOSARIO	27
REFERENCIAS DOCUMENTALES	28

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Producción de plátano en México 2010	5
Figura 2. Estructura del Almidon.....	13
Figura 3. Almidón a) Estructura química de la amilosa b) conformación helicoidal de la amilosa c) complejo amilos-iodo . Fuente: (Villaseñor, 2015).	15
Figura 4. a) Estructura química de la amilopectina; b) Cadenas A, B y C de la amilopectina, b1) longitud de las cadenas A, B, B1 y c) arreglo estructural de las regiones amorfas y cristalinas; dirección de los racimos de las cadenas de amilopectina en el gránulo.	16

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cosecha 2018 en México	5
Tabla 2 . Valor de las propiedades químicas de la harina de banano.....	6
Tabla 3. Semilla de yaca	8
Tabla 4. Propiedades funcionales de la harina de semillas de yaca.....	9
Tabla 5. Propiedades fisicoquímicas y funcionalidades de la harina de malanga.....	10
Tabla 6. Propiedades funcionales de la harina de semillas de yaca.....	13
Tabla 7. Composición proximal de la Yaca	13
Tabla 8. Composición proximal de la malanga	15
Tabla 9 Análisis Químico Proximal en Harina de Malanga.....	16
Tabla 10 Análisis Químico Proximal de Almidón Base Seca	16
Tabla 11. Comparación de malanga con otros tubérculos.....	18
Tabla 12. composición química porcentual del almidón de camote remotiflora y sparsiflora vs papa	19
Tabla 13. Contenido de almidón en diferentes especies de camote.....	21
Tabla 14. Contenido de amilosa en tres variedades de camote: anaranjado (CA), blanco (CB) y morado (CM).....	21
Tabla 15 Caracterización química de papa (Solanum Tuberosum).....	27
Tabla 16 Capacidad de absorción de agua papa (solanum Tuberosum).....	27
Tabla 17 Caracterización de la almendra de mango	29

INTRODUCCIÓN

La seguridad alimentaria es un tema global, puesto que requiere el aporte de la investigación y la innovación, por ende, la formulación de productos alimentarios saludables y el estudio de nuevas materias primas, se presentan como una tarea prioritaria para los profesionales del sector alimentario, siendo de interés para este manual las harinas y almidones de fuentes no convencionales.

A nivel mundial, se consumen las harinas y almidones en muchos productos (panes, pasteles, galletas, cereales, entre otras), siendo una fuente de energía muy importante. La harina es un polvo procedente de la molienda de cereales, tubérculos, legumbres y otras materias sólidas y el almidón es una macromolécula que proporciona energía y se encuentra en varios alimentos de origen vegetal como algunos tubérculos, estos productos de manera convencional se obtienen del trigo, maíz, arroz, papa, etc. debido a la facilidad de su cultivo. Existen algunas especies promisorias de las cuales hablaremos más adelante.

Las harinas tienen múltiples aplicaciones en la industria alimentaria, la mayoría de la harina de trigo producida se emplea para fabricar pan, a diferencia del almidón que se utiliza para conferir ciertas características deseables en los alimentos. El almidón se modifica mediante diferentes técnicas físicas, químicas y enzimáticas para mejorar su utilidad en la industria alimentaria como espesante, estabilizador, humectante, emulsificante, aglomerante y antiglutinante. Se emplean como aditivos para mejorar las propiedades tecnológicas que caracterizan a muchos de los alimentos procesados debido a su capacidad de retener agua y, por tanto, provocan cambios en la reología del producto final, dependiendo de las características físicas y químicas de los gránulos de almidón (De la Torre et al., 2008).

Por lo anterior, el objetivo de esta investigación es elaborar un manual que reúna las principales características de las harinas y almidones de fuentes no convencionales para su posterior uso en procesos y productos del área alimentaria, así también, presentar las metodologías de su extracción, de tal forma que se pueda, gracias a sus características únicas, impulsar su aprovechamiento. Las harinas y almidones no convencionales constituyen una fuente innovadora para formular alimentos y expandir la visión sobre lo que se puede usar para obtener estos.

JUSTIFICACIÓN

En los últimos años ha cambiado el estilo de vida a uno más práctico y acelerado, esto ha llevado a la modificación de los hábitos de compra y consumo, los alimentos ricos en energía a base de harinas y/o almidones forman parte de esta dieta. La industria alimentaria se vale de fuentes convencionales para la obtención de estos, puesto que son los más fáciles de cosechar y de los cuales se obtienen más rendimiento (volumen), ejemplos de estos son: el arroz, el maíz, el trigo, la papa, entre otros; estos alimentos tienen características singulares que se aprovechan de la mejor manera, sin embargo, han monopolizado la industria dejando a un lado a las fuentes no convencionales que bien se podrían utilizar y aportar características funcionales similares, ejemplos de estas fuentes son la malanga, el plátano, la yaca, mango, avena, camote, guaya, etc.

Las fuentes no convencionales han estado recientemente sujetas a investigación y los resultados son prometedores. Estas características han permitido que constituyan una alternativa eficaz para sustituir a las fuentes convencionales, que además de la industria alimentaria tienen otros usos.

En términos más generales, con el uso de fuentes no convencionales, la industria alimentaria puede ayudar a transformar la agricultura y los sistemas alimentarios para obtener mejores resultados ambientales, sociales y económicos. Es por esto, que este manual se enfoca en recabar las características de otras fuentes de obtención de harina y almidón para su uso en alimentos ya sea en la industria o de forma artesanal.

OBJETIVOS

GENERAL

Diseñar un manual que describa las técnicas de extracción, caracterización y uso de harinas y almidones de fuentes no convencionales (plátano, yaca, malanga, camote, papa silvestre, mango) para propiciar su aprovechamiento.

ESPECÍFICOS

- Recopilar la información bibliográfica existente acerca de técnicas de extracción, caracterización (físicoquímica, funcional) apariencia microscópica y usos sugeridos de harinas y almidones de fuentes no convencionales.
- Elaborar un manual que permita proporcionar información sobre técnicas de extracción, caracterización y uso de harinas y almidones de fuentes no convencionales (plátano, yaca, malanga, camote, papa silvestre, mango).

MARCO TEÓRICO

HARINAS

Los productos de trigo han sido parte de la dieta desde muchos siglos atrás. La harina de trigo es la más usada en la panificación, debido a que contiene las proteínas requeridas para formar un gluten con las características necesarias para elaborar pan de buena calidad. Sin embargo, dada su naturaleza de cereal, el trigo es deficiente en lisina, aminoácido esencial para todos los seres humanos, además, el contenido de fibra de la harina comúnmente usada para la elaboración de pan es insignificante, como resultado del proceso de refinación del grano de trigo.

Una posible respuesta a las deficiencias nutricionales del trigo son las leguminosas, las cuales contienen lisina, pero son deficientes en metionina, aminoácido esencial que, si se encuentra presentes en los cereales, debido a lo anterior, la mezcla de harina de trigo con harinas de leguminosas ha despertado el interés de los investigadores en ciencia de alimentos, dando lugar a productos con alta calidad proteica.

Por otro lado, algunas frutas (por ejemplo, el plátano) contiene almidón resistente, el cual es considerado un tipo de fibra asociado a la disminución del índice glucémico de la dieta y a la reducción del riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares, por no ser digerible por el sistema digestivo humano. La adición de harinas de estas frutas a la harina de trigo, para incrementar su valor nutrimental al enriquecerla con fibra, también ha sido motivo de estudio (Torres & Jiménez 2014).

PLÁTANO

La harina de plátano (*Musa paradisiaca* L.) inmaduro o verde, presenta alto contenido de almidón resistente (AR) (80%); En los últimos años, el AR ha recibido importancia en la formulación de productos alimenticios como ingrediente funcional debido a que actúa como fuente de fibra (Yue y Waring, 1998). El AR se define como “la suma del almidón y sus productos de degradación que no son hidrolizados ni absorbidos en el intestino delgado de individuos sanos (Euresta, 1992).

Producción de plátano en México y el mundo

En 2010 India fue el principal productor de plátanos, con 31% del total, seguido de China con 10% y Filipinas con 9%. México ocupó el noveno lugar con 2%. En nuestro país para ese mismo año los principales productores fueron Chiapas con 35% de la producción nacional; Tabasco con 22%; Veracruz con 11%; y Michoacán y Colima con 7% cada uno (figura 1). También se produjeron plátanos en otros estados del país, pero en una cantidad no tan importante.



Figura 1. Producción de plátano en México (SIAP 2010)

Para 2018 se produjeron 2,386,195 toneladas en México y los principales aportadores son los estados mencionados en la tabla 1.

Tabla 1. Cosecha 2018 en México

Estado	Unidad de medida	Producción
Chiapas	Tonelada	696,298
Tabasco	Tonelada	630,097
Veracruz	Tonelada	281,513
Colima	Tonelada	206,693
Jalisco	Tonelada	183,904
Michoacán	Tonelada	160,674

Fuente: SIAP, 2018

Características

La densidad aparente es una propiedad aplicada con la finalidad de evaluar la relación entre la masa y el volumen ocupado. En harinas, permite evaluar el proceso de molienda (tamaño de partícula) y la porosidad, es así que las harinas que exhiben una mayor densidad aparente mostrarán un menor volumen (Dzudie y Hardy, 1996). En las harinas de banano de rechazo desarrolladas los valores oscilan entre 0,73 g/mL y 0,83 g/mL.

El color es un parámetro físico importante en la calidad de la harina. Para describir los atributos básicos de colores determinó el tono hue (Ho) la cromaticidad (C*) y el índice de blancura (IB) en base a las coordenadas cromáticas (L*, a* y b*).

Las propiedades químicas como: el contenido de almidón (%), amilosa (%) y fibra (%) son considerados dentro de los parámetros más importantes de la harina puesto que le confieren las propiedades fisicoquímicas y funcionales. estas presentan un alto contenido de almidón (67,48 - 78,21 %), similar a lo reportado por Soto (2010) quien obtuvo 68,13%, de almidón para banano sin corteza de la misma. Con respecto al contenido de Amilosa, las muestras presentaron entre 12,82 y 17,98 % confirmando el estudio presentado por Aparicio (2000) quien obtuvo de 9,11 a 17,16 % de amilosa para plátano (*Musa acuminata* L., cv Cavendish).

Tabla 2 . Valor de las propiedades químicas de la harina de banano

Parámetro	Valor p		
	Almidón	Amilosa	Fibra
Zona de producción	0,3120	0,3249	0,1025
Fruta	0,5265	0,3283	0,0369
Antioxidante	0,4926	0,4938	0,3273

Fuente: Aparicio (2000)

Estudio de las propiedades fisicoquímicas y funcionales de la harina de banano

Capacidad de Retención de Agua (CRA)

La capacidad de retención de agua es un parámetro importante para el desarrollo de películas biodegradable y. de acuerdo con lo reportado por Crosbie (1991) la CRA indica la capacidad del polímero para interactuar con el agua de solvatación, además, es una media indirecta de las características físicas (consistencia) de la dispersión formada.

Papa

Producción de papa en México

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es uno de los cultivos más importantes a nivel mundial (Gopal y Khurana, 2006). Ocupa el cuarto lugar en producción para consumo humano, superado solamente por el trigo, arroz y maíz (Ross, 1986). Clasificaciones recientes reconocen alrededor de 100 especies silvestres y cuatro cultivadas (incluyendo a *Solanum tuberosum*) (Ovchinnikova *et al*, 2011). En México, la papa se cultiva anualmente en una superficie de 69 054 ha, con una producción de 1 433 239 millones de toneladas y un rendimiento promedio de 26 t ha (SAGARPA, 2011). La papa se cultiva principalmente en los estados de Sinaloa, Sonora, Chihuahua, Coahuila, Guanajuato, Nuevo León, Jalisco, Michoacán, Veracruz y México (SAGARPA, 2011).

El consumo per cápita de papa en México es de 17 kilogramos, pero las importaciones del Canadá y los Estados Unidos no han dejado de aumentar en los últimos años, y en 2006 llegaron a 65 000 toneladas de papa fresca y 122 000 toneladas de productos congelados.

YACA

El interior de la fruta consta de pulpa y semilla color marrón. La semilla es de 2-4 cm de largo y 1.25-2 cm de espesor y es de color blanco y nítido en su interior. Puede haber 100 o hasta 500 semillas en una sola fruta. (Morton, 1987).

La Yaca es originaria de Indonesia; en Bangladés es considerada fruta nacional y se llevó a Nayarit en 1985. No obstante, es poco conocida por la población mexicana, al igual que su valor nutrimental y otras formas de aprovecharla. Su aspecto exótico se lo da su corteza amarilla, anaranjada o verdosa, muy texturizada. Por dentro la fruta es amarilla y fibrosa, su característica exótica es que despide sabores de frutas tropicales como piña, plátano, mango, naranja, melón y papaya, así que cuando se prueba se perciben sabores distintos (SIAP 2016).

De acuerdo con el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) se produjeron 18,611 toneladas en 2016. De los 21 municipios que reportan yaca, San Blas y Compostela, en Nayarit, son los principales productores a nivel nacional, seguidos por Martínez de la Torre, Veracruz, obteniendo en promedio entre estos tres municipios 15.41 toneladas por hectárea. En

2016, México exportó 16 mil 798 toneladas de yaca principalmente a Estados Unidos, lo que representó 90.3% de la producción nacional. (SIAP 2016).

Características

La semilla está compuesta del 80 % es nuez comestible. 20 % es cáscara leñosa y cutícula apergaminada (Santoyo, 2005). Las semillas de yaca son una buena fuente de almidón y fibra dietética. (Hettiaratchi, Ekanayake, & Welihinda, 2011). Las Semillas de yaca contienen lignanos, isoflavonas, saponinas, todos los fitonutrientes y sus beneficios para la salud. Las semillas contienen 135 kcal / 100 g. son una rica fuente de carbohidratos complejos, fibra dietética, vitaminas como la vitamina A, C y ciertas vitaminas B, y minerales como el calcio, zinc, y fósforo entre otros (Neesha, 2005).

Las semillas de yaca tienen mayor valor proteico que: la yuca, la papa, el maíz, el plátano y el arroz. Contienen hierro, calcio, potasio y niacina, calorías, Vitamina B1 (Santoyo, 2005).

Algunas propiedades fisicoquímicas se aprecian en la tabla 3 y 4.

Tabla 3. Semilla de yaca

Componente	Contenido
Humedad (g)	6.09 ± 0.01
Grasa bruta (g)	1.27 ± 0.01
Ceniza (g)	2.70 ± 0.02
Proteína (g)	13.50 ± 0.06
Fibra (g)	3.19 ± 0.01
Carbohidrato (g)	79.34 ± 0.06
Energía (Kcal / 100 g)	382.79 ± 1.20
pH	5.78 ± 0.01
Acidez titulable (como, ácido láctico)	1.12 ± 0.03

Fuente: Santoyo, 2005

Tabla 4. Propiedades funcionales de la harina de semillas de yaca

Índices	Valores
Capacidad de absorción de agua %	25.00 ± 1.67
Capacidad de absorción de grasa%	17 ± 1.37
Densidad aparente (g/cm ^{^3})	0.80 ± 0.02
Capacidad de formación de espuma (%)	25.34 ± 0.02
Estabilidad de la espuma (%)	33 ± 0.01
hinchazón de la alimentación (g/g)	4.77 ± 0.10

Fuente: (OCLOO, 2010)

MALANGA

La producción agrícola está diversificándose cada vez más, debido a la búsqueda de alternativas potenciales que involucren la producción de alimentos de alto valor nutricional (Tabla 5) y de bajos costos. Los tubérculos, raíces y rizomas cumplen estos requisitos y entre ellos se encuentra la malanga (*Colocasia esculenta* L. Schott) que es un cultivo alternativo y exótico, conocido también como taro o dashen, con gran potencial para las zonas tropicales y los principales países productores son Nigeria (71%), Ghana (11%) y Costa de Marfil (9%). La malanga es una planta cultivada por sus cormos que se utilizan en la alimentación humana, animal y para diferentes usos industriales, como lo menciona la Comisión Veracruzana de Comercialización Agropecuaria.

En México, la malanga se cultiva en los estados de Oaxaca, Veracruz y Puebla; en Oaxaca se cultivan aproximadamente 300 hectáreas para exportación a Estados Unidos y Canadá, con un rendimiento promedio de 25 toneladas por hectárea (t/ha), generando una derrama económica superior a los 6 millones de pesos. En Latinoamérica los únicos países que están exportando malanga actualmente son Costa Rica y Nicaragua, pero no superan las 15 mil toneladas, quedando un déficit de 50% que era cubierto por Puerto Rico y República Dominicana, pero su producción no es suficiente. Considerando los datos anteriores, México puede colocarse como el principal proveedor de malanga a Estados Unidos, dadas sus ventajas competitivas, tales como la cercanía con el mercado y su buen desarrollo tecnológico. La malanga es un tubérculo comestible que pertenece a la familia de las Araceae originaria de Asia, África y Oceanía. Su forma es ovoide redonda con pulpa almidonosa y cáscara de color marrón oscura. A partir de 2006 se comenzó a sembrar malanga en el Estado de Veracruz en el Municipio de Actopan, reportando una producción de 19,500 toneladas para 2016, duplicada en solo 2 años, y esto se

ha visto favorecido por el buen clima (25-30°C), tierras fértiles, altitud (1500 msnm) y abasto de fuente natural de agua, logrando un producto que cumple con los estándares de la más alta calidad a nivel internacional. En cuanto a su composición química reportan, para el cormo en base húmeda (g/kg): humedad (719,1), proteína (3,8), cenizas (6,3), grasa (6,8), fibra cruda (1,6) y carbohidratos (262,4). Por lo antes mencionado, los cormos son la base de alimentación de países en desarrollo elaborando productos a nivel casero como harina, tortillas, pan, pastas, bebidas y galletas. También es un alimento para los animales, siendo las hojas, tallos y cormos hervidos para alimento de cerdos y la harina integral se utiliza para alimento de ovinos. La malanga también se ha utilizado a nivel industrial como un relleno modificador para plástico biodegradable y hay evidencias que también se utiliza para la obtención de etanol obteniendo un rendimiento de 142 litros por tonelada de cormo en peso húmedo (4). Sin embargo, el tubérculo malanga procedente del Estado de Veracruz, México, ha sido poco estudiado en cuanto a su composición química en comparación con el cultivado en el Estado de Oaxaca y otros países, por lo que el presente estudio se planteó con el objetivo de evaluar física y químicamente tubérculos de malanga (*Colocasia esculenta* L. Schott) procedente de Actopan, Estado de Veracruz, México.

Tabla 5. Propiedades fisicoquímicas y funcionalidades de la harina de malanga

Componente (g/100 g)	Contenido
Proteínas (N x 6.5)	5.73 ± 0.88
Grasas	0.79 ± 0.38
Cenizas	4.02 ± 0.07
Fibra cruda	1.56 ± 0.01
Carbohidratos	87.91 ± 1.11
Almidón	57.55 ± 0.00
Propiedad funcional	Contenido
Capacidad de solubilidad en agua (%)	9.24 ± 0.36
Capacidad de absorción de agua	1.78 ± 0.04
Capacidad de absorción de Aceite (g aceite/ g muestra)	0.99 ± 0.01
Capacidad Emulsificante (%)	37.92 ± 2.74

(Fuente: Rodríguez-Miranda et al, 2011)

Mango

El mango cuenta con un alto contenido en fructosa, sacarosa y glucosa es reconocida por ser una fuente de heteropolisacaridos de ácido urónico y azúcares neutros (pectinas) para la industria de alimentos en donde comúnmente se usan las pectinas cítricas. Estos polisacáridos varían durante el proceso de maduración de tal forma que presentan cambios en la solubilidad y grado de polimerización de polisacáridos pépticos y hemicelulósico, siendo arabinosa el principal azúcar neutro dentro de él, además es una importante fuente de fibra dietaría, vitaminas, minerales como el ácido ascórbico, carotenoides y otros compuestos antioxidantes tales como tocoferoles y aminoácidos.

Producción de mango en México

Según datos recopilados por la FAO respecto a la cantidad de toneladas de frutas tropicales producidas en 2010; se estimó a México con 1,503.8 toneladas de producción bruta. Los mayores exportadores de mango son México, India y Brasil, Respecto a la producción en México y el Caribe, Según el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), en muchos de los cultivos de dichos países, los niveles de tecnología usada en el proceso de producción de fruta son aún precarios, especialmente en los cultivos menores lo que propicia a perdidas postcosecha. Las pérdidas postcosecha son extremadamente altas (30-50%), la implementación de los sistemas de producción es limitado (FAO, 2010; SAGARPA, 2017).

CAMOTE

El camote (*Ipomoea batatas L.*) es uno de los cultivos principales del mundo, siendo China el principal productor de este tubérculo. En México, se cultiva en 22 estados, con Michoacán, Guanajuato y Puebla como los principales productores nacionales, con su producción destinada al mercado nacional (SIAP, 2015). En el país existe una gran variedad de camotes, incluyendo naranja, morado, blanco y rosado, cuyo uso es principalmente como golosina o como alimento complementario. Los carbohidratos presentes en el camote, se encuentran de 25 a 30%, además contiene vitamina C, vitamina B, niacina, vitamina B2 y pequeñas fracciones de vitamina B5, ácido fólico y vitamina E. También posee minerales y oligoelementos con significativas cantidades de hierro, potasio y calcio (Martínez-Cázares, 2016) (para otras características químicas proximales tabla 6 y 7). El camote de pulpa naranja posee actividad pro vitamínica A,

y esta se define como la capacidad que poseen algunos carotenoides para convertirse en retinol; si existe deficiencia esto provocará fallos en la visión, la sugerencia de ingesta diaria es de 5 mg según algunos expertos, aunque no se tiene conocimiento de cuanto es la ingesta ideal para este tipo de compuestos (Hiranvarachat et al., 2012). Uno de los principales productos obtenidos a partir del camote es la harina, la cual es apropiada para elaborar pasteles, galletas y botanas, alcanzando una taza de sustitución del 80 a 100%, pero es inadecuada para productos con base de levadura, ya que por su carencia de gluten solo alcanza sustitución de 25% a 30% (Van-de-Fliert y Braun, 2001).

Tabla 6. Propiedades físicas, fisicoquímicas y reológicas de la harina y el almidón de papa

Parámetro	Harina cruda	Almidón
Ph	5.5 ± 0.00	5.5 ± 0.00
Acidez titulable (%)	0.04 ± 0.00	0.04 ±
Densidad Relativa (g/ml)	1,235 ± 0,01	1,533 ±
Color L*	82,16± 0.01	92,36±
Consistencia de gel (cm)	4 ± 0.05	-
Consistencia de gel mm	-	42 ± 5,65
IAA (g de gel/ g muestra seca)	-	3,48 ± 0.02
ISA (% de solidos)	17,76 ± 0,02	-
Separación de fase (%)	18± 1,0	-

Fuente: (Van-de-Fliert y Braun, 2001).

Tabla 7. Parámetros de Harina vs Almidón

Parámetros	Harina	Almidón
Viscosidad inicial	5	0
Temperatura inicial gel	76,5	83,5
Viscosidad máxima	660	290
Viscosidad a 95 C	660	280
Viscosidad a 95 C X 30 min	60	320
Viscosidad a 50 C	750	380
Viscosidad a 50 C X 30 min	860	420
Estabilidad	-20	30
Retrogradación	90	60
Consistencia	11	9

Fuente: (Van-de-Fliert y Braun, 2001)

ALMIDONES

El almidón es quizás el polímero natural más importante que existe, es un homopolímero de glucosa ramificado constituido por cadenas de amilosa y amilopectina como se observa en la figura 2. Se encuentra en las semillas de cereales (maíz, trigo, arroz, sorgo), en tubérculos (papa), en raíces (yuca, batata, arrurruz), en semillas de leguminosas (frijoles, lentejas, guisantes), frutas (bananas y manzanas y tomates verdes), troncos (palma sago) y hojas (tabaco), (Vermeyleen, 2005).

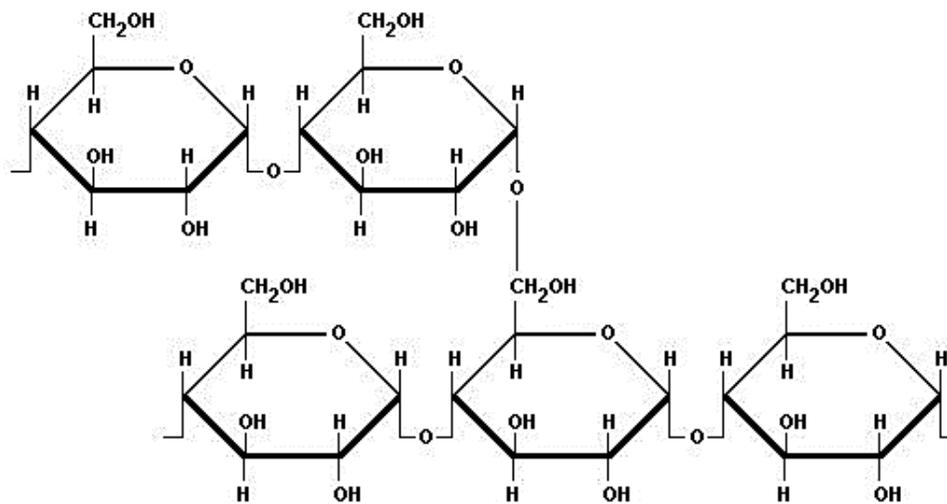


Figura 2. Estructura del Almidón

Después de la celulosa, constituye la reserva energética más abundante en la naturaleza, está formado por agregados semicristalinos insolubles en agua fría llamados gránulos. Los gránulos de almidón se encuentran naturalmente organizados en partículas pequeñas cuya morfología, composición química, estructura súper molecular (disposición de las macromoléculas en el estado sólido), vulnerabilidad al ataque enzimático y reacción química, son características especiales de cada especie vegetal (Rivas Gonzáles, 2012). El almidón en estado nativo presenta diferencias en la apariencia y microestructura de los gránulos (French, 1984). El intervalo de tamaño de los gránulos almidón va de 0.5 a 100 μm , se han encontrado reportes en los cuales el tamaño de los gránulos osciló entre 10.6 y 16.5 μm (Hernández-Medina, 2007).

En el caso de las frutas verdes o inmaduras (plátano o mango) puede representar del 40-70%, en las leguminosas (frijol, chícharo, haba) del 25-50% y en tubérculos (papa o yuca, por ejemplo) del 60-90% de su peso seco (Casarrubias-Castillo et al., 2012).

Si un almidón muestra un alto poder de hinchamiento y alta solubilidad esto refleja la baja fuerza de asociación en los gránulos. El poder de hinchamiento de los almidones de cereales es más limitado que el que se observa para los almidones de tubérculos. La capacidad de absorción de agua depende directamente del tipo de almidón, lo que es mayor en almidones de tubérculos que con almidones de cereales, pero también depende de factores como el contenido de amilopectina, el tamaño y la forma de los gránulos. La solubilidad del almidón de yuca es alta, similar al del almidón de papa mientras que en los almidones de cereales se reduce debido a la presencia de lípidos (Buleon, 1998).

AMILOSA

La amilosa es un polímero lineal, producto de la condensación de D-glucopiranosas unidas por enlaces α (1-4), los cuales constituyen un 99% de la molécula, mientras que los enlaces α (1-6) se encuentran en 1 %. La estructura de la amilosa ha sido muy estudiada, en la cual se ha encontrado que presenta algunas ramificaciones; el número de las ramificaciones de las moléculas de amilosa depende del tamaño molecular y la fuente botánica de la que se obtenga (Jane J., 2006). Es soluble en agua a temperatura de 70 a 80 °C. También se han encontrado reportes en donde la amilosa presenta un grado de polimerización (GP) que va de 324 a 4920, con puntos de ramificación que van desde 9 a 20 unidades de glucosa; y con un peso molecular que va desde 1×10^5 a 1×10^6 g/mol (Buleon, 1998; Tester, 2004). Se ha reportado que la amilosa se encuentra interdispersa en las moléculas de amilopectina. El orden de la estructura molecular, es debido al arreglo de las dobles hélices localizadas en la región cristalina, pero no participan en la formación de los cristales de almidón (Rosales, 2012).

La configuración de la amilosa en solución ha estado en controversia por lo que se han propuesto tres modelos a) helicoidales, b) hélice interrumpida, c) espiral al azar. En función a esas características se ha concluido que, en solución a temperatura ambiente, la rotación de los enlaces D-glucosídicos presentan impedimento estérico y la estructura que se puede encontrar es en forma helicoidal ó hélice interrumpida. Se considera que las regiones helicoidales son rígidas y presentan de 10 a 15 giros por región (Whistler R. L., 1984). La amilasa tiende a asociarse con iodo dando lugar a la formación del complejo amilosa-iodo, dando como resultado una coloración azul de la dispersión obtenida, la hélice de la amilosa consiste de seis unidades de anhidra glucosa por vuelta con una inclinación de 0.8 nm y una cavidad helicoidal de 0.5 nm de diámetro (Hoover, 2001).

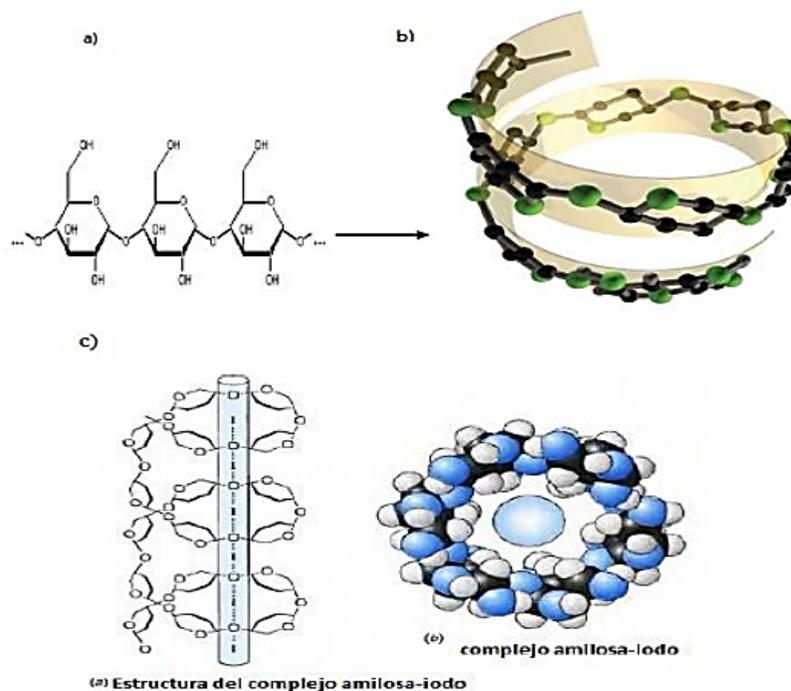


Figura 3. Almidón a) Estructura química de la amilosa b) conformación helicoidal de la amilosa c) complejo amilos-iodo. Fuente: (Villaseñor, 2015).

Amilopectina

La amilopectina es el mayor componente en los almidones, que además de enlaces α (1-4) los cuales representan un 92-96 %, presenta enlaces α (1-6) en sus puntos de ramificación (4-5 %), dichos enlaces se dan forma a lo que se conoce como la estructura de los racimos. (Figura 3) (Hizukuri, 1986; Jane J. a., 1993).

Dentro de la literatura se ha constatado que el peso molecular de la amilopectina fluctúa en un intervalo de 7.0×10^7 a 5.7×10^9 g/mol (Hizukuri, 1986) y las ramificaciones se localizan aproximadamente cada 15-25 unidades de glucosa. Por otro lado, también se ha reportado que las cadenas que conforman la amilopectina son de tres tipos y pueden ser distinguidas por su tamaño: a) cadenas cortas A con grado de polimerización (GP) de 14-18 unidades de glucosa, b) cadenas interiores largas B (GP = 45-55), y c) cadena con un GP mayor de 60, que posee el extremo reductor (Figura 3) (Manners, 1989).

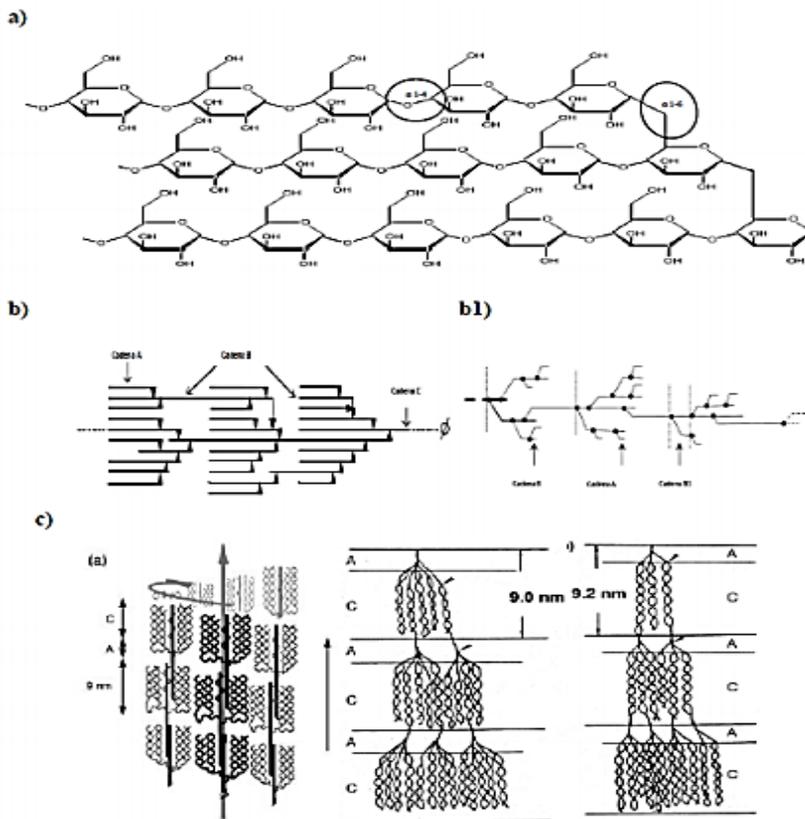


Figura 4. a) Estructura química de la amilopectina; b) Cadenas A, B y C de la amilopectina, b1) longitud de las cadenas A, B, B1 y c) arreglo estructural de las regiones amorfas y cristalinas; dirección de los racimos de las cadenas de amilopectina en el gránulo.

El fraccionamiento del almidón en sus dos componentes, la amilosa y la amilopectina, puede llevarse a cabo por diferentes métodos, porque presentan características estructurales diferentes,

así como también; el grado de ramificación, peso molecular y distribución de la amilosa y la amilopectina. Todo esto provoca diferencias en el comportamiento de difusión y solubilidad, propiedades hidrodinámicas y reacciones. El almidón nativo posee propiedades fisicoquímicas y funcionales que son necesarias para determinada aplicación. En la tabla 8 siguiente tabla se presentan algunas características de los almidones de diferentes fuentes.

Tabla 8. Contenido, tamaño y forma del almidón de diferentes fuentes

Fuente	Almidón (% base seca)	Tamaño (μm)	Forma
Amaranto	65.2	1-3	Esférico poligonal
Plátano	44-77.5	10-40	Elipsoidal
Mango	21-60	8-20	Elipsoidal
Avena	41.5-43.3	19-24	Poligonal irregular
Papa	65-85	15-100	Elipsoidal
Cebada	65	2-25	Esférico ovalado
Sorgo	65	20-40	Ovalado
Arroz	74.6-88	3-8	Poliédrico elipsoidal

Fuente: Lajolo *et al*; 2006, Assefa, 2006.

Entre las propiedades fisicoquímicas más importantes encontramos la composición proximal (contenido de proteína cruda, extracto etéreo, fibra cruda, cenizas y humedad), las características del gránulo (tamaño, color y forma, naturaleza cristalina), el peso molecular y el contenido de amilosa.

El contenido de proteínas del almidón de yuca y de papa es bajo, cerca del 0,1 por ciento, comparado con el de los almidones de arroz y de maíz (0.45 y 0.35 por ciento, respectivamente). La proteína residual afecta el sabor y olor de los almidones de cereales y tienden a formar espuma. Los gránulos del almidón de papa y yuca contienen un pequeño porcentaje de lípidos, comparado con los almidones de cereales -maíz y arroz- los cuales contienen respectivamente 0.6 y 0.8 por ciento. Esta composición favorece al almidón de yuca, ya que estos lípidos forman un complejo con la amilosa, la cual tiende a reprimir el hinchamiento y la solubilización de los gránulos del almidón; por esta razón se necesitan temperaturas altas ($> 125\text{ }^{\circ}\text{C}$) para romper la estructura amilosa-lípido y solubilizar la fracción de amilosa. La mayor parte de estos lípidos son liso-fosfolípidos; es decir una cadena de ácido graso esterificada con ácido fosfórico. La

presencia de sustancias grasas puede crear problemas por la tendencia a la rancidez durante el almacenamiento (Hurtado, 1997).

Tabla 9. Características fisicoquímicas de diferentes tipos de Almidón

Almidón	Tipo	Morfología	Diámetro (µm)	Contenido de amilosa (%)	Temperatura de gelatinización (°C)	Temperatura de gelificación (°C)	Propiedades de cocción
Maíz	Cereal	Redondo poligonal	5-30	25	62-72	80	Gel opaco
Maíz ceroso	Cereal	Redondo poligonal	5-30	<1	63-72	74	Claro cohesivo
Yuca	Raíz	Ovalado truncado	4-35	17	62-73	63	Claro cohesivo
Papa	Tubérculo	Ovalado esférico	5-100	20	62-73	64	Claro cohesivo
Trigo	Cereal	Redondo lenticular	1-45	25	58-64	77	Gel opaco
Arroz	Cereal	Esférico poligonal	3-8	19	68-78	81	Gel opaco

Fuente: Hurtado, 1997.

Comportamiento de diferentes almidones:

El almidón de los tubérculos y las raíces presenta un fuerte elevamiento de viscosidad durante el cocimiento, mucho mayor que el de los cereales (tabla 9). Los gránulos de almidón de papa, yuca y maíz presentan picos de viscosidad más altos que los de maíz y trigo. Esto es debido a que los almidones de papa, yuca y maíz ceroso tienen mayor capacidad de absorción de agua, mayor velocidad de hidratación y se desintegran más rápidamente.

El almidón de maíz

Muestra un rápido incremento de la viscosidad después de la gelatinización, hasta llegar a un punto máximo. La viscosidad disminuirá gradualmente durante el periodo de mantenimiento de la temperatura y posteriormente tendrá un incremento muy fuerte mientras la pasta se enfría y retrograda.

El almidón de maíz ceroso

Prácticamente no tiene moléculas lineales de amilosa, es altamente estable y resistente a la retrogradación; al contrario, los almidones con alto contenido de amilosa tienen una retrogradación muy rápida. Su pasta permanecerá fluida y clara e incrementará su viscosidad más rápidamente que el maíz regular, su viscosidad máxima será mayor y se obtendrá más rápidamente produciendo pastas con poco cuerpo y muy cohesivas. El rompimiento será más rápido y acentuado. En el enfriamiento se presenta un ligero aumento en la viscosidad ya que no gelifica ni presenta sinéresis.

El almidón de papa

Absorbe más agua mostrando un máximo inicial mayor. Su temperatura de gelatinización es menor, debido a que los grupos éster-fosfato presentes en el gránulo de papa tienden a debilitar los enlaces provocando un espesamiento más rápido al calentarse. El máximo pico de viscosidad cae rápidamente durante el mantenimiento de la temperatura. La solución muestra poca tendencia a retrogradarse durante el enfriamiento (Waniska *et al*; 1992).

Almidón de Plátano

La obtención de almidón de plátano es un producto útil y rentable existe un número importante de especies que tienen un alto contenido de almidón y que podrían ser materia prima para su extracción y elaboración de alimentos. Dentro de estas se encuentran algunas frutas como el plátano (*Musa paradisiaca*) y el mango (*Mangifera indica* L), que en estado verde o inmaduro presentan cantidades importantes de este carbohidrato (De la Torre, 2008).

En México, este polisacárido funcional es obtenido fundamentalmente del maíz; sin embargo, considerando que este cereal es básico para la alimentación de los mexicanos y aunado a la necesidad del aprovechamiento integral de los recursos existentes en cada región (Lucas et al., (2013), estudiaron y caracterizaron las propiedades química, térmica, funcional y morfológica de la harina y el almidón de guineo (*Musa sapientum* L.). Los resultados mostraron un rendimiento de 33.33% para harina y 3.61% para almidón. El porcentaje de proteína en la harina fue de 5.43% y en almidón de 2.17%. La fibra soluble en harina fue de 19.85% y de grasa en el almidón de 4.11 % (Flores et al., 2004), estudiaron el rendimiento de la extracción del almidón a nivel planta piloto. Se hicieron pruebas a nivel laboratorio usando pulpa con ácido cítrico al 0,3 % (antioxidante), para evaluar las diferentes operaciones unitarias del proceso. El rendimiento del

almidón, en relación a la cantidad inicial presente en la pulpa, estuvo entre 76 y 86 %; cuando se realizó el proceso a escala planta piloto el rendimiento fue entre 63 y 71 %. Los rendimientos de almidón fueron muy similares entre los diferentes lotes, demostrándose que el proceso es reproducible

USO DE LOS ALMIDONES

Durante muchos años el almidón ha sido utilizado en muchas industrias, esto debido a las características que aporta (tabla 10), entre estas se encuentran:

1. Aditivo alimenticio: el almidón es utilizado para impartir diversas características funcionales y tecnológicas a los alimentos procesados, por ejemplo, como espesante para incrementar la viscosidad de los productos, emulsificante para formar o mantener una emulsión (mezcla de líquidos inmiscibles) uniforme en el producto, para absorber humedad y evitar el apelmazamiento, como aglutinante para la adhesión de los componentes, como estabilizante para mantener una dispersión uniforme de dos o más sustancias, edulcorante proporcionando un sabor dulce a los productos y finalmente, para conferir textura a los alimentos procesados (Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios, 2012, FAO, s.f.).
2. Alimentación animal: los almidones se han utilizado como alternativa para satisfacer los niveles de carbohidratos no estructurales y los requerimientos energéticos en la alimentación de ganado. La mayoría de los suplementos y los concentrados para rumiantes están formulados con almidones de rápida degradación (Knowles, 2012).
2. El almidón tiene una vasta aplicación industrial: sirve de base para elaborar productos alimenticios y de confitería; para el engomado del calicot, aderezado y terminación de géneros, telas crudas, teñidas y estampadas, en la industria textil; y en lavanderías, bajo soluciones suaves. La industria del papel consume almidones extraídos del maíz, papa y tapioca como aprestos para mantener unidas las fibras de celulosa con el fin de proporcionar al papel mayor resistencia y suavidad y dar a los papeles finos dedicados a la impresión mejor acabado; se emplea también para fabricar adhesivos; y finalmente, se utiliza entre otras muchas, en las siguientes industrias:

cerillera, de alfombras, de explosivos, de fuegos artificiales, así como para el engomado de sobres, tiras y estampillas.

3. Aplicaciones industriales: cerca del 80% del almidón suministrado a la industria es usada como pegamento en la fabricación de papel y cartón para unir los componentes que forman la fibra celulósica, el papel, y rellenos, evitando de este modo el desprendimiento superficial de las fibras, mejorando la resistencia contra la humedad y brindando así una textura lisa.

4. Alimentación humana: el almidón puede hidrolizarse a glucosa aportando en la dieta 4 calorías/g. Las fuentes más utilizadas para este fin son el maíz que constituye aproximadamente el 83% de la producción mundial de almidón, seguido del trigo con un 7%, papa con el 6% y tapioca con el 4% (Benítez Tovar,2008).

Tabla 10. Usos del almidón en la industria alimentaria

Uso	Ejemplo
Espesante	Aderezos
Emulsificante	Margarina
Protector de humedad	Caramelos
Aglutinante	Harinas
Estabilizador	Sopas
Edulcorante	Caramelos

Fuente: Cruz, 2010.

La FAO reporta cifras de extracción de almidón hasta el 2006, nos indica que fue de 60 millones de toneladas las cuales se encuentran en cereales, tubérculos y raíces, en México en el 2010 la industria dedicada a la elaboración de almidones, fécula y levaduras callo a la baja con una pérdida de 14 mil millones de pesos (Financiera Rural, 2011).

En la obtención de almidones hay fuentes convencionales y las no convencionales, se les llama fuentes convencionales de almidón a los cultivos más comunes en donde se obtiene este las cuales son maíz, trigo, arroz y papa pero estas fuentes son más caras debido a que son utilizadas directamente como alimentos como ejemplo está el maíz que es utilizado para formación de etanol lo cual en la obtención de almidón lo hace un poco más caro que los anteriores e inclusive más difícil de conseguir, otras características que se debe tomar mucho en cuenta son las físico-químicas que tenga el almidón que emplearemos por ej.

Maíz: el almidón de maíz nos da una formación de geles más claros y cohesivos los cuales poseen una gran blancura

Papa: la papa nos produce un almidón con una taza alta de gelificación, este almidón pierde la viscosidad si se le agite y se le expone a un calentamiento constante, tiene una formación de una película flexible y fuerza de adhesión

Arroz: formación de geles opacos y tiene un contenido bajo de amilasa

Trigo: tiene un alto contenido de lípidos y glicosaminoglicanos.

Pero también existen otra fuente de obtención de almidón las cuales son las fuentes no convencionales de almidón estas en los últimos años se han hecho diferentes estudios utilizando fuentes poco comunes de almidón, entre ellos podemos encontrar la yuca, camote, malanga, yaca y ñame.

La búsqueda de fuentes alternas para la obtención del almidón se da por tres razones principales:

1. Satisfacer la demanda de las industrias que lo emplean como materia prima (González-Vega, 2012).
2. Buscar almidones con propiedades funcionales tecnológicas diferentes o mejores a las convencionales (Bello-Pérez et al., 2006).
3. Tratar de resolver las dificultades en la producción de alimentos debido a factores como la limitación de superficies cultivables, parcelas poco productivas, degradación de la tierra y problemas de riego (García-Casal, 2007).

PRODUCCIÓN Y CONSUMO NACIONALES:

La producción nacional de almidón (tabla 11), que se obtiene solamente de dos productos, el maíz y la yuca, ha aumentado en los últimos años, como resultado del incremento registrado en el consumo del país. Según cálculos estimativos, México produce alrededor de 49,320 toneladas de almidón al año de las cuales 350 toneladas son de yuca y 48,970 toneladas son de maíz.

Tabla 11. Producción y consumo nacionales

Entidades Productoras	Cantidad	Porcentaje
Distrito Federal	27,730	56.6%
Jalisco	14,455	29.5%
Puebla	3,835	7.8%
Nuevo León	2,950	6.0%

Fuente: Bancomex 2010

Para dar una idea aproximada del consumo de maíz en la fabricación del almidón, de una tonelada de maíz se obtiene aproximadamente 65% de almidón, 23% de forraje, 7% de germen y 15% de pérdidas por defectos en el proceso productivo.

El consumo anual de este almidón por ramas fabriles (tabla 12), se distribuye de la siguiente manera.

Tabla 12. Consumo anual por ramas fabriles

Industrias	Toneladas	Por ciento
Total	48,970	100.0
Textil	34,279	70.0
Papel	7,346	15.0
Prods. Alimenticios	2,449	5.0
Otros	4,897	10.0

Fuente: Bancomex 2010

METODOLOGÍA

La presente investigación es de tipo documental, tiene como base la metodología cualitativa, el trabajo consistió en la revisión de diversos artículos, revistas y otras fuentes, de tal forma que se obtuviera la información necesaria para la construcción del manual.

El proceso de investigación constó de tres etapas:

1. Recopilación de la información
2. Análisis de la información
3. Construcción del manual

Etapas 1. Recopilación de la información

Durante esta etapa, a través de los diferentes buscadores, se recopiló el material que se relacionaba con el tema como tesis, artículos, manuales etc. Se procuró que las fuentes de información fuera reciente (máximo 10 años de haber sido publicada), pero debido a la temática no siempre fue posible.

La selección de las materias primas no convencionales se realizó con base en: la importancia de la fuente en la región, posibles usos y disponibilidad de información; por estas razones se trabajó con Yaca, Malanga, Plátano, Mango, Camote y Papa silvestre.

Etapas 2. Análisis de la información

En esta etapa se realizó la comparación de la información obtenida en diferentes fuentes: extracción de harina y almidón, caracterización fisicoquímica, funcional y apariencia microscópica de los almidones de Yaca, Malanga, Plátano, Camote y Papa silvestre, además de los posibles usos, tomando en consideración las características de los almidones.

Etapa 3. Construcción del manual.

Con base en lo anterior, se construyó el manual con la siguiente estructura y colocando la información como sigue:

Introducción

Objetivo

Proceso de obtención de harina.

El proceso de obtención de harina

Deshidratación de alimentos no industrial

Almidones extracción y características

Extracción de almidón por el método seco en plátano macho, cuadrado y castilla

Extracción de almidón

Tamaño de partícula

Prueba cualitativa de almidón

Prueba cuantitativa de almidón

Caracterización

Extracción de almidón de yaca

Características

Extracción de almidón de malanga

Extracción de almidón de camote

Almidón de papa (*solanum pareja*)

Almidón de mango

Recomendaciones

Glosario

POBLACIÓN

Este manual está dirigido a todos aquellos que busquen nuevas fuentes alimentarias para la obtención de harina y almidón ya que existen una gran variedad de alimentos no explotados.

RESULTADOS

El manual que se obtuvo de la revisión bibliografía contiene la siguiente estructura:

INTRODUCCIÓN

OBJETIVO

PROCESO DE OBTENCIÓN DE HARINA.

EL PROCESO DE OBTENCIÓN DE HARINA

FORMAS DE DESHIDRATACIÓN DE ALIMENTOS (NO INDUSTRIALES)

ALMIDONES EXTRACCIÓN Y CARACTERÍSTICAS

EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN POR EL MÉTODO SECO EN PLÁTANO MACHO,
CUADRADO Y CASTILLA.

TAMAÑO DE PARTÍCULA

PRUEBA CUALITATIVA DE ALMIDÓN

PRUEBA CUANTITATIVA DE ALMIDÓN

CARACTERIZACIÓN

PLÁTANO

EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN DE YACA EN HÚMEDO
CARACTERÍSTICAS

EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN DE MALANGA

EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN DE CAMOTE:

ALMIDÓN DE PAPA (SOLANUM TUBEROSUM)

ALMIDÓN DE MANGO

RECOMENDACIONES.

GLOSARIO

REFERENCIAS DOCUMENTALES

GLOSARIO

Almidón: Es una macromolécula que está compuesta por dos polímeros distintos de glucosa, la amilosa (en proporción del 25 %) y la amilopectina (75 %). Es el glúcido de reserva de la mayoría de los vegetales.

Convencionales: Que reúne las características de lo que es habitual o tradicional.

Capacidad de absorción de agua: Facultad del objeto de contener cierta cantidad de agua dentro del mismo

Densidad: Magnitud escalar referida a la cantidad de masa en un determinado volumen de una sustancia o un objeto sólido.

Emulsionante: Un emulsionante, emulsificante o emulgente es una sustancia que ayuda en la mezcla de dos sustancias que normalmente son poco miscibles o difíciles de mezclar

Harina: Polvo fino que se obtiene del cereal molido y de otros alimentos ricos en almidón.

Viscosidad: Es una medida de su resistencia a las deformaciones graduales producidas por tensores cortantes o tensores de tracción en un fluido.

Amilopectina: Polisacárido que se diferencia de la amilosa en que contiene ramificaciones que le dan una forma molecular parecida a la de un árbol

Oligoelementos: Llamados bioelementos temporales, son bioelementos presentes en pequeñas cantidades en los seres vivos y tanto su ausencia como su exceso pueden ser perjudicial para el organismo

Agroalimentaria: Es la parte de la industria que se encarga de todos los procesos relacionados con la cadena alimentaria.

ELN: Extracto libre de nitrógeno

Kcal: kilo calorías

REFERENCIAS DOCUMENTALES

AGAMA-ACEVEDO, Edith, et al. Características del almidón de maíz y relación con las enzimas de su biosíntesis. *Agrociencia*, 2013, vol. 47, no 1, p. 01-12.

AGAMA, E., OTTENHOF, M., FARHAT, I. A., PAREDES-LÓPEZ, O., ORTÍZ-CERECERES, J. Y BELLO-PÉREZ, L. A. (2005). Aislamiento y caracterización del almidón de maíces pigmentados. *Agrociencia*. 39: 419-429.

ALVIS, Armando, et al. Análisis físico-químico y morfológico de almidones de ñame, yuca y papa y determinación de la viscosidad de las pastas. *Información tecnológica*, 2008, vol. 19, no 1, p. 19-28.

A.O.A.C (1980) MÉTODOS OFICIALES DE ANÁLISIS. Association of Official Agricultural Chemists. Washington, D.C.U.S.A

ARISTIZÁBAL, Johanna; SÁNCHEZ, Teresa; LORÍO, Danilo Mejía. Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2007.

ARROYO, Edmundo; ALARCÓN, Hugo. Obtención, caracterización y análisis comparativo de polímeros biodegradables a partir de la yuca, papa y maíz. Lima: Instituto de investigación científica de la Universidad de Lima, 2013.

AVILÉS, Gladys Ruiz. Obtención y caracterización de un polímero biodegradable a partir del almidón de yuca. *Ingeniería y ciencia*, 2006, vol. 2, no 4, p. 5-28.

BADUI, S.D. (2001). *Química de los alimentos*. Ed. Pearson Education México D.F. pp. 94-104.

BERNARDO OSPINA, HERNÁN CEBALLOS. La yuca en el tercer milenio: Sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización comercial y comercialización/compilado. Cali Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical; Consorcio Latinoamericano del Caribe de apoyo a la investigación y desarrollo de la yuca, (2002).

BONILLA, Zúñiga; NATALI, Vanessa. EXTRACCIÓN Y ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL ALMIDÓN DE MALANGA (*Xanthosoma Saggitifolium*), YUCA (*Manihot Esculenta*) Y PAPA CHINA (*Colocasia Esculenta*). 2019. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional de Chimborazo, 2019.

Bugaud, C, Rheological and chemical predictors of texture and taste in dessert banana (*Musa spp.*), *Postharvest Biology and Technology*: 84, 1-8 (2013)

CERON, Andres Felipe, et al. Estudio de la formulación de la harina de papa de la variedad parda pastusa (*solanum tuberosum*) como sustituto parcial de la harina de trigo en panadería. *Biotechnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial: BSAA*, 2011, vol. 9, no 1, p. 105-111.

CEBALLOS, H. Y DE LA CRUZ, A. (2002). Taxonomía y morfología de la yuca. En: Ceballos, H. y Ospina, B. La yuca en el tercer milenio. Sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización, p. 28. CIAT. Cali, Colombia. 586 pp.

COBANA, M.; ANTEZANA, R. Proceso de extracción de almidón de yuca por vía seca. *Revista Boliviana de Química*, 2007, vol. 24, no 1, p. 78-84.

FLORES-GOROSQUERA, Emigdia, et al. Rendimiento del proceso de extracción de almidón a partir de frutos de plátano (*Musa paradisiaca*). Estudio en planta piloto. *Acta Científica Venezolana*, 2004, vol. 55, no 1, p. 86-90.

GARCÍA-MATA, Roberto, et al. El mercado del plátano (*Musa paradisiaca*) en México, 1971-2017. *Agrociencia*, 2013, vol. 47, no 4, p. 399-410.

GRACE, M. R., et al. Elaboración de la yuca. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 1977.

GUTIÉRREZ, Tuxtla; DE TUXTLA GUTIÉRREZ, Tecnológico. FENOLES TOTALES Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE LA HARINA DE SEMILLA DE YUCA (*Artocarpus heterophyllus*) FERMENTADA CON *Lactobacilos fermentum BAL-21-ITTG*. *Interdisciplinario de Ingenierías*, p. 132.

HERNÁNDEZ MEDINA Marilyn, TORRUCO UCO Juan Gabriel, CHEL GUERRERO Luis, BETANCUR ANCONA David. Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. 2008). *Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas*, 28(3): 718-726.

LA TOMA, DOCUMENTO DE REFERENCIA PARA; DECISIONES, D. E. innovaciones para sistemas agrícolas y alimentarios sustentables. 2018.

MADRIGAL-AMBRIZ, Laura Virginia, et al. Caracterización física y nutricional de harina del tubérculo de “Malanga” (*Colocasia esculenta* L. Schott) de Actopan, Veracruz, México. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 2018, vol. 68, no 2.

MIRANDA, Albero Guízar; SOTO, José Luís Montañéz; RUIZ, Ignacio García. Parcial caracterización de nuevos almidones obtenidos del tubérculo de camote del cerro (*Dioscorea spp.*). *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 2008, vol. 9, no 1, p. 81-88.

NORMA Oficial Mexicana NOM-247-SSA1-2008, Productos y servicios. Cereales y sus productos. Cereales, harinas de cereales, sémolas o semolinas. Alimentos a base de: cereales, semillas comestibles, de harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales. Métodos de prueba.

PÉREZ, Luis Arturo Bello, et al. Propiedades químicas y funcionales del almidón modificado de plátano *Musa paradisiaca* L.(var. Macho). *Agrociencia*, 2002, vol. 36, no 2, p. 169-180.

Pimienta, E. El nopal tunero. Universidad de Guadalajara, México. 1990

PIZARRO, Monica, et al. Diversificación de los Almidones de Yuca y sus Posibles Usos en la Industria Alimentaria. *Revista Politécnica*, 2016, vol. 37, no 2, p. 1-1.

RAMÍREZ-RIVERA, Jesús, et al. Caracterización fisicoquímica, funcional y contenido fenólico de harina de malanga (*Colocasia esculenta*) cultivada en la región de Tuxtepec, Oaxaca, México. *Ciencia y Mar*, 2011, vol. 15, no 43, p. 37-47.

RAPELO, Alberto Torres; CASTILLO, Piedad Montero; LENGUA, Marlene Duran. Propiedades fisicoquímicas, morfológicas y funcionales del almidón de malanga (*Colocasia esculenta*). *Revista Lasallista de investigación*, 2013, vol. 10, no 2, p. 52-61.

Reyes-Agüero, J.A., J.R. Aguirre R., F. Carlín C., A. González D. 2009. Catálogo de las principales variantes silvestres y cultivadas de *Opuntia* en la Altiplanicie Meridional de México. UASLP., SAGARPA y CONACYT San Luis Potosí, S.L.P. México. 350 p.

RIVAS-GONZÁLEZ, Mayra, et al. Caracterización morfológica, molecular y fisicoquímica del almidón de plátano oxidado y lintnerizado. *Agrociencia*, 2008, vol. 42, no 5, p. 487-497.

Ruiz Pérez-Cacho, M. P., H. Galán-Sevilla, J. Corrales G., and A. Hernández M. 2006. Sensory characterization of nopalitos (*Opuntia* spp.). *Food Res. Int.* 39: 285-293.

SACÓN-VERA, Ely Fernando, et al. Reología de mezclas de harinas de camote y trigo para elaborar pan. *Tecnología química*, 2016, vol. 36, no 3, p. 384-394.

SANTOS, Calila Teixeira, et al. Protein solubility of jackfruit seed flour: pH and salt concentration influence. *Research, Society and Development*, 2020, vol. 9, no 10, p. e7579108896-e7579108896.

SANTOS, L. S., et al. Gelatinization temperature and acid resistance of jackfruit seed starch. *Temperatura de gelatinización y Resistencia ácida de almidón de semilla de jaca. CyTA–Journal of Food*, 2009, vol. 7, no 1, p. 1-5.

Sáenz, C. Compuestos funcionales y alimentos derivados de *Opuntia* spp. p. 211- 222. In: Esparza, G., Valdez, R. y Méndez, S. eds. *El Nopal, Tópicos de actualidad*. Universidad Autónoma de Chapingo, México. 2004.

TOVAR BENÍTEZ, Tomas. Caracterización Morfológica y termica del almidón de Maíz (*Zea mays* L) obtenido por diferentes métodos de aislamiento. 2008.

VALDIVIÉ, M., et al. Sustitución total del maíz por harina de yuca (*Manihot esculenta*) en las dietas para pollos de engorde. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 2008, vol. 42, no 1, p. 61-64.

VARGAS, G.; MARTÍNEZ, P.; VELEZMORO, C. Propiedades funcionales de almidón de papa (*Solanum tuberosum*) y su modificación química por acetilación. *Scientia Agropecuaria*, 2016, vol. 7, no SPE, p. 223-230.

VILLAR, Jhonmairis Y., et al. Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de camote (*Ipomoea batatas* var. bush buck) en las características físico-químicas y sensoriales del pan blanco. 2014.

UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN Y
ALIMENTOS**

MANUAL DE OBTENCIÓN, CARACTERIZACIÓN Y USO DE HARINAS Y ALMIDONES DE FUENTES NO CONVENCIONALES

ELABORADO POR:

JEFFREY ALEGRÍA LEÓN

JORGE JAVIER FARRERA OLEA

MARÍA EMPERATRIZ DOMÍNGUEZ

ESPINOSA





CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO	2
PROCESO DE OBTENCIÓN DE HARINA	2
EL PROCESO DE OBTENCIÓN DE HARINA	2
Formas de deshidratación de alimentos (no industriales):	3
ALMIDONES EXTRACCIÓN Y CARACTERÍSTICAS	4
Extracción de almidón por el método seco en plátano macho, cuadrado y castilla. ...	4
Extracción de almidón:.....	5
Tamaño de partícula:.....	5
Prueba cualitativa de almidón:.....	5
Prueba cuantitativa de almidón:	6
CARACTERIZACIÓN	7
Plátano	7
Extracción de almidón de yaca en húmedo	10
Características.....	12
Extracción de almidón de Malanga	14
Extracción de almidón de Camote:	18
Almidón de Papa (Solanum Tuberosum)	26
Almidón de Mango	28
RECOMENDACIONES	30
GLOSARIO	31
REFERENCIAS DOCUMENTALES	33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fotomicrografías de almidón nativo de plátano donde se puede apreciar la superficie lisa y pulida de los gránulos.	6
Figura 2. Efecto de la temperatura en la CRA	8
Figura 3. Poder de hinchamiento (PH) e indicie de solubilidad	9
Figura 4. Microscopía electrónica de barrido. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo-México. Almidón de la fruta yaca. A) 500x aprox.; B) 2000 aprox.; C) 5500 aprox.	12
Figura 5. Apariencia Microscópica del almidón de malanga	15
Figura 6. Comparación de IAA, ISA Y PH de Almidón de Malanga y Yuca	17
Figura 7. Apariencia microscópica y tamaño del de fécula de tres variedades de camote: anaranjado, blanco y morado.	20
Figura 8 Curva estándar de amilosa de papa	22
Figura 9. Capacidad de retencion de agua	23
Figura 10. Solubilidad de la fecula	24
Figura 11. Poder de hinchamiento (%) de féculas de tres variedades de camote: anaranjado (◆), blanco (●) y morado (■).	25
Figura 12. almidón de papa	28
Figura 13. almidón de mango	27

	UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS. FACULTAD DE CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN Y ALIMENTOS. LICENCIATURA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS	
	MANUAL DE USO DE ELABORACIÓN Y EXTRACCIÓN DE HARINA Y ALMIDÓN DE FUENTES NO CONVENCIONALES	

INTRODUCCIÓN

La harina y el almidón son aditivos alimentarios muy importantes que contribuyen a desarrollar características específicas en los alimentos, aportan valor agregado ya que permiten el diseño de diferentes tipos de productos.

Se calcula que anualmente se extraen unos 60 millones de toneladas de almidón de una gran variedad de cultivos: cereales, raíces y tubérculos, para uso en una asombrosa variedad de productos: como agentes estabilizadores en sopas y alimentos congelados, revestimiento para pastillas y papel, adhesivo para estampillas y madera laminada, para el acabado de textiles, como materia prima para elaborar etanol e incluso como agente de cohesión en el concreto.

El presente manual constituye una herramienta para quienes deseen conocer las cualidades de diferentes fuentes de almidones no convencionales y potenciar su aprovechamiento.

Este trabajo se recopila los métodos para realizar la extracción de harinas y almidones de fuentes no convencionales, así como características importantes de cada una de estas.

	UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS. FACULTAD DE CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN Y ALIMENTOS. LICENCIATURA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS	
	MANUAL DE USO DE ELABORACIÓN Y EXTRACCIÓN DE HARINA Y ALMIDÓN DE FUENTES NO CONVENCIONALES	

OBJETIVO

Proporcionar las técnicas de obtención, la caracterización y el uso de harinas y almidones de fuentes no convencionales (Plátano, Yaca, Malanga, Camote, Papa silvestre, Mango) para su uso en la industria alimentaria.

PROCESO DE OBTENCIÓN DE HARINA

Las harinas en la industria de alimentos son utilizadas en la elaboración de productos de panificación, pastas, etc., las harinas ricas en almidón son utilizadas como fuente de obtención de este polisacárido y este como agente estabilizante, gelificante, aglutinante, gomas, espesante, etc.

PROCESO DE OBTENCIÓN DE HARINA

Se inicia con:

1. Adecuación de la materia prima: cerciorarse de que las materias primas estén completamente limpias para evitar algún tipo de contaminación (física, microbiológica, química) y en el estado óptimo de maduración para la extracción.

Se recomienda una inspección de la materia prima, cercionandose de eliminar aquella que venga con magulladuras, excedan el tiempo de maduración, con presencia de mohos, y realizar la limpieza pertinente para eliminar los contaminantes solidos como tierra, polvo.

2. Pelado manual: El método dependerá de la materia prima, las operaciones pueden variar, se puede despulpar, pelar o extraer semillas

	UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS. FACULTAD DE CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN Y ALIMENTOS. LICENCIATURA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS	
	MANUAL DE USO DE ELABORACIÓN Y EXTRACCIÓN DE HARINA Y ALMIDÓN DE FUENTES NO CONVENCIONALES	

3. Tratamiento antipardecimiento: utilizando soluciones antioxidantes de ácido cítrico, ácido ascórbico o sulfitos, en su mayoría se recomienda el ácido cítrico.

4. Rebanado (Dependiendo de la materia prima): se realizan tajadas de la materia prima para reducir el tiempo de deshidratación de este y de esta forma reducir el tamaño de la muestra para facilitar el secado y posteriormente el triturado.

5. Secado: este se realiza entre 50°C-60°C, a bajas temperaturas mantiene las propiedades funcionales.

Formas de deshidratación de alimentos (no industriales):

Horno: La temperatura del horno nunca debe superar los 60°C. Una buena idea es conseguir un termómetro de cocina y dejarlo dentro del horno durante el proceso para ir regulando la temperatura abriendo y cerrando la puerta. Nunca debemos cerrar del todo la puerta del horno, para que circule el aire y, de paso, ayudemos a que nuestro horno no alcance más temperatura de la deseada. El grosor y tamaño de cada pieza que pongamos a deshidratar determinará el tiempo que durará el proceso.

Cuando se deshidraten trozos pequeños y evitar que se peguen, se debe colocar en la fuente de horno una lámina de silicona o de papel de horno.

Hornos de secado: Son equipos provistos de un sistema de calentamiento y ventilación forzada, que producen un flujo de aire caliente que al atravesar los alimentos van eliminando la humedad. Cuentan con temporizador y un sistema de control de temperatura bastante exacto.

Secado directo con el sol: Es el método más simple y artesanal de deshidratación, consiste en colocar el producto a secar directamente al sol; los rayos solares y el viento se encargan de eliminar la humedad de los alimentos. Tomar en cuenta que deben tener protección para evitar la contaminación causada por animales u otras partículas.

Deshidratadores solares: Son equipos de tipología y características muy diversas que utilizan la energía solar directa o indirectamente para secar alimentos. Básicamente cuentan con una

	UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS. FACULTAD DE CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN Y ALIMENTOS. LICENCIATURA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS	
	MANUAL DE USO DE ELABORACIÓN Y EXTRACCIÓN DE HARINA Y ALMIDÓN DE FUENTES NO CONVENCIONALES	

cámara, donde se colocan los alimentos en rejillas y por las cuales circula un flujo de aire caliente que es el que va eliminando gradualmente la humedad.

Dieléctrico y microondas: calentamiento dieléctrico se realiza a frecuencias entre 1 y 100 MHz, mientras que el calentamiento por microondas funciona entre 300 MHz y 300GHz. Ambos no representan forma de calor sino formas de energía que se manifiesta como calor a través de su interacción con la materia.

Los parámetros que gobiernan el calentamiento son: la masa del material, calor específico, propiedades dieléctricas, geometría, mecanismos de pérdida de calor y la eficiencia acoplada, es decir la relación entre la potencia aplicada u la potencia absorbida por el material.

6. Molienda: una vez secado, se debe moler, esta operación puede realizarse con cualquier equipo de reducción de tamaño que dé como resultado una harina.

7. Tamizado: para eliminar cualquier partícula gruesa y obtener una harina muy fina. En un rango práctico, de tamaños medios de partícula de entre 600 y 1000 micras (entre 0,6 y 1,0 mm)

8.- Almacenamiento: condiciones secas y frescas, envase recomendado puede ser el papel, aunque se pueden utilizar envases herméticos e igual empaque de papel, bolsas de plástico o celofán.

ALMIDONES EXTRACCIÓN Y CARACTERÍSTICAS

Extracción de almidón por el método seco en plátano macho, cuadrado y castilla.

El almidón es una de las principales fuentes de energía, utilizado en muchas industrias, proveniente directamente de especies vegetales, o haciendo uso de almidones ya degradados intencionalmente por la acción de agentes químicos como oxidantes, ácidos o enzimas. El almidón de plátano es un producto útil y rentable.

	UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS. FACULTAD DE CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN Y ALIMENTOS. LICENCIATURA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS	
	MANUAL DE USO DE ELABORACIÓN Y EXTRACCIÓN DE HARINA Y ALMIDÓN DE FUENTES NO CONVENCIONALES	

Para la obtención del almidón por el método seco se utilizaron frutos inmaduros. Los cuales se lavan con agua potable para retirar suciedad superficial como lodo y posibles sólidos. Se retira la cáscara del fruto para obtener la pulpa libre.

La muestra para analizar se pesa para determinar posteriormente los rendimientos de pulpa obtenida y su cáscara. El pesado del fruto se realiza de forma separada para la pulpa y cáscara. Se corta en rebanadas de aproximadamente 2-3 mm de espesor para su fácil secado, retirando las puntas de la fruta (Bello-Pérez, 2004). Se coloca la muestra a secar al sol de tal manera que no queden unas piezas sobre otras para obtener un secado homogéneo de la muestra, por un tiempo de dos días con un periodo de 4 horas por día hasta obtener un fruto seco.

Después de la operación de secado, se somete a reducción de tamaño en un molino que se tenga a disposición, para obtener harina. La harina obtenida se pesa para analizar el rendimiento de secado y se coloca en bolsas, para almacenarlo en un lugar seco y limpio.

Extracción de almidón:

Para llevar a cabo esta operación se realiza una muestra exploratoria con los tamices de mallas N° 30, 60, 80, 100, 200, 325. Se hace pasar el plátano en los tamices desde el N° 30, 60, 80, 100. Para tener una mayor calidad de almidón se hace pasar por los tamices de mallas de N° 100, 200 y 325.

Tamaño de partícula:

El tamaño de partícula es un parámetro para determinar la cantidad de almidón presente en la muestra de frutos de plátano.

Se pesa la muestra de almidón a tamizar, posteriormente se pasa esta muestra por la malla N° 325; agitando el tamiz y se pesa el almidón retenido y el que pasa a través del mismo.

Prueba cualitativa de almidón:

Esta prueba se basa en la identificación de almidón en una muestra, presentando una coloración azul como reacción positiva de la presencia de este carbohidrato, haciendo uso de una solución de yodo.

	UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS. FACULTAD DE CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN Y ALIMENTOS. LICENCIATURA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS	
	MANUAL DE USO DE ELABORACIÓN Y EXTRACCIÓN DE HARINA Y ALMIDÓN DE FUENTES NO CONVENCIONALES	

Para la preparación de la solución con yodo se disuelven 1.4 g de yodo en una solución de 3.6 g de yoduro de potasio, con 10 ml de agua destilada y aforar a 100 ml (Hassid and Newfeld, 1970).

Pesar una pequeña cantidad de almidón de 3 g, colocar 45 ml de agua a punto de ebullición, agregar el almidón y dejar enfriar. Agregar unas gotas de solución de yodo a la solución de almidón y observar cambio positivo o negativo.

Prueba cuantitativa de almidón:

La verificación de la cantidad de almidón presente en las especies vegetales se realiza por el método de reacción colorida con yodo, el cual consiste en la aplicación de la técnica espectrofotometría UV, donde la muestra diluida que contiene una solución de yodo- yoduro de potasio se le realizan las lecturas respectivas en un espectrofotómetro.

Apariencia microscópica del almidón de plátano

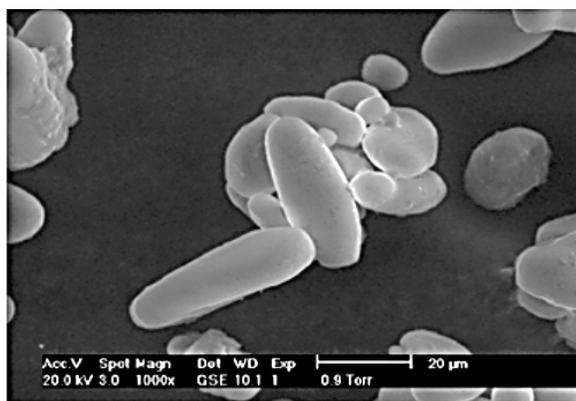


Figura 1. Fotomicrografías de almidón nativo de plátano donde se puede apreciar la superficie lisa y pulida de los gránulos. (Instituto Tecnológico de Querétaro 2010)

	UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS. FACULTAD DE CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN Y ALIMENTOS. LICENCIATURA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS	
	MANUAL DE USO DE ELABORACIÓN Y EXTRACCIÓN DE HARINA Y ALMIDÓN DE FUENTES NO CONVENCIONALES	

CARACTERIZACIÓN

Plátano

En las siguientes tablas se presentan la composición química de la pulpa de plátano macho y los parámetros de la harina y almidón del plátano macho

Tabla 1. Composición química de la pulpa del plátano macho

Componente (%)	Plátano crudo
Humedad (%)	55.48 ± 1.23
Cenizas (%)	1.03 ± 0.05
Almidón (%)	25.5 ± 0.65
Amilosa (%)	15.85 ± 0.06
Amilopeptina (%)	4.14 ± 0.97
Fibra (%)	0.26 ± 0.006
Calcio (ppm)	440.5 ± 23
Magnesio (ppm)	488 ± 5.67
Potasio (ppm)	4446 ± 0.87
Hierro (ppm)	55 ± 0.87

Igor y Velazco, 2010

Parámetros	Harina	Almidón
Viscosidad máxima (cP)	1132 ± 52	2968 ± 102
Viscosidad mínima (cP)	1114 ± 63	1783 ± 84
Viscosidad de la pasta fría (cP)	1221 ± 87	2530 ± 59

Igor y Velazco, 2010

El almidón de plátano gelatiniza a una temperatura relativamente baja 76,8 °C. La forma y el tamaño de los gránulos de almidón de plátano favorecen la formación del gel, esto es debido a que los gránulos de almidón encontrados mediante microscopía electrónica de barrido con tamaños promedios entre 7 μm-53 μm de longitud tiene mayor capacidad de absorción de agua, mayor velocidad de hidratación y se desintegran más rápidamente. Las propiedades químicas como: el contenido de almidón (%), amilosa (%) y fibra (%) son considerados dentro de los parámetros más importantes de la harina puesto que le confieren las propiedades fisicoquímicas y funcionales, estas presentan un alto contenido de almidón (67,48 -78,21 %), similar a lo reportado por Soto (2010) quien obtuvo 68,13%, de almidón para plátano. Con respecto al contenido de Amilosa, las muestras presentaron entre 12,82 y 17,98 % confirmando

	UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS. FACULTAD DE CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN Y ALIMENTOS. LICENCIATURA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS	
	MANUAL DE USO DE ELABORACIÓN Y EXTRACCIÓN DE HARINA Y ALMIDÓN DE FUENTES NO CONVENCIONALES	

el estudio presentado por Aparicio (2000) quien obtuvo de 9,11 a 17,16 % de amilosa para plátano (*Musa acuminata L., cv Cavendish*).

Estudio de las propiedades fisicoquímicas y funcionales de la harina de plátano

Capacidad de Retención de Agua (CRA)

La capacidad de retención de agua es un parámetro importante para el desarrollo de películas biodegradables y de acuerdo con lo reportado por Crosbie (1991) la CRA indica la capacidad del polímero para interactuar con el agua de solvatación, además, es una media indirecta de las características físicas (consistencia) de la dispersión formada.

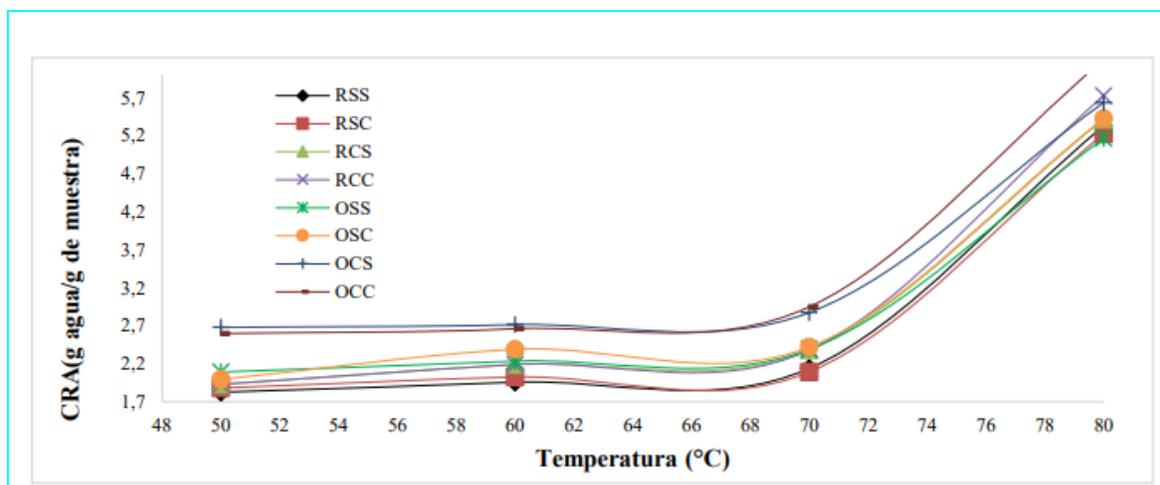


Figura 2. Efecto de la temperatura en la CRA (Crosbie 1991)

En esta imagen se presenta el efecto de la temperatura en la CRA de los diferentes tratamientos desarrollados (para ver los tratamientos consultar Crosbie 1991), observándose que conforme se incrementa la temperatura existe mayor retención de agua, por lo tanto, los valores más altos se registraron a 80 °C. El tratamiento que presentó la mayor CRA fue el OCC con 6,20 g de agua/g de muestra y el mínimo de 5,16g de agua/g de muestra. Estos resultados son cercanos a los reportados por Abbas et al. (2011) quienes obtuvieron 6,31 g de agua/ g de muestra para harina de banano (*Musa acuminata L., cv Cavendish*).

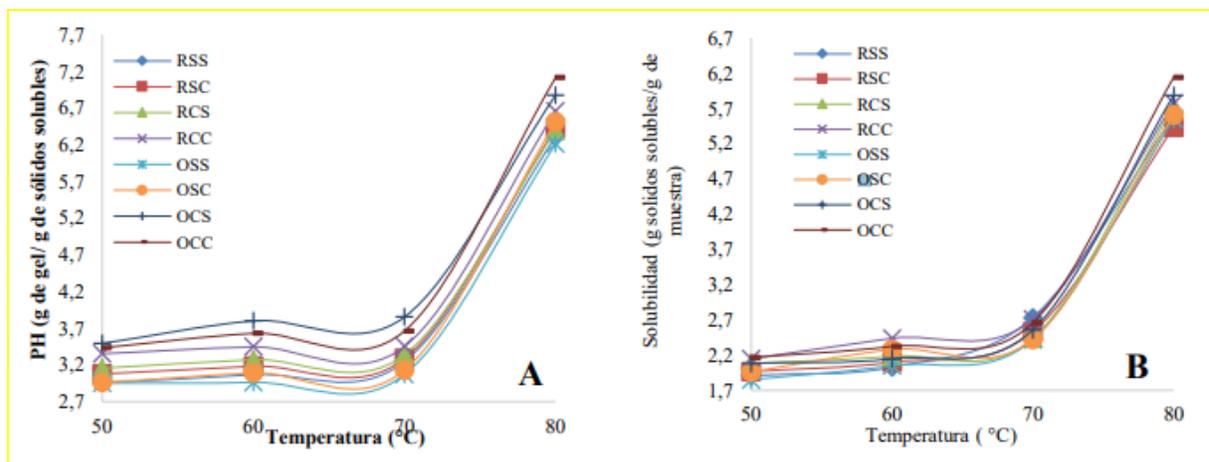


Figura 3. Poder de hinchamiento (PH) e indice de solubilidad (Crosbie 1991)

El poder de hinchamiento (Figura -A) y la solubilidad (FiguraB,) siguen el mismo patrón de comportamiento de la CRA; por lo tanto, están relacionados con la temperatura. Así al incrementar la temperatura las harinas presentaron mayor solubilidad e hinchamiento de sus partículas. Los tratamientos con mayor poder de hinchamiento y solubilidad (OCC y OCS) alcanzaron 7,11 g y 6,14 g solidos solubles/g de muestra, mientras que los tratamientos RSS y RCC mostraron un menor poder de hinchamiento y solubilidad 6,21 y 5,43 g solidos solubles/g de muestra, respectivamente. Los valores obtenidos en este estudio son similares a los reportados por Bezerra et al. (2013) quienes obtuvieron un poder de hinchamiento de 6,18g/g para harina de banano con corteza y 5,74 g/g para harina sin corteza. Este autor reportó una solubilidad de 5,36 g/g de harina de banano con corteza y 4,48 g/g para harina de banano sin corteza a 70 0C.

El contenido de almidón (68,48-78,21 %); amilosa (12,82-17,98 %) y fibra cruda (1,15-3,5 %), presente en los diferentes tratamientos influye en las propiedades funcionales de las harinas. Es así como los valores más altos de fibra y almidón se encontraron en harinas elaboradas con pulpa y corteza del banano obteniendo mayor capacidad de retención de agua, poder de hinchamiento y solubilidad, que aquellas harinas elaboradas con la pulpa del banano. Los valores de fibra están

	UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS. FACULTAD DE CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN Y ALIMENTOS. LICENCIATURA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS	
	MANUAL DE USO DE ELABORACIÓN Y EXTRACCIÓN DE HARINA Y ALMIDÓN DE FUENTES NO CONVENCIONALES	

relacionados con los sólidos insolubles, en el sentido en cuanto mayor es la proporción de sólidos insolubles mayor es la capacidad de retener agua de las harinas ricas en fibra (Cordova, 2005)

Usos

Se puede emplear en la industria química, farmacéutica, alimentaria, entre otras. Para su uso en alimentos para proveer estabilidad, textura y entre otros, que se mencionan anteriormente por su capacidad de retención de agua.

Extracción de almidón de la semilla de yaca

El almidón se obtiene de la fruta de pan *Artocarpus altilis* (yaca, jackfruit), el contenido de azúcares reductores (método Felhing) arroja valores no detectables, confirmando que el mayor porcentaje de la fracción de carbohidratos lo constituye el almidón.

Los métodos que se emplean para extraer las semillas de los frutos vienen determinados principalmente por las características de éstos.

El despulpado se realiza en algunas ocasiones de forma manual, con el fin de extraer las semillas contenidas en la fruta; el tiempo y la facilidad con que se realiza este proceso depende del estado de madurez, mientras más madura esté la fruta, más rápido será el proceso.

Lavado de las semillas se realiza una selección y caracterización de las semillas y posteriormente la limpieza de las mismas.

Secado de la semilla

Las semillas se introducen en la estufa/horno de secado a 45° C por una semana, las temperaturas de secado para las semillas se encuentran en un rango de 40-70°c o de igual forma se pueden dejar al sol o en otro tipo de horno, pero a temperaturas bajas ya que si esta supera los 70° C puede dañarla. Esto se realiza para lograr retirar la cascara de la semilla.

	UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS. FACULTAD DE CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN Y ALIMENTOS. LICENCIATURA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS	
	MANUAL DE USO DE ELABORACIÓN Y EXTRACCIÓN DE HARINA Y ALMIDÓN DE FUENTES NO CONVENCIONALES	

Las semillas se pulverizan hasta reducirlas a fragmentos muy pequeños y la operación se repite varias veces hasta que se obtenga un polvo de las semillas de yaca,

Molino que se recomienda para pulverizar semillas de yaca es el molino de martillo debido a que tiene un elevado grado de disgregación con un tiempo de permanencia breve del material en el molino.

El tamizado que se realiza en tres tipos de mayas para poder así ir eliminando fragmentos de las semillas más gruesas e ir separándolos para enviarlos de nuevo al molino, Maya 1 1.6 mm Maya 2 0.4 mm Maya 3 315 μm .

La harina obtenida se somete a la extracción de almidones, utilizando una relación harina: solvente (1:3) utilizando 250 g de harina con NaOH al 0.05 M por un periodo de 24 horas en reposo y a temperatura ambiente. Los extractos resultantes se filtran en papel filtro. Se realiza un lavado para eliminar el exceso de álcalis hasta alcanzar un pH de 7. Los residuos sólidos de cada tratamiento son macerados y mezclados con agua destilada manteniendo la misma relación 1:3 durante 15 minutos, obteniendo una mezcla homogénea. La obtención de esta es muy similar a la de la malanga.

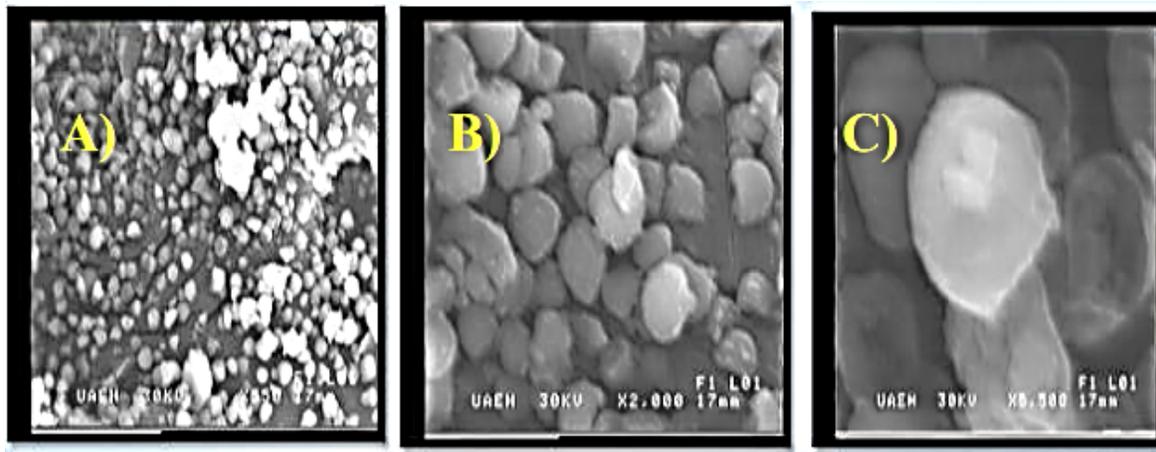


Figura 4. Microscopía electrónica de barrido. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo-México. Almidón de la fruta yuca. A) 500x aprox.; B) 2000 aprox.; C) 5500 aprox.

Características

La semilla está compuesta del 80 % es nuez comestible. 20 % es cáscara leñosa y cutícula apergaminada (Santoyo, 2005). Las semillas de yuca son una buena fuente de almidón y fibra dietética. (Hettiaratchi, Ekanayake, & Welihinda, 2011). Las Semillas de yuca contienen lignanos, isoflavonas, saponinas, todos los fitonutrientes y sus beneficios para la salud. Las semillas contienen 135 kcal / 100 g. son una rica fuente de carbohidratos complejos, fibra dietética, vitaminas como la vitamina A, C y ciertas vitaminas B, y minerales como el calcio, zinc, y fósforo entre otros. (Neesha, 2005).

Las semillas de yuca tienen mayor valor proteico que: la yuca, la papa, el maíz, el plátano y el arroz. Contienen hierro, calcio, potasio y niacina, calorías, Vitamina B1. (Santoyo, 2005).

Algunas propiedades fisicoquímicas de la semilla.

Componente	Contenido
Humedad	6.09 ± 0.01
Grasa bruta	1.27 ± 0.01
Ceniza	2.70 ± 0.02
Proteína	13.50 ± 0.06

	UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS. FACULTAD DE CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN Y ALIMENTOS. LICENCIATURA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS	
	MANUAL DE USO DE ELABORACIÓN Y EXTRACCIÓN DE HARINA Y ALMIDÓN DE FUENTES NO CONVENCIONALES	

Fibra	3.19 ± 0.01
Carbohidrato	79.34 ± 0.06
Energía (Kcal / 100 g)	382.79 ± 1.20
pH	5.78 ± 0.01
Acidez titulable (como, ácido láctico)	1.12 ± 0.03

Fuente (OCLOO, 2010)

Tabla 6. Propiedades funcionales de la harina de semillas de yaca

Índices	Valores
Capacidad de absorción de agua %	25.00 ± 1.67
Capacidad de absorción de grasa%	17 ± 1.37
Densidad aparente (g/cm ³)	0.80 ± 0.02
Capacidad de formación de espuma (%)	25.34 ± 0.02
Estabilidad de la espuma (%)	33 ± 0.01
Hinchazón de la alimentación (g/g)	4.77 ± 0.10

Fuente (OCLOO, 2010)

Tabla 7. Composición proximal de la Yaca

Componente	Cantidad
Contenido de Humedad	77 %
Carbohidratos	18.9 %
Fibra	1.1 %
Proteína	1.9 %
Grasa	0.1 %
Minerales	(mg * kg)
Calcio	20
Fósforo	30
Hierro	500

Fuente: (Bose, 1985)

Capacidad de absorción de agua %	25.00 ± 1.67
Capacidad de absorción de grasa (%)	17.00 ± 1.37
Densidad aparente (g / cm ³)	0.80 ± 0.02

La gelatinización para el almidón de la semilla de yaca en el intervalo de 75 a 80 °C, superior al intervalo de otras fuentes comunes de almidón.

	UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS. FACULTAD DE CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN Y ALIMENTOS. LICENCIATURA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS	
	MANUAL DE USO DE ELABORACIÓN Y EXTRACCIÓN DE HARINA Y ALMIDÓN DE FUENTES NO CONVENCIONALES	

Usos del almidón

El uso de este almidón se puede utilizar en la industria de Alimenticia e incluso a sustituir a almidones más usados en la industria, y desde luego para uso exclusivo de personas que desean productos de bajo poder calórico.

Extracción de almidón de Malanga

Los cormos de malanga se pelan y cortan en rodajas de 0.5 cm de grosor, posteriormente se secan a 65°C por 18 horas en un horno de secado. Las rodajas secas se someten a molienda, hasta reducir las partículas a 0.5 mm, para lo cual se emplea tamiz US N° 30, 100 Y 140.

TÉCNICA DE FERNÁNDEZ (1998, MODIFICADA). La harina obtenida se somete a la extracción de almidones, utilizando una relación harina: solvente (1:3) utilizando 250 g de harina con NaOH al 0.05 M por un periodo de 24 horas en reposo y a temperatura ambiente. Los extractos resultantes se filtran en papel filtro. Se realiza un lavado para eliminar el exceso de álcalis hasta alcanzar un pH de 7. Los residuos sólidos de cada tratamiento son macerados y mezclados con agua destilada manteniendo la misma relación 1:3 durante 15 minutos, obteniendo una mezcla homogénea la cual se almacena a una temperatura de 7 °C por un periodo de 24 horas. La mezcla se procesa en un tamiz N° 425, para obtener la lechada y un residuo que se descarta. La lechada se almacena en reposo por 24 horas y luego es resuspendida en agua destilada en proporción 1:1, se macera y deja en reposo durante 24 horas, este paso se repite tres veces. Finalizado el tiempo de reposo se obtiene la formación de una pasta insoluble compacta de aspecto gelatinoso la cual se separa mediante decantación. La pasta insoluble compacta es secada en estufa/horno de aire forzado a 50 °C hasta que se obtenga el almidón seco. Este se muele y se tamiza para obtener una granulometría uniforme.

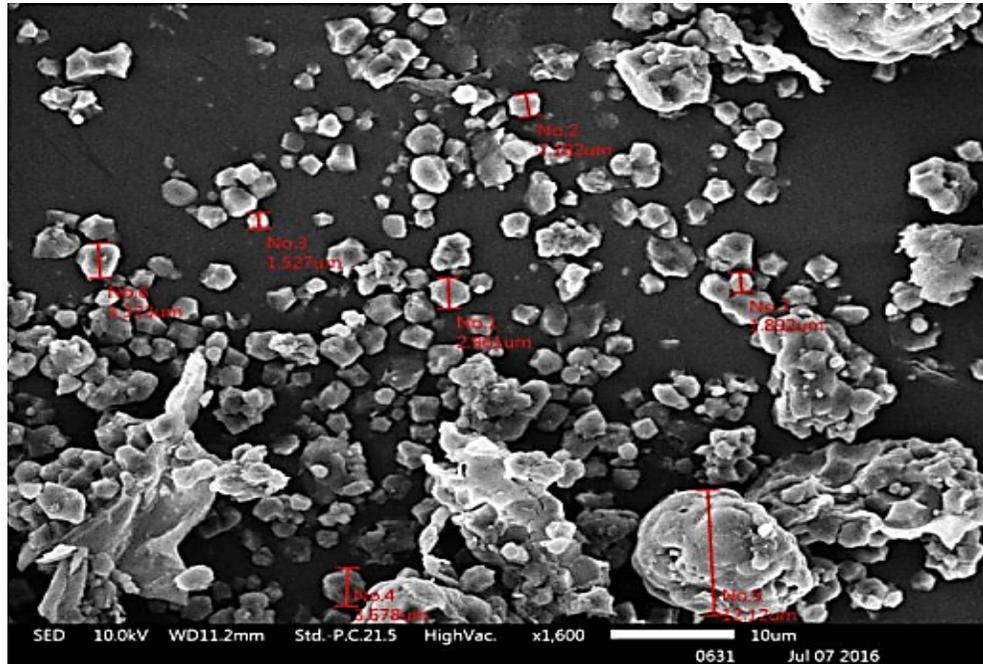


Figura 5. Apariencia Microscópica del almidón de malanga (TORRES RAPELO 2013)

Tabla 8. Composición proximal de la malanga

Parámetro	Cantidad (%)
Proteína	24.991
Ceniza	7.650
Fibra bruta	4.882
Grasa	0.530
Humedad	2.594
Carbohidratos	59.359

Fuente: Torres Rapelo et al. 2013

	UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS. FACULTAD DE CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN Y ALIMENTOS. LICENCIATURA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS	
	MANUAL DE USO DE ELABORACIÓN Y EXTRACCIÓN DE HARINA Y ALMIDÓN DE FUENTES NO CONVENCIONALES	

Tabla 9 Análisis Químico Proximal en Harina de Malanga

Componente 100g	Contenido
Humedad	6.0 ± 0.10
Ceniza	2.7 ± 0.01
Fibra	1.8 ± 0.01
Grasa	0.0 ± 0.0
Proteína	2.8 ± 0.10
Carbohidratos	86.4 ± 0.70

Fuente: Torres Rapelo et al. 2013

Tabla 10 Análisis Químico Proximal de Almidón Base Seca

Componente 100g	Contenido
Humedad	2.9 ± 0.02
Ceniza	0.3 ± 0.02
Fibra	1.9 ± 0.09
Grasa	0.0 ± 0.0
Proteína	1.5 ± 0.03
Carbohidratos	96.6 ± 0.04

Fuente: Torres Rapelo et al. 2013

	UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS. FACULTAD DE CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN Y ALIMENTOS. LICENCIATURA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS	
	MANUAL DE USO DE ELABORACIÓN Y EXTRACCIÓN DE HARINA Y ALMIDÓN DE FUENTES NO CONVENCIONALES	

Las temperaturas de gelatinización (54 °C - 55 °C), los almidones de malanga blanca y morada.

Las temperaturas de gelatinización son similares para ambos almidones. La viscosidad del almidón de malanga blanca y morada fue (1170± 2 Cp. y 975± 3 Cp.) respectivamente.

Los índices de absorción de agua (IAA) de los almidones de malanga blanca y morada se reportan entre (1,79 ± 0.1 y 1,88 ± 0.02)

Se observa que el IAA de 12, ISA de 0.9 y PH de 12 del almidón de malanga, se aprecia diferencia significativa de acuerdo a lo reportado por Contreras et al., 2013 en almidón de yuca (figura 6). Se puede concluir que las propiedades funcionales del almidón de malanga son superiores a las presentes en el almidón de yuca, debido a que los Almidones de buena calidad tendrán una baja solubilidad, alta absorción de agua y un alto poder de hinchamiento (Ríos, 2013).

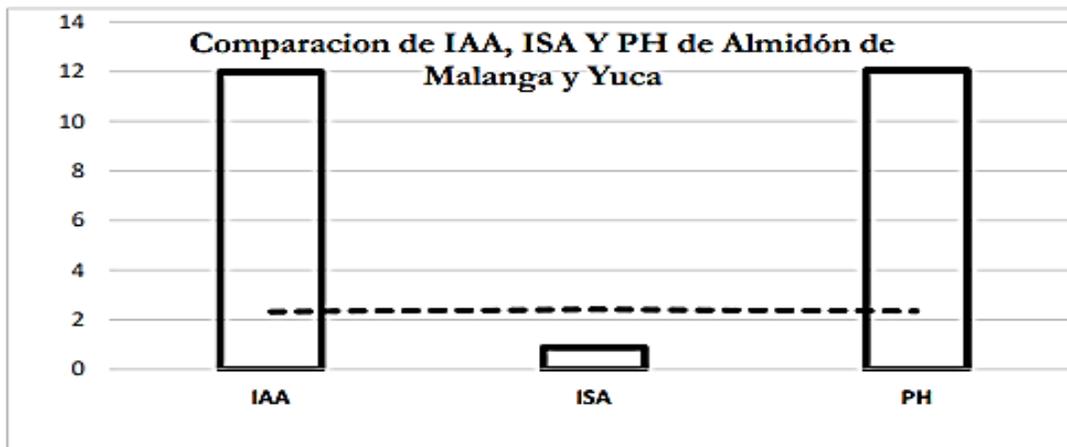


Figura 6. Comparación de IAA, ISA Y PH de Almidón de Malanga y Yuca

	UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS. FACULTAD DE CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN Y ALIMENTOS. LICENCIATURA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS	
	MANUAL DE USO DE ELABORACIÓN Y EXTRACCIÓN DE HARINA Y ALMIDÓN DE FUENTES NO CONVENCIONALES	

Tabla 11. Comparación de malanga con otros tubérculos

Alimento	Kcal	Proteína (g)	Carbh. (g)	Grasa (g)	Calcio (g)
Malanga	10	2.1	22.1	1.1	19.0
Camote	90	1.2	21.1	0.1	25.0
Papa	93	1.9	21.1	0.1	4.0
Yuca	153	0.9	37.1	0.1	7.0
Name	99	2.0	22.5	0.2	7.0

Fuente: Amparo L. Pua et al. 2019

Usos

Debido a sus bajas temperaturas de gelatinización Se pueden emplear en la elaboración de productos que no requieran temperaturas elevadas, tales como postres, natillas, pudines; no se recomienda su inclusión en productos que requieran altas temperaturas, tales como los productos enlatados, alimentos para bebés, etc. Los tamaños de los gránulos de los almidones son de $6,5 \pm 0,2 \mu\text{m}$ y $6,6 \pm 0,1 \mu\text{m}$.

Extracción de almidón de Camote:

El camote se lava y pela para retirar impurezas que se puedan encontrar en la cascara y evitar cualquier tipo de contaminación, después se muele con agua destilada en una licuadora convencional durante 5 min y se filtra en una manta cielo o papel filtro, el líquido se recolecta en un recipiente de plástico; los sólidos son molidos y filtrados de nuevo, el recipiente donde se recolecta el líquido se coloca en el refrigerador durante 12 horas, se decanta y el sedimento se coloca en una estufa de secado u horno eléctrico a 45°C durante 48 horas para su secado. Este se tritura en un mortero y tamiza en una malla de $80 \mu\text{m}$. El almidón obtenido se almacena en una bolsa de plástico lejos de la humedad.

	UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS. FACULTAD DE CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN Y ALIMENTOS. LICENCIATURA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS	
	MANUAL DE USO DE ELABORACIÓN Y EXTRACCIÓN DE HARINA Y ALMIDÓN DE FUENTES NO CONVENCIONALES	

Tabla 12. composición química porcentual del almidón de camote remotiflora y sparsiflora vs papa

Determinación	D. remotiflora	D. Sparsiflora	Papa
Humedad	6.29	7.52	8.52
Proteína	0.67	1.22	0.20
Carbohidratos	97.67	97.46	98.0
Lípidos	1.2	0.55	0.18
Cenizas	0.44	0.73	0.34
Fosforo	0.49	0.32	0.08

Fuente: Wolfgang et al. 1999

Los gránulos de los diferentes almidones presentan formas entre esférica y ovalada con un rango de tamaño de 15,6 - 17,8 μm . Se determinan diferencias de color entre variedades tanto en tono, croma como en índice de amarillez. El almidón de camote blanco presenta los mayores valores de capacidad de retención de agua e índice de solubilidad. La temperatura de gelatinización presentada por la variedad anaranjado, blanco y morado fue de 71,5, 80,8 y 80,4 respectivamente. El contenido de almidón y de amilosa varía en cada muestra entre 25,12 - 27,86 % y 35,04-39,70%, respectivamente. La suspensión del almidón de camote morado presenta la mayor viscosidad de entre las féculas analizadas. Los almidones de camote blanco y morado podrían ser recomendados para alimentos procesados a altas temperaturas donde la viscosidad del producto es deseable. El mayor porcentaje de claridad se presenta por la fécula de camote amarillo.

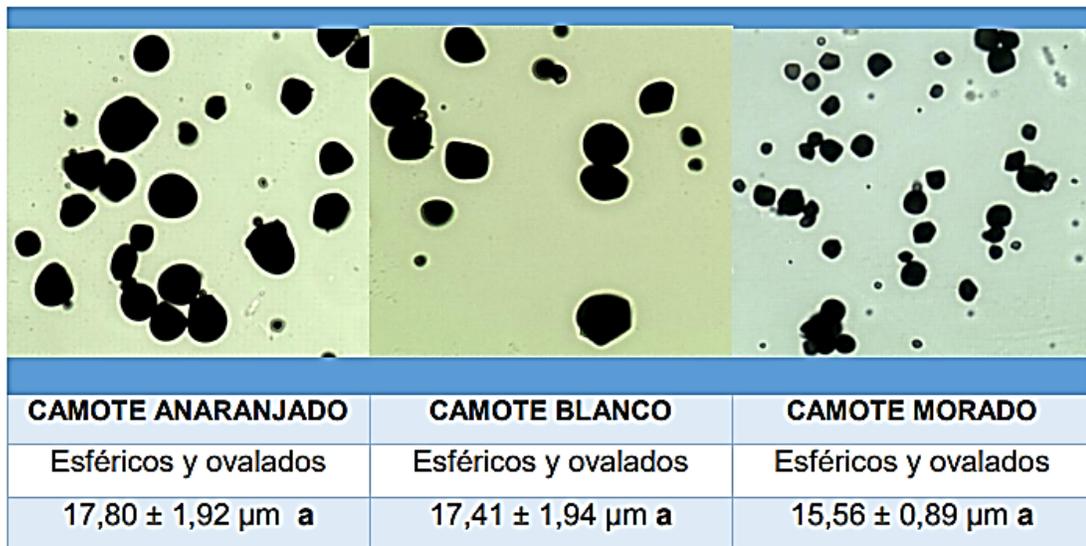


Figura 7. Apariencia microscópica y tamaño del de fécula de tres variedades de camote: anaranjado, blanco y morado. (De la Rosa 2009)

Según De la Rosa (2009) y Moorthy (2002), el tamaño del gránulo afecta algunas propiedades funcionales como el grado de gelatinización, factor de hinchamiento, solubilidad y sobre la polimerización de las cadenas de amilopectina. Esto permite conocer las variables que influyen en los procesos de cocción de la fécula y sus productos.

El color es una propiedad de los alimentos asociada a la calidad; de acuerdo con los estudios realizados por Abegunde et al. (2013) en féculas de camote están asociados al tipo de cultivo. Estos autores manifestaron que las muestras de camote con tonalidad amarilla son consideradas de menor calidad que aquellas muestras con tonalidad blanca.

Anaranjado (CA), blanco (CB) y morado (CM).

El camote presenta un alto contenido de almidón, al igual que otros tubérculos como: papa, yuca y makal. El CA contiene 25,80 %, en CB se obtuvo 27,86 % y 25,12 % para CM. Según Shekhar et al. (2015) los cultivares de batata (camote) tienen un contenido de materia seca del 44 %; siendo el 90 % carbohidratos.

	UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS. FACULTAD DE CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN Y ALIMENTOS. LICENCIATURA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS	
	MANUAL DE USO DE ELABORACIÓN Y EXTRACCIÓN DE HARINA Y ALMIDÓN DE FUENTES NO CONVENCIONALES	

Tabla 13. Contenido de almidón en diferentes especies de camote

Variedad	Almidón %
Anaranjado	25.80 ± 0.21
Blanco	27.86 ± 0.11
Morado	25.12 ± 0.04

Medina-García (2013)

El contenido de amilosa de las tres variedades de camote estudiadas se determina por espectrofotometría UV-VIS. Se realiza una reacción colorimétrica empleando yodo, para formar un complejo azul. (De la Rosa, 2009).

Tabla 14. Contenido de amilosa en tres variedades de camote: anaranjado (CA), blanco (CB) y morado (CM)

Variedad	Amilosa %
Anaranjado	35.04 ± 1.89
Blanco	39.04 ± 1.76
Morado	39.70 ± 2.05

Medina-García (2013)

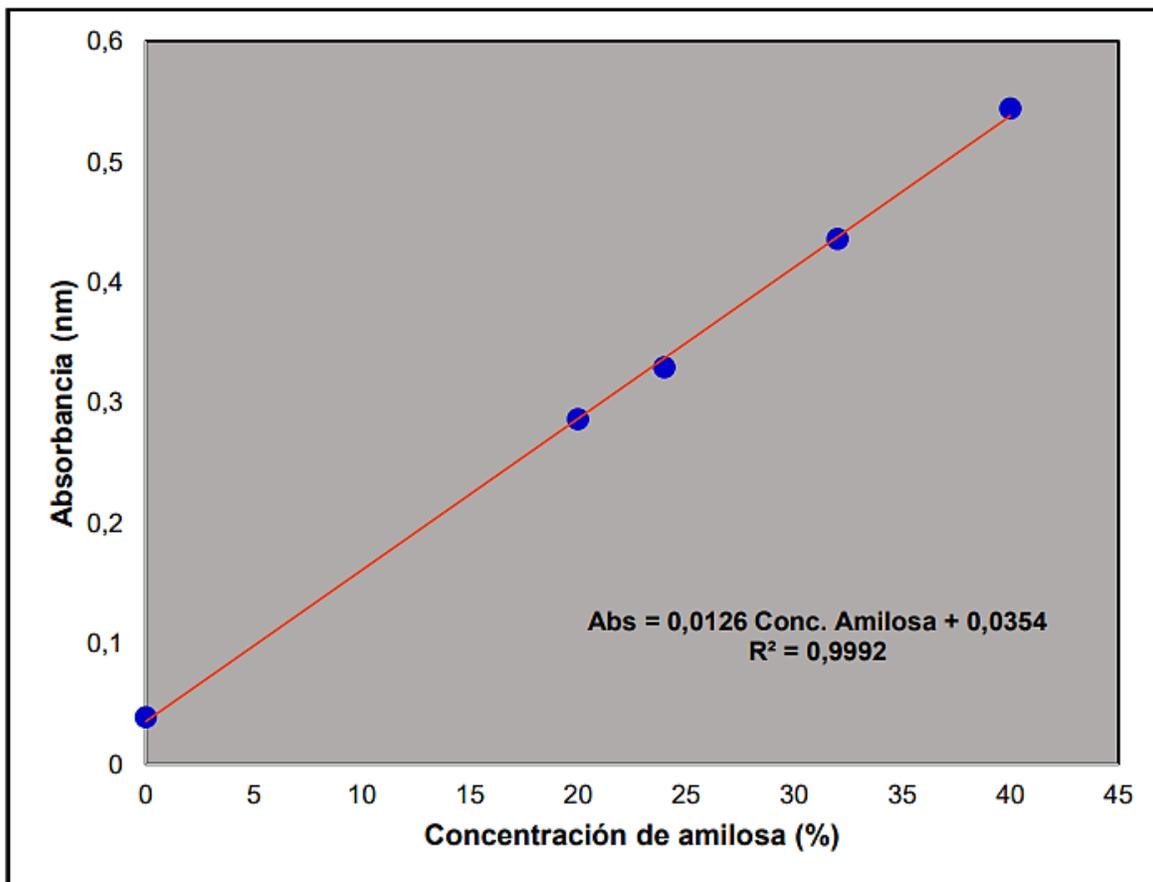


Figura 8. Curva estándar de amilosa de papa

En la Tabla 14 de acuerdo con los estudios presentados al comparar el contenido de amilosa en 3 variedades de camote se encontró muy poca variación entre los diferentes cultivos estudiados. Así también, demostró que no existe ningún efecto de la fertilización sobre el contenido de amilosa. Sin embargo, al comparar diez cultivares de batata, este autor estableció que la longitud y la distribución de la cadena de amilosa pueden influir en el proceso de degradación, siendo más lenta en aquellos con cadenas más cortas.

La capacidad de retención de agua (CRA). Las muestras estudiadas mostraron un comportamiento (Figura 9) similar en las cinco temperaturas aplicadas (50, 60, 70, 80 y 90 °C).

Las féculas de las tres variedades (CA, CB y CM) presentan baja CRA a 50 y 60 °C con valores entre 0,45 y 1,15 g agua•g-muestra. A partir de los 70 29 °C, las féculas incrementan la CRA; alcanzando el valor máximo de absorción de agua a 80 °C para las muestras de CA y CB.

Capacidad de retención de agua (g agua•gmuestra-1) de féculas de tres variedades de camote: anaranjado (◆), blanco (●) y morado (■).

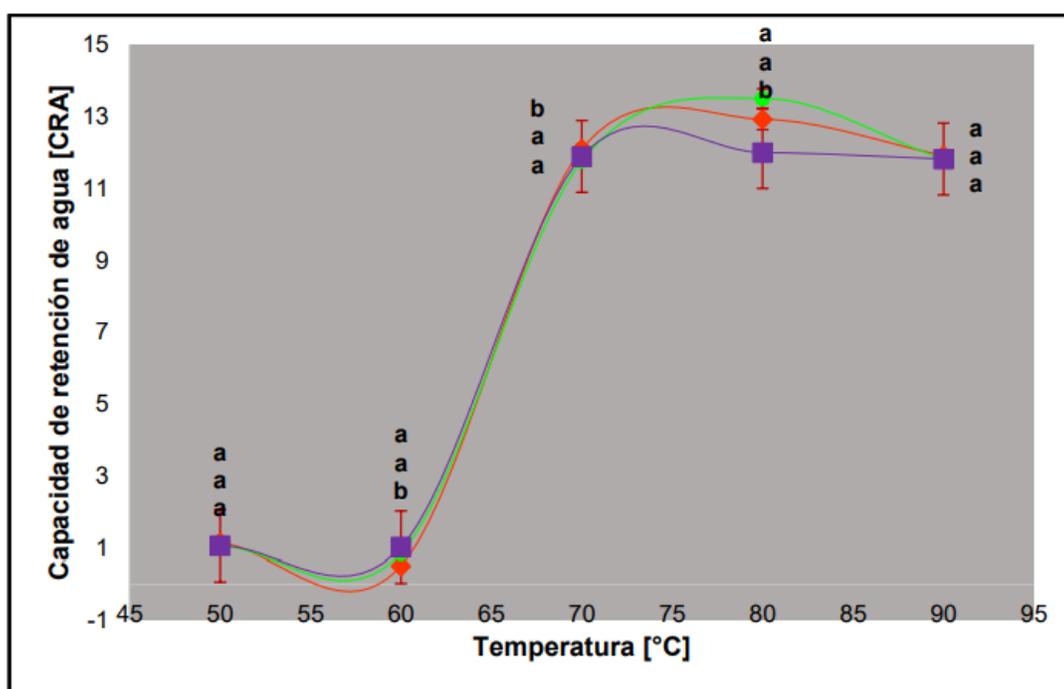


Figura 9. Capacidad de retención de agua (De la Rosa, 2009; Hernández et al., 2007)

El incremento en la CRA es una propiedad funcional deseable en los almidones; sin embargo, al superar el límite máximo de absorción de agua empieza un proceso de dextrinación (De la Rosa, 2009; Hernández et al., 2007). Por lo que, al aplicar una temperatura de 90 °C, el almidón rompió su estructura y empezó a disminuir la viscosidad.

La solubilidad de las féculas (Figura 10) de las tres variedades de camote mostro. Estos resultados son muy cercanos a los valores obtenidos por Abegunde et al. (2013) quienes reportaron valores

de solubilidad entre 8,56 y 19,97 %, para camote procedente de la India. De igual manera, Guízar et al. (2008) manifestaron que el valor máximo de solubilidad de fécula de camote se alcanza a 70 y 80 °C. En las muestras sometidas a 60 °C y 90 °C se observó los valores más bajos de solubilidad.

Este comportamiento puede atribuirse al efecto de la interacción entre la amilosa y la amilopectina, que tienden a formar compuestos insolubles, por esta razón la solubilidad disminuye (De la Rosa, 2009; Hernández et al., 2007).

Solubilidad (%) de féculas de tres variedades de camote: anaranjado (◆), blanco (●) y morado (■).

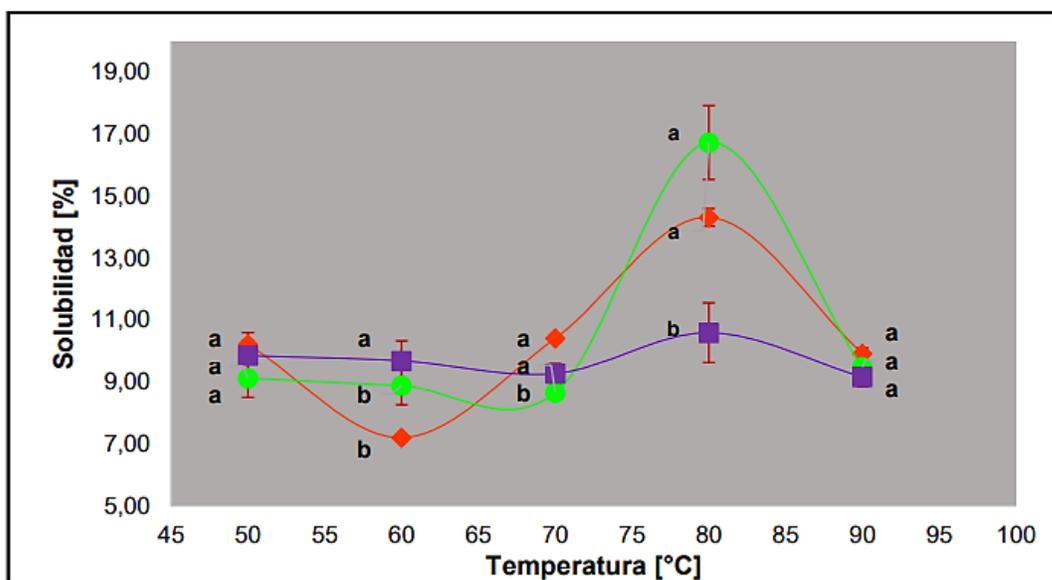


Figura 10 Solubilidad de la fécula (Abegunde et al. 2013)

Los gránulos de las tres variedades de camote (Figura 11) presentaron un factor de hinchamiento (FH) entre 8,79 y 9,11 % al calentarse a 50 °C y se mantuvo así hasta los 70 °C para CB y CM. El CA presentó un comportamiento distinto, su máximo pico de hinchamiento lo alcanza a los 60 °C y disminuyó a 70 y 80 °C. Luego de esto se observó un incremento en el factor de hinchamiento de las tres variedades de camote.

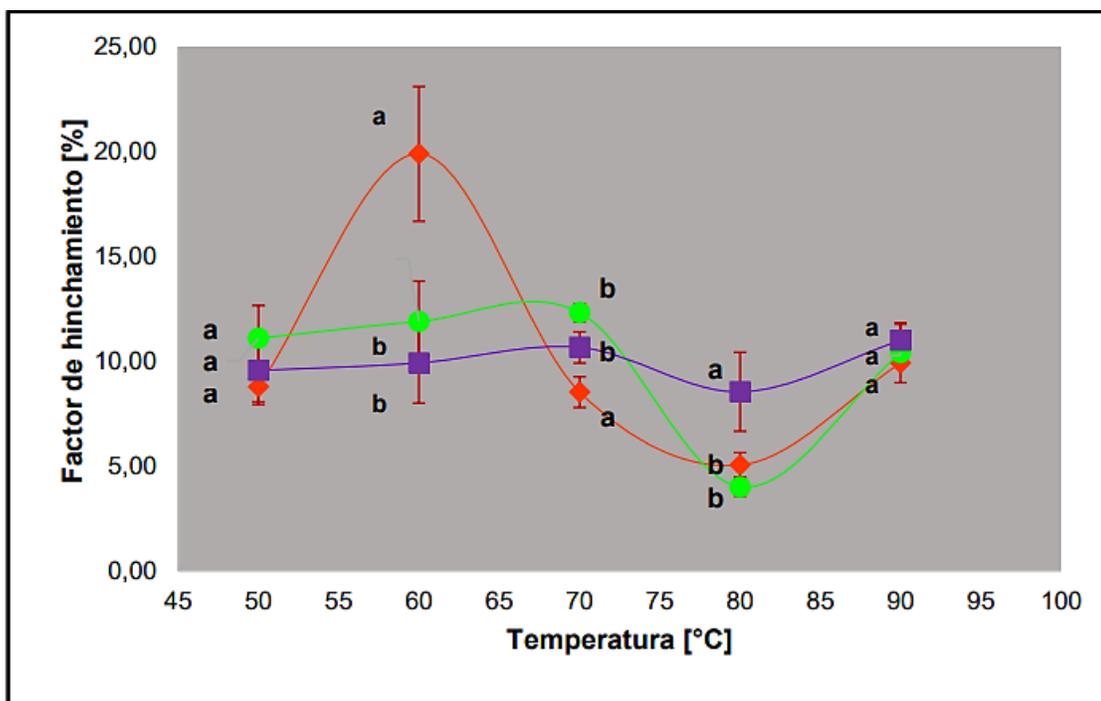


Figura 11. Poder de hinchamiento (%) de féculas de tres variedades de camote: anaranjado (◆), blanco (●) y morado (■).

Estos parámetros permiten establecer que el almidón de camote inicia su proceso de gelatinización entre 54,86 y 56,51 °C. Este alcanza su mayor grado de gelatinización a 71,55 °C para CM, 80,47 °C en CA y 80,86 °C en CM. Así también, se observa que el CA finaliza su proceso de gelatinización a 90 °C, siendo más estable que el CB (88,78 °C) y CM (80,39 °C). Según lo expuesto por De la Rosa (2009) y Hernández et al. (2007) la entalpía de gelatinización de los almidones depende de la composición amilácea de cada muestra. Las féculas que presentan un mayor contenido de amilosa y menor contenido de amilopectina como el CB (39,04 %) y CM (39,70 %) requieren de una menor entalpía de gelatinización.

	UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS. FACULTAD DE CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN Y ALIMENTOS. LICENCIATURA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS	
	MANUAL DE USO DE ELABORACIÓN Y EXTRACCIÓN DE HARINA Y ALMIDÓN DE FUENTES NO CONVENCIONALES	

Usos

Se puede utilizar como estabilizante o gelificante en alimentos refrigerados, de igual manera se puede utilizar en alimentos que estén expuestos a altas temperaturas por sus características térmicas y de retención de agua

Almidón de Papa (*Solanum Tuberosum*)

Proceso de extracción

Metodología propuesta por Aristizábal y Sánchez (2007):

Se emplearon 8 kg de papas. Los tubérculos en buen estado se lavan, pelan y cortan en finas rodajas, las cuales se trituran en una licuadora. Luego el producto obtenido se filtra con la ayuda de un lienzo, realizando varios lavados de la pulpa con agua destilada para retirar todo el almidón hasta que el líquido salga claro. Se continúa con la sedimentación de los lavados durante 4 horas, se separa el agua presente y la pasta resultante se sometió a secado en horno durante 24 horas a 48°C; finalmente se muele el almidón resultante y se almacena en bolsas con cierre hermético.

Apariencia microscópica

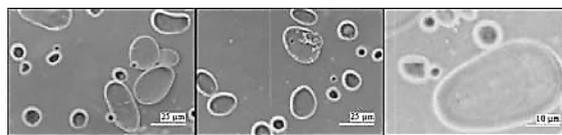


Figura 12. Apariencia microscópica de la papa (Aristizábal y Sánchez 2007)

Las diferencias morfológicas entre almidones de papa son mayores que entre cultivos de cualquier otra fuente botánica, dependiendo de las prácticas agrícolas, revelan formas circulares para los tamaños pequeños y elípticas para los tamaños grandes.

	UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS. FACULTAD DE CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN Y ALIMENTOS. LICENCIATURA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS	
	MANUAL DE USO DE ELABORACIÓN Y EXTRACCIÓN DE HARINA Y ALMIDÓN DE FUENTES NO CONVENCIONALES	

Tabla 15 Caracterización química de papa (Solanum Tuberosum)

parámetro	Porcentaje
Humedad	12.660
Cenizas	0.853
Grasa	0.120
proteína	0.350
Fibra	0.140
Carbohidratos	86.010
pH	6.34

Fuente: Aristizábal y Sánchez (2007)

Caracterización funcional

Tabla 16 Capacidad de absorción de agua papa (solanum Tuberosum)

Absorción de agua	60 °c	70 °c	80 °c	90 °c
G agua/ G Alm.	10 ± 2.5	13.7 ± 4.3	17 ± 4.7	18.9 ± 3.9

Fuente: Aristizábal y Sánchez (2007)

El contenido de amilosa en los almidones nativos de papa se reporta en el rango de 24,3 y 29,1%.

El almidón de papa contiene aproximadamente 800 ppm de fosfato enlazado a él, lo que incrementa la viscosidad y da a la solución un carácter ligeramente aniónico, una baja temperatura de gelatinización (aproximadamente 60 °C) y un alto poder de Absorción de agua al cual también se le atribuyen las capacidades endotérmicas las cuales arrojan mejores resultados de esta absorción en estas 2 temperaturas 53.44 °c – 98 °c.

Probables usos:

usados como estabilizantes o gelificantes en alimentos refrigerados. La alta claridad que presentan los almidones de Papa sugiere que podrían ser potencialmente utilizables en la elaboración de rellenos para pasteles y para la elaboración de caramelos.

	UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS. FACULTAD DE CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN Y ALIMENTOS. LICENCIATURA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS	
	MANUAL DE USO DE ELABORACIÓN Y EXTRACCIÓN DE HARINA Y ALMIDÓN DE FUENTES NO CONVENCIONALES	

Almidón de Mango

Proceso de Extracción de almidón de mango:

La semilla se separa y posteriormente se procede a la extracción de las almendras eliminando el endocarpio duro y fibroso. Las almendras son colocadas en una solución de ácido cítrico al 0.05 % en volumen para evitar su oxidación, luego a las almendras húmedas se pasan por un molino, luego se calientan en una estufa a una temperatura de 58 Celsius, hasta que alcense un peso constante y se pone en un desecador.

se pesan 70 g de la harina tamizada y se sumergen en una solución de metabisulfito de sodio al 0.16 %, calentando a 50 °C con agitación constante en una plancha de calentamiento por 9 horas. La muestra se filtra por gravedad para retirar la almendra molida sin almidón. Luego, el filtrado se centrifuga por 15 minutos a 2000 rpm. Se desecha el líquido sobrenadante y se resuspende el almidón en agua destilada para llevarlo nuevamente a centrifugación bajo las mismas condiciones. Los lavados con agua fría se realizarán tres veces para eliminar las impurezas presentes. Por último, se seca el almidón extraído hasta peso constante a 60 °C.

Apariencia microscópica



Figura 13. almidón de mango, (SAAVEDRA, 2000)

Los gránulos de almidón de almendra de mango son de forma ovoide y esféricas cuyo tamaño varía de 8 a 28 micras. El almidón contiene 39.67% de amilosa.

La temperatura de gelatinización de los gránulos de almidón de almendra de mango (*Mangifera Indica L.*) variedad Chico Rico, está comprendido entre 70 y 86°C, (SAAVEDRA, 2000)

	UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS. FACULTAD DE CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN Y ALIMENTOS. LICENCIATURA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS	
	MANUAL DE USO DE ELABORACIÓN Y EXTRACCIÓN DE HARINA Y ALMIDÓN DE FUENTES NO CONVENCIONALES	

lenta gelatinización, la temperatura de gelatinización se expresa como intervalo, ya que no todos los gránulos se hinchan y se gelatinizan al mismo tiempo y temperatura, debido a que algunos son más resistentes y por tanto pueden requerir hasta más de 100 C, más que otros (BAUDUI, 1984)

Resistentes al tratamiento térmico y de tendencia retrogradaría, su índice de absorción de agua es de 1.40 ± 1.75

Caracterización química

Tabla 17 Caracterización de la almendra de mango

Parámetro	Porcentaje
Humedad	45.43 ± 2.07
Cenizas	2.48 ± 0.30
Proteína	6.48 ± 0.02
Grasa	7.57 ± 0.12
Fibra Cruda	6.42 ± 0.11
Carbohidratos	31.33

El almidón de almendra de mango contiene un elevado % de amilosa (39,67%), en comparación con los almidones corrientes de tubérculos y cereales que contienen de un 20 a 25% de amilosa y del almidón de semilla de umari, que solo contiene 12,5% de amilosa según lo reportado (AGUIRRE, 1992) y (COLLAZOS, 1996).

Probables usos:

Para la creación de bioplásticos

Espesante: proporciona cuerpo y consistencia.

Estabilizador: ayuda a mantener las propiedades de color, textura, aroma y sabor.

Humectante: evita que el alimento se desequie.

Emulsificante: mantiene de manera uniforme una mezcla de dos o más componentes insolubles entre sí.

	UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS. FACULTAD DE CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN Y ALIMENTOS. LICENCIATURA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS	
	MANUAL DE USO DE ELABORACIÓN Y EXTRACCIÓN DE HARINA Y ALMIDÓN DE FUENTES NO CONVENCIONALES	

Pero principalmente este tipo de almidones, se utiliza para hacer geles alimenticios y especialmente, para preparar ligas en confitería. Los almidones ricos en amilosa también se utilizan para preparar películas comestibles {por ejemplo recubrimientos de algunas píldoras farmacéuticas), más no se aconseja como agentes espesantes, porque, puede dar una textura granulosa o una consistencia elástica e incluso apelmazarse o motivar sinéresis

RECOMENDACIONES.

El manual tiene la función de orientar al lector a que aplique las tecnologías mostradas y optar por la opción más factible para la aplicación en algún producto que esté desarrollando y así innovar añadiendo ya sea harina o almidón de una fuente convencional que tenga al alcance, así mismo, que indague en nuevas fuentes que son factibles pero no muy conocidas como algunas que ya se mencionaron, existe una gran diversidad y variedad de fuentes así como, tan solo en los plátanos tenemos una gran diversidad, camote y otros.

	UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS. FACULTAD DE CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN Y ALIMENTOS. LICENCIATURA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS	
	MANUAL DE USO DE ELABORACIÓN Y EXTRACCIÓN DE HARINA Y ALMIDÓN DE FUENTES NO CONVENCIONALES	

Tipo de materia prima	Método de extracción de almidón	Justificación del método.
Materias primas sin exceso de lípidos o fibra: plátano.	Extracción en seco	Se emplea este método ya que el plátano verde contiene grandes cantidades de almidón y no contiene otros componentes en grandes proporciones por lo que no se requiere del uso de solventes para eliminarlos.
Materias primas con altos contenidos de aceite: yuca y mango	Se emplean solventes como hexano, etanol, para su eliminación.	Estos eliminan el contenido de grasa facilitando la obtención del almidón.
Materias primas con altos contenidos de almidón: papa, yuca, camote.	Extracción en húmedo	Por su alto índice de contenido de almidón no requiere un procedimiento complejo para extraerlo y siendo este el más accesible de conseguir.

GLOSARIO

Centipoise (cP): El poise es la unidad de viscosidad dinámica del Sistema Cegesimal

ELN: Extracto libre de nitrógeno

Kcal: kilo calorías

Harina: La harina es el polvo fino que se obtiene del cereal molido y de otros alimentos ricos en almidón.

Viscosidad: La viscosidad dinámica de un fluido es una medida de su resistencia a las deformaciones graduales producidas por tensores cortantes o tensores de tracción en un fluido.

	UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS. FACULTAD DE CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN Y ALIMENTOS. LICENCIATURA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS	
	MANUAL DE USO DE ELABORACIÓN Y EXTRACCIÓN DE HARINA Y ALMIDÓN DE FUENTES NO CONVENCIONALES	

Amilopectina: La amilopectina es un polisacárido que se diferencia de la amilosa en que contiene ramificaciones que le dan una forma molecular parecida a la de un árbol

Retrogradación: La retrogradación de los planetas o movimiento retrógrado aparente es el movimiento aparente de un planeta en una dirección opuesta a la de otros cuerpos dentro de su sistema, observado desde un punto de vista particular.

Oligoelementos: Los oligoelementos, a veces llamados bioelementos temporales, son bioelementos presentes en pequeñas cantidades en los seres vivos y tanto su ausencia como su exceso pueden ser perjudicial para el organismo

Agroalimentaria: es la parte de la industria que se encarga de todos los procesos relacionados con la cadena alimentaria.

	UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS. FACULTAD DE CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN Y ALIMENTOS. LICENCIATURA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS	
	MANUAL DE USO DE ELABORACIÓN Y EXTRACCIÓN DE HARINA Y ALMIDÓN DE FUENTES NO CONVENCIONALES	

REFERENCIAS DOCUMENTALES

AGAMA-ACEVEDO, Edith, et al. Características del almidón de maíz y relación con las enzimas de su biosíntesis. *Agrociencia*, 2013, vol. 47, no 1, p. 01-12.

AGAMA, E., OTTENHOF, M., FARHAT, I. A., PAREDES-LÓPEZ, O., ORTÍZ-CERECERES, J. Y BELLO-PÉREZ, L. A. (2005). Aislamiento y caracterización del almidón de maíces pigmentados. *Agrociencia*. 39: 419-429.

ALVIS, Armando, et al. Análisis físico-químico y morfológico de almidones de ñame, yuca y papa y determinación de la viscosidad de las pastas. *Información tecnológica*, 2008, vol. 19, no 1, p. 19-28.

A.O.A.C (1980) MÉTODOS OFICIALES DE ANÁLISIS. Association of Oficial Agricultural Chemists. Washington, D.C.U.S.A

ARISTIZÁBAL, Johanna; SÁNCHEZ, Teresa; LORÍO, Danilo Mejía. Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2007.

ARROYO, Edmundo; ALARCÓN, Hugo. Obtención, caracterización y análisis comparativo de polímeros biodegradables a partir de la yuca, papa y maíz. Lima: Instituto de investigación científica de la Universidad de Lima, 2013.

AVILÉS, Gladys Ruiz. Obtención y caracterización de un polímero biodegradable a partir del almidón de yuca. *Ingeniería y ciencia*, 2006, vol. 2, no 4, p. 5-28.

BADUI, S.D. (2001). *Química de los alimentos*. Ed. Pearson Education México D.F. pp. 94-104.

BERNARDO OSPINA, HERNÁN CEBALLOS. La yuca en el tercer milenio: Sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización comercial y comercialización/compilado. Cali Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical; Consorcio Latinoamericano del Caribe de apoyo a la investigación y desarrollo de la yuca, (2002).

BONILLA, Zúñiga; NATALI, Vanessa. EXTRACCIÓN Y ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL ALMIDÓN DE MALANGA (*Xanthosoma Saggitifolium*), YUCA (*Manihot Esculenta*) Y PAPA CHINA (*Colocasia Esculenta*). 2019. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional de Chimborazo, 2019.

	UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS. FACULTAD DE CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN Y ALIMENTOS. LICENCIATURA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS	
	MANUAL DE USO DE ELABORACIÓN Y EXTRACCIÓN DE HARINA Y ALMIDÓN DE FUENTES NO CONVENCIONALES	

Bugaud, C. y otros seis autores, Rheological and chemical predictors of texture and taste in dessert banana (*Musa spp.*), *Postharvest Biology and Technology*: 84, 1-8 (2013)

CERON, Andres Felipe, et al. Estudio de la formulación de la harina de papa de la variedad parda pastusa (*solanum tuberosum*) como sustituto parcial de la harina de trigo en panadería. *Biotechnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*: BSAA, 2011, vol. 9, no 1, p. 105-111.

CEBALLOS, H. Y DE LA CRUZ, A. (2002). Taxonomía y morfología de la yuca. En: Ceballos, H. y Ospina, B. *La yuca en el tercer milenio. Sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización*, p. 28. CIAT. Cali, Colombia. 586 pp.

COBANA, M.; ANTEZANA, R. Proceso de extracción de almidón de yuca por vía seca. *Revista Boliviana de Química*, 2007, vol. 24, no 1, p. 78-84.

FLORES-GOROSQUERA, Emigdia, et al. Rendimiento del proceso de extracción de almidón a partir de frutos de plátano (*Musa paradisiaca*). Estudio en planta piloto. *Acta Científica Venezolana*, 2004, vol. 55, no 1, p. 86-90.

GARCÍA-MATA, Roberto, et al. El mercado del plátano (*Musa paradisiaca*) en México, 1971-2017. *Agrociencia*, 2013, vol. 47, no 4, p. 399-410.

GRACE, M. R., et al. *Elaboración de la yuca*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 1977.

GUTIÉRREZ, Tuxtla; DE TUXTLA GUTIÉRREZ, Tecnológico. FENOLES TOTALES Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE LA HARINA DE SEMILLA DE YACA (*Artocarpus heterophyllus*) FERMENTADA CON *Lactobacillus fermentum* BAL-21-ITTG. *Interdisciplinario de Ingenierías*, p. 132.

HERNÁNDEZ MEDINA Marilyn, TORRUCO UCO Juan Gabriel, CHEL GUERRERO Luis, BETANCUR ANCONA David. Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. 2008). *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 28(3): 718-726.

LA TOMA, DOCUMENTO DE REFERENCIA PARA; DECISIONES, D. E. innovaciones para sistemas agrícolas y alimentarios sustentables. 2018.

MADRIGAL-AMBRIZ, Laura Virginia, et al. Caracterización física y nutricional de harina del tubérculo de “Malanga”(Colocasia esculenta L. Schott) de Actopan, Veracruz, México. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 2018, vol. 68, no 2.

MIRANDA, Albero Guízar; SOTO, José Luís Montañéz; RUIZ, Ignacio García. Parcial caracterización de nuevos almidones obtenidos del tubérculo de camote del cerro (*Dioscorea spp.*). *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 2008, vol. 9, no 1, p. 81-88.

	UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS. FACULTAD DE CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN Y ALIMENTOS. LICENCIATURA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS	
	MANUAL DE USO DE ELABORACIÓN Y EXTRACCIÓN DE HARINA Y ALMIDÓN DE FUENTES NO CONVENCIONALES	

NORMA Oficial Mexicana NOM-247-SSA1-2008, Productos y servicios. Cereales y sus productos. Cereales, harinas de cereales, sémolas o semolinas. Alimentos a base de: cereales, semillas comestibles, de harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales. Métodos de prueba.

PÉREZ, Luis Arturo Bello, et al. Propiedades químicas y funcionales del almidón modificado de plátano *Musa paradisiaca* L.(var. Macho). *Agrociencia*, 2002, vol. 36, no 2, p. 169-180.

Pimienta, E. *El nopal tunero*. Universidad de Guadalajara, México. 1990

PIZARRO, Monica, et al. Diversificación de los Almidones de Yuca y sus Posibles Usos en la Industria Alimentaria. *Revista Politécnica*, 2016, vol. 37, no 2, p. 1-1.

RAMÍREZ-RIVERA, Jesús, et al. Caracterización fisicoquímica, funcional y contenido fenólico de harina de malanga (*Colocasia esculenta*) cultivada en la región de Tuxtepec, Oaxaca, México. *Ciencia y Mar*, 2011, vol. 15, no 43, p. 37-47.

RAPELO, Alberto Torres; CASTILLO, Piedad Montero; LENGUA, Marlene Duran. Propiedades fisicoquímicas, morfológicas y funcionales del almidón de malanga (*Colocasia esculenta*). *Revista Lasallista de investigación*, 2013, vol. 10, no 2, p. 52-61.

Reyes-Agüero, J.A., J.R. Aguirre R., F. Carlín C., A. González D. 2009. Catálogo de las principales variantes silvestres y cultivadas de *Opuntia* en la Altiplanicie Meridional de México. UASLP., SAGARPA y CONACYT San Luis Potosí, S.L.P. México. 350 p.