



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE MONAGAS
ESCUELA DE CIENCIAS DEL AGRO Y DEL AMBIENTE
DEPARTAMENTO LICENCIATURA EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS
MATURÍN**

**EFFECTO DEL TIEMPO DE RECOCIDO SOBRE LAS
PROPIEDADES FUNCIONALES DEL ALMIDÓN NATIVO DE
CAMBUR MANZANO (*Musa sp.*)**

**TRABAJO DE GRADO MODALIDAD TESIS DE GRADO
PRESENTADO POR:**

ALEJANDRO JAVIER MORÓN GUZMÁN

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR AL TÍTULO DE:
LICENCIADO EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

Julio, 2023

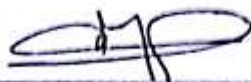
**EFFECTO DEL TIEMPO DE RECOCIDO SOBRE LAS
PROPIEDADES FUNCIONALES DEL ALMIDÓN NATIVO DE
CAMBUR MANZANO (*Musa* sp.)**

**TRABAJO DE GRADO MODALIDAD TESIS DE GRADO
PRESENTADO POR:**

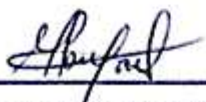
ALEJANDRO JAVIER MORÓN GUZMÁN

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR AL TÍTULO DE:
LICENCIADO EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

APROBADO POR:



Profa. Lcda. Marglorys Marchán
Tutora



Profa. MSc. Mary Longart
Jurado Principal



Profa. Dra. Ana Ramos
Jurado Principal



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE MONAGAS
ESCUELA DE CIENCIAS DEL AGRO Y DEL AMBIENTE
DEPARTAMENTO DE LICENCIATURA EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS
COMISIÓN DE TRABAJO DE GRADO

ACTA DE EVALUACIÓN DEL TRABAJO DE GRADO

CTG-ECAA-DLTA-2023

MODALIDAD: TESIS DE GRADO

ACTA N° 720

En Maturín, siendo las 2:00 pm, del día 01 de Agosto de 2023, reunidos en la sala de Postgrado, Campus: Juanico del Núcleo de Monagas de la Universidad de Oriente, los miembros del jurado, profesores: Ana Ramos (Jurado), Mary Longart (Jurado), Marglorys Marchán (Tutor Académico), a fin de cumplir con el requisito parcial exigido por el Reglamento de Trabajo de Grado vigente para obtener el Título de Licenciado en Tecnología de Alimentos, se procedió a la presentación del Trabajo de Grado, titulado: **"EFECTO DEL TIEMPO DE RECOCIDO SOBRE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES DEL ALMIDÓN NATIVO DE CAMBUR MANZANO (*Musa sp*)"**, por el bachiller: Alejandro Javier Morón Guzmán, C.I. N° 25.012.977. El jurado, luego de la discusión del mismo acuerdan calificarlo como:

Aprobado


Dra. Ana Ramos
C.I.: 10.308.657
Jurado

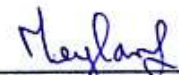

M.Sc. Mary Longart
C.I.: 4.502.463
Jurado


Licda. Marglorys Marchán
C.I.: 16.696.718
Tutor Académico


Br. Alejandro Javier Morón Guzmán
C.I.: 25.012.977
Estudiante


M.Sc. Luisa Gamboa
C.I.: 13.249.955
Comisión de Trabajo de Grado




Dra. Meylan Liendo
C.I.: 12.152.196
Jefe Departamento

Según establecido en Resolución de Consejo Universitario N° 034/2009 de fecha 11/06/2009 y Artículo 13 Literal J del Reglamento de Trabajo de Grado de la Universidad de Oriente. Esta acta está asentada en el folio N° 33 del libro de Actas de Trabajos de Grado del año 2023 del Departamento de Licenciatura en Tecnología de Alimentos de la Escuela de Ciencias del Agro y del Ambiente y está debidamente firmada por los miembros del jurado, tutor y estudiante.

DEL PUEBLO VENIMOS / HACIA EL PUEBLO VAMOS

RESOLUCIÓN

De acuerdo al Artículo 41 del reglamento de Trabajos de Grado: “Los Trabajo de Grado son de exclusiva propiedad de la Universidad, y sólo podrán ser utilizados a otros fines, con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización”.

DEDICATORIA

A la señora Mayra Alejandra, quien me ha cuidado en cada momento que lo he necesitado, incluso cuando la distancia se hizo presente; la persona que me enseñó que cada uno de mis anhelos se podría hacer realidad si le dedicaba el tiempo y el amor suficiente; que no importa donde comience, sino donde termine, que me ha motivado hasta el momento en cada instante y además me ha ayudado a levantarme cuando me encontraba cabizbajo.

A Kyra, mi pequeña mascota, por el cual comencé a tener más responsabilidad y aprender a querer más allá de mí, conocer que el amor que entrego siempre será retribuido de una manera diferente sabiendo que al llegar a casa siempre habrá alguien que me espera con ansias.

Alejandro Morón

AGRADECIMIENTO

A las personas que me han ayudado durante la carrera universitaria, durante poco o mucho tiempo han sido vitales para llegar hasta este último día.

A las personas con las que coincidí en la materia de química orgánica y que a través de diez años se volvieron mis amigos, mi familia.

A Ivania Márquez, Oscar Vegas, Nelly Marcano, Angélica Lara, Ángel Bravo, Fabiana Rodríguez y Juan Peñaloza; que cada anhelo de su corazón a través del trabajo se vuelva realidad, que cada uno tiene la capacidad de llegar lejos y de cautivar a cualquiera, y aunque permanezcan alejados territorialmente el vínculo de amistad no lo podrá quebrar nada.

A mi árbol genealógico podado que quiero de manera inconmensurable y que me han acompañado a formarme, a mi tía Ayarit Mazzarelli que ha sido como mi segunda madre y una amiga, su esposo Leonardo Núñez que ha cumplido con su rol de tío y me ha motivado a más.

A mi padre Emor Alejandro Morón, por estar pendiente de mí y quererme, aunque a veces se me haga complicado demostrar mi amor.

A mis tíos Rebeca Villanueva, Rafael Rivero y a mi prima Yolanda Rivero quienes me han acogido con amor en su hogar y me han nutrido de la experiencia y el sacrificio necesario para alcanzar una meta.

A mí querida Madre que no me cansaré de mencionarla en cada instante y de amarla.

A los amigos que me han acompañado desde mis primeros años hasta el día de hoy, a Sussan Febres por tener la capacidad de hacerme reír y estar pendiente de mí, a Nelson Guilarte por día tras día corroborar su amistad hacia mí, a Jean Miguel Molina por ser un amigo con la fortaleza necesaria para decir y motivar en los momentos complicados, a Andrés Bello por querer compartir y nutrir a los demás con cada uno de sus conocimientos.

A los amigos que nacen de la nada, como Milagros Rocca y Héctor Dilena quienes me han abierto las puertas de su casa y de su corazón.

A la Señora Damelys que ha sido una madre para mí también y me ha cuidado y reclamado con amor cuando me equivoco, a Giorcelys Villegas que ha sido una persona muy amable y amorosa conmigo, a Alejandro Boada que ha tenido ese toque de humor para ayudar a mejorar el día de cualquiera a su alrededor.

A Laura Salas, Nelsirelys Bracho, Vilmarys Mata por ser amigas incondicionales que han estado para escucharme en cada ocasión que hiciese falta.

Y por último mostrar mi eterno agradecimiento a la profesora Marglorys Marchán, mi tutora que ha sido paciente conmigo y me ha permitido llevar a cabo este proyecto.

Alejandro Morón

ÍNDICE GENERAL

	pág.
RESOLUCIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE GENERAL	viii
ÍNDICE DE CUADROS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	3
GENERAL	3
ESPECÍFICOS.....	3
REVISIÓN DE LITERATURA	4
GENERALIDADES DEL CAMBUR.....	4
CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL CAMBUR MANZANO	4
PRODUCCIÓN DE CAMBUR EN VENEZUELA.....	5
COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DEL CAMBUR MANZANO	6
GENERALIDADES DEL ALMIDÓN	7
COMPOSICIÓN QUÍMICA Y ESTRUCTURAL DE LOS ALMIDONES.....	7
AMILOSA.....	8
AMILOPECTINA	9
CLASIFICACIÓN DEL ALMIDÓN	10
Almidón nativo	10
Almidón modificado	11
Modificaciones físicas.....	12
Recocido	13
PROPIEDADES FUNCIONALES DE LOS ALMIDONES	14
Temperatura de gelatinización	14
Poder de hinchamiento.....	15
Índice de absorción de agua	16
Índice de solubilidad en agua	17
Índice de absorción de lípidos	19
Capacidad Emulsificante	19
ANTECEDENTES.....	20
MATERIALES Y MÉTODOS	23
OBTENCIÓN DE LA MATERIA PRIMA.....	23
OBTENCIÓN DEL ALMIDÓN NATIVO	23
RECEPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA.....	23
LAVADO Y PELADO	24
PESADO.....	25

LICUADO.....	25
TAMIZADO.....	25
SEDIMENTACIÓN.....	25
DECANTADO Y LAVADO	26
SECADO	26
MOLTURADO, TAMIZADO, PESADO Y ALMACENAMIENTO.....	26
OBTENCIÓN DE ALMIDÓN MODIFICADO POR RECOCIDO A DIFERENTES TIEMPOS DE CALENTAMIENTO.....	26
DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA DE GELATINIZACIÓN (T _g) DEL ALMIDÓN DE CAMBUR MANZANO NATIVO Y MODIFICADO POR RECOCIDO A DIFERENTES TIEMPOS.....	27
DETERMINACIÓN DEL PODER DE HINCHAMIENTO (PH), ÍNDICE DE ABSORCIÓN DE AGUA (IAA) E ÍNDICE DE SOLUBILIDAD EN AGUA (ISA) DEL ALMIDÓN DE CAMBUR MANZANO NATIVO Y MODIFICADO POR RECOCIDO A DIFERENTES TIEMPOS (24, 48 Y 72 HORAS).....	28
DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ABSORCIÓN DE LÍPIDOS (IAL)	29
DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD EMULSIFICANTE (CE).....	30
DISEÑO EXPERIMENTAL	30
ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	32
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA DE GELATINIZACIÓN DE ALMIDÓN DE CAMBUR MANZANO MODIFICADO POR RECOCIDO A DIFERENTES TIEMPOS (24, 48 Y 72 HORAS)	33
DETERMINACIÓN DEL PODER DE HINCHAMIENTO, ÍNDICE DE ABSORCIÓN DE AGUA E ÍNDICE DE SOLUBILIDAD EN AGUA DEL ALMIDÓN DE CAMBUR MANZANO SIN RECOCER Y MODIFICADO POR RECOCIDO A DIFERENTES TIEMPOS (24, 48 Y 72 HORAS)	36
Determinación del poder de hinchamiento (PH) del almidón de cambur manzano sin recocer y modificado por recocido a diferentes tiempos.....	36
Determinación del índice de absorción de agua (IAA) del almidón de cambur manzano sin recocer y modificado por recocido a diferentes tiempos	38
Determinación del índice de solubilidad en agua (ISA) del almidón de cambur manzano sin recocer y modificado por recocido a diferentes tiempos	40
DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ABSORCIÓN DE LÍPIDOS Y LA CAPACIDAD EMULSIFICANTE DEL ALMIDÓN DE CAMBUR MANZANO MODIFICADO POR RECOCIDO A DIFERENTES TIEMPOS (24, 48 Y 72 HORAS)	42
Determinación del índice de absorción de lípidos (IAL).....	42
Determinación de capacidad emulsificante (CE).....	44

CONCLUSIONES	47
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49
APÉNDICE	57
ANEXO	63
HOJAS METADATOS	66

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Clasificación taxonómica del cambur manzano.	5
Cuadro 2. Composición nutricional del cambur manzano.	6
Cuadro 3. Composición química de almidones de diferentes fuentes botánicas.	8
Cuadro 4. Temperatura de gelatinización de almidón de cambur manzano sin recocer y modificados por recocido a diferentes tiempos.	33
Cuadro 5. Poder de hinchamiento de almidón de cambur manzano sin recocer y modificado por recocido a diferentes tiempos.	36
Cuadro 6. Índice de absorción de agua de almidón de cambur manzano sin recocer y modificado por recocido a diferentes tiempos.	39
Cuadro 7. Índice de solubilidad en agua de almidón de cambur manzano sin recocer y modificado por recocido a diferentes tiempos.	40
Cuadro 8. Índice de absorción de lípidos de almidón de cambur manzano sin recocer y modificado por recocido a diferentes tiempos.	43
Cuadro 9. Capacidad emulsificante de almidón de cambur manzano sin recocer y modificado por recocido a diferentes tiempos.	44

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Representación esquemática de la amilosa.	9
Figura 2. Representación esquemática de la amilopectina.....	10
Figura 3. Diagrama del proceso de obtención del almidón de cambur manzano nativo de acuerdo con la metodología sugerida por Aparicio et al. (2014).	24
Figura 4. Diagrama del diseño experimental para almidón recocido de cambur manzano.	31

RESUMEN

El grupo de las musáceas, específicamente el cambur manzano, se caracteriza por su alto contenido de almidón resistente, el cual tiene beneficios para la salud, por lo que en el pasado se aprovechaba en forma de harina para alimentar a los niños de 2 años en adelante por sus beneficios al sistema digestivo. Considerando sus propiedades y el hecho que en Monagas se cultiva muy bien y que puede representar a futuro una fuente alternativa para la extracción de almidón, ésta investigación se planteó como objetivo evaluar el efecto del tiempo de recocado sobre las propiedades funcionales del almidón de cambur manzano (*Musa sp*). Al almidón de cambur manzano sin recocer y recocado a diferentes tiempos se le determinó la temperatura de gelatinización (Tg), poder de hinchamiento (PH), índice de absorción de agua (IAA), índice de solubilidad en agua (ISA) y capacidad emulsificante (CE). El experimento se realizó con un diseño de bloques al azar con efecto único y tres repeticiones. Los resultados se evaluaron a través de un ANAVA con un nivel de significancia del 95 %, evidenciándose que la Tg, PH, IAA, ISA y CE presentaron diferencias altamente significativas ($p \leq 0,01$), mientras que el IAL no mostró variaciones significativas ($p > 0,05$). Los valores más alto para PH (2,81 g/g), IAA (2,78 g/g) correspondió al almidón sin recocer (nativo), mientras que el almidón recocado por 72 h alcanzó los valores más bajo de PH (2,59 g/g) e IAA (2,57 g/g). El valor de ISA más alto (1,64 %) se obtuvo para el almidón recocado por 24 horas y el más bajo (0,86 %) para el recocado por 72 horas. La menor (6,64 %) CE se observó para el almidón sin recocer y el valor más alto para el recocado por 48 horas (8,70 %). Los bajos valores obtenidos en el PH e IAA sugieren que el almidón de cambur manzano podría utilizarse en la elaboración de pastas y fideos, mientras que sus altos valores de Tg y CE sugieren que podrían utilizarse en productos de repostería como galletas y tortas y en la elaboración de mayonesa. Además, el almidón de cambur manzano es una alternativa popular al almidón de maíz y patata en productos sin gluten, ya que es naturalmente libre de gluten. También es rico en nutrientes, como potasio, vitamina C y fibra dietética, lo que lo convierte en una opción más saludable en comparación con otros almidones.

Palabras clave: almidón, modificación, recocado, propiedades funcionales

INTRODUCCIÓN

El almidón es un carbohidrato constituido esencialmente por unidades de D-glucosa (98-99%). Consiste de dos polisacáridos con estructuras químicas diferentes: la amilosa y la amilopectina. Alrededor del 70 al 80 % de las calorías consumidas por los seres humanos en todo el mundo provienen del almidón. Además de estar inherentemente presente en los ingredientes principales de muchos productos alimenticios, el almidón a veces se añade deliberadamente por sus propiedades como adhesivo, formación de película, capacidad espumante, gelatinización, retención de humedad, estabilización y texturización (Joye 2018). Las principales fuentes de almidón son granos de cereales, los cuales contienen entre 60 y 75 % de su peso seco de almidón, así como también, puede encontrarse en tubérculos, semillas de leguminosas y en algunas frutas como por ejemplo el cambur cuya proporción de almidón varía con el estado de madurez de los mismos (Hernández *et al.* 2008).

El cambur debido a su contenido de almidón está en una tendencia reciente de explotación por parte de los investigadores y tecnólogos de alimentos para revelar más formas de aplicación en alimentos, textiles y productos farmacéuticos. El alto contenido de almidón y su alto índice de amilosa lo convierte en un producto de fácil digestibilidad, sin embargo, como cualquier otro almidón nativo, sus propiedades funcionales no son suficientes para ciertas aplicaciones en la industria de alimentos por lo que es necesario buscar alternativas para modificar su estructura nativa a través de procedimientos que garanticen obtener un almidón natural e inocuo.

Hay gran interés en el uso de técnicas de modificación física como el recocado y el tratamiento térmico húmedo que modifican las propiedades fisicoquímicas del almidón sin destruir su estructura granular. El recocado consiste en tratar al almidón en exceso de agua (<65 % w/w) o en agua intermedia (40-55 % w/w) por debajo del inicio temperatura de gelatinización con la finalidad de modificar la estructura de almidón y sus propiedades funcionales.

El recocado como método de modificación del almidón es considerado de “etiqueta limpia”, porque solo involucra agua y calor. Otras ventajas de este método es que los cambios que produce en el almidón lo hacen más manejable, fácil de usar en algunos ambientes únicos y muy digeribles, éstas características junto al hecho que el almidón de cambur manzano posee un alto contenido de almidón resistente hicieron que esta investigación considerara como objetivo evaluar el efecto del tiempo de recocado sobre las propiedades funcionales del almidón nativo de cambur manzano (*Musa* sp).

OBJETIVOS

GENERAL

Evaluar el efecto del tiempo de recocado sobre las propiedades funcionales del almidón de cambur manzano (*Musa sp.*).

ESPECÍFICOS

- Determinar la temperatura de gelatinización de almidón de cambur manzano nativo y modificado por recocado a diferentes tiempos (24, 48 y 72 horas).
- Determinar el poder de hinchamiento, índice de absorción de agua e índice de solubilidad en agua del almidón de cambur manzano nativo y modificado por recocado a diferentes tiempos (24, 48 y 72 horas).
- Determinar el índice de absorción de lípidos y la capacidad emulsificante del almidón de cambur manzano nativo y modificado por recocado a los diferentes tiempos de análisis evaluados.

REVISIÓN DE LITERATURA

GENERALIDADES DEL CAMBUR

El cambur (banano) es la fruta más popular del mundo, su forma es cilíndrica alargada y curva con gran variedad de tamaños (8 a 24 cm de longitud), de piel lisa con diferentes colores que van del amarillo claro al intenso con algunos matices verdosos según la variedad (Guillent y Sánchez 2009). El cambur también es conocido como banano, pero en general su nombre común varía de acuerdo a las regiones que se cultivan; es por ello, que su clasificación y nomenclatura es un tema complejo. El termino plátano; por ejemplo, es usado comúnmente en América Latina para designar a los bananos que se consumen cocidos, sin embargo, los plátanos son un tipo específico de los bananos de cocción que forman un grupo de clones triploides. En general, como banano se designa a la fruta de consumo fresca. En Venezuela, el uso de los términos plátano y cambur son para designar la especie de cocción y de consumo fresco, respectivamente (Aleman 2012).

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL CAMBUR MANZANO

Hernández y Vit (2009) citan que la taxonomía del género *Musa* es compleja e incluye híbridos que han originado denominaciones genéticas muy particulares. El cambur pertenece al reino plantae y a la clase liopsida, su nombre binomial se escribe como *Musa* sp.

La clasificación taxonómica del cambur manzano se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del cambur manzano.

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta.
Clase	Liliopsida
Orden	Zingiberales
Familia	Musaceae.
Género	<i>Musa</i>
Especie	<i>Musa</i> sp.

Fuente: Zafar y Akter 2011.

PRODUCCIÓN DE CAMBUR EN VENEZUELA

La explotación de cambur en Venezuela se concentra, principalmente, en Trujillo, Aragua, Yaracuy, Barinas, Táchira, Mérida, Miranda y Sucre y la producción está dirigida, en su mayoría, al mercado nacional (Fortul *et al.* 2009). La producción de musácea está basada en los clones de plátano Harton Gigante (*Musa AAB*), y banano (*Musa AAA*) subgrupo Cavendish (variantes Williams, Pineo Gigante, Brasileiro, entre otros); ocupando el tercer lugar el cambur manzano o Silk (*Musa AAB*). Existen otros clones de importancia local o regional, dependiendo de la zona donde es explotado, tales como el topocho criollo (*Musa ABB*), en la región de los llanos, y el titiario en la región de la costa y centro del país; y su contribución con el volumen total de frutas producidas en el país fue de 36 %, para el año 2004, lo cual refleja su grado de importancia. Se destaca la zona sur de la cuenca del lago de Maracaibo, como de mayor producción de plátano, aportando cerca del 70 % del volumen total del país, y es el mayor productor de cambur Manzano (Martínez *et al.* 2008, Martínez 2009).

COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DEL CAMBUR MANZANO

La composición nutricional del cambur depende de la variedad, estado de madurez y condiciones edafoclimáticas del cultivo, pero en general el cambur es una buena fuente de vitamina C, B6 y A. Poseen un alto contenido de carbohidratos y fibra, es bajo en grasa y proteínas y rico en potasio (Guillent y Sánchez 2009). En el Cuadro 2 se presenta la composición nutricional del cambur manzano.

Cuadro 2. Composición nutricional del cambur manzano.

Componente	Valor nutritivo por cada 100 g de alimento	Componente	Valor nutritivo por cada 100 g de alimento
Calorías (Kcal)	95	Hierro (mg)	0,9
Humedad (g)	73,8	Vitamina A (E.R)	16
Proteínas (g)	1	B. caroteno (equivalente total)	96
Grasa (g)	1,3	Tiamina (mg)	0,05
Carbohidratos disponibles(g)	19,8	Riboflavina (mg)	0,04
Carbohidratos totales (g)	23,2	Niacina (mg)	0,7
Fibra dietética total insoluble (g)	3,4	Potasio(mg)	396
Cenizas (g)	0,7	Hierro (mg)	0,9
Calcio(mg)	20	Vitamina A (E.R)	16
Fósforo (mg)	51	-----	-----

Fuente: INN citados por Guillent y Sánchez 2009.

GENERALIDADES DEL ALMIDÓN

El almidón es un biopolímero semicristalino y se almacena en varias partes de la planta, por ejemplo, en granos de cereales, raíces, tubérculos, hojas, semillas, frutas y polen (Jayakody y Hoover 2008). Se considera el principal carbohidrato de almacenamiento de plantas verdes y es producido en dos organelos (cloroplastos y amiloplastos). En el proceso de fotosíntesis, durante los períodos de luz, el almidón se produce en los cloroplastos y es utilizado como fuente de energía por la planta para lograr el proceso metabólico. El almidón que no se utiliza, denominado almidón transitorio, se acumula en los cloroplastos en forma de gránulo para su uso posterior durante los períodos oscuros, lapso en el cual, se cree que se hidroliza y se transporta como sacarosa a aquellas partes de la planta que requieren energía o que son órganos de almacenamiento de energía como por ejemplo granos de cereales, raíces y tubérculos. En los órganos de almacenamiento de la planta, el almidón se deposita en los amiloplastos como gránulos insolubles en agua (Bello y Agama 2017, Joye 2018).

COMPOSICIÓN QUÍMICA Y ESTRUCTURAL DE LOS ALMIDONES

La composición química de los almidones comerciales depende de la fuente botánica, del proceso de obtención y purificación, así como las condiciones de almacenamiento, básicamente sus componentes minoritarios están representados por los lípidos, proteínas, fósforo y otros componentes. La composición química del almidón afecta su funcionalidad y comportamiento (Maske *et al.* 2021) El Cuadro 3, muestra la composición química de almidones de diferentes fuentes botánicas, los resultados establecidos indicados en el cuadro fueron calculados a una humedad relativa del 65 % y un estimado de acuerdo al % de nitrógeno x 6,25.

Cuadro 3. Composición química de almidones de diferentes fuentes botánicas.

Fuente	Humedad	Lípidos	Proteínas	Fósforo	Cenizas
Maíz	13	0,60	0,35	0,015	0,10
Papa	19	0,05	0,06	0,100	0,40
Trigo	14	0,80	0,40	0,060	0,15
Tapioca	13	0,10	0,10	0,010	0,20
Maíz céreo	13	0,20	0,25	0,007	0,07
Sorgo	13	0,70	0,30	----	0,08
Arroz	----	0,80	0,45	0,003	0,50
Sagú	----	0,10	0,10	0,020	0,20
Amilomaíz	13	0,40	----	0,070	0,20
Camote	13	0,05	----	----	0,10
Cambur	11,47	0,41	1,13	ND	0,51

ND: No determinado

Fuente: Guízar 2009 y Alemán 2012

AMILOSA

La amilosa (Figura 1) es un polisacárido constituido por largas cadenas de residuos de glucosa dispuestas de forma helicoidal, en las que el 99 % de las moléculas se unen por enlaces glucosídicos α (1-4) mientras que el restante 1 % se une por los enlaces glucosídicos α (1-6) (Guízar 2009).

La amilosa posee un peso molecular que va de 105 a 106 kDa. Dependiendo la fuente botánica la proporción de amilosa varía. La mayoría de los almidones contienen 17-27 % de amilosa (Lawton *et al.* 2016).

Vargas y Hernández (2012) citan que el contenido de amilosa desempeña un rol importante en la digestibilidad de los alimentos, ya que algunos estudios han determinado que los almidones con un bajo contenido de amilosa son de más fácil digestión que aquellos con un alto contenido.

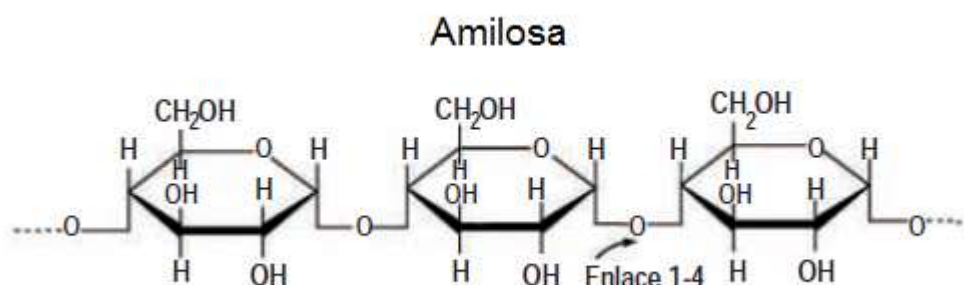


Figura 1. Representación esquemática de la amilosa.

Fuente: Aristizábal *et al.* 2007

AMILOPECTINA

La amilopectina (Figura 2) es el componente altamente ramificado del almidón y está formada por residuos de cadenas de α -D-glucopiranosil unidos principalmente por enlaces α (1,4) pero con un 5-6 % de enlaces α (1,6) en los puntos de ramificación. Tiene un peso molecular mucho mayor que la amilosa, alrededor de 10^7 a 10^9 kDa (Buléon *et al.* 1998). La amilopectina es el polímero responsable de la cristalinidad parcial del almidón, mientras que la amilosa es completamente amorfa. La naturaleza nativa de la cristalinidad de la amilopectina consiste de dobles hélices entrelazadas paralelamente (Hernández *et al.* 2008).

Hidalgo y Micho (2016) señalan que la amilopectina sometida a calentamiento en agua, proporciona soluciones claras y de alta viscosidad,

que son además filamentosas y cohesivas; sus soluciones no tienen casi tendencia a la retrogradación, tampoco presentan envejecimiento ni formación de gel, aunque la concentración de las mismas sea muy elevada.

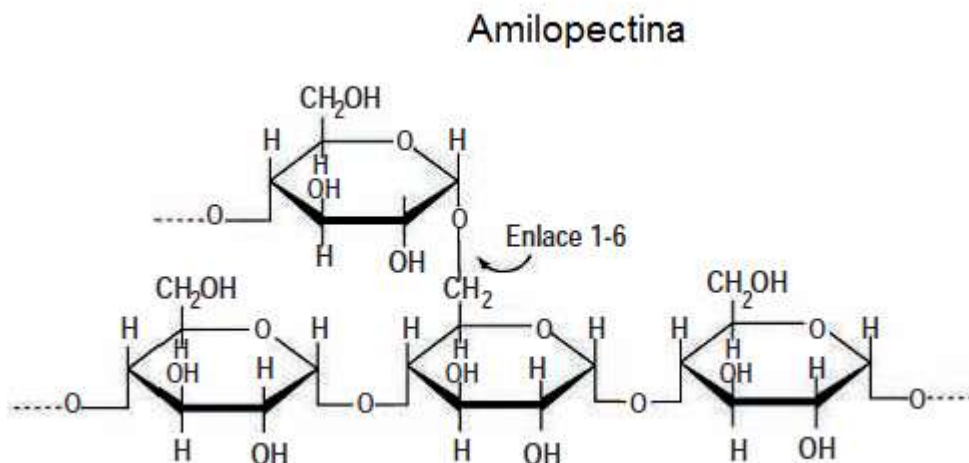


Figura 2. Representación esquemática de la amilopectina

Fuente: Aristizábal *et al.* 2007

CLASIFICACIÓN DEL ALMIDÓN

El uso de almidón en los productos alimenticios se debe a sus propiedades fisicoquímicas y funcionales. Las propiedades funcionales del almidón nativo son limitadas y, por lo tanto, se modifica por métodos químicos, físicos o enzimáticos para mejorar su funcionalidad (Bello y Agama 2017). El almidón se puede clasificar como nativo y modificado.

Almidón nativo

Bemiller (2019) se refiere al almidón nativo como aquel que no ha sufrido modificaciones. Este almidón se caracteriza por presentar un orden

de los componentes (amilosa, amilopectina), organizados en anillos concéntricos, que es observado por una cruz de malta bajo luz polarizada. La birrefringencia positiva mostrada por la cruz de malta indica una orientación radial del eje principal de las cadenas lineales de amilopectina que forman las zonas cristalinas del gránulo del almidón (Bello y Agama 2017).

Kaur y Singh (2018) citan que las aplicaciones de los almidones en los sistemas alimentarios se rigen principalmente por sus propiedades de hinchamiento, solubilidad, gelatinización, pegado y digestibilidad, sin embargo, el almidón nativo tiene varias deficiencias como baja resistencia a la cizalla, descomposición térmica y una alta tendencia hacia retrogradación que no son deseables en ciertas aplicaciones alimentarias, por lo tanto, los fabricantes de alimentos generalmente prefieren el almidón modificado con mejores características de comportamiento que los proporcionados por el almidón nativo.

Almidón modificado

Los almidones modificados en la mayoría de los casos son materiales nativos que se han sido sometido a uno o más tratamientos físicos, químicos o enzimáticos, promoviendo la desorganización molecular, la degradación de los polímeros, el rearrreglo molecular y la oxidación o adición de grupos químicos (Hidalgo y Micho 2016).

Caraballo (2011) cita que se han dado tres razones fundamentales para modificar el almidón, la primera se debe a que ellos proporcionan características funcionales que no pueden obtenerse al utilizar almidón nativo; la abundancia y la relativa disponibilidad del almidón viene a ser la segunda razón de uso, y tercero, el almidón puede proporcionar ventajas

económicas en muchas aplicaciones en donde los productos de más alto precio deberían ser usados.

Las modificaciones del almidón implican tratamientos químicos, enzimáticos y físicos del almidón nativo. El almidón modificado físicamente puede considerarse como un material natural y un ingrediente altamente seguro; por lo tanto, la presencia y cantidad del almidón modificado físicamente en los alimentos no está limitada por la legislación, lo cual se considera una gran ventaja en comparación con los almidones modificados por vía química y enzimática (Klein *et al.* 2013).

Modificaciones físicas

Los tratamientos físicos destruyen o producen cambios en el empaquetamiento de las moléculas de polisacárido de almidón dentro de los gránulos, tales cambios estructurales pueden alterar las propiedades y funcionalidades del almidón, incluyendo las características de sus pastas calientes, geles y su digestibilidad. Los tratamientos físicos pueden producir almidones con propiedades similares a los obtenidos por modificaciones químicas (especialmente como los de almidones ligeramente cruzados, que tienen alta tolerancia a bajos pH y altas temperaturas), pero los cambios no son tan dramáticos como los producidos por la modificación química (Bemiller y Huber 2015).

Los métodos comúnmente empleados para la modificación de almidones son: secado por tambor, cocción por extrusión, secado por pulverización, radiación, sonicación, tratamiento térmico húmedo (TTH), tratamiento de alta presión hidrostática (TAPH) y recocado (Kaur y Singh 2016).

Recocido

El recocido, es un proceso hidrotérmico que consiste en someter a los gránulos de almidón en un exceso de agua (generalmente > 39 % w/w) a una temperatura que está por encima de la temperatura de transición vítrea del almidón y por debajo de su temperatura de gelatinización (Bemiller 2018).

El recocido cambia las propiedades fisicoquímicas de los almidones mejorando la cristalinidad y facilitando las interacciones entre las cadenas de almidón. La extensión de estos cambios está influenciada por la composición del almidón y por la disposición de las cadenas de almidón dentro de los dominios amorfo y cristalino de los gránulos de almidón nativo (Jayakody y Hoover 2008).

Algunas investigaciones demuestran que la temperatura de gelatinización, poder hinchamiento y solubilidad son propiedades funcionales que se modifican por el recocido, como por ejemplo la de Puelles (2019) que evaluó el efecto de recocido en almidones de Oca (*Oxalis tuberos*) y determinó que la modificación de los almidones por recocido a las temperaturas de 42 y 50 °C durante 24 horas, generó una reducción en la solubilidad y el poder de hinchamiento, y un aumento en la firmeza de gel y la cristalinidad de los gránulos de almidón.

Por otro lado, Vermeylen et al. (2006) en su trabajo mostraron que el almidón de patata recocido a temperaturas entre 44 a 51 °C (66 % de humedad) sufrió cambios en las temperaturas de gelatinización del almidón, aumentando el rango de temperatura de gelatinización (64,9 – 66,8 °C) con respecto al rango de temperatura de gelatinización del almidón de patata nativo (59,1 – 61,9 °C).

Otro trabajo que pone en evidencia que el recocido modifica las propiedades funcionales como la temperatura de gelatinización es el de Shi (2008), en el cual se determinó que el almidón de trigo recocido a 52 °C tuvo un aumento significativo del rango de temperatura de gelatinización (67,0 - 69,4 °C) con respecto del rango de temperatura de gelatinización del almidón nativo de esta fuente botánica (58,4 – 63,2 °C).

PROPIEDADES FUNCIONALES DE LOS ALMIDONES

Las propiedades funcionales de los almidones dependen directamente de la relación amilosa/amilopectina. En los distintos cultivos amiláceos esta relación no es constante, cambia de una variedad a otra dentro de la especie y también entre plantas de la misma variedad (Hidalgo y Micho 2016). Las propiedades funcionales de los almidones son: solubilidad, capacidad de retención de agua, poder de hinchamiento, tendencia a retrogradar, propiedades de la pasta (viscosidad, consistencia, estabilidad del gel, claridad de la pasta y resistencia al corte, formación de película), digestibilidad enzimática y capacidad emulsificante (Aristizábal y Sánchez 2007).

Temperatura de gelatinización

La temperatura de gelatinización es un índice del ordenamiento intergranular y entre mayor sea este valor, mayor será el grado de asociación de las moléculas en el interior del gránulo de almidón (Vargas y Hernández 2012). Es importante porque afecta la textura, la viscosidad y la estabilidad de los alimentos que contienen almidón. Además, puede afectar la digestibilidad y el valor nutricional del almidón porque cuando éste gelatiniza, sus moléculas pierden la estructura helicoidal y se dispersan en el agua, lo

que facilita su digestión por parte de las enzimas digestivas (Salgado *et al.* 2019).

Depende de las propiedades químicas y estructurales del almidón, de la relación amilosa/ amilopectina y de la presencia lípidos, proteínas y otros componentes en el almidón, también puede verse afectada por el tipo de modificación que se aplique a la estructura nativa de este polisacárido, por ejemplo, " el recocado" produce un aumento en la temperatura de gelatinización. El rango de temperatura de gelatinización puede ser estrecho o amplio, dependiendo de la distribución del tamaño de los gránulos (Bello y Agama 2017, Villarroel *et al.* 2018). Krueger *et al.* (1987) citados por Martínez *et al.* (2015) indican en su trabajo enfocado en almidones de banana (*Musa sapientum* L) que, la temperatura inicial de gelatinización (temperatura de transición), que se relaciona con el grado de cristalinidad, estuvo dentro de un mismo intervalo (72–75 °C). Esto indica que no hay diferencias de este atributo entre los almidones de las variedades de banano estudiadas, aunque es superior a otras fuentes sucedáneas, como por ejemplo el trigo (50–57 °C), arroz (57–62 °C) y maíz (62–66 °C) (26-28 °C). En otro trabajo de investigación se reportó que el cambur tuvo una temperatura inicial de gelatinización de 72,47 °C y el plátano una de 69,11 °C (Hoyos *et al.* 2012).

Poder de hinchamiento

El poder de hinchamiento, es una propiedad que la amilopectina le confiere al gránulo y que la amilosa actúa como un diluyente e inhibidor de este proceso (Caraballo 2011). El poder de hinchamiento del almidón se ve afectada por las fuerzas de enlaces presentes en el interior del gránulo, por lo tanto, gránulos de almidón altamente asociados con una estructura micelar

extensa y fuertemente enlazada generalmente muestran una gran resistencia al hinchamiento. Aunado a esto, la presencia de lípidos puede inhibir el hinchamiento de los gránulos, debido a la formación de complejos insolubles con la fracción de amilosa (Quispe 2018).

Los almidones con un alto contenido de amilosa, tienden a tener un poder de hinchamiento más bajo que los almidones con un alto contenido de amilopectina. Esto se debe a que las moléculas de amilosa tienen una estructura más rígida y compacta, lo que dificulta la penetración del agua y la expansión del almidón durante la cocción. Además, el grado de gelatinización del almidón durante la cocción también puede influir en su poder de hinchamiento debiéndose a la ruptura de las estructuras de almidón y la liberación de los gránulos de almidón individuales, lo que permite que el agua penetre en ellos y los expanda. Si el almidón se sobre-cocina o se cuece a temperaturas demasiado altas, puede perder su capacidad de hinchamiento debido a la sobre-gelatinización (Villarroel *et al.* 2018).

El poder de hinchamiento depende de la temperatura, así lo demostraron Contreras *et al.* (2018) en su trabajo de investigación al observar que el poder de hinchamiento de almidones de *Musa paradisiaca* L aumentó a medida que se incrementó la temperatura de calentamiento (70, 80 y 90 °C)

Índice de absorción de agua

Cuando se calienta el almidón empieza un proceso lento de absorción de agua en las zonas amorfas, que son las menos organizadas y las más accesibles, ya que los puentes de hidrógeno no son tan numerosos ni rígidos como en las áreas cristalinas. A medida que se incrementa la temperatura,

se retiene más agua y el gránulo empieza a hincharse y aumenta de volumen (Badui 2013). La capacidad de absorción de agua depende directamente del tipo de almidón, así como también de factores como el contenido de amilopectina, el tamaño y la forma de los gránulos (Aristizábal y Sánchez 2007).

Los almidones con una estructura más compacta y rígida, como los que tienen un alto contenido de amilosa, tienden a tener un índice de absorción de agua más bajo, ya que el agua tiene dificultades para penetrar en las moléculas de almidón y formar una pasta o gel. Por otro lado, los almidones con una estructura más ramificada y abierta, como los que tienen un alto contenido de amilopectina, tienden a tener un índice de absorción de agua más alto, ya que el agua puede penetrar más fácilmente en las moléculas de almidón y formar una pasta o gel más suave y viscosa (Álvarez 2014).

Torres *et al.* (2007) citado por Bello (2010) evaluaron las propiedades funcionales de la banana (*Musa balbisiana*) donde encontraron que a una temperatura aproximada a los 90 °C el índice de absorción de agua es de 14,3g de agua/g de almidón. Por su parte contreras *et al.* (2018) determinaron que el almidón de plátano cuadrado (*Musa Balbisiana* Colla) presentó a 90 °C bajo índice de absorción de agua (15 g de agua/ g almidón comparado con el almidón de yuca (18,7 g agua / g de almidón)

Índice de solubilidad en agua

Es una medida de la capacidad de un compuesto para disolverse en agua. En el contexto de los alimentos, el índice de solubilidad en agua se utiliza a menudo para evaluar las propiedades funcionales de los

ingredientes, como almidones, proteínas y fibras dietéticas (Meaño *et al.* 2014).

Es una propiedad que depende de la relación amilosa/amilopectina. De acuerdo con Alcázar y Meireles (2015) la amilosa es el principal componente que lixivia al espacio intergranular, por lo que el almidón con mayor contenido de amilosa es el más soluble. Según Arzápalo *et al.* (2015), la solubilidad del almidón está relacionada con las fuerzas o enlaces de unión de la amilosa y amilopectina dentro del almidón, gránulos con enlaces fuertes de unión tienen bajo índice de solubilidad en agua. Un alto índice de solubilidad en agua indica una alta tendencia del almidón de disolverse en líquidos, lo que puede afectar su capacidad para espesar o gelificar en los alimentos. Por otro lado, los ingredientes con un bajo índice de solubilidad en agua pueden tener una textura más gruesa y pueden ser más estables en los productos alimenticios (Meaño *et al.* 2014).

De acuerdo con Araujo *et al.* (2004), el índice de solubilidad en agua (ISA) del almidón nativo de *Dioscorea bulbifera* L a una temperatura de 65 °C es de 17,7 % mientras que a 85 °C presenta una solubilidad de 34,40 %, estas diferencias son una consecuencia de la ruptura del orden molecular dentro del gránulo y la solubilización de las moléculas de amilosa a medida que aumenta la temperatura, lo que significa que solubilidad es una propiedad funcional que depende de la temperatura. En otra investigación Reddy *et al.* (2015) reportaron para almidón de *Musa* AAB nativo un índice de solubilidad de agua de 2,58 % a 60 °C.

Índice de absorción de lípidos

Es una medida de la capacidad de los almidones para absorber lípidos durante el proceso de cocción o fritura, afecta la calidad nutricional y sensorial de los alimentos que contienen almidones, así como la calidad de la grasa utilizada en el proceso de cocción. Se define como la cantidad de grasa que se absorbe por unidad de peso del almidón después de la cocción o fritura (Villarreal *et al.* 2018).

La calidad del almidón es un factor importante que puede influir en el índice de absorción de lípidos. Algunos almidones tienen una mayor capacidad de absorción de lípidos debido a su estructura química, como los almidones con un alto contenido de amilopectina, que tienen una mayor capacidad de retener líquidos y grasas (Villarreal *et al.* 2018). Granados *et al.* (2014) determinaron que el índice de absorción de lípidos (IAL) del almidón de sagú (51,00 %) es menor que el IAL (82,25 %) almidón de yuca.

Capacidad Emulsificante

Una emulsión es un sistema que consiste en dos fluidos inmiscibles, donde uno de ellos está disperso en pequeñas gotas (fase dispersa) dentro de otro fluido que constituye la fase continua. El tamaño de las gotas de la fase dispersa se encuentra típicamente en un intervalo de entre 0,1 a 100 micras (McClements 2007).

En una emulsión las gotas son dispersadas en una fase continua, donde la interfase tiene una gran energía libre, por lo que las emulsiones son sistemas termodinámicamente inestables. Sin embargo, es posible formar emulsiones que sean cinéticamente estables por un intervalo razonable de

tiempo mediante la incorporación de emulsionantes. Éstos disminuyen la energía libre total del sistema al disminuir la tensión interfacial entre las dos fases (Yáñez *et al.* 2002), por lo que es esencial el uso de emulgentes que brinden una estabilidad cinética por periodos razonables de tiempo (Dehoog 2011).

La capacidad emulsificante en almidones es importante en la industria alimentaria porque puede afectar la calidad de los productos alimenticios, como las salsas y los aderezos. Un almidón con una alta capacidad emulsificante puede ayudar a estabilizar la emulsión y evitar que se separe en sus componentes originales, mientras que un almidón con una baja capacidad emulsificante puede no ser efectivo para estabilizar la emulsión y puede causar problemas de textura y apariencia en el producto alimenticio (Martínez 2007).

ANTECEDENTES

La tendencia actual por parte de los consumidores de adquirir productos libres de aditivos que puedan ser perjudiciales a la salud combinado con el hecho que los almidones modificados tienen mejores propiedades funcionales que los nativos ha motivado el desarrollo de diversas investigaciones relacionadas con la modificación de los almidones por recocado.

Entre las investigaciones relacionadas con la modificación de almidones por recocado se encuentra la de Guerra *et al.* (2010), quienes investigaron los efectos del recocado sobre las propiedades de los almidones de arroz con contenidos altos, medios y bajos de amilosa. Los almidones se calentaron con exceso de agua a 45 °C, 50 °C y 55 °C durante 16 horas. El recocado

redujo el poder de hinchamiento y la solubilidad de los almidones; a 55 °C aumentó la temperatura de empastado y disminuyó la viscosidad máxima del almidón de arroz con alto contenido de amilosa. Sin embargo, el recocado disminuyó la viscosidad máxima del almidón bajo en amilosa. El recocado aumentó la susceptibilidad de los almidones y promovió una reducción en su cristalinidad relativa.

Otra de las investigaciones sobre modificación de almidón por recocado es la de Singh *et al.* (2011) y su trabajo sobre la Influencia del tratamiento térmico húmedo y recocado en las propiedades funcionales de almidón de sorgo en la que indicaron que el almidón se recoció en exceso de agua a 50 °C durante 24 h. Los almidones mostraron tamaños de gránulos más bajos, una disminución en el poder de hinchamiento y viscosidad pico, pero mayor retrogradación en comparación con el almidón nativo. Además, observaron que los geles de almidón modificado eran más duros que el gel de almidón nativo.

Por su parte Wang *et al.* (2017) estudiaron el efecto del tratamiento de recocado a diferentes temperaturas sobre las propiedades estructurales y funcionales de almidón de trigo, patata y ñame, concluyendo que el recocado tuvo poco efecto en la estructura ordenada de corto y largo alcance de tres almidones, excepto por el recocado del almidón de trigo a 50 °C. El recocado aumentó las temperaturas de gelatinización de tres almidones, pero tuvo poco efecto sobre la entalpía. El recocado a 30 y 40 °C aumentó la viscosidad general de la pasta del almidón de trigo, mientras que la el tratamiento a 50 °C redujo sustancialmente la viscosidad de la pasta. Hubo un aumento continuo de viscosidad de la pasta del almidón de patata después del recocado a 50 °C durante toda la prueba de RVA (análizador rápido de viscosidad). Los aumentos en las temperaturas de gelatinización y

viscosidades de la pasta se atribuyeron al aumento del orden de las cadenas de almidón en las regiones amorfas. Los resultados mostraron que el recocido es un método eficaz para aumentar la viscosidad de la pasta del almidón (Salgado *et al.* 2019).

Wang *et al.* (2018), quienes en su investigación del efecto de recocido sobre las propiedades físico-químicas del almidón de arroz y la calidad de los fideos de arroz encontraron que el recocido no cambió la morfología de los gránulos o el patrón cristalino del almidón de arroz, pero la solubilidad y el poder de hinchamiento del almidón de arroz recocido disminuyeron significativamente ($p < 0,05$) a 14,35 % y 10,09 g/g, respectivamente. Además, encontraron que el almidón de arroz recocido tenía valores notablemente más bajos ($p < 0,05$) de viscosidad, rotura y retroceso del empastado. También, observaron cambios aparentes en la textura de gel del almidón de arroz, y estos cambios ayudaron a mejorar la calidad de los fideos de almidón de arroz.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se llevó a cabo en los laboratorios de Suelo y el Laboratorio de Crecimiento, Desarrollo de planta y Post-cosecha de la Universidad de Oriente Núcleo Monagas Campus Juanico.

OBTENCIÓN DE LA MATERIA PRIMA

La materia prima utilizada para la extracción del almidón nativo del cambur manzano se obtuvo de la parroquia La Pica, estado Monagas.

OBTENCIÓN DEL ALMIDÓN NATIVO

El almidón nativo de cambur manzano se obtuvo de acuerdo a la metodología sugerida por Aparicio *et al.* (2014). En la Figura 2, se presenta el diagrama del proceso de extracción del almidón nativo de cambur manzano, el cual se describe a continuación:

RECEPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA

Los cambures manzano en estado inmaduro, que de acuerdo a COVENIN (1983) es aquel fruto que ha alcanzado un grado de desarrollo que le permita madurar satisfactoriamente al ser separado de la planta madre y brindársele las condiciones adecuada y que además presenta un índice de color grado 1 (Figura 2 del Anexo), fueron cuidadosamente seleccionados e inspeccionados visualmente a fin de eliminar restos de hojas, palos y descartar cualquier cambur con daño mecánico o mordido por roedores.

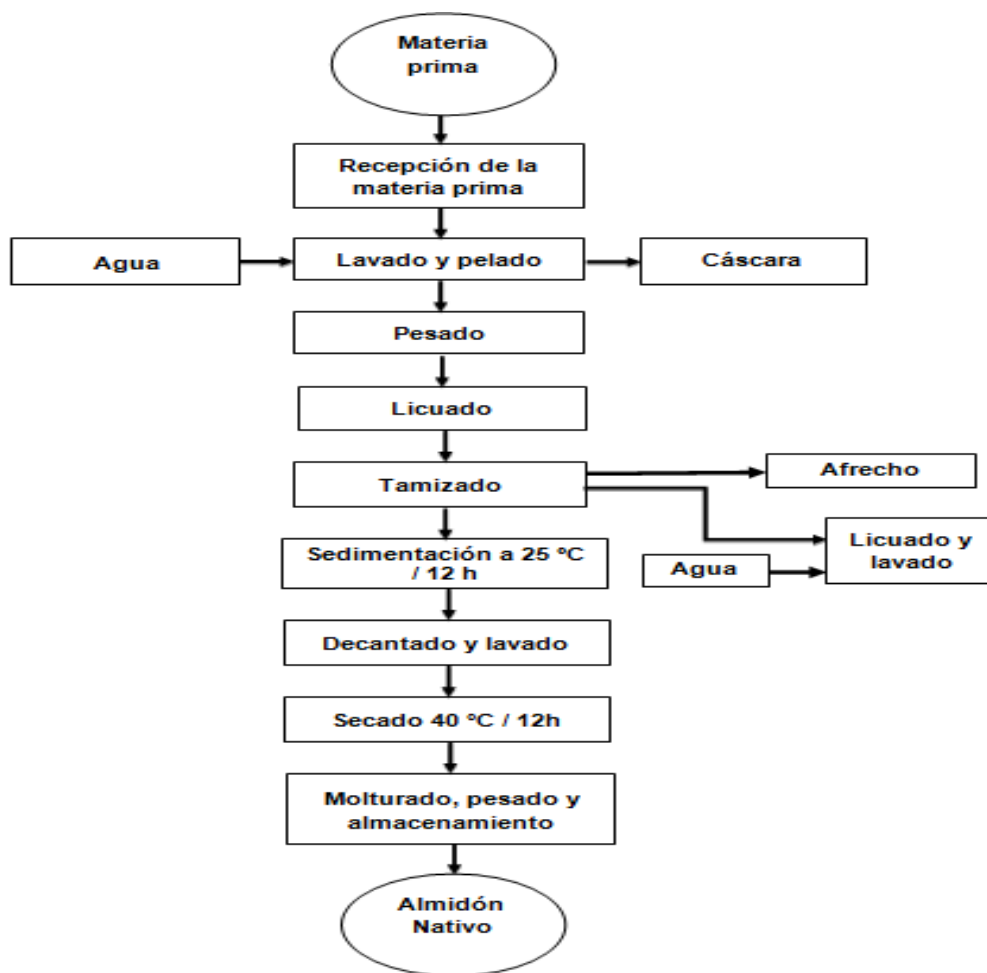


Figura 3. Diagrama del proceso de obtención del almidón de cambur manzano nativo de acuerdo con la metodología sugerida por Aparicio et al. (2014).

LAVADO Y PELADO

Los cambures se lavaron con agua corriente uno a uno con el fin de eliminar las impurezas adheridas, posteriormente se hizo un corte en la superficie del cambur con un cuchillo de acero inoxidable marca Press con la finalidad de facilitar el desprendido de la cáscara manualmente. Se utilizaron un promedio de 26 kg de cambur.

PESADO

El pesado de la materia prima se realizó en una balanza analítica marca Price de capacidad 40 kg y una apreciación de 0,005 g.

LICUADO

Las frutas previamente peladas se cortaron en cubos de 1 cm³ con la ayuda de un cuchillo de acero inoxidable marca press. Cada 3,6 kg de cambur manzano se mezclaron con 6 L de una solución de ácido cítrico (0,3 g/100mL). La mezcla ácido cítrico cambur manzano se colocó en una licuadora marca Oster de 3 velocidades hasta homogenizar a máxima velocidad durante 1 min.

TAMIZADO

La mezcla anterior se pasó a través de diferentes mallas con tamaños de: N°. 40 (0,420 mm), 100 (0,15 mm), y 270 (0,053 mm). En cada paso del tamizado, el producto se licuó nuevamente durante un periodo de un minuto y se lavó con un volumen suficiente de agua (mayor a 200 mL) hasta que el agua del tamizado salió clara, indicativo de que no hay residuos aparentes de almidón.

SEDIMENTACIÓN

La suspensión de almidón obtenida en el tamizado se colocó en un envase de polietileno de 60 cm de alto por 30 cm de diámetro y se dejó en reposo durante 12 horas a temperatura ambiente (25 °C).

DECANTADO Y LAVADO

Después que la suspensión de almidón reposó durante 12 horas, el líquido sobrenadante se decantó. Al almidón obtenido en el proceso de decantación se le añadieron 200 mL agua destilada, luego se dejó en reposo por un periodo de 4 horas hasta que el almidón sedimentó y se decantó. Ésta operación se repitió tres veces.

SECADO

Para el secado, el almidón se colocó en bandejas de pyrex y se llevó a una estufa convencional a 40 °C por un periodo de 12 horas.

MOLTURADO, TAMIZADO, PESADO Y ALMACENAMIENTO

Después que el almidón se secó completamente, se pulverizó usando un mortero y luego se pasó por un tamiz de 0,15 mm. El almidón nativo de cambur manzano se colocó en envases de polietileno bien sellados y se almacenó a temperatura ambiente hasta el momento de su análisis.

OBTENCIÓN DE ALMIDÓN MODIFICADO POR RECOCIDO A DIFERENTES TIEMPOS DE CALENTAMIENTO

Para obtener el almidón recocado de cambur manzano se utilizó una combinación de las metodologías sugerida por Guo *et al.* (2020) y Samarakoona *et al.* (2020) con algunas modificaciones, el cual se describe a continuación

Procedimiento:

- El almidón nativo de cambur manzano se mezcló con agua destilada en una proporción 1:3 (peso/volumen) almidón-agua destilada.
- La dispersión de almidón se colocó en un matraz con tapa de capacidad un litro y se llevó a una estufa convencional a 55 °C y se dejó allí por el tiempo requerido para cada tratamiento (24, 48 o 72 horas).
- Transcurrido el tiempo de tratamiento se decantó el líquido sobrenadante, se lavó el almidón y se secó en una estufa a 40 °C durante 12 horas. Se realizó un total de tres repeticiones por cada tratamiento

DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA DE GELATINIZACIÓN (T_g) DEL ALMIDÓN DE CAMBUR MANZANO NATIVO Y MODIFICADO POR RECOCIDO A DIFERENTES TIEMPOS

Para medir la temperatura de gelatinización se empleó la metodología sugerida por Garnica *et al.* (2010), el cual se describe a continuación:

- Se pesaron 10 g de almidón, y se mezclaron con 15 mL de agua destilada.
- La dispersión formada en el paso anterior se transfirió a un balón aforado de 100 mL e inmediatamente se completó su volumen hasta la línea de aforo.
- De la suspensión del almidón en agua se tomaron 50 mL y se transfirieron a un vaso de precipitados el cual se sumergió en baño María a 85 °C.
- La suspensión de almidón se agitó continuamente hasta que se formó una pasta, registrando constantemente la temperatura con un

termómetro hasta que se volvió estable por unos segundos, tomándose esta lectura como la temperatura de gelatinización.

DETERMINACIÓN DEL PODER DE HINCHAMIENTO (PH), ÍNDICE DE ABSORCIÓN DE AGUA (IAA) E ÍNDICE DE SOLUBILIDAD EN AGUA (ISA) DEL ALMIDÓN DE CAMBUR MANZANO NATIVO Y MODIFICADO POR RECOCIDO A DIFERENTES TIEMPOS (24, 48 Y 72 HORAS)

Se determinó de acuerdo a la metodología propuesta por Anderson *et al.* (1969) el cual se describe a continuación

Procedimiento:

- Se pesaron tubos de centrifuga secos.
- Se agregaron 1,25 g de almidón en base seca y 30 mL de agua destilada precalentada a 60 °C a cada tubo y se agitaron.
- Los tubos con la dispersión de almidón se colocaron en baño María a 60 °C durante 30 min.
- Se agitaron las suspensiones a los 10 min de haber iniciado el calentamiento.
- Transcurridos los 30 min, se llevaron a centrifugar los tubos a temperatura ambiente a 3500 rpm durante 30 min.
- Se decantó el sobrenadante inmediatamente después de centrifugar y se midió el volumen.
- Se tomó una alícuota de 10 mL del sobrenadante y se colocó en un vaso de precipitado de 50 mL (previamente pesado).
- Se secó el sobrenadante en un horno durante 12 h a 70 °C
- Se pesó el tubo de centrifuga con el gel y se pesó el vaso de precipitados con los solubles.

IAA = Peso del gel / Peso muestra

ISA = Peso solubles x V x 10 / Peso muestra

PH = Peso del gel / Peso muestra – Peso solubles

DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ABSORCIÓN DE LÍPIDOS (IAL)

El índice de absorción de lípido se determinó de acuerdo a la metodología sugerida por Prazeres *et al.* (2020) con ligeras modificaciones

Procedimiento:

- Se pesó 1 g de almidón en un tubo de centrifuga de 50 mL de capacidad previamente pesado.
- Se añadió al tubo de centrifuga con almidón 10 mL de aceite de maíz.
- La mezcla almidón aceite se agitó por 30 s en un vórtice marca vortex.
- Después de agitar el sistema almidón aceite se dejó en reposo a temperatura ambiente por un periodo de 30 minutos.
- Transcurrido el tiempo de reposo el sistema almidón aceite se centrifugó por un periodo de 15 minutos a 3500 rpm.
- Después de centrifugar se decantó el aceite y se retiró de las paredes del tubo el exceso de aceite
- Se pesaron los tubos de centrifuga con el sistema almidón aceite absorbido.

El índice de absorción de lípidos se determinó usando la siguiente fórmula (Prazeres *et al.* 2020)

$$IAL = (TCA - TC) \times 100$$

Donde

IAL: índice de absorción de lípidos se expresará en $(g / 100 g)$

TCA: Peso del tubo de centrifuga con el sistema almidón aceite absorbido

TC: Peso del tubo de centrifuga

DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD EMULSIFICANTE (CE)

Para determinar esta propiedad se utilizó la técnica sugerida por (Granito *et al.* 2004).

Procedimiento:

- Se mezcló 1 g de la muestra con 20 mL de agua.
- Se agitó durante 15 min ajustándose a pH 7,0.
- Se completó el volumen a 25 mL con agua destilada.
- Posteriormente, se mezcló en una licuadora 25 mL de esta solución con 25 mL de aceite de maíz.
- El producto obtenido se llevó a centrifugar a 1300 rpm durante 5 min.
- La altura de la capa emulsificada con respecto al total del líquido se expresó en términos de porcentaje y se determinó usando la siguiente expresión

$$\%CE = \left(\frac{\text{Altura de la capa emulsificada}}{\text{Altura total de la emulsión}} \right) \times 100$$

DISEÑO EXPERIMENTAL

Para el almidón recocido de cambur manzano, el experimento se realizó con un diseño de bloques al azar con efecto único y tres repeticiones, donde

la fuente de variación la constituyeron los tiempos de recocido (sin recocido, 24, 48, 72 horas) y las variables dependientes fueron: temperatura de gelatinización, poder de hinchamiento, índice de absorción de agua, índice de solubilidad en agua, índice de absorción de lípidos y capacidad emulsificante.

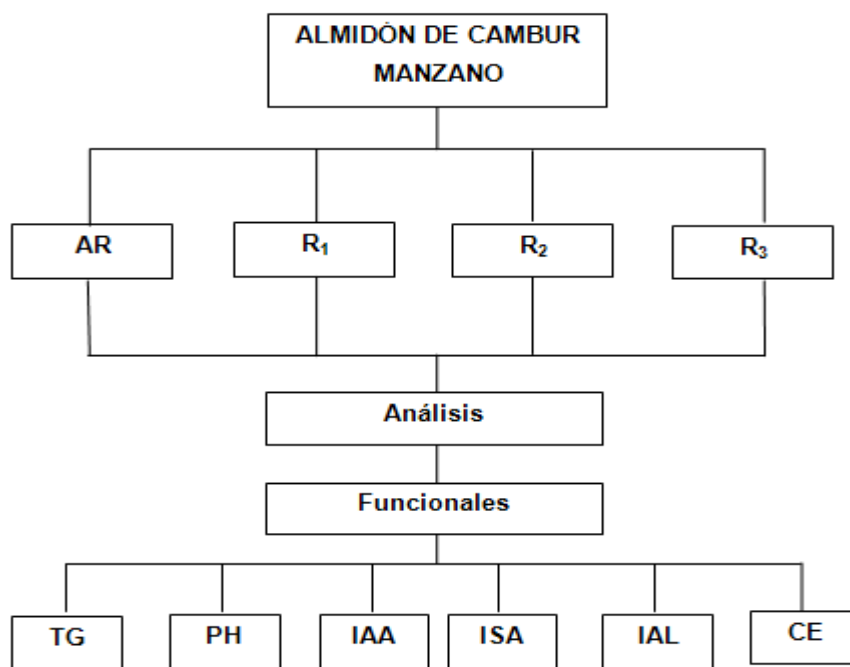


Figura 4. Diagrama del diseño experimental para almidón recocido de cambur manzano.

Donde:

AR: Almidón sin recocer (nativo)

R1: Almidón recocido durante 24 horas

R2: Almidón recocido durante 48 horas

R3: Almidón recocido durante 72 horas.

TG: Temperatura de gelatinización

PH: Poder de hinchamiento

IAA: Índice de absorción de agua

ISA: Índice de solubilidad en agua

IAL: Índice de absorción de lípidos

CE: Capacidad emulsificante.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los resultados se evaluaron a través de un análisis de varianza, para observar el efecto del tiempo de recocado sobre las propiedades funcionales del almidón de cambur manzanos. Los datos se corrieron utilizando un Software IBM Statistic Versión 8.0 y el método usado para discriminar entre las medias fue la prueba de diferencia mínima significativa (LSD) Fischer.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en esta investigación:

DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA DE GELATINIZACIÓN DE ALMIDÓN DE CAMBUR MANZANO MODIFICADO POR RECOCIDO A DIFERENTES TIEMPOS (24, 48 Y 72 HORAS)

En el Cuadro 4, se muestran los resultados de temperatura de gelatinización para almidón recocado de cambur manzano, en el que se observa un incremento en la temperatura de gelatinización con el tiempo de recocado. El máximo valor (79,5 °C) correspondió al almidón recocado de cambur manzano durante 72 horas; y el valor más bajo (75,5 °C) alcanzado correspondió al almidón que no se sometió al tratamiento de recocado (almidón nativo).

Cuadro 4. Temperatura de gelatinización de almidón de cambur manzano sin recocer y modificados por recocado a diferentes tiempos.

Tiempo de recocado (h)	Temperatura de gelatinización (Tg) (°C)
Sin recocer (nativo)	75,50 ^c ± 0,50
24	77,60 ^b ± 0,28
48	78,80 ^a ± 0,28
72	79,50 ^a ± 0,50

Las letras minúsculas a, b y c evalúan las interacciones tiempo de recocado sobre la temperatura de gelatinización. Letras diferentes en la misma columna significa que hay diferencia estadísticamente significativa con un nivel de confianza del 99 %. ± Desviación estándar para tres repeticiones.

El ANAVA (Cuadro 1 del Apéndice) arrojó para los resultados de temperatura de gelatinización de almidón recocido que hay diferencias altamente significativas entre las Tg ($p \leq 0,01$) esto significa que el tiempo de recocido tiene efecto sobre la Tg del almidón de cambur manzano. Por su parte, la prueba de comparación de media (Cuadro 2 del Apéndice) evidenció que el almidón nativo y los almidones recocidos son diferentes entre sí, mientras que los almidones recocidos por 48 y 72 horas son iguales entre sí, pero diferentes al almidón nativo y recocido por 24 horas.

No se encontró a nivel nacional o internacional una normativa legal que establezca valores de referencia para la Tg de almidón de cambur manzano nativo o recocido, sin embargo, se puede decir que los valores de Tg obtenidos en esta investigación están por encima del rango de valores establecido por la FAO (2007) para la Tg de almidón de yuca nativo comprendidos entre 57 y 70 °C.

Durante la gelatinización, las moléculas de amilosa y amilopectina del almidón se separan y se dispersan en el agua, lo que provoca un aumento en la viscosidad y la formación de una pasta o gel suave. La temperatura influye en la velocidad y la extensión del proceso. A temperaturas más bajas, la gelatinización del almidón es más lenta y se requiere más tiempo para que se produzca la separación molecular y la expansión del almidón. A temperaturas más altas, la gelatinización del almidón es más rápida y puede ocurrir en cuestión de segundos (Salgado)

Los cambios que ocurren en la gelatinización del almidón están influenciados por factores intrínsecos como tipo de almidón, tamaño de los gránulos, y por factores extrínsecos, como la velocidad de calentamiento, el contenido de humedad, el daño mecánico de los gránulos, la historia térmica

de la muestra y las condiciones de extracción del almidón, entre otras (Pineda *et al.* 2010). En los resultados obtenidos en esta investigación se observó un incremento en la Tg con el tiempo de recocido, este comportamiento probablemente se deba a que las altas temperaturas rompen el orden molecular de los gránulos de almidón de forma gradual e irreversible aumentando las regiones cristalinas lo que hace que el almidón sea más estable a temperaturas más altas (Tribes *et al.* 2009), sobre este particular Wang *et al.* (2017) concluyeron que el recocido del almidón trigo a 50 °C modificó la cristalinidad de los almidones disminuyendo las regiones amorfas lo que ocasionó un aumento en las propiedades de pasting.

Al comparar los resultados de este estudio con la investigación reportada por Zhang *et al.* (2019), basada en almidón de batata modificado por recocido continuo y repetido, se observa que la Tg de los almidones recocidos de cambur manzano evaluados, presentaron un comportamiento similar durante las primeras 48 h de recocido a la reportada por este autor para almidón de batata (Cuadro 1 del Anexo), es decir su valor aumentó al incrementar el tiempo de recocido, igualmente se evidencia que la Tg del almidón de cambur manzano nativo y recocidos durante 24, 48 y 72 horas están por debajo de los valores de Tg de almidón de batata nativo y recocido (Cuadro 1 del Anexo). También se encontró que el valor de Tg (75,50 °C) del almidón de cambur manzano nativo evaluado en esta investigación es similar al determinado por Martínez *et al.* (2015) en su trabajo mecanismo de gelatinización del almidón nativo de banano exportable del Ecuador *Musa sapientum* L cuyos valores están comprendidos entre 72 y 75 °C.

DETERMINACIÓN DEL PODER DE HINCHAMIENTO, ÍNDICE DE ABSORCIÓN DE AGUA E ÍNDICE DE SOLUBILIDAD EN AGUA DEL ALMIDÓN DE CAMBUR MANZANO SIN RECOCER Y MODIFICADO POR RECOCIDO A DIFERENTES TIEMPOS (24, 48 Y 72 HORAS)

A continuación, se presentan los resultados de poder de hinchamiento (PH), índice de absorción de agua (IAA) e índice de solubilidad en agua (ISA) obtenidos en esta investigación.

Determinación del poder de hinchamiento (PH) del almidón de cambur manzano sin recocer y modificado por recocado a diferentes tiempos

En el Cuadro 5 se presentan los resultados de PH para almidón de cambur manzano nativo y modificado a diferentes tiempos, en el cual se observa que el almidón de cambur manzano recocado durante 72 horas obtuvo el valor más bajo de PH (2,59 g/g), mientras que el almidón sin recocer alcanzó el valor más alto para PH (2,81 g/g)

Cuadro 5. Poder de hinchamiento de almidón de cambur manzano sin recocer y modificado por recocado a diferentes tiempos.

Tiempo de recocado (h)	Poder de hinchamiento (PH) (g/g)
Sin recocer (nativo)	2,81 ^a ± 0,05
24	2,68 ^b ± 0,04
48	2,71 ^b ± 0,01
72	2,59 ^c ± 0,01

Las letras minúsculas a, b y c evalúan las interacciones tiempo de recocado sobre el PH. Letras diferentes en la misma columna significa que hay diferencia estadísticamente significativa con un nivel de confianza del 99 %. ± Desviación estándar para tres repeticiones.

El ANAVA (Cuadro 3 del Apéndice) arrojó para los resultados de PH de almidón recocado de cambur manzano que hay diferencias altamente significativas ($p \leq 0,01$) esto significa que el tiempo de recocado tiene efecto sobre PH del del almidón de cambur manzano. La prueba de comparación de media (Cuadro 4 del Apéndice) evidenció que el PH del almidón de cambur manzano nativo es diferente al de los almidones recocidos, por otra parte, los valores del PH de los almidones de cambur manzano recocidos por 24 y 48 h son iguales entre sí, pero diferentes al del nativo y recocado por 72 horas y el de este último es diferente a todos.

En relación al Marco Legal no se encontró una normativa nacional o internacional que establezca valores de referencia para el PH del almidón de cambur manzano nativo o recocado, sin embargo, se suele utilizar como referencia el del almidón de yuca nativo señalado por la FAO (2007) cuyos valores están comprendidos entre 0,79 y 15,45 g/g. El PH del almidón de cambur manzano nativo y recocado se encuentra dentro del rango de valores sugeridos por la FAO.

El PH es la capacidad de incremento de masa del almidón no solubilizado, debido a la absorción de agua por los grupos hidroxilo de los polímeros de amilosa y amilopectina (Meaño *et al.* 2014). De acuerdo con Cheng *et al.* (1996) es una propiedad que depende de la relación de amilosa/amilopectina, donde la amilosa actúa como un diluyente e inhibidor del hinchamiento por lo que se puede inferir que el tiempo de recocado modificó la relación amilosa/ amilopectina aumentando las interacciones entre las moléculas de amilopectina.

El PH del almidón de cambur manzano evaluado en esta investigación con respecto al tiempo de recocado a 72 h (2,59 g/g) está por debajo del reportado por Gomes *et al.* (2005), para muestras de almidón de yuca fermentado y recocida a 72 h (8,75 g/g). Los valores de PH para almidón nativo y recocado por 24, 48 y 72 horas son inferiores al reportado por Wang *et al.* (2018) para almidón de arroz recocado a 55 °C por 16 horas cuyo valor es 10,09 g/g, sin embargo estos autores, al igual que en esta investigación también observaron una disminución en el PH cuando se incrementó el tiempo de recocado atribuyendo este comportamiento a un aumento de las regiones cristalinas y a las interacciones de las cadenas de amilosa que inhiben la hidratación de las regiones amorfas del almidón, limitando la capacidad de hinchamiento de éste.

Determinación del índice de absorción de agua (IAA) del almidón de cambur manzano sin recocer y modificado por recocado a diferentes tiempos

En el Cuadro 6, se muestran los valores obtenidos de IAA para almidón de cambur manzano sin recocer y modificado por recocado a diferentes tiempos, en el cual se aprecia que el almidón de cambur manzano sin tratamiento de recocado es el que posee el mayor IAA (2,78 g/g), mientras que el recocado durante 72 horas obtuvo el menor IAA (2,57 g/g).

El ANAVA (Cuadro 5 del Apéndice) arrojó para los resultados IAA de almidón cambur manzano sin recocer y recocado a diferentes tiempos que hay diferencias altamente significativas ($p \leq 0,01$) esto implica que el tiempo de recocado tiene efecto sobre el IAA. La prueba de comparación de media (Cuadro 6 del Apéndice) evidenció que el IAA del almidón de cambur manzano sin recocado es diferente al IAA del resto de los almidones, mientras

que el IAA de los almidones recocidos por 24 y 48 horas son iguales entre sí, pero diferentes al del almidón sin recocer y recocido por 72 horas.

Cuadro 6. Índice de absorción de agua de almidón de cambur manzano sin recocer y modificado por recocido a diferentes tiempos.

Tiempo de recocido (h)	Índice de absorción de agua (IAA) (g/g)
Sin recocer (nativo)	2,78 ^a ± 0,05
24	2,65 ^b ± 0,04
48	2,68 ^b ± 0,02
72	2,57 ^c ± 0,01

La letra minúscula a evalúa las interacciones tiempo de fermentación sobre la variable dependiente. Letras diferentes en la misma columna significa que hay diferencia estadísticamente significativa con un nivel de confianza del 99%. ± Desviación estándar para tres repeticiones.

No se encontró una normativa legal nacional o internacional que establezca valores de referencia para el IAA del almidón de cambur manzano nativo o recocido, sin embargo, tomando como referencia el del almidón de yuca nativo señalado por la FAO (2007) cuyos valores están comprendidos entre 0,82 y 15,52 g, el IAA del almidón de cambur manzano nativo y recocido se encuentra dentro de este rango de valores sugeridos por la FAO.

Esto concuerda con lo reportado por Contreras et al. (2018) quienes realizaron la caracterización funcional de almidones de plátano cuadrado (*Musa balbisiana Colla*), en la cual el almidón nativo obtuvo valores bajos y sin cambios de capacidad de retención de agua a temperaturas entre 60 y 70 °C; ya que a estas temperaturas los gránulos aún no se hinchan lo que se relaciona con una alta temperatura inicial de gelatinización, la muestra sometida a 48 horas de recocido mostró un aumento con respecto a la de 24 horas pero no superior a la del almidón nativo y la de 72 horas disminuyó considerablemente comparada con los demás tratamientos. Esta disminución

se debe a que al no haber una elevación en la temperatura no hay rompimiento de enlaces intergranulares de la región amorfa, por lo tanto, no ocurre el desdoblamiento de las regiones de doble hélice, consecuentemente no hay lugar a una desorganización de la estructura del gránulo que es lo que permite la interacción del agua con los gránulos de almidón (Zhang *et al.* 2005). Este comportamiento también puede ser atribuido a la diferencia en la relación amilosa/amilopectina, así como también a la diferencia en la distribución en la longitud de la cadena polimérica (Bello *et al.* 1998_b).

Determinación del índice de solubilidad en agua (ISA) del almidón de cambur manzano sin recocer y modificado por recocido a diferentes tiempos

En el Cuadro 7, se muestran los resultados de ISA para almidón de cambur manzano, sin recocer y modificado por recocido a diferentes tiempos en el cual se observa que el valor más alto (1,64 %) se obtuvo para el almidón de cambur manzano recocido durante 48 horas y el menor valor (0,86 %) correspondió al almidón recocido por 72 horas.

Cuadro 7. Índice de solubilidad en agua de almidón de cambur manzano sin recocer y modificado por recocido a diferentes tiempos.

Tiempo de recocido (h)	Índice de solubilidad en agua (ISA) (%)
Sin recocer (nativo)	1,37 ^a ± 0,12
24	1,56 ^a ± 0,18
48	1,64 ^a ± 0,68
72	0,86 ^a ± 0,32

Las letras minúsculas a y b evalúan las interacciones del tiempo de recocido sobre el ISA. Letras diferentes en la misma columna significa que hay diferencia estadísticamente significativa con un nivel de confianza del 95 %. ± Desviación estándar para tres repeticiones.

El ANAVA (Cuadro 7 del Apéndice) arrojó que para los resultados ISA de almidón de cambur manzano recocido hay diferencias significativas ($p \leq 0,05$) esto significa que el tiempo de recocido tiene efecto sobre ISA del almidón de cambur manzano. La prueba de comparación de media (Cuadro 8 del Apéndice) evidenció que el ISA del almidón de cambur es diferente al recocido por 72 horas, pero igual a los recocidos por 24 y 48 horas, sin embargo, el ISA de los almidones recocidos durante 24 y 48 horas son iguales entre sí al mismo tiempo que presenta similitudes con los de los almidones nativo y recocido por 72 horas.

No se encontraron referencias respecto a normativas legales nacionales o internacionales que señalen valores aceptables para el ISA del almidón de cambur manzano nativo o recocido, sin embargo, se suele usar como referencia el valor de ISA del almidón de yuca nativo, por ser uno de los más ampliamente utilizados por la industria de alimentos y cuyos valores según lo señalado por la FAO (2007) están comprendidos entre 0,27-12,32 %. El ISA del almidón de cambur manzano nativo y recocido se encuentra dentro del rango de valores sugeridos por la FAO.

Gomes et al. (2004) y Gomes et al. (2005) explican que la solubilidad es una consecuencia de la lixiviación de la amilosa por lo que una disminución en el ISA con el tiempo de recocido indica un aumento en las interacciones entre la amilosa y la amilopectina o entre moléculas de amilopectina, formando una estructura más estable que impide que la amilosa lixivie los gránulos de almidón. Por su parte Wang et al. (2018) Confirman lo anteriormente expuesto al relacionar la disminución ISA con el tiempo de recocido con el fortalecimiento de los enlaces entre la amilosa y amilopectina y añade que el ISA es una medida del grado de dispersión del almidón a alta

temperatura por lo que valores bajo de ISA favorecen el proceso de cocción de alimentos como el fideo porque hay una menor pérdida de almidón.

Los valores de ISA para almidón de cambur manzano nativo y recocado están por debajo del determinado Gomes *et al.* (2005) para almidón de yuca nativo (17,1%) y recocado por 72 horas (8,75 %), estos autores observaron que el ISA disminuyó a medida que aumentó el tiempo de recocado, comportamiento similar al obtenido en esta investigación para almidón de cambur manzano. También, son inferiores a los reportados por Wang *et al.* (2018) para almidón de arroz nativo y recocado a 55 °C por 16 horas cuyos valores son 23,96 y 14,35 % con una disminución de los valores del ISA cuando el tiempo de recocado se incrementa por lo que este comportamiento coincide con el observado en esta investigación para almidón de cambur manzano.

DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ABSORCIÓN DE LÍPIDOS Y LA CAPACIDAD EMULSIFICANTE DEL ALMIDÓN DE CAMBUR MANZANO MODIFICADO POR RECOCIDO A DIFERENTES TIEMPOS (24, 48 Y 72 HORAS)

Determinación del índice de absorción de lípidos (IAL)

En el Cuadro 8, se muestran los resultados de índice de absorción de lípidos (IAL) para almidón de cambur manzano sin recocer y recocado. El ANAVA (Cuadro 9 del Apéndice) arrojó para los resultados IAL de almidón recocado que no hay diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) esto significa que el tiempo de recocado no tiene efecto sobre la el IAL del almidón de cambur manzano.

Cuadro 8. Índice de absorción de lípidos de almidón de cambur manzano sin recocer y modificado por recocado a diferentes tiempos.

Tiempo de recocado (h)	Índice de absorción de lípidos (g/100g)
Sin recocer (nativo)	172,91 ^a ± 0,06
24	175,99 ^a ± 0,07
48	170,04 ^a ± 0,10
72	164,89 ^a ± 0,06

La letra minúscula a evalúa las interacciones del tiempo de recocado sobre IAL. Letras diferentes en la misma columna significa que hay diferencia estadísticamente significativa con un nivel de confianza del 95 %. ± Desviación estándar para tres repeticiones.

Para el IAL no se encontró una normativa legal nacional o internacional que establezca valores de referencia para esta propiedad funcional en almidón de cambur manzano, sin embargo los valores obtenidos en esta investigación se pueden comparar con el IAL reportados por otros investigadores, evidenciándose que el IAL del almidón de cambur manzano nativo (sin recocer) y recocado a diferentes tiempos están por encima del reportado por salcedo *et al.* (2017) para almidones nativos de ñame (98 %) y yuca (91), igualmente son superiores a los valores de IAL determinados por Granados *et al.* (2014) para almidones nativos de yuca (82,25 %) y sagú (51 %).

El tratamiento térmico altera la disposición de los grupos hidrofóbicos, disminuyendo su disponibilidad para interactuar con las moléculas de lípidos observándose por lo general un incremento en el IAL (Schwenke 2001). Sin embargo, en este estudio el IAL no varió con el tiempo de recocado por lo que puede inferirse que la temperatura del recocado no es suficiente para inducir cambios en la disposición de los grupos hidrofóbicos.

Los almidones de cambur manzano nativo y recocidos por 24, 48 y 72 horas presentan un IAL mucho más alto que el de otras fuentes botánicas lo que los hace potencialmente útil para conseguir una mejora de la palatabilidad y para incrementar la vida media de productos de repostería, donas, panqueques, bollería, así como en productos cárnicos (Chel *et al.* 2002; Sathe 2002). De acuerdo con Ramírez y Pacheco (2009) es una propiedad importante en tecnología de alimentos particularmente para productos congelados precocidos listos para freír, en galletas y en algunos platos a base de cereal.

Determinación de capacidad emulsificante (CE)

En el Cuadro 9, se muestran los resultados de capacidad emulsificante (CE) para almidón de cambur manzano nativo y recocido a diferentes tiempos en el que se observa que el valor más alto se obtuvo para el almidón recocido por 48 horas (8,70 %) mientras que el menor valor correspondió al almidón nativo (6,64 %).

Cuadro 9. Capacidad emulsificante de almidón de cambur manzano sin recocer y modificado por recocido a diferentes tiempos.

Tiempo de recocido (h)	Capacidad emulsificante CE (%)
Sin recocer (nativo)	6,64 ^c ± 0,35
24	8,07 ^b ± 0,11
48	8,70 ^a ± 0,40
72	6,99 ^c ± 0,10

Las letras minúsculas a, b y c evalúan las interacciones del tiempo de recocido sobre la capacidad emulsificante. Letras diferentes en la misma columna significa que hay diferencia estadísticamente significativa con un nivel de confianza del 99 %. ± Desviación estándar para tres repeticiones.

El ANAVA (Cuadro 10 del Apéndice) arrojó que para los resultados de la CE del almidón de cambur manzano nativo y recocado hay diferencias altamente significativas entre las emulsiones ($p \leq 0,01$) esto significa que el tiempo de recocado tiene efecto sobre la CE del almidón de cambur manzano. La prueba de comparación de media (Cuadro 11 del Apéndice) evidenció que la CE del almidón nativo y el recocado por 72 horas son iguales entre sí, mientras que al del almidón recocado durante 24 y 48 horas son diferentes entre sí y diferentes a la de los almidones nativo y recocado por 72 horas.

No se encontró una normativa o ley que regule la CE de los almidones de cambur manzano nativo y recocado, sin embargo, se pudo evidenciar que los resultados de CE determinados en esta investigación para almidón de cambur manzano nativo y recocado a diferentes tiempos están por encima de 2,36 %, valor de CE reportado por Salcedo *et al.* (2017) para almidón de yuca nativo. También, son superiores a los valores de CE reportados por Caro *et al.* (2018) y Torrenegras *et al.* (2015) para almidón nativo de ñame cuyos valores son 0,10 y 0,22 % respectivamente.

Los almidones de ñame y cambur manzano tienen diferentes proporciones de amilosa y amilopectina en su estructura química. La amilopectina es más ramificada y tiene más grupos hidroxilos disponibles para interactuar con las moléculas de agua y emulsionantes, lo que aumenta la capacidad emulsificante. Los almidones de cambur manzano tienen una mayor proporción de amilopectina que los almidones de ñame, lo que puede explicar su mayor capacidad emulsificante. Los almidones de ñame tienen una menor cantidad de proteínas en comparación con los almidones de cambur manzano. Las proteínas pueden interactuar con los almidones y aumentar su capacidad emulsificante. Por lo tanto, la menor cantidad de

proteínas en los almidones de ñame puede contribuir a su menor capacidad emulsificante (León *et al.* 2020)

La capacidad emulsionante de los almidones es una propiedad importante que contribuye a la funcionalidad y estabilidad de los productos alimentarios. Esta propiedad se refiere a la capacidad de los almidones para estabilizar emulsiones de aceite en agua, que se utilizan habitualmente en la industria alimentaria para la elaboración de diversos productos como mayonesas, aliños para ensaladas y salsas (McClementset *al.* 2018).

Una mayor capacidad emulsionante de los almidones puede ser beneficiosa para estabilizar las emulsiones, mejorar la textura y prolongar la vida útil de los productos alimentarios. Esto se debe a que los almidones con una elevada capacidad emulsionante pueden formar una barrera más eficaz alrededor de las gotitas de aceite, impidiendo que se fusionen y se separen de la fase acuosa. Sin embargo, puede haber casos en los que se desee una menor capacidad emulsionante. Por ejemplo, en algunas aplicaciones, como los productos bajos en grasa o en calorías, puede preferirse una capacidad emulsionante menor para reducir la cantidad de almidón necesaria y minimizar el impacto en las propiedades sensoriales del producto final (McClements *et al.* 2016).

En esta investigación se observó un aumento en la CE durante las primeras 48 h de recocado esto puede deberse a un incremento de los grupos hidrófobos en las moléculas de amilosa y amilopectina (Kralova *et al.* 2009).

CONCLUSIONES

La temperatura de gelatinización (Tg) del almidón de cambur manzano tuvo un aumento significativo cuando el tiempo de recocado se incrementó, obteniéndose el valor más alto (79,50 °C) para el almidón recocado por 72 horas y el menor valor (75,50 °C) para el almidón sin recocer.

El tiempo de recocado causó una disminución en el poder de hinchamiento (PH) e índice de absorción de agua (IAA) con variaciones significativas en sus valores, observándose que el almidón sin recocer alcanzó los valores más altos para PH (2,81 g/g) e IAA (2,78 g/g).

El índice de solubilidad en agua del almidón recocado mostró un comportamiento variable con respecto al tiempo de recocado, evidenciándose que el máximo valor (1,64 %) se alcanzó a las 48 horas de recocado y el valor más bajo (0,86 %) correspondió al almidón recocado por 72 h.

No se observaron variaciones significativas para el índice de absorción de lípidos (IAL) para almidón de cambur manzano sin recocer y recocado.

La capacidad emulsificante (CE) presentó variaciones significativas con el tiempo de recocado, obteniéndose la menor CE (6,64 %) para el almidón sin recocer y el valor más alto (8,70 %) para almidón recocado por 48 horas.

Los bajos valores obtenidos en el PH, IAA, ISA sugieren que el almidón de cambur manzano recocado por 72 horas, podría utilizarse en la elaboración de pastas y fideos, mientras que sus altos valores de temperatura de gelatinización y CE sugieren que podrían utilizarse en

productos de repostería como galletas y tortas, en la elaboración de mayonesa, sopas enlatadas, salsas y pasteles de carne congelados.

La modificación por recocido en almidón de cambur manzano, evidenció que 72 horas de tratamiento tiene un efecto negativo en el PH (2,59 g/g), IAA (2,57 g/g), ISA (0,86 %), CE (6,99 %), sin embargo, muestra una correlación positiva con la Tg (79,50 °C).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCÁZAR S, MEIRELES M. 2015. Propiedades fisicoquímicas, modificaciones y aplicaciones de almidones de diferentes fuentes botánicas. *Food Science and Technology*. 35(2): 215 – 236.
- ALEMÁN S. 2012. Estudio de la composición físico-química, propiedades funcionales y nutricionales de almidones nativos y modificados extraídos de clones de diferentes variedades de musáceas. Universidad Central de Venezuela, Facultad de agronomía [Ascenso profesor asistente], pp. 256.
- ÁLVAREZ C. 2014. Propiedades reológicas de frutos y masas de plátanos procesados por cocción y su relación con la modificación del almidón. Universidad Del Valle, Facultad de ingeniería [Doctorado en Ingeniería], pp. 118.
- ANDERSON R, CONWAY H, PHEISER V, GRIFFIN E. 1969. Gelatinization of corn grits by roll and extrusion cooking. *Cereal Science Today*. 14(1): 4-12.
- APARICIO A, AGUIRRE A, MÉNDEZ G, RODRIGUEZ S, GARCIA F, PÁRAMO D, BELLO L. 2014. The effect of the structure of native banana starch from two varieties on its acid hydrolysis. *Food Science and Technology*. 30: 1-6.
- ARAUJO C, RINCÓN A, PADILLA F. 2004. Caracterización del almidón nativo de *Dioscorea bulbifera* L. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 54(2): 241-245.
- ARISTIZÁBAL J, SÁNCHEZ T, Y MEJÍA L. 2007. Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. Boletín de servicios agrícolas de la FAO 163. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación, pp 1–137.
- BADUI, S. 2013. Química de los alimentos. 5ta edición. Pearson Educación, México, pp. 97
- BELLO L. 2010. Extracción, Purificación y Caracterización del almidón de 21 clones del banco de germoplasma de musáceas del Inia. Elaboración de un producto tipo pudín. Caracas: Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias, Escuela de Biología. [Disertación Grado Licenciado en Biología], pp. 119.

- BELLO L, AGAMA E. 2017. Starch: Processing, characterization and application. In starch-based Materials in food packaging. 1-18
- BELLO L, ROGER P, BAUD B, COLONNA P. 1998b. Macromolecular features of starches determined by aqueous highperformance size exclusion chromatography. *Journal of Cereal Science*. 27: 267-278.
- BEMILLER J, HUBER K. 2015. Non chemical modification of food starch functionalities. *Annual Review of Food Science and Technology*. 6: 19-69.
- BEMILLER J. 2018. Psysical Modification of Starch in Starch in Food. 223-253.
- BEMILLER J. 2019. Starches: conversions, modifications and uses in carbohydrate chemistry for food. *Scientists*. 191-221.
- BULÉON A, COLONNA P, PLANCHOT V, BALL S. 1998. Starch granules: Structure and biosynthesis. Mini review. *Int. International Journal of Biological Macromolecules*. 23: 85–112
- CARABALLO D. 2011. Modificación del almidón de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) por metilación para aplicaciones en alimentos y biomedicina. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias Escuela de Biología. Caracas, Venezuela [Disertación Grado Licenciatura en Biología], pp. 137. Disponible en: <http://saber.ucv.ve/bitstream/123456789/9095/1/Tesis%20DANIELA%20CARABALLO.pdf>(Acceso 02.04.2021).
- CARO M, TORRENEGRA M, OSORIO M, LEÓN G, PÁJARO N. 2018. Evaluación del impacto ambiental del proceso de modificación química de almidones nativos como potenciales excipientes en la industria cosmética. *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas*. 47(2): 217–231.
- CHAPARRO S, GIL J, ARISTIZÁBAL I. 2010. EFECTO DE LA HIDRATACIÓN Y LA COCCIÓN EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y FUNCIONALES DE LA HARINA DE VITABOSA (*Mucuna deeringiana*) EFFECT OF HYDRATION AND BAKING ON THE PHYSICAL AND FUNCTIONAL PROPERTIES OF VITABOSA FLOUR (*Mucuna deeringiana*).
- CHENG Y, TSAI M, TSENG K. 1996. Effect of amylose content on the rheological property of rice starch. *Cereal Chemistry*. 73 (4): 415-420.

- CONTRERAS R, TORRE L, GONZÁLEZ N, JIMÉNEZ R. 2018. Caracterización funcional de almidones de plátano cuadrado (*Musa balbisiana* Colla). European Scientific Journal (ESJ).14(30): 82.
- DEHOOG E. 2011. Emulsions for new functionalities. Prepared Foods. 180(6): 99-105.
- DE LA TORRE L, CHEL L, BETANCUR D. 2008. Functional properties of square banana (*Musa balbisiana*) starch. Food Chemistry. 106(3): 1138–1144.
- FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS). 2007. Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. Boletín de servicios agrícolas de la FAO 163. Disponible en línea en: <http://www.fao.org/3/a-a1028s.pdf> (Acceso 10.02.2023).
- FORTUL G, RODRÍGUEZ D, SANABRIA M, VALERA R. 2009. Comparación de caracteres anatómicos y morfológicos de raíces de cambur ‘Manzano’ (*Musa* AAB) y ‘Gran Enano’ (*Musa* AAA). Revista UDO Agrícola 9 (2): 376-382.
- GARNICA A, ROMERO A, CERÓN M, PRIETO L. 2010. Características funcionales de almidones nativos extraídos de clones promisorios de papa (*Solanum tuberosum* L. subespecie indígena) para la industria de alimentos. Alimentos Hoy. 19(21): 125-129.
- GHAVIDEL A, JAMUNA P. 2006. Effect of germination and dehulling on functional properties of legume flours. J. Sci. Food Agric. 86: 1189-1195.
- GOMES A, MENDES C, NÁGILA R. 2005. Effects of annealing on the physicochemical properties of fermented cassava starch (polvilho azedo). Carbohydrate Polymers 60: 1–6
- GOMES A, SILVA C, RICARDO N, SASAKI J, GERMANI R. 2004. Impact of annealing on the physicochemical properties of unfermented cassava starch (polvilho doce). Starch/Stärke. 56: 419–423.
- GRANADOS C, GUZMAN L, ACEVEDO D, DIAZ M, HERRERA A. 2014. Propiedades funcionales del almidón de sagú (*Maranta arundinacea*). Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial. 12(2): 90-96
- GRANITO M, GUERRA M, TORRES A, GUINAND J. 2004. Efecto del procesamiento sobre las propiedades funcionales de *Vigna sinensis*. Interciencia. 29(9): 521-526
- GUERRA A, DA ROSA E, SPIER F, SUITA L, GUTKOSKI L. 2010. Effects of annealing on the physicochemical properties and enzymatic

- susceptibility of rice starches with different amylose contents. *Food Chemistry*. 123(3): 711–719.
- GUERRERO L, PERÉZ V, Betancur D, DÁVILA G. 2002. Functional properties of flours and protein isolates from *Phaseolus lunatus* and *Cannavalia ensiformis* seeds. *J. Agric. Food Chem.* 5: 584-591.
- GUILLET G, SÁNCHEZ C. 2009. Caracterización físico-química y microbiológica de cambur “manzano” (*Musa* sp (L), AAB), del sector Mango Redondo del estado Cojedes. *Rev. AGROLLANIA*. 6:39-44.
- GUO B, WANG Y, PANG M, WU J, HU X, HUANG Z, WANG H, XU S, LUO Z, LIU C. 2020. Annealing treatment of amylose and amylopectin extracted from rice starch. *International Journal of Biological Macromolecules*. 164: 3496–3500
- GUÍZAR A. 2009. Obtención y caracterización física y química del almidón de “camote de cerro” (*Dioscorea spp*). Michoacán. Instituto Politécnico Nacional [Disertación Maestro en Ciencias], pp. 58.
- HERNÁNDEZ M, TORRUCO J, CHEL L, BETANCUR D. 2008. Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas. 28(3):718-726.
- HERNÁNDEZ L, VIT P. 2009. El plátano, un cultivo tradicional con importancia nutricional. *Revista del colegio de farmacéutica del estado Mérida*. 13(2): 11-14.
- HIDALGO A, MICHO N. 2016. Modificación química de almidón nativo de maca (*Lepidium peruvianum*) en sus características fisicoquímicas y reológicas. Universidad Nacional del Centro de Perú. Facultad de ciencias aplicadas Tarma-Perú [Disertación Grado Ingeniero agroindustrial], pp. 206. Disponible en: <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/4767/Hidalgo%20Ortiz%20-%20Micho%20Ymaña.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (Acceso 02.04.2021)
- HOYOS J, JARAMILLO P, GIRALDO A, DUFOUR D, SÁNCHEZ T, LUCAS J. 2012. Caracterización física, morfológica y evaluación de las curvas de empastamiento de musáceas (*Musa* spp). *Acta Agronómica*. 61(3):214-229
- JAYAKODY L, HOOVER R. 2008. Effect of annealing on the molecular structure and physicochemical properties of starches from different botanical origins. A review. *Carbohydrate Polymers*. 74(3): 691–703.

- JOYE I. 2018. Starch. Reference Module in Food Science. Encyclopedia in food chemistry. 1-9.
- KAUR M, SINGH S. 2018. Influence of heat-moisture treatment (HMT) on physicochemical and functional properties of starches from different Indian oat (*Avena sativa* L.) cultivars. Biological Macromolecules. 1-30.
- KAUR L, SINGH. 2016. Starch: Modified starches in reference module in food science. Encyclopedia of Food and Health.152:159.
- KLEIN, B PINTO V, VANIERA N, ZAVAREZE E, COLUSSI R, AMARAL DO EVANGELHO J, GUTKOSKI L, GUERRA A. 2013. Effect of single and dual heat–moisture treatments on properties of rice, cassava, and pinhao starches. Carbohydrate polymers. 98: 1578–1584.
- KRALOVA I, SJÖBLOM J. 2009. Surfactants Used in Food Industry: A Review. Journal of Dispersion Science and Technology. 30(9): 1363–1383.
- LAWTON J. 2016. Starch: Uses of Native Starch. Encyclopedia of Food Grains. 274–281.
- LEÓN G, LEÓN D, MONROY M, DE LA ESPRIELLA S, HERRERA A. 2020. Modificación química de almidones mediante reacciones de esterificación y su potencial uso en la industria cosmética.
- MARTÍNEZ G, DELGADO E, RODRÍGUEZ D, HERNÁNDEZ J, RÓMULO DEL V. 2008. Breve análisis sobre la producción de Musáceas en Venezuela. Producción Agropecuaria. 1(1): 24-29.
- MARTÍNEZ G. 2009. Situación nacional de las musáceas: Breve análisis. Producción Agropecuaria. 2(1): 31-44.
- MARTÍNEZ J, HERNÁNDEZ J, ARIAS A. 2017. Propiedades fisicoquímicas y funcionales del almidón de arroz (*Oryza sativa* L) blanco e integral. 25: 15-30.
- MARTÍNEZ L. 2007. Obtención y caracterización de almidones de malanga, arroz y maíz ceroso modificados por extrusión termoplástica para su uso como encapsulantes de aceite esencial de naranja. Universidad Veracruzana de México, Ciencias Básicas [Ascenso Maestro en Ciencias Alimentarias], pp. 69.
- MARTÍNEZ O, LAPO B, PÉREZ J, ZAMBRANO C, MAZA F. 2015. Mecanismo de gelatinización del almidón nativo de banano exportable del Ecuador. 44(2):16-2.
- MHASKE P, WANG Z, FARAHNAKY A, KASAPIS S, MAJZOBI M. 2021. Green and clean modification of cassava starch – effects on

- composition, structure, properties and digestibility. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 1–27.
- MCCLEMENTS D. 2007. Critical review of techniques and methodologies for characterization of emulsion stability. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 47(7): 611-649.
- MEAÑO N, CIARFELLA A, DORTA A. 2014. Evaluación de las propiedades químicas y funcionales del almidón nativo de ñame congo (*Dioscorea bulbifera* L.) para predecir sus posibles usos tecnológicos. *Saber*. 26(2):182-187.
- PINEDA P, CORAL D, ARCINIEGAS M, RORALES A, RODRÍGUEZ M. 2010. Papel del agua en la gelatinización del almidón de maíz: estudio por calorimetría diferencial de barrido. *Ingeniería y Ciencia*. 6(11):129-141
- PRAZERES K, ANDRADE I, CAMILLOTO G, RENATO S. CRUZ, R. 2020. Physicochemical and functional properties of mangalô bean (*Lablab purpureus* L.) starch. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. 125706.
- PUELLES J. 2019. Efecto de la concentración y temperatura del recocido en las propiedades mecánicas de películas elaboradas a partir de almidón de Oca (*Oxalis tuberosa*) modificado: Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Trujillo, Perú [Disertación Grado Ingeniero Agroindustrial], pp. 26. Disponible en: <https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/11412/Puelles%20Román%2c%20Jeniffer%20Carolina.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (Acceso 11.01.2023)
- PUELLES J, BARROSO N, CRUZ J. 2021. Annealing process improves the physical, functional, thermal, and rheological properties of Andean oca (*Oxalis tuberosa*) starch. *J Food Process*.
- PUTSEYS J, LAMBERTS L, DELCOUR J. 2010. Amylose-inclusion complexes: formation, identity and physico-chemical properties. *J. Cereal Sci*. 51(3):238–247.
- QUISPE Y. 2018. Características químicas y propiedades funcionales del almidón de mashua (*Tropaeolum tuberosum*) de las variedades amarilla y negra. Andahuaylas: Universidad Nacional José María Arguedas, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, [Disertación Grado Ingeniero Agroindustrial], pp. 52.

- RAMÍREZ A, PACHECO E. 2009. Propiedades funcionales de harinas altas en fibra dietética obtenidas de piña, guayaba y guanábana. INCI. 34(4):293-298.
- REDDY C, VIDYA P, HARIPRIYA S. 2015. Effect of chemical modification on molecular structure and functional properties of *Musa* AAB starch. *International Journal of Biological Macromolecules*. 1-30.
- SALCEDO J, CERVERA M, RESTREPO C. 2017. LINTNERIZACIÓN DE ALMIDONES NATIVOS DE YUCA (*Manihot esculenta* Crantz) Y ÑAME (*Dioscorea rotundata*). *Vitae*. 24.
- SALGADO R, PATERNINA A, COHEN C, RODRÍGUEZ J. 2019. Análisis de las Curvas de Gelatinización de Almidones Nativos de tres Especies de Ñame: Criollo (*Dioscorea alata*), Espino (*Dioscorea rotundata*) y Diamante 22. *Información Tecnológica*. 30(4): 93–102.
- SAMARAKOONA E, WADUGE R, LIUB Q; SHAHIDIA F, BANOUB H. 2020. Impact of annealing on the hierarchical structure and physicochemical properties of waxy starches of different botanical origins. *Food Chemistry*. 303. 125344-125351
- SATHE S. 2002. Dry bean protein functionality. *Critical Reviews in Biotechnology* 22: 175-223.
- SCHWENKE K. 2001. Reflections about the functional potential of legume proteins A Review. *Nahrung/Food* 45: 377-381.
- SHI Y-C. 2008. Two- and Multi-Step Annealing of Cereal Starches in Relation to Gelatinization. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 56(3): 1097–1104.
- SINGH H, CHANG Y, LIN J, SINGH N, SINGH N. 2011. Influence of heat–moisture treatment and annealing on functional properties of sorghum starch. *Food Research International*. 44(9): 2949–2954.
- TRIBESS T, HERNÁNDEZ J, MÉNDEZ M, MENEZES E, BELLO L, TADINI C. 2009. Thermal properties and resistant starch content of green banana flour (*Musa cavendish*) produced at different drying conditions. *Food Sci. & Technol*. 42. 1022-1025.
- TORRENEGRA M, LEÓN G, MATIZ G, SASTOQUE J. 2015. Lipofilización del almidón *Dioscorea rotundata* P y su posible uso como agente emulsificante. *Revista Cubana de Farmacia*. 49(4): 605-617.
- VARGAS P, HERNÁNDEZ D. 2012. Harinas y almidones de yuca, ñame, camote y ñampí: propiedades funcionales y posibles aplicaciones en la industria alimentaria. *Tecnología en Marcha*. 26(1): 37-45.

- VERMEYLEN R, GODERIS B, DELCOUR J. 2006. An X-ray study of hydrothermally treated potato starch. *Carbohydrate Polymers*. 64(2):364–375.
- VILLARROEL P, GÓMEZ C, VERA C, TORRES J. 2018. Almidón resistente: Características tecnológicas e intereses fisiológicos. *Revista chilena de nutrición*. 45(3): 271-278.
- WANG S, WANG J, WANG S, WANG S. 2017. Annealing improves paste viscosity and stability of starch. *Food Hydrocolloids*. 62:203–211.
- WANG L, ZHANG C, CHEN Z, WANG X, WANG K, LI Y, LI J. 2018. Effect of annealing on the physico-chemical properties of rice starch and the quality of rice noodles. *Journal of Cereal Science*, S0733-5210(17)30925-6.
- WTON J. 2016. Starch: Uses of Native Starch in processing of grains. 274-281.
- YÁÑEZ F, SALAZAR J, CHAIRES L, JIMÉNEZ J, MÁRQUEZ M, RAMOS E. 2002. Aplicaciones biotecnológicas de la microencapsulación, Avance y Perspectiva. (21): 313 – 31
- ZAFAR M, AKTER S. 2011. *Musa paradisiaca* L. and *Musa Sapientum* L: A phitochemical and pharmacological review. 01(05):14-20
- ZHANG B, WU H, GOU M, XU M, LIU Y, JING L, ZHAO K, JIANG H, LI W. 2019. The Comparison of Structural, Physicochemical, and Digestibility Properties of Repeatedly and Continuously Annealed Sweet Potato Starch. *J Food Sci*. 84(8): 2050-2058.
- ZHANG P, WHISTLER R, BEMILLER J, HAMAKER B. 2005. Banana starch: production, physicochemical properties, and digestibility—a review Whistler Center for Carbohydrate Research and Department of Food Science, Purdue University, West Lafayette IN 47907-2009, USA

APÉNDICE

Cuadro 1^a. Análisis de varianza para la temperatura de gelatinización de almidón de cambur manzano sin recocer y recocido a diferentes tiempos.

Fuente variación	de	g.l	SC	CM	F	P
Tiempo recocido	de	3	27,7292	9,24306	45,90	0,0002**
Repetición		2	0,1250	0,06250		
Error		6	1,2083	0,20139		
Total		11	29,0625			

CV= 0,58

**Altamente Significativo $p < 0,01$, g.l = grados de libertad, SC= Suma de cuadrado, CM= Cuadrado medio, F= Valor Calculado, P= Probabilidad.

Cuadro 2^a. Prueba de comparación de media para la temperatura de gelatinización de almidón de cambur manzano sin recocer y recocido a diferentes tiempos.

Tiempo de recocido (h)	Temperatura de gelatinización (°C)	Ámbito
72	79,50	a
48	78,83	a
24	77,67	b
Sin recocer (nativo)	75,50	c

Cuadro 3^a. Análisis de varianza para el poder de hinchamiento de almidón de cambur manzano sin recocer y recocido a diferentes tiempos.

Fuente variación	de	g.l	SC	CM	F	P
Tiempo recocido	de	3	0,07672	0,02557	41,93	0,0002**
Repetición		2	0,00053	0,00026		
Error		6	0,00366	0,00061		
Total		11	0,8090			

CV= 0,91

**Altamente Significativo $p \leq 0,01$, g.l = grados de libertad, SC= Suma de cuadrado, CM= Cuadrado medio, F= Valor Calculado, P= Probabilidad.

Cuadro 4^a. Prueba de comparación de media para el poder de hinchamiento de almidón cambur manzano sin recocer y recocido a diferentes tiempos.

Tiempo de recocido (h)	Poder de Hinchamiento (g)	Ámbito
Sin recocer (nativo)	2,8165	a
24	2,7160	b
48	2,6888	b
72	2,5920	c

Cuadro 5^a. Análisis de varianza para el Índice de absorción de agua de almidón de cambur manzano sin recocer y recocido a diferentes tiempos.

Fuente de variación	de g.l	SC	CM	F	P
Tiempo recocido	de 3	0,06840	0,02280	27,67	0,0007**
Repetición	2	0,00037	0,00019		
Error	6	0,00494	0,00082		
Total	11	0,07371			

CV= 1,07

**Altamente Significativo $p < 0,01$, g.l = grados de libertad, SC= Suma de cuadrado, CM= Cuadrado medio, F= Valor Calculado, P= Probabilidad.

Cuadro 6^a. Prueba de comparación de media para el índice de absorción de agua del almidón de cambur manzano sin recocer y recocido a diferentes tiempos.

Tiempo de recocido (h)	Absorción de agua (g)	Ámbito
Sin recocer (nativo)	2,7889	a
24	2,6847	b
48	2,6593	b
72	2,5775	c

Cuadro 7^a. Análisis de varianza para el índice de solubilidad en agua de almidón de cambur manzano sin recocer y recocido diferentes tiempos.

Fuente variación	de	g.l	SC	CM	F	P
Tiempo recocido	de	3	1,10681	0,36894	2,70	0,1391 ^{ns}
Repetición		2	0,40724	0,20362		
Error		6	0,82076	0,13679		
Total		11	2,33480			

CV= 0,271

ns=no significativo $P \geq 0,05$, g.l = grados de libertad, SC= Suma de cuadrado, CM= Cuadrado medio, F= Valor Calculado, P= Probabilidad.

Cuadro 8^a. Análisis de varianza para el Índice de absorción de Lípidos para almidón de cambur manzano sin recocer y recocido a diferentes tiempos.

Fuente variación	de	g.l	SC	CM	F	P
Tiempo recocido	de	3	175,001	58,3338	1,50	0,3083 ^{ns}
Repetición		2	22,075	11,0377		
Error		6	234,084	39, 014		
Total		11	431,161			

CV= 3,66

ns=no significativo ($p > 0,01$), g.l.= grados de libertad, SC= Suma de cuadrado, CM= Cuadrado medio, F= Valor calculado, P=Probabilidad.

Cuadro 9^a. Análisis de varianza para la interacción de la capacidad emulsificante de almidón de cambur manzano sin recocer y recocido a diferentes tiempos

Fuente de variación	de	g.l	SC	CM	F	P
Tiempo recocido	de	3	8,17953	2,72651	28,98	0,0006**
Repetición		2	0,04082	0,02041		
Error		6	0,56452	0,09409		
Total		11	8,78487			

CV= 4,03

**Altamente Significativo $p \leq 0,01$, g.l = grados de libertad, SC= Suma de cuadrado, CM= Cuadrado medio, F= Valor Calculado, P= Probabilidad.

Cuadro 11^a. Prueba de comparación de media para la capacidad emulsificante de almidón de cambur manzano Sin recocer y recocido a diferentes tiempos.

Tiempo de recocido	Capacidad	Ámbito
(h)	emulsificante (% CE)	
48	8,7067	a
24	8,0700	b
72	6,9900	c
Sin recocer (nativo)	6,6467	c

ANEXO

Cuadro 1. Temperatura de gelatinización de almidones nativos y recocidos de papas dulces.

Muestras	Temperatura de gelatinización (°C)
NATIVO	$78,21 \pm 0,33^f$
RANN-1	$81,92 \pm 0,07^e$
RANN-2	$82,31 \pm 0,13^{de}$
RANN-4	$83,12 \pm 0,01^{bc}$
RANN-6	$83,45 \pm 0,06^{ab}$
RANN-8	$83,79 \pm 0,01^a$

Fuente: Zhang *et al.* 2019

Donde

RANN-1 = Recocido 12 h

RANN-2= Recocido 24 h

RANN-4= Recocido 48 h

RANN-6= Recocido 72 h

RANN-8= Recocido 96 h

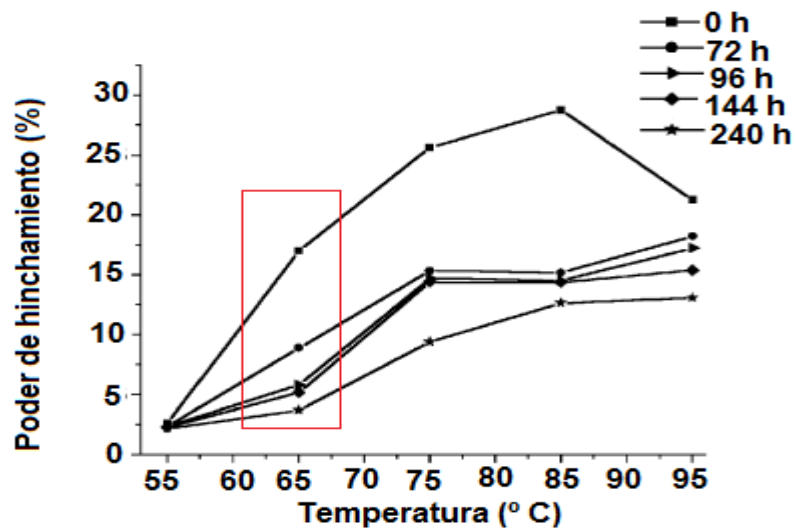


Figura 1. Efecto del tiempo de recocido en muestras de polvillo ácido.

Fuente: Gómes *et al.* 2005

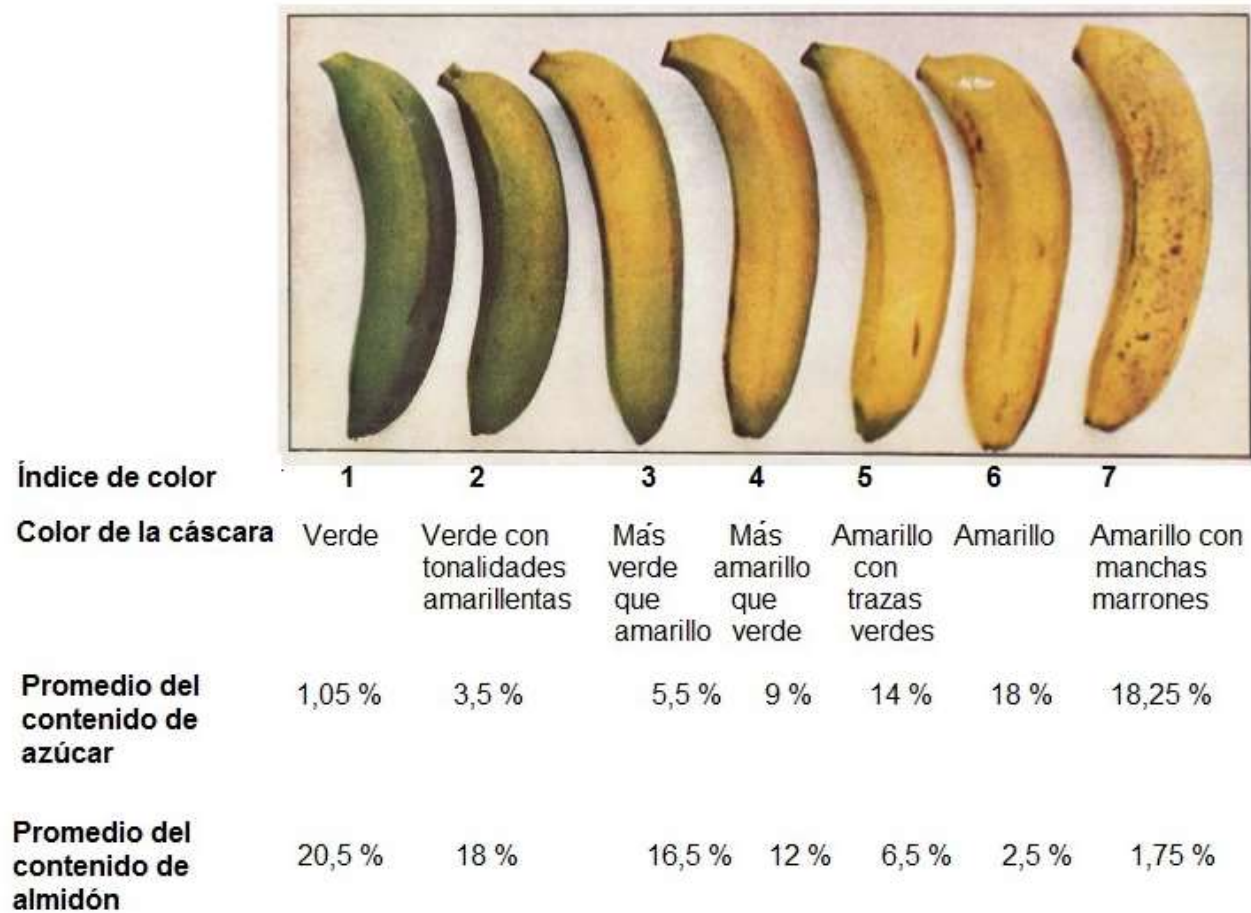


Figura 2. Índice de color para la madurez de los bananos

Fuente: COVENIN 1983

HOJAS METADATOS

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 1/6

Título	Efecto del tiempo de recocido SOBRE las propiedades funcionales del almidón nativo de cambur manzano (<i>musa sp.</i>)
---------------	---

El Título es requerido. El subtítulo o título alternativo es opcional.

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
Morón Guzmán, Alejandro Javier	CVLAC	C.I: 25.012.977
	e-mail	Alejandrom.9617@gmail.com
	CVLAC	C.I:
	e-mail	

Se requiere por lo menos los apellidos y nombres de un autor. El formato para escribir los apellidos y nombres es: "Apellido1 InicialApellido2., Nombre1 InicialNombre2". Si el autor esta registrado en el sistema CVLAC, se anota el código respectivo (para ciudadanos venezolanos dicho código coincide con el numero de la Cedula de Identidad). El campo e-mail es completamente opcional y depende de la voluntad de los autores.

Palabras o frases claves:

almidón
modificación
recocido
propiedades funcionales
tesis de grado

El representante de la subcomisión de tesis solicitará a los miembros del jurado la lista de las palabras claves. Deben indicarse por lo menos cuatro (4) palabras clave.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 2/6

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Sub-área
Tecnología y Ciencias Aplicadas	Tecnología de Alimentos

Debe indicarse por lo menos una línea o área de investigación y por cada área por lo menos un subárea. El representante de la subcomisión solicitará esta información a los miembros del jurado.

Resumen (Abstract):

El grupo de las musáceas, específicamente el cambur manzano, se caracteriza por su alto contenido de almidón resistente, el cual tiene beneficios para la salud, por lo que en el pasado se aprovechaba en forma de harina para alimentar a los niños de 2 años en adelante por sus beneficios al sistema digestivo. Considerando sus propiedades y el hecho que en Monagas se cultiva muy bien y que puede representar a futuro una fuente alternativa para la extracción de almidón, ésta investigación se planteó como objetivo evaluar el efecto del tiempo de recocado sobre las propiedades funcionales del almidón de cambur manzano (*Musa sp*). Al almidón de cambur manzano sin recocer y recocado a diferentes tiempos se le determinó la temperatura de gelatinización (Tg), poder de hinchamiento (PH), índice de absorción de agua (IAA), índice de solubilidad en agua (ISA) y capacidad emulsificante (CE). El experimento se realizó con un diseño de bloques al azar con efecto único y tres repeticiones. Los resultados se evaluaron a través de un ANAVA con un nivel de significancia del 95 %, evidenciándose que la Tg, PH, IAA, ISA y CE presentaron diferencias altamente significativas ($p \leq 0,01$), mientras que el IAL no mostró variaciones significativas ($p > 0,05$). Los valores más alto para PH (2,81 g/g), IAA (2,78 g/g) correspondió al almidón sin recocer (nativo), mientras que el almidón recocado por 72 h alcanzó los valores más bajo de PH (2,59 g/g) e IAA (2,57 g/g). El valor de ISA más alto (1,64 %) se obtuvo para el almidón recocado por 24 horas y el más bajo (0,86 %) para el recocado por 72 horas. La menor (6,64 %) CE se observó para el almidón sin recocer y el valor más alto para el recocado por 48 horas (8,70 %). Los bajos valores obtenidos en el PH e IAA sugieren que el almidón de cambur manzano podría utilizarse en la elaboración de pastas y fideos, mientras que sus altos valores de Tg y CE sugieren que podrían utilizarse en productos de repostería como galletas y tortas y en la elaboración de mayonesa. Además, el almidón de cambur manzano es una alternativa popular al almidón de maíz y patata en productos sin gluten, ya que es naturalmente libre de gluten. También es rico en nutrientes, como potasio, vitamina C y fibra dietética, lo que lo convierte en una opción más saludable en comparación con otros almidones.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 3/6

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
Lcda. Margloris Marchan	ROL	CA ☐ AS ☒ TU ☐ JU ☐
	CVLAC	C.I 16.696.718
	e-mail	mmarchan.udomonagas@gmail.com
MSc. Mary Longart	ROL	CA ☐ AS ☐ TU ☐ JU ☒
	CVLAC	C.I 4.502.462
	e-mail	mlongart5@gmail.com
Dra. Ana Ramos	ROL	CA ☐ AS ☐ TU ☐ JU ☒
	CVLAC	C.I 10.308.657
	e-mail	Ay2170@gmail.com

Se requiere por lo menos los apellidos y nombres del tutor y los otros dos (2) jurados. El formato para escribir los apellidos y nombres es: "Apellido1 InicialApellido2., Nombre1 InicialNombre2". Si el autor esta registrado en el sistema CVLAC, se anota el código respectivo (para ciudadanos venezolanos dicho código coincide con el numero de la Cedula de Identidad). El campo e-mail es completamente opcional y depende de la voluntad de los autores. La codificación del Rol es: CA = Coautor, AS = Asesor, TU = Tutor, JU = Jurado.

Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
2023	08	01

Fecha en formato ISO (AAAA-MM-DD). Ej: 2005-03-18. El dato fecha es requerido.

Lenguaje: spa Requerido. Lenguaje del texto discutido y aprobado, codificado usando ISO 639-2. El código para español o castellano es spa. El código para ingles en. Si el lenguaje se especifica, se asume que es el inglés (en).

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 4/6

Archivo(s):

Nombre de archivo
NMOTTG_MGAJ2023

Caracteres permitidos en los nombres de los archivos: **A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 _ - .**

Alcance:

Espacial: _____ (opcional)
Temporal: _____ (opcional)

Título o Grado asociado con el trabajo:

Licenciado en Tecnología de alimentos

Dato requerido. Ejemplo: Licenciado en Matemáticas, Magister Scientiarum en Biología Pesquera, Profesor Asociado, Administrativo III, etc

Nivel Asociado con el trabajo: Licenciatura

Dato requerido. Ejs: Licenciatura, Magister, Doctorado, Post-doctorado, etc.

Área de Estudio:

Tecnología y Ciencias aplicadas

Usualmente es el nombre del programa o departamento.

Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado:

Universidad de Oriente Núcleo Monagas

Si como producto de convenciones, otras instituciones además de la Universidad de Oriente, avalan el título o grado obtenido, el nombre de estas instituciones debe incluirse aquí.

Hoja de metadatos para tesis y trabajos de Ascenso- 5/6



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CUN°0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano
Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ
Vicerrector Académico
Universidad de Oriente
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009"**.

Leído el oficio SIBI - 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

Comunicación que hago, a usted a los fines consiguientes.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
SISTEMA DE BIBLIOTECA
RECIBIDO POR *[Firma]*
FECHA 5/8/09 HORA 5:30 PM
Cordialmente,
[Firma]
JUAN A. BOLANOS CUNEL
Secretario



C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YOC/mayla

Derechos:

Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE PREGRADO (VIGENTE a partir del II Semestre 2009, según comunicado CU-034-2009): “Los Trabajos de Grado son de exclusiva propiedad de la Universidad, y solo podrán ser utilizados a otros fines, con el consentimiento del Consejo de Núcleo Respectivo, que deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización.”



Br. Alejandro Javier Morón Guzmán
C.I.: 25.012.977
Estudiante



Licda. Marglorys Marchán
C.I.: 16.696.718
Tutor Académico