



UTMACH

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

PROPIEDADES TÉRMICAS Y FUNCIONALES DEL ALMIDÓN NATIVO
DE MALANGA (*XANTHOSOMA SAGITTIFOLIUM*) Y ACHIRA (*CANNA
EDULIS*).

QUEZADA CORREA LADY MIREYA
INGENIERA EN ALIMENTOS

MACHALA
2019



UTMACH

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA
SALUD

CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

PROPIEDADES TÉRMICAS Y FUNCIONALES DEL ALMIDÓN
NATIVO DE MALANGA (*Xanthosoma sagittifolium*) Y ACHIRA
(*Canna edulis*).

QUEZADA CORREA LADY MIREYA
INGENIERA EN ALIMENTOS

MACHALA
2019



UTMACH

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA
SALUD

CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

TRABAJO TITULACIÓN
TRABAJO EXPERIMENTAL

PROPIEDADES TÉRMICAS Y FUNCIONALES DEL ALMIDÓN NATIVO DE
MALANGA (*Xanthosoma sagittifolium*) Y ACHIRA (*Canna edulis*).

QUEZADA CORREA LADY MIREYA
INGENIERA EN ALIMENTOS

MARTINEZ MORA EDISON OMAR

MACHALA, 14 DE FEBRERO DE 2019

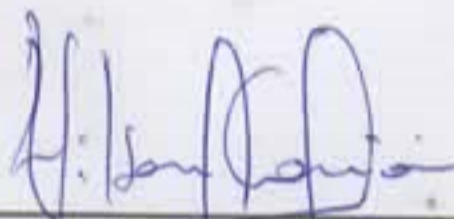
MACHALA
2019

Nota de aceptación:

Quienes suscriben, en nuestra condición de evaluadores del trabajo de titulación denominado PROPIEDADES TÉRMICAS Y FUNCIONALES DEL ALMIDÓN NATIVO DE MALANGA (*Xanthosoma sagittifolium*) Y ACHIRA (*Canna edulis*), hacemos constar que luego de haber revisado el manuscrito del precitado trabajo, consideramos que reúne las condiciones académicas para continuar con la fase de evaluación correspondiente.



MARTINEZ MORA EDISON OMAR
0702585381
TUTOR - ESPECIALISTA 1



CARRION ESPINOSA WILSON EMMANUEL
0704725688
ESPECIALISTA 2



BRAVO BRAVO VERONICA PATRICIA
0703690123
ESPECIALISTA 3

Machala, 14 de febrero de 2019

Urkund Analysis Result

Analysed Document: Tesis final.docx (D47345563)
Submitted: 1/28/2019 8:52:00 PM
Submitted By: emartinez@utmachala.edu.ec
Significance: 6 %

Sources included in the report:

TESIS 1.docx (D47338397)
Libro-Almidón de banano.pdf (D18199035)
Lisbeth Manzanillas_Trabajo de Titulación V3_22-09-2017.docx (D31224480)
Yungán (2015)_TRABAJO DE GRADUACION 777 CORREGIDO FINAL.pdf (D15032909)
TESIS MAESTRÍA.docx (D35026559)
Israel_Y_TV1.docx (D15007845)
Tesis Final Enviada.docx (D19133351)
<https://www.itca.edu.sv/wp-content/themes/elaniin-itca/docs/2015-Obtencion-de-un-polimero-biodegradable.pdf>
<http://www.joethejuggler.com/Funbotanica/Boletin10.html#articulos>
http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/379/TRONCOSO_OMAR_DESARROLLO_DE_ARMAZONES_BIODEGRADABLES_PROCESADOS_POR_MICROONDAS.pdf?sequence=2

Instances where selected sources appear:

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

La que suscribe, QUEZADA CORREA LADY MIREYA, en calidad de autora del siguiente trabajo escrito titulado PROPIEDADES TÉRMICAS Y FUNCIONALES DEL ALMIDÓN NATIVO DE MALANGA (*Xanthosoma sagittifolium*) Y ACHIRA (*Canna edulis*), otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.


La autora declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

La autora como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 14 de febrero de 2019



QUEZADA CORREA LADY MIREYA
0706023397

DEDICATORIA

Con mucho amor, cariño, admiración y respeto

A Dios

A mis padres: Ángel Quezada y Blanca Correa

A mis hermanos: Maritza, Ángel, Jaime, Edisson y Gilda

A mi sobrina adorada Nayeli Correa

*Siempre supe que podría contar con su apoyo y ayuda
en todo momento*

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco inmensamente a mis padres, quienes siempre han estado dispuestos a apoyarme y ayudarme, todo lo que he logrado a lo largo de mi vida ha sido gracias a su sacrificio y confianza hacia mí. Ellos han sido mi base y fortaleza, desde pequeña me inculcaron que soy capaz de realizar todo lo que me proponga que la perseverancia y constancia sean mis principios para lograr todas mis metas. Muchas gracias.

A mis queridos hermanos y hermanas, quienes han sido mis ejemplos para seguir, cada uno posee alguna característica especial por lo cual los admiro y respeto, gracias por estar conmigo siempre, por apoyarme ya sea en lo académico o emocional, los quiero mucho.

A Oscar Contreras, quien ha estado apoyándome en todo momento, siempre sacándome sonrisas en los momentos más estresantes, haciéndome sentir capaz de todo lo que me proponga, mi compañero de estudios y de la vida.

Al doctor Omar Martínez Mora por haberme brindado la oportunidad de pertenecer a su grupo de investigación, por confiar en mí, por su dedicación y paciencia; gracias por la ayuda brindada para la realización de este trabajo de investigación, por haberme compartido sus conocimientos y estar dispuesto a ayudarme siempre.

A los doctores Esther Ramírez, Carlos Aldapa y Ernesto Alanís; docentes de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo-México quienes me abrieron las puertas de sus laboratorios y estuvieron dispuestos a ayudarme a la realización de los análisis para la ejecución de este trabajo, además de brindarme su amistad y cariño durante el tiempo de estancia en su país.

RESUMEN

El estudio de fuentes de almidón resulta de gran importancia dentro de la industria alimentaria debido a que estos polisacáridos presentan variados usos, ya sean para ser utilizados como matriz o insumo en la elaboración de diferentes productos alimenticios (espesantes, gelificantes, estabilizantes, adhesivos, ligantes, enturbiantes, aglutinantes, formadores de películas comestibles, etc.). Las materias primas seleccionadas en esta investigación fueron los cultivares de malanga (*Xanthosoma sagittifolium*) y achira (*Candida edulis*), a los cuales se les realizó el proceso de extracción del almidón nativo por medio del método de vía húmeda y posteriormente se les realizó análisis de sus propiedades térmicas y funcionales, los parámetros evaluados fueron: rendimiento del almidón, composición físico-química, temperatura de gelatinización por medio del uso de la técnica de Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC, por sus siglas en inglés), análisis de viscosidad por el método de Análisis de Rápida Viscosidad (RVA, por sus siglas en inglés), poder de hinchamiento, índice de solubilidad del almidón e índice de absorción de agua a diferentes temperaturas (15, 60, 70, 80 y 90 °C). Los rendimientos obtenidos del almidón nativo para malanga y achira fueron de 60,2 % y 72,5 % respectivamente, se obtuvo un porcentaje alto de pureza de los almidones nativos 93,52 % para almidón de malanga y 94,88 % para almidón de achira, en cuanto al contenido de humedad, cenizas, proteínas, amilosa y amilopectina se mostraron diferencias, y en el contenido de grasa, carbohidratos, fibra, los valores se encontró similitud para ambas muestras. En el análisis DSC se obtuvo los valores de la temperatura inicial, temperatura final de gelatinización y temperatura pico de gelatinización, el cual fue más elevado para el almidón de malanga (78,33 °C) que para el almidón de achira (65,28 °C). El valor de viscosidad máxima fue de 2446,5 cP para el almidón de malanga y 3535,5 cP para el almidón de achira. En cuanto a las propiedades funcionales: poder de hinchamiento, índice de solubilidad e índice de absorción de agua, el almidón de achira arrojó valores más altos. Estas variaciones se deben a que cuando un almidón tiene gránulos de tamaño grande y bajo contenido de amilosa, estos tienden a poseer mayor contenido de humedad, gelatiniza rápidamente a menores temperaturas, poseen mayor capacidad de absorción de agua, lo cual provoca una alta viscosidad y alto poder de hinchamiento de los gránulos; esto ocurre en el almidón de achira, y viceversa mente con el almidón de malanga. Se concluye que estos almidones presentaron propiedades diferentes entre ellos, por lo cual su uso en la industria alimentaria varía en sí, en el caso del almidón de malanga, este

puede ser utilizado para la elaboración de alimentos que sean sometidos a elevadas temperaturas, como productos enlatados o elaboración de productos de panadería, en cambio el almidón de achira por su baja temperatura de gelatinización y rápida viscosidad puede ser utilizado en la elaboración de productos que no demanden elevadas temperaturas en su proceso de elaboración, entre sus posibles usos están las sopas instantáneas, o como espesante.

Palabras claves: almidón nativo, malanga, achira, propiedades térmicas y funcionales

ABSTRACT

The study of starch sources is of great importance within the food industry because these polysaccharides present varied uses, either to be used as a matrix or as input in various food production processes (thickeners, gelling agents, stabilizers, adhesives, binders, clouding agents, binders, edible film formers, etc.). In this research work, two cultivars, taro (*Xanthosoma sagittifolium*) and Indian shot (*Candida edulis*) to which the extraction process of the native starch was carried out by means of the wet method; thermal properties were analyzed. Functional properties were also valuated through the following parameters: starch yield, physicochemical composition, gelatinization temperature by differential scanning calorimetry (DSC), viscosity analysis by rapid visco analysis (RVA), swelling power, starch solubility index, and water absorption index (15, 60, 70, 80 y 90 °C). Yields obtained from native starch were 60.2% and 72.5% for taro and Indian shot, respectively; high values for native starch percentage for taro and Indian shot were found, 93.52% for taro and 94.88% for Indian shot, respectively. Concerning moisture, ashes, proteins, amylose, and amylopectin contents, differences were found, whereas fat, carbohydrates, and fiber values were similar for both samples. DSC analyses showed peak gelatinization temperature values higher for taro starch than for Indian shot starch (78.33 and 65.28 ° C, respectively). The highest viscosity values were 2446.5 cP for taro starch and 3535.5 cP for Indian shot starch. Regarding functional properties such as swelling power, solubility index, and water absorption index, Indian shot starch showed higher values. These variations might be due to when starch granules are of large size and amylose low content, higher moisture content tendencies can be found, therefore gelatinization occurs rapidly at lower temperatures, higher water absorption capacity develops, boosting high viscosity and granulate high swelling power. This was the case for Indian shot starch; it occurred inversely for taro starch. It is concluded that these starches have different properties among them, so its use in the food industry varies itself, in the case of taro starch, it can be used for the preparation of foods that are subjected to high temperatures, such as products canned or bakery products, however achira starch for its low gelatinization temperature and rapid viscosity can be used in the production of products that do not demand high temperatures in its production process, among its possible uses are the instant soups , or as a thickener.

Keywords: native starch, taro, Indian shot, thermal properties, functional properties

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTOS.....	3
RESUMEN	5
ABSTRACT.....	7
ÍNDICE GENERAL.....	8
CAPÍTULO I	12
1.1 INTRODUCCIÓN	12
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.3. JUSTIFICACIÓN	16
1.4. OBJETIVOS	17
1.4.1. OBJETIVO GENERAL:	17
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	17
1.5. PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS	18
1.5.1. Hipótesis nula.....	18
1.5.2. Hipótesis alternativa	18
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	19
2.1. MALANGA (<i>Xanthosoma sagittifolium</i>)	19
2.1.1. Generalidades de la planta de malanga (<i>Xanthosoma sagittifolium</i>).....	19
2.1.2. Generalidades del tubérculo de malanga (<i>Xanthosoma sagittifolium</i>)	19
2.1.3. Almidón de malanga.....	21
2.2. ACHIRA (<i>Canna edulis</i>).....	22
2.2.1. Generalidades de la planta de achira (<i>Canna edulis</i>)	22
2.2.2. Generalidades del tubérculo de achira	22
2.2.3. Almidón de achira	23
2.3. PROCESOS TÉRMICOS PRODUCIDOS EN EL ALMIDÓN	24
2.3.1. Gelatinización del almidón	24
2.3.2. Retrogradación del almidón.....	25
2.4. ANÁLISIS TÉRMICOS Y FUNCIONALES.....	26
2.4.1. Calorimetría diferencial de barrido	26
2.4.2 Análisis de viscosidad	27
2.4.3. Poder de hinchamiento (PH).....	29
2.4.4. Índice de solubilidad en agua (ISA).....	29

2.4.5. Índice de absorción en agua (IAA)	29
CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS	30
3.1. Obtención de las materias primas	30
3.2. Extracción del almidón.....	30
3.3. Análisis fisicoquímicos de los almidones	30
3.4. Análisis del poder de hinchamiento, índice de solubilidad del almidón e índice de absorción de agua	30
3.5. Determinación de temperaturas de gelatinización.	31
3.6. Análisis de viscosidad de los almidones	31
3.7. Análisis estadístico	32
CAPÍTULO IV RESULTADOS	33
4.1. Rendimiento de almidón.....	33
4.2. Análisis fisicoquímico de almidones	33
4.3. Temperatura de gelatinización de los almidones nativos por DSC	33
4.4. Análisis de rápida viscosidad (RVA).....	35
4.5. Poder de hinchamiento, Índice de solubilidad e Índice de absorción de agua.....	36
CONCLUSIONES	40
RECOMENDACIONES	41
REFERENCIAS.....	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. a) Cultivo de malanga b) tubérculo o corno de malanga.....	20
Figura 2. Morfometría de almidones de malanga (<i>Xanthosoma sagittifolium</i>)	21
Figura 3. a) Cultivo de achira b) tubérculo o corno de achira.....	23
Figura 4. Morfometría de almidones de achira (<i>Canna edulis</i>)	24
Figura 5. Eventos que ocurren durante el proceso de gelatinización.....	25
Figura 6. Representación esquemática de los cambios en el almidón durante el calentamiento en exceso de agua.....	26
Figura 7. Termo grama obtenido con el RVA (Analizador Rápido de Viscosidad).....	28
Figura 8. Curvas del comportamiento de gelatinización del almidón nativo de malanga y achira.....	34
Figura 9. Amilogramas de viscosidad del almidón de malanga (<i>Xanthosoma sagittifolium</i>) y del almidón de achira (<i>Canna edulis</i>)	35
Figura 10. Curva representativa del poder de hinchamiento de los almidones de malanga y achira.....	36
Figura 11. Curva representativa del índice de solubilidad de los almidones de malanga y achira.....	36
Figura 12. Curva representativa del poder del índice de absorción de agua de los almidones de malanga y achira.....	37

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición química proximal del almidón nativo de malanga (<i>Xanthosoma sagittifolium</i>) y el almidón nativo de achira (<i>Canna edulis</i>)	33
Tabla 2. Temperaturas de gelatinización del almidón nativo de malanga y achira.....	34
Tabla 3. Resultados del RVA de los almidones nativos de malanga y achira.....	36

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Recepción de rizomas de malanga (<i>Xanthosoma sagittifolium</i>) y achira (<i>Canna edulis</i>)	49
Anexo 2. Proceso de pelado y cortado de los rizomas para la obtención de los almidones.....	49
Anexo 3. Proceso de trituración, sedimentación y secado de los almidones.....	50
Anexo 4. Proceso de tamizaje y pesado de los almidones de malanga y achira obtenidos.....	50
Anexo 5. Preparación de muestras para análisis de solubilidad, absorción y poder de hinchamiento de los almidones estudiados.....	51
Anexo 6. Equipos DSC y RVA usados en el análisis de los almidones.....	51

CAPÍTULO I

1.1 INTRODUCCIÓN

La malanga (*Xanthosoma sagittifolium*) y achira (*Canna edulis*), son rizomas andinos del Ecuador, sus cormos son considerados fuentes botánicas de alto valor nutricional (López, Vásquez, & López, 1995), estos sirven para la elaboración de diversos productos alimenticios como pan, pastas o galletas., debido a las cantidades de polisacáridos que contienen (Aguilar & Villalobos, 2013).

Debido a sus altas cantidades de almidón, superiores al 60% - 80%, la malanga y achira pueden ser utilizadas para remplazar materias primas convencionales como maíz, ñame, yuca y papa en la industria alimentaria (Vázquez, 2013). Se pueden utilizar estos recursos agrícolas que tienen menor consumo nacional obteniendo almidón.

Utilizando almidones de especies nativas no exploradas y de fácil crecimiento en climas tropicales y subtropicales como la malanga, se aumentaría el margen de beneficios a quienes lo producen y lo transforman; de esta manera se incentiva la investigación y producción de esta planta, generando estabilización de los precios de venta tanto de los almidones como los subproductos de estos (Viteri, 2009).

El almidón, debido a su relativa abundancia en las plantas, ha sido la fuente primaria de energía en la dieta humana y ha acompañado la alimentación del hombre desde sus inicios. El uso de almidones en los alimentos floreció con el surgimiento de la industria de alimentos procesados y la disponibilidad del almidón puro. El almidón, por sus características nutricionales y sus múltiples aplicaciones en la industria alimentaria es el carbohidrato más importante, además de su importancia relevante en el comercio (Cobana, 2007).

El almidón presenta gran utilidad en la industria alimentaria pudiendo ser utilizado como agente espesante, estabilizante, gelificante, entre otras aplicaciones (Falade & Ayetigbo, 2015).

La solubilidad del almidón, el hinchamiento de los gránulos, la absorción de agua, el aumento de la viscosidad y la gelatinización son propiedad funcionales- térmicas que presentan los almidones y que ocurren al momento que estos son sometidos a calentamiento en un medio acuoso, durante el proceso de calentamiento el almidón absorbe agua, se hinchan y pierde su cristalinidad, además sufre cambios en su estructura

ya que libera moléculas de amilosa (Parker & Ring, 2001). La energía requerida para el proceso de gelatinización del almidón puede ser analizada mediante el uso de un Calorímetro diferencial de barrido (DSC), y la viscosidad máxima que logran alcanzar estos almidones pueden ser analizados por medio de un analizador de rápida viscosidad (RVA) ya que estos equipos permiten analizar los eventos que ocurren durante las etapas de fusión, cristalización, y las temperaturas de transición vítrea (Liu, Lu, & Yada, 2005).

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La diversificación agrícola cada día se encuentra buscando alternativas potenciales para la obtención de alimentos a bajo costo y elevado valor nutricional (Zapata & Velásquez, 2013), Actualmente se exploran nuevas fuentes poco convencionales que presenten características fisicoquímicas, estructurales y funcionales de uso en la industria alimentaria (Shrestha & Halley, 2014), una opción para este problema es el uso del cultivar de malanga y achira como materias primas en la elaboración de productos alimenticios.

En Ecuador el cultivo de malanga se centra principalmente en Santo Domingo de los Colorados, Quevedo y Quinindé (Martin, Velasco, & Quezada, 2011), mientras que la mayor producción de achira se da en el cantón Patate provincia de Tungurahua (Barrera, Tapia, & Monteros, 2004), sin embargo; debido a la inadecuada propuesta tecnológica para tecnificar el proceso productivo y la deficiente asistencia técnica han tenido como consecuencia que la producción local se vea disminuida y no muestre interés real en su producción.

En nuestro país no existe un consumo humano significativo de malanga y achira, esto se debe al desconocimiento por parte del consumidor y por ende la falta de hábito de consumo. Aproximadamente el 85 % de la producción nacional de estos tubérculos se destina a la exportación, mientras que el 15 % corresponden a los tubérculos que no clasifica como producto de exportación. Este último valor se lo destina casi en su totalidad a la alimentación animal, especialmente de porcinos (Vega, 2012).

En lo referente al almidón, este ha sido utilizado en la alimentación humana desde hace muchos años, convirtiéndose en la fuente principal de aporte de energía. Dentro de la industria alimentaria han obtenido gran utilidad ya sea como sustituto de la harina de trigo para la elaboración de productos horneados como pan, pastas y galletas o su uso como productos espesantes, gelificantes, obtención de empaques biodegradables entre otras utilidades. El almidón se produce en la mayoría de las plantas, pero solo de pocas especies se logra extraer industrialmente (Šimkova, Lachman, Hamouz, & Vokal, 2013). Hoy en día existe una saturación en el mercado agroalimentario de los almidones que son obtenidos de fuentes convencionales como maíz, yuca, trigo, papa, etc.; y ante esto nace la necesidad de industrializar fuentes de almidón alternativas como la malanga (*Xanthosoma sagittifolium*) y achira (*Canna edulis*).

Los almidones de raíces y tubérculos representan una alternativa para solventar problemas de hambre y dependencia de importaciones.

La extracción de almidón a partir de malanga y achira presentan muchas ventajas, entre ellas la amplia difusión de los cultivos en diferentes ecosistemas del país, apreciables valores nutricionales, elevados rendimientos y facilidad de extracción a bajo costo. Estas características convierten a estos cultivares en fuentes botánicas a las que se les debe dedicar mayor esfuerzo y dedicación para incrementar su aprovechamiento agroindustrial (Pino, 2003).

Con la finalidad de evaluar el comportamiento tecnológico del almidón de malanga y achira, resulta de importancia analizar la cinética de gelatinización, la viscosidad máxima, el poder de hinchamiento de los gránulos, la absorción de agua y la solubilidad del almidón ya que estas son características fundamentales para sus destinos de uso en la industria alimentaria.

1.3. JUSTIFICACIÓN

En los últimos años la búsqueda de fuentes alternativas para la obtención de almidones ha motivado al uso de fuentes botánicas que no han sido potencialmente industrializadas, y dentro de estas nuevas fuentes de extracción se encuentran los tubérculos y raíces. El uso de almidones obtenidos a partir de raíces y tubérculos como materia prima en la elaboración de productos convencionales o en el desarrollo de nuevos productos, se ha convertido en una manera de promover e incrementar la producción y demanda de los mismos (Pacheco & Techeira, 2009), además que la extracción de almidón a partir de estos demandan el uso de procesos menos tecnológicos en comparación con el almidón obtenido a partir de cereales (Torres, Montero, & Durán, 2013).

La malanga (*Xanthosoma saggitifolium*), es un tubérculo comestible de forma redonda-ovoide con una pulpa blanca almidonosa y una cáscara de color marrón oscuro. Sus cormos poseen una composición química alta en nutrientes disponibles, carbohidratos y proteínas, además de su elevada digestibilidad, por lo que es considerado un excelente alimento (Cruz-Ordóñez, Palacios-Pola, Márquez-Montes, & Vela-Gutiérrez, 2017).

La achira (*Canna edulis*) es una planta herbácea, que presenta un cormo esférico comestible con valores importantes de carbohidratos y fibra, y en menor cantidad de proteínas (Barrera, Tapia, & Monteros, 2004).

Utilizando tecnologías sencillas, es posible aprovechar estos recursos agrícolas, los que poseen un alto contenido en almidón, que servirían como materia prima o insumo en la elaboración de alimentos

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL:

Determinar las propiedades térmicas y funcionales del almidón nativo de malanga (*Xanthosoma sagittifolium*) y achira (*Canna edulis*).

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Aislar almidón de malanga (*Xanthosoma sagittifolium*) y achira (*Canna edulis*) por el método de extracción por vía húmeda y determinar su rendimiento.
2. Determinar la composición fisicoquímica del almidón nativo de malanga y achira.
3. Establecer las propiedades térmicas: gelatinización, viscosidad y; funcionales: poder de hinchamiento, absorción de agua y solubilidad de los almidones nativos estudiados.

1.5. PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS

1.5.1. Hipótesis nula

H01 Las propiedades térmicas (DSC) del almidón nativo de malanga (*Xanthosoma sagittifolium*) no presentan diferencias significativas con las propiedades térmicas del almidón nativo de achira (*Canna edulis*).

H02 Las propiedades funcionales (poder de hinchamiento) del almidón nativo de malanga (*Xanthosoma sagittifolium*) no presentan diferencias significativas con las propiedades térmicas del almidón nativo de achira (*Canna edulis*).

1.5.2. Hipótesis alternativa

Ha1 Las propiedades térmicas (DSC) del almidón nativo de malanga (*Xanthosoma sagittifolium*) presentan diferencias significativas con las propiedades térmicas del almidón nativo de achira (*Canna edulis*).

Ha2 Las propiedades funcionales (poder de hinchamiento) del almidón nativo de malanga (*Xanthosoma sagittifolium*) presentan diferencias significativas con las propiedades térmicas del almidón nativo de achira (*Canna edulis*).

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1. MALANGA (*Xanthosoma sagittifolium*)

2.1.1. Generalidades de la planta de malanga (*Xanthosoma sagittifolium*).

La malanga (*Xanthosoma sagittifolium*) es una planta herbácea de comportamiento perenne si no se le cosecha, pertenece a la familia de las Aráceas, y se cultiva en regiones tropicales y subtropicales al oeste de África, América, Oceanía y Asia (Perneel, 2006). Es originaria de los trópicos americanos, se encuentra ubicado en el sexto puesto entre los tubérculos con mayor área de producción y plantación mundial, después de la yuca, papa, camote, ñame y papa china (Morales & Santacruz, 2017).

El cultivar de malanga alcanza grandes alturas, de 1 a 2 metros sin tallo aéreo, con hojas alargadas de gran tamaño., que crecen desde el suelo, dando origen a un tallo hipogeo tipo rizoma, corto y grueso (José E. Poot-Matu, 2002). Su cultivo requiere de suelos con altos contenidos de humedad, sin embargo, puede soportar también períodos de sequía (Torres, Montero, & Durán, 2013). Requiere de suelos francos limosos o arenosos con 50 a 60 cm de profundidad ricos en materia orgánica y con un pH de 4,5 a 7,5. El rango óptimo de temperatura para su desarrollo varía de 12 a 30 °C; es una planta que necesita mucha humedad disponible en el suelo por lo que se desarrolla bien en zonas con precipitación de 1000 a 1600 mm anuales y en alturas entre 200 a 1000 msnm (MCC, 2004)

Su cultivo es asexual, a partir de la siembra de sus cormos o fragmentos del cormo, para la siembra, deben pesar menos de 200 g, enteros, sanos y como tratamiento preventivo, se debe sumergir en una solución fungicida (Mazariegos, 2017). Lo cual tiene como ventaja el mantenimiento de la identidad y estabilidad genética de la descendencia. Si embargo, este método de cultivo presenta la desventaja la propagación de enfermedades virales, fungosas, bacterianas y plagas que afectan el rendimiento del cultivo (Zeledón, 2006).

2.1.2. Generalidades del tubérculo de malanga (*Xanthosoma sagittifolium*)

Esta planta produce un cormo central comestible de ciclo corto, que puede permanecer bajo tierra hasta 16 meses; grande, esférico, elipsoidal o cónico, estos cormos están cubiertos exteriormente por escamas fibrosas o pueden ser lisos (Mazariegos, 2017). El color de la pulpa del cormo es por lo general blanco, pero también pueden presentarse clones coloreados hasta llegar al morado (Rodríguez, Fernández, & Ayala, 2005).

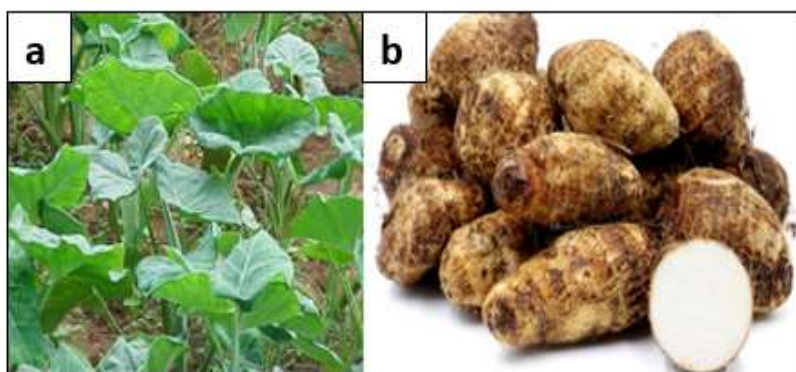


Figura 1. a) Cultivo de malanga b) tubérculo o corno de malanga

El tubérculo de malanga (*Xanthosoma sagittifolium*) representa una importante fuente de calorías en las regiones en desarrollo del mundo (4,2 – 4,4 kcal/g de materia seca) y se compara favorablemente con otros productos similares como la yuca (1,3 – 1,5 kcal/g de materia seca) o camote (3,9 kcal/g de materia seca) (Emmanuel-Ikpeme, Eneji, & Essiet, 2007) (Kaushal, Kumar, & Sharma, 2013).

La mayoría de los estudios existentes en malanga se han centrado en la caracterización fisicoquímica, propiedades térmicas y microestructurales de harinas, almidones y pastas (Aboubakar, Njintang, Scher, & Mbofung, 2008).

En muchos países en desarrollo la malanga es un cultivo que constituye una fuente importante de ingresos para pequeños productores de zonas rurales y marginales, además es una alternativa para zonas donde existen suelos anegados los cuales no son aptos para la mayoría de los cultivos (Viloria & Cordova, 2008). Los únicos países que exportan malanga son Costa Rica, Nicaragua y Ecuador (Vega, 2012) que en conjunto no superan las 15 mil toneladas, debido a lo cual existe un déficit de exportación de 50%.

Ecuador es productor de malanga para fines de exportación desde hace aproximadamente dos años, las principales plantas exportadoras de este tubérculo se encuentran en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas. Durante el año 2016 se reportó un total de 700 mil cajas donde su principal destino fue Estados Unidos (Revista Líderes, 2017).

En el estudio realizado por (Palomino & Pérez, 2010), indica que la harina cruda obtenida de la malanga es una fuente de alto valor nutricional, de energía y de fibra dietaria insoluble, con un contenido proteico de 6,37 %, valor similar a los encontrados con otros tubérculos; 1,86 %, 12,33 % y 7,30 % para la yuca blanca, batata blanca y ñame blanco respectivamente (Techeira, Sívoli, Perdomo, & Ramírez, 2014).

La harina de malanga presenta un mayor contenido de almidón resistente 8,16% en relación con las harinas de maíz, papa y ñame (Niba, 2003); el método de uso y conservación tiene influencia en ese atributo, las harinas que son sometidas a presión aumentada en autoclave o precocido aumentan el contenido de almidones resistentes, mientras que al someter la harina de malanga a microondas, este tiene efecto negativo, disminuyendo el contenido de almidón resistente. El almacenamiento en temperatura ambiente también reduce el almidón resistente en la harina. Estas condiciones son importantes de analizar cuando se utiliza la harina o almidón de malanga como matriz para el diseño de nuevos productos (Vargas & Hernández, 2013).

2.1.3. Almidón de malanga

Los cormos o tubérculos de malanga son ricos en almidón (68,50 % base seca) (Palomino & Pérez, 2010), por lo que convierten a este cultivar como materia prima factible para su utilización en diversos sistemas alimenticios u otras aplicaciones industriales (Torres, Montero, & Durán, 2013), el almidón de malanga es un material con alto valor nutricional, rico en fibra dietaria o fibra insoluble (Palomino & Pérez, 2010) por lo que es recomendable su consumo dentro de la dieta humana (Huang, Chen, & Wang, 2007). A pesar de su relevancia nutricional, la malanga no ha recibido suficiente atención en la literatura para mejorar su potencial, lo que permite un uso generalizado. Según Torres, Durán & Montero, (2013), indican que el tubérculo de malanga es una fuente potencial de almidón.

La micrometría de los gránulos de almidón permite indagar los efectos del procesamiento sobre los gránulos de almidón (Sefa-Dedeh & Agyir-Sackey, 2002) y tipificar algunas de sus propiedades funcionales.

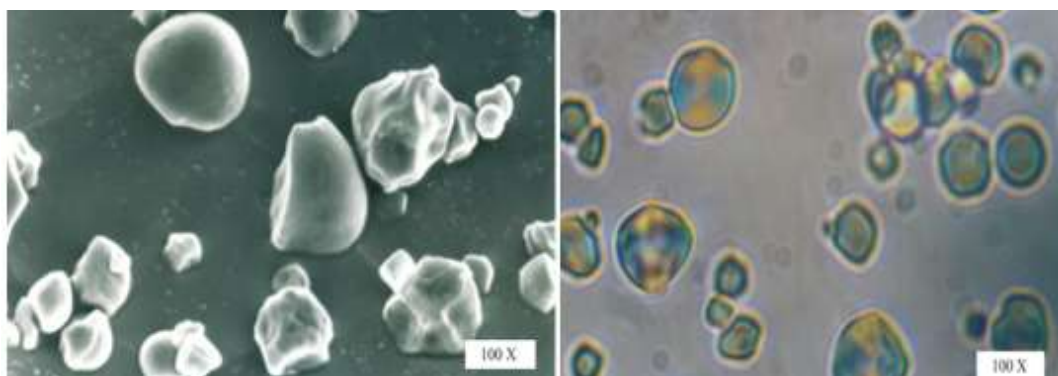


Figura 2. Morfometría de almidones de malanga (*Xanthosoma sagittifolium*) (Palomino & Pérez, 2010)

El tamaño de los gránulos del almidón de malanga varió entre, un 10% para gránulos con un tamaño entre 0,4 y 2,2 mm; 35% para almidón con tamaño de granulo entre 0,4 a 16,2 mm, y un 65 % para gránulos entre 2,2 y 10,4 mm. En la mayoría de los gránulos grandes presentaron forma redondeadas, y forma poliédrica para los gránulos pequeños (Palomino & Pérez, 2010).

El tamaño de los gránulos es funcionalmente importante como criterio de identidad y en la disolución de este durante el proceso de gelatinización, mientras la forma y superficie de éstos son factores críticos cuando se utiliza el almidón como portador de colores en la superficie de saborizantes y condimentos. El tamaño y la distribución de los gránulos del almidón son variables de interés en ciertas aplicaciones, como, por ejemplo, los gránulos pequeños del almidón son adecuados para el acabado de las telas finas y en los cosméticos para la piel. Por otro lado, la utilización de almidón en la elaboración del papel sin carbono exige un almidón de dimensión y uniformidad determinadas, mientras los almidones con distribución bimodal no se podrían utilizar (Palomino, Molina, & Pérez, 2010).

2.2. ACHIRA (*Canna edulis*)

2.2.1. Generalidades de la planta de achira (*Canna edulis*)

La achira es una planta herbácea perenne, perteneciente a la familia *Cannaceae* (Tanaka, 2004), puede alcanzar hasta los 3 metros de altura. Ha recibido clasificaciones como *Canna indica* y como *Canna edulis*, aunque estas denominaciones se los considera sinónimos (Trópicos, 2016).

Esta especie se cultiva altitudes inferiores a los 2700 msnm (Ariza-León, Castro-Cely, & Gómez-Cañon, 2013), en suelos livianos de textura franca o franco- limosa, con una humedad mínima de 500 mm y temperatura ambiente de 14 hasta 26°C, aunque puede soportar épocas de sequía. Esta planta posee hojas anchas, de color verde violáceo, con peciolos cortos que miden entre 80 cm de largo y 25 m de ancho (Maza & Aguirre, 2002).

Para su cultivo se utiliza los rizomas de la cosecha anterior, seleccionando los brotes más vigorosos y así asegurando un rápido crecimiento del cultivo. El tiempo idóneo de cosecha del tubérculo se estable cuando se observa que las hojas empiezan a marchitarse e inclinarse (Rodríguez G. , García, Camacho, & Arias, 2003).

2.2.2. Generalidades del tubérculo de achira

La planta de achira produce un cormo de forma esférica o de trompo que pueden llegar a medir 20 cm de largo por 15 cm de ancho, su corteza se caracteriza por poseer surcos

transversales que marcan las escamas, de su parte inferior salen raicillas. Su conservación en estado fresco (Maza & Aguirre, 2002), debe ser en condiciones de oscuridad para evitar la brotación de estos (Bohórquez, Bonilla, Pérez, Quintero, & Vargas, 2017).



Figura 3. a) Cultivo de achira b) tubérculo o corno de achira

Los rizomas de achira contienen un valor nutritivo muy importante en contenidos de carbohidratos, proteínas y fibras (Barrera, Tapia, & Monteros, 2004).

La achira es una fuente botánica con alto contenido de almidón, el cual es obtenido mediante procesos de la agroindustria, en países como Vietnam y China se usa en el procesamiento de fideos transparentes (Rodríguez G. , García, Camacho, & Arias, 2003), en Colombia y Ecuador se lo utiliza mayoritariamente en la proceso de obtención de productos como almidón, bizcochos y pastelería, además de su exportación a otros países. Esta especie es considerada como suplemento dietético para infantes, ancianos y enfermos debido a las altas cantidades de fibra que posee y aditivo en la industria alimentaria, ya que el almidón exhibe altas cantidades de amilosa. Además, los residuos de esta planta son utilizados en el proceso de extracción de pectinas (Zhang, Wang, Yu, & Wu, 2010).

2.2.3. Almidón de achira

Los rizomas de achira poseen cantidades de almidón desde el 75 %- 80 % según aumenta el contenido de materia seca, después de los 6 meses de cultivo; esto dependerá de otras condiciones como la presencia de nutrientes en el suelo, condiciones climáticas, etc (Gallant, y otros, 1982).

Los gránulos de almidón de achira son relativamente grandes, presentando tamaños desde 60 – 145 μm (Gallant, y otros, 1982). Los gránulos de almidón tienden a aumentar su

tamaño mientras transcurre el proceso de maduración y toman una forma más ovalada (Puncha-arnon, Puttanlek, Rungsardthong, Pathipanawat, & Uttapad, 2007).

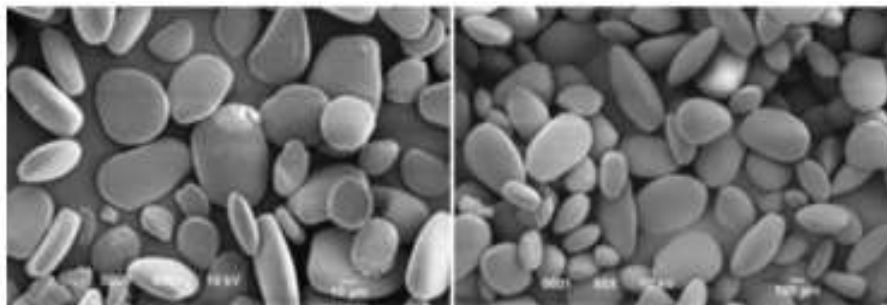


Figura 4. Morfometría de almidones de achira (*Canna edulis*) (Andrade-Mahecha, Tapia-Blacido, & Menegalli, 2012)

Debido a su gran tamaño los gránulos suelen sedimentar rápidamente cuando se encuentran en una solución acuosa, su tamaño además permite que pueda ser aislado fácilmente durante el proceso de extracción de almidón (National Research Council, 1989). La relación del contenido amilosa- amilopectina oscila entre 13,8 – 86,2 respectivamente (Pérez & Lares, 2005), esto podría verse influenciada por altas temperaturas de crecimiento del cultivo, ya que estudios han demostrado que altas temperaturas disminuyen el contenido de amilosa (Matsue, Sato, Uchimura, & Ogata, 2002). El almidón de achira es usado principalmente en la preparación de fideos, bizcochos y otros productos de panadería.

2.3. PROCESOS TÉRMICOS PRODUCIDOS EN EL ALMIDÓN

2.3.1. Gelatinización del almidón

La gelatinización del almidón ocurre cuando este es sometido a temperaturas de calentamiento, esto varía dependiendo de la fuente botánica de extracción. Este proceso consiste en que el almidón al encontrarse en un medio acuoso, las moléculas vibran rompiendo los puentes de hidrógeno intermoleculares permitiendo que el agua penetra por las regiones amorfas de los gránulos de almidón, y estos al ser tratados con calentamiento empiezan a hincharse debido a una absorción progresiva e irreversible, luego el agua absorbida se liga a las cadenas del almidón desde la superficie de los cristales a medida que la temperatura va aumentando, la movilidad térmica de las moléculas y la solvatación producida por las fuerzas de hinchamiento provoca una disminución de la cristalinidad por el desenrollado de las dobles hélices, hasta que la estructura granular se fragmenta disminuyendo el número y tamaño de las regiones ordenadas obteniendo una solución-gel (García, 2015). La temperatura de gelatinización

de los gránulos de almidón varía de acuerdo a factores intrínsecos, como el tamaño del gránulo (los gránulos más grandes se hinchan y absorben agua antes que los pequeños), fuente botánica del almidón, relación amilosa- amilopectina, pH de la solución y contenido de sales (Paredez- López, 1994) y 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 (Parker & Ring, Aspects of the physical chemistry of Starch, 2001).

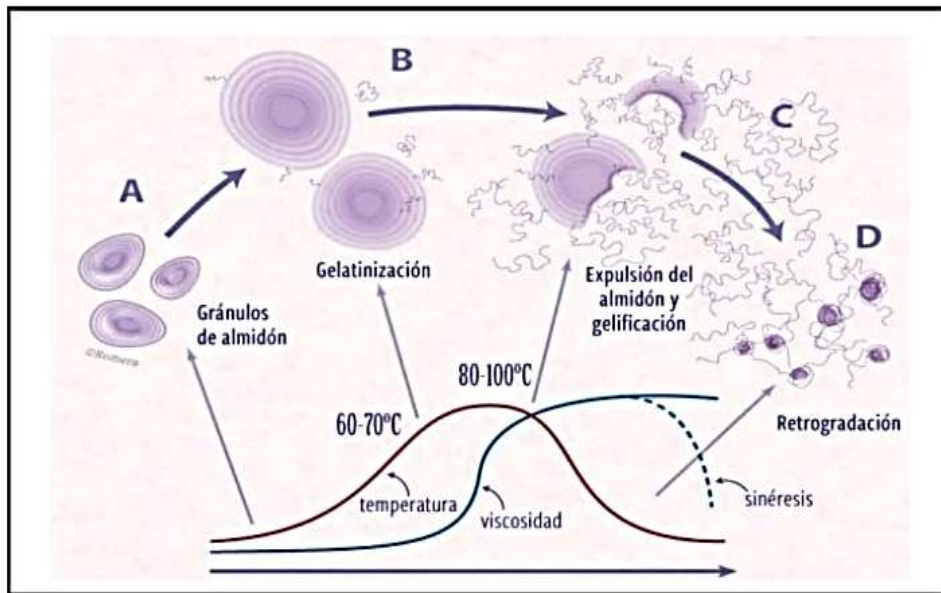


Figura 5. Eventos que ocurren durante el proceso de gelatinización (Romera, 2016)

2.3.2. Retrogradación del almidón

El proceso de retrogradación del almidón describe los cambios que suceden cuando las moléculas de almidón que han sido gelatinizadas empiezan el reordenamiento, y forman una o más estructuras ordenadas; esto quiere decir que, cambian de su estado amorfo a un estado final más cristalino, este proceso es un fenómeno opuesto al conocido como la gelatinización del almidón. La retrogradación es un proceso complejo y depende de factores como: tipo y concentración del almidón en la solución gelatinizada, temperaturas de calentamiento y enfriamiento, pH y composición química del almidón (Cowieson, 2005).

En este proceso se diferencian dos etapas: 1) La gelación de las cadenas de amilosa que son exudadas del gránulo durante la gelatinización 2) La recristalización de la amilopectina (Biliaderis, 1991).

Se ha demostrado que la retrogradación o cristalización de geles de almidón a corto plazo, se atribuye a la gelación y cristalización de la amilosa (Jacobs & Delcour, 1998) y los cambios que ocurren a largo plazo durante el almacenamiento de geles de almidón, a la fracción de amilopectina (Singh, Kaur, & OJ, 2007).

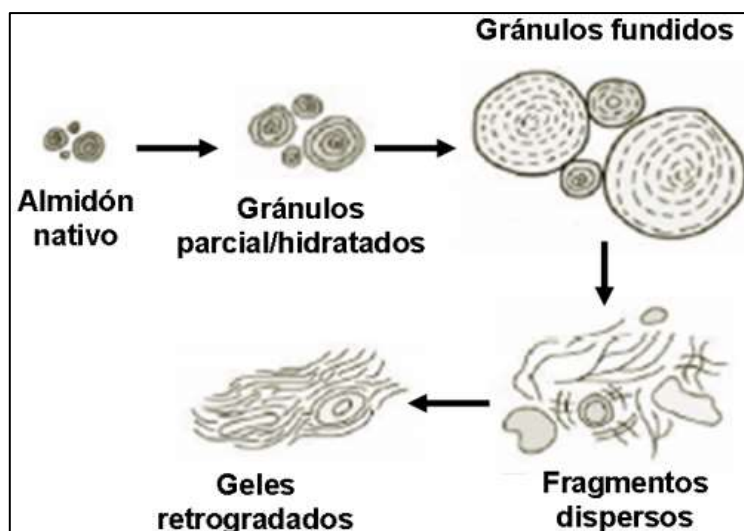


Figura 6. Representación esquemática de los cambios en el almidón durante el calentamiento en exceso de agua (Rooney & Huang, 2001)

2.4. ANÁLISIS TÉRMICOS Y FUNCIONALES

2.4.1. Calorimetría diferencial de barrido

El proceso de gelatinización del almidón es actualmente estudiado usando la metodología de la Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC, por sus siglas en inglés), este método permite el estudio de las transiciones de fase de almidón puro y en sistemas alimentarios complejos, la presencia en el gránulo de almidón de las regiones molecularmente ordenadas, su carácter inestable, y sus interacciones con los componentes alimenticios; esto a través de cambios en flujos de calor durante el calentamiento en un rango de temperatura (BILIADERIS, 1992).

Por medio de DSC es posible evaluar el efecto de la gelatinización y retrogradación del almidón con la cantidad de agua en la solución y cómo influye la velocidad de calentamiento en el proceso de transición (Pineda-Gómez, Coral, Arciniegas, Rorales-Rivera, & Rodríguez- García, 2010).

El propósito de la DSC consiste en registrar la diferencia entre el cambio de entalpía que ocurre en una muestra y un material inerte tomada como referencia cuando estos son sometidos a calentamiento. La muestra y la referencia se calienten independientemente,

y se mide directamente la diferencia en el flujo de calor con la finalidad de mantener la temperatura igual en ambas. Los datos se obtienen como diferencial de calor de entrada en función con la temperatura de calentamiento, y con estos datos se obtienen temperaturas y entalpía del proceso de transición de la reacción, se recomienda lo siguiente para la operación del DSC (LUND, 1983).

1. En la mayoría de los sistemas de equipos DSC se suele utilizar portamuestras de aluminio con capacidades de 10- 20 μL de muestra, para obtener un pico definido y de alta resolución se recomienda que la superficie de contacto entre el recipiente y la muestra sea máxima, para esto la muestra debe ser dispersa en agua.
2. La calibración del instrumento debe ser preferiblemente usando un material de alta pureza, y que su entalpía y punto de fusión sean conocidos, para esto generalmente se usa Indio (punto de fusión: 429,8 K, entalpía de fusión: 28.55 J/g).
3. En un termograma se registra la diferencia de potencia calorífica generada entre la celda de la muestra y la celda de referencia, en función del tiempo y temperatura de barrido (Romero, Tirado, & Dávalos, 2015).

El método de DSC es útil aplicarlo para las siguientes determinaciones (Suriñach, Baro, Bordas, Clavaguera, & Clavaguera-Mora, 1992):

- Medidas de capacidad calorífica aparente (fenómenos de relajación estructural).
- Determinación de temperaturas características de transformación o de transición tales como: transición vítrea, transición ferro-paramagnética, cristalización, transformaciones polimórficas, fusión, ebullición, sublimación, descomposición, isomerización, etc.
- Estabilidad térmica de los materiales.
- Cinética de cristalización de los materiales.

2.4.2 Análisis de viscosidad

El análisis de la viscosidad del almidón es de gran relevancia para determinar la aplicación que se le dé a este como componente de un alimento. La viscosidad máxima es la viscosidad más alta de la pasta durante la gelatinización. La viscosidad de la pasta puede ser usada como un indicador del desempeño del almidón durante la cocción, un valor alto indica que la pasta es apta para alimentos que necesiten cocción y lo contrario cuando se obtienen valores bajos. La viscosidad máxima indica la firmeza de la pasta debido a la gelatinización durante el procesamiento de un alimento. Cuando el almidón, que se encuentra en suspensión, se calienta, los gránulos se expanden. Durante la

gelatinización, la amilosa sale de los gránulos de almidón; por ende, tanto la amilosa como la amilopectina absorben agua y el almidón en suspensión aumenta su viscosidad hasta alcanzar un pico, y, por último, los gránulos tienen una máxima hidratación en su viscosidad máxima (Aini & Purwiyatno, 2010).

La viscosidad de la pasta formada por el almidón aumenta durante el enfriamiento, pues las moléculas de amilosa se reasocian dando origen a la estructura del gel. La viscosidad en frío está influenciada por la relación entre las cadenas de amilosa que forman el gel. La tendencia de la amilosa a la retrogradación durante el enfriamiento también afecta la viscosidad, aumentando (Singh, Kaur, Singh, 2004).

La temperatura de viscosidad máxima es siempre mayor a la temperatura de gelatinización, la viscosidad máxima refleja la habilidad de los gránulos de almidón a hincharse libremente antes de su ruptura a una concentración dada (Cortés, 2015).

El Análisis Rápido de Viscosidad (RVA, por sus siglas en inglés) es actualmente el más utilizado en el análisis de viscosidad. La metodología que emplea este equipo consiste en que la muestra es sometida a un ciclo térmico, para lo cual primero se calienta la muestra a una temperatura máxima, luego la muestra permanece a esa temperatura por un tiempo y después comienza a enfriarse hasta una temperatura mínima donde permanece por un tiempo. Así se logran obtener tres valores de viscosidad, en tres momentos diferentes de calentamiento: la viscosidad pico (PV) es medida en el momento en el que alcanza la máxima temperatura, la viscosidad de pasta caliente (HPV) se mide al final del ciclo de calentamiento y la viscosidad de pasta fría (CPV) se mide al final del ciclo de enfriamiento (Troncoso, 2011).

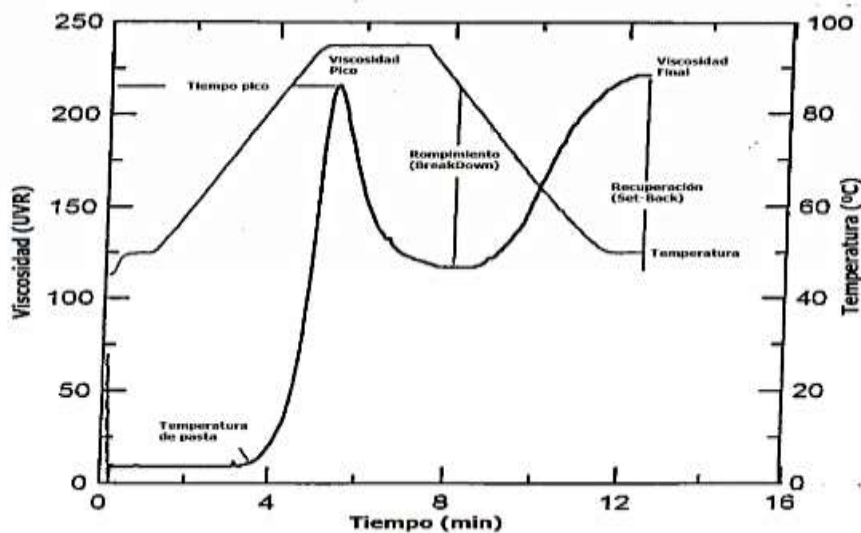


Figura 7. Termograma obtenido con el RVA (Análisis Rápido de Viscosidad) (Troncoso, 2011)

2.4.3. Poder de hinchamiento (PH)

Durante el proceso de gelatinización es posible analizar el poder de hinchamiento de los gránulos, y como resultado de este hinchamiento también se incrementa la solubilidad. Estos aspectos junto con la absorción de agua de los gránulos de almidón están relacionados directamente con la relación amilosa amilopectina que presente el cultivar.

El gránulo de almidón y su tamaño son factores determinantes para su proceso, ya que afecta a la solubilidad (en medio acuoso) y el poder de hinchamiento granular (que facilita la liberación de cadenas poliméricas solubles para la formación de una fase amorfa coherente). El hinchamiento granular y la liberación del material soluble comienza en el hilum del gránulo de almidón y rápidamente se extiende a la periferia (Singh, Singh, Kaur, Singh Sodhi, & Singh Gill, 2003).

El poder de hinchamiento se incrementa con el aumento de la temperatura, ya que a altas temperaturas se sucede una relajación progresiva de las fuerzas de enlace dentro del gránulo, y confirma mayor contenido de amilopectina (Araujo, 2004).

2.4.4. Índice de solubilidad en agua (ISA)

La solubilidad del almidón ocurre a consecuencia del hinchamiento del gránulo de almidón y del incremento de la temperatura. Tanto el poder de hinchamiento como el índice de solubilidad indican el grado de asociación existente (enlaces intragranular) entre los polímeros del almidón (amilosa- amilopectina) (Araujo, 2004).

El incremento de la solubilidad se atribuye al contenido de amilosa, debido a que estas moléculas se solubilizan y salen del gránulo del almidón hinchado (Bou, 2006).

2.4.5. Índice de absorción en agua (IAA)

La capacidad de absorción de agua y la temperatura de gelatinización difieren en cada almidón y esto depende de varios factores antes mencionado. La absorción de agua varía debido a la diferente composición de regiones cristalinas (amilopectina) y amorfas (amilosa) del gránulo de almidón, aquellos almidones que presentan mayor contenido de amilosa se presumen que tienen mayor capacidad de absorber agua (Bou, 2006).

CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Obtención de las materias primas

Los tubérculos de malanga fueron obtenidos de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, en época lluviosa a una altitud de 625 msnm con una temperatura promedio de 21°C y humedad relativa de 87%, y; los rizomas de achira se obtuvieron de la provincia de Loja, época lluviosa a una altitud de 2065 msnm con una temperatura promedio de 16 °C y humedad relativa de 74%, las muestras se tomaron aleatoriamente.

3.2. Extracción del almidón

El almidón nativo de ambas muestras se obtuvo a través el método de molienda húmeda descrita por (Bello, 2010), para lo cual se pesó la muestra, se peló, troceó y sumergió en una solución al 5 % de ácido cítrico para evitar oxidaciones, luego se licuó con agua en una relación 1: 5 (pulpa- agua) en un licuadora marca SKYMSEM modelo LAR-15/25 a 300 rpm, se pasó por un sistema de tamices calibre: 0,841; 0,149 y 0,047 mm y se realizó varias lavadas hasta que el líquido resultante presentará transparencia, se colocó en recipientes y se sedimentó durante 4 horas, después de transcurrido el tiempo de reposo se retiró el agua sobrenadante y el almidón sedimentado se llevó a una estufa marca MEMMERT modelo VN 6400 a una temperatura de 55 °C durante 24 horas.

3.3. Análisis fisicoquímicos de los almidones

A los almidones nativos obtenidos se les realizó los siguientes análisis, siguiendo las metodologías descritas por AOAC.

- Humedad (Método 925.10)
- Cenizas (Método 923.03)
- Proteínas (Método 920.87)
- Grasa cruda (Método 920.85)
- Hidratos de carbono totales por diferencia
- Fibra total (Kit Assay ®)

3.4. Análisis del poder de hinchamiento, índice de solubilidad del almidón e índice de absorción de agua

En una balanza analítica marca AES 200 se pesó 1 g de muestra en base seca en tubos de centrífuga de 50 mL, se añadió 10 mL de agua destilada y se agitó en un vortex marca WISD modelo VM-10 durante 30 segundos a temperatura ambiente y antes de someter a calentamiento a temperaturas de 60, 70, 80 y 90 °C, en un baño de agua durante 30

minutos. Se enfrió los tubos en un baño de agua helada hasta que alcanzó la temperatura ambiente, luego se centrifugó en una centrífuga marca HERMLE modelo Z326 a 12000 rpm durante 30 minutos. El sobrenadante se decantó y se pesó en charolas de aluminio previamente taradas y se secó en una estufa a 105 °C durante toda la noche. Se pesó el gel resultante, el sobrenadante húmedo y sobrenadante seco (peso de solubles).

Indice de Absorción de Agua (IAA) = Peso del gel (g) /Peso muestra

*Indice de solubilidad del almidón (ISA) = Peso de solubles (g)/Peso muestra * 100*

Poder de hinchamiento (PH) = Peso de gel (g)/ (Peso muestra – Peso solubles)

3.5. Determinación de temperaturas de gelatinización.

Se pesó 2 mg base seca de cada muestra de almidón nativo en un portamuestras de aluminio y se preparó una solución al 20 % de sólidos, añadiendo agua con una micropipeta, se selló el portamuestras y se aplicó calorimetría en un equipo DSC Marca TA Instrument modelo Q2000 a una velocidad de calentamiento de 5°C/min hasta una temperatura de 100 °C, se usó un portamuestras vacío como referencia, el análisis se realizó por triplicado. A través de las termogramas obtenidos en el equipo, se determinó la temperatura inicial (Ti), temperatura pico (Tp), temperatura final (Tf) y entalpía de gelatinización (ΔH) de cada muestra.

3.6. Análisis de viscosidad de los almidones

El perfil de viscosidad de ambos almidones nativos se determinó mediante el uso de un Analizador de Rápida Viscosidad RVA marca Perten modelo 4500 con un perfil de temperaturas de 50 °C hasta 92°C con un incremento de temperatura de 5°C/min, con una agitación de 160 rpm, manteniendo la temperatura durante 5 minutos y reduciendo al final a 50 °C, se analizó las muestras por triplicado. Para el análisis se pesó 3 g de almidón en base seca y se añadió 25 mL de agua, según las indicaciones del equipo. Los parámetros que se obtuvo en la representación gráfica del RVA son: viscosidad pico (PV) viscosidad máxima que alcanza la muestra durante el proceso de gelatinización del almidón, tiempo pico (tP) y temperatura pico (TP) que son el tiempo y temperatura que se necesita en la muestra hasta alcanzar la viscosidad máxima, viscosidad de pasta caliente (HPV) que representa la viscosidad mínima al llegar a una temperatura de 92°C, viscosidad de pasta fría (CPV) representa la viscosidad final a 50 °C, la rotura (BD, Breakdown) que representa la estabilidad del gránulo después de haber sido gelatinizado y este dato se

calcula como la diferencia entre PV y HPV y la retrogradación (SB, setback) la cual se obtiene por diferencia de CPV y HPV.

3.7. Análisis estadístico

El tratamiento de los datos se realizó a través del programa estadístico SPSS ® versión 21 (SPSS Institute INC. Cary NC). La comprobación de hipótesis mediante ANOVA univariante, y la comparación múltiple de medias de los tratamientos, para establecer la diferencia significativa ($p \leq 0,05$), se realizó por medio de la prueba Pos Hoc de Tukey. Las gráficas se realizaron usando el programa Origin50®.

CAPÍTULO IV RESULTADOS

4.1. Rendimiento de almidón

Se obtuvo un rendimiento de almidón nativo de malanga (*Xanthosoma sagittifolium*) de 60,2% y de almidón nativo de achira (*Candida edulis*) de 72,5%.

4.2. Análisis fisicoquímico de almidones

La composición proximal de los almidones nativos estudiados, se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 1. Composición química proximal del almidón nativo de malanga (*Xanthosoma sagittifolium*) y el almidón nativo de achira (*Canna edulis*)

Composición (%)	AM	AA
Humedad	13,18 ^a ± 0,17	16,57 ^b ± 0,65
Cenizas	0,20 ^a ± 0,012	0,15 ^b ± 0,13
Proteínas	2,05 ^a ± 0,013	0,33 ^b ± 0,07
Grasa	0,13 ^a ± 0,012	0,11 ^a ± 0,02
Carbohidratos	84,45 ^a ± 0,018	82,85 ^b ± 0,83
Fibra total	4,11 ^a ± 0,03	4,54 ^a ± 0,11
Pureza	93,52 ^a ± 0,45	94,88 ^b ± 0,37
Amilosa	35,62 ^a ± 1,72	28,59 ^b ± 1,05
Amilopectina	64,38 ^a ± 2,72	71,41 ^b ± 1,78

AM: almidón de malanga, AA: almidón de achira. Promedio de 3 repeticiones (n=3) ± desviación estándar; * Letras distintas en cada fila indican diferencia significativa (p<0,05).

Se logró obtener porcentajes altos de pureza de los almidones, por lo que se indica que el proceso de extracción de almidón fue eficiente. La composición proximal del almidón de malanga y achira presentan similitudes con los reportados por (Palomino, Molina, & Pérez, 2010) y (Quicaña, 2014) respectivamente.

4.3. Temperatura de gelatinización de los almidones nativos por DSC

El almidón de achira presentó una menor temperatura pico de gelatinización 65,28 °C, ya que el tamaño de sus gránulos es mayor al del almidón de malanga que presentó una temperatura pico de gelatinización de 78,33 °C; sin embargo, mostró mayor valor de entalpía 14,14 J/g, 12,1 J/g para almidón de achira y malanga respectivamente, esta temperatura y entalpía están relacionadas directamente con la relación amilosa-

amilopectina, a mayor concentración de amilosa, mayor es la temperatura de gelatinización y menor es la entalpía requerida.

Tabla 2. Temperaturas de gelatinización del almidón nativo de malanga y achira

Muestra	Ti (°C)	TPG (°C)	Tf (°C)	ΔH (J/g)
AM	76,09 ^a ± 0,21	78,33 ^a ± 0,12	84,72 ^a ± 0,03	12,16 ^a ± 0,31
AA	62,48 ^b ± 0,05	65,28 ^b ± 0,07	73,12 ^b ± 0,18	14,14 ^b ± 0,04

AM: almidón de malanga, AA: almidón de achira, Ti: temperatura inicial, TPG: temperatura pico de gelatinización, Tf: temperatura final, ΔH: entalpía de gelatinización. Promedio de 3 repeticiones (n=3) ± desviación estándar * Letras distintas en cada columna indican diferencia significativa (p<0,05).

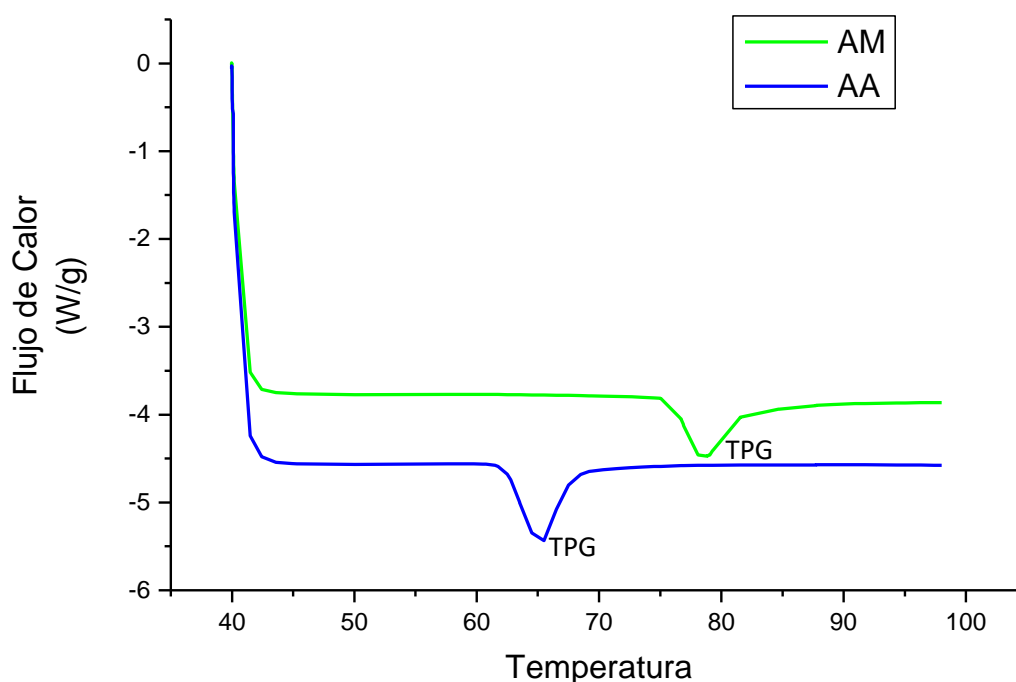


Figura 8. Curvas del comportamiento de gelatinización de los almidones nativos de malanga y achira.

La temperatura de gelatinización del almidón nativo de malanga presentó similitud a la temperatura de gelatinización del makal y sagú (78,4 °C; 74,9 °C respectivamente). Y el almidón nativo de achira presentó similitud con las temperaturas reportadas para el almidón de camote, yuca, avena y cebada (61,3 °C, 65,2 °C, 66,5 °C y 67,3 °C respectivamente) (Hernández-Medina, Torruco-Uco, Chel-Guerrero, & Betancur, 2008) (Jarrillo, Rodríguez, Román, & Guzmán, 2016).

Los almidones que presentan altas temperaturas de gelatinización pueden ser utilizados en productos que serán sometidos a altas temperaturas de procesamiento como enlatados, y los que presentan una menor temperatura de gelatinización pueden ser usados en productos que no requieran altas temperaturas como caramelos, pudines, sopas, etc (Hernández-Medina, Torruco-Uco, Chel-Guerrero, & Betancur, 2008).

De acuerdo con los resultados obtenidos se acepta la hipótesis alternativa (Ha1) donde se indica que si existen diferencias significativas en las propiedades térmicas DSC entre el almidón nativo de malanga y el almidón nativo de achira.

4.4. Análisis de rápida viscosidad (RVA)

Mediante el viscoamilograma, se notaron las diferencias entre los almidones estudiados, el almidón nativo achira presentó una mayor viscosidad pico en un menor tiempo y menor temperatura de calentamiento (3535,5 cP, 3,4 min, 76,45 °C) comparado con el almidón nativo de malanga (2446,5 cP, 4,56 min, 89,4 °C), esto debido a que el almidón de achira tiene gránulos de mayor tamaño, los cuales absorben mayor cantidad de agua y se hinchan rápidamente, además de su baja temperatura de gelatinización.

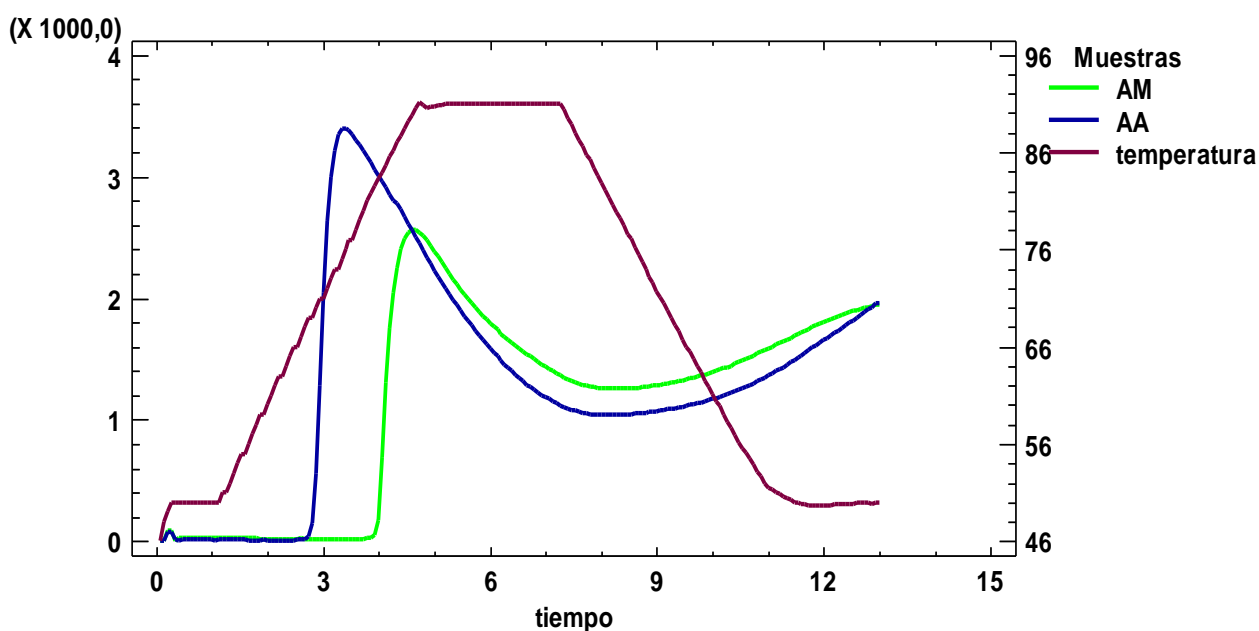


Figura 9. Amilogramas de viscosidad del almidón nativo de malanga (*Xanthosoma sagittifolium*) y del almidón nativo de achira (*Canna edulis*)

El almidón de malanga presentó menor inestabilidad del gel o Breadkdown (1131,5 cP), esta variable evalúa la estabilidad y resistencia de los geles al someterse a cizallamiento

en los variados procesos agroindustriales, entre más bajo sea el valor más estable son los almidones a la fragmentación mecánica (Lucas, Quintero, & Cárdenas, 2013).

Tabla 3. Resultados del RVA de los almidones nativos de malanga y achira

Parámetros	AM	AA
Viscosidad pico (cP)	2446,5 ^a ± 113,34	3535,5 ^b ± 197,28
Tiempo de pico de viscosidad (min)	4,56 ^a ± 0,12	3,4 ^b ± 0,02
Temperatura de pico de viscosidad (°C)	89,4 ^a ± 0,56	76,45 ^b ± 0,07
Viscosidad de pasta caliente (cP)	1315 ^a ± 69,29	1176 ^b ± 80,61
Viscosidad de pasta fría (cP)	1845 ^a ± 104,00	2021 ^b ± 97,58
Breadkdown (cP)	1131,5 ^a ± 32,63	2359,5 ^b ± 86,67
Setback (cP)	530 ^a ± 29,30	845 ^b ± 58,19

AM: almidón nativo de malanga, AA: almidón nativo de achira, Promedio de 3 repeticiones (n=3) ± desviación estándar; * Letras distintas en cada fila indican diferencia significativa (p<0,05).

En el parámetro setback o reorganización que indica la reasociación de los polímeros de almidón solubles y los fragmentos granulares insolubles durante la fase de enfriamiento se asocia a la retrogradación (Álzate, Quintero, & Lucas, 2013). Entre los almidones analizados, el almidón de achira tiende a ser más susceptible a la retrogradación, ya que presentó un mayor valor (845 cP) que el almidón de malanga (530 cP).

Estos cultivares presentaron una viscosidad máxima mayor a la reportada por otras fuentes botánicas: yuca (1116 cP), papa china blanca (1170 cP), papa china morada (975 cP) (Escobar, Dufour, Sanchez, Giraldo, & Dufour), (Torres, Montero, & Durán, 2013).

4.5. Poder de hinchamiento, Índice de solubilidad e Índice de absorción de agua

Los resultados del poder de hinchamiento, índice de solubilidad del almidón e índice de absorción de agua se muestran a continuación.

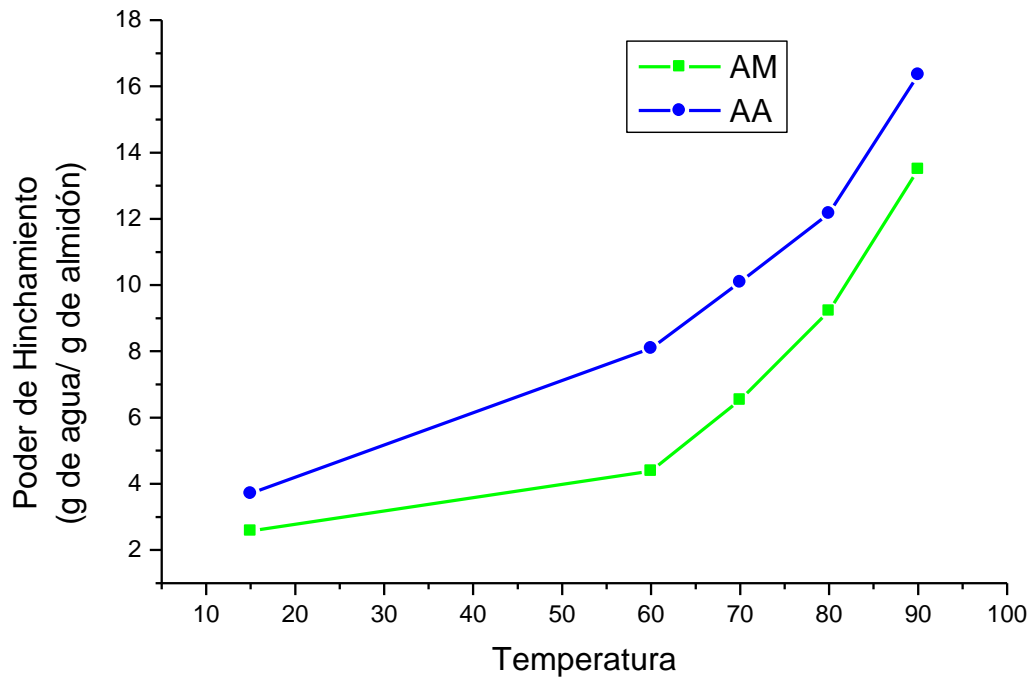


Figura 10. Curva representativa del poder de hinchamiento de los almidones nativos de malanga y achira.

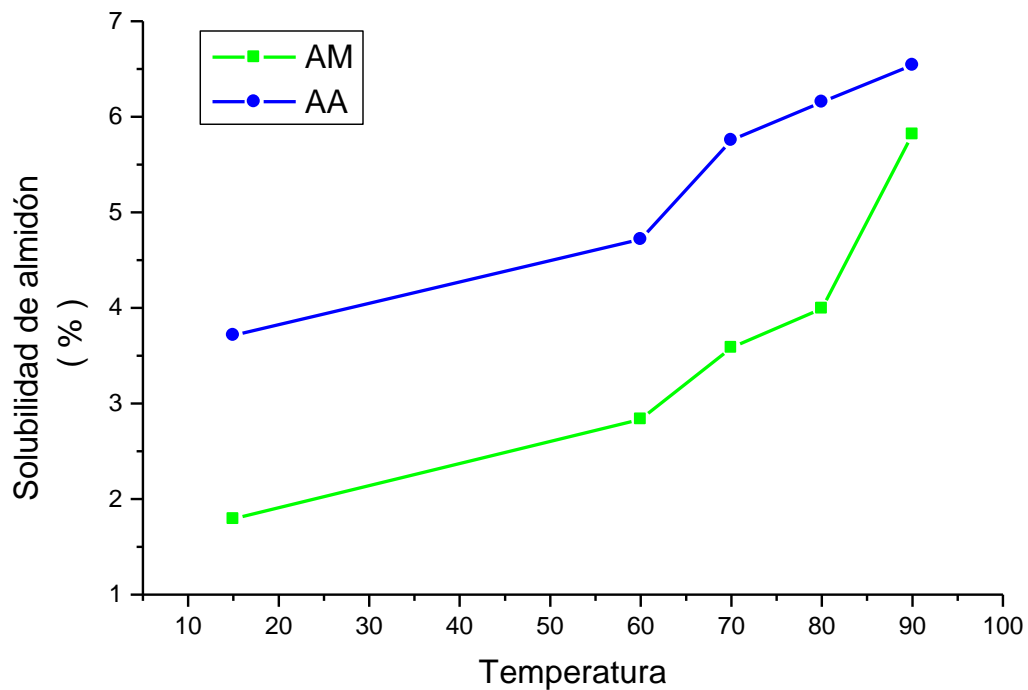


Figura 11. Curva representativa del índice de solubilidad de los almidones nativos de malanga y achira.

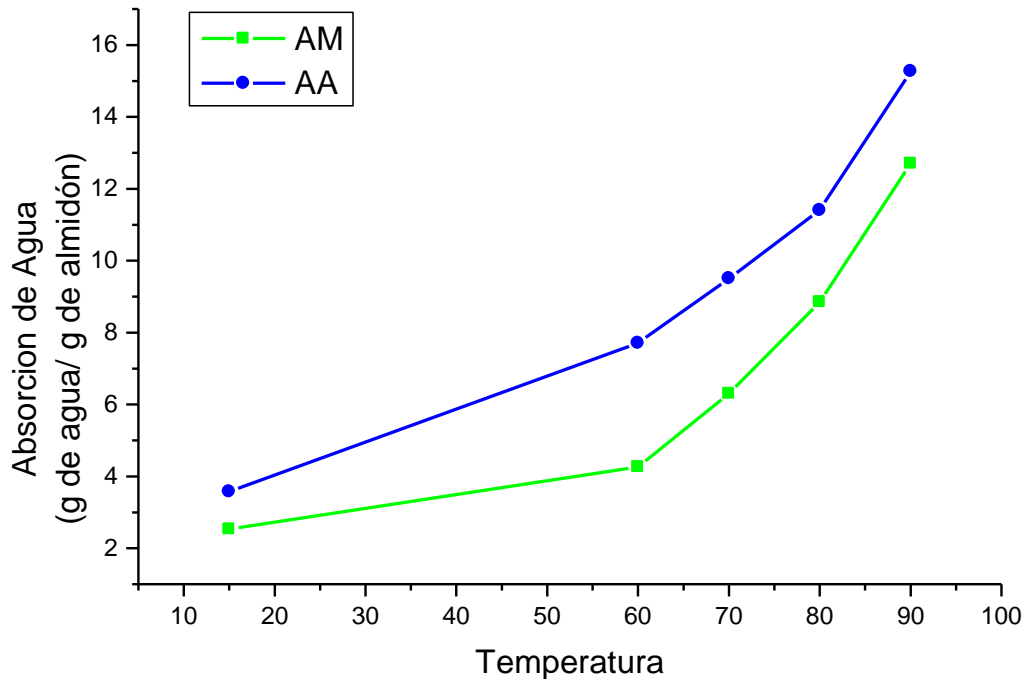


Figura 12. Curva representativa del poder del índice de absorción de agua de los almidones nativos de malanga y achira.

A medida que se aumenta la temperatura se incrementan los valores debido al proceso de gelatinización de almidón, estos se hinchan de hidratan y forman un gel, el almidón de achira presenta mayores valores que el almidón de malanga ya que posee mayor contenido de amilopectina, el cual es el componente que favorece a estas propiedades, siendo la amilosa un inhibidor de estas propiedades.

En la curva de poder de hinchamiento y absorción de agua para la malanga se puede observar un aumento apreciable después de los 70 °C, esto debido a su elevada temperatura de gelatinización.

A la temperatura de 90°C se obtuvo valores de poder de hinchamiento para la malanga de 13,49 (g de agua/ g de almidón) y de 16,35 (g de agua/ g de almidón) para la achira; para absorción de agua se obtuvo valores de 12,70 (g de agua/ g de almidón) para malanga y de 15,27 (g de agua/ g de almidón) para la achira; en el índice de solubilidad del almidón los valores fueron de 3,99 % para malanga y 4,54 % para achira. Estos valores presentan similitud con los reportados por otros autores para poder de hinchamiento 13,69 (g de agua/ g de almidón) para malanga y 15,23 (g de agua/ g de almidón) para achira (Alvira, Chavéz, & Bosques) (Fonseca, Mendez, Velazquez, & Gomez, 2016). Los valores bajos del poder de hinchamiento se relacionan con la baja viscosidad pico del almidón y la

disminución en la ruptura de los gránulos, esto se puede observar en el almidón de malanga, y los gránulos que tienen un alto poder de hinchamiento tienden a tener mayor viscosidad pico, como es el caso del almidón de achira (Ktenioudaki, O'Shea, & Gallagher, 2013).

A partir de los datos obtenidos se acepta la hipótesis alternativa (Ha2) ya que se observó que si existe diferencia significativa entre los valores del poder de hinchamiento entre los almidones estudiados.

CONCLUSIONES

- ❖ Los rizomas de malanga y achira resultaron fuentes atractivas para la extracción de almidón ya que se obtuvieron rendimientos elevados, por lo cual se los puede utilizar como sustitutos de las fuentes convencionales en la industria alimentaria.
- ❖ En cuanto a la composición fisicoquímica, el almidón de malanga presentó mayor contenido de proteínas, y el almidón de achira obtuvo un mayor valor de fibra total, la relación amilosa- amilopectina también presentó diferencias entre los dos almidones.
- ❖ Los almidones que presentan mayor tamaño de sus gránulos, poseen mayor contenido de humedad y menor contenido de proteínas, como el caso de la achira.
- ❖ El almidón de malanga presentó mayor temperatura de gelatinización, sin embargo, el almidón de achira obtuvo una mayor viscosidad máxima, esto debido a que, el almidón de achira sus gránulos son de mayor tamaño, los cuales absorben agua de manera más rápida y a menores temperaturas.
- ❖ Al poseer el almidón nativo de malanga, mayor contenido de amilosa que el almidón nativo de achira, éste presentó una temperatura de gelatinización más elevada, sin embargo, la entalpía de gelatinización, poder de hinchamiento, absorción y solubilidad; y viscosidad máxima presentaron valores inferiores.

RECOMENDACIONES

- ❖ Se recomienda que en estudios posteriores se realicen modificaciones de los almidones, sea de manera química o física, para analizar si existen diferencias en la composición fisicoquímica y sus propiedades térmicas y funcionales, con respecto a los almidones nativos, direccionados a su uso en la elaboración de alimentos procesados, sea como matriz o insumo.

REFERENCIAS

- Aboubakar, N., Njintang, Y., Scher, J., & Mbofung, C. M. (2008). Physicochemical, thermal properties and microstructure of six varieties of taro (*Colocasia esculenta* L. Schott) flours and starches. *Journal of Food Engineering*, 294-305.
- Aguilar, P., & Villalobos, D. (2013). Harinas y almidones de yuca, ñame, camote y ñampí: propiedades funcionales y posibles aplicaciones en la industria alimentaria. *Tecnología en Marcha*, 37-45.
- Aini, N., & Purwiyatno, H. (2010). Gelatinization properties of white maize starch from three varieties of corn subject to oxidized and acetylated- oxidized modification. *International Food Research Journal*, 961- 968.
- Alvira, L., Chavéz, R., & Bosques, A. (s.f.). CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN DEL CORMO DE LA YAUTÍA (*Xanthosoma* spp.) DEL CULTIVAR NAZARENO. *Food Science and Technology* .
- Álzate, E., Quintero, V., & Lucas, J. (2013). DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES TÉRMICAS Y COMPOSICIONALES DE LA HARINA Y ALMIDÓN DE CHACHAFRUTO (*Erytina Edulis* Triana Ex Micheli). *TEMAS AGRARIOS* , 21 - 35.
- Andrade-Mahecha, M., Tapia-Blacido, D., & Menegalli, F. (2012). Physical–chemical, thermal, and functional properties of achira (*Canna indica* L.) flour and starch from different geographical origin. *Starch Journal*, 348–358.
- Araujo, C. d. (2004). *Caracterización del almidón nativo de Dioscorea bulbifera* L. Obtenido de http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0004%2006222004000200016&script=sci_arttext
- Ariza-León, E., Castro-Cely, A., & Gómez-Cañon, J. (2013). Factibilidad del uso del almidon de achira como agente controlador de filtrado en lodos de perforacion en base agua. *Rev. Ion*, 63-71.
- Barrera, V., Tapia, C., & Monteros, A. (2004). *Raíces y tuberculos andinos: alternativas para la conservacion y uso sostenible en el Ecuador*. Quito- Ecuador: Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).
- Bello, L. S. (2010). Effect of the pearled in the isolation and the morphological, physicochemical and rheological characteristics of barley starch. *Science Direct*.
- Biliaderis, C. (1991). The structure and interactions of starch with food constituents. *Can J Physiol Pharmacol*, 60-78.
- BILIADERIS, C. (1992). Structures and phase transitions of starch in food systems. *Food Technology*, 109-145.
- Bohórquez, Y., Bonilla, M., Pérez, I., Quintero, S., & Vargas, J. (2017). Caracterización y potencial uso de la raíz achira (*Canna Edulis* Ker). *Vía Innova*, 89 - 97.
- Bou, R. L. (2006). Evaluación de harinas y almidones de mapuey (*Dioscorea trifida*), variedades blanco y morado. *Scielo*.
- Cobana, M. A. (2007). Proceso de extracción de almidón de yuca por vía seca. . *Centro de Alimentos y Productos Naturales, Facultad de Ciencias y Tecnología, Unive*, 78-84. .

- Contreras, O. D., & Leon, P. (2018). osmosis. *science direct*, 12-15.
- Cortés, E. (2015). *Caracterización de almidones de ñame (Dioscorea alata), ñampi (Colocasia esculenta), tiquisque (Xanthosoma sagittifolium) y evaluación de su uso potencia como materia prima para la producción de una pasta alimenticia a base de harina de arroz.* Obtenido de Repositorio Universidad de Costa Rica:
<http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/3413/1/38141.pdf>
- Cowieson, A. (2005). Factor that affect the nutritional value of maize for broilers. *Animal Feed Sci Technol*, 293-305.
- Cruz-Ordóñez, M., Palacios-Pola, G., Márquez-Montes, R., & Vela-Gutiérrez, G. (2017). Tecnologías para la Conservación de Cormos de Malanga (*Xanthosoma sagittifolium*). *Aportaciones a las Ciencias Alimentarias*, 81-89.
- Emmanuel-Ikpeme, C. A., Eneji, C. A., & Essiet, U. (2007). Storage stability and sensory evaluation of taro chips fried in palm oil, palm olein oil, groundnut oil, soybean oil and their blends. *Pakistan Journal of Nutrition*, 570-575.
- Escobar, A., Dufour, E., Sanchez, T., Giraldo, A., & Dufour, D. (s.f.). *Evaluación de yuca (Manihot Manihot esculenta esculenta Crantz) de altura para la producción de almidón en Colombia.* Obtenido de Centro Internacional de Agricultura tropical, Cali, Colombia.:
[http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/yuca%20ultimook%20\[Compatibility%20Mode\].pdf](http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/yuca%20ultimook%20[Compatibility%20Mode].pdf)
- Estrada, C., B.-P., L. A., M., C. E., M., J. L., J., Vivar, J. y., & A, M. (2009). Enzymatic production of maltodextrins from Taro (*Colocasia esculenta*) starch. *CyTA-Journal of Food.*, 233-241.
- Falade, O., & Ayetigbo, E. (2015). Effects of annealing, acid hydrolysis and citric acid modifications on physical and functional properties of starches from four yam (*Dioscorea* spp.) cultivars. *Food Hydrocolloids*, 529-539.
- Fonseca, H., Mendez, G., Velazquez, G., & Gomez, C. (2016). Thermal study in the interactions of starches blends: Amaranth and achira. *Food Hydrocolloids*, 640-648.
- Gallant, D., Bewa, H., Buy, Q., Bouchet, B., Szyllit, O., & Sealy, L. (1982). On ultrastructural and nutritional aspects of some tropical tuber starches. *Starch/Sturke*, 255-262.
- García, A. (2015). *OBTENCIÓN DE UN POLÍMERO BIODEGRADABLE A PARTIR DE ALMIDÓN DE MAÍZ.* Obtenido de ESCUELA ESPECIALIZADA EN INGENIERÍA ITCA – FEPADE:
<https://www.itca.edu.sv/wp-content/themes/elaniin-itca/docs/2015-Obtencion-de-un-polimero-biodegradable.pdf>
- Hernández-Medina, M., Torruco-Uco, J., Chel-Guerrero, L., & Betancur, D. (2008). Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*
- Huang, C.-C., Chen, W.-C., & Wang, C.-C.-R. (2007). Comparison of Taiwan paddy- and upland-cultivated taro (*Colocasia esculenta* L.) cultivars for nutritive values. *Food Chemistry*, 250-256.
- Jacobs, H., & Delcour, J. (1998). Hydrothermal modifications of granular starch, with retention of the granular structure. *J Agric Food Chem*, 2985- 2905.

- Jarrillo, G., Rodríguez, M., Román, A., & Guzmán, F. (2016). Evaluación de las propiedades fisicoquímicas de almidones de diferentes cereales . *Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*.
- José E. Poot-Matu, D. C. (2002). RESCATE E IDENTIFICACIÓN DE RAÍCES Y TUBÉRCULOS TROPICALES SUBEXPLORADOS DEL ESTADO DE TABASCO, MÉXICO. *Etnobiología*.
- Kaushal, P., Kumar, V., & Sharma, H. K. (2013). Utilization of taro (*Colocasia esculenta*): A review. *Journal of Food Science and Technology*.
- Ktenioudaki, A., O'Shea, N., & Gallagher, E. (2013). Rheological properties of wheat dough supplemented with functional by products of food processing: Brewer's spent grain and apple pomace. *Journal of Food Engineering*, 362-368.
- Liu, Q., Lu, X., & Yada, R. (2005). The effect of various potato cultivars at different times during growth on starch content determined by DSC. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 13-18.
- López, M., Vásquez, M., & López, R. (1995). *Raíces y tubérculos*. La Habana: Pueblo y Educación.
- Lucas, J., Quintero, C., & Cárdenas, V. (2013). Caracterización de harina y almidón obtenidos a partir de plátano guineo AAAea (*Musa sapientum* L.). *Acta Agron.*, 83-96.
- LUND, D. (1983). Applications of differential scanning calorimetry in foods. En: Physical properties of foods. *Edit. M. Pelleg y L. Baglye*, 125-155.
- Martin, F., Velasco, A., & Quezada, A. (2011). Investigación en las variedades agro productivas en el programa de extensiones de la malanga (papa china y pelma), correspondiente a las cosechas de las siembras realizadas del 2009 al 2011, Provincia de Morona Santiago, cantón Huamboya, Ecuador.
- Matsue, Y., Sato, H., Uchimura, Y., & Ogata, T. (2002). Influence of environmental temperature during the ripening period of the amylase content and whiteness of low amylose rice. *Japanese Journal Of Croops Sciences*, 463- 468.
- Maza, B., & Aguirre, Z. (2002). *DIVERSIDAD DE TUBÉRCULOS ANDINOS EN EL ECUADOR*. Obtenido de Fundación Ecuatoriana para la Investigación y el Desarrollo de la Botánica: <http://www.joethejuggler.com/Funbotanica/Boletin10.html#articulos>
- Mazariegos, A. Á. (2017). CULTIVO DE MALANGA (*Colocasia esculenta* Schott) EN TUXTLA CHICO, CHIAPAS, MÉXICO. *AGROPRODUCTIVIDAD*, 75-80.
- MCC, (. C. (2004). Cultivo de malanga coco. 15.
- Miyazaki, M., Van Hung, P., Maeda, T., & Morita, N. (2006). Recent advances in application of modified starches for breadmaking. *Trends in Food Science & Technology*, 591-599.
- Morales, V., & Santacruz, S. (2017). Uso de Películas Comestibles a Base de Carboximetilcelulosa y Goma Xantana para la Disminución de Absorción de Grasa de Malanga Frita (*Xanthosoma Sagittifolium*). *Revista Politécnica*.
- National Research Council. (1989). Lost crops of the Incas: Little-known Plants of the Andes with Promise for Worldwide Cultivation. *National Academy press. Washington D.C.*

- Niba, L. (2003). The relevance of biotechnology in the development of functional foods for improved nutritional and health quality in developing countries. . *African Journal of Biotechnology*, 631-635.
- Pacheco, E., & Techeira, N. (2009). Propiedades químicas y funcionales del almidón nativo y modificado de ñame (*Dioscorea, alata*). *Revista Interciencia*, 280- 285.
- Palomino, C., & Pérez, E. (2010). Physical and chemical characterization of flour and starches of tubers of *Colocasia esculenta* (L.) Schott and *Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott. *Revista de la Facultad de Agronomía*.
- Palomino, C., Molina, Y., & Pérez, E. (2010). Atributos físicos y composición química de harinas y almidones de los tubérculos de *Colocasia esculenta* (L.) Schott y *Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott. *Rev. Fac. Agron.*, 58-66.
- Paredes- López, O. (1994). *Amaranth Biology, Chemistry, and Technology*. CRC. Press. *Irupuato*, 107-124. .
- Parker, R., & Ring, S. (2001). Aspect of the physical chemistry of starch. *Journal Of Cereal Science*, 1-17.
- Pérez, E., & Lares, M. (2005). Chemical composition, mineral profile and functional properties of canna (*Canna edulis*) and arrowroot (*Maranta spp.*) starches. *Plant foods for human nutrition*, 113-116.
- Perneel, M. T. (2006). Intraspecific variability of *Pythium myriotylum* isolated from cocoyam and other host crops. *Mycological Research*, 583-593.
- Pineda-Gómez, P., Coral, D., Arciniegas, M., Rorales- Rivera, A., & Rodríguez- García, M. (2010). Papel del agua en la gelatinización del almidón de maíz: estudio por calorimetría diferencial de barrido. *Ingeniería y Ciencia*, 129-141.
- Pino, J. (2003). Evaluación nutricional y sensorial de extruidos de maíz (*Zea mays*) y ocumo chino (*Colocasia esculenta*) y su uso en bebidas. *Trabajo de Grado. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela.*, 98.
- Puncha-arnon, S., Puttanlek, C., Rungsardthong, V., Pathipanawat, W., & Uttapad, D. (2007). Changes in physicochemical properties and morphology of canna starches during rizomal development. *Carbohydrate Polymers*, 206-217.
- Quicaña, Z. (2014). Extracción y caracterización del almidón de achira (*Canna edulis*). Obtenido de Repositorio Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga.
- Revista Líderes. (2017). *EE.UU. es el destino de su malanga*. Obtenido de <https://bit.ly/2qiPln6>
- Rodríguez, E., Fernández, A., & Ayala, A. (2005). Reología y textura de masas: aplicaciones en trigo y maíz. *REVISTA INGENIERÍA E INVESTIGACIÓN*, 72-78.
- Rodríguez, G., García, H., Camacho, J., & Arias, F. (2003). El almidón de achira o sagú (*Canna edulis Ker*), manual técnico para su elaboración. Tibaitatá, Colombia. *Corpoica-Pronatta*.
- Romaní, L. (s.f). CALORIMETRÍA Y ANÁLISIS TÉRMICO. *Ensinantes de Ciencias de Galicia ENCIGA*.

- Romera, M. (2016). *Ligando salsas con ciencia (II)*. Obtenido de Carbohidratos. Ciencia, gastronomía e ilustraciones: <https://ilustracionmedica.wordpress.com/2016/04/10/ligando-salsas-conciencia-ii-carbohidratos/>
- Romero, V., Tirado, A., & Dávalos, J. (2015). Determinación experimental mediante DSC de las estabilidades térmicas y las capacidades caloríficas: quinua, kiwicha y cañihua. *Cátedra Villareal*.
- Rooney, L., & Huang, D. (2001). Starches for snack foods. *Technomic Publishing Company*, 115-130.
- Sefa-Dedeh, S., & Agyir-Sackey, E. (2002). Chemical composition and the effect of processing on axalate conten of cocoyam *Xanthosoma sagittifolium* and *Colocasia esculenta* cormels. *Food Chemistry*, 479-484.
- Shrestha, A., & Halley, P. (2014). Starch Modification to develop novel starch-biopolymer blends: state of art and perspectives. . *Starch polymers. Elsevier, Amsterdam*, 5105 - 5143.
- Šimkova, D., Lachman, J., Hamouz, K., & Vokal, B. (2013). Effect of cultivar, location and year on total starch, amylose, phosphorus content and starch grain size of high starch potato cultivars for food and industrial processing. *Food Chemistry*, 3872-3880.
- Singh, J., Kaur, L., & OJ, M. (2007). Factors influencing the physico-chemical, morphological, thermal and rheological properties of some chemically modified starches for food applications. *Food Hydrocolloids*, 1-22.
- Singh, Kaur, Singh. (2004). Effect of acetylation on some properties of corn and potato starches. *Starch/Starke*, 586-601.
- Singh, N., Singh, J., Kaur, L., Singh Sodhi, N., & Singh Gill, B. (2003). "Morphological, termal and rheologycal properties of starches from different botanical sources". *Food Chemistry*,, 2199-231.
- Suriñach, S., Baro, M., Bordas, S., Clavaguera, N., & Clavaguera-Mora, M. (1992). La calorimetría diferencial de barrido y su aplicación a la Ciencia de Materiales. *BOL. SOC. ESP. CERAM. VIDR.*, 11-17.
- Tanaka, N. (2004). The utilization of edible Canna plants in southcastern Asia southern China. *Econ. Bot*, 112-114.
- Techeira, N., Sívoli, L., Perdomo, B., & Ramírez, A. &. (2014). CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA, FUNCIONAL Y NUTRICIONAL DE HARINAS CRUDAS OBTENIDAS A PARTIR DE DIFERENTES VARIEDADES DE YUCA (*Manihot esculenta*Crantz), BATATA (*Ipomoea batatas*Lam) Y ÑAME (*Dioscorea alata*), CULTIVADAS EN VENEZUELA. *Interciencia*.
- Torres, A., Montero, P., & Durán, M. (2013). Propiedades fisicoquímicas, morfológicas y funcionales del almidón de malanga (*Colocasia esculenta*). *Revista Lasallista de Investigación*, 52-61.
- Troncoso, O. P. (2011). *Desarrollo de armazones (scaffolds) biodegradables procesados por microondas para su aplicación en ingeniería de tejidos*. Obtenido de Repositorio

Pontificia Universidad Católica del Perú:
[http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/379/TRONCOSO_O
MAR_DESARROLLO_DE_ARMAZONES_BIODEGRADABLES_PROCESADOS_POR_MICRO
ONDAS.pdf?sequence=2](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/379/TRONCOSO_O
MAR_DESARROLLO_DE_ARMAZONES_BIODEGRADABLES_PROCESADOS_POR_MICRO
ONDAS.pdf?sequence=2)

- Trópicos. (2016). *Missouri: Missouri Botanical Garden*. Obtenido de <http://www.tropicos.org>
- Vargas, P., & Hernández, D. (2013). Harinas y almidones de yuca, ñame, camote y ñampi: propiedades funcionales y posibles aplicaciones en la industria alimentaria. *Tecnología en Marcha*, 37-45.
- Vázquez, L. L. (2013). Evaluación de mezclas de harina de malanga y maíz para elaborar tortillas. *Tabasco, México: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología*.
- Vega, P. (2012). Estudio de la malanga blanca y propuesta gastronómica. *Tesis. Ing. Gastronómico. Quito, EC.*, 108.
- Viloria, H., & Cordova, C. (2008). Sistema de producción de ocumo chino (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) en la parroquia Manuel Renaud del municipio de Antonio Díaz del estado Delta Amacuro, Venezuela. *Revista UDO agrícola*, 98-106.
- Viteri, Q. J. (2009). Estudio de factibilidad para producción de malanga blanca (*Xanthosoma sagittifolium* (L) Schott) en el Cantón Santo Domingo de los Colorados. Provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas.
- Zapata, J., & Velásquez, C. (2013). Estudio de producción y comercialización de la malanga: Estrategias de incentivos para la producción en el país y consumo en la ciudad de Guayaquil. *Tesis. Master. Administración de empresa. Guayaquil, EC*, 11.
- Zeledón, M. (2006). Organogénesis directa y embriogénesis indirecta en el cultivo in vitro de quequisque (*Xanthosoma sagittifolium* L. Schott), cultivar blanco. *Managua, Nicaragua. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía. Trabajo de diploma*.
- Zhang, J., Wang, Z., Yu, W., & Wu, J. (2010). Pectins from *Canna edulis* Ker residue and their physicochemical characterization. *Carbohydr Polym.*, 210-216.

ANEXOS



Anexo 1. Recepción de rizomas de malanga (*Xanthosoma sagittifolium*) y achira (*Canna edulis*)



Anexo 2. Proceso de pelado y cortado de los rizomas para la obtención de los almidones



Anexo 3. Proceso de trituración, sedimentación y secado de los almidones



Anexo 4. Proceso de tamizaje y pesado de los almidones de malanga y achira obtenidos



Anexo 5. Preparación de muestras para análisis de solubilidad, absorción y poder de hinchamiento de los almidones estudiados.



Anexo 6. Equipos DSC y RVA usados en el análisis de los almidones