

**CARACTERIZACION FISICOQUIMICA DE LA RAIZ DE
MALANGA (*Colocasia esculenta* (L.) Schott, Araceae),
EXTRACCION DE SU ALMIDON Y COMPARACION
DEL MISMO CON ALMIDONES DE TRIGO Y MAIZ**

**BIBLIOTECA
DE LA
UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA**

Agradecimientos


A Dios, por todas y cada una de las cosas que me ha dado en la vida.

A mis padres, porque gracias a ellos, a su gran apoyo en todo sentido, he podido obtener este logro.

Al Dr. Ricardo Bressani, muy especialmente por su excelente asesoría en este trabajo y por su gran calidad humana.


A mi hermano Roberto, a Rony Pérez y a Patty Monjes, por su valiosa colaboración en la realización del presente trabajo.

Vo. Bo.:

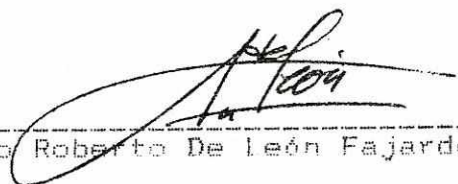
(f) 

Doctor Ricardo Bressani
Asesor


Tribunal:

(f) 

Ingeniero Eduardo Calderón

(f) 

Licenciado Roberto De León Fajardo

(f) 

Doctor Ricardo Bressani

Fecha de aprobación: enero 1995.

INDICE

	página
RESUMEN	xi
I. INTRODUCCION	1
II. ANTECEDENTES	2
A. Descripción de la planta	2
B. Potencial de cultivo	4
C. Composición aproximada de la malanga	7
D. Métodos de extracción de almidón	8
E. Propiedades del almidón de malanga	9
F. Utilización de la harina integral y del almidón	11
III. JUSTIFICACIONES	13
IV. OBJETIVOS	14
A. Generales	14
B. Especificos	14
V. HIPOTESIS	15
VI. METODOLOGIA	16
VII. RESULTADOS	18
VIII. DISCUSION	20

IX. CONCLUSIONES	29
A. Influencia de la presencia de cáscara	29
B. Influencia de la T de agua de lavado	30
C. Comparación con almidón de maíz	30
D. Comparación con almidón de trigo	31
X. RECOMENDACIONES	32
XI. BIBLIOGRAFIA	34
ANEXOS	36
 Materiales y Métodos	37
 Datos teóricos y resultados experimentales	47
 Gráficas y Figuras	51

INDICE DE TABLAS

	Página
7.1 Composición de raíz entera	18
7.2 Composición de raíz sin cáscara	18
7.3 Comparación propiedades funcionales del almidón de malanga vrs. almidón de maíz	19
7.4 Comparación propiedades funcionales del almidón de malanga vrs. almidón de trigo	19
7.5 Características del almidón de malanga extraído con método agua a 70°C	47
7.6 Características del almidón de malanga extraído con método agua a T ambiente	47
7.7 Propiedades funcionales almidón de malanga extraído con método agua a 70°C	48
7.8 Propiedades funcionales almidón de malanga extraído con método agua a T ambiente	48
7.9 Viscosidad de soluciones de almidón de malanga extraído con método agua a 70°C	49
7.10 Viscosidad de soluciones de almidón de malanga extraído con método agua a T ambiente	49

7.11	Características teóricas del almidón de malanga	50
7.12	Propiedades funcionales almidón de trigo	50
7.13	Propiedades funcionales almidón de maíz	
	comparándolos con almidón de maíz	50

INDICE DE GRAFICAS Y FIGURAS

	Página
2.1 Malanga, figura de la planta	54
2.2 Malanga, la planta y su tubérculo	55
3.1 Comportamiento de la viscosidad de soluciones acuosas de almidón de raíz de malanga al variar T	51
3.2 Comportamiento de la viscosidad de soluciones acuosas de almidón de trigo al variar T	52
3.3 Comportamiento de la viscosidad de soluciones acuosas de almidón de maíz al variar T	53
6.1 Esquema del método de extracción de almidón	56

RESUMEN

El presente trabajo de tesis es un estudio del almidón extraído del tubérculo de la planta *Colocasia esculenta*, llamada comúnmente malanga, que crece en regiones diversas del país como Alta Verapaz, Escuintla e Izabal.

Se hicieron extracciones de almidón utilizando un método similar al usado en la extracción del almidón de yuca, el cual consiste en triturar el tubérculo, remojarlo para que libere el almidón en una suspensión acuosa, centrifugar dicha suspensión para obtener una pasta húmeda de la que finalmente se obtiene almidón, después de ser sometida a un proceso de secado y molienda. Luego se compararon las propiedades funcionales y características del almidón obtenido con almidón de maíz y almidón de trigo.

Las extracciones se efectuaron al utilizar raíz entera y raíz sin cáscara, así como agua de lavado a 70°C y a temperatura ambiente para extraer el almidón según el método anteriormente descrito.

En cuanto a las propiedades funcionales del almidón del tubérculo de malanga, se encontró que es inferior en solubilidad, formación de espuma y contenido proteico, superior en capacidad de absorción de agua y grasa y similar en el comportamiento de la viscosidad, si se le compara con almidón de trigo. Mientras que si se le compara con almidón de maíz, es superior en cuanto a formación y estabilidad de espuma y capacidad de absorción de agua y de grasa. También es similar en cuanto a comportamiento de la viscosidad al variar la temperatura.

Aunque inferior al almidón de trigo en cuanto a contenido proteico, la utilización del almidón de malanga en formulaciones alimenticias puede aumentarse con la incorporación de suplementos de proteína, mejorando así, tanto su valor nutritivo como sus propiedades funcionales.

I. INTRODUCCION

El almidón juega un papel muy importante en la elaboración de una gran variedad de productos en la industria; actualmente, las fuentes de almidón más explotadas son maíz, trigo y sorgo, aunque las dos últimas en mucho menor escala que la primera y debido a ésto, muchos productos han sido formulados de acuerdo a las propiedades del almidón de maíz. Otra fuente importante de almidón se encuentra en algunos tubérculos, entre los cuales pueden mencionarse la papa y la yuca.

La malanga cuyo nombre científico es *Colocasia esculenta*, llamada también Taro, Dasheen, Cocoyam, Oreja de elefante, etc., tiene raíces tuberculosas que son ricas en almidón; sin embargo sólo en lugares como Las Filipinas, Hawaii y otras islas del Océano Pacífico, es una cosecha comercial.

En Guatemala se han establecido, por lo menos, dos plantas agroindustriales para extraer el almidón del maíz. Sin embargo, el maíz es un producto agrícola de alto consumo por parte de la población, estableciéndose una competencia entre el hombre y la agroindustria. Por lo tanto, con base en múltiples usos del almidón, es de suma trascendencia disponer de otras fuentes de alto potencial, entre las cuales está el tubérculo la malanga.

En el presente trabajo se efectuaron pruebas sobre la extracción de almidón de la raíz de malanga, para evaluar el rendimiento del mismo, así como sus propiedades funcionales, comparándolas con almidón de maíz y almidón de trigo, los cuales son fuentes usuales de almidón.

II. ANTECEDENTES

A. Descripción de la Planta

La malanga es una planta que pertenece a la familia Araceae. Sus hojas, en forma de saeta, son de tamaño bastante grande, con las venas marcadas, sobre todo la vena central, los tallos son carnosos y de textura lisa. La raíz de la planta consta de un tubérculo central, que puede pesar hasta 12 kilos, a veces rodeado de 6 hasta 20 pequeños tubérculos circulares, que al igual que el tubérculo principal son comestibles. La coloración de la carne del tubérculo va de un rosado muy pálido a blanco y está recubierto por una corteza delgada de color café que guarda la humedad de la raíz, como se muestra en la figura 2.2 de los anexos.

El nombre científico de la malanga es *Colocasia esculenta*. Es una planta terrestre con raíces tuberosas o rizomas. Las hojas, generalmente muy grandes, son peltadas, ovado-acorazonadas, con los lóbulos posteriores redondeados. La espata que sostiene a la inflorescencia (epádice) es de color amarillo (17).

El tubo de la espata varía desde un quinto hasta un medio de la longitud de la hoja, tiene forma ovoide u oblonga, convoluta, es persistente y creciente en el fruto, la epádice es más corta que la espata, la sección de flores pistiladas es corta, la sección de las flores estaminadas estériles es corta y angosta, la parte con estambres fértiles es larga y delgada; el ápice corto de la epádice es estéril; las flores son unisexuales, desnudas; las flores masculinas tienen de 3 a 6 estambres, éstas se unen para formar un sinadrio obpiramidal dilatado, subtruncado e irregularmente polígono en el ápice; las

células de las anteras son lineales u oblongo lineales, abiertas por una hendidura en el ápice; las flores femeninas tienen de 3 a 4 pistilos, el ovario es ovoide u oblongo, de una célula; los óvulos son numerosos; el estigma es sesil, redondeado, deprimido y tiene de 3 a 5 surcos poco profundos; los frutos son bayas obcónicas oblongas, de color verdoso, con muchas semillas; las semillas son oblongas, con abundante endosperma (7).

El tubérculo de la malanga contiene abundante almidón, poca proteína y grasas, contiene también minerales como calcio y fósforo, vitamina A y B en los rizomas. Proteínas, calcio y fósforo, hierro, potasio, vitamina A, B y C se encuentran en las hojas (18).

Se encuentra naturalizada en Guatemala en lugares húmedos, sobre todo en la Costa Norte y en Alta Verapaz (17).

Es plantada en varias regiones de Guatemala con fines ornamentales y ocasionalmente en las tierras bajas con fines alimenticios. Es nativa de las Indias Occidentales, pero ahora es cultivada generalmente en regiones tropicales y subtropicales (7).

Se conocen siete especies de Colocasia, todas nativas de Asia Tropical. La variedad ornamental de éstas especies no es especialmente común en jardines Centroamericanos, pero se le ve de vez en cuando. En los Estados Unidos de América, ésta forma se conoce con el nombre de "oreja de elefante" o frecuentemente como "caladium", éste último nombre se le da debido a que la planta se confunde con el género Caladium (7).

La forma plantada debido a sus tubérculos redondeados y comestibles se llama "dasheen" en las regiones de habla inglesa y en las Indias Occidentales "malanga" o "yautía". Los tubérculos son ponzoñosos o por lo menos muy peligrosos si se comen crudos, por lo que deben cocerse durante un tiempo prolongado, preferiblemente con bicarbonato de sodio o algún otro agente que neutralice y destruya los cristales de oxalato de calcio. Cuando se cocina apropiadamente, los tubérculos tienen un buen sabor y son agradables al gusto, con una consistencia un poco grasosa y sabor a nuez. Se han hecho intentos de introducir el dasheen en el área de la Costa del Golfo, en los Estados Unidos, pero no ha tenido éxito. Crece y se reproduce como alimento. El nombre Maya se reporta de Yucatán como "cucutmacal" (7).

B. Potencial de Cultivo

La malanga tiene un potencial particular para regiones pantanosas, así como para regiones costeras y salinificadas; ciertas plantaciones de malanga toleran bien la sal (1).

El cultivo de la malanga se adapta a suelos anegados. Crece rápidamente si los niveles de fertilidad y de agua se mantienen; los tubérculos maduran de 6-18 meses después de haber sido plantados. También puede ser cultivado en áreas secas, si se provee de buena irrigación o si hay lluvia suficiente, una alternativa es abonar el suelo con estiércol para ayudar a mantener la humedad del suelo a un nivel alto.

Los mejores resultados, al cultivarla en seco, se han obtenido en tierra profunda, suelta, bien drenada (1).

Tanto la preparación del suelo, como la cosecha pueden realizarse durante todas las estaciones del año. Un campo puede generalmente tener plantas de malanga en varias etapas de madurez y la persona que cultiva puede también venderlas durante todo el año a medida que van madurando. Después de la cosecha, los tubérculos pueden ser almacenados hasta durante tres meses, según la variedad de malanga de la que se trate (1).

En Las Islas de Hawaii las plantas de malanga tienen un rendimiento alto y rentable; se han producido 2.14 millones de Kg de tubérculos en sólo de 69 hectáreas (4).

Hay ciertos tipos de malanga caracterizados por numerosos tubérculos más pequeños y simétricos, llamados Dasheens, los cuales se cultivan en tierra seca. Tienen altos rendimientos, alto valor nutritivo y superior calidad al almacenarse, por lo que cuentan con un gran potencial no reconocido. Ya sean cultivadas con agua de lluvia o utilizando irrigación, dichos tubérculos maduran más rápidamente que las raíces de malanga cultivadas en terreno cenagoso, pero rinden menos. Crecen mejor en suelos arcillosos, con tierra suelta, que retiene agua. Esta variedad es usualmente plantada al comienzo de la estación lluviosa y si se manejan cuidadosamente, pueden producirse durante todo el año (1).

Existe un gran número de variedades de malanga, por lo que es esencial seleccionar una apropiada para la localidad específica. Para mejores resultados las plantas de malanga requieren condiciones cálidas y húmedas, con temperaturas medias de 21-27°C al día. En la mayoría de áreas templadas o de grandes altitudes, debe haber un período de 6-7 meses sin temperaturas inferiores a 20°C. El control de humedad es

sumamente importante. Las plantas de malanga requieren lluvia bien distribuida a lo largo del año (o irrigación como sustituto) y una estación larga de crecimiento. Si se almacenan, los tubérculos deben mantenerse secos y protegidos para no ser lastimados, ya que esto acelera su descomposición.

Las raíces de malanga pueden ser almacenadas a 10°C hasta por seis meses. En Egipto, las raíces de malanga se almacenan a 7°C y duran por más de tres meses (1).

Actualmente la producción de malanga no está modernamente mecanizada en su totalidad, sin embargo debido a su utilidad y consumo creciente, es esencial que lo sea. La mecanización, sistemas de manejo de cosechas, y control de cizafia son las necesidades críticas. La mecanización en ambientes pantanosos ofrece a los ingenieros agrónomos un gran reto. Se necesitan urgentemente métodos mecánicos para plantar malanga. El cultivo en cerros es una posibilidad (que también simplifica el control de agua y la cosecha).

La cosecha mecánica es aún más desafiante. Ultimadamente puede ser necesario drenar y secar los campos antes de cosechar mecánicamente. La adaptación de cultivadores de arroz pequeños, impulsados manualmente ha traído algún progreso en la mecanización en Hawaii (4).

El cultivo de malanga puede mecanizarse en sus fases iniciales, utilizando transplantadores de tomate y cavadoras de papa (1).

C. Composición Aproximada de la Malanga

Existen considerables variaciones al comparar datos sobre la composición de la raíz de malanga, reportados en la literatura, debido a que factores como género, especies, medio en que se cultiva, temperatura de crecimiento, humedad, aplicación de fertilizantes, madurez en el momento de la cosecha y condiciones de almacenamiento después de la misma, entre otros, pueden influenciar significativamente la composición de cualquier cultivo industrial (13).

La composición de la malanga puede variar también debido a que una vasta porción del cultivo internacional no se hace bajo estrictas condiciones agronómicas, usualmente es hecho en forma independiente por pequeños productores en áreas relativamente pequeñas (12).

La raíz de malanga cruda es aproximadamente 75 % agua, siendo su mayor componente carbohidrato en la forma de almidón, es relativamente baja en proteína (1.5 %) y grasa (2.0%), al igual que muchos otros tubérculos. Posee una cantidad considerable de fibra (0.8%) y ceniza (1.2%). Como era de esperarse, la cocción de la malanga altera su composición, primeramente reduciendo su composición de humedad, lo que hace aumentar su contenido de carbohidratos (18).

D. Métodos de extracción de almidón

1. Método de extracción de almidón de maíz

El almidón de maíz se extrae del grano a través de un proceso de molienda húmeda que emplea trituración, tamizado y centrifugación para separar el almidón purificado de la fibra, aceite y proteína (15).

El proceso de molienda húmeda comienza con el ablandamiento el grano, remojándolo en una solución ácida diluida. La molienda gruesa parte el grano para remover el germen que contiene aceite. Una molienda más fina separa la fibra del endosperma que es luego centrifugado para separar la proteína menos densa del almidón más denso. El almidón es luego lavado y secado (15).

2. Método casero de extracción de almidón de yuca

En forma casera y artesanal, el almidón de yuca es manufacturado rallando a mano dicho tubérculo previamente pelado, y machacándolo para extraer los gránulos de almidón. Estos se dejan asentar en agua. El agua es luego decantada y el almidón secado (2).

3. Método de obtención de almidón de tubérculos de malanga utilizado en un estudio en la Universidad de Montana

Los tubérculos se pelan, rodajan y sumergen en una solución de metabisulfito al 0.2% por 24 horas. El agua de remojo se decanta y las piezas se lavan varias veces con agua tibia para remover el material mucilaginoso. Las piezas son luego molidas

en una Licuadora Waring y se pasan por un tamiz de 48 mallas (48 mesh). El residuo se mezcla con agua adicional, nuevamente se licúa y tamiza. El material que pasa a través del tamiz de 48 mallas se pasa luego por un tamiz de 115 mallas y finalmente por uno de 400 mallas. El almidón se remueve asentándolo con una centrifuga de tazón sólido, la capa en la superficie del tazón se remueve con una espátula y el almidón restante se suspende en agua fría y se centrifuga por segunda vez. El almidón se seca con una corriente de aire tibio a 37°C (3).

E. Propiedades del Almidón de Malanga

De Haas y Goering evaluaron el tamaño del gránulo de almidón de doce diferentes variedades de malanga que fueron cultivadas en la misma localidad y cosechadas al mismo tiempo; concluyeron que el gránulo de almidón depende de la variedad. Seis de las doce variedades mostraron un gránulo de almidón pequeño en un rango de tamaño general de 1.5-4.0 μ , mientras que las otras variedades mostraron tamaño mayor en el rango de 2.0-6.6 μ (3).

Dichos autores también reportaron que el almidón de malanga tiene aproximadamente 50% del contenido de amilosa observado en almidones de cereal tradicionales y como éstos, tiene un contenido proporcionalmente más elevado de amilopectina (3).

De Haas y Goering al efectuar sus pruebas, encontraron que los almidones de malanga formaron una pasta más transparente y más fibrosa que las pastas formadas usando almidón de cereales, en este aspecto son similares a la pasta que forma el

almidón de papa. Ellos encontraron que el almidón de malanga difiere ampliamente del almidón de maíz puesto que el de malanga no mostró alta solubilidad ni facilidad de absorción de humedad que el primero presentó, así como también mostró cierta resistencia a la acción reductora de viscosidad de la α -amilasa (3).

J. Fukuba y D. Kinjo realizaron un estudio de comportamiento de almidón de malanga y encontraron que éste es bajo en amilosa (reportaron un contenido entre el 7-10 %) y reportaron que en su forma poligonal, el almidón de malanga tiene un tamaño promedio de 3-4 μ y que comienza a formar una gelatina a una temperatura de 72°C. Los datos de viscosidad del almidón de malanga en dicho estudio, mostraron que la temperatura de gelatinización está cerca de los 78°C y la viscosidad del almidón alcanza su punto más alto a 570 unidades Brabender y que se da un punto de ruptura en 130 unidades (8).

En otro estudio realizado también por japoneses reportó que la malanga fresca contiene aproximadamente 30 % de almidón a razón de una parte de amilosa por siete partes de amilopectina. En base a pruebas realizadas por los investigadores se encontró que el largo de cadena promedio de la porción de amilopectina es de 12, el cual es significativamente más corto que en almidón de otras plantas (11).

Un estudio posterior, realizado también por investigadores japoneses, confirmó que el almidón de la malanga forma gránulos relativamente pequeños (en un rango de 1.4 - 2.0 μ). Estas personas reportaron que la temperatura inicial de gelatinización depende de la variedad, y toma valores en un rango de 63.0° a 73.0°C.

Al utilizar colorimetría diferencial para registrar la temperatura a la que inicia

el proceso de gelatinización, obtuvieron un rango de formación de gel de los 65.0° a 76.0°C. En adición, reportaron que el contenido de amilosa en el almidón de malanga varió de 10.8% a 13.5% y concluyeron que el almidón de malanga exhibe un patrón de tipo A (9).

Los investigadores del estudio mencionado en el párrafo anterior, siguiendo los cambios de desarrollo asociados con almidón de malanga, tomaron muestras de malanga a intervalos de dos semanas. Un mes después de ser plantadas encontraron que la temperatura de gelatinización es influenciada por la madurez del tubérculo, ya que decrece con la edad de la planta.

También encontraron que el tipo de tubérculo, comparando tubérculo madre con tubérculo hijo, influye en el contenido de amilosa; el primero tiene un contenido menor de amilosa (9).

F. Utilización de la Harina Integral y del Almidón

Muchas comidas utilizan raíz de malanga deshidratada como ingrediente. El producto deshidratado está disponible en varias formas incluyendo rebanadas, harina y hojuelas (13).

El harina de malanga ha sido evaluada en diversos estudios como un aditivo para un amplio número de productos horneados, incluyendo pan, pasteles y bizcochos. Hasta un 15% de harina de malanga puede ser incorporada exitosamente en una formulación de pan, 30% en pasteles y 20% en bizcochos (7).

También hay estudios en los que se ha evaluado la manufactura de productos tipo pasta usando harina de malanga sola o complementada con 15% de otra harina o proteína de soya. La calidad comestible de productos que contienen malanga es similar, aunque exhiben diferencias de color y textura al ser comparadas con otros productos comestibles que no utilizan como ingrediente la raíz (12).

III. JUSTIFICACIONES

Puesto que el clima y tipo de suelo tropical, propios del país favorecen el cultivo de malanga, es de suma trascendencia desarrollar un método de extracción del almidón de malanga a nivel industrial, promoviendo así el cultivo de la misma como una fuente alternativa para obtención de almidón.

El poder disponer comercialmente de otro tipo de almidón, promoverá tanto la experimentación como la investigación de la aplicabilidad de dicho material según sus propiedades, en productos que tradicionalmente se fabrican con almidón de maíz o trigo, así como la optimización en su producción; lo que ampliaría el campo actual del conocimiento del almidón de malanga, que hasta ahora no ha sido utilizado comercialmente en Guatemala.

IV. OBJETIVOS

A. Generales

Caracterizar y extraer almidón de tubérculos no convencionales ni utilizados industrialmente en Guatemala.

B. Específicos

1. Establecer el rendimiento potencial de almidón de la malanga.
2. Determinar la composición química y contenido de almidón de la raíz de malanga.
3. Establecer las condiciones de extracción para rendimientos máximos de almidón.
4. Comparar en función de propiedades funcionales, el almidón de malanga con almidón de maíz y trigo.

V. HIPOTESIS

Del tubérculo de la malanga, *Colocasia esculenta*, puede obtenerse almidón con características funcionales similares en relación con el almidón de maíz y almidón de trigo.

VI. METODOLOGIA

Se prepararon harinas de malanga, tanto de raíz entera como de raíz sin cáscara, para la caracterización de las mismas. También se extrajo almidón, de raíz entera y sin cáscara, se le determinaron sus propiedades fisicoquímicas y se compararon con aquellas del almidón de maíz y de almidón de trigo, según los datos para comparación, hallados en la literatura. El trabajo de tipo experimental consistió en tres etapas.

1. Caracterización de la raíz

Consistió en la cuantificación de proteína, grasa, cenizas, humedad, fibra y carbohidratos, de la raíz sin procesar.

2. Extracción del almidón de la raíz

Fue en sí la obtención del almidón de la raíz de malanga, el cual fue utilizado para evaluar sus propiedades funcionales. Ver el esquema de extracción en la figura 6.1 de los anexos.

3. Análisis de pureza del almidón extraído

Consistió en la determinación de humedad, cenizas y proteína del almidón obtenido en la fase anterior.

4. Evaluación de propiedades funcionales del almidón extraído

Consistió en la determinación de la capacidad de absorción de agua y grasa, así como cuantificación del material soluble del almidón de malanga, extraído en la segunda fase, así como observación de los cambios en los valores de viscosidad de soluciones de almidón, al variar la temperatura de las mismas. También se observó la capacidad de formación de espuma de dichas soluciones y la estabilidad de la misma.

VIII. Resultados

Tabla 7.1

Composición de la Raíz entera de Malanga

COMPONENTE	Porcentaje(%)
Humedad	79.88
Ceniza	7.28
Grasa	2.84
Proteína	1.53
Fibra	3.72
Carbohidratos	4.75

Tabla 7.2

Composición de la Raíz de Malanga sin cáscara

COMPONENTE	Porcentaje(%)
Humedad	79.66
Ceniza	7.43
Grasa	1.43
Proteína	1.13
Fibra	3.19
Carbohidratos	7.17

Tabla 7.3

Comparación de las propiedades funcionales del almidón de raíz de Malanga vrs. almidón de Maíz

PROPIEDAD	Valores promedio para almidón de		RESULTADO COMPARATIVO
	Maíz	Malanga	
Capacidad de Absorción de agua	1.05 ml/g	1.56 ml/g	SUPERIOR
Capacidad de Absorción de grasa	0.95 ml/g	1.42 ml/g	SUPERIOR
Formación y estabilidad de espuma	1 ml	5.5 ml/g	SUPERIOR
Variación de la Viscosidad al variar T	(ver tabla 7.13)		SIGUE EL MISMO
			COMPORTAMIENTO

Tabla 7.4

Comparación de las propiedades funcionales del almidón de raíz de Malanga vrs. almidón de Trigo

PROPIEDAD	Valores promedio para almidón de		RESULTADO COMPARATIVO
	Maíz	Malanga	
Capacidad de Absorción de agua	0.68 ml/g	1.56 ml/g	SUPERIOR
Capacidad de Absorción de grasa	0.56 ml/g	1.42 ml/g	SUPERIOR
Formación y estabilidad de espuma	40.17 ml	5.5 ml/g	INFERIOR
Variación de la Viscosidad al variar T	(ver tabla 7.13)		SIGUE EL MISMO
			COMPORTAMIENTO

VIII. DISCUSION

Puesto que cada determinación se hizo tanto para raíz entera como para raíz sin cáscara, se pudieron apreciar las diferencias que surgieron. Las comparaciones realizadas entre la composición de raíz entera y raíz sin cáscara de malanga, presentaron diferencias que, aunque pequeñas, muestran la influencia de la presencia de cáscara en las diferentes determinaciones que se hicieron con las raíces.

Al hacer la determinación de humedad en la raíz, se obtuvo para la raíz entera, un valor mayor al de raíz sin cáscara, debido probablemente, a que la presencia de cáscara en los trozos de raíz, ayuda a conservar mayor cantidad de humedad en ellos, mientras que en los trozos pelados no.

De igual forma, el porcentaje de grasa presente en cierto peso de raíz entera, resultó ser mayor que en uno sin cáscara, lo cual sugiere presencia de grasa en la corteza de la raíz generando así un valor mayor.

En cuanto al contenido protéico, se encontró que éste fue mayor en la raíz entera, que en la raíz sin cáscara, dio un indicio de que la cáscara del tubérculo de malanga contiene proteína, por lo que al estar la cáscara presente en la muestra a analizar, el porcentaje de proteína por peso de raíz aumentó.

Al evaluar el contenido de fibra también se encontró que éste fue mayor en el almidón preparado a partir de raíz con cáscara. Los resultados mostraron que la corteza aporta fibra y generó así un valor mayor en la determinación.

Cada uno de los valores correspondientes a los porcentajes de composición anteriormente indicados de la raíz de malanga, se obtuvo sometiendo porciones de raíz a diversos tratamientos, según la determinación del componente que se deseaba cuantificar, los procedimientos se encuentran detallados en los anexos. Sin embargo, el método que se usó para obtener los valores del porcentaje de carbohidratos presente en la raíz de malanga se calculó por diferencia.

Para obtener dicho valor, se restó del 100% total, la suma de los porcentajes de los componentes restantes como lo son fibra, grasa, ceniza, humedad y proteína. Según el cálculo anteriormente descrito el porcentaje de carbohidratos en la raíz entera es menor que en la raíz sin cáscara, indicando así que en la pulpa se encuentran presentes, en mayor concentración, los carbohidratos.

En general, a pesar de que hubo diferencias entre la composición de la raíz entera y raíz sin cáscara, éstas fueron muy pequeñas, debido a que en sí, el porcentaje en peso de cáscara en la raíz de malanga es bajo.

Así como la presencia de cáscara en la raíz de malanga fue un factor que influyó en la composición de la misma, también fue un factor que influyó en las propiedades funcionales y características observadas en el almidón que se obtuvo, pues se detectaron variaciones entre las características de almidón preparado a partir de raíz entera y aquel preparado a partir de raíz sin cáscara.

Las propiedades funcionales y las características del almidón de malanga, del que se preparó con raíz sin cáscara, fueron comparadas con las propiedades funcionales de almidón de trigo y también con las del almidón de maíz, ambas encontradas en literatura.

Se observaron diferencias marcadas entre las propiedades de los distintos tipos de almidón.

Todas las propiedades funcionales del almidón de malanga evaluadas, difirieron de aquellas correspondientes al almidón de trigo, siendo el almidón de malanga superior en su capacidad de absorción de agua, en contenido de material soluble en agua y capacidad de absorción de grasa, mientras que inferior en su capacidad de formación y estabilidad de espuma. Mientras la variación de la viscosidad con el cambio de temperatura presenta el mismo patrón de comportamiento después de alcanzar la temperatura de gelatinización. El almidón de raíz de malanga también resultó ser inferior al de trigo en contenido de proteína.

Al realizar la evaluación del almidón de raíz de malanga, se hicieron primero las determinaciones de proteína, humedad y ceniza, para luego pasar a la evaluación de las propiedades funcionales del mismo. El almidón de raíz de malanga sin cáscara mostró un porcentaje menor de proteína que el almidón obtenido de raíz entera.

Según los valores obtenidos como resultados, el almidón de malanga preparado con raíz entera tiene un contenido de proteína de 3.6%, menor al 14% reportado para almidón de trigo.

De acuerdo a los datos obtenidos para la cuantificación de ceniza en el almidón obtenido de raíz de malanga, el que se obtuvo a partir de raíz sin cáscara tuvo un porcentaje menor de ceniza que el que fue obtenido de raíz entera, lo cual es debido a que la cáscara al ser incinerada, aporta mayores cantidades de ceniza que un trozo de raíz sin corteza.

Puesto que el producto final, es decir, el almidón de raíz de malanga seco y molido se separó por centrifugación de una suspensión acuosa de almidón, tal como se detalla en el procedimiento de extracción, hubo una cierta cantidad de agua retenida en el almidón. La humedad determinada en el almidón extraído de malanga fue un dato bastante variable, ya que pequeñas diferencias en las condiciones de secado, como lo son el tiempo y la temperatura, así como espesor de la capa de almidón colocada a secar en el horno, influyeron notablemente en la evaporación del agua presente en él.

Sin embargo, se observó que, bajo las mismas condiciones de tiempo y temperatura de secado en el horno con corriente de aire utilizado, los almidones obtenidos a partir de raíz entera presentaron menor contenido de humedad que los almidones obtenidos a partir de raíz sin cáscara. Por lo tanto se plantea que el almidón de raíz con cáscara absorbe menos agua que el almidón preparado a partir de raíz de malanga sin cáscara, además de que forma cierto precipitado gelatinoso difícil de recuperar.

Lo anterior se comprobó al realizar las pruebas de absorción de agua del almidón de malanga. Los almidones preparados de raíz entera mostraron menor capacidad de absorción de agua que los preparados a partir de raíz sin cáscara.

Para observar el comportamiento de la viscosidad del almidón de raíz de malanga, se hicieron suspensiones acuosas de almidón y se fue aumentando gradualmente la temperatura de las mismas utilizando un baño térmico. Se realizaron mediciones de viscosidad, usando un viscosímetro de capilar y burbuja, a cuatro distintas temperaturas, para cada una de las suspensiones hechas con los distintos almidones de raíz de malanga obtenidos.

En el momento de observar el comportamiento de la viscosidad de las soluciones acuosas de almidón de malanga, se taparon los recipientes que contenían dichas soluciones mientras éstas alcanzaban equilibrio térmico con el agua del baño que determinaba la temperatura a la cual se haría la medición.

Lo anterior se hizo con el fin de evitar que a causa del aumento de la temperatura ocurriera evaporación del agua de las suspensiones y ocurriera así un resultado erróneo contrario al obtenido, debido a que si el agua se evaporaba, la solución se hacía más concentrada y por lo tanto más viscosa al aumentar la temperatura.

El punto de gelatinización de las soluciones acuosas de almidón de malanga se encontró cerca de los 76°C , ya que hasta antes de alcanzar esa temperatura, las soluciones acuosas de almidón de malanga disminuyeron su viscosidad, pero después de los 76°C la viscosidad aumentó.

Las suspensiones acuosas del almidón de raíz de malanga disminuyeron su viscosidad al aumentar la temperatura, mientras ésta osciló dentro del rango inferior a la temperatura de gelatinización, pero aumenta al sobrepasarla. Dicho comportamiento lo sigue también el almidón de trigo y de maíz según reportes encontrados en literatura relacionada con el tema.

Otro factor importante que produjo variaciones en las características y propiedades funcionales en el almidón de raíz de malanga es el método de extracción. Como se detalla en la sección de Metodología, se utilizaron y compararon en este estudio, dos métodos para preparar almidón a partir de raíz de malanga, los pasos de los cuales ambos

consisten son básicamente los mismos y la diferencia estriba únicamente en la temperatura de agua que se usa para el lavado de la raíz.

Uno de los métodos utiliza agua a temperatura ambiente para el lavado de la raíz que se usa como materia prima para preparar el almidón, mientras que el otro método, emplea agua de lavado a 70°C.

El que el agua de lavado no esté a temperatura ambiente sino a 70°C implica cambios químicos producidos por reacciones químicas con el agua de hidratación del almidón (reacción de hidrólisis), así como el efecto disolvente de nutrientes solubles en agua.

Tales efectos se confirmaron en los resultados obtenidos al evaluar el contenido de cenizas y proteína en almidones de malanga. Los almidones, de raíz entera y de raíz sin cáscara, obtenidos con el método que utiliza agua caliente para lavar la raíz antes de procesarla, presentaron menores contenidos de ceniza y proteína que los almidones obtenidos con el método que usa agua a temperatura ambiente para el lavado.

El almidón de malanga es, independientemente del método usado para su extracción y de la raíz usada como materia prima para su preparación, poco soluble en agua, ya sea que se haya obtenido con raíz entera o pelada, lavado con agua fría o agua a 70°C.

Durante la cocción que ocurre de la raíz de malanga, antes de procesarla para obtener almidón, en el método que usa agua de lavado a 70°C, ocurre una gelatinización de los carbohidratos y un esponjamiento de la fibra cruda, lo cual puede llevar a un incremento en la capacidad de absorción de agua.

Sin embargo, la temperatura de gelatinización del almidón de malanga está arriba de los 70°C, según datos obtenidos de la literatura los cuales fueron confirmados al observar los resultados obtenidos al realizar pruebas del comportamiento de la viscosidad del almidón de malanga al variar la temperatura.

No se observó una diferencia significativa en la cantidad de agua absorbida por los almidones obtenidos con el método de lavado de la raíz con agua caliente.

De igual forma, el material soluble en agua que se encuentra presente en la raíz de malanga, al utilizar agua de lavado caliente, se pierde, produciendo así un almidón con menores cantidades de material soluble en agua.

El almidón de raíz de malanga sin cáscara, obtenido con el método que utiliza agua de lavado a 70°C presentó un contenido inferior de material soluble en agua, en comparación con el obtenido con agua de lavado a temperatura ambiente. Sin embargo, los almidones preparados con raíz de malanga con cáscara, presentaron en general, menor contenido de material soluble en agua.

Lo anterior indica que la cáscara de la raíz de malanga, hace que el almidón obtenido a partir de la misma, tenga menos material soluble en agua independientemente si el método de extracción fue con agua a 70°C o a temperatura ambiente.

En el aspecto de solubilidad en agua y absorción de la misma, el almidón de malanga difirió marcadamente al ser comparado con almidón de maíz. El primero tiene menor cantidad de material soluble en agua, el almidón de maíz se disuelve completamente en agua, mientras que el almidón de malanga no.

La proteína en el almidón actúa como ligante o absorbente de grasa, la capacidad de absorber grasa es importante en el almidón que se usa en productos alimenticios ya que la grasa es un retenedor de sabores y mejora la sensación de las comidas en la boca.

De acuerdo con lo anterior, si parte de la proteína se destruye al utilizar agua caliente para lavar la raíz de malanga, a partir de la cual se obtiene el almidón, se espera una disminución en la capacidad de absorción de grasa en almidón obtenido con método de agua de lavado caliente.

Sin embargo sólo se observó disminución en la capacidad de absorber grasa utilizar agua caliente de lavado, en almidón preparado a partir de raíz entera. El almidón preparado a partir de raíz sin cáscara, no disminuyó su capacidad de absorción de grasa al usar agua de lavado caliente en el método de extracción.

La capacidad de formar espuma en un almidón está relacionada con la cantidad de proteína presente en el mismo. Eso explica porqué el almidón de trigo, que es rico en contenido protéico, posee mayor capacidad de formar espuma estable al batirlo que el almidón de malanga. El almidón de raíz de malanga, en lo que se refiere a formación y estabilidad de espuma, resultó ser superior al compararlo almidón de maíz. Mientras que al compararlo con almidón de trigo resultó ser inferior.

Durante el contacto del agua caliente con la raíz de malanga, ocurre una desnaturalización de las proteínas presentes en la misma, es esa reducción en el contenido proteico lo que explica que los almidones de malanga obtenidos con método de lavado con agua a 70°C formaron menos espuma que los obtenidos con agua de lavado a temperatura ambiente.

A pesar de que el almidón de raíz de malanga no presente propiedades funcionales similares a las del almidón de maíz y del almidón de trigo, no implica que no pueda tener utilidad alguna en la industria.

El almidón de raíz de malanga, tiene sus características y propiedades funcionales específicas, propias, diferentes a las del almidón de maíz o trigo, por lo que no puede sustituirlos directamente en las formulaciones de productos que se han hecho según la composición y comportamiento de esos almidones.

Sin embargo, por la misma razón de poseer características especiales, deben investigarse sus posibles usos en la industria, basándose precisamente en esas propiedades específicas que presenta; es decir formulando los productos de uso industrial deseados, sean éstos alimenticios o no, teniendo en cuenta la composición y comportamiento del almidón de raíz de malanga.

V. CONCLUSIONES

A. Influencia de la cáscara de la raíz de malanga en las características y propiedades funcionales del almidón obtenido como producto final

1. La raíz entera produce un almidón con características y propiedades funcionales distintas a las del almidón obtenido a partir de raíz sin cáscara, además menores rendimientos.
2. El contenido de proteína del almidón de raíz entera de malanga tiene un porcentaje mayor de proteína que el de raíz sin cáscara.
3. La cantidad de ceniza presente en el almidón obtenido a partir de raíz sin cáscara es menor que en aquel obtenido de raíz de entera.
4. El almidón preparado a partir de raíz sin cáscara absorbe menor cantidad de agua que el de raíz con cáscara.
5. El almidón de raíz de malanga preparado con raíz sin cáscara tiene una capacidad de absorción de grasa inferior, al almidón preparado con raíz entera.

B. Influencia de la temperatura del agua de lavado en el proceso de extracción

1. El almidón lavado con agua a 70°C es superior, en contenido de cenizas y proteína al almidón lavado con agua a temperatura ambiente.

2. La temperatura del agua de lavado usada en el método de extracción de almidón no afectó la capacidad de absorción de agua, por lo que se concluye que la temperatura no influye en esa propiedad funcional.

3. Al utilizar agua de lavado a 70°C, se produce una disminución en el contenido de proteína y cenizas, presentes en el almidón.

C. Comparación con almidón de maíz

1. El almidón de raíz de malanga contiene mayores cantidades de material soluble en agua que el almidón de maíz.

2. El almidón de raíz de malanga es superior al almidón de maíz, en capacidad de absorción de agua y grasa.

3. El almidón de raíz de malanga tiene capacidad superior de formación de espuma y estabilidad de la misma.

D. Comparación con almidón de trigo

1. El almidón de raíz de malanga es inferior al almidón de trigo, en contenido protéico.

2. El almidón de raíz de malanga es superior en capacidad de absorción de agua y grasa.

3. El almidón de raíz de malanga, es inferior al almidón de trigo, en su capacidad de formación de espuma y estabilidad de la misma.

4. El patrón de comportamiento de la viscosidad de suspensiones de almidón de raíz de malanga es similar que siguen las soluciones de almidón de trigo.

5. La hipótesis propuesta para el presente estudio es falsa y que el almidón de raíz de malanga no tiene características ni propiedades funcionales similares al almidón de trigo ni tampoco al almidón de maíz.

VI. RECOMENDACIONES

En consecuencia de las conclusiones obtenidas se hacen las siguientes recomendaciones:

1. Se recomienda utilizar como materia prima para producir almidón de malanga para alimento de animales, raíz con cáscara, si se desea que dicho almidón tenga altos contenidos de proteína y fibra. Al utilizar ese método, se simplifica el proceso de extracción ya que se omite el paso de remover la cáscara.
2. Si el almidón será utilizado en la fabricación de productos alimenticios, el método de lavado con agua a temperatura ambiente y raíz sin cáscara es preferible. Utilizar el agua de lavado a temperatura ambiente en el método de extracción, produce un almidón con mayores contenidos de proteína, además de que no implica utilización de energía para llevar a cabo el calentamiento del agua.
3. Se recomienda utilizar almidón de malanga en formulaciones alimenticias que contengan grandes cantidades de agua o grasa, debido a su alta capacidad de absorción de esos líquidos. El almidón de malanga puede funcionar como un buen agente ligante en ese tipo de formulaciones.
4. Se recomienda incorporar un suplemento protéico al almidón de raíz de malanga, para hacerlo comparable, en este aspecto, al almidón de trigo. Ya que su uso en productos alimenticios procesados está limitado debido a su bajo contenido en proteína, la adición de un suplemento protéico puede ser una solución.

5. Se recomienda utilizar el almidón de raíz de malanga como fuente de almidón para productos alimenticios convencionalmente formulados en base a propiedades de almidón de trigo, siempre y cuando se aumente de alguna forma su contenido protéico; ya que el almidón de raíz de malanga posee un tamaño pequeño en relación a otros almidones, por lo que es fácilmente digestible, sobre todo si se desea para preparar comidas infantiles como papillas.

13. Maga, J. 1992. "Taro Composition and Food Uses", Food Reviews International, 8(3): 443-473.
14. Montgomery, D. 1991. Diseño y Análisis de experimentos. Grupo Editorial Iberoamericana. México.
15. National Starch and Chemical Company, Food Products Division. 1992. Food Starch Technology. U.S.A.
16. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 1984. 14a edición.
17. Póll, E. 1983. "Tubérculos y Rizomas, Malanga". Revista Científica. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. U.S.A.C. Vol. 1, No. 1.
18. Schmeil, O. y A. Seybold, 1958. Lehrbuch der Botanik, Quelle & Meyer, Heidelberg (BTF).
19. USDA AH-8-11, Washington, DC, 1982.
20. Youden, W. 1954. Statistical Methods for Chemists. John Wiley & Sons. U.S.A.

ANEXOS

Materiales y Métodos

1. Caracterización de la raíz
 - a. Determinación de humedad en una hora.
 - b. Determinación de proteína.
 - c. Determinación de grasa.
 - d. Determinación de fibra.
 - e. Determinación de cenizas.
 - f. Determinación de carbohidratos.

Todas las anteriores determinaciones se realizaron siguiendo los métodos estándares que aparecen en el AOAC (16), tanto para raíz sin cáscara, como para raíz entera; puesto que las últimas 5 determinaciones de las listadas arriba, requirieron muestra de raíz seca y molida, se indica a continuación el método que fue utilizado para tal efecto.

Procedimiento empleado para secar y moler las raíces:

Se cortaron rebanadas de raíz tanto con cáscara como sin ella, de aproximadamente 2 mm de espesor con un cuchillo de cocina, y se colocaron en una secadora eléctrica de vegetales, hasta que estuvieron totalmente secas.

Después de secas las rebanadas de raíz, se trituraron con un molino de cuchillas hasta que las partículas atravesaron un tamiz de 20 mallas. Se alimentó la muestra de 20 mallas por segunda vez al molino y se trituró hasta que las partículas atravesaron el tamiz de 40 mallas. Nuevamente se alimentaron esas partículas de almidón al molino y se triruraron hasta que finalmente las partículas atravesaron el tamiz de 60 mallas.

Se obtuvo entonces raíz molida con y sin cáscara, ambas fueron las que se utilizaron para las determinaciones de los diferentes contenidos de humedad, grasa, fibra, proteína, cenizas y carbohidratos posteriormente.

2. Extracción del almidón

- a. De raíz entera, método A y B
- b. De raíz sin cáscara, método A y B

Los procedimientos correspondientes para la extracción del almidón aparecen detallados a continuación:

Método A

Se tomaron 300 gr de raíz (sin cáscara o entera según fuera el caso) y se redujeron de tamaño utilizando un cuchillo de cocina, cortándola en cuadritos. Luego se remojaron éstos por 2 ó 3 minutos en una solución de 0.23 % de metabisulfito de sodio para luego lavarlos con agua a temperatura ambiente. Las piezas se licuaron y tamizaron con un tamiz de 50 mallas. El residuo se mezcló luego con agua, se lavó y tamizó. El material que no pasó por el tamiz de 50 mallas se colectó y pesó, para determinar el residuo.

El material que pasó por el tamiz de 50 mallas se pasó por un tamiz más fino que el anterior, de 120 mallas. El almidón se obtuvo finalmente por centrifugación. Se recolectó cuantitativamente, se secó y luego se pesó para obtener rendimiento.

Método B

Es igual al Método A, excepto que el agua de lavado estaba a una temperatura de 60-70 °C.

3. **Determinación de la pureza del almidón extraído**
 - a. **Determinación de cenizas**
 - b. **Determinación del porcentaje de humedad en una hora**
 - c. **Determinación de proteína**

Los tres métodos utilizados en las determinaciones anteriores fueron los recomendados en el AOAC (16).

4. **Propiedades funcionales del almidón extraído**
 - a. **Capacidad de absorción de agua, y determinación de porcentaje de componentes solubles en agua.**
 - b. **Capacidad de absorción de grasa.**
 - c. **Cambios en la viscosidad al variar temperatura.**
 - d. **Formación y estabilidad de espuma.**

Procedimiento para determinar absorción de agua y porcentaje de componentes solubles en agua:

A una muestra de 0.5 g de almidón se le agregaron 4 ml de agua. La muestra se agitó vigorosamente durante 30 seg en un tubo de centrifuga cónico, de 50 ml. Luego la suspensión se dejará asentar por 10 min, y se centrifugará una vez más por 25 min a 2300 rev/min. Se extraerá con una pipeta graduada, el líquido sobrenadante, se anotará la lectura para obtener el volumen de líquido absorbido por el almidón. Dicho líquido se vertirá en una caja petri previamente pesada, la cual se colocará sobre una estufa con el fin de evaporar el agua, se pesará la caja petri con el material seco restante y la diferencia de los pesos dará los componentes solubles en agua presentes en el almidón (5).

Procedimiento para determinación absorción de grasa:

A una muestra de 0.5 g de almidón colocada en un tubo de centrifuga, cónico de 15 ml, se le añadieron 3 ml de aceite de maíz. Se agitó durante 1 min para dispersar la muestra en el aceite. Después se dejó asentar por un periodo de 30 min, el tubo se centrifugó a 2300 rev/min por 25 min. La grasa absorbida se determinó por la diferencia del volumen de la lectura del aceite agregado con la del volumen extraído con una pipeta graduada después de centrifugar (5).

Procedimiento para observar cambios de viscosidad en soluciones de almidón al variar la temperatura de las mismas:

A una solución 1:4 de almidón en agua se le midió su viscosidad utilizando un

viscosímetro Cannon-Fenske a las siguientes temperaturas: 20°, 40°, 60°, 75°C Y 94°C

Procedimiento para observar la formación y estabilidad de espuma del almidón:

Una solución al 3% de almidón en agua se batió por 6 min a velocidad alta, y se observó el aumento y estabilidad del volumen, vertiéndola en un probeta graduada y anotando las variaciones en el volumen a los 15, 30 y 60 min después de haber sido batida.

Los reactivos y materiales utilizados en la aplicación de los métodos anteriormente descritos fueron:

- Raíces de malanga, Colocasia esculenta
- Metabisulfito de sodio marca Fischer Scientific S-244
- Hidróxido de sodio granulados marca Mallinckrodt, UN1983
- Acido sulfúrico marca Baker Analyzed concentrado al 96.4 %
- Indicador verde de bromocresol, Merck Art. 8121, 001L685321
- Acido bórico granular marca Baker Analyzed, 0084-1
- Eter
- Indicador rojo de metilo
- Isopropanol marca Merck UN No.1219 IMDG-Code 9634
- Etanol marca Merck
- Peróxido de hidrógeno al 30% marca Merck Art. 7210
- aceite de maíz
- almidón de maíz (maicena)

El Equipo necesario para aplicar dichos métodos fue:

- 2 cajas petri marca PYREX
- 12 cajuelas de metal con tapa
- pinzas de metal
- plancha de asbesto
- desecadora marca Kimble 21070-250 de 250 mm de diámetro
- balanza analítica marca Sartorius QQ BAS 004, E-103 licuadora Osterizer
- cuchillo de cocina de acero inoxidable
- espátula analítica de acero inoxidable
- espátula de acero inoxidable No. 6 marca Cross
- tela de manta para filtrar
- horno marca Fischer Scientific Isotemp Oven, modelo 630 G
- mufla marca Thermolyne Sybron Type 48000 Furnace
- horno con aire marca Lab-Line Instruments Inc. Ambi-Hi-Lo Chamber cat. No. 3550
Serial No. 0278
- viscosímetro Cannon- Fenske de 25 ml
- estufa para digerir muestras con proteína, con capacidad de sostener 6 balones micro
Kjeldahl, marca LABCONCO No. serie 60011
- 6 vasos para extracción de grasa marca Labconco
- 6 dedales de vidrio con fondo para extracción de grasa marca Labconco
- 6 dedales de vidrio sin fondo para extracción de grasa marca Labconco
- 4 dedales de yeso para extracción de grasa marca Labconco

- Kimwipes marca Kleenex
- estufa marca Corning Stirrer/Hotplate Type PC-351
- aparato para extracción de grasa marca Labconco No. cat. 3500100, serie No. 203462
- aparato para destilación Kjeldhal marca Labconco AA-UDRK-001, C-205 A
- aparato para determinación de fibra marca Labconco, Mod. 64132
- molino de cuchillas marca General Electric Ser. No. SDJCCW Code M No. 4355
- secadora eléctrica de vegetales marca American Harvest, Snackmaster Dehydrator de cuatro bandejas
- campana extractora del lab. I-206
- centrífuga marca Damon/IEC Division IEC-HN-S Centrifuge QQC001 C-105
- 8 tubos de plástico transparente y fondo redondo de 50 ml para centrífuga
- 8 tubos de vidrio, fondo cónico para centrífuga de 15 ml, marca PYREX
- 8 tubos de plástico, fondo cónico para centrífuga de 50 ml
- balanza para equilibrar porta tubos de centrífuga marca OHAUS Ser. No. 13831 con capacidad de 5lb
- 3 quitasatos de 250 ml marca Pyrex
- 3 mangueras de hule
- 3 embudos buchner de plástico, mm de diámetro
- 6 beakers de 600 ml marca Pyrex sin boquilla No. 1040
- 3 beakers de 1000 ml marca Pyrex No. 1000
- 2 beakers de 50 ml marca Pyrex No. 100
- tamices metálicos de 20, 40 , 60 y 180 mesh marca Soiltest Standard testing sieve,

ASTME E-11 Specification brass frame, mesh material stainless steel, Serie No. 483841

-piseta plástica de 500 cc

-pipeta volumétrica de 25 ml marca Pyrex

-pipeta volumétrica de 20 ml marca Pyrex

-pipeta graduada de vidrio de 10 ml, marca Pyrex

-bureta de 50 ml marca Superior KPG NS 12.5 boquilla 1.5 mm

-guante de asbesto

-8 crisoles marca Coors No. 60108

-9 balones de 50 ml marca Pyrex No. 5924

-4 balones de 1000 ml marca Pyrex No. 5642

-1 bulbo volumétrico

-1 probeta de vidrio de 10 ml marca Kimax No. 20024

-3 balones de 100 ml marca Pyrex. No. 5642

DISEÑO EXPERIMENTAL

1. Unidad experimental

El factor bajo estudio en este trabajo fueron raíces de malanga, *Colocasia esculenta*, todas de una misma especie, misma fecha de plantación y cosecha, mismo lugar de cultivo.

2. Tamaño de la muestra

Se efectuaron diez repeticiones de cada determinación de propiedades funcionales implicadas en el estudio, para poder así tener un promedio que es más confiable que un sólo dato.

3. Análisis estadístico

Los resultados numéricos de los análisis se expresaron como un promedio de los valores obtenidos en las corridas efectuadas en la evaluación de cada una de las propiedades del almidón de raíz de malanga. Luego ese valor promedio fue comparado con los valores promedio, correspondientes a la misma propiedad, que aparecen listados en la literatura para almidones de trigo o maíz según sea el caso.

Para determinar si realmente los valores promedio obtenidos para las propiedades del almidón de raíz de malanga son similares a los valores promedio, listados en la literatura, correspondientes a los otros almidones, se aplicó una prueba t de Student, usando un nivel de confianza del 95%, ya que éste es un procedimiento apropiado para probar

igualdad de 1 media y un valor teórico para una muestra pequeña (menor o igual a 30 datos).

Cada propiedad funcional del almidón extraído fue entonces comparada individualmente con la propiedad correspondiente listada en la literatura para almidón de trigo o almidón de maíz.

También se hicieron comparaciones entre los resultados experimentales obtenidos, para determinar si el método de extracción (lavado frío o caliente) así como la presencia o ausencia de cáscara en la raíz usada para extraer el almidón, influyen en las propiedades del mismo.

**CARACTERISTICAS EXPERIMENTALES DEL ALMIDON EXTRAIDO
DE RAIZ DE MALANGA**

Tabla 7.5
Características del almidón de Malanga extraído
por el método de lavado con agua a T 70oC

Característica	Tipo de almidón	Porcentaje (%) promedio
Proteína	con cáscara	3.5
	sin cáscara	1.28
Ceniza	con cáscara	4.45
	sin cáscara	3.76
Humedad	con cáscara	26.66
	sin cáscara	37.17

Tabla 7.6
Características del almidón de Malanga extraído
por el método de lavado con agua a T ambiente

Característica	Tipo de almidón	Porcentaje (%) promedio
Proteína	con cáscara	3.59
	sin cáscara	1.89
Ceniza	con cáscara	6.06
	sin cáscara	2.93
Humedad	con cáscara	28.11
	sin cáscara	36.45

PROPIEDADES FUNCIONALES DEL ALMIDON DE RAIZ DE MALANGA
RESULTADOS EXPERIMENTALES

Tabla 7.7

Propiedades funcionales del almidón de Malanga obtenido con el método de lavado con agua a 70oC

Propiedad	Tipo de almidón	Valor promedio
Absorción de agua	con cáscara	1.4 ml/gr
	sin cáscara	1.66 ml/gr
Material soluble en agua	con cáscara	0.957 g/g almidón
	sin cáscara	0.960 g/g almidón
Absorción de grasa	con cáscara	1.31 g aceite/g almidón
	sin cáscara	1.58 g aceite/g almidón
Formación de espuma	con cáscara	5.1 ml
	sin cáscara	5.2 ml

Tabla 7.8

Propiedades funcionales del almidón de Malanga obtenido con el método de lavado con agua a T ambiente

Propiedad	Tipo de almidón	Valor promedio
Absorción de agua	con cáscara	1.48 ml/gr
	sin cáscara	1.66 ml/gr
Material soluble en agua	con cáscara	0.959 g/g almidón
	sin cáscara	0.970 g/g almidón
Absorción de grasa	con cáscara	1.48 g aceite/g almidón
	sin cáscara	1.31 g aceite/g almidón
Formación de espuma	con cáscara	5.0 ml
	sin cáscara	4.9 ml

Tabla 7.9
Comportamiento de la viscosidad de soluciones acuosas al 3%
de almidón de raíz de Malanga lavado con agua a 70oC

Tipo de almidón	Viscosidad promedio en Centistokes vrs. T				
	20oC	40oC	60oC	75oC	94oC
con cáscara	1.14	0.99	0.80	0.73	1.15
sin cáscara	1.12	0.99	0.82	0.72	1.15

Tabla 7.10
Comportamiento de la viscosidad de soluciones acuosas al 3%
de almidón de raíz de Malanga lavado con agua a T ambiente

Tipo de almidón	Viscosidad promedio en Centistokes vrs. T				
	20oC	40oC	60oC	75oC	94oC
con cáscara	1.13	0.94	0.83	0.72	1.15
sin cáscara	1.12	0.96	0.81	0.73	1.17

Tabla 7.11

Características teóricas mostradas del almidón de trigo

Característica	Valor promedio (%)
Contenido de Proteína	12.9
Contenido de ceniza	0.68

Tabla 7.12

Propiedades funcionales teóricas del almidón de trigo

Propiedad	Valor promedio
Formación de espuma	40.17 ml
Absorción de agua	0.68 g agua/g almidón trigo
Absorción de grasa	0.56 g aceite/g almidón trigo
Viscosidad	20oC 4.0 cps
	40oC 3.5 cps
	60oC 8.5 cps
	75oC 18 cps
	94oC 114 cps

Tabla 7.13

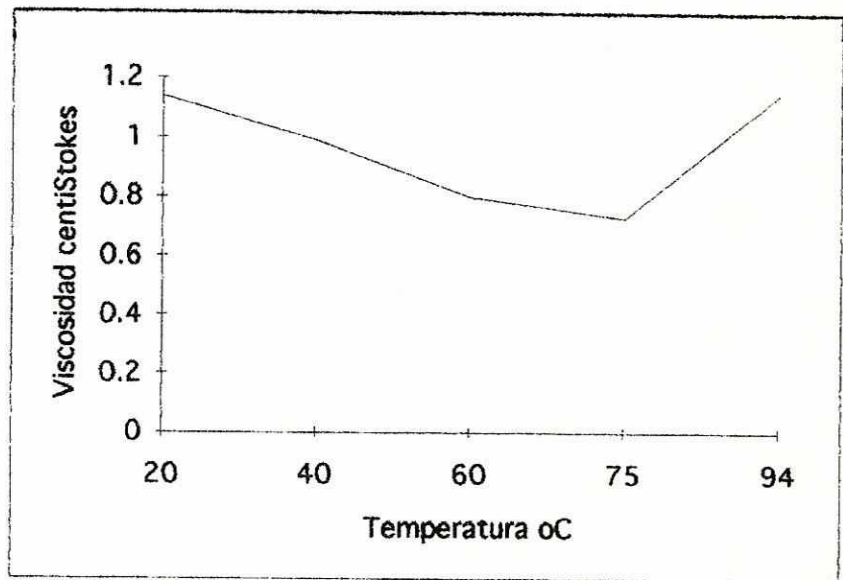
Propiedades funcionales teóricas del almidón de maíz

Propiedad	Valor promedio
Formación de espuma	1.0 ml
Absorción de agua	1.05 g agua/g almidón trigo
Absorción de grasa	0.95 g aceite/g almidón trigo
Viscosidad	20oC 1.13 CSt
	40oC 0.97 CSt
	60oC 0.81 CSt
	75oC 0.83 CSt
	94oC 1.19 CSt

Gráfica 3.1

Viscosidad de soluciones acuosas de almidón de Malanga al 3%
vrs. Temperatura

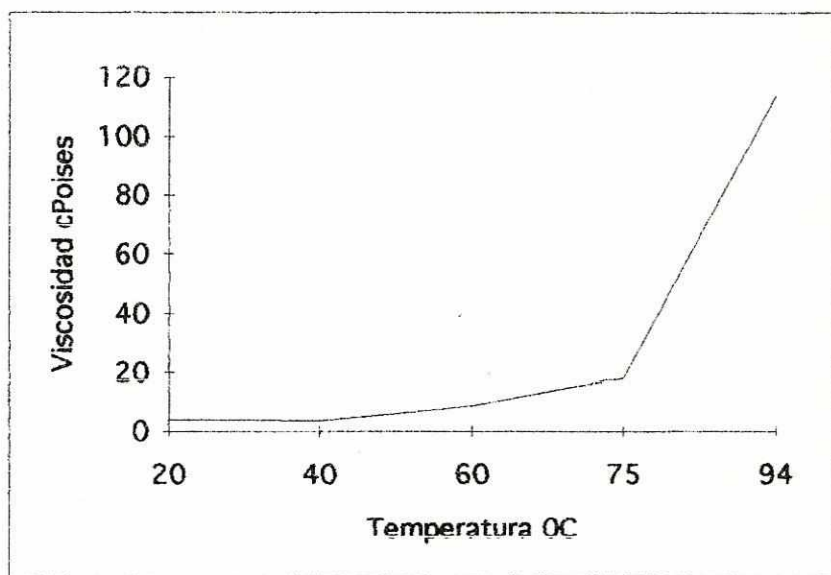
VISCOSIDAD vrs. TEMPERATURA
soluciones almidón de Malanga



Gráfica 3.2

Viscosidad de soluciones acuosas de almidón de Trigo al 3%
vrs. Temperatura

VISCOSIDAD vrs. TEMPERATURA
soluciones almidón de Trigo



Gráfica 3.3

Viscosidad de soluciones acuosas de almidón de Maíz al 3%
vrs. Temperatura

VISCOSIDAD vrs. TEMPERATURA
soluciones almidón de Maíz

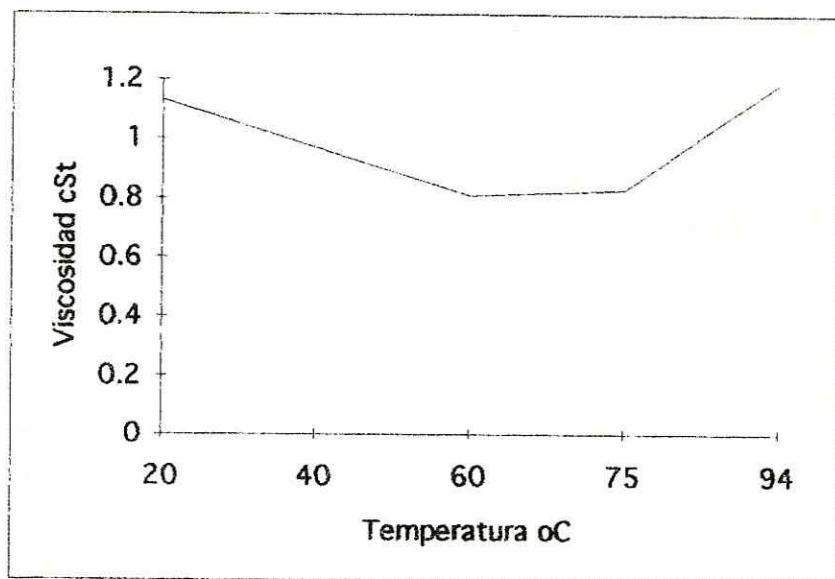
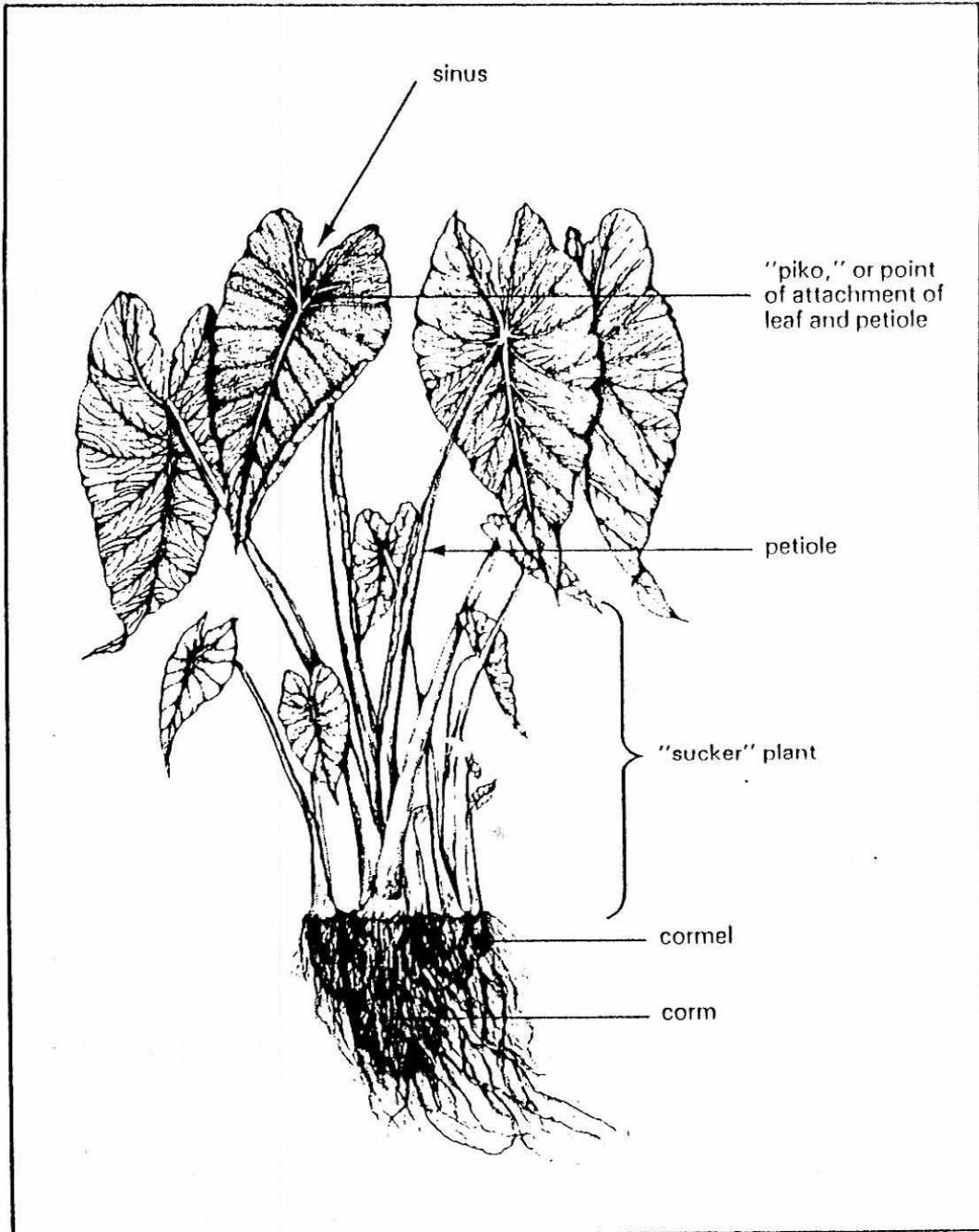
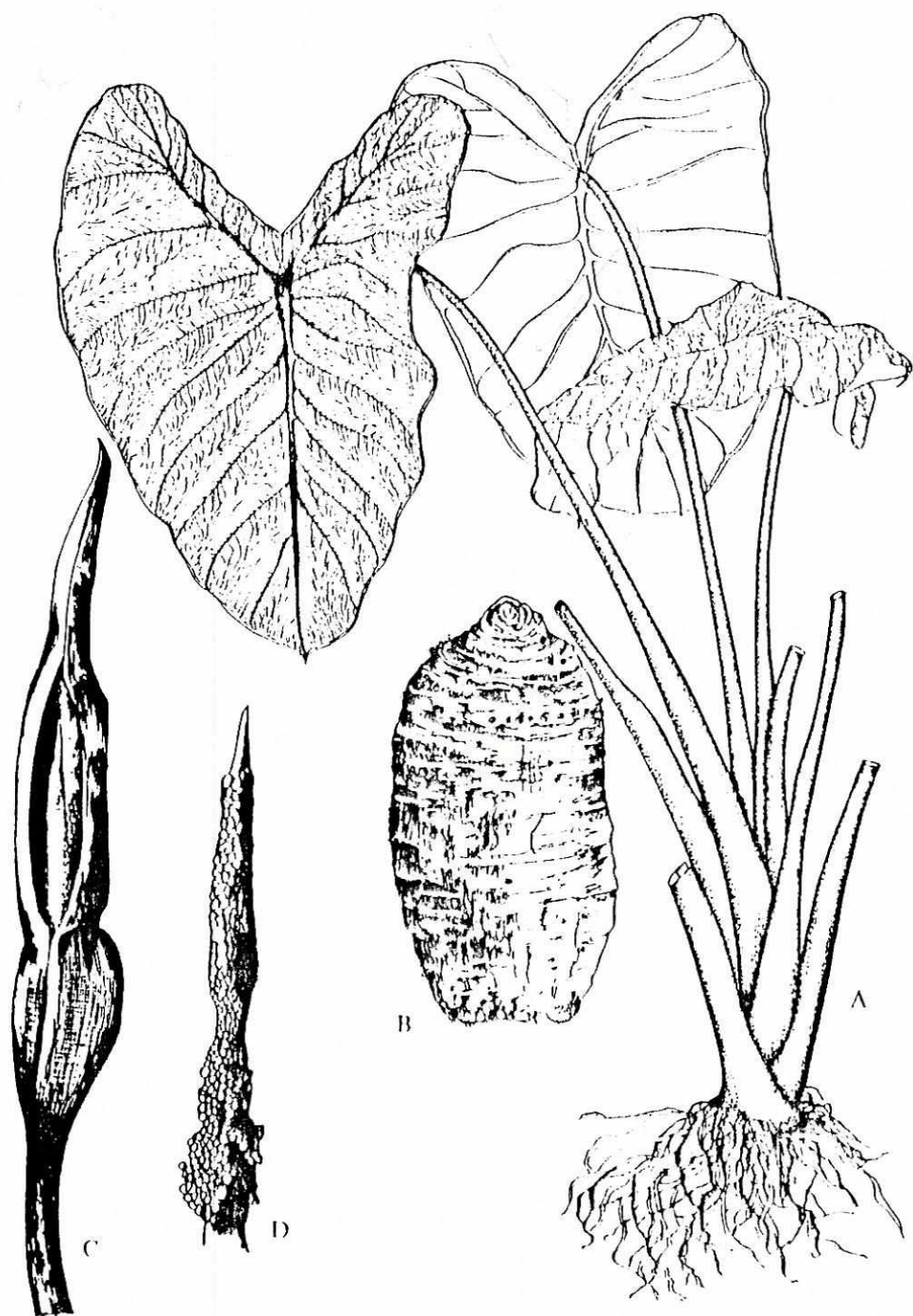


Figura 2.1 Malanga, figura de la planta



2.2 Malanga, la planta y su tubérculo



ESQUEMA DEL PROCESO DE EXTRACCION DE ALMIDON DE MALANGA:

