ANALISIS BROMATOLOGICO DEL TUBERCULO SECO Y PULVERIZADO DE *Dioscórea cayenensis* "Ñame amarillo"

MARYBEL HOLGUIN BEDOYA

YINA PAOLA MERCADO YENERIS

UNIVERSIDAD DE SUCRE

FACULTAD DE EDUCACIÓN Y CIENCIAS

PROGRAMA DE BIOLOGIA CON ÉNFASIS EN BIOTECNOLOGIA

SINCELEJO-SUCRE

2011

ANALISIS BROMATOLOGICO DEL TUBERCULO SECO Y PULVERIZADO DE *Dioscórea cayenensis* "Ñame amarillo"

MARYBEL HOLGUIN BEDOYA

YINA PAOLA MERCADO YENERIS

Trabajo de grado como requisito para optar al título de biólogas con énfasis en biotecnología

Director:

ADOLFO DE ORO

Ingeniero agroindustrial

Esp. Ing. Proceso de alimentos y materiales

UNIVERSIDAD DE SUCRE

FACULTAD DE EDUCACIÓN Y CIENCIAS

PROGRAMA DE BIOLOGIA CON ÉNFASIS EN BIOTECNOLOGIA

SINCELEJO-SUCRE

2011

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Sincelejo 07-06-2011

AGRADECIMIENTOS

Nos gustaría expresar nuestro sincero agradecimiento a nuestro asesor de tesis el Dr. Adolfo de oro por sus sugerencias constructivas, su ayuda inestimable y paciencia.

También estamos agradecidas por los útiles comentarios y sugerencias de los miembros del comité evaluador: Dr. Ramón Lozada Devia, el Dr. Jairo salcedo Mendoza y la Dra. Katia Isabel Cury Regino.

También estamos agradecidas con la Universidad de sucre y el Departamento de Biología por su generosidad, paciencia y apoyo.

Nuestro agradecimiento a la empresa Harina tres Castillos de la Ciudad de Cartagena; por permitirnos realizar allí la mayor parte de los análisis para el desarrollo de nuestro trabajo, y el valioso aporte de Heidi.

Agradecemos de todo corazón a nuestras familias por apoyarnos y entender nuestras obligaciones para con nuestros estudios y a todas aquellas personas que de una u otra manera se vieron involucradas en este proceso y que el agradecimiento más grande es para Dios por darnos cada día la sabiduría y la fortaleza de seguir en aquellos momentos cuando estábamos agobiadas.

“Únicamente los autores son responsables de las ideas expuestas en el presente trabajo”

(Articulo 12, resolución 02 del 2003)

CONTENIDO

	pág.
LISTA DE TABLAS…….	9
LISTA DE FIGIRAS…….	10
RESUMEN……...	12
ABSTRACT…….	13
INTRODUCCIÓN…….	14
1. OBJETIVOS…….	19
1.1 OBGETIVO GENERAL……	19
1.2 OBGETIVOS ESPECÍFICOS……	19
2. MARCO TEÓRICO…….	20
2.1FAMILIA DIOSCOREÁCEA…….	20
2.1.1 *Dioscórea rotundata*, ñame blanco…….	25
2.1.2 *Dioscórea alata*, ñame grande…….....	27
2.1.3 *Dioscórea esculenta*, ñame tongo……..	28
2.1.4 *Dioscórea cayenensis,* ñame amarillo……...	28
2.2 EL SABOR AMARGO DEL ÑAME AMARILLO……	32
2.3 ORIGEN, HISTORIA Y GEOGRAFÍA……...	33
2.4 EL ÑAME EN COLOMBIA……..	34
2.5 ASPECTOS NUTRICIONALES DEL ÑAME.....	36
2.6 USOS DEL ÑAME……	37
2.7 PRODUCCIÓN DE ALCOHOL…….	39
2.8 PROCESAMIENTO DEL ÑAME……	40
2.9 ALMACENAMIENTO……..	41
2.10 GRÁNULOS DE ALMIDÓN…….	42

pág.

2.11 CARACTERÍSTICAS DE LOS ALMIDONES Y POTENCIALIDADES DE USOS…….. 46
2.12 PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE TUBÉRCULOS…….. 49
3. DISEÑO METODOLOGÍCO……. 50
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN…… 50
3.2 UNIVERSO Y LOCALIZACIÓN……. 50
3.3 MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS...…… 50
3.3.1 Proceso de lavado…….. 50
3.3.2 Proceso de secado del ñame……. 50
3.3.3 Elaboración de la harina……. 51
3.3.4 Almacenamiento……..... 51
3.3.5 Tamizaje de la harina……..... 52
3.3.6 Morfología del granulo de la harina del ñame amarillo…….. 52
3.3.7 Índice de hinchamiento…… 52
3.3.8 Solubilidad……. 53
3.3.9 Determinación gravimétrica de agua por secado y pesada……. 53
3.3.10 capacidad de absorción de agua y aceite (WAC Y OAC)…… 54
3.3.11 Determinación de cenizas…….. 54
3.3.12 Determinación de humedad……... 55
3.3.13 Determinación de gluten……. 55
3.3.14 Determinación de proteínas…… 56
3.3.15 Concentración de gelatinización…….. 67
3.3.16 Viscosidad…… 67
3.3.17 Determinación de acidez titulable y pH……... 68

pág.

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES……... 59
4.1 ÍNDICE DE HINCHAMIENTO……. 59
4.2 DETERMINACIÓN DE CENIZAS…….. 61
4.3 MORFOLOGÍA DEL GRÁNULO…… 63
4.4 DETERMINACIÓN DEL GLUTEN……. 64
4.5 DETERMINACIÓN DE SOLUBILIDAD……. 67
4.6 SOLUBILIDAD EN AGUA FRIA…… 68
4.7 CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE AGUA……. 68
4.8 CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE ACEITE…….. 71
4.9 CONCENTRACIÓN DE GELATINIZACIÓN…….. 72
4.10 Determinación de proteínas…..……. 73
4.11 Análisis de acidez titulable……. 74
4.12 Determinación de metales……. 75
4.13 Análisis de humedad……..... 81
4.14 Análisis de viscosidad……..... 85
5. CONCLUSIONES……. 88
RECOMENDACIONES…… 89
BIBLIOGRAFÍA……..... 90

LISTA DE TABLAS

pág.

Tabla 1.Composición de diferentes especies de tubérculos de Ñame……. 37

Tabla 2.Tamaño del Gránulo de la harina de *D. Cayenensis*…….. 64

Tabla 3. Comparación del contenido de minerales en harinas de *D. Cayenensis, D. Trífida* (Mapuey) y otros tubérculos Mg/100g……. 80

LISTA DE FIGURAS

pág.

Figura 1.Hojas de *Dioscórea* alata…….. 22

Figura 2.Segmento de tubérculos de *Dioscórea Cayenensis* listos para sembrar……..... 23

Figura 3.Segmentos nodales de *D. Cayenensis*…… 23

Figura 4.Plantas de *D. Cayenensis* con crecimiento vigoroso en casa malla……..... 29

Figura 5.Plantas adultas de *D. Cayenensis* con tubérculos listos para extraer…… 29

Figura 6.Aspecto de la cáscara de *D. Cayenensis*…… 30

Figura 7.Color de la pulpa de *D. Cayenensis*……. 31

Figura 8.Estructura química de la amilosa…….. 43

Figura 9. Estructura química de la amilopectina……... 43

Figura 10. Lonjas de ñame *D. cayenensis*……... 51

Figura 11. Índice de hinchamiento…… 59

Figura 12. Análisis de cenizas……... 61

Figura 13. Promedio de los resultados de % cenizas por dos métodos diferentes ……. 62

Figura 14. Morfología del gránulo de la harina de *D. Cayenensis*…….…. 63

Figura 15.Determinación de gluten en harina de *D. Cayenensis*…….. 65

Figura 16. Determinación de solubilidad…… 67

Figura 17. Capacidad de absorción de agua……. 68

Figura 18. Capacidad de absorción de agua por tamaño de partículas……. 70

Figura 19. Determinación de capacidad de absorción de aceite por tamaño de partículas……..... 71

Figura 20. Determinación de Metales (ppm)…….. 76

pág.

Figura 21. Determinación gravimétrica de humedad vs mufla. MS1=muestra secada al sol de 1 año. MSH1=muestra secada al horno de 1 año. MHR=muestra secada al horno reciente…….. 81

RESUMEN

El ñame pertenece al genero *Dioscórea* de la familia *Dioscoreáceas* con más de 650 especies los cuales posee tubérculos carnosos ricos en carbohidratos lo que hace que sean utilizados como alimento básico en la dieta alimentaria a causa de su valor nutricional, además contienen una fitohormona denominada diosgenina, de amplia utilización farmacéutica en la fabricación de anticonceptivos y en la regulación hormonal de mujeres para el tratamiento de la osteoporosis y los malestares de la menopausia. En este trabajo se le realizo a la harina de *Dioscórea cayenensis* un análisis bromatológico parcial, con la finalidad de conocer más sus características funcionales. El análisis químico mostro un contenido de proteína de 2.53%. No presento contenido de gluten; el porcentaje de cenizas fue de 2,4%; la capacidad de absorción de agua (WAC) esta entre 737,69 y 840,96%, mientras que la solubilidad entre 87,825 -87,24%. El índice de hinchamiento mayor fue de 14,23%; la mayor capacidad de absorción de aceite la presento la muestra de 100µm. La humedad de la harina de *D. cayenensis* esta dentro del rango permitido para las harinas, para esta harina fue menor del 15%.

Palabras claves: *Dioscórea, proteína, humedad, cenizas, gluten, solubilidad, WAC, hinchamiento y capacidad de absorción de aceite.*

ABSTRACT

Yam belongs to the genus *Dioscorea* of the family *Dioscoreaceas* with over 650 species which have fleshy tubers rich in carbohydrates, making them to be used as a staple in the diet because of its nutritional value, also contain a phytohormone called diosgenin drug widely used in the manufacture of contraceptives and hormonal regulation of women for the treatment of osteoporosis and the discomforts of menopause. This work was carried out to Yam flour cayenensis a partial chemical composition analysis, in order to know more functional features. Chemical analysis showed a protein content of 2.53%. No gluten present, the percentage of was 2.4%, the water absorption capacity (WAC) is between 737.69 and 840.96%, while the solubility between 87.825-87.24%. The higher swelling rate was 14.23%, the highest oil absorption capacity of the present sample of 100µm. The flour moisture D. cayenensis within the range allowed for meals, for this meal was less than 15%.

Keywords: *Dioscorea*, protein, moisture, ash, gluten, solubility, wac, swelling and oil absorption capacity.

INTRODUCCIÓN

Generalmente se cree que los cultivos de raíces y tubérculos aportan alimentos energéticos en gran cantidad y que la escasa proteína que producen es de inferior calidad a la de origen animal. La producción de raíces es barata y abundante por eso forman el principal y más económico recurso energético en la dieta de los pueblos tropicales[1].

Su importancia en Colombia y el mundo es creciente[2]. En la costa Atlántica Colombiana (zona de mayor producción de ñame), se cultivan alrededor de 29.757 ha, que involucran a 9.000 familias de pequeños agricultores, con un área promedio de 1.4 ha por familia, un rendimiento promedio de 11.9 Ton/ha y una producción de 264.500 Ton/ha[3], aparte de su empleo tradicional en la alimentación humana, hoy día han adquirido, gracias al desarrollo científico y tecnológico, gran valor económico, estratégico y agroindustrial[4].

Desde hace algún tiempo se ha estudiado la incorporación de materias primas no convencionales, provenientes de raíces y tubérculos de origen local como ñame,

---

[1] MONTALDO, Álvaro. Cultivo de raíces y tubérculos. [online]. 2 ed. [Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura]: San José de Costa Rica, 1991 [Citado Febrero 2009].p. 92. Disponible en internet: <http:// books.google. com.co/books?id=d7ipWA3V mLEC& printsec=frontcover&dq= cultivo+ de+raices+y+tuberculos +tropicales>.

[2] BOU RACHED, Lizet, DE VIZCARRONDO, Consuelo A, RINCON, Alicia M *et al*. Evaluación de harinas y almidones de mapuey (Dioscorea trifida), variedades blanco y morado. *ALAN*. [online]. dic. 2006, vol.56, no.4 [citado Febrero 2009], p.375-383. Disponible en internet:<http:// www.scielo.org.ve/scielo.php?script <http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222006000400010&lng=es&nrm=iso>.

[3] CORPOICA. Concepción de un modelo de agroindustria rural para la elaboración de harina y almidón a partir de raíces y tubérculos promisorios, con énfasis en los casos de achira (Canna edulis), arracacha (Arracacia xanthorriza) y ñame (Dioscórea sp.). [Vía Internet]. Diciembre, 2003 [Citado Febrero 2009]. Disponible en internet: < http://www.agronet agronet.gov.co/www/docs_ si2/Agroindustria20%para%20la%20elaboración%20de%20harina%20de%20achira.pdf.>.

[4] MONTALDO, A. et al. Investigación y mejora de los cultivos de raíces y tubérculos en Venezuela. [online]. Revista facultad de Agronomía, [Maracay] 1992; 18:1-19. Venezuela. [Citado Febrero 2009]. Disponible en internet: <http://avepagro.org.ve/fagro/v18_11/v181a010.html>

arracacha, batata, yuca, que sean de importancia comercial y nutricional en productos alimenticios[5].

La utilización de productos derivados de tubérculos no convencionales en la industria de alimentos en Colombia es poca, generalmente éstos son preparados y consumidos a nivel doméstico y artesanal. Tubérculos y bulbos de diferentes especies del género *Dioscórea,* como *alata, rotundata, trífida, esculenta, bulbífera* son utilizados en Colombia, así como en el resto de Latinoamérica y África como fuente de energía por su alto contenido en carbohidratos[6]. Las harinas de estos tubérculos podrían constituirse en una alternativa de nutrientes e ingredientes funcionales para formulaciones alimenticias[7] como: harina, hojuelas, puré, compotas, dulces, buñuelos[8] además, de convertirse en una vía para el enriquecimiento con vitaminas y minerales, contribuyendo de esta manera a resolver deficiencias en sectores de la población afectados nutricionalmente[9].

La utilización de harinas y almidones obtenidos a partir de raíces y tubérculos tropicales, como materia prima en la elaboración de productos convencionales o en el desarrollo de nuevos productos, se ha convertido en una forma de incentivar e incrementar la producción y demanda de estos tubérculos[10].

---

[5] BOU RACHED, Lizet, *et al*. Evaluación de harinas y almidones de mapuey (Dioscorea trifida), variedades blanco y morado. *ALAN*. [online]. dic. 2006, vol.56, no.4 [citado Febrero 2009], p.375-383. Disponible en internet:<http:// www.scielo.org.ve/scielo.php?script <http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222006000400010&lng=es&nrm=iso>.

[6] Ibid.,p.375-383

[7] Ibid.,p.375-383

[8] COLOMBIA,MINISTERIO DE DESARROLLO AGROPECUARIO DIRECCIÓN NACIONAL DE AGROINDUSTRIA. [Citado Febrero 2009]. [online]. Disponible en internet <http:// 190.34.208. 115/MIDA/Agro industria/ Agroindustria/hojatecnica/ HOJA%20TECNICA%20Nam es-1.pdf>

[9] BOU RACHED. op.cit., p.375-383.

[10] PACHECO DE DELAHAYE, Emperatriz y TECHEIRA, Nora. Propiedades químicas y funcionales del almidón nativo y modificado de ñame (dioscorea alata). *INCI*. [online]. abr. 2009, vol.34, no.4 [citado Febrero 2009], p.280-285. Disponible en internet: <http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442009000400012&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0378-1844.

[11] CHOU, S. et, al. Effects of storage temperatures on the antioxidative activity and composition of yam. [online]. Vol. 98, 2006. Food Chemistry. 22: 618-623. [Citado Marzo 2009]. Disponible en internet: <http://www.sciencedirect.com/science?

El ñame (genero *Dioscórea)*, es un cultivo que es consumido como alimento energético debido a que presenta un alto contenido de almidón (70- 80% de su peso en materia seca) y una elevada concentración de proteínas (12%), superior a la determinada para otras raíces y tubérculos tropicales. Además, contiene fibra dietética (7-8%), compuestos antioxidantes, y vitaminas y minerales tales como acido ascórbico (30µg/g), calcio (140µg/g) y fósforo (430µg/g), que incrementan su valor nutricional[11].

El ñame se ha utilizado desde hace muchos años como ingrediente en la medicina tradicional china, ya que sus rizomas se emplean para el tratamiento de la indigestión, la anorexia, la diarrea y la diabetes. Además, se ha demostrado que el consumo de ñame tiene efectos hipotriacilglicerolémicos e hipocolesterolémicos, y además que sus extractos y harinas contienen compuestos antioxidantes, altamente recomendados para mitigar el daño y las enfermedades causadas por compuestos oxidativos[12].

Las harinas y almidones obtenidos a partir de diferentes variedades de ñame presentan ciertas propiedades funcionales, entre las cuales destaca la ausencia de un máximo de viscosidad y la estabilidad de las suspensiones a elevadas temperaturas y bajos valores de pH. Por ello podrían ser utilizados en la elaboración de productos que deben mantener su viscosidad estable durante una fase de calentamiento constante, como por ejemplo, las mezclas para sopas y pudines instantáneos[13.] En líneas generales, los almidones nativos se utilizan

---

[12] LIU, Yuh-Hwa, LIANG, Hong-Jen, CHENG, Huey-Chuan, LIU, Yen-Wenn and HOU, Wen-Chi. Comparisons of *in vitro* antioxidant activities of storage proteins in tuber of two *Dioscorea* species. [online]. Vol. 47,2006. Botanical Studies. p.231-237. [Citado Marzo 2009]. Disponible en internet: <http://ejournal.sinica.edu.tw/bb as/content/2006/3/Bot473-02.pdf>.

[13] PACHECO DE DELAHAYE. op.cit., p. 280-285.

porque regulan y estabilizan la textura de los alimentos y por sus propiedades espesantes y gelificantes[14].

El género *Dioscórea,* comprende alrededor de unas 650 especies al cual pertenecen especies de importancia económica en las regiones lluviosas del trópico, subtropicales y templadas[15].

El ñame es un tubérculo altamente perecedero en fresco, principalmente a causa de su alto contenido de humedad (base húmeda 50-80%)[16]. Sin embargo, cuando se seca y tritura (harina), el ñame se convierte en un bien duradero que puede ser almacenada durante varios meses. La harina puede ser consumida como ingrediente alimentario en diversas formas, tales como puré de ñame, hervido, frituras[17]. *Dioscórea cayenensis* es un tubérculo ampliamente cultivado en Jamaica, Haití y en el norte y sudeste de África, siendo muy apetecido en los mercados internacionales, en donde supera en precio hasta en un 100% a otras especies de ñame, principalmente en Estados Unidos[18]. De la familia Dioscoreácea, la especie *D. cayenensis* es conocida como ñame amarillo se caracteriza por presentar rizomas solitarios de 1-10 Kg, generalmente grueso y

---

[14] BELLO-PÉREZ, LA et al. Propiedades químicas y funcionales del almidón modificado de plátano (variedad macho). [online]. Abril. 2002, Vol. 36. Agrociencia. [citado Marzo 2009]. 169-180. Disponible en internet:<http://es.scribd. com/doc/49 810803/Almidon-platano.>

[15] ARAUJO VIZCARRONDO, Consuelo de, RINCON, Alicia Mariela y PADILLA, Fanny. Caracterización del almidón nativo de Dioscorea bulbifera L. *ALAN*. [online]. jun. 2004, vol.54, no.2 [citado Marzo 2009], p.241-245. Disponible en internet:<http:// www.scielo.org.ve/scielo .php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222004000200016&lng=es&nrm=iso>.

[16] MONTES, MONTES, Everaldo Joaquín, et al. Modelado de la cinética de secado de ñame (Dioscórea rotundata) en capa delgada. [online]. Mayo/Ago. 2008, vol.28 [citado Marzo 2009]. p.45-52. Disponible en internet: <http://redalyc.u aemex.mx/redalyc/html/643/64328207/64328207.html>

[17] OYELADE, OJ; TUNDE-AKINTUNDE, TY and IGBEKA, JC. Predictive equilibrium moisture content equations for yam (*Dioscorea rotundata*, Poir) flour and hysteresis phenomena under practical storage conditions. [online]. Julio 2008, Vol. 87 [citado Marzo 2009]. p. 229-235. Disponible en internet: <http://www.Scien cedirect.com/science?_ob=ArticleURL

[18] TODAY'S MARKET PRICES. Agriculture.Herbs, Fruits and Vegetables Market Prices U.S.A,Canada,Mexico,South America,Europe,Asia.Historical **prices** search engines, graphics,trends. [online]. [Citado Febrero 2009]. Disponible en Internet : <http:// www.todaymarket.com/cgi-bin/tmpterm.cgi/termp.htm>

ramificado, pulpa amarilla o blanca. Estudios preliminares han indicado su posible uso como fuente no convencional de almidón[19].

En este trabajo se realizó el análisis bromatológico parcial del tubérculo seco y pulverizado para conocer sus características nutricionales, determinar su composición química, conocer sus propiedades fisicoquímicas para incentivar su consumo y comercialización en nuestro país, ya que este a nivel nacional es muy escaso. Este tubérculo puede utilizarse como materia prima en la elaboración de productos en los que, tradicionalmente se utilizan almidón de maíz, trigo, papa y arroz. Así desempeña un papel importante en el contexto de un desarrollo sustentable, implementándose en procesos tecnológicos que permitan su mejor aprovechamiento en beneficio de la población Colombiana.

[19] RINCON, Alicia Mariela, ARAUJO VIZCARRONDO, Consuelo de, CARRILLO DE PADILLA, Fanny *et al*. Evaluación del posible uso tecnológico de algunos tubérculos de las dioscoreas: ñame congo (Dioscorea bulbífera) y mapuey (Dioscorea trifida). *ALAN*. [online]. set. 2000, vol.50, no.3 [citado Marzo 2009]. p.286-290. Disponible en internet: <http://www.scielo.org.ve/scielo.php?

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Caracterizar mediante análisis bromatológico los componentes del tubérculo de ñame amarillo (*Dioscórea cayenensis*) como alternativa de consumo, aplicando técnicas de secado y evaluar la dependencia del tiempo de almacenamiento.

1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Analizar las características bromatológicas (Humedad, Cenizas, fibra, proteínas, grasas, carbohidratos, minerales) por la norma ASTM, de *Dioscórea cayenensis* (ñame amarillo) presentes en la harina obtenida de la pulpa.

Evaluar la influencia de las técnicas de secado usadas para la obtención de harina de ñame amarillo *Dioscórea cayenensis y* del tiempo de almacenamiento en las características bromatológicas de la harina obtenida.

Comparar este análisis bromatológico con resultados de otras especies de la familia *dioscoreácea* como ñame criollo *Dioscórea alata* y ñame espino *Dioscórea rotundata.*

2. MARCO TEÓRICO

2.1 LA FAMILIA DIOSCOREÁCEA

Posee 5 géneros y más de 650 especies. Las plantas pertenecientes a esta familia se caracterizan por poseer tubérculos carnosos o rizomas llamados ñame, su tallo es parecido a una cuerda y se denomina comúnmente “bejuco”, necesita un soporte donde enrollarse, generalmente los tallos del ñame se enrollan hacia la derecha en el soporte, pero hay algunos cultivares que enrollan hacia la izquierda[20].

En los tallos del ñame se pueden observar algunas estructuras que generalmente sirven de protección, se puede tomar como ejemplo el (ñame espino) D. rotundata, el cual posee espinas en toda la longitud del tallo, hasta en las raíces. La gran mayoría de los tallos de ñame crecen algunos metros antes de ramificarse. Las hojas tienen gran variabilidad en cuanto a la forma, tamaño y color. Generalmente la hoja es simple y con márgenes lisos, el ápice es puntiagudo, no tiene pubescencia y el pecíolo es largo, pudiendo ser alado o espinado. El color dependiendo del cultivar, tiene la tonalidad verde, pero hojas jóvenes pueden presentar pigmentos de antocianinas. La posición de las hojas en el tallo puede ser opuesta o alterna, pero esta posición puede variar aun en la misma planta[21].

Es una planta que se desarrolla mejor en regiones tropicales con temperaturas que oscilan entre los 25 y 30°C y precipitaciones superiores a los 1.000 mm/año.

---

[20] ÑAME (*Dioscorea trifida L*). [online]. 2006, Fichas Técnicas [citado Marzo 2009]. Disponible en internet: <http://www.fao.org/inpho/content/documents/ vlibrary/ae62 0s/Pfrescos/NAME.HTM>

[21] MONTALDO, Álvaro. Cultivo de raíces y tubérculos. [online]. 2 ed. [Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura]: San José de Costa Rica, 1991 [Citado Febrero 2009]. p.91-115 Disponible en internet: <http://books.google.com. co/books?id=d7ipWA3VmLEC&printsec=frontcover&dq=cultivo+raices+y+tuberculos+tropicales>.

Su periodo vegetativo oscila entre los 8 y 11 meses, requiere de mucha luz para obtener mayor productividad[22].

La parte aprovechable de la planta de *Dioscórea* es un tubérculo de forma y tamaño variable que tiene la capacidad de formar su sistema caulinar a partir de una capa de células meristemáticas localizadas en la corteza, la cual es aprovechable para la propagación vegetativa de la especie a partir de secciones de tubérculos[23].

El ñame es una planta monocotiledónea, que presenta algunas características de las dicotiledóneas, dioica, que presenta flores imperfectas producidas en plantas diferentes; por tanto, existen plantas masculinas y femeninas; sus flores son pequeñas en forma de racimos, espigas o panículas, unisexuales con tres sépalos y tres estambres; y su floración muy escasa[24].

Se caracterizan por tener un tallo subterráneo el cual emite tallos aéreos, raíces y tubérculos que constituyen una fuente rica de carbohidratos[25].

La *Dioscórea* alata o Ñame blanco es una planta de tubérculos comestibles muy grandes. El ñame sirve además como planta ornamental, por la belleza de sus

---

[22] RUIZ, PÉREZ, Esteban Eloy. Severidad del complejo de enfermedades foliares en el cultivo de ñame *(Dioscórea alata l.)* en diferentes densidades de siembra y soportes vivos de madera negro [g*liricidia sepium* (jacq.) walp] y su rentabilidad en azuero, panamá. [online]. 2003. [Citado febrero 2009] Disponible en internet:<http// http//www.orton.catie.ac.cr/REPDOC/A0158E/A0158E.PDF>

[23] OVONO, Po; KEVERS, C y DOMMES. Effects of storage conditions on sprouting of microtubers of yam (Dioscorea cayenensis–D. rotundata complex) *Comptes Rendus Biologies*. [online]. Vol.333 [citado Marzo 2009]. p.28-34

[24] VÉLEZ, A. J. Las hortalizas amazónicas cultivadas en el medio Caquetá. Colombia Amazónica. [online].1991. [Citado febrero 2009] Disponible en internet:< http://www.concope.gov.ec/Ecuaterritorial/paginas/Apoyo_ Agro/Tecnologia_ innovacion/Agricola/Cultivos_Tradicionales/Cultivos/hortalizas/Hortalizas_am/textos/name.htm>.

[25] CHACÓN, Ana Gabriela et al. Aclimatización de plántulas de yampí (*Dioscórea trífida*) y ñame (*D. alata*) producidas in vitro. [online]. 2005. [Citado febrero 2009] Disponible en internet:< http://www. mag.go.cr/rev__agr/v29n03_047 .pdf>

hojas; el cultivo de ñame no requiere de mucho espacio, sólo de un lugar donde las plantas puedan trepar[26], Como se observa en la Figura 1.

Figura 1. Hojas de *Dioscórea alata.*

Fuente: http://luirig.altervista.org/flora/dioscorea.htm

Tradicionalmente el ñame ha sido propagado asexualmente como se muestra en la Figura 2 y 3, a partir de tubérculos sean enteros o fragmentados o de cortes de tallo (esquejes); sin embargo, estos métodos son ineficientes para el abastecimiento de material propagativo y no permiten una buena calidad fitosanitaria del mismo[27].

[26] CULTIVO CASERO del Ñame blanco o Yam (*Dioscórea alata*). [online]. [Citado Marzo 2009] Disponible en Internet: <http//:www.mujercompleta.com/portal2/index.php?categoryid=13&p2_articleid=78>.

[27] FORSYTH, C; VAN, Standen J. 1982. An improved method of *in vitro* propagation of *Dioscórea bulbifera*. En: Plant Cell Tissue and Organ Culture Vol.1, p. 275-281.

Figura 2. Segmentos de tubérculos de *Dioscórea cayenensis* listos para sembrar.

Fuente: ALBERTO J. GARRIDO; HUMBERTO E. BENITEZ y MARIA L. FUENTES, DESARROLLO DE METODOLOGIAS PARA EL ENRAIZAMIENTO *IN VITRO* DE *Dioscórea cayenensis* Cv "Ñame Amarillo" Y SU ACLIMATACIÓN A CONDICIONES *IN VIVO, tesis de la facultad de educación y ciencia de la universidad de sucre, del programa de biología con énfasis en biotecnología, 2005.*

Figura 3. Segmentos nodales de *D. cayenensis*

Fuente: ALBERTO J. GARRIDO; HUMBERTO E. BENITEZ y MARIA L. FUENTES, DESARROLLO DE METODOLOGIAS PARA EL ENRAIZAMIENTO *IN VITRO* DE *Dioscórea cayenensis* Cv "Ñame Amarillo" Y SU ACLIMATACIÓN A CONDICIONES *IN VIVO, tesis de la facultad de educación y ciencia de la universidad de sucre, del programa de biología con énfasis en biotecnología, 2005.*

En contraste a la ineficacia del método tradicional de siembra, las técnicas de cultivo de tejidos permiten aumentar la multiplicación y la producción rápida de material vegetal libre de patógenos[28].

De hecho, conjuntamente con el intercambio de cultivos, los agricultores utilizan siempre la domesticación de los ñames silvestres para mitigar la erosión genética, debido a la multiplicación vegetal de los ñames cultivados; Por lo tanto, existe una

[28] CLAYUCA. Consorcio Latinoamericano y del Caribe de apoyo a la Investigación y al Desarrollo de la Yuca. [Citado Febrero 2010]. [online]. Disponible en internet:<http//www. clayuca.org/produccion_semilla.htm>

co-evolución entre las silvestres (por ejemplo, *Dioscórea* abyssinica) y formas de cultivo de ñame en el África Occidental y la conservación de las formas de cultivo que requiere de la naturaleza[29].

Además de la conservación de las estrategias de los recursos genéticos de los ñames cultivados en la actualidad se centran en el uso de estrategias de domesticación en lugar de la conservación de los genotipos por su propio bien. El uso de los recursos silvestres hoy en día es crucial para las sociedades rurales de África[30].

Tradicionalmente los conocimientos sobre los usos y prácticas de gestión de estos recursos por la población local es cada vez más reconocida. Parece, pues, importante para evaluar la posible desaparición de este conocimiento en el contexto de los cambios y transformaciones de países de África occidental[31].

Ñame (*Dioscórea* spp) son los cultivos de tubérculos utilizados como alimento básico en África a causa de su valor nutricional. Sin embargo, las limitaciones agronómicas, problemas fitosanitarios y la falta de buena salud material de siembra de limitar su producción. Los tubérculos agrícolas tienen una función doble: en primer lugar, como fuente de los alimentos, el ñame son una fuente importante de alimento para de millones de personas y en segundo lugar, como material de siembra[32].

Algunos de los cultivos de tubérculos de primera necesidad en el Caribe son ñame amarillo (*Dioscórea cayenensis*), la patata en Irlanda (*Solanum tuberosum*), camote (*Ipomoea batatas*) y la malanga (*Xanthosoma spp.).* El camote es un tubérculo de la raíz, la patata en Irlanda y la malanga son madre, mientras que los

---

[29] DEVINEAU, Jean-Louis et al. Changes in the availability and uses of wild yams according to climatic dryness and land-cover in Western Burkina Faso (West Africa): a joint ecological and ethno-botanical approach using GIS and remote-sensing. En: ScienceDirect. Volumen 17, Número 8 p. 1937-1963.

[30] Ibid.,p. 1937-1963.

[31] Ibid.,p. 1937-1963.

[32] ONDO OVONO; et al. 2007. Axillary proliferation and tuberisation of Dioscórea cayenensis – rotundata. En: Plant Cell Tissue and Organ Culture, Vol. 91, p.107-114.

tubérculos de ñame es intermedio entre las raíces y el tronco del tubérculo. Por simplicidad, todos estos cultivos están a que se refiere colectivamente como tubérculos, un término que, a diferencia de "raíces" no confiere ninguna connotación en cuanto al origen morfológico. Con deficiencia de minerales es un problema importante para nutricionistas, las investigaciones están dirigidas a la investigación los niveles de minerales y el alcance de los minerales de biodisponibilidad en los cultivos de alimentos de consumo común. La biodisponibilidad se define como la proporción de total del mineral en un alimento, comida o dieta que es utilizado para las funciones normales del cuerpo[33].

Varios factores pueden contribuir a la medida de la biodisponibilidad de minerales, incluida, la madurez de los alimentos, los métodos de elaboración empleados y la presencia de factores antinutricionales[34].

Tubérculos se consumen en gran escala en los trópicos, así como en las regiones subtropicales. La disponibilidad de minerales a partir de estos cultivos de tubérculos en el Caribe No se ha investigado. Esto es importante porque Se ha informado de casos de deficiencia de hierro en Jamaica[35].

2.1.1 *Dioscórea rotundata*, ñame blanco. Originario de África occidental y eventualmente expandida por todos los trópicos, es la segunda especie en importancia después de *D. alata.* No se conoce en estado silvestre y pareciera derivarse de *D. cayenensis,* de la misma región con la que difiere en el color de la pulpa, blanca en *D. rotundata* y amarilla en *D. cayenensis,* en las hojas más angostas. Por este último carácter de *D. rotundata* es factible obtener dos cosechas de tubérculos al año. Hay también diferencias anatómicas de menor

[33] LOWELL, L et al. Asemota In vitro availability of some essential minerals in commonly eaten processed and unprocessed Caribbean tuber crops. En: BioMetals, Vol. 20, p. 37-42.

[34] Ibid p. 37-42.

[35] Ibid p. 37-42.

magnitud, pero se ha sugerido que esta especie es un grupo de clones seleccionado de *D. cayenensis* por la producción temprana y el color de los tubérculos[36].

Dioscórea rotundata tiene tallos trepadores cilíndricos y lisos, provistos de espinas en la porción basal, que enrollan hacia la derecha. Las hojas cordadas a triangulares, acuminadas, de color verde oscuro, brillante, miden de 6 a 20 cm de largo. Las inflorescencias pistiladas y estaminadas están en plantas distintas, aún cuando hay casos de plantas con flores hermafroditas. Las flores estaminadas, de uno a tres mm de diámetro, tienen tres sépalos verdosos y tres pétalos amarillentos y dos verticilos de tres estambres cada uno. Las plantas con flores pistiladas son raras; las flores tienen cáliz y corola de tres partes, pistilo de estigma trífido y a veces hay dos o tres estaminodios. El fruto es una cápsula que se abre en tres partes, cada una con dos semillas planas, rodeada por un ala muy fina[37].

La forma de los tubérculos es menos variable que *D. alata;* predominan los cilíndricos, con los extremos redondeados, que si encuentran algún obstáculo en el suelo desarrollan apéndices globosos. La cáscara es oscura corrugada y da una buena protección para el almacenamiento y el transporte. La pulpa blanca, con haces vasculares más claros, es compacta y uniforme. Los tubérculos llegan a pesar hasta 25 Kg y su textura fina los hace preferibles a los de otras especies. Los cultivares conocidos en África Occidental llegan a centenares, quizás miles, debido posiblemente a la propagación clonal de híbridos resultantes de cruces entre cultivares de diferentes especies[38].

---

[36] LEÓN, Jorge. Botánica de los cultivos tropicales. [online]. 3ra Ed. [Agroamérica]. San José de Costa Rica, 2000. [Citado Noviembre 2008). p. 488-495. Disponible en internet:<http:// books.google.com.co/books?

[37] Ibid.,p. 488-495.

[38] Ibid.,p. 488-495.

2.1.2 *Dioscórea alata,* ñame grande. El área de origen se extiende desde el este de la India hasta Nueva Guinea, y en ella pudo haber sido domesticado independientemente en más de un lugar, como lo sugieren las concentraciones de cultivares en varias regiones. De África vino a América con el comercio de esclavos y es actualmente la especie más difundida, desde la costa norte de Honduras hasta Brasil, en áreas de alta precipitación.

La forma de los tubérculos varía según el cultivar: hay desde casi esféricos, como "asa-coco", de Brasil, hasta completamente irregulares; predominan en esta especie los clones con tubérculos cilíndricos o digitados. También varía mucho la profundidad a que crecen, y éste es un factor de importancia agronómica. Un caso extremo es un clon de Filipinas, en que los tubérculos pueden crecer arriba del suelo y requieren la formación de montículos para su desarrollo[39].

El tubérculo es el órgano de almacenamiento que permite a la planta continuar indefinidamente su crecimiento. Las sustancias de reserva, elaboradas por la planta en el follaje, son acumuladas en el tubérculo[40].

Los tallos aéreos, trepadores, de 8 a 30 m de largo, arrollan hacia la derecha; son carnosos y retorcidos, con cuatro lados y en las esquinas provistos de alas membranosas, onduladas, con el margen recortado; en algunos cultivares las alas están muy poco desarrolladas y en otros son reemplazadas por filas de espinas. Su función parece ser fijar mejor el tallo al objeto en que se arrolla. Las hojas son de forma y tamaño muy variable. La forma básica es cordada, con la apertura o seno basal muy distinto según el cultivar, y el ápice más o menos largo; los nervios principales son seis y salen de la inserción del pecíolo. En algunos cultivares aparecen tubérculos aéreos en las axilas de las hojas, llamados corrientemente "bulbillos", que son similares en forma a los tubérculos

[39] Ibid.,p. 488-495.

[40] Ibid.,p. 488-495.

subterráneos. Se desprenden fácilmente y al caer forman una nueva planta[41]. Flores y frutos; las inflorescencias pistiladas y estaminadas aparecen en plantas distintas. Las estaminadas en panículas axilares al final de las ramas, con muchas flores diminutas de tres sépalos, tres pétalos y tres a seis estambres; las pistiladas en espigas axilares con tres sépalos, tres pétalos más grandes que en las estaminadas, pistilo con ovario de tres lóculos y tres estigmas. Hay muchos clones que no florecen el primer año de siembra. El fruto es una cápsula alada que se abre en tres partes, cada una con una a dos semillas planas y aladas[42].

2.1.3 *Dioscórea esculenta*, ñame tongo. Originaria de del Sureste de Asia y de cultivo muy antiguo, posiblemente nativa de Indochina, se ha expandido por las Islas del Pacífico, China y Filipinas. Ha sido introducida a África Occidental y a las Antillas, donde se le llama “tongo” o “papa china”.

Los tallos aéreos cilíndricos, espinosos, arrollan a la izquierda. Las hojas orbiculares, de ápice agudo y base cordada, son rugosas y pubescentes, de 12-15 cm. de largo[43].

2.1.4 *Dioscórea cayenensis,* ñame amarillo. Taxonómicamente hablando es conocido comúnmente como ñame amarillo; cuyo nombre científico es *Dioscórea cayenensis;* originario de África Occidental, perteneciente a la Familia *Dioscoreácea* y al Género *Dioscórea*[44].

---

[41] Ibid.,p. 488-495.

[42] Ibid.,p. 488-495.

[43] Ibid.,p. 488-495

[43] Ibid.,p. 488-495.

Es originario de África occidental, donde aún existen poblaciones silvestres y fue introducido por esclavos africanos a América del Sur y descrito de ejemplares que crecían en cayena[45].

Los tallos trepadores y cilíndricos enrollan a la derecha; hojas cordadas y triangulares; de 8 a 10 cm de largo por cuatro a seis centímetros ancho, de color verde oscuro, brillantes como se observa en la Figura 4.

Figura 4. Plantas de *D. cayenensis* con crecimiento vigoroso en casa malla.

FUENTE: ALBERTO J. GARRIDO; HUMBERTO E. BENITEZ y MARIA L. FUENTES, DESARROLLO DE METODOLOGIAS PARA EL ENRAIZAMIENTO *IN VITRO* DE *Dioscórea cayenensis* Cv "Ñame Amarillo" Y SU

Figura 5. Plantas adultas de *D. cayenensis* con tubérculos listos para extraer.

[45] Ibid.,p. 488-495.

Fuente: Profesor Enrique Franco. Exportador de *Dioscórea Cayenensis* en Colombia.

Son plantas unisexuales, las pistiladas en número muy reducido; flores estaminadas y pistiladas con perianto de tres sépalos y tres pétalos amarillentos. Flores estaminadas con dos ciclos de tres estambres cada uno; pistiladas con pistilo terminado en tres ramas estigmáticas. El fruto es una cápsula de tres celdas, con dos semillas cada una, diminutas de de borde alado. Los tubérculos son cilíndricos o aplanados, de cáscara rugosa y fuerte como se observa en la Figura 5. La pulpa es de color amarillo claro como se observa en la Figura 6, es compacta y uniforme, de muy buena calidad en la mayoría de los cultivares[46].

Figuras 6. Aspecto de la cáscara de *Dioscórea cayenensis*.

Fuente: Maribel Holguín y Yina mercado. Obtenida durante la realización del trabajo (material de trabajo). Universidad de Sucre. 2009.

[46] Ibid.,p. 488-495.

Figura 7. Color de la pulpa de *Dioscórea cayenensis* una vez pelados.

Fuente: Marybel Holguín y Yina mercado. Obtenida durante la realización del trabajo (material de trabajo). Universidad de Sucre. 2009.

Dioscórea cayenensis es muy afín a *D. rotundata* y algunos especialistas las consideran una sola especie[47]. La *Dioscórea cayenensis* difiere de la *Rotundata* principalmente en el color de la pulpa, blanco en *D. rotundata* el tiempo de producción de los tubérculos, es más largo en *D. cayenensis* que va entre los 10 a 12 meses mientras que D Rotundata es de 7 a 8 meses Hay diferencias anatómicas menores y se conoce que los granos de almidón son más pequeños y angulosos en *D. cayenensis* que en *D. rotundata.* Se ha planteado la hipótesis de que la primera es la especie ancestral y que la selección en cultivo de los clones tempraneros y de pulpa blanca de *D. cayenensis* dio origen a *D. rotundata*[48].

Investigaciones acerca de la influencia y la relación entre la estructura y textura de la pasta de ñame en las diferentes variedades. Se obtuvo que en general, la firmeza de la pastas de ñame preparado a partir de *Dioscórea Cayenensis-rotundata* fue mayor que la de D. alata. La diferencia en la firmeza se encuentra relacionada en la medida de la desintegración de la célula, que fue más pronunciado para D. alata. Se produjeron cambios de textura durante el

[47] Ibid.,p. 488-495

[48] Ibid.,p. 488-495

envejecimiento de las pasta de ñame, que es una consecuencia de la reorganización (retrogradación) de la fracción de amilasa. Se concluye que la textura de la pasta de ñame es en gran medida determinada por la integridad de las células y las propiedades de la fase de almidón continua[49].

2.2 EL SABOR AMARGO DEL ÑAME AMARILLO

Desde el particular sabor amargo del tubérculos de Dioscórea cayenensis, se extrae con alcohol etílico un agua-solubles de sustancias fenólicas. Después de la separación en capas finas, se identificó una sustancia, en el espectro de absorción, por las reacciones de color, y se observo que una antocianidina fue puesta en libertad por la hidrólisis en leucoantocianina. En una comunicación anterior, se informó de la ocurrencia de hasta ocho sustancias relacionadas con los de los tubérculos de *Dioscórea bulbifera*[50], de los cuales cuatro sabían amargo. Solubilidad, las reacciones de color, y la luz ultravioleta (UV), espectros de absorción mostraron que éstas se norditerpenos furanoides. En estudios posteriores, estas mismas sustancias, no podía ser extraído de otras especies de ñame. Incluso los tubérculos que estaban muy amargos, no muestran huellas de diterpenos furanoides. Recientemente, mientras se trabaja con variedades de D. cayenensis. (Ñame amarillo de África), ñame es muy popular y ampliamente distribuido en África occidental, cuatro cultivares diferentes muy amargos fueron encontrados. Además, su carne estaba sujeta a la oxidación, de polifenoles sobre la exposición al aire. Dado que los estudios estaban en curso en la oxidación de polifenoles de los tubérculos de otra especie, se decidió buscar fenoles oxidables en los tubérculos de estas cuatro especies. Durante el proceso,

---

[49] BRUNNSCHWEILER, Judith; MANG, David; FARAH, Zakaria; ESCHER, Felix and CONDE-PETIT, Béatrice. Structure–texture relationships of fresh pastes prepared from different yam (*Dioscorea* spp.) varieties. En: ScienceDirect LWT- Food Science and Technology. Vol. 39 Septiembre 2006, p. 762-769.

[50] ONAYEMI, Oladipo e IDOWU, Adedayo. Physical and chemical changes in traditionally stored yam tubers (*Dioscorea rotundata* Poir and *Dioscorea cayenensis* Lam). En: Journal of Agricultural and Food Chemestry. Vol. 36 (1988), p 588–591.

una sustancia amarga fue extraída y en parte identificados, tal como se presenta aquí. La información sobre las sustancias oxidables se presenta en otros lugares[51].

2.3 ORIGEN, HISTORIA Y GEOGRAFÍA

Según Coursey este género tuvo una amplia dispersión mundial a fines del cretáceo; luego ocurrió una evolución con curso posterior diferente en el viejo y nuevo mundo y se originaron distintos desarrollos en los dos hemisferios, secciones separadas del género, de las cuales ninguna está representada en ellos. La separación de las formas ancestrales Asiáticas y Africanas, opina este autor ocurrió más tarde, en el Mioceno[52].

Para Vavilov D. alata y D. esculenta se originaron en Burna y Asma. Chevalier, señala para D. cayenensis su origen en África, dado que aún hoy se le encuentra allí en estado silvestre. Actualmente, la especie Asiática D. alata, a través de diversos cultivares, ocupa la mayor superficie cultivada en los trópicos. Le siguen en importancia: D. cayenensis, D. bulbífera, D. trífida y D. esculenta[53].

El (ñame blanco) *Dioscórea alata* y el (yampí) *D. trífida* son originarios de las selvas del sureste de Asia, la región boscosa de África occidental y la Cuenca Amazónica[54].

2.4 EL ÑAME EN COLOMBIA

---

[51] EMIOLA, L. O; DELAROSA, L.C. Physicochemical characteristics of yam starches. En: Journal Food Chemestry . Vol. 5, No. 2, p. 115-130. Junio 1981.

[52] LEÓN, Jorge. Botánica de los cultivos tropicales. [online]. 3ra Ed. [Agroamérica]. San José de Costa Rica, 2000. [Citado Noviembre 2008). p. 488-495. Disponible en internet:<http:// books.google.com.co/books?

[53] Ibid.,p. 488-495.

[54] SECTOR PRODUCTIVO. [Citado Abril 2008). [online].Disponible en internet: <http:// www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/ac-raices-rhn-2007.pdf>

En Colombia se pueden encontrar varias especies de ñame como el (ñame criollo) D. alata, (ñame espino) D. rotundata, (ñame papa) D. bulbífera, (ñame azúcar) D. esculenta y (ñampin) D. trífida Se considera que *Dioscórea alata* y *Dioscórea rotundata* son las especies de mayor importancia tanto por el área sembrada como por la demanda del tubérculo, seguidas por *Dioscórea trífida*. Las otras especies figuran como simples curiosidades[55].

Colombia posee 25 mil hectáreas sembradas en Ñame ya que este cultivo beneficia a más de 20 mil familias de tres departamentos de la costa (Sucre, Bolívar y Córdoba).

El cultivo del ñame se considera restringido en la Costa Atlántica, las áreas de mayor producción son: la zona costera del departamento de Córdoba, la subregión natural de los montes de María en los departamentos de Sucre y Bolívar, y algunos municipios de los departamentos del Cesar y la Guajira. Aún cuando actualmente se le conoce en todo el mundo, en Colombia el ñame se ha caracterizado como producto de cultivo y consumo tradicional en la Costa Atlántica[56].

El cultivo del ñame Espino en la Costa Atlántica presenta una productividad potencial relativamente alta (778 kg/ha/mes) para la fabricación de harinas. Su ventaja está determinada básicamente por el alto contenido de materia seca en los tubérculos. La producción de harina de ñame se justifica además por el contenido y calidad de la proteína y por el contenido de tiamina[57].

---

[55] EVALUACIÓN DE Propiedades Tecnofuncionales De Variedades De Ñame De La Costa Atlántica. [Citado Marzo 2009]. [online]. Disponible en internet:<http://www. unicordoba.edu.co/pregrado/alimentos/documentos/proyectos/pba.pdf>

[56] Ibid.,p. 1,2

[57] HURTADO, DUFOUR y RODRÍGUEZ. 1997. Áreas requeridas para el proceso de fabricación de harina de arracacha. [Citado Abril 2009]. [online]. Disponible en internet: <http://www.agronet.gov.co/www/docs.../Harina%20de%20 arracacha.pdf –>

Su condición de alimento regional que no se sitúa como de primera necesidad ha estacando su explotación, que se realiza generalmente en predios de economía campesina con bajo nivel de tecnificación. De otro lado, el ñame no está considerado como producto prioritario, situación que no ha permitido un adecuado desarrollo de tecnología en torno a este promisorio tubérculo. Hasta el momento la investigación originaria en Colombia es escasa, está atomizada y no se ha difundido lo suficiente[58].

El ñame es un tubérculo, que ha sido la base de la alimentación en la costa norte colombiana. En 2008 Colombia exportó 4.800 toneladas de ñame y en lo corrido de 2009 los envíos superan las 3.000 toneladas, por valor de 2 millones de dólares. Los principales destinos son Estados Unidos, Puerto Rico y las islas del Caribe. Los principales competidores de Colombia en este mercado son Jamaica y Brasil que también exportan hacia ese país. Después de las flores, el banano, el café y la uchuva, el ñame se perfila como un producto con excelentes alternativas para la exportación no solo a Estados Unidos sino a otros destinos, por lo cual es importante establecer desde ya los requisitos que garanticen la permanencia de este producto en los mercados internacionales, lo cual se logra cumpliendo los requisitos fitosanitarios exigidos por nuestros compradores en el exterior. La producción de ñame para la exportación se concentra en los departamentos de Sucre, Bolívar y Córdoba, en donde existe un núcleo productivo integrado por pequeños productores que explotan el cultivo en terrenos de menos de dos hectáreas. En la actualidad se reporta un total de 25 mil hectáreas sembradas que se concentran en 26 municipios de los Montes de María entre, ellos Chalan, Coloso, Tolú Viejo, Ovejas, Carmen de Bolívar, Sampues, Morroa.0, San Antero, Coveñas, Lorica, Moñitos, San Pelayo, Cereté, Sincelejo, San Jacinto, San Juan Nepomuceno, San Antonio y Palmito[59].

---

[58] UNICORDOBA .Ob. Cit.,p 1,2

[59] INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO (ICA). [Citado Abril 2009]. [online]. Disponible en internet:<http://www.ica.gov.co/ Noticias/Agricola/2009/Exportadores-de-name-de-la-mano-del-ICA.aspx>

2.5 ASPECTOS NUTRICIONALES DEL ÑAME

En general los tubérculos de ñame de las *Dioscoreáceas* contienen abundante fécula y constituyen un importante alimento en las regiones tropicales donde se cultiva por ser una excelente fuente de carbohidratos y minerales como calcio, hierro y fósforo. Aporta hasta un 12% de los recursos energéticos para los habitantes de regiones caribeñas y africanas, es rico en vitaminas tales como ácido ascórbico, riboflavinas, tiamina y pro vitamina A. Además, poseen la mayor parte de los aminoácidos esenciales: arginina, serina, asparagina, glicina, glutamina, isoleucina, y valina, y en menor cantidad: histidina, metionina, triptofano y lisina[60].

En la Tabla 1. Indica la composición de los tubérculos de ñame de diferentes especies. Al igual que ocurre con la yuca, el componente principal de la materia seca del ñame son las féculas o almidones, que sin embargo no se pueden separar con facilidad, dado que los granos están unidos por mucílagos. La naturaleza y el contenido de esos mucílagos, que son sobre todo glucoproteínas, dan un carácter peculiar al ñame machacado, o fufú que se prepara con diferentes especies[61].

TABLA 1. Composición de diferentes especies de tubérculos de ñame.

Composición (Por 100g)	***D*ioscórea rotundata**	***D*ioscórea alata**	***D*ioscórea cayenensis**	***D*ioscórea esculenta**	***D*ioscórea dumetorum**
Humedad (g)	60-70	70	80	70-80	80

[60] RINCÓN, A. Evaluación del posible uso tecnológico de algunos tubérculos de las Dioscórea: Ñame Congo (Dioscórea bulbífera) y mapuey (Dioscórea trífida). En: Archivos Latinoamericanos de Nutrición. Vol. 50, No. 3 (2000), p. 286-290.

[61] UTILIZACIÓN DE ALIMENTOS TROPICALES: raíces y tubérculos Escrito por FAO. [Citado Marzo 2008]. [online]. Disponible en internet: < http://books. google.com.co/ books?

Azúcares (g)	-	0,5	-	0,6	-
Grasas (g)	0,1	0,1-0,3	0,1	0,1-0,3	0,3
Proteína bruta (g)	1,1-2	1,1-2,8	1,0	1,3-1,9	2,8
Fibra cruda (g)	0,4-0,8	0,6-1,4	0,4	0,2-1,5	0,3

Los espacios en blanco (-) indican que no se dispone de datos.

Fuente: Utilización de alimentos tropicales: raíces y tubérculos (FAO)

2.6 USOS DEL ÑAME

El ñame es utilizado en la obtención de almidones y en la preparación en diversos platos. Los tubérculos se consumen cocidos, en puré, en sopas y guisos. Se consume frito, forma en la que se preparan hojuelas crocantes. También se prepara una chicha o "masato" de ñame. En África, el ñame se usa en la preparación de "fufu", alimento tradicional en estos pueblos, que consiste en una masa elástica elaborada con ñame cocido, molido y amasado en un mortero de madera. Sustituto de la papa y la yuca utilizada como materia prima para elaboración de concentrados para animales cuando posee un buen rendimiento en materia seca total[62].

Su uso medicinal se demuestra en el hallazgo de sustancias conocidas como sapogeninas que tienen composición química similar a la de los corticoides (cortisona, hormonas sexuales, anticonceptivos), de uso farmacéutico en muchas especies de ñame silvestre[63].

---

[62] UTILIZACIÓN DE ALIMENTOS TROPICALES: raíces y tubérculos Escrito por FAO. [Citado Marzo 2008]. [online]. Disponible en internet: < http://books. google.com.co/ books?ide>

[63] MUNDO FRUTAS Ltda. De Colombia para el mundo. [Citado Marzo 2008). [online]. Disponible en internet: <http://www.mundofrutas.com/ wordpress/?page_i d=63>

Por otro lado, se ha encontrado que varias especies de ñame contienen una fitohormona denominada diosgenina, de amplia utilización farmacéutica en la fabricación de anticonceptivos y en la regulación hormonal de mujeres para el tratamiento de la osteoporosis y los malestares de la menopausia; también se le utiliza para el tratamiento de la arterioesclerosis, la hipertensión y los altos niveles de colesterol. La diosgenina tiene propiedades antiinflamatorias similares a la cortisona, sin sus efectos secundarios, y ha sido utilizada en el tratamiento de inflamaciones de las articulaciones y erupciones alérgicas[64].

Su color blanco y su cremoso sabor han logrado que dichos tubérculos sean ampliamente utilizados como alimento en países de África y el Caribe. Su cocción es muy sencilla (como las papas) sólo pelar la cáscara, cortar en trozos y dejar hervir unos minutos hasta que se ablande[65].

El ñame Presenta un consumo importante por ser rico en almidón, es un alimento particularmente tropical básico en África Occidental, donde se cultiva más del 90% de la producción mundial, y por habitante un consumo de alrededor de 65 kg por año[66].

El ñame representa un alimento valioso por el contenido de almidón que representa cerca de 16-30g/100g en base (húmedo) y una fracción pequeña de la proteína, pero sin embargo valioso de aproximadamente 1-3 gr. /100 gr. en base (húmedo). Además, la capacidad de almacenamiento del ñame dura desde unas

---

[64] YAM O ÑAME SALVAJE. [Citado Marzo 2008]. [online]. Disponible en internet: <http://www.draotiliaboix.com/proyam.php>

[65] CULTIVO CASERO DEL ÑAME BLANCO O YAM (*Dioscórea alata*). [Citado Marzo 2009]. [online]. Disponible en internet:<http://www.mujercompleta.com/portal2/ind ex.php?categoryid=13&p2_articleid=78>

[66] BRUNNSCHWEILER, Judith; et al. Structure–texture relationships of fresh pastes prepared from different yam (*Dioscórea* spp.) varieties. En: ScienceDirect LWT- Food Science and Technology. Vol. 39 Septiembre 2006, p. 762-769.

pocas semanas a varios meses y puede ampliarse con la mejora de las tecnologías de postcosecha[67].

En África occidental, los ñames se han transformado en harina seca que se consume como una pasta espesa (Amala), el principal de los atributos de calidad son el color, la textura y el sabor. Los tubérculos frescos también pueden ser almacenados durante varios meses antes de su transformación[68].

2.7 PRODUCCIÓN DE ALCOHOL

Se han aislado y purificado de los tubérculos de Dioscórea cayenensis (ñame amarillo) tres formas diferentes de alcohol deshidrogenasa, ADC_1, ADC_2 y ADC_3. Ellos muestran la especificidad de sustrato estrecho, se activa con alcoholes alifáticos, pero no se oxidan alcoholes aromáticos o alcoholes alifáticos secundarios. El etanol es altamente específicos para Dinucleótido de nicotinamida adenina (NAD^+) y lo prefieren como sustrato. Masas moleculares de las fracciones obtenidas ADC_1, ADC_2 y ADC_3, son respectivamente 60.000, 70.000 y 58.000 y estos parecen ser los más bajos reportados para las plantas nativas del alcohol deshidrogenasa, con la excepción del alcohol deshidrogenasa de maíz. Las enzimas muestran cinética de Michaelis-Menten, fueron inhibidos por cationes bivalentes, intermediarios de la glucólisis, citrato y Adenosin trifosfato (ATP), pero activada por Adenosín monofosfato (AMP). El K_m (constante de Michaelis-Menten). De los altos valores de las enzimas para el etanol están en consonancia con la alta concentración de etanol producido por los tubérculos de ñame cuando son sometidos a condiciones de anaerobio. Los estudios cinéticos indican que las enzimas de ñame están sujetos a regulación, están inhibidos por el ATP y el

[67] FAOSTAT 2001 by Food and Agriculture Organization of the United Nations., Compendium of Food Additive Specifications Addendum 9 (Fao Food and Nutrition Papers) November 2001, Food & Agriculture Org edition. Disponible en internet: http//openlibrary.org/books/OL12898970M/Faostat_2001.

[68] ACHI, O.K. Quality attributes of fermented yam flour supplemented with processed soy flour. En: Plant Foods for Human Nutrition (Formerly Qualitas Plantarum). Volumen 54, Número 2 / Junio de 1999 p. 151-158.

citrato, y activada por el AMP. Es esta característica de la enzima que participa en la generación de energía[69].

2.8 PROCESAMIENTO DEL ÑAME

En Colombia las experiencias de procesamiento del ñame son reducidas. Por lo que el 78% de la producción se dirige al mercado en fresco y se conocen transformaciones tecnológicas. Mientras en África solo es tradicional la preparación de harina[70].

A parte del potencial de la harina y productos derivados el ñame se puede convertir en almidón, principal componente de los rizomas con un 75% de la materia seca[71].

Principalmente, el ñame es un alimento que es procesado domésticamente y por pequeños comercios. Los productos de ñame son preparados en formas de pastas, hervido, asado y frito. Las pastas de ñame son preparadas primariamente machacando pedazos cocinados o por reconstitución de harina seca de ñame. Por la aceptación del consumidor la textura es por lejos la cualidad más importante, factor para las pastas de ñame[72].

Los tubérculos de ñame *(Dioscórea alata, rotundata, esculenta),* presentan cambios en los componentes de hidratos de carbono durante la latencia y la germinación como la disminución en el contenido de almidón (35%) fue el cambio

---

[69] OLUOHA, U. Purification and kinetic properties of alcohol dehydrogenase from yellow yam tubers (*Dioscorea cayenensis*). En: Plant Science. Vol.107 (1995), p. 1-7.

[70] UTILIZACIÓN DE ALIMENTOS TROPICALES: raíces y tubérculos Escrito por FAO. [online]. [Citado Marzo 2008]. Disponible en internet: < http://books. google.com.co/ books?ide>

[71] ALVIS, Armando; VÉLEZ, Carlos A. y RADA-MENDOZA, Maite. Composición de Ñames Frescos Cultivados en Colombia y Sometidos a Freído por Inmersión. [online]. 2008, Vol.19, n. 1, p.3-10. [Citado Marzo 2008]. Disponible en internet: <http://www.scielo.cl/scielo.php?=S0718-076420080001000002&script=sci_abstra ct>

[72] EZEH, N. Economics of yam flour production: implications for research and development, and promotion of yam-based industries in Nigeria. En: Tropical Agriculture (Trinidad): Vol. 69(1992), p. 51-57

más importante se observó en las tres especies de ñame. Más del 50% de la reducción de almidón se llevó a cabo durante el período de reposo vegetativo. La conversión del almidón en azúcares y su utilización se refleja en las fluctuaciones de los niveles de la reducción y azúcares reductores en períodos germinación. También se observaron cambios en la fracción de amilosa en el almidón. Análisis de cromatografía de azúcar en los tubérculos indica la presencia de glucosa y sacarosa en los tubérculos frescos. La fructosa, maltosa fueron detectadas durante los períodos de latencia / germinación[73].

2.9 ALMACENAMIENTO

Los tubérculos de ñame pueden almacenarse por varios meses; la pérdida de peso (en un período hasta de ocho meses) fluctúa entre 7 y 24% de acuerdo con la especie. La mejor manera de almacenar los tubérculos en el campo es enterrándolos. Solo se deben almacenar rizomas sanos y tener la precaución de eliminar todos los rizomas enfermos y dañados por los instrumentos de cosecha. Cuando se tiene un centro de acopio para el almacenamiento de ñame, debe tener buena ventilación y evitar que la temperatura se eleve fuertemente. Para almacenar tubérculos para semilla, éstos deben ser tendidos en el suelo en capas finas o en montículos a la temperatura ambiente (25 a 30°C). Aunque el tubérculo se puede almacenar por varios meses, es conveniente controlar periódicamente las condiciones de humedad y temperatura. Cuando los tubérculos quedan expuestos al sol durante mucho tiempo se desarrollan lesiones negruzcas en el interior de ellos[74].

2.10 GRÁNULOS DE ALMIDÓN

---

[73] Ibid., p. 51-57

[74] ÑAME. [online]. [Citado Abril 2009]. Disponible en internet:<http://www.fao.org/i npho/content/.../NAME.HTM>

En los cereales y tubérculos que lo contienen, el almidón se encuentra en las células formando estructuras discretas, los gránulos de almidón. Estos gránulos tienen un tamaño entre 2 y 100 micras, dependiendo del vegetal, aunque en un mismo vegetal aparece una cierta heterogeneidad de tamaño Los gránulos de almidón de arroz están entre los más pequeños, y los del almidón de patata, entre los más grandes, en los extremos del rango de tamaños indicado. La forma suele ser redondeada, pero también aparecen gránulos de forma alargada o más o menos irregular. En los gránulos de almidón, que no están rodeados por ninguna envoltura, las moléculas de amilosa y de amilopectina se disponen en forma radial, formando una serie de capas concéntricas. En estas capas existen zonas cristalinas, en las que las cadenas están asociadas en forma de hélices[75].

La amilosa y amilopectina son dos moléculas que constan en el almidón (carbohidratos complejos). Ambas se componen de cadenas largas de moléculas de glucosa. Cerca del 25% de la mayoría de los almidones es amilosa y el 75% amilopectina[76].

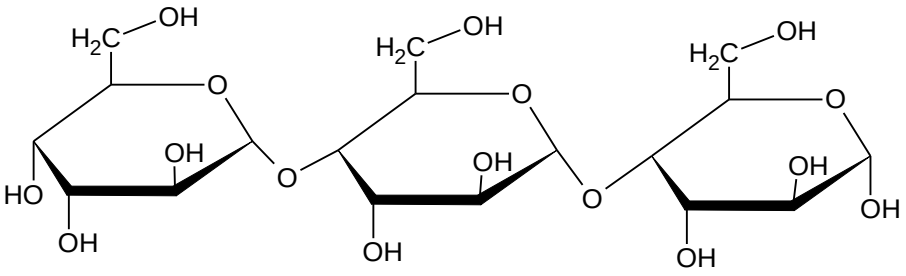
La Amilosa. Es una moléculas que están compuestas de aproximadamente 200 a 2500 moléculas de glucosa unidas por enlaces glicosídicos α-*1,4* en cadenas no ramificadas.

Figura 8. Estructura química de la Amilosa.

---

[75] BIOQUÍMICA De Los Alimentos. Miguel Calvo. [online]. [Citado Mayo 2009]. Disponible en internet: < http://www.milksci.unizar.es/bioquimica/temas/azucares/al midon.h>

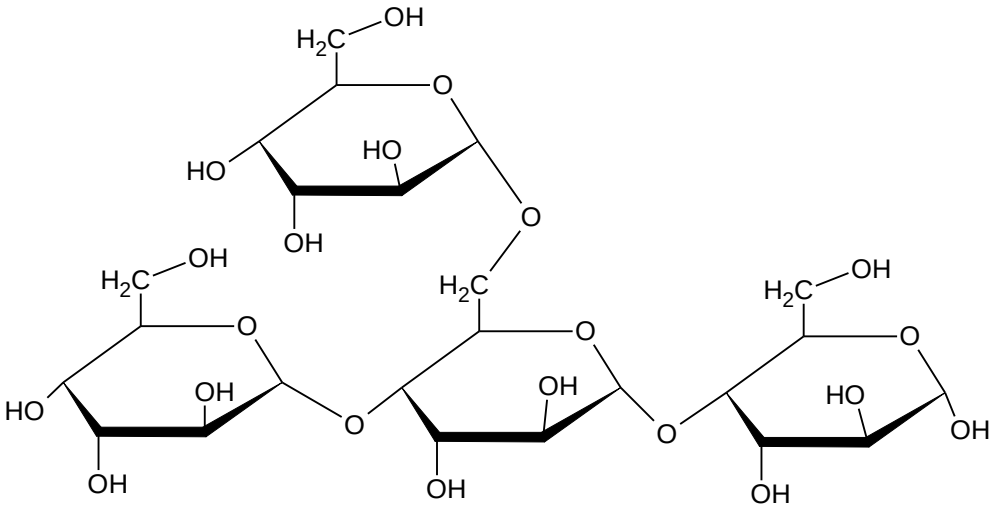
[76] AMILOSA. [online]. [Citado Mayo 2009]. Disponible en internet: <http://es.wikiped ia.org/wiki/Amilosa>



Fuente: Realizadas con el programa: ChemSketch*12.0

La Amilopectina**.** Molécula del almidón que tiene ramificaciones y está constituida por muchos anillos de glucosa unidos entre sí para formar largas moléculas con numerosas ramificaciones laterales cortas.

Figura 9. Estructura química de la Amilopectina.



Fuente: Realizadas con el programa: ChemSketch*12.0

Las moléculas de amilopectina son significativamente más grandes que las moléculas de amilosa; algunas contienen entre 10000 y 20000 unidades de glucosa. La amilopectina es esencialmente insoluble en agua caliente[77].

[77] AMILOSA. [online]. [Citado Mayo 2009]. Disponible en internet: <http://es.wikiped ia.org/wiki/Amilosa>

El almidón es un material semi- cristalino, con una cristalinidad que se encuentra entre el 25 – 31%dependiendo de la especie vegetal. La amilopectina es el principal componente responsable de la cristalinidad del granulo de almidón, que es producida por la longitud y ordenamiento de sus cadenas ramificadas, sin embargo, también depende del porcentaje de amilosa[78]. La extracción comercial del almidón fue considerada como no probable por Coursey, por su viscosidad debida a la presencia de mucílagos y alto costo de producción. Sin embargo 24 años después Moorthy desarrollo una técnica para extraer el almidón de raíces y tubérculos mucilaginosos[79], el almidón se encuentra en gran abundancia en la naturaleza, además es la reserva de energía de las plantas[80].

El almidón de tubérculos y cosechas de raíz son subsidiario importante o subsistencia alimenticia en continentes tropicales y subtropical[81].

Los almidones son de importancia comercial, debido a su la inercia, la abundancia y baratura. Almidones Comercial se obtienen a partir de cereales (maíz, maíz ceroso, de alta de amilosa de maíz, trigo y diversas variedades de arroz) y de tubérculos y raíces (en particular, la papa y la yuca). Almidones se han convertido en un valioso ingrediente en los alimentos la industria, donde se utilizan como espesantes, gelificantes, grupaje y los agentes de retención de agua, y la industria farmacéutica industria en la que se utilizan como rellenos, aglutinantes y desintegrantes en las formulaciones de comprimido[82].

---

[78] RETNAYAKE, Wajira. S; y JACKSON, David .S. Gelatinization and Solubility of corn starch during in excess water: En: Journal Agriculture Food Chemestry. Vol. 54 (2006), pp. 3712–3716.

[79] VELASCO, Reinaldo J. et al. Dextrin Production from Cassava Native Starch by Dry Route in a Rural Agroindustry. En: Inf. tecnol. (2008), vol.19, n.2, pp. 15-22.

[80] ALIMENTO. [online]. [Citado Junio 2009]. Disponible en internet: <http://es.wikipe dia.org/wiki/Alimento>

[81] HILL, J. Los carbohidratos en el control de peso. Boletín Dieta y Salud, Órgano Informativo de Alimentos Kellogg's sobre la Relación entre la Nutrición y la Salud. Año 7, No. 1- 8 p.; 2000.

[82] ODEKU, Oluwatoyin A. and PICKER-FREYER, Katharina M. Characterization of acid modified *Dioscorea* starches as direct compression excipient. En: Pharmaceutical Development and Technology June 2009, Vol. 14, No. 3, p. 259-270.

[83] WHISTLER, RL. y BEMILLER, J.N. Carbohydrate Chemistry for Food Scientists. En: Wiley online library (1997). pp. 241

Almidones comerciales se obtienen a partir de semillas (maíz, maíz ceroso, maíz alto en amilosa, trigo y arroces) y de tubérculos y raíces, especialmente de papa, camote y la yuca[83]. Demás almidones y féculas, como de ñame que menos tienen aplicaciones comerciales, y publicaciones en forma de almidón, son menores en relación con los de almidón y fécula de maíz[84].

Hoover y vasanthan estudiaron la efecto de tratamiento térmico de la humedad en la estructura y la propiedades fisicoquímicas de cereales, leguminosas y tubérculos almidones. Se observó un contenido de amilosa aparente en de almidón de ñame del 27,1%, muy similar a la de almidón de trigo y de superior a la de avena y los almidones de patata[85].

El almidón nativo de ñame posee una resistencia excepcional a la esterilización que lo convierte en un recurso potencial para el desarrollo de productos que necesiten muy largos periodos de cocción[86].

BeMiller comparo las propiedades generales de unos gránulos de almidón y pastas. Almidones y féculas de mandioca o tapioca mostró 17% de amilosa, y los autores observan la formación de un gel translúcido con alta viscosidad y de una tendencia a media retrogradación[87].

---

[84] HOOVER, R. and VASANTHAN, T. J. Effects of hydrothermal treatments on the rheological properties of potato starch. En: Food Biochemestry. Vol.17 (1994), pp. 303–325.

[85] GONZALEZ PARADA, et al.. Evaluación fisicoquímica y funcional de almidones de yuca (Manihot esculenta Crantz) pregelatinizados y calentados con microondas. *ACV*. [online]. Abr. 2003, vol.54, no.2 [citado Abril 2009], p.127-137. Disponible en internet: <http://www2.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0001-55042003000200007&lng=es&nrm=iso>.

[86] DIAN. [online]. [Citado Junio 2009). Disponible en internet: <http//www.avancej uridico.com/.../2008/.../r_dian_0432_2008>

[87] ARISTIZABAL, G. Johanna, MORENO, Fabián Leonardo y BASTO, O. Gustavo. Estudio de una nueva técnica e implementación de una línea piloto de proceso para la obtención de dextrinas a partir de almidón de yuca. *Ing.* Investig. [online]. May/Aug. 2007, vol.27, no.2 [Citado Abril 2009], p.26-33. Disponible en internet: <http://www.scielo.unal.edu.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-56092007000200004&lng=en&nrm=iso>.

Los almidones del ñame de *D. alata* y *D. cayenensis-rotundata* son especies complejas. Se caracteriza por tener un grano de gran diámetro (aproximadamente 25 micras), con un alto contenido de amilosa (alrededor del 25% db), una viscosidad intrínseca alta (media de 190 cm^3 $g^{-1)}$, y una alta viscosidad aparente y la claridad de la pasta.

Las variedades de *D. esculenta* se caracteriza por un tamaño de granulo pequeño (diámetro de 6 micras), con una viscosidad intrínseca (121 cm^3 g-1), un gran cambio de entalpía de gelatinización (19 J g-1) y una baja viscosidad.

La claridad del gel esta principalmente vinculados al tamaño del gránulos, entre más pequeño el gránulo los geles son más opaco[88].

2.11 CARACTERÍSTICAS DE LOS ALMIDONES Y POTENCIALIDADES DE USO

Sobre la importancia del almidón para su aprovechamiento industrial se debe anotar que el almidón es el segundo compuesto que se encuentra en abundancia en la naturaleza, después de la celulosa, además es la reserva de energía de las plantas. La gran diversidad de características y propiedades funcionales de los diferentes tipos de almidón permite su utilización en una amplia gama de industrias como la alimenticia (panificación, coladas, espesante de sopas instantáneas, productos enlatados, fabricación de salsas, productos dietéticos, dulces y gomas, entre otros); en farmacéutica, cosmetología, textil, de adhesivos, papelería y producción de alcoholes[89].

---

[88] AMANI N'GUESSAN, Georges; BULÉON, Alain; KAMENAN, Alfonso; COLONNA, Pablo. La variabilidad en la físico-químicas del almidón y las propiedades funcionales de ñame (Dioscorea sp) cultivadas en Costa de Marfil. Diario de la Ciencia de la Alimentación y la Agricultura , Volumen 84, Número 15, diciembre de 2004, pp 2085 – 2096.

[89] SANDOVAL SIERRA, Noris Viviana. El Sistema Agroalimentario Localizado De Producción De Almidón Agrio De Yuca En El Departamento Del Cauca - Colombia Comité para la Promoción de la Agroindustria de la Yuca, PROYUCA Centro Inter- nacional de Agricultura Tropical, CIAT.

La diversidad de almidones disponibles en los tubérculos muestra que algunos de los almidones pueden ser usados en lugar de los almidones modificados químicamente disponibles en el mercado[90].

El punto de gelatinización se obtiene cuando los gránulos de almidón se encuentran en exceso de agua y se aplica calor. El sistema gelatinizado bajo ciertas condiciones puede experimentar cambios como la reorganización de las moléculas de almidón y convertirse en una estructura de gel; esta secuencia de eventos se conoce como *retrogradación*. La gelatinización de los gránulos de almidón se ha definido como la transición de fase de un estado ordenado a un estado desordenado, el cual se lleva a cabo durante el calentamiento en exceso de agua. Esta transición siempre implica pérdida de cristalinidad, absorción de agua, hidratación del almidón y pérdida de orden anisotrópico o birrefringencia, la cual es una medida del ordenamiento del gránulo de almidón a una escala de longitud de onda de 0,5 µm[91].

La harina de trigo posee constituyentes aptos para la formación de masas (proteína–gluten), pues la harina y agua mezclados en determinadas proporciones, producen una masa consistente. Esta es una masa tenaz, con ligazón entre sí, que en nuestra mano ofrece una determinada resistencia, a la que puede darse la forma deseada, y que resiste la presión de los gases producidos por la fermentación (levado con levadura, leudado químico)[92].

La capacidad inherente de proteínas para absorber agua y para atrapar el aire dentro de la masa es muy importante en harinas de frijol, desde la incorporación

---

[90] SUBRAMONY, moorthy narayana. Las propiedades fisicoquímicas y funcionales de los almidones de tubérculos tropicales 2002, vol.54, n°12, pp 559-592.

[91] LIU, Q., CHARLET, G., YELLE S., ARUL, J. Phase transition in potato starch-water system I. Starch gelatinization at high moisture level. En: Food Research International. Vol. 35, (2002), p. 397-407.

[92] HARINA. [online]. [Citado Junio 2009]. Disponible en internet: <http://www.bota nical-online.com/harina.htm>

[93] MUGENDI, J. et al. Nutritional quality and physicochemical properties of Mucuna bean (*Mucuna pruriens L.*) protein isolates**.** En: International Food Research Journal Vol. 17 (2010), p. 357-366.

del aire durante los azotes de obtener pastas confiere la textura esponjosa característica a Akara[93].

Las proteínas se cree que gran parte responsable de propiedades funcionales, tales como la formación de espuma, emulsión, solubilidad de nitrógeno, y la absorción de agua, mientras que la viscosidad y características del hinchamiento son relacionados con el almidón[94].

Por tanto, cambios en las propiedades fisicoquímicas de la proteína y el almidón, debido a el tratamiento por irradiación puede provocar la modificación de las propiedades funcionales del frijol, harinas y pastas. El alcance y el tipo de cambio puede depender de dosis de radiación empleadas, así como en los efectos secundarios de la radiación inducida por radiolisis agua. En última instancia, la elección de caupí irradiados, harinas o pastas como ingredientes en los productos alimenticios se basaría en gran medida de sus propiedades funcionales[95].

2.12 PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE TUBÉRCULOS

Aunque una amplia extensión de cosecha de tubérculo es extensa en el mundo, solo 5 especies cuentan para casi el 99% de la producción mundial total. Estas son: S*olanum tuberosum*, 46% (papa), *Marihot esculenta*, 28% (yuca), *Ipomea batatas*, 18% (patata dulce), *Dioscórea ssp.,* 6% (ñame) y *Colocassia, Cytosperma, Xanthosoma ssp*., 1%[96].

---

[94] ABU, Joseph Oneh. et al. Functional properties of cowpea (Vigna unguiculata L. Walp) flours and pastes as affected by γ-irradiation. En: Food Chemistry. Vol. 93 (2005), p. 103-111.

[95] ibid., p. 103-111

[96] JAYAKODY, L et al. Studies on tuber starches. II. Molecular structure, composition and physicochemical of yam (*Dioscorea* sp.) starches grown in Sri Lanka. Carbohydrate Polimers. En: ScienceDirect-Carbohydrate polymers. Vol.69 (2007), p. 148-163.

La producción comercial de ñame es de gran importancia alimenticia en países en desarrollo de las regiones tropicales y subtropicales de África, Asia y el Caribe[97]. En Costa Rica, su producción es con fines de exportación a EE.UU., Europa y el Caribe, donde este producto es consumido por comunidades de origen tropical[98].

Las exportaciones de D. trífida y D. alata en el 2004 fueron cercanas a 1,5 y 0,5 millones de dólares, respectivamente[99].

---

[97] LIU, Q., CHARLET. Op. Cit., p. 397-407.

[98] CHOU, Chiang; CHUNG, B; CHEN P y HSU, C. Effects of storage temperatures on the antioxidative activity and composition of yam. En: Food Chemestry. Vol. 22 (2006), p. 618-623.

[99] PROCOMER. Promotora del comercio exterior de costa rica, estadísticas de exportación del 2005.En:www.procomer.com/contenido/.../anuario-estadistico-2005.pdf - Costa Rica.

3. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de estudio en el que se desarrollo esta investigación fue de tipo experimental y descriptivo.

3.2 UNIVERSO Y LOCALIZACIÓN

El presente proyecto se realizó con harina de (*Dioscórea cayenensis*); los tubérculos fueron adquiridos en los Montes de María del departamento de Sucre, hacienda Mateo Pérez.

Presentaban un tiempo post cosecha estimado de 8-10 días

3.3 MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

3.3.1 Proceso de lavado. Los tubérculos se lavaron y pelaron manualmente utilizando un cuchillo de acero inoxidable, se sumergieron en agua con limón para evitar la oxidación y eliminar el mucílago propio de este, se peso para determinar la cantidad de materia en fresco.

3.3.2 Secado del ñame. Los tubérculos una vez lavados se cortaron en lonjas muy finas de aproximadamente de 2-5 milímetros, se sumergieron nuevamente en agua con limón y se lavaron con agua del grifo para retirar el residuo de agua con limón, se escurrieron en un cedazo grande y se coloco en el horno a una temperatura de 105ºC por un periodo de 24 horas, se peso para determinar la perdida de agua. Parte de las lonjas de ñame (~10kg) se colocaron a secar al sol por aproximadamente (4) semanas.

Figura 10. Lonjas de ñame *D. cayenensis* al fresco.

Fuente: Obtenida durante la realización del trabajo (material de trabajo). Universidad de Sucre. 2009.

3.3.3 Elaboración de las harinas. Las lonjas de ñame una vez secas se molieron en un molino casero para la obtención de la harina. (<80 µm) en el fondo y con diversos tamaños de las mallas utilizadas (800 mm, 200 µm, 125 µm, 100 µm, 90 µm y 80 µm).

El nombre de las muestras se abrevió con el fin de facilitar la expresión de estas y se llamaran:

MSA-MSA1 = Muestra seca y almacenada de hace un año secada al sol.

MSR- MSR1= Muestra reciente secada al horno.

MROH= Muestra Oscura reciente secada al horno.

MRCH= Muestra Clara reciente secada al horno.

3.3.4 Almacenamiento. Se uso una harina que estuvo almacenada aproximadamente durante 1 año en condiciones de total hermetismo en bolsas resellables y latas con tapas a presión.

También se utilizaron muestras más recientes secadas al horno con el propósito acortar el tiempo de secado y mirar las diferencias en sus propiedades, almacenadas de igual forma que las anteriores.

3.3.5 Tamizaje de la harina. La harina se tamizó utilizando un juego de tamices de tamaño de 1mm, 800, 125, 100, 90 y 80 µm.

3.3.6 Morfología del gránulo de harina de ñame amarillo. El tamaño y la forma de los gránulos de la harina de *Dioscórea Cayenensis* fueron examinados en un microscopio con cámara digital Carl Zeiss primostar serie 3120000339 Cannon 7.1 Digital powerShot A620, el tamaño se determino mediante la medición de la longitud y ancho del granulo teñido con yodo. Determinado según metodología descrita por Jayakody, Hoover & Donner, 2006.

3.3.7 Índice de hinchamiento. Fue determinado utilizando el método descrito por Prynyawiwatkul (1997) con algunas modificaciones, se pesó un gramo de muestra en una balanza analítica se colocó en un tubo de ensayo que contenía 30ml de agua destilada se agito por un minuto, los tubos se calentaron en un baño de agua (90ºC, 30minutos) con intervalos de mezcla; se refrigero en un tazón de agua por 30 segundos y en hielo por 10 minutos para acelerar la formación de gel, se centrifugó a 6500 rpm, las muestras se dejaron en reposo durante 5 minutos a temperatura ambiente, se decantó el sobrenadante, y el residuo se pesó. El índice hinchamiento se cálculo con la siguiente fórmula:

$$IH = \frac{P.M.H - P.M.S}{P.M.S} -$$

Donde:

IH: Índice de hinchamiento

P.M.H: Peso muestra húmeda

P.M.S: Peso muestra seca.

3.3.8 Solubilidad. La solubilidad de la harina molida se determinó de acuerdo con el procedimiento utilizado para índice de hinchamiento y se continuó con procedimiento de Schoch, 10ml del sobrenadante fueron pipeteados a una cápsula de porcelana de peso conocido, se llevan a ebullición para evaporar el agua cuando queda 1ml se llevó al horno a 105º C por 3h, se enfrío y se peso la cápsula de porcelana. Se calculó con la siguiente fórmula:

$$IS = \frac{M_0 - M_1}{M_\circ} \times 100$$

Donde

M_o= masa inicial

M_1 =masa seca después de 3 horas a 105ºc

3.3.9 Determinación gravimétrica de agua por secado y pesada. Para la medición de humedad de la harina del ñame amarillo tanto seco como fresco se utilizó el protocolo de Current Protocols Chemistry (2001) A1.1-A1.1.6 aproximadamente 5 gramos de muestra homogénea, se tararon los crisoles vacíos y luego con la muestra en una balanza analítica (Denver Instrument) APX 200, se precalentó el horno MEMMERT U25-78136 a una temperatura de 105ºC, la muestra se seco durante 4h a 105ºC, se dejaron enfriar por 30 minutos en una campana de Gauss y se tararon nuevamente, luego de registrar el peso se colocaron los crisoles nuevamente en el horno por 1h y se peso nuevamente, se realizaron periodos pesaje hasta que se obtuvo un peso constante. Se utilizo la siguiente fórmula:

$$\%H = \frac{P.M.H - P.M.S}{P.M.H} \times 100$$

Donde:

%H: porcentaje de humedad;

P.M.H: Peso Muestra Húmeda

P.M.S: Peso Muestra Seca

3.3.10 Capacidad de absorción de agua y aceite (WAC y OAC). Se determinó utilizando los métodos de la AACC 56-20 (AACC, 2000) con ligeras modificaciones, se peso 0.5 gramos de muestra en una balanza analítica se agregaron a 7.5 ml de agua destilada y/o aceite, se agitaron intermitentemente por 10 minutos, se centrifugaron a 3600 rpm, por 15minutos, el sobrenadante acuoso y/o aceite se decanto y el tubo de ensayo se invirtió por 5 minutos sobre un papel filtro permitiendo absorber el exceso de agua, o aceite el residuo se peso y se dejo en el horno 24h a 50ºC.

Calculándose con la siguiente fórmula:

$$\%WAC = \frac{M_2 - M_0}{M_2} \times 100$$

Donde:

M_2 = masa humedad

M_0= masa inicial

3.3.11 Determinación de cenizas. Se pesó en una balanza analítica 5 g de muestra en un crisol de porcelana previamente tarado, se introdujo en la mufla procurando que el calentamiento fuera uniforme para lograr la carbonización completa de la muestra a una temperatura de 200ºC. Cuando ya no se desprendían vapores combustibles se llevo a una temperatura de 900ºC durante 2 horas hasta que las cenizas quedaron grises clara; se dejó enfriar el crisol en un

desecador y se peso en la balanza analítica. El contenido de cenizas, expresado en porcentajes, se calcula aplicando la siguiente ecuación:

$$Ceniza\% = \frac{B - C}{W} \times 100$$

Siendo:

B = Masa de la cápsula más cenizas, en gramos.

C = Peso de la cápsula vacía, en gramos.

W = Peso de la muestra e gramos.

3.3.12 Determinación de humedad. Para la determinación de humedad se utilizó una plancha de calefacción en una temperatura de 130°C, luego se pesaron 10 gramos de la harina de ñame en cada platillo contrastador, el equipo posee dos platillos esparciendo la muestra para repartirla de manera homogénea. Los platillos se llevaron al determinador de humedad Marca tal modelo tal por un tiempo de 10 minutos. El equipo produce un resultado en porcentaje (%) el cual es el contenido inocuo en la muestra, la diferencia, resultante entre las dos muestras no deberá ser mayor de 0.1%.

3.3.13 Determinación de gluten. Se pesaron 10 gramos de la muestra en un mortero de porcelana se homogenizó formando una bola sin dejar perder harina con 5.8 cc de agua de grifo. El mortero se dejo en reposo cubierto por 10 minutos, se amasó bajo una corriente de agua de grifo, hasta que el agua sea incolora; se probó que no hubiera quedado almidón, verificando que no se desprendiera sustancia lechosa, el gluten está totalmente lavado. Se prensó para escurrir, se peso, el resultado se multiplica por diez (10) dando el porcentaje del gluten húmedo, se tomó un gramo de la masa y el resto se colocó en la placa de vidrio, se llevó a la mufla a una temperatura de 130ºC durante 2 horas y 30

minutos en la campana extractora hasta enfriar, se pesó, el resultado lo multiplicamos por el porcentaje de gluten húmedo y por 10 este se divide % gluten-10g; el resultado es el gluten seco; en un balón de destilación graduado para gluten, se preparó una solución de ácido láctico al 2%, se mezcló y 1g de la muestra antes mencionada se divide en partes iguales y se agrega en la solución de ácido láctico al 2%, se deja en reposo tapado durante 2½ horas, al cabo de este tiempo se invierte suavemente el balón de destilación y realiza la lectura. Este valor da la cantidad del gluten. El gluten seco se expresa en porcentaje en masa del producto es igual a:

$$\%gluten = \frac{WhxWsx\,10}{Wh - 10\,g} \times 100$$

Donde:

Wh= Peso del gluten húmedo;

Ws= Peso del gluten seco.

3.3.14 Determinación de proteínas. 2 g de muestra de harina con una pequeña cantidad de selenio en polvo se colocaron en un balón Kjeldahl, agregado 10 g de sulfato de potasio pulverizado o de sulfato de sodio anhidro y 25 cm^3 de ácido sulfúrico concentrado, se le colocó el balón en posición inclinada, se calienta la solución, cuando comience a emitir vapores, colocar el botón de la estufa en alto, se hierve vigorosamente la solución hasta que quede límpida manteniendo la ebullición durante 30 minutos más, dejar enfriar la solución, se añaden 200 cm^3 de agua destilada y se deja enfriar de nuevo por debajo de 25 ºC, a la solución que se le adicionó 200 cm^3 de agua destilada, esperar por 5 minutos a que se enfríe nuevamente agregarle ½ granalla de cinc. Se adicionó lentamente 75 cm^3 de solución concentrada de hidróxido de sodio y se midió 150 cc de la solución de ácido bórico al 2 % se vierten en el erlenmeyer de 500 ml y se agregó 0.35 % de la solución indicadora dando un color morado obispo; se conecta rápidamente el

balón al aparato de destilación, teniendo en cuenta que el otro extremo quede sumergido en la solución de ácido bórico con la solución indicadora y dejar destilar hasta completar unos 400 cm^3 de destilado, sin que cambie el color verde del indicador se valora con solución 0.5 N de ácido sulfúrico hasta que nos dé un color morado obispo, paralelamente debe llevarse a cabo la valoración del blanco. El contenido de proteína expresado como porcentaje, se calcula aplicando la siguiente ecuación:

$$\% \text{ proteína} = \%N \times 6.25$$

Siendo:

N = Porcentaje de nitrógeno

6.25 = Factor de conversión

3.3.15 Concentración de gelatinización. En la concentración de gelatinización con la harina de *Dioscórea cayenensis* (ñame amarillo) se utilizaron tamaños de partículas 80µm y 90µm y concentraciones de 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 %, 35 %, 40 %, 45 % y 50%. La muestra se disolvió en 5 ml agua desionizada; los

tubos fueron calentados en un baño de agua a 80ºC por 1h, se enfriaron rápidamente en un baño de agua fría y se guardaron en la nevera a 4 ºC por 2 h. La concentración de gelatinización de las muestras fue determinada cuando al invertir el tubo la muestra no se desliza[100].

3.3.16 Viscosidad. Para realizar viscosidad de la harina de *Dioscórea cayenensis* se utilizo un viscosímetro de caída de bola y tamaños de partículas de < 80 µm, 100 µm, 125 µm y concentraciones del 0,5 %, 1 %, 2,5 %, 5 %, 10 % y temperaturas: ambiente, 40 ºC, 50 ºC, 60 ºC, 70 ºC y 80 ºC. El viscosímetro se

[100] ADEBOWALE, K.O., OLU-OWOLABI, B.I., OLAWUMI, E.K., LAWAL, O.S. Functional properties of native, physically and chemically modified breadfruit (Artocarpus artilis) starch. En: Industrial Crops and Products, Vol.21 (2005), pp. 343-351.

llenó con agua de grifo, y el lugar para depositar la muestra problema se llenó con la solución de la harina disueltas en agua destilada; se introdujo la esfera utilizada para determinar la viscosidad registrando el tiempo que se demoraba la esfera en recorrer cierto espacio (marcado en el viscosímetro). Realizado esto a temperatura ambiente se calentó el viscosímetro a 40 ºC, 50 ºC, 60 ºC, 70 ºC, 80 ºC y se realizó el mismo procedimiento (descrito anteriormente) con las diferentes concentraciones.

3.3.17 Determinación de acidez titulable y pH. Se pesaron 10 g de muestra de harina de *D. cayenensis* en un beaker de 200 ml se le agregaron 20 ml de agua destilada se agitó hasta formar una pasta fina, se agregaron 80 ml de agua destilada, y se le adicionó carbón activado para clarificar la muestra se filtró y se adicionaron 4 gotas de fenolftaleína se tituló con NaOH al 0.1 N.

Acidez normal en ml/100g de muestra = V.F.100/P

V= cantidad de NaOH gastada en titulación (3.6 ml)

F= formalidad de la solución (0.1N)

P= peso en gramos de la muestra (10g)

Acidez normal en ml/100g de muestra = V.F.100/P

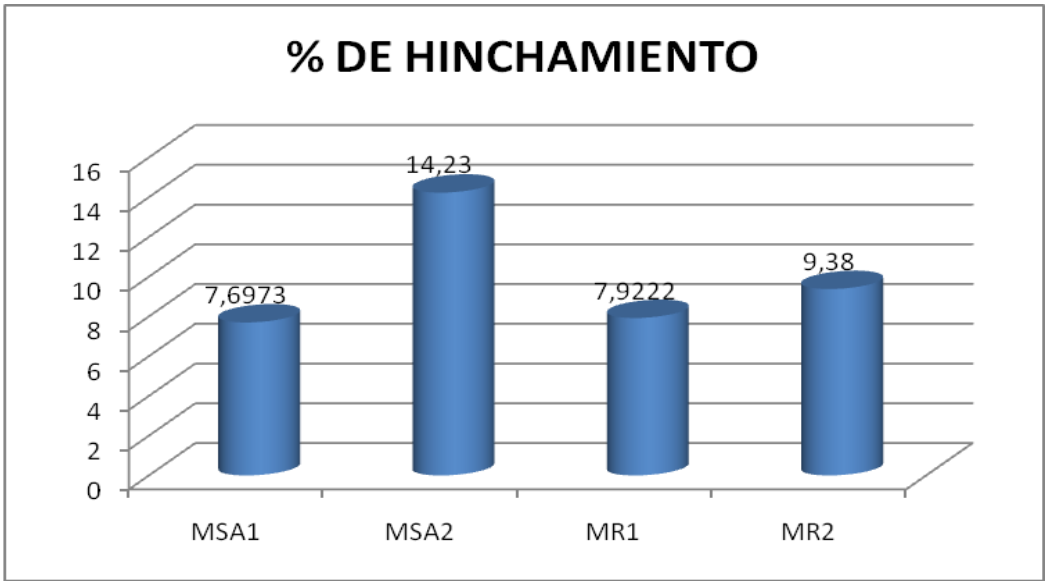
Acidez de la muestra de harina = 3.6x0.1x100/10= 3.6

A 10 g de la muestra de la harina de *D. cayenensis* se le agregaron 30 ml de agua destilada se agitó durante 5 minutos y se dejó en reposo por 30 minutos y se tomó la medida del pH con el pH metro.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 PODER DE HINCHAMIENTO

Figura 11. Índice de hinchamiento.



Fuente: obtenidas a partir de la información recolectada durante la realización del trabajo. Universidad de Sucre. 2009.

MSA= Muestra de la harina secada al sol y almacenada durante un año.
MR= Muestra de la harina reciente y secada al horno.

El poder de hinchamiento de las muestras de la harina de *Dioscórea Cayenensis* (ñame amarillo) analizadas se presentan en la figura 11, (índice de hinchamiento) en la cual se observa una diferencia significativamente alta entre las muestras MSA casi el doble del porcentaje mientras que la diferencia entre las muestras de harina MSR no es tan significativa; al comparar los resultados de las muestras MSA con las MSR también se puede observar una diferencia bastante significativa con lo cual se concluye que de las muestras MSA, una de ellas tiene mayor poder de hinchamiento; la otra muestra MSA su diferencia no es tan alta.

El poder de hinchamiento alto en la harina de *D. Cayenensis* (ñame amarillo) puede ser atribuido a la presencia de más material fibroso en todo el gránulo de la harina que posee más capacidad de retener agua.

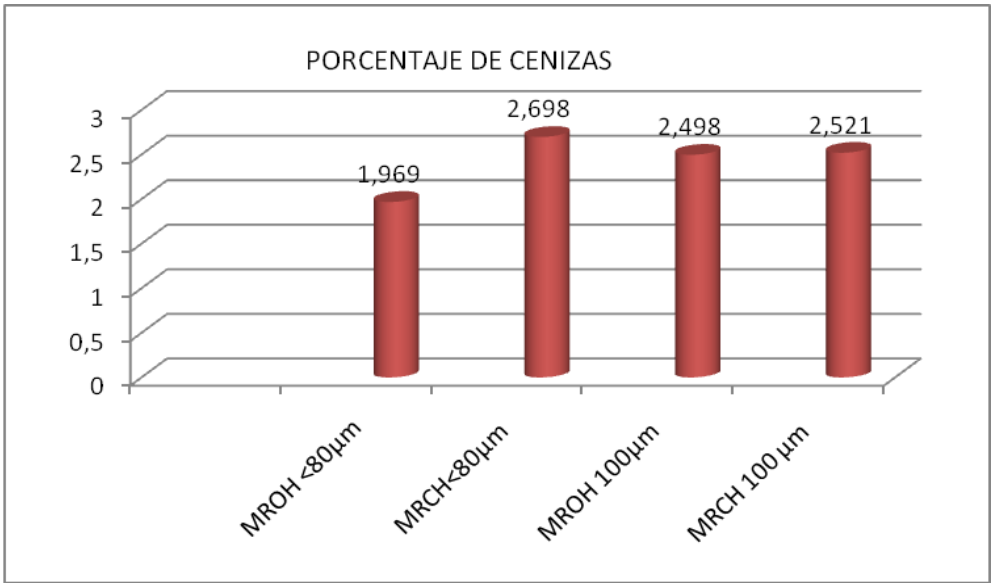
Es una relación inversamente proporcional entre el contenido de amilosa total y el poder de hinchamiento de la harina. Según lo reportado por Sandhya Rani and Battacharaya que los gránulos de almidón con bajo contenido total de amilasa son menos rígidos, hinchan libremente cuando son calentados. Los gránulos de almidón con alto contenido de amilasa, por otra parte, refuerzan mejor y así más rígido, probablemente menor libre hinchamiento. El poder de hinchamiento de almidón fue también reportado que dependía de la capacidad de retención de agua de las moléculas de almidón por unión del hidrogeno. La unión de hidrogeno estabiliza la estructura de las dobles hélices en cristalización son rotas durante la gelatinización y son reemplazadas por las uniones de hidrogeno con agua, y el hinchamiento es regulado por la cristalización del almidón. Previos reportes mostraron que la harina de arroz Japónica Waxy hincha más el respectivo almidón.

El poder de hinchamiento de almidones de diferentes tipos de maíz de acuerdo a Sandhu et al. (2004) están en un rango de 14.9 a 17.9. Previos reportes por Leach muestran que la más importante propiedad de almidón en una aplicación comercial es esta habilidad de hinchamiento y produce una pasta viscosa cuando es calentada con agua[101]

[101] ABU, Joseph Oneh. et al. Functional properties of cowpea (Vigna unguiculata L. Walp) flours and pastes as affected by γ-irradiation. En: (2005) Food Chemistry, Vol. 93, (2005), p. 103-111.

4.2 PORCENTAJE DE CENIZAS

Figura 12. Análisis de cenizas.



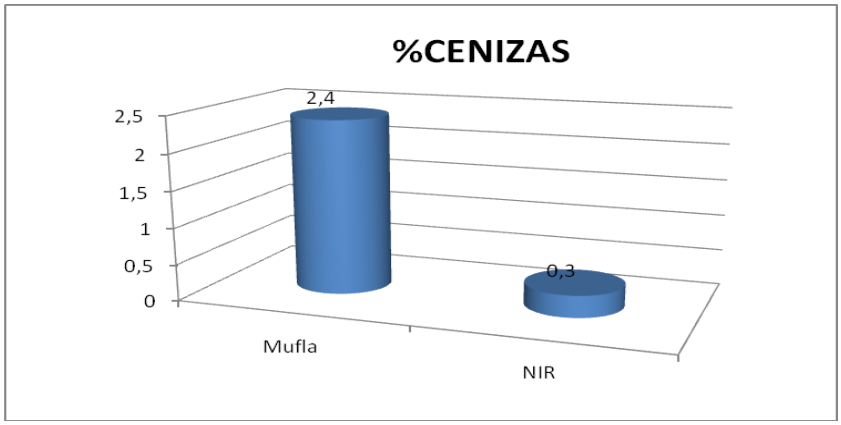
MROH= Muestra reciente oscura de la harina secada al horno.

MRCH= Muestra reciente clara de la harina secada al horno.

El contenido de cenizas se realizo según los métodos oficiales de la AACC. El porcentaje de cenizas obtenido por el promedio de los resultados fue de 2.4%; acorde a los reportados en otros trabajos para las diferentes especies de Dioscórea incluso de la analizada en este trabajo *D. cayenensis*; el porcentaje de cenizas para *D. rotundata* esta en un rango de 0,7-2,6%; *D. alata* 0,7-2,1%; *D. cayenensis* 0.5%; *D. esculenta* 0,5-1,2%; y *D. dumetorum* 0,7%[102].

[102] UTILIZACIÓN DE ALIMENTOS TROPICALES: raíces y tubérculos Escrito por FAO. [online]. [Citado Marzo 2008]. Disponible en internet: <http://books.google.com.co/books?ide>

Figura 13. Promedio de los resultados de % cenizas por dos métodos diferentes.



Fuente: obtenidas a partir de la información recolectada durante la realización del trabajo.

Pero comparando el resultado obtenido por el método oficial de la AACC con los resultados del NIR (Espectroscopia) en el infrarrojo cercano (analiza proteína, humedad y cenizas) se observa una diferencia significativamente alta ya que los porcentajes de cenizas obtenidos por el NIR oscilan entre 0.4 a 0.1%* (*cuando la muestra ha sido almacenada por un periodo de 1 año). Con el NIR se analizaron más muestras ya que es un método rápido y se pueden utilizar para otro tipo de análisis.

Si se analizan los resultados independientemente sin promediar se observa una diferencia entre las muestras MSR1 y MSR2 <80µm una diferencia significativa; mientras que la diferencia entre las muestras de 100µm no es tan alta; la diferencia sigue siendo altamente significativa cuando se compara el resultado de % de ceniza de <80µm MSR1 respecto a los resultados de 100µm MSR1y MSR2; pero comparando los resultados <80µm MSR2 respecto a los de 100µm MSR1 y MSR2 no es tan significativamente alta.

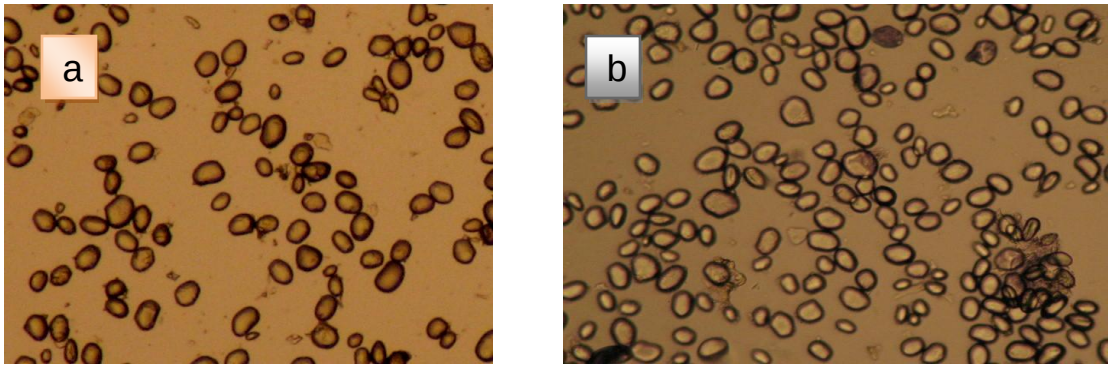
Un mayor contenido de cenizas resulta interesante ya que representa un mayor aporte de minerales para el hombre en su consumo y constituyen el primer paso

en la preparación de una muestra de alimentos para un análisis elemental específico[103].

4.3 MORFOLOGÍA DEL GRÁNULO

Se utilizo la metodología descrita por Jayakody, Hoover & Donner, 2006. Los gránulos de la harina de *Dioscórea cayenensis* presentan un rango de tamaño entre 6 µm a 14 µm de largo y 12 µm a 24 µm de ancho. En los gránulos de la harina de *D. cayenensis* se nota que son morfológicamente irregulares de forma elipsoidal como se observa en la figura 14(izquierda sin colorante, derecha con yodo). La superficie de los gránulos de la harina parece lisa y no se observa ninguna evidencia de grietas o hendiduras.

Figura14. Morfología del gránulo de la harina de *D. cayenensis.*



a). Microfotografía de los gránulos de la harina de D. cayenensis disuelta en agua, b) con tinción de yodo, observada con el objetivo 10x.

Fuente: Obtenidas durante la realización del trabajo (material de trabajo) tomado por Marybel y Yina. Universidad de Sucre. 2009.

[103] GARCÍA, Emith et al. Caracterización Bromatológica De La Berenjena (*Solanum Melongena* L.) En El Departamento De Cordoba. [online]. [Citado Abril 2009]. Disponible en internet: < http://www.unicordoba.edu.co/ revistas/rta/documentos/TEMAS_AGRA_2003_enero.pd>f

Tabla 2. Tamaño del gránulo de la harina de *D. Cayenensis.*

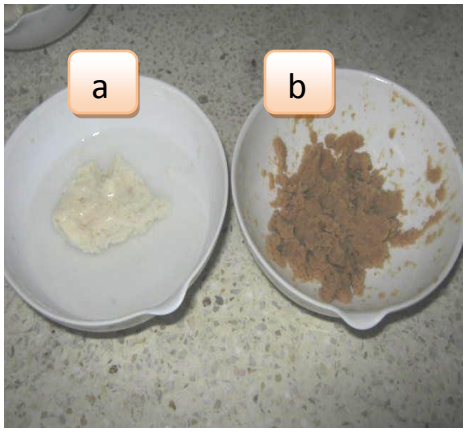
Fuente: Las imágenes anteriores obtenidas durante la realización del trabajo (material de trabajo). Universidad de Sucre. 2009.

Medidas de los gránulos de la harina de ñame amarillo	
Largo µm	**Ancho µm**
14	18
13	18
12	19
6	16
13	9
12	9
5	12
17	25
2	24

4.4 Determinación de Gluten

La determinación de gluten en la harina de *Dioscórea cayenensis* (ñame amarillo) se realizó utilizando los métodos oficiales de la AACC. El resultado obtenido fue negativo como se observa en la figura 15; la harina de *D. cayenensis* es deficiente en contenido de gluten ya que no fue posible terminar el procedimiento descrito en el protocolo debido a que la harina no se dejaba amasar, desmoronándose cuando se intentaba hacerlo esto es una muestra inequívoca de la ausencia de gluten en la harina de *D. cayenensis;* el gluten es el que le confiere a la harina la cualidad de ser panificable (le da el elasticidad a la masa).

Figura 15. Determinación de gluten en harina de *D. Cayenensis.*



a) Harina con presencia de gluten (harina de trigo); b) Harina con ausencia de gluten (harina de *D. cayenensis*)

Fuente: Obtenida durante la realización del trabajo (material de trabajo) tomado por Marybel yYina.

El hinchamiento del gluten posibilita la formación de la masa: unión, elasticidad y capacidad para ser trabajada, retener gases y mantener la forma de la harina, y esto no ocurrió con la harina de *D. cayenensis*. La cantidad de gluten es muy diferente en diversos tipos de harina. La harina con presencia de gluten es una masa tenaz, uniéndose entre sí, que en nuestra mano ofrece una determinada resistencia, y por ende puede dársele forma, resiste la presión de los gases producidos por la fermentación (levado con levadura, leudado químico) para obtener el levantamiento de la masa y un adecuado desarrollo de volumen. A las harinas que contienen menos proteína – gluten se las llama pobres en gluten esta sería la clasificación de la harina de *D. cayenensis,* en cambio, ricas en gluten son aquellas cuyo contenido de gluten húmedo es superior al 30%. Harinas ricas en gluten se prefieren para masas de levadura, especialmente las utilizadas en la elaboración de masas para hojaldre. La harina 0000 es más refinada y más blanca, al tener escasa formación de gluten esto cuando se refieren a la harina de trigo; ya que la harina de *D. cayenensis* no es una masa blanca y es pobre en

gluten, no es una buena contenedora de gas y los panes (en caso de que sea paratal fin) perderían su forma[104].

Por ese motivo sólo se utiliza en panes de molde y en pastelería (la harina de trigo clasificada como 0000), en batido de tortas, hojaldres, etc. La cantidad de gluten presente en una harina es lo que determina que la harina sea "fuerte" o "floja". La harina fuerte es rica en gluten, tiene la capacidad de retener mucha agua, dando masas consistentes y elásticas, panes de buen aspecto, textura y volumen satisfactorios[105].La harina floja es pobre en gluten, absorbe poca agua. La harina de *D. cayenensis* debido a “carecer de gluten” podría ser utilizada para producir alimentos que no sean panes ya que sin el gluten se pierde la característica principal de los mismos como son: la esponjosidad y corteza crujiente, para las personas intolerantes al gluten; alergia conocida como “enfermedad celiaca”; Es una enfermedad que daña el revestimiento del intestino delgado e impide la absorción de partes de los alimentos que son importantes para permanecer saludables. El daño se debe a una reacción por ingerir gluten, el cual se encuentra en el trigo, la cebada, el centeno y posiblemente la avena. La celiaquía no se puede curar. Sin embargo, los síntomas desaparecerán y las vellosidades en el revestimiento de los intestinos sanarán si usted sigue una dieta libre de gluten de por vida. No consuma alimentos, bebidas ni medicamentos que contengan trigo, centeno, cebada o posiblemente avena[106].

Las principales responsables del desarrollo de esta patología son unas proteínas llamadas gamma y alfa gliadinas, que forman parte del gluten.

---

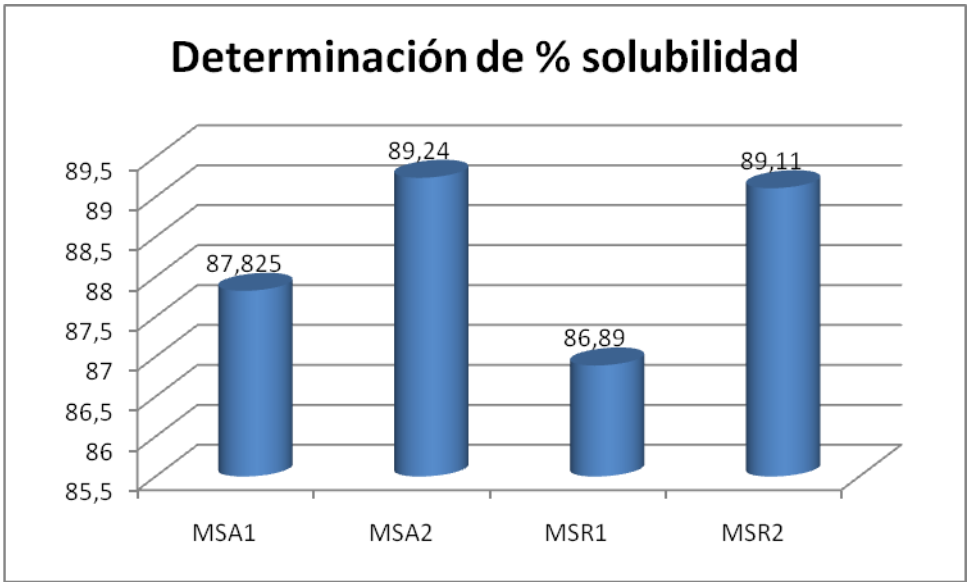
[104] HARINA. [online]. [Citado Marzo 2009]. Disponible en internet: <http://www.alimentacion-sana.com.ar/informaciones/Chef/harina.htm>

[105] HARINA. [online]. [Citado Marzo 2009]. Disponible en internet: <http://www.ali mentacion-sana.com.ar/informaciones/Chef/harina.htm>

[106] CELIAQUÍA. [online]. [Citado Marzo 2009]. Disponible en internet: <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/000233.htm>

4.5 DETERMINACIÓN DE SOLUBILIDAD

Figura 16. Determinación de solubilidad.



Fuente: obtenidas a partir de la información recolectada durante la realización del trabajo. Universidad de Sucre. 2009.

Como se observa en la figura 16, el porcentaje de solubilidad de la harina de D. Cayenensis (ñame amarillo) fluctúa entre el 86.89% y 89.24% sin notarse diferencia significativa ya sea entre las muestras MSA cuya diferencia es de 1.42% mientras que la diferencia entre las muestras MSR es de 2.22%; y la diferencia entre las muestras MSA con respecto a las MSR no supera el 2.35%. Sin embargo los valores obtenidos en este trabajo superan los reportados para la harina de arroz japonica waxy (~50% soluble); al igual que para el almidón de maíz que reportan la solubilidad entre 12.5 – 20.3% y también es más alto que el reportado para el almidón de arroz ~10%. Esta es probablemente una propiedad de la harina de *D. Cayenensis* que necesita futura investigación y exploración[107].

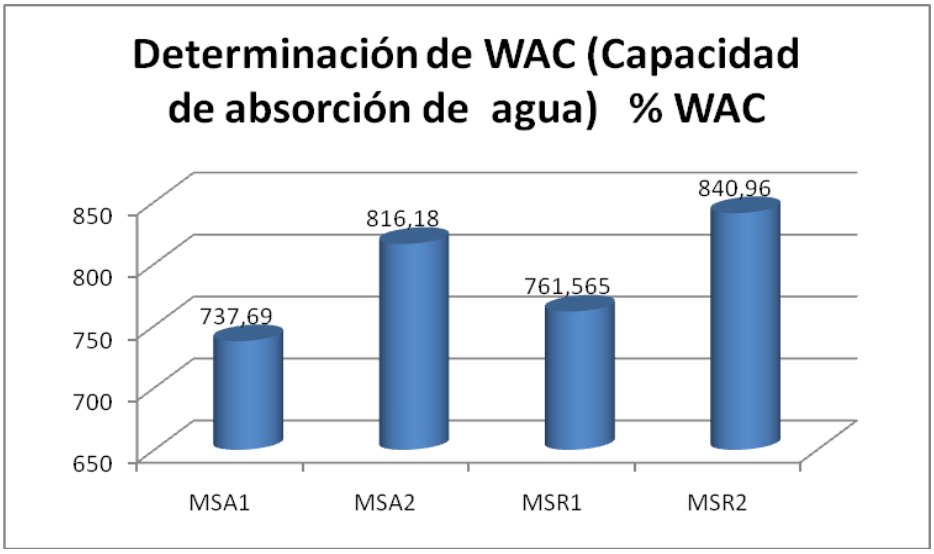
[107] ADEBOOYE, odunayo Clement y VASUDEVA, Singh. Physico-chemical properties of the flours and starches of two cowpea varieties (*Vigna unguiculata* (L) Walp). En: Innovative Food Science and Emerging Technologies, Vol.9 (2008), Vol. 9 (2008), pp. 92-100.

4.6 SOLUBILIDAD EN AGUA FRÍA

La solubilidad en agua fría de las muestras de *Dioscórea cayenensis* por diferentes tamaños de partículas nos arroja un resultado positivo ya que los soluciones presentaron un 20% de solubilidad esto se observo de forma visual lo que ratifica lo reportado por Huang et al. 2007, que dice que a mayor tiempo de agitación mecánica, al almidón es mas soluble en agua fría, debido a la disminución de las zonas cristalinas, permitiendo que mayor cantidad de agua interaccione con el granulo. El almidón es un biopolimero poco soluble debido a que la amilosa y la amilopectina se unen mediante puentes de hidrogeno, lo cual forma una estructura compleja, altamente organizada, que presenta una gran estabilidad a las múltiples interacciones que existen con sus dos polisacáridos constituyente, su solubilidad depende de la cantidad disponible de estos polímeros en el medio[108].

4.7 CAPACIDAD DE ABSORCION DE AGUA (WAC)

Figura 17. Determinación de capacidad de absorción de agua.



[108] KAUR, L et al. Physico- chemical, rheological and structural properties of fractionated potato starches. En: Journal Food Engineering. Vol.82, Octubre 2007 p. 383-394.

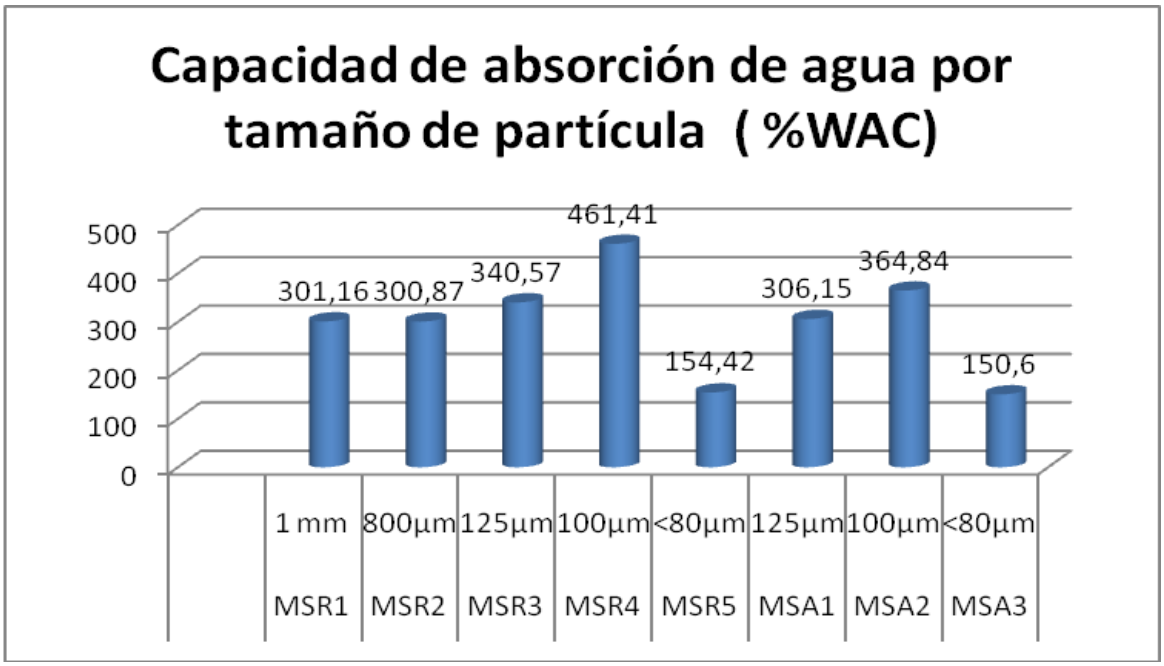
Fuente: obtenidas a partir de la información recolectada durante la realización del trabajo. Universidad de Sucre. 2009.

La cantidad de agua absorbida por el almidón, dependerá del contenido de humedad del medio que lo rodea; el almidón absorbe agua hasta alcanzar el equilibrio con el medio circundante (proceso reversible); la absorción del agua provoca que el granulo presente un hinchamiento; incrementando el tamaño de su diámetro hasta un 10%[109].

Los resultados de la capacidad de absorción de agua (WAC) para la harina de *Dioscórea cayenensis* (ñame amarillo) puede observarse en la figura 17 Mediante la cual puede deducirse la diferencia significativamente alta existente entre las muestras MSA; con un 737.69% y 816,18% respectivamente. Igualmente se observa lo mismo entre las muestras MSR, con 761,56% y 840,96% respectivamente, también se ve que una de las muestras de MSA es la que posee una menor capacidad de absorción de agua y que una de las muestras MSR tiene la mayor capacidad de absorción de agua (en porcentaje). Los reportes para la WAC de almidones de diferentes tipos de maíz fluctúan entre 96% y 107%.

[109] SINGH, J and SINGH, N. Studies on de morphological and rheological properties of granular and cold water soluble corn and potato starches. En: Food hydrocolloids. Vol.17 (2003), p. 63-72.

Figura 18. Determinación de capacidad de absorción de agua por tamaño de partículas.



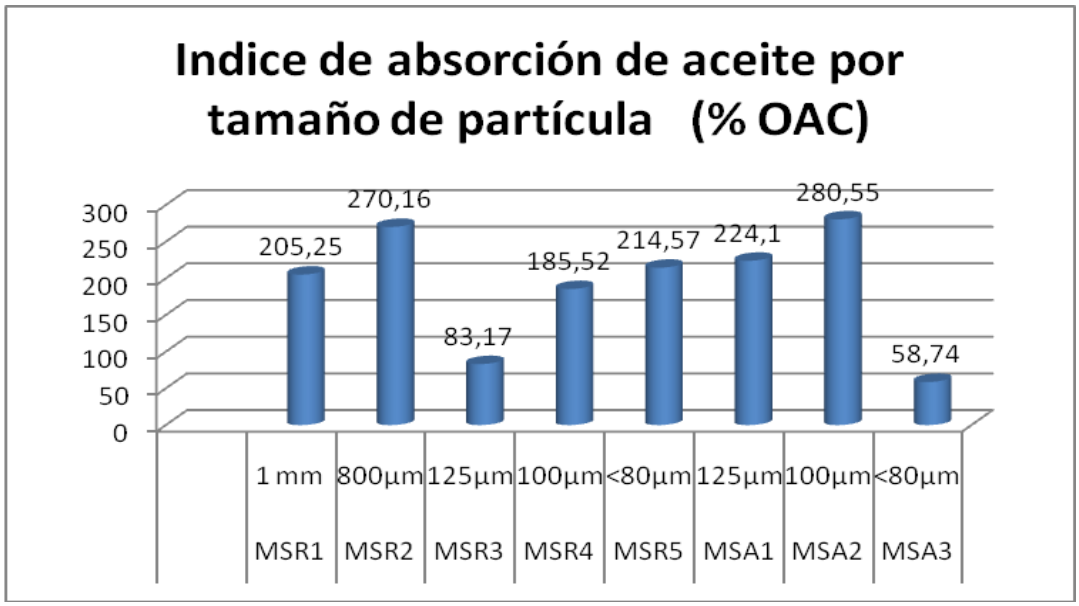
Fuente: obtenidas a partir de la información recolectada durante la realización del trabajo. Universidad de Sucre. 2009.

Se nota una diferencia notable entre el porcentaje WAC para los tamaños de partícula de la harina de *Dioscórea cayenensis* (ñame amarillo) es inferior al porcentaje obtenido con la harina sin tamizar. El % WAC más alto se observa en el tamaño de partícula de 100 µm de la muestra MSR con 461.41 % mientras que el % WAC más bajo lo presenta el tamaño de partícula más fino < 80 µm de la muestra MSA con 150.6% WAC. La diferencia en WAC hallada en la harina de D. Cayenensis puede ser atribuida a la variación en la estructura del granulo. Estos trabajos muestran que las palomitas de maíz con la fracción media del grano el WAC es alto que con fracciones pequeñas y largas del grano. Las diferencias en rangos del aprovechamiento del agua entre los sitios del almidón pueden tener también fracciones pequeñas y largas del grano. Las diferencias en rangos del

aprovechamiento del agua entre los sitios del almidón pueden tener también contribución a la variación en WAC[110].

4.8 CAPACIDAD DE ABSORCION DE ACEITE (OAC)

Figura 19. Determinación de capacidad de absorción de aceite por tamaño de partículas.



Fuente: obtenidas a partir de la información recolectada durante la realización del trabajo. Universidad de Sucre. 2009.

El porcentaje de OAC de la harina tamizada de *Dioscórea cayenensis* (ñame amarillo) observándose un mayor porcentaje de OAC (280.55%) en las muestras MSA de tamaño de partícula de 100 µm, en orden le sigue la muestra MSR de 800mm con 270.16%, con 224.1% la muestra MSA de 125 µm, la muestra MSR <80 µm presento 214.57% OAC, con 205.25% de OAC para la muestra MSR de 1mm, la muestra MSR de 125 µm fue una de las que posee < % OAC (83.17%) y con un %OAC mucho menor para la muestra MSA con un tamaño de partícula

[110] ADEBOOYE, odunayo Clement y VASUDEVA, Singh. Physico-chemical properties of the flours and starches of two cowpea varieties (*Vigna unguiculata* (L) Walp). En: Innovative Food Science and Emerging Technologies, Vol.9 (2008), Vol 9 (2008), pp. 92-100

<80 µm tuvo 58.74% OAC. la capacidad de absorción de aceite de caupí la harina no cambió con la mayoría de los tratamientos de transformación, como la ebullición, la molienda y fermentación. La presencia de cadenas laterales no polares, que se unen la cadena lateral de los hidrocarburos de aceite, sería promover la capacidad de enlace del aceite con las harinas. La absorción de aceite es una propiedad importante de la harina que podría ser utilizada como un extensor en las formulaciones de carne triturada, como bolas de carne y embutidos, donde se desea una retención del sabor y sensación agradable en la boca. Podría utilizarse para ampliar los productos cárnicos, sin efectos adversos en la textura y el sabor. El mecanismo de absorción de aceite consiste en la compresión física del aceite por los componentes de los alimentos y la afinidad de las cadenas laterales polares de proteínas de los lípidos[111].

4.9 GELATINIZACIÓN

Las concentraciones en las cuales se obtuvieron mejores resultados en la gelatinización fueron las concentraciones del 20%, 25%, 30%, 35%, 40%, 45% y 50% para un tamaño de partícula de 80-90 µm. La temperatura de gelatinización es un índice del ordenamiento (asociación) intragranular, por lo que mientras mayor sea este valor, mayor será el grado de asociación entre las macromoléculas en el interior del gránulo de almidón. Los gránulos pequeños son más resistentes a la ruptura y pérdida del orden molecular; de allí que la temperatura de gelatinización sea más elevada[112]. Los gránulos de almidón son insolubles en agua fría pero sin embargo, cuando la suspensión se calienta empieza un proceso lento de absorción de agua en las zonas amorfas (amilosa) que son las menos

[111] MWANGWELA, Agnes M; WANISKA, Ralph D. y MINNAAR, Amanda. Effect of micronisation temperatura (130 and 170 ºC) on functional properties of cowpea flour. En: Food Chemestry Vol.104 (2007), pp. 650-657.

[112] BOU RACHED, Lizet, DE VIZCARRONDO, Consuelo A, RINCON, Alicia M *et al.* Evaluación de harinas y almidones de mapuey (Dioscorea trifida), variedades blanco y morado. *ALAN*. [online]. dic. 2006, vol.56, no.4 [citado Febrero 2009], p.375-383. Disponible en internet:<http:// www.scielo.org.ve/scielo.php?script <http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222006000400010&lng=es&nrm=iso>.

organizadas y las más accesibles, ya que los puentes de hidrógenos no son tan numerosos, ni rígidos como en las áreas cristalinas (amilopectina)[113]. La temperatura de gelatinización depende de varios aspectos como es el porcentaje de amilosa, la forma del granulo y el tamaño, lo que cada almidón tiene un intervalo de gelatinización diferente, por ejemplo para el almidón de maíz la temperatura de gelatinización se encuentra entre 62-72 ºC, para la papa se encuentra entre 56-66ºc[114]. La pasta de harina obtenida después de la gelatinización no es estable debido a transformaciones estructurales que ocurren durante el almacenamiento y que se denominan retrogradación. Que es la cristalización de la cadena de almidón en el gel. La retrogradación esta relacionada con su contenido de amilosa, la longitud de esta molécula y el estado de dispersión de las cadenas lineales. Por lo que se concluye que la harina de D. cayenensis tiene mayor contenido de amilosa, por que lo presenta mayor tendencia a retrogradar[115].

4.10 PORCENTAJE DE PROTEÍNA

El porcentaje de proteína de la harina de *Dioscórea cayenensis* (ñame amarillo) fue determinado por el método Kjeldahl, obteniéndose en promedio de los resultados de dichas muestras 2.53%. El contenido de proteína fue diferente al reportado por otros autores incluso con respecto al mismo ñame (*Dioscórea cayenensis*); mientras que el contenido de proteína para *D. rotundata* oscila entre

---

[113] PATEL and SEETHARAMAN. Effect of heating rate on starch granule morphology and size. En: Carbohydrate polymers. Vol. 65 (2006), p. 381- 385.

[114] ZHANG, L.M. 2001 A Review of starches and their derivatives for oilfield application in china. En: ScienceDirect. Vol.53. p. 401-407.

[115] RINCÓN, Alicia Mariela et al. Efecto de la acetilación y oxidación sobre algunas propiedades del almidón de semillas de Fruto de pan (Artocarpus altilis); Unidad de Análisis de Alimentos, Facultad de Farmacia, Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela, Archivos Latinoamericanos De Nutrición Órgano Oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición Vol. 57 Nº 3, 2007.

1.1-2%; *D. alata* 1.1-2.8%; *D. cayenensis*1%; *D. esculenta* 1.3-1.9% y *D. dumetorum* 2.8%[116].

Estas diferencias pueden ser debidas a las diferentes condiciones de crecimiento e incluso del método utilizado para determinación de proteína. Al comparar los resultados obtenidos con el método Kjeldahl con los del método NIR (Espectroscopia, infrarrojo cercano) se observa una diferencia significativa entre ambos métodos; en el método NIR el porcentaje de proteína es mucho mayor (esta entre 3,1-5,4%) comparado con el resultado obtenido para *D. cayenensis* en nuestro trabajo y los datos reportados por la FAO para otras especies de *Dioscóreas*. Esta diferencia tal vez pueda explicarse ya que en el método NIR no se utilizan soluciones que pueden afectar la proteína presente en la muestra analizada. En el método NIR también puede observarse que la harina almacenada durante un lapso de tiempo (1 año) va perdiendo contenido de proteína. Sin olvidar que el contenido de proteínas en el ñame es escaso, del 1 al 2%, y esas proteínas son deficientes en los aminoácidos que contienen azufre. Por lo general, no son fuentes importantes de vitaminas y minerales, aunque muchos cultivares contienen cantidades considerables de vitamina A y C. desde el punto de vista de la nutrición, los ñames constituyen una fuente bastante diluida de calorías, dado que dos terceras partes del peso del tubérculo fresco corresponden al agua. El consumo de un kilo de ñame cocinado aporta 1000 Kcal y sólo unos 20g de proteínas brutas[117].

4.11 ANALISIS DE ACIDEZ TITULABLE Y pH

El pH y la acidez en las harinas son indicadores del uso de aditivos, fermentación o aplicación de algún tipo de modificación. Los ácidos presentes en los alimentos

---

[116] FAO. [Citado Enero 2009]. [online]. Disponible en internet: <http://www.massoagro.com/admin/libreria/pdf/introducci%C3% B3n_a_la_fertilizaci%C3%B3n_con_Microelementos.pdf>

[117] MONTALDO, Álvaro. Cultivo de raíces y tubérculos. [online]. 2 ed. [Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura]: San José de Costa Rica, 1991 [Citado Febrero 2009]. p. 92 Disponible en internet: <http:// books.google.com.co/b ooks?id=d7ipWA3V mLEC& printsec=frontcover&dq= cultivo+de+raices+y+tubercu los +tropicales>.

influyen en el sabor, color y en la estabilidad de los mismo. Asimismo, la acidez es uno de los índices comunes de la materia prima vegetal, y la misma se debe a la presencia de diversos ácidos orgánicos, en proporciones variables, principalmente: cítrico, málico, tartárico, oxálico, fórmico, succínico, galacturónico, entre otros. Por lo tanto, la determinación de la acidez constituye un índice de calidad importante, que además permite determinar si un producto ha sufrido o no algún deterioro, ya sea de tipo físico-químico o microbiológico[118].

En el caso de la harina de *D. cayenensis* la acidez es de 3,6 y el pH oscila entre 5,25 y 5,26 es otro criterio importante para la calidad de la harina ya que si influye en el sabor[119].

EL valor de acidez obtenido en este estudio es levemente superior al rango inferior reportado para la arveja 3.58-4.59. Se presenta una diferencia significativa con respecto al pH y la acidez de la harina de *D. cayenensis*;

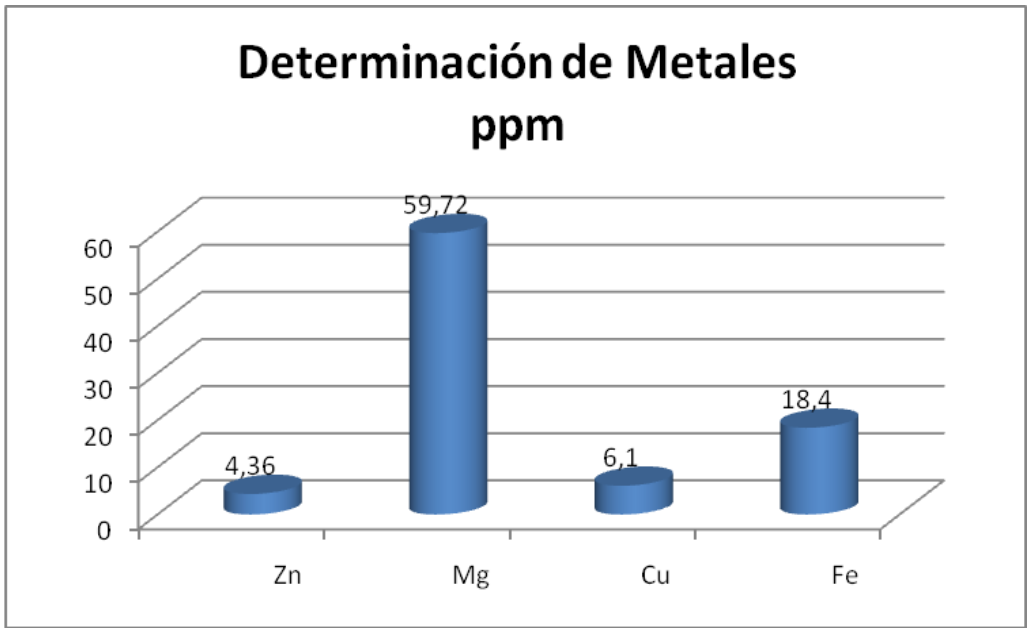
4.12 DETERMINACIÓN DE METALES

A la harina de ñame de *D. cayenensis* (ñame amarillo) se le realizo un análisis de metales según las normas de la AACC de cuya determinación se obtuvieron los resultados observados en la figura 25 mostrada (abajo).

[118] BOU RACHED, Lizet, Op., cit. p. p.375-383.

[119] BAAFI, E and SAFO-KANTANKA, O. Genotype-Environment interaction (GXE) Effects on Some Major Rheological Properties of Cassava (*Manihot esculenta,* Crantz). En: Food Technol., Vol. 3, p. 214-219.

Figura 20 Determinación de Metales (ppm)



Fuente: obtenidas a partir de la información recolectada durante la realización del trabajo 2009.

Teniendo en cuenta que los tubérculos y los rizomas incluyen varios tipos de papa o patata, la mandioca y el taro. Aportan gran variedad de minerales[120].

Se observa en la figura un alto contenido del metal Magnesio (Mg) con un 59,72 ppm; el nivel de hierro (Fe) es de 18,4 ppm; el metal cobre (Cu) está presente con un 6,10 ppm y en menor cantidad se halla el Zinc (Zn) con un 4,36 ppm. La harina de ñame de *D. cayenensis* (ñame amarillo) solo posee niveles más altos del macronutriente (macroelemento) Mg; mientras que hay presencia de más de un micronutriente (microelemento) entre ellos Fe, Cu, Zn. La asimilación de

[120] LOS ALIMENTOS. [online]. [Citado Abril 2009]. Disponible en internet: <http://www.monografias.com/trabajos7/alim/alim.shtml>

micronutrientes se ve influenciada por ciertos factores como son el pH, la materia orgánica, la actividad microbiana y las interacciones entre elementos nutritivos[121].

La concentración de metales traza en las muestras puede ser debido a la baja abundancia natural en el suelo de otros microelementos, la baja absorción constante, y será responsable de complejos. la detección de Cu y de Zn de metales traza junto al hierro en ñame puede ser debido al hecho de que estos iones se transfieren fácilmente desde el suelo hasta las plantas, y se acumulan en las raíces y tubérculos del tallo de la planta. La concentración de minerales se ve afectado por diferentes razones, de estas, la edad de la planta cosechada, precaución que se ha tomado durante el proceso, la naturaleza física y química del suelo y su nutrientes minerales, etc Por lo tanto, cualquiera de los motivos puede llevar tales variaciones[122].

Los minerales inorgánicos son necesarios para la reconstrucción estructural de los tejidos corporales además de que participan en procesos tales como la acción de los sistemas enzimáticos, contracción muscular, reacciones nerviosas y coagulación de la sangre. Estos nutrientes minerales, que deben ser suministrados en la dieta. Los microelementos son otras sustancias inorgánicas que aparecen en el cuerpo en diminutas cantidades, pero que son esenciales para gozar de buena salud. Los microelementos aparecen en cantidades suficientes en casi todos los alimentos. Entre los microelementos más importantes se encuentra el cobre, presente en muchas enzimas y en proteínas, que contiene cobre, de la sangre, el cerebro y el hígado. La insuficiencia de cobre está asociada a la imposibilidad de utilizar el hierro para la formación de la hemoglobina. El zinc

---

[121] FAO. [Citado Enero 2009]. [online]. Disponible en internet: <http://www.massoagro.com/admin/libreria/pdf/introducci%C3% B3n_a_la_fertilizaci%C3%B3n_con_Microelementos.pdf>

[122] ATLABACHEW, Minaleshewa., CHANDRAVANSHI, Bhagwan, S. Levels of major, minor and trace elements in commercially available enset (Ensete ventricosum (Welw.), Cheesman) food products (Kocho and Bulla) in Ethiopia. En: Sciencedirect. Volume 21, Issue 7, Noviembre 2008, p. 545-552.

también es importante para la formación de enzimas. Se cree que la insuficiencia de zinc impide el crecimiento normal y, en casos extremos, produce enanismo[123].

El zinc es un oligoelemento importante en la nutrición humana y cumple muchas funciones bioquímicas en el metabolismo humano. Es el factor de activación de varias enzimas (por ejemplo, carboanhydrasa, fosfatasa alcalina y de varios las enzimas de la síntesis de ácidos nucleicos), se estabiliza la estructuras de ARN, ADN y ribosomas, y influye en el metabolismo hormonal, como por ejemplo la insulina o gonadotropina[124]. Una deficiencia de zinc del organismo humano se produce en los casos de la absorción de zinc inadecuada, aumento de las pérdidas de zinc a partir el cuerpo o el aumento de requisitos para el zinc, sino que conduce a varios trastornos, como retraso del crecimiento, diarrea, interferencias de las funciones cerebrales, la disminución de la defensas inmunológicas, los ojos y lesiones en la piel, mal funcionamiento de curación de heridas y otras enfermedades cutáneas[125]. Una la ingesta de zinc excesiva conduce a graves efectos adversos como diarrea, vómitos, calambres abdominales y dolor de cabeza.

La toxicidad con zinc se refleja también en crónicas efectos adversos tales como deterioro funcional en la respuesta inmunológica, la reducción de estado del cobre, la función alterada de hierro y el colesterol metabolismo)[126]. La contaminación del medio ambiente tiene una significativa influencia sobre la concentración de zinc en plantas y animales alimentos, especialmente en el caso de los moluscos. Animal

---

[123] BIOQUÍMICA. [Citado Febrero 2009]. [online]. Disponible e internet:<http://www. monografias.com/trabajos12/bioqui/bioqui.shtml>

[124] SCHERZ, Heimo y KIRCHHOFF, Eva Trace elements in foods: Zinc contents of raw foods—A comparison of data originating from different geographical regions of the world, En: Journal of Food Composition and Analysis (2006). Vol. 19. P. 420–433.

[125] Ibid.,p. 420–433.

[126] INSTITUTE OF MEDICINE, Food and Nutrition Board. Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc.Washington, DC: National Academy Press2001. p. 325–82. Disponible en la web: http://www.nutrisci.wisc.edu/NS623/drivitasum.pdf

muscular tejidos contienen una menor proporción de zinc soluble en agua que los tejidos vegetales, generalmente con mayor masa molecular de zinc que contienen componentes.

Los seres humanos requieren un conjunto de elementos minerales en mayor o menor cantidades para el crecimiento apropiado, mantenimiento de la salud, y en general bienestar. Los alimentos vegetales pueden hacer una contribución significativa a diario minerales necesidades en todas las fases del ciclo de vida[127].

El magnesio es el octavo elemento más abundante en la Tierra, el segundo tras el sodio en el mar y el quinto más abundante del organismo humano. Es, además, un componente esencial del tejido animal y vegetal ya que está presente en todas las células; lo que explica su presencia en nuestra alimentación. El magnesio capta la energía solar y la potencia, formando compuestos químicos que los organismos son después capaces de sintetizar. Al mismo tiempo, permite liberar el oxígeno necesario para las funciones respiratorias.

La mitad del magnesio de nuestro organismo se encuentra en los huesos, y la otra mitad está implicada en procesos celulares, realmente importantes. Toma parte en el mantenimiento de la glucosa y otras partículas nutrientes, para que posteriormente se pueda aprovechar la energía de éstas. El 60% de las necesidades diarias se depositan en los huesos, el 28% en los músculos y el resto en los tejidos blandos -principalmente, corazón, cerebro, hígado y riñones-, y el 2% restante en los líquidos corporales.

Entre las principales funciones y propiedades del magnesio hay que destacar la activación de vitaminas, enzimas, la formación de estructuras óseas y dentales, proteínas y anticuerpos, el mantenimiento de la viscosidad del líquido sinovial y la ayuda en el metabolismo de síntesis de los lípidos. Además, tiene una misión anti-estrés, antitrombótica, antiinflamatoria y cardioprotectora.

---

[127] GRUSAK, Michael A. Mineral Content in Plant Food Products. En: Journal of the American College of Nutrition (2002), Vol. 21, No. 90003, p.178-183.

Es tal su importancia que se le considera absolutamente imprescindible para un correcto funcionamiento del organismo y, de forma muy especial, del corazón, las arterias, el aparato músculo esquelético y los sistemas nervioso, endocrino y digestivo. La ingesta diaria de magnesio debe estar entre los 300 y 350 mg./día para los hombres, 280 mg/día para las mujeres y entre 320 a 350 mg/día para las embarazadas. Hay alimentos que, de por sí, son muy ricos en magnesio. Las fuentes más conocidas de magnesio son el cacao, las semillas y frutas secas, el germen de trigo, la levadura de cerveza, los cereales integrales, las legumbres y las verduras de hoja. También se encuentra, pero en menor cantidad, en carnes, lácteos y frutas[128].

TABLA 3
Comparación del Contenido de minerales en harinas de *D. cayenensis, D. Trífida* (mapuey) y otros tubérculos mg/100g

Harinas	Hierro	Calcio	Sodio	Magnesio	Cobre	Zinc
Variedad blanco[2]	5,89 ± 0,44a	18,03 ± 0,52ª	28,58 ± 0,73ª	36,24 ± 1,02ª	12,33 ± 1,50ª	N.D
Variedad morado[2]	10,47 ± 1,02b	24,40 ± 0,79b	39,54 ± 1,48b	40,82 ± 2,02b	31,14 ± 0,93b	N.D
Ñame[1]	3,38	N.D	1477,44	N.D	0,36	N.D
Papa[1]	3,56	N.D.	13,33	88,89	0,4	N.D
Yuca[1]	1,82	N.D.	39,06	182,29	0,42	N.D
Ñame amarillo	18,4	N.D.	N.D.	59,72	6,10	4,36

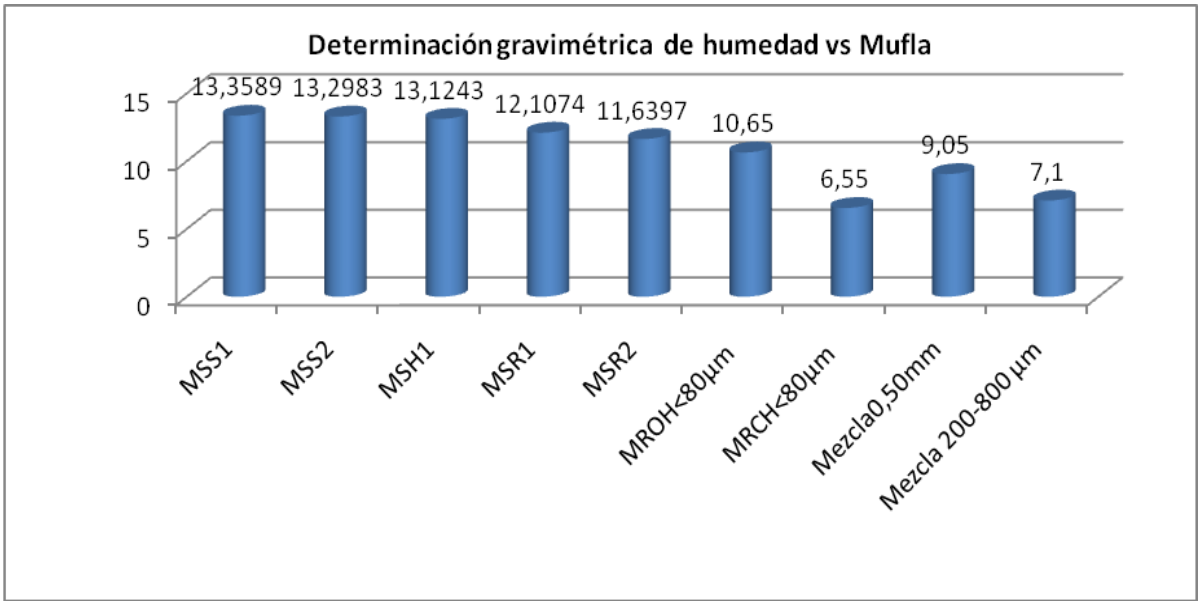
[128] ALIMENTACIÓN SANA. [Citado Febrero 2009]. [online]. Disponible en internet: <http:// www.alimentacion-sana.com.ar/inform aciones/novedades/magnesio2.htm>

Letras diferentes en una misma columna denotan diferencias significativas ($p < 0,05$).
[1]Valores modificados (para expresar en base seca) a partir de la Tabla de Composición de Alimentos.
[2]Valor promedio ± desviación estándar (n=3).
N.D.= No determinado.

Fuente: BOU RACHED, Lizet, DE VIZCARRONDO, Consuelo A, RINCON, Alicia M *et al*. Evaluación de harinas y almidones de mapuey (Dioscórea trífida), variedades blanco y morado.

4.13 ANALISIS DE HUMEDAD

Figura 21. Determinación gravimétrica de humedad vs mufla. MS1=muestra secada al sol de 1 año. MSH1=muestra secada al horno de 1 año. MHR=muestra secada al horno reciente. MROH-MRCH= muestra reciente secada al horno clara y oscura.



El agua es una parte inherente de las sustancias biológicas y constituye más del 90% del peso fresco de algunos materiales de la planta; el agua desempeña un papel importante en la evaluación microbiana, química, física y la estabilidad de

los alimentos durante el almacenamiento y procesamiento. El agua es un componente importante de todos los alimentos. A mediados del siglo XX, los científicos empezaron a descubrir la existencia de una relación entre el agua contenida en un alimento y su tendencia relativa a estropearse. También comenzaron a darse cuenta de que el producto químico potencial del agua está relacionada con su presión de vapor relativa a la del agua pura (es decir, la presión de vapor relativa; RVP). Esta RVP fue calificada de "actividad de agua" o aw. Claramente que el VA de un medio correlacionada con el deterioro de la estabilidad de los alimentos debido al crecimiento de microorganismos.

Así, es posible el desarrollo de normas generales o límites para la estabilidad de los alimentos con aw. Los científicos de alimentos, por lo tanto, comenzó a destacar aw junto con el contenido de agua. Desde entonces, la comunidad científica ha explorado la gran importancia de la aw en la determinación de las características físicas, procesos, caducidad, y propiedades sensoriales de los alimentos. A lo largo de la historia la importancia de controlar el agua en los alimentos por desecación, congelación o adición de azúcar o sal fue reconocida por la preservación y el control de calidad de los alimentos. La actividad del agua es una medida del estado energético del agua en un sistema (o el grado en que el agua es "consolidados"), y por tanto de su disponibilidad para actuar como un disolvente y participar en reacciones químicas o bioquímicas y el crecimiento de microorganismos. Se trata de una propiedad importante que se puede utilizar para predecir la estabilidad y la seguridad de los alimentos en relación con el crecimiento microbiano, las tasas de las reacciones de deterioro, y las propiedades químicas o físicas.

El principio de la actividad del agua ha sido incorporado por algunos organismos de asuntos regulatorios (por ejemplo, Food and Drug Administration Código de Regulaciones Federales Título 21) en la definición de las normas de seguridad en cuanto al crecimiento y la proliferación de microorganismos indeseables, alimentos

potencialmente peligrosos, las normas de varios alimentos en conserva, y requisitos de embalaje[129].

El agua se encuentra en los alimentos en tres formas: como agua de combinación, como agua adsorbida y en forma libre, aumentando el volumen. El agua de combinación está unida en alguna forma química como agua de cristalización o como hidratos. El agua adsorbida está asociada físicamente como una mono capa sobre la superficie de los constituyentes de los alimentos. El agua libre es aquella que es fundamentalmente un constituyente separado, con facilidad se pierde por evaporación o por secado. Dado que la mayor parte de los alimentos son mezclas heterogéneas de varias sustancias, pueden contener cantidades variables de agua de los tres tipos[130].

Las harinas son muy higroscópicas, su humedad debe ser inferior al 15% en el momento del envasado. Durante el almacenamiento aumenta su humedad. Debido a su carácter de polvo higroscópico puede alterarse fácilmente si la conservación no es adecuada. Al aumentar la humedad la contaminación, tanto bacteriana como por hongos y parásitos, es fácil de instaurarse. Al mismo tiempo la actividad enzimática se va favorecida ocurriendo hidrólisis importantes que se traducen en cambios notables en las características organolépticas: Aumenta la acidez, la grasa se enrancia y progresan los procesos hidrolíticos, el enmohecimiento y el ataque por ácaros específicos[131].

En la fabricación de alimentos se pueden utilizar procedimientos rápidos para determinar la humedad usando estufas desecadoras especiales que trabajan a temperaturas altas. Estos incluyen las mediciones de la pérdida de peso debida a

---

[129] CURRENT PROTOCOLS In Food Analytical Chemistry (2001). Contributed by John Whitaker Current. Copyright © 2001 by John Wiley & Sons, Inc.

[130] LOS ALIMENTOS. [online]. [Citado Abril 2009]. Disponible en internet: <http://www.monografias.com/trabajos7/alim/alim.shtml>

[131] HARINAS. [Citado Febrero 2009]. [online]. Disponible en internet:<http://www.elergonomista.com/alimentos/27jun_t09.htm>

la evaporación de agua a la temperatura de ebullición o cerca de ella. Aunque tales métodos son usados frecuentemente debido a que dan resultados exactos cuando se consideran sobre una base relativa, hay que tener en mente que el resultado obtenido puede no ser una medición verdadera del contenido de agua de la muestra. Por ejemplo, los aceites volátiles pueden perderse a temperatura de secado como 100° C. En algunos alimentos (por ejemplo, cereales) solamente una parte del agua que contienen se pierde a esta temperatura. El resto (agua combinada o adsorbida) es difícil de eliminar y parece estar asociada a las proteínas presentes. La proporción de agua libre perdida aumenta al elevar la temperatura, por lo que es importante comparar únicamente los resultados obtenidos cuando se usan las mismas condiciones de secado. Además, si es posible que se efectúe alguna descomposición, como sucede en los alimentos que tienen una proporción elevada de azúcares, es aconsejable usar una temperatura de secado más baja, por ejemplo, 70° C y aplicar al vacío[132].

De la figura 26 se concluye que de las muestras analizadas las que presentan un mayor porcentaje de humedad son las muestras de hace un año en relación con las muestras de harina de *D. cayenensis* recientes que tienen un porcentaje de humedad más bajo. La diferencia puede deber a que la harina estuvo almacenada por un periodo de un año con lo cual puede recuperar humedad. Al comparar los resultados de la determinación gravimétrica de humedad en las muestras recientes con las realizadas en la mufla se observa una diferencia significativa de un 5%; y con respecto a las muestras de un año en valor en porcentaje es más alto de 6,25% esto con la muestra que presenta un mayor porcentaje de humedad con respecto a la muestra que tiene un menor valor en porcentaje de humedad. Esta diferencia puede ser atribuida a los métodos utilizados en la determinación de dicho análisis. La harina de *D. cayenensis* tanto la almacenada durante un largo periodo como la reciente se hallan dentro del rango permitido de porcentaje de humedad permitido para las harinas que debe ser inferior al 15%.

[132] CURRENT PROTOCOLS. Op.cit., p.35-37

El análisis gravimétrico de la humedad es probablemente la forma más sencilla de los procedimientos a utilizar, ya que no se utilizan productos químicos para realizarlo; aunque la medición de la pérdida de peso debido a la evaporación de agua se utiliza con frecuencia para calcular el contenido de humedad, hay que señalar que el valor obtenido no puede ser una verdadera medida del contenido de agua. En algunas muestras, sólo una parte del agua presente se pierde en la temperatura de secado. El resto (agua ligada) es difícil de eliminar por completo. Además, el agua que se pierde en realidad puede aumentar a medida que la temperatura se eleva. Algunas muestras con alto contenido de grasa pueden presentar pérdida de aceite volátil a temperaturas de secado de 100 ° C. La pérdida de peso también puede depender de factores como el tamaño de partícula, el peso de muestras utilizadas, el tipo de plato usado, y las variaciones de temperatura en el horno, de la plataforma a plataforma.

En la determinación de la humedad, es recomendable tener en cuenta que la pérdida de peso pueda depender de otros factores, que incluyen el tamaño de partícula y el peso de la muestra que se tomó, el tipo de cápsula que se utiliza y las variaciones de temperatura en la estufa de anaquel a anaquel. Las estufas que son ventiladas por medios mecánicos con un ventilador interno dan resultados más consistentes y una mayor velocidad de secado[133].

4.14 ANÁLISIS DE VISCOSIDAD

Al analizar los resultados de viscosidad de la harina de *D. cayenensis* se observa un valor mayor en la muestra de <100µm con una concentración de 5% con las temperaturas 60ºC-70ºC Y80ºC mientras que con concentraciones menores se observa un menor valor de la viscosidad. Las muestras de 125µm con una concentración de 0,5% presento un aumento en la viscosidad cuando el sistema alcanzo una temperatura de 70ºC Y 80ºC; al aumentar la concentración al 1% el

[133] Ibid., p. 35-37

valor de la viscosidad aumenta a partir de la temperatura de 50ºc y decae al alcanzar los 80ºC. Con una concentración de 2,5% el valor de la viscosidad fluctúa entre 11.451mPa-s y 15.292mPa-s a medida que aumenta la temperatura también aumenta el valor de la viscosidad pero disminuye el valor de la misma al alcanzar el sistema una temperatura de 70ºC y volviendo aumentar cuando llega a los 80ºC. Mientras que con la concentración del 5% se observan unos valores bastante irregulares con una diferencia entre ellos bastante significativa; esto puede deberse al tamaño de la partícula, también al aumento de la concentración de la muestra y al aumento de la temperatura que gelatiniza los gránulos de la harina. El valor de la viscosidad en la muestra de 100 µm con las diferentes concentraciones 0,5%;1%; 2,5% y 5% no se observo una diferencia tan marcada de como en las muestras <100µm y 125µm; no sobrepaso el valor de 0.9mPa-s.

Los gránulos de la suspensión de harina que tienen mayor capacidad de hinchamiento lo cual se corresponde con la mayor capacidad de absorción de agua obtenida y por ende una mayor disrupción granular, produciéndose más componentes lixiviados hacia el medio circundante y una mayor viscosidad en la pasta formada. La disminución de la viscosidad se debe a la menor estabilidad durante la cocción. De ello se deduce que los gránulos son muy frágiles y se destruyen fácilmente con la pérdida de viscosidad en el sistema.

Los gránulos que presentan mayor tamaño y se destruyen más fácilmente ya que son más susceptibles a la ruptura por las fuerzas térmicas o mecánicas aplicadas, indicando que las fuerzas de enlaces entre los gránulos no son tan fuertes. Por otra parte cuando se produce un aumento en la viscosidad al final del periodo de enfriamiento es debido a que se restablecen los enlaces de hidrógeno entre las moléculas de amilosa y amilopectina, dando lugar a la consistencia tipo gel, además se debe a la pérdida de calor en el sistema y al proceso de retrogradación que se genera. El incremento de la viscosidad durante el periodo de enfriamiento indica una tendencia de varios constituyentes presentes en la pasta caliente

(gránulos hinchados, fragmentos de gránulos hinchados, moléculas de almidón coloidalmente y molecularmente dispersas) para asociar o retrogradar[134].

La longitud de la cadena de amilopectina y su distribución puede influir en el grado de retrogradación mediante la formación de una mezcla de cristales de diferentes tamaños, con mayores longitudes de cadena que sirve ya de dobles hélices. Mostró que en los cultivares de avena de almidón, existe una estrecha relación entre el grado de retrogradación, peso promedio de longitud de la cadena y el grado de múltiples ramificaciones. Formado por la asociación entre dobles hélices adyacentes durante el almacenamiento, debido a la mayor longitud de la cadena de amilopectina[135].

Este estudio de la viscosidad no hay referencias para compararla ya que en la bibliografía revisada dicho análisis es realizado en un viscoamilograma, y en este trabajo se realizo en un viscosímetro de caída de bola.

---

[134] BOU RACHED, Lizet, DE VIZCARRONDO, Consuelo A, RINCON, Alicia M *et al*. Evaluación de harinas y almidones de mapuey (Dioscorea trifida), variedades blanco y morado. *ALAN*. [online]. dic. 2006, vol.56, no.4 [citado 29 Abril 2011], p.375-383. Disponible en la World Wide Web: <http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222006000400010&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0004-0622.

[135] IWUOHA, C.I., NWAKANMA, M.I. Density and viscosity of cold flour pastes of cassava (Manihot esculenta Grantz), sweet potato (Ipomoea batatas L. Lam) and white yam (Dioscorea rotundata Poir) tubers as affected by concentration and particle size, (1998). En: Carbohydrate Polymers, Vol. 37. p. 97-101.

5. CONCLUSIONES

- La harina *Dioscórea Cayenensis* se puede utilizar en preparaciones de alimentos para personas alérgicas al gluten.
- La harina *Dioscórea Cayenensis* soporta largos periodos de almacenamientos.
- El índice de hinchamiento es inversamente proporcional al contenido de amilosa.
- A menor contenido de amilosa total el gránulo se hincha más libremente.
- Un alto contenido de cenizas aporta más cantidad de minerales para el consumo.
- La harina de *D. Cayenensis* tanto la almacenada durante un largo periodo como la reciente se hallan dentro del rango establecido de porcentaje de humedad permitido para las harinas que debe ser inferior al 15%.
- Todos estos resultados indican que la harina de *D. cayenensis*, variedad ñame amarillo, tienen un contenido importante de micronutrientes, lo que sugiere que pudieran ser utilizadas como una alternativa desde el punto de vista nutricional, pudiendo constituirse en insumos no convencionales para la preparación de alimentos que tradicionalmente son elaborados con otros ingredientes.

6. RECOMENDACIONES

- Realizar un análisis bromatológico completo de la harina de *Dioscórea cayenensis* para determinar otras propiedades funcionales como fibra, grasas, azucares reductores, etc.

- Buscar mecanismos para implementar la utilización de la harina de *Dioscórea cayenensis* en la alimentación cotidiana.

- Dar a conocer esta variedad de ñame a la población sucreña, ya que es desconocida.

BIBLIOGRAFÍA

ABU, Joseph Oneh. et al. Functional properties of cowpea (Vigna unguiculata L. Walp) flours and pastes as affected by γ-irradiation. En: Food Chemistry. Vol. 93 (2005), p. 103-111.

--------.Food Chemistry. Vol. 93, 2005. p. 103-111.

--------.Food Chemistry. Vol. 93, 2005. p. 103-111.

ACHI, O.K. Quality attributes of fermented yam flour supplemented with processed soy flour. En: Plant Foods for Human Nutrition (Formerly Qualitas Plantarum). Volumen 54, Número 2 / Junio de 1999 p. 151-158.

ADEBOOYE, odunayo Clement y VASUDEVA, Singh. Physico-chemical properties of the flours and starches of two cowpea varieties (*Vigna unguiculata* (L) Walp). En: Innovative Food Science and Emerging Technologies, Vol.9 (2008), Vol. 9 pp. 92-100

--------.Innovative Food Science and Emerging Technologies, Vol. 9 (2008). pp. 92-100

ADEBOWALE, K.O., OLU-OWOLABI, B.I., OLAWUMI, E.K., LAWAL, O.S. Functional properties of native, physically and chemically modified breadfruit (Artocarpus artilis) starch. En: Industrial Crops and Products, Vol.21 (2005), pp. 343-351.

ALIMENTACIÓN SANA. [Citado Febrero 2009]. [online]. Disponible en internet:< http://www.alimentacion-sana.com.ar/informaciones/novedades/magnesio2.htm>

ALIMENTO. [online]. [Citado Junio 2009]. Disponible en internet: <http://es.wikipedia.org/wiki/Alimento>

ALIMENTOS. [Citado Febrero 2009]. [online]. Disponible en internet:<http://www.monografias.com/trabajos/alimentos/alimentos.shtml>

ALVIS, Armando; VÉLEZ, Carlos A. y RADA-MENDOZA, Maite. Composición de Ñames Frescos Cultivados en Colombia y Sometidos a Freído por Inmersión. [online]. 2008, Vol.19, n. 1, p.3-10. [Citado Marzo 2008]. Disponible en internet: <http://www.scielo.cl/scielo.php?=S0718-07642008000100002&script=sci_abstract>

AMANI N'GUESSAN, Georges; BULÉON, Alain; KAMENAN, Alfonso; COLONNA, Pablo. La variabilidad en la físico-químicas del almidón y las propiedades funcionales de ñame (Dioscorea sp) cultivadas en Costa de Marfil. Diario de la Ciencia de la Alimentación y la Agricultura , Volumen 84, Número 15, diciembre de 2004, pp 2085 – 2096.

AMILOSA. <http://es.wikiped ia.org/wiki/Amilosa>

--------.<http://www.chocolatisimo.es/2008/08/15/amilosa-y-amilopectin>

ARAUJO DE VIZCARRONDO, Consuelo, RINCON, Alicia Mariela y PADILLA, Fanny. Caracterización del almidón nativo de Dioscorea bulbifera L. *ALAN*. [online]. jun. 2004, vol.54, no.2 [citado Marzo 2009]. p.241-245. Disponible en internet:<http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222004000200016&lng=es&nrm=iso>.

ARISTIZABAL, G. Johanna, MORENO, Fabián Leonardo y BASTO, O. Gustavo. Estudio de una nueva técnica e implementación de una línea piloto de proceso para la obtención de dextrinas a partir de almidón de yuca. *Ing.* Investig. [online]. May/Aug. 2007, vol.27, no.2 [Citado Abril 2009], p.26-33. Disponible en internet: <http://www.scielo.unal.edu.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-56092007000200004&lng=en&nrm=iso>.

ATLABACHEW, Minaleshewa., CHANDRAVANSHI, Bhagwan, S. Levels of major, minor and trace elements in commercially available enset (Ensete ventricosum (Welw.), Cheesman) food products (Kocho and Bulla) in Ethiopia. En: Sciencedirect. Volume 21, Issue 7, Noviembre 2008, p. 545-552.

BAAFI, E and SAFO-KANTANKA, O. Genotype-Environment interaction (GXE) Effects on Some Major Rheological Properties of Cassava (*Manihot esculenta,* Crantz). En: Food Technol., Vol. 3, p. 214-219.

BELLO-PÉREZ, LA et al. Propiedades químicas y funcionales del almidón modificado de plátano (variedad macho). [online]. Abril. 2002, Vol. 36. Agrociencia. [Citado Marzo 2009]. 169-180. Disponible en internet:<http://es.scribd. com/doc/49 810803/Almidon-platano.>

BIOQUÍMICA. [Citado Febrero 2009]. [online]. Disponible e internet:<http://www. monografias.com/trabajos12/bioqui/bioqui.shtml>

BIOQUÍMICA DE LOS ALIMENTOS. Miguel Calvo. [online]. [Citado Mayo 2009]. Disponible en internet: < http://www.milksci.unizar.es/bioquimica/temas/azucares/almidon.h>

BOU RACHED, Lizet, DE VIZCARRONDO, Consuelo A, RINCON, Alicia M *et al*. Evaluación de harinas y almidones de mapuey (Dioscorea trifida), variedades blanco y morado. *ALAN*. [online]. dic. 2006, vol.56, no.4 [citado Febrero 2009], p.375-383. Disponible en internet:<http:// www.scielo.org.ve/scielo.php?script <http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222006000400010&lng=es&nrm=iso>.

--------.Scielo vol.56, no.4, 2006, p.375-383.

--------.Scielo vol.56, no.4, 2006, p.375-383.

--------.Scielo vol.56, no.4, 2006, p.375-383.

--------.Scielo vol.56, no.4, 2006, p.375-383.

--------.Scielo vol.56, no.4, 2006, p.375-383.

--------.Scielo vol.56, no.4, 2006, p.375-383.

--------.Scielo vol.56, no.4, 2006, p.375-383.

BRUNNSCHWEILER, Judith; MANG, David; FARAH, Zakaria; ESCHER, Felix and CONDE-PETIT, Béatrice. Structure–texture relationships of fresh pastes prepared from different yam (*Dioscorea* spp.) varieties. En: ScienceDirect LWT-Food Science and Technology. Vol. 39 Septiembre 2006, p. 762-769.

--------.Food Science and Technology. Vol. 39 Septiembre 2006, p. 762-769.

CELIAQUÍA. [online]. [Citado Marzo 2009]. Disponible en internet: <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/000233.htm>

CHACÓN, Ana Gabriela et al. Aclimatización de plántulas de yampí (*Dioscórea trífida*) y ñame (*D. alata*) producidas in vitro. [online]. 2005. [Citado febrero 2009] Disponible en internet:< http://www. mag.go.cr/rev__agr/v29n03_047 .pdf>

CHOU, Chiang; CHUNG, B; CHEN P y HSU, C. Effects of storage temperatures on the antioxidative activity and composition of yam. En: Food Chemestry. Vol. 22 (2006), p. 618-623.
--------.Food Chemestry. Vol. 22, 2006. p. 618-623.

CLAYUCA. Consorcio Latinoamericano y del Caribe de apoyo a la Investigación y al Desarrollo de la Yuca. [Citado Febrero 2010]. [online]. Disponible en internet:<http//www. clayuca.org/produccion_semilla.htm>

COMITÉ para la Promoción de la Agroindustria de la Yuca, PROYUCA Centro Inter- nacional de Agricultura Tropical, CIAT.

CORPOICA. Concepción de un modelo de agroindustria rural para la elaboración de harina y almidón a partir de raíces y tubérculos promisorios, con énfasis en los casos de achira (Canna edulis), arracacha (Arracacia xanthorriza) y ñame (Dioscórea sp.). [Vía Internet]. Diciembre, 2003 [Citado Febrero 2009]. Disponible en internet: <http://www.agronet agronet.gov.co/www/docs_si2 Agroindustria20%para%20la%20elaboración%20de%20harina%20de%20achira.pdf.>.

CULTIVO CASERO DEL ÑAME BLANCO O YAM (*Dioscórea alata*). [Citado Marzo 2009]. [online]. Disponible en internet:<http://www.mujercompleta.com/portal2/index.php?categoryid=13&p2_articleid=78>

--------.http://www.mujercompleta.com/portal2/index.php?categoryd=13&p2_articleid=78>

CURRENT Protocols In Food Analytical Chemistry (2001). Contributed by John Whitaker Current. Copyright © 2001 by John Wiley & Sons, Inc.

--------.Food Analytical Chemistry 2001.

--------.Food Analytical Chemistry 2001.

DEVINEAU, Jean-Louis et al. Changes in the availability and uses of wild yams according to climatic dryness and land-cover in Western Burkina Faso (West Africa): a joint ecological and ethno-botanical approach using GIS and remote-sensing. En: ScienceDirect. Volumen 17, Número 8 p. 1937-1963.

--------.ScienceDirect. Volumen 17, Número 8 p. 1937-1963.

--------.ScienceDirect. Volumen 17, Número 8 p. 1937-1963.

DIAN. [online]. [Citado Junio 2009). Disponible en internet: <http//www.avancejuridico.com/.../2008/.../r_dian_0432_2008>

EMIOLA, L. O; DELAROSA, L.C. Physicochemical characteristics of yam starches. En: Journal Food Chemestry . Vol. 5, No. 2, p. 115-130. Junio 1981.

EVALUACIÓN DE PROPIEDADES TECNOFUNCIONALES De Variedades De Ñame De La Costa Atlántica. [Citado Marzo 2009]. [online]. Disponible en internet:<http://www. unicordoba.edu.co/pregrado/alimentos/ documentos/proyectos/pba.pdf>

--------.<http://www.unicordoba.edu.co/pregrado/alimentos/documentos/proyectos/pba.pdf>

--------.<http://www.unicordoba.edu.co/pregrado/alimentos/documentos/proyectos/pba.pdf>

EZEH, N. Economics of yam flour production: implications for research and development, and promotion of yam-based industries in Nigeria. En: Tropical Agriculture (Trinidad): Vol. 69(1992), p. 51-57.

--------.Tropical Agriculture (Trinidad): Vol. 69(1992), p. 51-57.

FAO. [Citado Enero 2009]. [online]. Disponible en internet: <http://www.massoagro.com/admin/libreria/pdf/Introducci%C3%B3n_a_la_fertilizaci%C3%B3n_con_Microelementos.pdf>

--------.<http://www.massoagro.com/admin/libreria/pdf/Introducci%C3%B3n_a_la_fertilizaci%C3%B3n_con_ Microelementos.pdf>

FAOSTAT 2001 by Food and Agriculture Organization of the United Nations., Compendium of Food Additive Specifications Addendum 9 (Fao Food and Nutrition Papers) November 2001, Food & Agriculture Org edition. Disponible en internet: http//openlibrary.org/books/OL12898970M/Faostat_2001

FORSYTH, C; VAN, Standen J. 1982. An improved method of *in vitro* propagation of *Dioscórea bulbifera*. En: Plant Cell Tissue and Organ Culture Vol.1, p. 275-281.

GARCÍA, Emith et al. Caracterización Bromatológica De La Berenjena (*Solanum Melongena* L.) En El Departamento De Cordoba. [online]. [Citado Abril 2009]. Disponible en internet: <http://www.unicordoba.edu.co/revistas/rta/documentos/TEMAS_AGRA_2003_enero.pd>f

GONZALEZ PARADA, Zurima Mercedes y PEREZ SIRA, Elevina Eduviges. Evaluación fisicoquímica y funcional de almidones de yuca (Manihot esculenta Crantz) pregelatinizados y calentados con microondas. *ACV*. [online]. Abr. 2003, vol.54, no.2 [citado Abril 2009], p.127-137. Disponible en internet: <http://www2.scielo.org.ve/scielo.php?

GRUSAK, Michael A. Mineral Content in Plant Food Products. En: Journal of the American College of Nutrition (2002), Vol. 21, No. 90003, p.178-183.

HARINA. [online]. [Citado Junio 2009]. Disponible en internet: <http://www.botanical-online.com/harina.htm>

--------.<http://www.ali mentacion-sana.com.ar/informaciones/Chef/harina.htm>

HARINAS. [Citado Febrero 2009]. [online]. Disponible en internet:<http://www.elergonomista.com/alimentos/27jun_t09.htm>

HILL J. Los carbohidratos en el control de peso. Boletín Dieta y Salud, Órgano Informativo de Alimentos Kellogg's sobre la Relación entre la Nutrición y la Salud. Año 7, No. 1- 8 p.; 2000.

HOOVER, R. and VASANTHAN, T. J. Effects of hydrothermal treatments on the rheological properties of potato starch. En: Food Biochemestry. Vol.17 (1994), pp. 303–325.

HURTADO, DUFOUR y RODRÍGUEZ. 1997. Áreas requeridas para el proceso de fabricación de harina de arracacha. [Citado Abril 2009]. [online]. Disponible en internet: <http://www.agronet.gov.co/www/docs.../Harina%20de%20 arracacha.pdf

INSTITUTO COLOMBIANO DE AGROPECUARIO (ICA). [Citado Abril 2009]. [online]. Disponible en internet: http://www.ica.gov.co/ Noticias/Agricola/2009/Exportadores-de-name-de-la-mano-del-ICA.aspx.

INSTITUTE OF MEDICINE, Food and Nutrition Board. Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc.Washington, DC: National Academy Press2001. p. 325–82. Disponible en la web: <http://www.nutrisci.wisc.edu/NS623/drivitasum.pdf>

IWUOHA, C.I., NWAKANMA, M.I. Density and viscosity of cold flour pastes of cassava (Manihot esculenta Grantz), sweet potato (Ipomoea batatas L. Lam) and white yam (Dioscorea rotundata Poir) tubers as affected by concentration and particle size, (1998). En: Carbohydrate Polymers, Vol. 37. p. 97-101.

JAYAKODY, L et al. Studies on tuber starches. II. Molecular structure, composition and physicochemical of yam (*Dioscorea* sp.) starches grown in Sri Lanka. Carbohydrate Polimers. En: ScienceDirect-Carbohydrate polymers. Vol.69 (2007), p. 148-163.

--------. Journal Food Engineering. Vol.82, Octubre 2007 p. 383-394.

KAUR, L et al. Physico- chemical, rheological and structural properties of fractionated potato starches. En: Journal Food Engineering. Vol.82, Octubre 2007 p. 383-394.

LEÓN, Jorge. Botánica de los cultivos tropicales. [online]. 3ra Ed. [Agroamérica]. San José de Costa Rica, 2000. [Citado Noviembre 2008). p. 488-495. Disponible en internet: <http:// books.google.com.co/books?id=bOMNAQAAIAAJ&pg=PA75&lpg=PA75&dq=%C3%B1ame+amarillo+tallo&source=bl&ots=_hSILzTxJO&sig=iljFU9YmvHaUB5BXzTbO01fFEpU&hl=es&ei=gNHXSsTuI56Ntgf-

r4z0Bg&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CAgQ6AEwAA#v=onepage&q=%C3%B1ame%20amarillo%20tallo&f=false>

--------.3ra Ed. Agroamérica: San José de Costa Rica, 2000. p. 488-495.
--------.3ra Ed. Agroamérica: San José de Costa Rica, 2000. p. 488-495.
--------.3ra Ed. Agroamérica: San José de Costa Rica, 2000. p. 488-495.
--------.3ra Ed. Agroamérica: San José de Costa Rica, 2000. p. 488-495.
--------.3ra Ed. Agroamérica: San José de Costa Rica, 2000. p. 488-495.
--------.3ra Ed. Agroamérica: San José de Costa Rica, 2000. p. 488-495.
--------.3ra Ed. Agroamérica: San José de Costa Rica, 2000. p. 488-495.
--------.3ra Ed. Agroamérica: San José de Costa Rica, 2000. p. 488-495.
--------.3ra Ed. Agroamérica: San José de Costa Rica, 2000. p. 488-495.
--------.3ra Ed. Agroamérica: San José de Costa Rica, 2000. p. 488-495.
--------.3ra Ed. Agroamérica: San José de Costa Rica, 2000. p. 488-495.
--------.3ra Ed. Agroamérica: San José de Costa Rica, 2000. p. 488-495.
--------.3ra Ed. Agroamérica: San José de Costa Rica, 2000. p. 488-495.
--------.3ra Ed. Agroamérica: San José de Costa Rica, 2000. p. 488-495.

LIU, Q., CHARLET, G., YELLE S., ARUL, J. Phase transition in potato starch-water system I. Starch gelatinization at high moisture level. En: Food Research International. Vol. 35, (2002), p. 397-407.

--------. Food Research International. Vol. 35, (2002), p. 397-407.

LIU, Yuh-Hwa, LIANG, Hong-Jen, CHENG, Huey-Chuan, LIU, Yen-Wenn and HOU, Wen-Chi. Comparisons of *in vitro* antioxidant activities of storage proteins in tuber of two *Dioscorea* species. [online]. Vol. 47(2006). Botanical Studies. p.231-237. [Citado Marzo 2009]. Disponible en internet: <http://ejournal.sinica.edu.tw/bbas/content/2006/3/Bot473-02.pdf>.

LOS ALIMENTOS. [online]. [Citado Abril 2009]. Disponible en internet: <http://www.monografias.com/trabajos7/alim/alim.shtml>

LOWELL, L et al. Asemota In vitro availability of some essential minerals in commonly eaten processed and unprocessed Caribbean tuber crops. En: BioMetals, Vol. 20, p. 37-42.

--------. BioMetals, Vol. 20, p. 37-42.
--------. BioMetals, Vol. 20, p. 37-42.

COLOMBIA, MINISTERIO DE DESARROLLO AGROPECUARIO Dirección Nacional De Agroindustria. [Citado Febrero 2009]. [online]. Disponible en internet <http:// 190.34.208. 115/MIDA/Agro industria/ Agroindustria/hojatecnica/ HOJA%20TECNICA%20Nam es-1.pdf>

MONTALDO, A. et al. Investigación y mejora de los cultivos de raíces y tubérculos en Venezuela. [online]. Revista facultad de Agronomía, [Maracay] 1992; 18:1-19. Venezuela. [Citado Febrero 2009]. Disponible en internet: <http://avepagro.org.ve/fagro/v18_11/v181a010.html>

MONTALDO, Álvaro. Cultivo de raíces y tubérculos. [online]. 2 ed. [Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura]: San José de Costa Rica, 1991 [Citado Febrero 2009]. p. 92 Disponible en internet: <http:// books.google.com.co/b ooks?id=d7ipWA3V mLEC& printsec=frontcover&dq= cultivo+de+raices+y+tubercu los +tropicales>.
--------.2 ed. [Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura]: San José de Costa Rica, 1991.
--------.2 ed. [Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura]: San José de Costa Rica, 1991.

MONTES, MONTES, Everaldo Joaquín, et al. Modelado de la cinética de secado de ñame (Dioscórea rotundata) en capa delgada. [online]. Mayo/Ago. 2008, vol.28 [citado Marzo 2009]. p. 45-52. Disponible en internet: <http://redalyc.u aemex.mx/redalyc/html/643/64328207/64328207.html>

MUGENDI, J. et al. Nutritional quality and physicochemical properties of Mucuna bean (*Mucuna pruriens L.*) protein isolates**.** En: International Food Research Journal Vol. 17 (2010), p. 357-366.

MUNDO FRUTAS Ltda. De Colombia para el mundo. [Citado Marzo 2008). [online]. Disponible en internet: <http://www.mundofrutas.com/ wordpress/?page_id=63>

MWANGWELA, Agnes M; WANISKA, Ralph D. y MINNAAR, Amanda. Effect of micronisation temperatura (130 and 170 ºC) on functional properties of cowpea flour. En: Food Chemestry Vol.104 (2007), pp. 650-657.

ÑAME. [online]. [Citado Abril 2009]. Disponible en internet:<http://www.fao.org/inpho/content/.../NAME.HTM>

--------.<http://www.fao.org/inpho/content/documents/vlibrary/ae620s/Pfrescos/NAME. HTM>

ODEKU, Oluwatoyin A. and PICKER-FREYER, Katharina M. Characterization of acid modified *Dioscorea* starches as direct compression excipient. En: Pharmaceutical Development and Technology June 2009, Vol. 14, No. 3, p. 259-270.

OLUOHA, U. Purification and kinetic properties of alcohol dehydrogenase from yellow yam tubers (*Dioscorea cayenensis*). En: Plant Science. Vol.107 (1995), p. 1-7.

ONAYEMI, Oladipo e IDOWU, Adedayo. Physical and chemical changes in traditionally stored yam tubers (*Dioscorea rotundata* Poir and *Dioscorea cayenensis* Lam). En: Journal of Agricultural and Food Chemestry. Vol. 36 (1988), p 588–591.

ONDO OVONO, P, KEVERS, C. AND DOMMES, J. 2007. Axillary proliferation and tuberisation of Dioscorea cayenensis – rotundata. En: Plant Cell Tissue and Organ Culture, Vol. 91, p.107-114.

--------. Effects of storage conditions on sprouting of microtubers of yam (Dioscorea cayenensis–D. rotundata complex) *Comptes Rendus Biologies*. En: ScienceDirect. Vol. 333. p. 28-34.

OYELADE, OJ; TUNDE-AKINTUNDE, TY and IGBEKA, JC. Predictive equilibrium moisture content equations for yam (*Dioscorea rotundata*, Poir) flour and hysteresis phenomena under practical storage conditions. [online]. Julio 2008, Vol. 87 [citado Marzo 2009]. p. 229-235. Disponible en internet: <http://www.Sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6T8J-4R9GGM5-2&_user=10&_coverDate=07%2F31%2F2008&_rdoc=1&_fmt=high&_orig=gateway&_origin=gateway&_sort=d&_docanchor=&view=c&_searchStrId=1717108934&_rerunOrigin=google&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=7563131b125f2a0af2cc1ed0cfdedc7a&searchtype=a

PADILLA, Fanny *et al*. Evaluación del posible uso tecnológico de algunos tubérculos de las dioscoreas: ñame congo (Dioscorea bulbífera) y mapuey (Dioscorea trifida). *ALAN*. [online]. set. 2000, vol.50, no.3 [citado Marzo 2009]. p.286-290. Disponible en internet: <http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222000000300012&lng=es&nrm=iso>.

PACHECO DE DELAHAYE, Emperatriz y TECHEIRA, Nora. Propiedades químicas y funcionales del almidón nativo y modificado de ñame (dioscorea alata). *INCI*. [online]. Abr. 2009, vol.34, no.4 [citado Febrero 2009], p.280-285. Disponible en internet: <http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442009000400012&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0378-1844.

PATEL and SEETHARAMAN. Effect of heating rate on starch granule morphology and size. En: Carbohydrate polymers. Vol. 65 (2006), p. 381- 385.

PROMOTORA DEL COMERCIO EXTERIOR DE COSTA RICA, estadísticas de exportación del 2005.En:www.procomer.com/contenido/.../anuario-estadistico-2005.pdf - Costa Rica.

RETNAYAKE, Wajira. S; y JACKSON, David .S. Gelatinization and Solubility of corn starch during in excess water: En: Journal Agriculture Food Chemestry. Vol. 54 (2006), pp. 3712–3716.

--------. Journal Agriculture Food Chemestry. Vol. 54 (2006), pp. 3712–3716.

RINCÓN, A. Evaluación del posible uso tecnológico de algunos tubérculos de las Dioscoreas: Ñame Congo (Dioscórea bulbífera) y mapuey (Dioscórea trífida). En: Archivos Latinoamericanos de Nutrición. Vol. 50, No. 3 (2000), p. 286-290.

RINCÓN, Alicia Mariela et al. Efecto de la acetilación y oxidación sobre algunas propiedades del almidón de semillas de Fruto de pan (Artocarpus altilis); Unidad de Análisis de Alimentos, Facultad de Farmacia, Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela, Archivos Latinoamericanos De Nutrición Órgano Oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición Vol. 57 Nº 3, 2007.

RUIZ, PÉREZ, Esteban Eloy. Severidad del complejo de enfermedades foliares en el cultivo de ñame *(Dioscórea alata l.)* en diferentes densidades de siembra y soportes vivos de madera negro [g*liricidia sepium* (jacq.) walp] y su rentabilidad en azuero, panamá. [online]. 2003. [Citado febrero 2009] Disponible en internet:<http// http//www.orton.catie.ac.cr/REPDOC/A0158E/A0158E.PDF>

SANDOVAL SIERRA, Noris Viviana. El Sistema Agroalimentario Localizado De Producción De Almidón Agrio De Yuca En El Departamento Del Cauca - Colombia

SCHERZ, Heimo y KIRCHHOFF, Eva Trace elements in foods: Zinc contents of raw foods—A comparison of data originating from different geographical regions of the world, En: Journal of Food Composition and Analysis (2006). Vol. 19. P. 420–433.

--------. Journal of Food Composition and Analysis (2006). Vol. 19. P. 420–433.

SECTOR PRODUCTIVO. [Citado Abril 2008). [online].Disponible en internet: <http:// www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/ac-raices-rhn-2007.pdf>

SINGH, J and SINGH, N. Studies on de morphological and rheological properties of granular and cold water soluble corn and potato starches. En: Food hydrocolloids. Vol.17 (2003), p. 63-72.

SUBRAMONY, moorthy narayana. Las propiedades fisicoquímicas y funcionales de los almidones de tubérculos tropicales 2002, vol.54, n°12, pp 559-592.

TODAY'S MARKET PRICES. Agriculture.Herbs, Fruits and Vegetables Market Prices U.S.A,Canada,Mexico,South America,Europe,Asia.Historical prices search engines, graphics,trends. [online]. [Citado Febrero 2009]. Disponible en Internet : <http:// www.todaymarket.com/cgi-bin/tmpterm.cgi/termp.htm>

UTILIZACIÓN DE ALIMENTOS TROPICALES: raíces y tubérculos. Escrito por la FAO. [Citado Marzo 2008]. [online]. Disponible en internet: <http://books.google.com.co/ books?ide>

--------.<http://books.google.com.co/books?ide>

--------.<http://books.google.com.co/books?ide>

--------.<http://books.google.com.co/books?ide>

VELASCO, Reinaldo J. et al. Dextrin Production from Cassava Native Starch by Dry Route in a Rural Agroindustry. En: Inf. tecnol. (2008), vol.19, n.2, pp. 15-22.

VÉLEZ, A. J. Las hortalizas amazónicas cultivadas en el medio Caquetá. Colombia Amazónica. [online].1991. [Citado febrero 2009] Disponible en internet:< http://www.concope.gov.ec/Ecuaterritorial/paginas/Apoyo_ Agro/Tecnologia_innovacion/Agricola/Cultivos_Tradicionales/Cultivos/hortalizas/Hortalizas_am/textos/name.htm>.

WANG, S; YU, J; GAO, W; PANG, J; CHEN, H; LIU; H. (2007) Granule structure of C-type Chinese Yam (*Dioscórea opposite*Thunb var. Zhongbowen) starch by acid hydrolysis. En: Food Hydrocol. Vol. 10, p.1016-1019.

WHISTLER, RL. y BEMILLER, J.N. Carbohydrate Chemistry for Food Scientists. En: Wiley online library (1997). pp. 241

YAM O ÑAME SALVAJE. [Citado Marzo 2008]. [online]. Disponible en internet: <http://www.draotiliaboix.com/proyam.php>

ZHANG, L.M. A Review of starches and their derivatives for oilfield application in china. En: ScienceDirect. Vol. 53. (2001) p. 401-407.