

Caracterización fisicoquímica, funcional y contenido fenólico de harina de malanga (*Colocasia esculenta*) cultivada en la región de Tuxtepec, Oaxaca, México

Jesús Rodríguez-Miranda*, José Miguel Rivadeneyra-Rodríguez**, Emmanuel de Jesús Ramírez-Rivera***, José Manuel Juárez-Barrientos†, Esperanza Herrera-Torres††, Ricardo Omar Navarro-Cortez††† & Betsabé Hernández-Santos§

Resumen

Caracterización fisicoquímica, funcional y contenido fenólico de harina de malanga (*Colocasia esculenta*) cultivada en la región de Tuxtepec, Oaxaca, México. El objetivo del presente trabajo de investigación fue realizar la caracterización fisicoquímica, funcional y contenido fenólico de harina de malanga cultivada en la región de Tuxtepec, Oaxaca, México. Se realizó un análisis químico proximal y se cuantificó el contenido de almidón en la harina, así como la determinación de su capacidad de absorción de agua, absorción de aceite, capacidad emulsificante, solubilidad en agua y contenido de fenoles totales, flavonoides, taninos y ácido fítico. De acuerdo al análisis químico proximal la harina de malanga presentó un contenido de proteínas de 5.37 g/100 g, lípidos 0.79 g/100 g, cenizas 4.02 g/100 g, carbohidratos 87.91 g/100 g y almidón 57.55

Abstract

Physicochemical characterization, functional and phenolic content of taro flour (*Colocasia esculenta*) cultivated in region Tuxtepec, Oaxaca, Mexico. The aim of this research was to conduct the physicochemical characterization, functional and phenolic content of cultivated taro flour in the region of Tuxtepec, Oaxaca, Mexico. Chemical analysis proximal was performed and quantified starch content in the flour, and determining its water absorption capacity, oil absorption, emulsifying capacity, water solubility and total phenol content, flavonoids, tannins and acid phytic. According to the proximate analysis of taro flour showed a protein content of 5.37 g/100 g, g/100 g fat 0.79, ash 04.02 g/100 g, g/100 g carbohydrate and starch 57.55 87.91 g/100 g and high values of water absorption capacity (1.78 g H₂O/g sample),

Résumé

Contenu phénolique et caractérisation physicochimique et fonctionnelle de la farine de taro (*Colocasia esculenta*) cultivée dans la région de Tuxtepec, Oaxaca, Mexique. L'objectif du présent travail est de caractériser la farine de taro qui est cultivée dans la région de Tuxtepec, dans l'état de Oaxaca, au Mexique, tant au niveau de son contenu phénolique comme au niveau physicochimique et fonctionnel. Une analyse chimique de composition a été réalisée. De plus, le contenu d'amidon de la farine, sa solubilité dans l'eau, ses capacités d'absorption d'eau et d'huile, et sa capacité émulsifiante ont été estimés. Enfin, les contenus totaux en phénols, flavonoïdes, tanins et acide phytique ont été déterminés. L'analyse chimique indique que 100 g de farine de taro contient 5,37 g de protéines, 0,79 g de lipides, 4,02 g de cendres, et 87,91 g de glucides, dont

* División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Durango. Blvd. Felipe Pescador 1830 Ote., Col. Nueva Vizcaya. C.P. 34080. Durango, Durango., México.

Correo electrónico para correspondencia: ibq.jesusmir@yahoo.com.mx.

** Departamento de Ingeniería, Instituto Tecnológico de Comitancillo, Carretera Ixtaltepec-Comitancillo Km 7.5, San Pedro Comitancillo, Oaxaca., México.

Correo electrónico: jmiguelrr9@hotmail.com.

*** Universidad del Mar, Laboratorio de Análisis y Tecnología de Alimentos, Campus Puerto Ángel. Distrito de San Pedro Pochutla, C.P. 70902, Oaxaca., México.

Correo electrónico: oax2010@hotmail.com.

† Universidad del Mar, Laboratorio de Análisis y Tecnología de Alimentos.

Correo electrónico: jose_manuel_juarez@hotmail.com.

†† Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia-Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED). Carretera Mezquitil km. 11.5, Durango, Durango., México.

Correo electrónico: heto99@yahoo.com.mx.

††† División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Durango.

Correo electrónico: ronc2584@hotmail.com.

§ División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Durango.

Correo electrónico: betsabe_hersan@yahoo.com.mx.

g/100 g, así como elevados valores de capacidad de absorción de agua (1.78 g H₂O/g muestra), capacidad emulsificante (37.92 %), polifenoles totales (111.336 mg g⁻¹) y flavonoides (37.672 mg g⁻¹), bajo porcentaje de capacidad de solubilidad en agua (9.24 %), capacidad de absorción de aceite (0.99 g aceite/g muestra) y ácido fítico (0.60 mg g⁻¹) comparados a lo reportado para otros tubérculos, por lo anterior podría considerarse como una materia prima de gran potencial debido a su elevado contenido de almidón y flavonoides, contribuyendo a la ingesta diaria de antioxidantes fenólicos.

emulsifying capacity (37.92%), total polyphenols (111 336 mg g⁻¹) and flavonoids (37 672 mg g⁻¹), low percentage of capacity of water solubility (9.24 %), oil absorption capacity (0.99 g oil/g sample) and phytic acid (0.60 mg g⁻¹) compared to that reported for other root vegetables, this could be considered as a potential raw material due to its high starch content and flavonoids contributing to the daily intake of phenolic antioxidants.

57,55 g d'amidon. Les valeurs de la capacité d'absorption d'eau (1,78 g H₂O/g d'échantillon), de la capacité émulsifiante (37,92 %), des teneurs totales en polyphénols (111,336 mg g⁻¹) et en flavonoïdes (37,672 mg g⁻¹) sont élevées. Par contre le pourcentage de solubilité en eau (9,24 %), la capacité d'absorption d'huile (0,99 g d'huile/g d'échantillon), et la teneur d'acide phytique (0,60 mg g⁻¹) sont faibles, lorsqu'on les compare aux valeurs reportées pour d'autres tubercules. Cet aliment a donc un grand potentiel grâce à son contenu élevé d'amidon et de flavonoïdes, et pourrait contribuer à un apport quotidien d'antioxydants phénoliques.

Palabras clave: tubérculo, propiedades funcionales, flavonoides totales, polifenoles totales.

Keywords: tuber, functional properties, total flavonoids, total polyphenols.

Mots clefs: tubercule, propriétés fonctionnelles, flavonoïdes totaux, polyphénols totaux.

Introducción

Actualmente la malanga es uno de los principales cultivos en regiones tropicales y subtropicales del mundo, incluyendo África occidental, Asia, América Central, América del Sur y el Caribe y las islas de Polinesia (Onwueme 1999). En México, su cultivo ha aumentado pero su uso ha sido limitado debido a su corta vida post-cosecha (INN 1999; Agbor-Egbe & Rickard 1991). La elaboración de harinas compuestas a través de la mezcla de la harina de malanga con otras harinas, representa una alternativa para el uso de este tubérculo. En general, las harinas de cereales, leguminosas, tubérculos o frutos secos, pueden ser utilizadas en la industria de alimentos como ingrediente en botanas, salsas, cremas, fideos, pastas, entre otros alimentos. Sin embargo la aplicación de estas harinas está relacionada directamente a su composición y propiedades funcionales que dependen de la fuente y condiciones del cultivo (Dendy 2001). La malanga (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) es un tubérculo comestible perteneciente a la familia de las Araceae originario de Asia, de forma ovoide-redonda con una pulpa blanca almidonosa y una cascara de color marrón oscura (Onwueme,

1999; Antonio-Estrada *et al.* 2009). Su valor radica en su alto contenido de almidón (30-85 % base seca), proteínas (1.4-7 %) además de ser una buena fuente de fibra (0.6-0.8 %), vitamina A, C, calcio y fósforo (Dendy 2001). Por otro lado, el consumo de frutas y vegetales ha sido asociado con una menor incidencia y mortalidad por diferentes enfermedades crónicas (Hyon-Woon *et al.* 2008). La protección que las frutas y vegetales brindan contra las enfermedades degenerativas como el cáncer, enfermedades cardiovasculares y cerebrovasculares (Boba-Âk *et al.* 1998), ha sido asociada con el contenido de compuestos fenólicos, estos son metabolitos secundarios de las plantas, a las cuales le brindan protección contra patógenos como bacterias y hongos (Heimer *et al.* 2005). Los compuestos fenólicos están relacionados con la calidad sensorial de los alimentos de origen vegetal, tanto frescos como procesados (Clifford 1992). Su contribución a la pigmentación de los alimentos vegetales está claramente reconocida, a través de las antocianidinas, responsables de los colores rojo, azul, violeta, naranja y púrpura de la mayoría de las plantas y de sus productos (Belitz & Grosch 1988, Shahidi & Naczki 1995).

Los taninos condensados o proantocianidinas se asocian con la astringencia que presentan muchas de las frutas comestibles antes de la maduración (Shahidi & Naczki 1995). En la actualidad este grupo de compuestos presenta gran interés nutricional por su contribución al mantenimiento de la salud humana. Así, muchas de las propiedades benéficas descritas en los alimentos de origen vegetal, asociadas principalmente a la actividad antioxidante, están relacionadas con el contenido de compuestos fenólicos. Es por ello que la actividad antioxidante de los compuestos fenólicos tiene interés desde un punto de vista tecnológico y nutricional (Berra *et al.* 1995). El objetivo del presente trabajo fue la caracterización fisico-química, funcional y contenido fenólico de harina de malanga cultivada en la región de Tuxtepec, Oaxaca, México.

Materiales y Métodos

La malanga (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) utilizada en este estudio fue cultivada y cosechada en la región de Valle Nacional, Tuxtepec, Oaxaca, México.

Obtención de la harina

La malanga se lavó, peló y cortó en rodajas de 0.5 cm de espesor, posteriormente se secaron a 65°C por 25 hr. Las rodajas secas se sometieron a molienda hasta reducir las partículas a un tamaño de 0.5 mm, para lo cual se empleó una malla número 35.

Análisis químico proximal

La composición química proximal de la harina se determinó por triplicado de acuerdo a los métodos de la AOAC (1997): proteínas (920.87), grasas (920.39) y cenizas (923.03). El contenido de fibra cruda se determinó por digestión ácido-alcalina (Tejeda 1992) y el contenido de carbohidratos se calculó por diferencia. La cuantificación de almidón se realizó de acuerdo a Rose *et al.* (1991).

Color y pH

El color se determinó utilizando un colorímetro triestímulo Hunter lab (MiniScan Hunter Lab, modelo 45/0L, Hunter Associates Lab., Ind., Reston, Virginia U.S.A). Los parámetros

de color obtenidos fueron L (Claridad), a*(cromaticidad rojo-verde) y b*(cromaticidad amarillo/azul), a partir de los cuales se calcularon los valores de Cromaticidad (C*), ángulo Hue (h°) y la diferencia total de color (ΔE).

El pH se midió utilizando un potenciómetro (ULTRABASIC DENVER UB-10®), previamente calibrado con tres soluciones buffer pH 4, 7 y 11. La medición se realizó dispersando 1 g de harina en 10 mL de agua destilada a 25 °C.

Propiedades funcionales

Capacidad de absorción de agua (CAA) y Capacidad de solubilidad en agua (CSA): En tubos para centrífuga de 35 mL se colocó 1 g de harina a la cual se le añadieron 10 mL de agua destilada, posteriormente los tubos se agitaron en un vortex (Vortex-2 Genie, Model G-560, Scientific Industries, INC, Bohemia, N.Y. USA) durante 30 s y se centrifugaron a 1006 x g por 15 min (Universal Compact Centrifuge HERMLE Labortechnik GmbH Mod Z 200A, Germany). Los resultados para CAA se expresaron como gramos de agua retenida por gramo de muestra seca y para CSA en porcentaje (Anderson *et al.* 1969).

Capacidad de absorción de aceite (CAC): A 1 g de muestra se le añadieron 10 mL de aceite de maíz, en tubos para centrifuga y se agitaron en vortex (Vortex-2 Genie, Model G-560, Scientific Industries, INC, Bohemia, N.Y. USA) durante 30 s y se centrifugaron a 1006 x g por 15 min (Universal Compact Centrifuge HERMLE Labortechnik GmbH Mod Z 200A, Germany). Los resultados se expresaron como gramos de aceite retenido por gramo de muestra (Beuchat 1977).

Capacidad emulsificante (CE): Se mezcló 1 g de muestra con 20 mL de agua destilada, se agitó 15 min y se aforó a 25 mL con agua destilada. Se mezclaron 25 mL de esta solución con 25 mL de aceite de maíz en una licuadora (Oster, mod. 465, México) por 3 min, posteriormente la mezcla se centrifugó a 1006 x g por 15 min (Universal Compact Centrifuge HERMLE Labortechnik GmbH Mod Z 200A, Germany). La capacidad emulsión se expresó en porcentaje, la capacidad emulsificante

se determinó midiendo la altura de la capa emulsificada con respecto al líquido total (Yasumatsu *et al.* 1992).

Polifenoles totales

Determinación de fenoles totales: El contenido de fenoles totales fue determinado mediante el método de Folin-Ciocalteu, modificado por Heimer *et al.* (2005). La muestra se disuelve en agua destilada a una concentración de 1 mg/mL. En un tubo de ensaye se depositan 125 μ L de esta solución, 500 μ L de agua destilada y 125 μ L de reactivo de folin-Ciocalteu. La mezcla se agita y se deja reposar por 6 min. Pasado este tiempo se adicionan 1.25 mL de solución al 7 % de Na_2CO_3 y 1 mL de agua destilada, se agitó en un vortex (Vortex-2 Genie, Model G-560, Scientific Industries, INC, Bohemia, N.Y. USA) y se dejó reposar por 90 min a temperatura ambiente. La absorbancia se midió a 760 nm, se trabajó con una curva estándar preparada a 5 concentraciones de 20 a 100 μ g/mL de una solución stock de ácido gálico (1 mg/mL) y el resultado fue expresado como mg de equivalente de ácido gálico por g de muestra.

Contenido de flavonoides totales: La evaluación de flavonoides totales se siguió mediante el procedimiento descrito por Heimler *et al.* (2005). Se realizó una curva de calibración con catequina a cinco concentraciones (20 a 100 μ g/mL). Se utilizaron 0.25 mL de muestra diluida, se le adicionaron 75 μ L de una solución de NaNO_2 al 5%, 0.150 mL de una solución recién preparada de AlCl_3 al 10% y 0.5 mL de NaOH 1M. Se ajustó el volumen a 2.5 mL con agua desionizada y se reposó durante 5 minutos. Se midió la absorbancia a 510 nm con blanco sin muestra. Los resultados se expresaron como miligramos equivalentes de catequina por 100 miligramos de extracto.

Determinación de taninos totales: La determinación de taninos se realizó de acuerdo al método de la vainillina-HCl con modificaciones de Heimler *et al.* (2005). 2 g de muestra (previamente secado en un horno a 55 °C durante 24 hr) se mezcló con 50 mL de metanol (99.9 %) durante 20 minutos a temperatura ambiente con agitación constante. Después de centrifugar por 10 min a 653 x g, 5 mL de vainillina-HCl (2 % vainillina 1 % HCl) se

añadieron a alícuotas de 1 mL. La adición de vainillina acidificada desarrolla color en la muestra después de 20 min de estar en contacto a temperatura ambiente, posteriormente la absorbancia fue leída a 500 nm.

Contenido de ácido fítico: La valoración del ácido fítico se realizó de acuerdo a la técnica de Haug & Lantzsch (1983), se pesaron de 0.040 a 0.12 g de muestra y se le adicionaron 20 mL de HCl 0.2 N con agitación mecánica a temperatura ambiente durante 20 min, una vez transcurrido este tiempo la mezcla se centrifugó a 12000 rpm durante 15 min. Posteriormente se tomó una alícuota de 0.5 mL a la cual se le agregó 1 mL de una solución férrica (0.2 g de sulfato férrico de amonio, disuelto en 100 mL de una mezcla de H_2O y HCl 0.2 N, dicha mezcla fue aforada a 1000 mL). El tubo se tapó y colocó en baño de agua en ebullición por 30 min. Posteriormente se agregaron 2 mL de la solución de 2,2-bipiridina (1 g más 1 mL de ácido tioglicólico y aforado con H_2O a 100 mL). Se mezcló el contenido y la absorbancia se midió a 510 nm, 30 segundos después de haber agregado el último reactivo.

Resultados

En la Tabla I se presenta la composición química proximal de la harina de malanga, los resultados mostraron que los carbohidratos se encuentra en mayor concentración, de los cuales el componente mayoritario fue almidón, mientras que los lípidos y la fibra cruda son los componentes que se encontraron menor proporción.

El valor de pH de la harina de malanga (Tabla II) se ubica dentro de los valores ácidos de la escala de pH. Los resultados del análisis de color mostraron que la luminosidad (L) de la harina es elevada, el valor de a^* se inclinó hacia el color rojo, mientras que el valor de b^* hacia el color amarillo. Los parámetros C^* y h° , muestran que el color de la harina de malanga se ubicó en el cuadrante rojo-amarillo con una baja saturación (Tabla II).

En la tabla III se presentan los resultados obtenidos para las propiedades funcionales de la harina [capacidad de solubilidad en agua (CSA), capacidad de absorción de agua

(CAA), capacidad de absorción de aceite (CAC) y la capacidad emulsificante (CE)]. Por otro lado en la Tabla IV se presenta el contenido de fenoles totales de la harina de malanga, así como el contenido de flavonoides, taninos condensados y ácido fítico.

Discusión

La malanga (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) al igual que otros tubérculos, constituye un alimento esencialmente energético debido al contenido de almidón, fibra dietaria, vitamina B6 y manganeso. Los tubérculos y los rizomas incluyendo varios tipos de papa, yuca y malanga, son relativamente bajos en proteína (hasta un 2 %), pero aportan gran variedad de vitaminas y minerales [hierro, fósforo, sodio y calcio] (Onwueme 1999). El contenido de proteínas encontrado fue 5.37 g/100 g, este valor es superior a lo reportado para harinas de malanga (*Colocasia esculenta*) cultivadas en otros países. Tattiyakul *et al.* (2006) reportó 1.2 g/100 g de proteína en harina de origen Tailandés, la INCAP (1996) 1.7 g/100 g para harinas obtenidas de cultivos de Centro América y Panamá. Aboubakar *et al.* (2008), reportaron 3.1 g/100 g en harina de origen Camerunés, Tagodoe & Nip (1994), 3.6 g/100 g en harina de origen Hawaiano, Mbofung *et al.* (2006), 4.33 g/100 g en harina de origen Camerunés y Sefa-Dedeh & Agyr-Sackey (2004), reportaron 4.69 g/100 g en harina de origen Ghanes. Sin embargo el contenido encontrado en este trabajo se encuentra por debajo de lo reportado por Aprianita *et al.* (2009), 6.28 g/100 g de proteína en harina de origen Australiano, Palomino *et al.* (2010), 6.37g/100 g en harina de origen Venezolano, Tilahun (2009), 6.43 g/100 g en harina de origen Etíope y Chinnasarn & Manyasi (2010), 8.52 g/100 g en harina de origen Tailandés. De acuerdo a los valores reportados en la literatura científica, la malanga (*Colocasia esculenta*) cultivada en la región de Tuxtepec, presentó un valor medio de proteínas.

En muchos cultivos de tubérculos el contenido de grasa es muy bajo, la cual está compuesta principalmente por los lípidos de la membrana celular que es variable entre los

Tabla I. Composición química de la harina de malanga (base seca)

Componente (g/100 g)	Contenido
Proteínas (N x 6.25)	5.73±0.88
Grasas	0.79±0.38
Cenizas	4.02±0.07
Fibra cruda	1.56±0.01
Carbohidratos ¹	87.91±1.11
Almidón	57.55±0.00

Los valores representan el promedio de 3 determinaciones ± desviación estándar.

¹El valor se obtuvo por diferencia.

Tabla II. Valor de pH y parámetros de color del sistema Hunter Lab de la harina de malanga

Parámetro	Valor	
pH	6.78±0.00	
Color	L	81.2±1.81
	a*	3.30±0.03
	b*	10.6±0.14
	C*	5.29±0.02
	h°	72.8±0.34
	ΔE	17.80±1.36

Los valores representan el promedio de 4 determinaciones ± desviación estándar.

Tabla III. Propiedades funcionales de la harina de malanga a 25 °C.

Propiedad funcional	Contenido
CSA (%)	9.24±0.36
CAA(g H2O/g muestra)	1.78±0.04
CAC (g aceite/g muestra)	0.99±0.01
CE (%)	37.92±2.74

Los valores representan el promedio de 3 determinaciones ± desviación estándar. CSA = Capacidad de solubilidad en agua. CAA = Capacidad de absorción de agua. CAC = Capacidad de absorción de aceite. CE = Capacidad emulsificante.

Tabla IV. Contenido fenólico y de ácido fítico de la harina de malanga

Determinación	Contenido
Fenoles totales (mg eq. ácido gálico/g de muestra)	111.336±0.9428
Flavonoides (mg eq. catequina/g de muestra)	37.672±0.0203
Taninos condensados (mg g ⁻¹)	165.30±34.43
Ácido fítico (mg g ⁻¹)	0.60±0.02

Los resultados representan la media de 3 determinaciones ± Desviación estándar.

cultivares (Serge 1996). En general, el contenido de grasa de la malanga se encuentra en un rango de 0.11 a 0.88 g/100 g (Chinnasarn & Manyasi 2010, Tagodoe & Nip 1994). Sin embargo el valor obtenido en este estudio (0.79 g/100 g) se encuentra por encima de lo reportado por Chinnasarn & Manyasi (2010), (0.11 g/100 g); Tattiyakul *et al.* (2006) (0.2 g/100 g) en harinas de origen Tailandés, INCAP (1996) (0.3 g/100 g) en harinas de Centro América y Panamá, Tilahun (2009), (0.47 g/100 g) en harinas de origen Etíope, Aboubakar *et al.* (2008), (0.50 g/100 g) y Mbofung *et al.* (2006), (0.59 g/100 g) en harinas de origen Camerunés así como Sefa-Dedeh & Agyr-Sackey (2004) (0.75 g/100 g) en harinas de origen Ghanes y por debajo de lo reportado por Tagodo *et al.* (1994), (0.8 g/100 g) y Palomino *et al.* (2010), (0.88 g/100 g) en harinas de origen hawaiano y Venezolano respectivamente. El contenido de lípidos en la harina obtenida de malanga cultivada en Tuxtepec se encuentra dentro de los valores más altos para esta variedad en comparación con los cultivos de otras regiones del mundo.

La malanga puede contener hierro, calcio, sodio, principalmente oxalato de calcio (Onwueme 1999, Sefa-Dedeh & Agyr-Sackey 2004). El valor obtenido de cenizas (4.02 g/100 g) se encuentra por encima de lo reportado por Chien-Chun *et al.* (2007), (1.28 g/100 g) en harina de origen Tailandés, Aboubakar *et al.* (2008), (1.6g/100 g) en harina de origen Camerunés, Sefa-Dedeh & Agyr-Sackey (2004), (1.66 g/100 g) en harina de origen Ghanes, INCAP (1996), (1.7 g/100 g) harinas de Centro América y Panamá, Tagodoe & Nip (1994), (2.3 g/100 g) de origen Hawaiano y Chinnasarn & Manyasi (2010), (3.13 g/100 g) de origen Tailandés y por debajo de lo reportado por Palomino *et al.* (2010), (4.25 g/100 g) en harinas de origen Venezolano, Mbofung *et al.* (2006), (4.58 g/100 g) en harinas de origen Camerunés y Tilahun (2009), (4.82 g/100 g) en harinas de origen Etíope.

La fibra cruda tiene muchas propiedades funcionales deseables. Estas incluyen facilitar las funciones alimenticias, lo que ayuda en la absorción de micro-componente y el

metabolismo de la glucosa y así como también retrasan el proceso de re-absorción de componentes indeseables de la dieta como el colesterol (Sujak *et al.* 2005). El contenido de fibra cruda que presentó la harina de malanga fue de 1.56 g/100 g superando a lo reportado por Tattiyakul *et al.* (2006) (0.6 g/100 g) en harina de origen Tailandés y Mbofung *et al.* (2006), (0.74 g/100 g) en harina de origen Camerunés. Sin embargo el valor reportado en este estudio para fibra cruda se encuentra por debajo a lo reportado por: Chinnasarn & Manyasi (2010), Tilahun (2009), Sefa-Dedeh & Agyr-Sackey (2004), quienes reportan valores por encima de 2 g/100 g y Palomino *et al.* (2010), reportaron un contenido de 5.19 g/100 g en harina de origen Venezolano.

Una gran proporción del contenido de los tallos laterales de la malanga están constituidos principalmente por carbohidratos, siendo el almidón el principal carbohidrato (Tattiyakul *et al.* 2007), por lo cual la malanga representa una fuente potencial de exportación en lo que respecta a este polisacárido (Sonni *et al.* 2003). El contenido de carbohidratos (87.91 g/100 g) encontrado es superior a lo reportado por Palomino *et al.* (2010), (82.27 g/100 g) en harina de malanga sembrada en Venezuela, Tagodoe & Nip (1994), (84.3 g/100 g) en harina de origen Hawaiano, Tilahun (2009), (85.65 g/100 g) en harina de origen Etíope y Chinnasarn & Manyasi (2010), (86.08 g/100 g) de origen Tailandés. Y por debajo de lo reportado por Aboubakar *et al.* (2008), (89.67 g/100 g) y Mbofung *et al.* (2006), (92.54 g/100 g) en harinas de origen Camerunés, Sefa-Dedeh & Agyr-Sackey (2004), (90.16 g/100 g) de origen Ghanes y Tattiyakul *et al.* (2006) (97.6g/100 g) en harina de origen Tailandés.

El almidón es el principal polisacárido de almacenamiento en cereales, leguminosas, tubérculos y frutos verdes (Antonio-Estrada *et al.* 2009). El contenido de almidón encontrado fue de 57.55 g/100 g de los carbohidratos totales, superior a lo reportado por Mbofung *et al.* (2006), (56.14 g/100 g) en harina de origen Camerunés y por debajo de lo reportado por Palomino *et al.* (2010), (68.50 g/100 g) en harina de origen Venezolano y Aprianita *et*

al. (2009), (80.95 g/100 g) en harina de origen Australiano. El alto contenido de carbohidratos y almidón encontrados en la malanga cosechada en la región de Tuxtepec, le otorga un valor agregado, comparada con cultivos de otros países, por lo que se podría considerar como una materia prima de gran potencial.

Las diferencias en la composición química encontradas con otros cultivares de malanga (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) dependen de las características de la zona donde se cultive, temporada de cultivo y del grado de madurez del tubérculo (Narayana 2002, Sefa-Dedeh & Kofi-Agyir 2002). Cabe mencionar que las características químicas de los tubérculos dependen en gran medida de las características del suelo de donde fueron cosechados así como de factores ambientales como la sequía o la falta de nutriente (Onwueme 1999).

Los valores de luminosidad (L) encontrados (81.2) se encuentran por debajo de lo reportado por Palomino *et al.* (2010), 84.96 en harina de origen Venezolano y Aboubakar *et al.* (2008), 87.7 en harina de origen Camerunés y por encima de los reportado por Chinnasarn & Manyasi (2010), 44.48 en harina de origen Tailandés. Observándose que la harina de malanga sembrada en Tuxtepec tiende a ser más oscura que las cosechadas en otros países. Mientras que los valores de a^* (3.30) y b^* (10.6) encontrados se encuentran por arriba de lo reportado Aboubakar *et al.* (2008), 1.45 y 6.98 respectivamente en harina de origen Camerunés y por debajo de lo reportado por Chinnasarn & Manyasi (2010), a^* de 14.61 y de b^* 24.65 en harina de origen Tailandés.

La ΔE para la harina de malanga fue mayor en este trabajo que lo reportado por Pérez *et al.* (2007) de 7.08 para *Colocasia esculenta* e incluso mayor al registrado por el mismo autor para el género *Xanthosoma sagittifolium* con 11.77, esto se debe a que las características químicas de los tubérculos dependen en gran medida de las características del suelo de donde fueron cosechados así como de factores ambientales como la sequía o la falta de nutriente (Onwueme 1999), además del contenido de flavonoides presentes siendo los responsables del color natural, entre ellos las antocianinas son

responsables de los colores rosa, escarlata, rojo, azul y violeta (Martínez-Malverde *et al.* 2000).

EL pH de la harina de malanga obtenido (6.78), fue muy cercano a la neutralidad, el cual se encontró dentro de lo reportado por Mbofung *et al.* (2006) en seis variedades de malanga cultivadas en Camerún y el Chad, con valores de 6.2 hasta 7.1. Sin embargo, este valor de pH se encuentra por arriba de lo reportado por Tilahun (2009), 6.26 en harina de origen Etíope y Palomino *et al.* (2010), 6.5 en harina de origen Venezolano.

Las propiedades funcionales son importantes, ya que nos proporcionan información para determinar el nivel de utilización en la formulación de los ingredientes y el empleo en el desarrollo de nuevos productos alimenticios (Fasasi 2007). La CSA determina la cantidad de materia disuelta en exceso de agua, utilizándose como un indicador de la degradación de los componentes, principalmente carbohidratos (Van den Einde *et al.* 2003). EL porcentaje de solubilidad obtenido (9.24) se encuentra por debajo de lo reportado para harina precocidad de yuca de 19.22 % (Rodríguez *et al.* 2006).

La capacidad para adsorber agua está relacionada con la presencia de proteínas (Thompson *et al.* 1982), contenido de almidón (Flores-Farias *et al.* 2000) y fibra (Nelson 2001) presentes en los alimentos. El valor de CAA obtenido (1.78 g H₂O/g muestra) se encuentra por encima a lo reportado por Tagodoe & Nip (1994), CAA 1.5 g H₂O/g muestra en harina de origen Hawaiano. Una de las causas a las que se les puede atribuir esta variación es debido a diferencias en el contenido de carbohidratos principalmente almidón, ya que se ha encontrado que a mayor contenido de estos compuestos puede haber una mayor cantidad de agua absorbida (Tjahjadi 1988), la amilopectina parece estar asociada con la capacidad del gránulo de hincharse y absorber agua, en tanto que la amilosa inhibe esta propiedad (Rodríguez *et al.* 2006).

La absorción de aceite es importante en la tecnología de alimentos para productos congelados pre-cocidos listos para freír, en galletas y en algunos alimentos a base de cereales,

además pueden mejorar el sabor y textura de los alimentos (Ramírez & Pacheco 2009). El valor de la CAC obtenida (0.99 g aceite/g muestra) se encuentra por debajo a lo reportado por Mbofung *et al.* (2006), (1.74 a 1.86 g aceite/g muestra) en harinas de seis variedades de malanga cultivadas en Camerún y por Tagodoe & Nip (1994), 1.9 g aceite /g muestra en harina de origen Hawaiano.

La capacidad de formar emulsiones depende del balance de los grupos hidrofílicos y lipofílicos presentes en los componentes de la fibra (Khalid *et al.* 2003). Los valores de CE obtenidos (37.92 %) son superiores a los reportados en harinas de leguminosas (Ahenkora *et al.* 1999, Okpala & Mamah 2001, Adeleke & Odedeji 2010), y harina de papa (25.40 %) (Adeleke & Odedeji 2010), por lo cual se recomienda su uso en productos donde se requiera la formación de una buena emulsión, tales como salsas, cremas, análogos de grasa, entre otros.

El contenido de polifenoles totales de la harina de malanga fue de 111.336 mg g⁻¹, encontrándose por arriba de lo reportado por Kyoung *et al.* (2005) quienes evaluaron el contenido de fenoles totales de papa (0.336 mg g⁻¹), y zanahoria (0.084 mg g⁻¹), por otro lado Tangkanakul *et al.* (2009) reportaron en papa (*Solanum tuberosum*) un contenido de 0.16 mg g⁻¹; Chuquimia *et al.* (2008) reportan en raíces andinas, como Amañoke (*Ombrophytum subterraneum* Asplund), 6.03 mg g⁻¹, Achacana (*Neowerdermannia vorwerckii*) con 0.09 mg g⁻¹, Chijura (*Stangearhizantha*) con 0.14 mg g⁻¹ y Siki (*Hipochoerismeyeniana var. brachylepis*) con 0.10 mg g⁻¹.

Se encontró que el contenido de flavonoides en la harina de malanga fue de 37.672 mg g⁻¹, lo cual concuerda con lo reportado por Kyoung *et al.* (2005) quienes evaluaron el contenido de flavonoides de 20 vegetales (espárragos, pimientos, brócoli, repollo, zanahoria, coliflor, apio, ajo, lechuga, champiñones, cebolla, papa, calabaza, rábano, judías verdes, espinacas, calabaza, maíz dulce, camote y tomate), encontrando valores de 0.008 a 0.0766 mg g⁻¹. Los valores encontrados en esta investigación son superiores

a los reportados por Chuquimia *et al.* (2008) en raíces andinas: 23.02 mg g⁻¹ en Amañoke (*Ombrophytum subterraneum* Asplund) 0.21 mg g⁻¹ en Achacana (*Neowerdermannia vorwerckii*), 0.19 mg g⁻¹ en Chijura (*Stangearhizantha*) y 0.22 mg g⁻¹ en Siki (*Hipochoerismeyeniana var. brachylepis*). Por lo tanto estos valores encontrados en la harina de malanga de la región de Tuxtepec son altos, lo cual sugiere que contiene una cantidad considerable de antioxidantes polifenólicos, principalmente de flavonoides en comparación con los valores de referencia para otros tubérculos.

La cantidad de taninos (expresada como equivalentes de catequina) es de 165 mg g⁻¹ la cual se encuentra dentro de los valores medios reportados para diferentes variedades de ñame (*Dioscorea spp.*) (510 a 20 mg g⁻¹) [Shanthakumari *et al.* 2008] y por encima de lo reportado por Lewu *et al.* (2009) (1.415 mg g⁻¹) en malanga (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) cultivada en Sudáfrica. Sin embargo el contenido de taninos de la mayoría de los alimentos generalmente se reduce por el procesamiento (Akin-Idowu *et al.* 2009).

El ácido fítico es considerado un factor antinutricional debido a que reduce la biodisponibilidad de proteínas y minerales (Sotelo *et al.* 2002), en contraste a su efecto antinutricional estudios *in vitro* han demostrado que el ácido fítico reduce la proliferación de células de cáncer mamaria (Shamsuddin 1995), además de poseer propiedades antioxidantes debido a la capacidad de atrapar hierro el cual es requerido para la generación de radicales hidroxilo vía la reacción de Fenton (Minihane & Rimbach 2002)

Es importante señalar que el contenido de ácido fítico en cereales y leguminosas está influido por varios factores, como la variedad del grano, zona de cultivo, calidad de molienda, entre otros. (Dintzis *et al.*, 1992), por lo cual en un mismo tipo de muestra pueden existir valores diferentes. El contenido de ácido fítico obtenido en esta investigación (0.60 mg g⁻¹) se encuentra por debajo de lo reportado en ñame (*Dioscorea alata*) (58.6 a 198 mg g⁻¹) (Wanasundera & Ravindran 1994) y por lo reportado por Chien-Chun *et al.* (2007)

(1.46 mg g⁻¹) en malanga (*Colocasia esculenta* L.) cultivada en Taiwan. En el presente estudio se comparan los resultados con tubérculos consumidos en otros países, sin embargo estos tubérculos son consumidos después de tratamientos térmicos causado una hidrólisis del ácido fítico a inositol (Sotelo *et al.* 2002)

Conclusiones

La malanga cultivada en la región de Tuxtepec Oaxaca, se podría considerar como una materia prima de gran potencial debido a su elevado contenido de almidón y flavonoides, por lo que su consumo contribuiría a la ingesta diaria de antioxidantes fenólicos. Por otro lado podría incorporarse en alimentos generados de una emulsión debido a su elevado poder emulsificante evitando la separación de fases y por su alta capacidad de absorción de agua se podría emplear como agente espesante en la industria de los alimentos.

Referencias

- Aboubakar, Y.N., Njintang, A., Scher, J. & Mbofung, C.M.F. 2008. Physicochemical, thermal properties and microstructure of six varieties of taro (*Colocasia esculenta* L. Schott) flour and starches, *Journal of Food Engineering*, 86, 294-305.
- Adeleke, R.O. & Odedeji, J.O. 2010. Functional properties of wheat and sweet potato flour blends, *Pakistan Journal of Nutrition* 9 (6): 535-538.
- Agbor-Egbe, T. & Rickard, J.E. 1991. Study on the factors affecting storage of edible aroids. *Annals of Applied Biology*, 119, 121-130.
- Ahenkora, K., Dadzie, M. & Osei-Bonsu, P. 1999. Composition and functional properties of raw and heat-processed velvet bean (*Mucuna pruriens* (L.) DC. *varutilis*) flours. *International Journal Food Science Technology*, 34, 131-135.
- Akin-Idowu, P.E., Asiedu, R., Maziya-Dixon, B., Odunola, A. & Uwaifo, A. 2009. Effects of two processing methods on some nutrients and anti-nutritional factors in yellow yam (*Dioscorea cayenensis*). *African Journal of Food Science*, 3(1): 22-25.
- Anderson, R.A., Conway, H.F., Pfeifer, V.F. & Griffin, E.L. 1969. Gelatinization of corn grits dry roll-and extrudates-cooking. *Cereal Science Today*, 14, 4-12.
- Antonio-Estrada, C., Bello-Pérez, L.A., Martínez-Sánchez, C.E., Montañez-Soto, J.L., Jiménez-Hernández, J. & Vivar-Vera, M.A. 2009. Enzymatic production of maltodextrins from taro (*Colocasia esculenta*) starch, *CyTA-Journal of Food*, 7(3): 233-241.
- AOAC. 1997. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists (Ed.). USA.
- Aprianita, A., Purwandari, U., Watson, B. & Vasiljevic, T. 2009. Physico-chemical properties of flours and starches from selected comercial tubers available in Australia. *International Food Research Journal*, 16, 506-520.
- Belitz & Grosch. 1988. Química de los Alimentos. Ed. Acibia España: Zaragoza.
- Berra, B., Caruso, D., Cortesi, N., Fedeli, E., Rasetti, M.F. & Galli, G. 1995. Antioxidant properties of minor polar components of olive oil on the oxidative processes of cholesterol in human LDL. *Riv. It. Sost. Grasse*, 72, 285-291.
- Beuchat, L. 1977. Functional and electrophoretic characteristics of succynalated peanut flour proteins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 25, 258-263.
- BobaĀk, M., Brunner, E., Miller, N.J., ŠikodovaĀ, Z. & Marmot, M. 1998. Could antioxidants play a role in high rates of coronary heart disease in the Czech Republica? *European Journal of Clinical Nutrition*, 52, 632-636.
- Chien-Chun, H., Woan-Ching, C. & Chiun C.R.W. 2007. Comparison of Taiwan paddy- and upland-cultivated taro (*Colocasia esculenta* L.) cultivars for nutritive values, *Food Chemistry* 102, 250-256.
- Chinnasarn, S. & Manyasi, R. 2010. Chemical and physical properties of taro flour and the application of restructured taro strip product. *World Applied Sciences Journal*, 9(6): 600-604.
- Chuquimia, F., Alvarado, J.A., Peñarrieta, J.M., Bergenstahl, B. & Åkesson, B. 2008. Determinación de la capacidad antioxidante y la cuantificación de compuestos fenólicos y flavonoidicos de cuatro especies vegetales de la región andina de Bolivia, *Revista boliviana de química*, 25 (1): 75-83.
- Clifford, M.N. 1992. Sensory and dietary properties of phenols. *Proceeding of the 16th International Conference of Grape Polyphenol*. 16 (2): 18-23.
- Dendy, D.A. 2001. Composite and alternative flours. In *Cereal Products*. Eds. Dendy D.A. & Dobraszczyk B.J. Aspen Publisher Inc. Pp. 263-275.
- Dintzis, F.R., Lehrfeld, J., Nelsen, T.C. & Finney, P.L. 1992. Phytate content of soft wheat brans as related to kernel size, cultivar, location and milling and flour quality parameters. *Cereal Chemistry*. 69, 577-581.
- Fasasi, O.S., Adeyemi, A. & Fagbenro, O.A. 2007. Functional and pasting characteristics of fermented maize and niletilapia (*Oreochromis niloticus*) Flour Diet, *Pakistan Journal of Nutrition*, 6 (4): 304-309,
- Flores-Farias, R., Martínez-Bustos, F., Salinas-Moreno, Y., Kil-Chang, Y., González-Hernández, J. & Rios, E. 2000. Physicochemical and rheological characteristics of commercial nixtamalized Mexican maize flours for tortillas. *Journal Science Food Agriculture*, 80(6): 657-664.
- Heimer, D., Vignolini, P., Dini, M. & Romani, A. 2005. Rapid test to assess the antioxidant activity of

- Phaseolus vulgaris* L. Dry beans. *Journal Agriculture Food chemistry*, 53(8): 3053-3056.
- Hyon-Woon, I., Bong-Soon, S., Seung-Un, L., Nobuyuki, K., Ohnisi-Kameyama, M., Carol, E.L. & Mendel, F. 2008. Analysis of phenolic compounds by high-performance liquid chromatography and liquid chromatography/mass spectrometry in potato plant flowers, leaves, stems, and tubers and in home-processed potatoes. *J. Agric. Food Chem.* 56, 3341-3349.
- INCAP (INSTITUTO DE NUTRICIÓN DE CENTRO AMÉRICA Y PANAMÁ). 1996. Tabla de composición de alimentos de Centro América. Primera edición, versión preliminar. Págs. 17 y 22.
- Instituto Nacional de Nutrición (INN) Salvador Zubirán. 1999. Tablas de Composición de Alimentos. Instituto Nacional de Nutrición. México.
- Khalid, E., Babiker, E. & El-Tiany, E. 2003. Solubility and functional properties of sesame seed proteins as influenced by pH and/or salt concentration. *Food Chem.* 82: 361-366.
- Kyoung-Chun, O., Dae-Ok, K., Smith, N., Schroeder, N., Taek-Han, J. & Yong-Lee C. 2005. Daily consumption of phenolics and total antioxidant capacity from fruit and vegetables in the American diet. *J. Sci. Food Agric.* 85:1715-1724.
- Lewu, M. N., Adebola. P.O. & Afolayan, A.J. 2009. Effect of cooking on the mineral and antinutrient contents of the leaves of seven accessions of *Colocasia esculenta* (L.) Schott growing in South Africa, *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 7 (3 & 4): 359 -363.
- Martínez-Malverde, I., Periago, M.J. & Ros, G. 2000. Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta, *Archivos Latino Americanos de Nutrición*, 50:1,5-18.
- Mbofung, C.M.F., Aboubakar, Y.N., Njintag, A., Abdou, B. & Balam, F. 2006. Physicochemical and functional properties of six varieties of taro (*Colocasia esculenta* L. Schott) flour. *Journal of Food Technology*, 4(2); 135-142.
- Minihane, A.M. & Rimbach, G. 2002. Iron absorption and the iron binding and anti-oxidant properties of phytic acid. *International Journal of Food Science and Technology*, 37, 741-748.
- Narayana, M.S. 2002. Physicochemical and Functional Properties of Tropical Tuber Starches: a review. Central Tuber Crops Research Institute Sreekrayam Thiruvananthapuram, India. *Starch/Stärke* 54: 559-592.
- Nelson, A.L. 2001. Properties of high fiber ingredients. *Cereal Foods World*, 48(3): 93-97.
- Okpala, L.C. & Mammah, E.N. 2001. Functional properties of raw and processed pigeonpea (*Cajanus cajan*) flour. *International Journal Food Science Nutrition*, 52, 343-346.
- Onwueme, I. 1999. Taro cultivation in Asia and the Pacific. Food and Agriculture. Bangkok: Organization (FAO) of the United Nations Regional office for Asia and the Pacific.
- Palomino, C., Molina, Y. & Pérez, E. 2010. Atributos físico y composición química de harina y almidones de los tubérculos de *Colocasia esculenta* (L.) Schott y *Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott, *Revista de la Facultad de Agronomía*, 32(2), 58-66.
- Pérez, P.P., Gutierrez, M.E., Pacheco, D.E., Tovar, J. & Lares, M. 2007. Production and characterization of *Xanthosoma sagittifolium* and *Colocasia esculenta* flours. *Journal of foodscience.* 72 (6).
- Ramírez, A. & Pacheco, D.E. 2009. Propiedades funcionales de harinas altas en fibra dietética obtenidas de piña, guayaba y guanábana. *Interciencia*, 34(4): 293-298.
- Rodríguez, S.E., Fernández, Q.A., Alcalá A.L. & Ospina, P.B. 2006. Reología de suspensiones preparadas con harina precocida de yuca. *Ingeniería & Desarrollo. Universidad del Norte.* 19: 17-30.
- Rose, R., Rose, L.C., Steven, K.O., Forry, R.K., Durall, M.D. & Bigg, L.W. 1991. Starch determination by perchloric acid vs enzymes: evaluating the accuracy and precision of six colorimetric methods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 39, 2-11.
- Sanni, L.O., Oyewelo, O.B., Adebowale, A.A. & Adebayo, K. 2003. Current trends in the utilization of roots and tubers for sustainable development. 2nd International Workshop, Food-based Approaches for a Healthy Nutrition. Ouagadougou, Burkina Faso: Presses Universitaires of Ouagadougou.
- Sefa-Dedeh, S. & Kofi-Agyir, S.E. 2002. Starch structure and some properties of cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium* and *Colocasia esculenta*) starch and raphides. *Food chemistry.* 79 (4): 435-444.
- Sefa-Dedeh, S., & Agyr-Sackey, K. 2004. Chemical composition and the effect of processing of oxalate content of cocoyam *Xanthosoma sagittifolium* and *Colocasia esculenta* cormels. *Food Chemistry*, 85, 479-487.
- Serge, T. 1996. Tropical Root and Tuber Crops as Human Staple Food Conference présentée au I Congresso Latino Americano de Raízes Tropicals, Sao Pedro, Brésil.
- Shahidi, F. & Naczki, M. 1995. Foods phenolics. Souces, Chemistry, Effects, Application. Tecomic, Publishing Co., INC eds. Lancaster, Pennsylvania. USA.
- Shamsuddin, A.M. 1995. Inositol phosphates have novel anticancer function. *Journal of Nutrition*, 125, 725-732.
- Shanthakumari, S., Mohan, V.R. & Britto, J. 2008. Nutritional evaluation and elimination of toxic principles in wild yam (*Dioscorea spp.*). *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 8: 319-325.
- Sotelo, A., Mendoza, J. & Argote, R.M. 2002. Contenido de ácido fítico en algunos alimentos crudos y procesados, validación de un método colorimétrico. *Journal of the Mexican Chemical Society.* 46 (4), 301-306.
- Sujak, A., Kotlarz, A. & Strobel, W. 2005. Compositional and nutritional evaluation of several lupine seeds, *Food chemistry*, 98, 711-771.

- Tagodoe, A. & Nip, W. 1994. Functional properties of raw and precooked taro (*Colocasia esculenta*) flours. *International Journal of Food Science and Technology*, 29, 457-462.
- Tangkanakul, P., Auttaviboonkul, P., Niyomwit, B., Lowvitoon, N., Charoenthamawat, P. & Trakoontivakorn, G. 2009. Antioxidant capacity, total phenolic content and nutritional composition of Asian foods after thermal processing, *International Food Research Journal* 16: 571-580.
- Tattiyaku, J.L., Pasawadee, P. & Sukruedee, A. 2007. Taro *Colocasia esculenta* (L.) Schott Amylopectin Structure and Its Effect on Starch Functional Properties. *Starch/Stärke* 59, 342-347.
- Tattiyakul, J., Asavasaksakul, S. & Pradipasena, P. 2006. Chemical and physical properties of flour extracted from taro *Colocasia esculenta* (L.) Schott grown in different regions of Thailand. *Science Asia*, 32, 279-284.
- Tejeda, L. 1992. The Thermal decomposition of carbohydrates. II. The decomposition of fiber. *Chemistry Biochemistry*, 47, 279-393.
- Thompson, L.U., Liu, R.F.K. & Jones, J.D. 1982. Functional properties and food applications of rapeseed protein concentrate. *Journal Food Science*, 7(4): 1175-1180.
- Tilahun, A. 2009. Effect of processing on some physico-chemical and antinutritional factors of taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) grown in Ethiopia. Thesis of Master of Science in Food Science and Nutrition, Addis Ababa University, Ethiopia.
- Tjahjadi, C., Lin, S.W. & Breene, W.M. 1988. Isolation and characterization of adzuki bean (*Vigna angularis* cv Takara) proteins. *Journal of Food Science*, 53, 1438-1443.
- Van den Einde, R.M., Van der Goot, A.J. & Boom, R.M. 2003. Understanding molecular weight reduction of starch during heating-shearing process. *Journal of Food Science*, 68, 396-2904.
- Wanasundera, J.P.D. & Ravindran, G. 1994. Nutritional assessment of yam (*Dioscorea alata*) tubers. *Plant Foods for Human Nutrition* 46: 33-39.
- Yasumatsu, K., Sawada, K., Morita, S., Misaki, M., Toda, J., Wada, T. & Ishii, K. 1992. Studies on the functional properties of food grade soybean products: whipping and emulsifying properties of soybean products. *Agric. Biol. Chem.* 36:719-727.

Recibido: 29 septiembre 2011

Aceptado: 30 noviembre 2011