Caracterización química de dos tubérculos de Dioscoreas cultivadas de forma silvestre en México

J. J. Espino García1, Ma. G. Torres Cardona1, I. Almaraz Buen día1, J. G. Peralta Ortíz1, M.A Meza-Nieto1*

1Instituto de Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Abasolo 600, Pachuca Hidalgo, Mexico.

*mezal68@gmail.com

Área de participación: Ingeniería Química

Resumen

Se realizaron análisis químicos, celulares y aporte energético a *Dioscorea bulbifera* y *Dioscorea sp*. cultivadas de forma silvestre en la Sierra Norte del Estado de Puebla, México. Los análisis demostraron que existió una variación de 72.68 – 77.27 % de humedad entre los tubérculos completos y la pulpa de las dos Dioscoreas. Los tubérculos de *Dioscorea bulbifera* presentaron 6.04 % de cenizas y 83.0 % de carbohidratos asimilables, mientras que en los tubérculos de *Dioscorea Sp*.,se encontraron 17.26 % de proteína, 2.04 % de grasa y 6.88 % de fibra cruda g/ 100 g, respectivamente que los tubérculos de *Dioscorea Bulbifera*. El mayor aporte energético lo proporcionaron la grasa (18.47 kcal) y la proteína (69.07 kcal) de los tubérculos de *Dioscorea sp*. Los carbohidratos de la pulpa de *Dioscorea bulbifera* fue la que aporto mayor cantidad de energía (332.40 kcal) y *Dioscorea sp*, presento mayor hemicelulosa (41.9%).

***Palabras clave**: Dioscoreas, carbohidratos solubles, energía*

Abstract

Chemical, cellular and energy analysis were performed to *Dioscorea bulbifera* and *Dioscorea sp*. cultivated wild in the Sierra Norte of the State of Puebla, Mexico. The analyzes showed that there was a variation of 72.68 - 77.27% of humidity between the complete tubers and the pulp of the two Dioscoreas. The *Dioscorea bulbifera* tubers presented 6.04% of ashes and 83.0% of assimilable carbohydrates, while in *Dioscorea Sp.* Tubers 17.26% of protein, 2.04% of fat and 6.88% of crude fiber g / 100 g were found, respectively that the tubers of *Dioscorea Bulbifera*. The greatest energy contribution was provided by fat (18.47 kcal) and protein (69.07 kcal) from *Dioscorea sp*. The carbohydrates of the pulp of *Dioscorea bulbifera* was the one that contributed the most energy (332.40 kcal) and *Dioscorea sp,* presented the highest hemicellulose (41.9%).

***Key words**: Dioscoreas, gross energy,carbohidrates.*

Introducción

A nivel mundial se encuentran diversas fuentes de almidones que pueden provenir de granos, tubérculos y semillas conocidos tradicionalmente como almidones convencionales. Sin embargo, otras fuentes que pueden proveer almidón como fuente energética, se pueden obtener de plantas de la familia de las Dioscoreaceae, conocidas como Yams o Ñames, plantas tropicales que sus raíces, tubérculos o frutos se han utilizado como alimento y como fuente medicinal tradicional en algunas poblaciones de África y el sureste de Asia, esto debido a sus diversos componentes químicos [1,2]. La composición química de los constituyentes químicos de la familia de las dioscóreas es muy variada, ya que depende de factores climáticos, edáficos y del cultivar donde se desarrollen para su producción [3,4]. Estos mismos autores al cultivar *Dioscorea opposita Thunb,* en diferentes tipos de suelo encontraron que la cantidad de proteína varió desde 0.57 – 2.19 % y de cenizas de 3.49 - 4.16 % respectivamente. Estudios químicos realizados a los tubérculos de *Dioscorea piryfolia*, reportaron un contenido

de proteína del 1.34 %, de cenizas 0.88 % y de carbohidratos 92.73 % como almidón, expresados en materia seca [5]. Otro estudio realizado a los componentes químicos de *Dioscorea cayenensis* realizado por [6], encontraron un 66.79 g de humedad, 2.62 g de proteína cruda, 0.27 g de lípidos, 0.17 g Fibra, 0.63 g de cenizas y 29.69 g de carbohidratos. Afoakwa [7], realizaron un análisis químico a los tubérculos de *Dioscorea dumetorun* y encontraron un contenido de humedad del 77.85 %, de fibra cruda (2.44 %), de grasa 0.35 %, cenizas 3.79 % y proteína del 9.43 %. En México existen diversas especies de Dioscoreas, entre ellas *D. bulbifera* y *D. sp*, las cuales en algunas poblaciones de las zonas tropicales las conocen como "papa de burro y cabeza de negro", respectivamente. Los frutos y rizomas de estas plantas son consumidas como alimento, debido a su alto contenido energético proporcionado por la cantidad de almidón. Sin embargo, existe poca o nula información sobre la composición química de éstas dos Dioscoreas, así como de la solubilidad de los componentes de la pared celular de las Dioscoreas como Fibra Detergente Neutra (FND) y de los componentes que son solubles en ambientes ácidos entre ellos los determinados en la Fibra Detergente Ácida (FDA), así como de Lignina Detergente Ácida (ADL). El trabajo tuvo como objetivo determinar los componentes químicos, los constituyentes del contenido celular y el aporte energético de dos dioscóreas provenientes de la zona tropical del estado de Puebla, México.

Metodología

Materiales y reactivos

Todos los reactivos fueron de grado analítico, se utilizaron ácido sulfúrico, hidróxido de sodio, etanol al 96 (G.L), bromuro de cetil-trimetil-amonio y hexano, estos fueron de Baker, R.A. Para la determinación de Fibra Detergente Ácida (FDA), Fibra Detergente Neutra (FDN) y Lignina ácida (LA), se utilizaron dodecil sulfato de sodio, sal disódica dihidratada de EDTA, borato de sodio, fosfato dibásico de sodio anhidro, trietilen glicol, alfa amilasa con una actividad de 17,00 unidades/mL y sulfito de sodio anhidro fueron de Ankon Technology.

Obtención de las muestras

Los tubérculos de *Dioscórea bulbifera* y de *Dioscórea sp*., se cosecharon en el municipio de Zapotitlán de Méndez ubicado en la Sierra Norte del Estado de Puebla. El municipio se localiza en la transición de los climas templados de la Sierra Norte, y los cálidos del declive de Golfo; presenta un solo clima: Semi cálido subhúmedo con lluvias todo el año. Sus coordenadas geográficas son los paralelos 19º 58' 10" y 20º 01' 36" de latitud Norte y los meridianos 97º 38' 36" y 97º 44' 24" de longitud Occidental.

Preparación de las muestras

Previo a los análisis químicos, los tubérculos de las Dioscoreas fueron lavados con agua corriente y jabón. Posteriormente se les retiró la dermis y la parte carnosa o pulpa se cortaron en trozos de 5.0 x5.0 cm. Una cantidad de muestra se sometió en un horno de aire (Gallenkamp, Modelo OV - 440, Inglaterra) a 105 ° C por 24 horas y el resto de las muestras se sometieron en horno de aire (Gallenkamp, Modelo OV - 440, Inglaterra) a 55 ° C por 48 horas o hasta peso constante.

Análisis químico proximal

El contenido de humedad de las muestras se determinó por el método de [8], en un horno de aire (Gallenkamp, Modelo OV - 440, Inglaterra) a 105 ° C por 24 horas. La proteína cruda de las muestras se determinó utilizando el método de micro-Kjeldahl y la cantidad de proteína cruda se calculó multiplicando el porcentaje de nitrógeno total en la digestión por 6.25 [8]. La grasa cruda se determinó mediante el método de extracción Soxhlet [8]. El contenido de cenizas se determinó sometiendo la muestra en una mufla a 550 ° C durante 4 h, y las cenizas se calcularon como g / 100 g de muestra fresca original [8]. La fibra cruda se determinó utilizando el método de la AOAC 958.06 [8], mientras que el contenido de carbohidratos asimilables se obtuvo por diferencia.

Cálculo de carbohidratos solubles y determinación del contenido de energía

Los carbohidratos solubles se obtuvieron por diferencia, a 100 se le restó la suma del contenido de humedad, proteína cruda, cenizas, extracto etéreo y fibra cruda. Los valores del aporte de energía se calcularon utilizando los valores del factor Atwater o sistema Atwater, s utilizó el factor 4.0 para proteínas y carbohidratos y el factor 9.0 para lípidos, los valores obtenidos fueron expresados en Kcal/g [9,10].

Determinación de Fibra Detergente Neutro (FDN)

Las muestras de *Dioscorea bulbifera* y *D. sp*., una vez secas, se sometieron en bolsas filtrantes de poliester (Ankon Technology F57 Macedon, NY, USA), previamente taradas, con 0.5 g de muestra seca y molida a 2 mm se digirieron durante 60 minutos a 90-100 °C en SDN (30.0 g de lauril sulfato de sodio;18.61 g de EDTA-sodio dihidratado; 6.81 g de borato de sodio; 4.56 g de fosfato dibásico de sodio anhidro;10 ml de trietilengilcol, en un L de solución), 100 mL/bolsa aproximadamente, pH 6.9-7.1. Se adicionaron 4 mL de alfa amilasa bacteriana termoestable, actividad = 17,400 Liquefon Units / ml y 20 g de sulfito de sodio anhidro por cada 24 bolsas. Las bolsas con muestra digerida se lavaron con suficiente agua hasta eliminación de la SDN, se presionaron manualmente para eliminar agua y se colocaron en un recipiente con acetona durante 3-5 minutos. Se presionaron nuevamente para eliminar acetona y se secaron al aire, posteriormente se llevaron a 105°C en estufa con flujo de aire durante 4 horas para completar el secado. Se enfriaron y pesaron. El residuo en la bolsa es la FDN [11].

Determinación de Fibra Detergente Ácida (FDA)

Las bolsas conteniendo FDN se digirieron durante 60 minutos a 90-100 °C en solución detergente ácida (SDA); 20 g bromuro de cetil trimetilamonio (CTAB o Cetrimida) y 27.7 ml ácido sulfúrico (H2SO4conc) en un litro de solución; 100 mL/bolsa aproximadamente. Después de la digestión se lavaron las bolsas hasta pH neutro en el agua de descarte. Se eliminó el exceso de agua por presión manual y se sumergieron durante tres minutos en acetona. Se eliminó el exceso de acetona por presión y se dejaron secar a temperatura ambiente hasta eliminar la acetona; se completó el secado a 105 °C durante 4 horas (sin exceder el tiempo de secado), se removieron las bolsas del horno y enfriaron a temperatura ambiente en una bolsa plegable aplanando para eliminar el aire. El residuo en la bolsa de digestión es la FDA [11]

Determinación de Lignina Detergente Ácida (ADL)

Después de realizar determinaciones de FDA, se colocaron las bolsas secas con muestras en un vaso de precipitados de 1 L y se cubrieron completamente con H2SO4 72% (aproximadamente 250 ml). Se colocó un vaso de precipitados de 500 mL dentro del vaso de precipitados de 1 L para mantener las bolsas sumergidas. Las bolsas se agitaron al inicio y a intervalos de 30 minutos empujando y levantando suavemente el vaso de precipitados de 500 mL aproximadamente 30 veces. Después de 3 horas, se vertió el H2SO4 y enjuagaron las bolsas con agua corriente para eliminar todo el ácido, hasta que papel pH muestre neutralidad al tocar las bolsas. Se secaron las bolsas a 105°C durante 4 horas en horno con flujo de aire. Las bolsas secas se enfriaron a temperatura ambiente y pesaron para determinar cenizas en crisoles previamente a peso constante. La diferencia entre el peso inicial y el peso de las cenizas corresponde a la fracción de lignina [8.11]

Determinación de Hemicelulosa

Para la determinación de hemicelulosa se utilizó el méetodo propuesto por [13], empleando el analizador de fibras semi-automático (Ankon Technology F57 Macedon, NY, USA), en el cual se utilizan bolsas filtrantes de poliéster. El contenido de hemicelulosa se estimó como la diferencia entre la fibra de detergente neutro (FDA) y la fibra de detergente ácido (FDN) de acuerdo con [13]

Diseño experimental y análisis estadístico

Se probaron cuatro tratamientos los cuales consistieron en: *Dioscorea bulbifera* y *Dioscorea. sp* completa (dermis y pulpa); Pulpa de *Dioscorea bulbifera* y *Dioscorea sp*. Se utilizó un diseño completamente al azar con tres repeticiones. Las medias de tratamientos fueron comparadas mediante la prueba de Tukey a un ($\alpha = 0.05$) y analizadas en un paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System v. 9.0).

Resultados y discusión

Análisis químico proximal

En la tabla 1 se muestran los resultados del análisis químico proximal de *Dioscorea bulbifera* y *Dioscorea sp*. Se presentó una diferencia estadística significativa ($p<0.05$) entre las dos especies de Dioscoreas y sus componentes químicos. Los análisis químicos proximales, demostraron que tanto la pulpa como el tubérculo completo de *Dioscorea sp*, presentaron los porcentajes más altos de humedad que para *Dioscorea bulbifera*. Estos resultados fueron superiores a los reportados en cultivares de *Dioscorea cayenensis* [6], similares a los reportados por [7],

pero inferiores a los reportados en el estudio realizado a *Dioscorea deltoidea* y *Dioscorea versicolor* [3]. La pulpa y el tubérculo completo de *Dioscora bulbifera* presentaron mayor porcentaje de cenizas que para *Dioscorea sp.* El porcentaje de cenizas fueron superiores a los encontrados por [3,4], al evaluar diferentes especies de Dioscoreas. El tubérculo completo de *Dioscorea sp*, presentó un 56.8 % más de proteína que el tubérculo de *Dioscorea bulbifera*. Cuando se analizó la pulpa y el tubérculo completo de *Dioscorea sp*, se encontró una diferencia del 27.17% entre el tubérculo completo y la pulpa del mismo, estos resultados son similares a los encontrados en el estudio realizado a *Dioscorea cayenensis* por [6], pero son superiores a los reportados en el estudio de *Dioscorea triphylla* [Bhandari y col 2003]. El mayor porcentaje de contenido de grasa se encontró en el tubérculo completo de *Dioscorea sp*., estos valores se encuentran por debajo a los reportados en especies de *Dioscorea deltoidea*, *Dioscorea versicolor* y *Dioscorea triphylla* [3]. Sin embargo, el porcentaje en contenido de grasa de del tubérculo completo de *Dioscorea sp*, fueron superiores a los reportados por [7]. Estas diferencias en contenido de grasa se pueden deber en parte a las condiciones de producción de cultivo y a los factores climáticos, edáficos y topográficos. Los tubérculos completos provenientes de *Dioscorea sp*, presentaron los mayores porcentajes de fibra cruda que los tubérculos completos de *Dioscorea bulbifera*. Los porcentajes de fibra cruda encontrados en este estudio son inferiores a los reportados en el estudio con *Dioscorea deltoidea* [3]. Tal variación en el contenido de fibra cruda podría estar relacionada con su origen genético, fuentes geográficas, nivel de fertilidad del suelo, lugar dónde se cultivan y los períodos de cosecha.

Tabla 1. Análisis químico proximal de tubérculos de *Dioscorea bulbifera* y *Dioscorea sp*. Expresados en base seca

	Componentes químicos				
	Humedad	**Cenizas**	**Proteína**	**Grasa**	**Fibra Cruda**
Especies de Dioscoreas			**(%)**		
DBC	$72.68^{D} \pm 0.023$	$6.04^{A} \pm 0.037$	$7.45^{C} \pm 0.153$	$0.44^{B} \pm 0.041$	$4.15^{B} \pm 0.072$
PDB	$73.33^{C} \pm 0.041$	$6.01^{A} \pm 0.003$	$7.56^{C} \pm 0.055$	$0.38^{B} \pm 0.013$	$2.79^{C} \pm 0.098$
DsPC	$76.37^{B} \pm 0.099$	$5.41^{B} \pm 0.100$	$17.26^{A} \pm 0.269$	$2.04^{A} \pm 0.276$	$6.88^{A} \pm 0.259$
PDsP	$77.27^{A} \pm 0.231$	$4.64^{C} \pm 0.173$	$12.57^{B} \pm 0.041$	$0.49^{B} \pm 0.010$	$2.69^{C} \pm 0.013$

DBC; Tubérculo de *dioscorea bulbifera* completo, PDB; pulpa de *dioscorea bulbifera*, DsPC; Tubérculo de *Dioscorea sp* completo, PDsP Pulpa de *Dioscorea sp*.

Carbohidratos asimilables y aporte energético de Dioscoreas

En la figura 1, se muestra el porcentaje de carbohidratos asimilables provenientes de *Dioscorea bulbifera* y *Dioscora sp*. Se encontraron diferencias estadísticas ($p < 0.05$) entre los componentes de las especies de Dioscoreas (pulpa y el tubérculo completo) y el porcentaje de carbohidratos asimilables. El menor porcentaje de carbohidratos asimilables se encontró en el tubérculo completo de *Dioscorea sp* (68.34 %), mientras que para la pulpa fue superior en un 14:10 %. Estos resultados son inferiores a los reportados por [3,5], quienes evaluaron el contenido de carbohidratos en tubérculos de *Dioscorea piryfolia, Dioscorea deltoidea* y *Dioscorea versicolor* respectivamente. Estas diferencias podrían estar relacionadas al tipo de especies y al manejo de los cultivares.

 ISSN 2007-8102

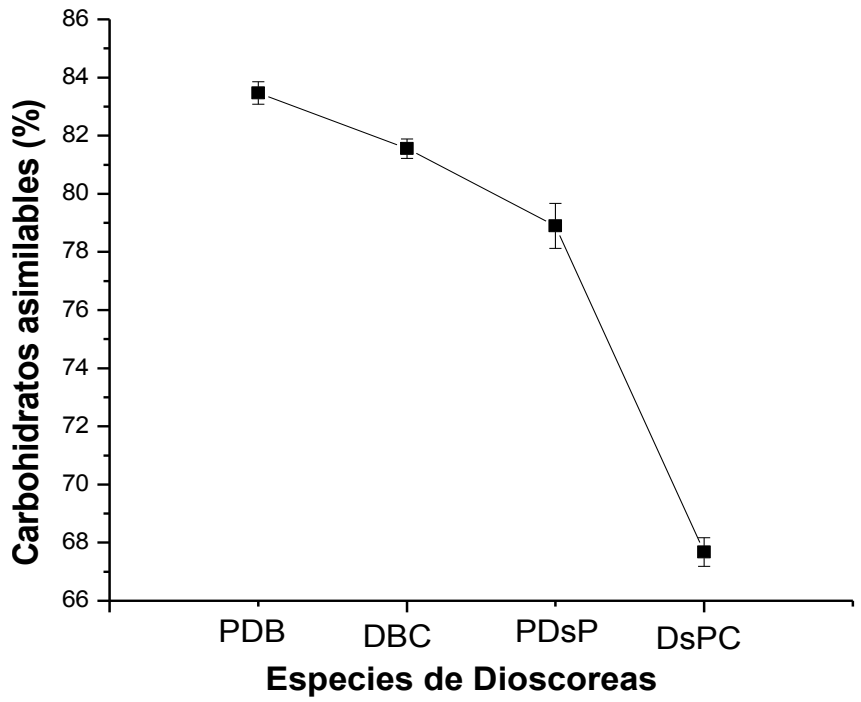


Figura 1.- Carbohidratos asimilables de la pulpa y del tubérculo completo provenientes de *Dioscorea bulbifera* y *Dioscorea sp*.

En la tabla 2 se muestran los resultados del aporte energético de los componentes de tubérculos de *Dioscorea bulbifera* y *Dioscorea sp.* Se encontró una diferencia estadística (p>.05) entre el aporte energético de grasa, proteína y carbohidratos de los tubérculos completos y de la pulpa de *Dioscorea bulbifera* y *Dioscorea sp*. El mayor aporte energético en grasa y proteína lo proporcionaron los tubérculos completos de *Dioscorea sp*. 18.47 y 60.07 kcal por cada 100 gramos, respectivamente. El aporte energético proveniente de la pulpa y de los tubérculos completos de las dos dioscóreas tuvieron un rango de 273.48 a 332.48 kcal/ 100 gramos de materia seca. El mayor aporte energético fue para la pulpa de *Dioscorea Bulbifera*, mientras que el menor fue para el tubérculo completo de *Dioscorea sp*. Estos resultados son inferiores a los reportados en el estudio de cultivares de *Dioscorea alata, Dioscorea bulbifera var.vera, Dioscorea esculenta, Dioscorea oppositifolia var. dukhumensis, Dioscorea oppositipholia var. Oppositifolia, Dioscorea pentaphylla var. pentaphilla y Dioscorea spicata* [14,15]. Esta variación en el aporte energético encontrado en este estudio podría deberse en parte a las diferentes concentraciones de los componentes químicos de cada especie y variedades de *Dioscoreas*.

Tabla 2. Aporte energético de tubérculos de *Dioscorea bulbifera* y *Dioscorea sp*. (g/ 100 g materia seca)

	Componentes energéticos		
	Grasa	Proteína	carbohidratos
Especies de Dioscoreas		(Kcal)	
DBC	$3.95^{B} \pm 0.378$	$29.82^{C} \pm 0.609$	$327.56^{B} \pm 0.561$
PDB	$3.48^{B} \pm 0.110$	$30.25^{C} \pm 0.223$	$332.48^{A} \pm 0.330$
DsPC	$18.47^{A} \pm 0.541$	$69.07^{A} \pm 0.081$	$273.48^{D} \pm 0.725$
PDsP	$4.48^{B} \pm 0.092$	$50.32^{B} \pm 0.172$	$318.27^{C} \pm 0.476$

DBC; Tubérculo de *dioscorea bulbifera* completa, PDB; pulpa de *dioscorea bulbifera,* DsPC; Tubérculo de *Dioscorea sp* completa, PDsP; Pulpa de *Dioscorea sp*.

 Registro ISSN en trámite ante INDAUTOR 1133

Componentes celulares

En la tabla 3 se muestran los resultados de los componentes celulares de los tubérculos de *Dioscorea bulbifera* y *Dioscorea sp*. Se encontró una diferencia estadística ($p<0.5$) entre los tubérculos de las dos especies de dioscóreas y la FDA, FDN y ADL. Los tubérculos de *Dioscorea sp*, presentaron el mayor porcentaje 43. 24 g / 100 g de Fibra detergente Neutro que *Dioscórea bulbifera*. Los resultados encontrados en este estudio fueron superiores a los reportados por [7] y a los obtenidos por [16] a tubérculos de *Diosocrea bulbifera*. Sin embargo, los tubérculos de *Dioscorea bulbifera* presentaron mayores porcentajes (3.518 g/ 100 g) de Fibra Detergente ácida que dioscórea sp. Los porcentajes obtenidos de Fibra Detergente Ácida son inferiores a los reportados en los estudios realizados a *Dioscorea dumetorun* y *Dioscorea bulbifera* por [7,16]. Un mayor contenido en el porcentaje de Lignina Detergente Ácida se encontró en los tubérculos completos de *Dioscorea sp.* Se encontró que los tubérculos completos de *Dioscorea sp* presentaron 45.0 % más de hemicelulosa que los tubérculos completos de *Dioscorea bulbifera*. Estos resultados son superiores a los reportados por [17], al evaluar diferentes especies y variedades de Dioscoreas. Esta diferencia se puede deber en parte a la especie, a la etapa de madurez o momento de cosecha, al manejo de los cultivos y a la zona geográfica donde se producen las dioscóreas.

Tabla 3. Componentes celulares de *Dioscorea bulbifera* y *Dioscorea sp*. (g/100 g de materia seca)

	Componentes celulares		
	FDN	**FDA**	**ADL**
Especies de Dioscoreas		**(%)**	
DIoscorea bulbifera	$26.51^{B} \pm 0.835$	$3.51^{A} \pm 0.159$	$0.05^{B} \pm 0.008$
Dioscorea sp	$43.24^{A} \pm 0.765$	$1.31^{B} \pm 0.056$	$0.08^{A} \pm 0.003$

FDN; Fibra detergente neutro; FDA; Fibra detergente ácido; ADL; Lignina detergente ácida

Trabajo a futuro

Con este trabajo de investigación se propone sentar las bases químicas para utilizar los principales componentes de las Dioscoreas en la industria alimentaria; utilizar el almidón y la harina obtenida, para la adición de éstos en alimentos lácteos, así en la elaboración de pastas y salsas. En la industria no alimentaria se pretende utilizar el forraje y los tubérculos para elaboración de alimento destinado a los animales rumiantes.

Conclusiones

Los análisis químicos proximales, el aporte energético y los componentes celulares realizados a lasdos tubérculos de Dioscorea, demostraron que *Dioscorea bulbifera* presentaron mayores porcentajes de cenizas y de carbohidratos asimilables que *Dioscorea Sp*. Con relación a contenido de grasa, proteína y fibra cruda los tubérculos completos de *Dioscorea sp*, presentaron valores más altos, que *Dioscorea bubifera*. El mayor aporte energético proveniente de la grasa y de la proteína lo proporcionaron los tubérculos de *Dioscorea sp*., mientras la pulpa de los tubérculos de *Dioscorea bulbifera* aportaron mayor energía en forma de carbohidratos. Los tubérculos de Dioscorea sp, aportaron mayor contenido celular en forma de hemicelulosa que los tubérculos de *Dioscorea bulbifera*. Los resultados encontrados en esta investigación, permitirá sentar las bases para su uso en la industria alimentaria y no alimentaria.

Referencias

[1] C.C. Huang, M.C. Lin, and C.C.R. Wang, “Changes in morphological, thermal and pasting properties of yam (*Dioscorea alata*) starch during growth”, Carbohydrate Polymers, Vol. 64, no.4, pp. 524–531 2006.

[2] A. Okunlola, and O.A. Odeku, “Evaluation of starches obtained from four Dioscorea species as binding agent in chloroquine phosphate tablet formulations”, Saudi Pharmaceutical Journal, Vol. 19, no. 2, pp. 95-105, 2011.

[3] M.R. Bhandari, T. Kassai, and J. Kawabata, “Nutritional evaluation of wild yam (Dioscorea spp.) tubers of Nepal”, Food Chemistry, Vol 82, no. 4, pp. 619–623, 2003.

[4] F. Ma, R. Wang, J. Zhu, Y. Zhang, Y. Wang, W. Hu, A.E. Bell, and X. Liu, “Characterisation comparison of polysaccharides from *Dioscorea opposite Thunb*. growing in sandy soil, loessial soil and continuous cropping”, International Journal of Biological macromolecules, Vol. 126, no.1, pp. 776-785 2019.

[5] M.S.E. Sharlina, W.A. Yaacob, A.M. Lazim, S. Fazry, S.J. Lim, S. Abdullahc, A. Noordinb, and M. Kumaran, “Physicochemical Properties of Starch from *Dioscorea pyrifolia* tubers”, Food Chemistry**,** Vol. 220, no.1, pp. 225-232, 2017.

[6] O.T. Adepoju,O. Boyejo, and O.P. Adeniji, “Effects of processing methods on nutrient and antinutrient composition of yellow yam (*Dioscorea cayenensis*) products”, Food Chemistry, Vol.1, no. 238, pp.160-165, 2018.

[7] E.O. Afoakwa, and S. Sefa-Dedeh, “Chemical composition and quality changes occurring in *Dioscorea dumetorum* pax tubers after harvest”, Food Chemistry, Vol. 75, no. 1, pp. 85–91, 2001

[8] AOAC, “Official methods of analysis (18th ed.)”, Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists, 2005.

[9] FAO. “Food energy-methods of analysis and conversion factors”, Rome, Italy: Food and Agriculture Organization. FAO Food and nutrition paper. Vol.77, no.1 pp. 18-37, 2013.

[10] K. Mahan, S. Escott-Stump, y J.L. Raymond, “Nutrición y dietoterapia de Krause”, 13ª. Edición España. Elsevier, pp.1030-1038, 2013.

[11] P. J. Van Soest, R.H. Wine and L.A. Moore, “Estimation of the true digestibility Forages by the invitro digestion of cell walls”, Proc. 10 th. International Grassland Congress, Helsinki, pp**.** 438-441, 1966.

[12] P.J. Van Soest, J.B. Robertsons, and B.A. Lewis, “Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition”, Journal of Dairy Science, Vol.74, no.10, pp. 3583, 1991.

[13] P.J. Van Soest, “Dietary fiber: Their definition and nutritional properties”, The American journal of clinical nutrition, Vol. 31, no. 10, pp. 12-20, 1978.

[14] S. Shanthakumari, V.R. Mohan, and J. de Britto, “Nutritional evaluation and elimination of toxic principles in wild yam (Dioscorea spp.)”, Tropical and Subtropical Agroecosystems, Vol.8, no.3, pp**.** 319-325, 2008.

[15] P.S. Shajeela, V.R. Mohan, L. Louis Jesudas, and P.Tresina Soris, “Nutritional and antinutritional evaluation of wild yam (Dioscorea spp.)”, Tropical and Subtropical Agroecosystems, Vol. 14, no.1, pp. 723-730, 2011.

[16] A.E Abara, E.N.Tawo, M.E Obi-Abang and GO Obochi, Dietary fibre components of four common Nigerian Dioscorea species. Pakistain Journal of Nutrition,Vol. 10, no.4,pp. 383-387, 2011.

[17] E.O. Afoakwa, D. Polycarp, A.S. Budu, H.Mensah-Brown, and E. Otoo, “Variability in biochemical composition and cell wall constituents among seven varieties in ghanaian yam (Dioscorea sp.) germplasm”, African Journal of Food Agriculture Nutrition and development, Vol.13, no.4, pp. 8106-8127, 2013.