

Selección de introducciones de *Cucurbita* por contenido de aceite en semillas

Selecting *Cucurbit* accessions by oil content in seeds

Ginna Alejandra Ordóñez Narvárez*, Sanín Ortiz Grisales, Magda Piedad Valdés Restrepo y Franco Alirio Vallejo Cabrera

Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. Apartado aéreo 237 Palmira, Colombia. Autora para correspondencia: gaordonezn@unal.edu.co

Rec.: 24.09.2013 Acep.: 12.03.2014

Resumen

La variabilidad en frutos y la composición de las semillas de *Cucurbita*, un género de plantas oleaginosas, ofrece la posibilidad de hacer investigación sobre caracteres de importancia agroindustrial, como el contenido de aceite. En este artículo se presentan los resultados obtenidos a partir de la caracterización y evaluación por contenido de extracto etéreo (E.E.) de 277 introducciones de zapallo (*Cucurbita* spp.) de diferentes orígenes geográficos. El promedio de contenido EE fue de 35.44% con un coeficiente de variación (CV) de 12.60%. El promedio de peso de semillas por fruto (PSPF), como porcentaje del componente de rendimiento, fue de 59.79%. El análisis de varianza mostró diferencias ($P < 0.01$) para las fuentes de variación: origen, especie e introducción. Mediante un índice de selección ponderado se seleccionaron las introducciones de la especie *Cucurbita moschata* Duch. y *Cucurbita argyrosperma* subesp. *Sororia* que sugieren mayor contenido de aceite. El análisis físico-químico del aceite extraído por acción mecánica de las especies seleccionadas mostró su estabilidad y potencial de uso industrial.

Palabras claves: *Cucurbita argyrosperma* subesp. *sororia*, *Cucurbita moschata* Duch., índice de selección ponderado (ISP), peso de semilla por fruto (PSPF), semillas.

Abstract

Variability in fruit and seed composition of *Cucurbita* spp. allows inquiring about characteristics of agro-industrial importance, such as the oil content, which classifies as oilseed of economic interest. This paper presents the results obtained from the characterization and evaluation for content of ether extract (E.E.) of 277 accessions of butternut squash *Cucurbita* spp. from different geographical origins. The average content of ether extract (EE) was of 35.44% with a coefficient of variation (VC) of 12.60%, in addition, was evaluated the variable weight of seed per fruit (PSPF) as a component of performance, resulting in an average of 59.79%. An analysis of variance showed highly significant differences ($p < 0.01$) for the sources of variation; origin, species and accessions. It were selected using a weighted selection index (ISP), the accessions suggesting higher oil content belong to the species of *Cucurbita moschata* Duch. and *Cucurbita argyrosperma* subesp. *sororia*. The chemical physical analysis a sample of oil extracted by mechanical action, of selected species, showed stability and potential for industrial use as oil.

Key words: *Cucurbita argyrosperma* subesp. *sororia*, *Cucurbita moschata* Duch, squash seed, weight of seed per fruit (WSPF), weighted selection index (WSI).

Introducción

Las semillas como órganos de reserva son fuente de almacenamiento de moléculas biológicas como proteínas, carbohidratos y lípidos (Moreno, 1984). Estos últimos son compuestos orgánicos de valor energético e interés económico, ya que pueden ser utilizados como materia prima de alto potencial industrial en forma de grasas, ceras y/o aceites, de los cuales se derivan cientos de productos útiles para la vida del hombre (Gómez, 2009; Baüd y Lepeniec, 2010).

Las semillas del género *Cucurbita* son consideradas oleaginosas con propiedades medicinales, alimenticias e industriales (Latham, 1997; Achu, 2005). Algunos estudios muestran diferencias en contenidos de aceite de estas semillas. En *C. moschata* Duch., se han observado contenidos de 43% en extracto etéreo (E.E.) con características químicas y físicas estables, con ácidos grasos saturados entre 37.5% y 51% e insaturados entre 48% y 62% (Ortiz *et al.*, 2007). Por otra parte, Schinas *et al.* (2009) trabajando con *C. pepo* L. encontraron que el aceite de las semillas de esta especie presenta cualidades óptimas para la trans-esterificación en laboratorio. Tsaknis *et al.* (1997), anotaron que el contenido de aceite purificado de semillas de *C. máxima* presenta variaciones entre 38% y 60%, dependiendo de la introducción; además de otras variaciones en características físicas, tales como tamaño, forma, tipo de testa y color de semilla (Teppner, 2004) lo que ofrece posibilidades de mejorar el proceso de extracción, los rendimientos y las propiedades del aceite para la generación de productos industriales (Ortiz, 2009).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar las características de una colección de introducciones de *Cucurbita* y seleccionar aquellas sobresalientes por su contenido de aceite, como base para el mejoramiento de esta característica.

Materiales y métodos

Metodología

El trabajo se realizó en el Laboratorio de Semillas de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, a 3° 51' 48" N y 76° 81'

13" O, en el Valle del Cauca (Colombia). Se utilizaron muestras de semillas de frutos de la colección de trabajo de *Cucurbita* del grupo de investigación Mejoramiento Genético, Agronomía y Producción de Semillas de Hortalizas de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, que contiene 277 introducciones de este género provenientes de México, Centro América, Brasil, norte y sur de Colombia. El contenido de aceite se determinó como extracto etéreo (E.E) en muestras de semillas completas almacenadas a temperatura ambiente, tomando cinco repeticiones por introducción. Estas muestras fueron pasadas por un molino Pulverisette-15 con malla de 5 mm. El contenido de grasa se determinó en 2.5 g de la muestra molida utilizando la técnica AOAC (920.39-1990) de extracción Soxhlet y éter de petróleo como solvente.

Las introducciones fueron seleccionadas teniendo en cuenta las variables: contenido de E.E y peso de semilla por fruto (PSPF), mediante un índice de selección ponderado (ISP) (Ortiz, 2009). Para el análisis de datos se utilizó el paquete estadístico SAS-9.1 (SAS Institute Inc., 2000) con un diseño de bloques completos al azar.

La extracción mecánica de aceite se realizó en una mezcla de semilla seleccionada de 1000 g, en una prensa de tornillo Komet-CA 59 G a una temperatura media de 90 °C. El aceite obtenido fue caracterizado física y químicamente en el Laboratorio de Análisis Industriales de la Universidad del Valle.

Resultados y discusión

Características físicas de las semillas

La forma, el color y el tamaño de las semillas fueron variables (Cuadro 1). Según Ortiz (2009) estas variaciones están relacionadas con la procedencia y específicamente con la especie; sólo en la colección de *C. moschata* centroamericana se reflejaron variaciones debidas principalmente a procesos de selección y los métodos de reproducción. Cáceres *et al.* (2009) sugieren que estas variaciones en frutos y semillas de cucurbitáceas son el resultado de la adaptación al medio y uso de las especies; por lo general semillas de frutos de

Cuadro 1. Características físicas de las semillas de la colección de trabajo de *Cucurbita* evaluadas. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira.

Especie-origen	Número de accesiones	Características de las semillas		
		Color	Forma	Tamaño ^a
<i>C. moschata</i> Colombia Norte		Marrón	Plana-Esférica	Mediano
<i>C. moschata</i> Colombia Sur	34	Blanco	Ovalada	Mediano
	12	Dorado-marrón	Ovalada	Mediano
	116	Pardo-amarilla	Ovalada	Mediano
<i>C. máxima</i> Colombia		Blanco	Redonda	Pequeño
<i>C. moschata</i> Brasil		Beige	Alargada	Mediano
<i>C. sororia</i> Centroamérica	18	Blanco	Redonda	Pequeño
	2	Blanco	Alargada	Grande
<i>C. moschata</i> México		Blanco Pardo	Ovalada	Grande
<i>C. moschata</i> Centroamérica		Blanco	Ovado-Eliptica	Mediana

a. pequeño: 0.5-1 cm, mediano: 1-1.5 cm, grande: 1.5-2.0 cm.

forma elíptica tienen menor diámetro y mayor peso en comparación con semillas de frutos alargados. Lira (1995) describió la variación de colores de semillas de *C. moschata* Duch., entre ellos aquellas totalmente blancas o pardoclaras para las de origen centroamericano, tal como se observó en este trabajo en semillas de *C. moschata* originarias de México y Centroamérica. Whitaker y Davis (1962) encontraron que semillas de color blanco-amarillento y pardo claro a oscuro en el centro, sin bordes y de tamaño pequeño (entre 1 y 1.5 cm), están relacionadas con especies silvestres de *C. argyrosperma*, como se identificó en este estudio para *C. argyrosperma* subesp. *sororia*.

Caracterización por contenido de aceite

El promedio del contenido de E.E. en semillas de la colección fue de 35.44%, valor similar al encontrado por Ortiz *et al.* (2007) de 36.55% en solo genotipos de *C. moschata* Duch., sien-

do esta especie la de mayor presencia entre las introducciones de la colección, con un total de 201 de 277 evaluadas.

El valor máximo de E.E (58.22%) se observó en la introducción 266 de *C. argyrosperma* subesp. *sororia*, de origen centroamericano, la cual, no obstante, por el tamaño reducido de sus semillas, tiene un bajo potencial de extracción. En *C. moschata* se encontraron porcentajes de aceite mayores que 40%, siendo estos similares a los hallados en otras especies de cucurbitáceas mejoradas como *C. pepo*, con contenidos de E.E de 48.60% (Tsaknis *et al.*, 1997). En el Cuadro 2 se observa que la variación para los caracteres evaluados depende del origen, de la especie y de la introducción, lo que concuerda con los hallazgos de Valdés (2013). Hernández *et al.* (2010) al evaluar el potencial de aceite en *C. foetidissima* encontraron que las semillas de frutos cultivados en la zona norte de México presentaron mayor rendimiento en

Cuadro 2. Cuadros medios para contenido de extracto etéreo (E.E.) y peso de semillas por fruto (PSPF) en introducciones de *Cucurbita*, según origen, especie, introducción y planta. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira.

Fuentes de variación	GL	E.E. (%)	Sig.	PSPF (g)	Sig.
Origen	4	424.674	**	42796.744	*
Especie	2	94.525	**	36775.723	**
Introducción	269	50.250	**	3085.969	**
Planta	4	5.875	ns	840.187	ns
Promedio		35.44		59.79	
CME		13982.205		23.394	
CV		12.602		8.088	
DMS (5%)		2.85		3.15	

* P < 0.05, ** P < 0.01, ns = no significativo.

extracción de aceite (42%) en comparación con el contenido de aceite de semillas de la zona sur (31.27%), diferencia que es debida, principalmente a las condiciones ambientales entre sitios de cultivo, al proceso de domesticación y a la selección de frutos por semilla. Joebstl *et al.* (2010) en semillas de *C. pepo* estimaron diferencias en contenido de aceite debido al efecto de la localidad de introducciones o procedencia geográfica de las muestras.

El peso de semillas por fruto (PSPF) está asociado con los componentes de rendimiento; este peso incluye el endospermo y el tejido de reserva que almacena la energía, que en las oleaginosas se revela mayoritariamente como triglicéridos (Baúd y Lepenec, 2010). Para esta característica se presentaron diferencias ($P < 0.01$) debidas a las fuentes de variación, con un bajo coeficiente (8.08%) lo que sugiere que es una variable con uniformidad media dentro de la población estudiada (Ortiz *et al.*, 2007). En una prueba de medias se hallaron una D.M.S. de 2.85% para contenido de E.E. y de 3.15% para PSPF. Del estudio se concluyó que para la primera característica se presenta variación importante según el origen de la especie, siendo la zona de Centroamérica la que mejores genotipos ofrece para selección; en contraste, la segunda es una variable que no difiere por su origen, lo que supone que este es un carácter de comportamiento genético poco influenciado por el ambiente.

Selección de introducciones

Cucurbita moschata y *C. argyrosperma* sub-esp. *sororia* fueron las especies con introducciones de mayores contenidos de E.E. y PSPF, con un peso mayor que 50% de ponderación para valores de E.E. por encima de la media. En el Cuadro 3 se presenta la clasificación de las introducciones elegidas por el índice de selección ponderado (ISP). Estas introducciones se pueden considerar como la base para futuros programas de mejoramiento, con fines de producción agroindustrial de aceite, debido no sólo a su contenido de extracto etéreo, sino también a su alto peso de semillas por fruto.

Características del aceite

El contenido de aceite en una muestra de semillas fue de 34.7% de E.E.; mediante un proceso de extracción mecánica se obtuvo un rendimiento del 80.8% de aceite. Los resultados del análisis físico químico de este aceite aparecen en el Cuadro 4, y en la en la Foto 1 se observan muestras de aceite de algunas introducciones evaluadas.

El índice de acidez fue bajo, 0.49 en *C. moschata* y 0.174 en *C. argyrosperma* sub-esp. *sororia*, lo cual es positivo, ya que según Martínez (2010) la baja proporción de ácidos grasos libres en la muestra favorece su uso para la fabricación de aceites comestibles y lubricantes. Generalmente una acidez baja se asocia a aceites frescos o recién extraídos,

Cuadro 3. Introducciones de *Cucurbita* seleccionadas por el factor de ponderación ISP para las variables E.E y PSPF. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira.

Origen	Especie	Referencia ^a	Introducción (n.)	PSPF (g)	% EE	%ISP ^b
Colombia	<i>C. moschata</i>	2.2*2.4(1)	308	131	40.7	53.1
Centroamérica	<i>C. moschata</i>	786-3 F	144	78	37.0	54.1
Centroamérica	<i>C. moschata</i>	1219-3	129	185	42.4	85.2
Centroamérica	<i>C. moschata</i>	393-2	142	169	44.2	81.6
Centroamérica	<i>C. moschata</i>	1200-F-2	136	178	39.7	81.2
Centroamérica	<i>C. sororia</i>	954 A	256	43	40.6	41.06
Centroamérica	<i>C. sororia</i>	1202	140	144	35.6	68.14
Centroamérica	<i>C. sororia</i>	1207 F	260	38	35.9	36.54
México ^c	<i>C. sororia</i>	1216	107	48	33.6	37.78
México ^d	<i>C. sororia</i>	890-1	132	92	33.8	51.28

a. Referencia en los datos de pasaporte de la introducción.

b. Índices de selección ponderado para las variables extracto etéreo E.E. (60%) y peso de la semilla por fruto (PSPF 40%) corresponden a un factor de ponderación asignado según el nivel de importancia de los resultados obtenidos

c. Lugar: Piedecuesta, municipio de Amatlan de Cañas, estado de Nayarit, 820 m.s.n.m.

d. Lugar: Los Pajaritos, municipio Ejutla, estado de Jalisco, 1200 m.s.n.m.

Cuadro 4. Resultados de las propiedades físico-químicas para aceites de las especies seleccionadas *C. moschata* Duch. y *C. argyrosperma* subesp. *sororia*. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira.

Propiedades		CV*	<i>C. moschata</i>	<i>C. sororia</i> .	Método
Químicos	Índice acidez (mg KOH/g)	2.74	0.49	0.174	NTC-218
	Índice yodo (g I ₂ /100g)	0.70	101.56	100.1	NTC-283
	Índice saponificación	3.52	50.48	-	NTC-335
Físicos	Densidad (g/ml)	-	0.9103	0.9405	Picnometría
	P. ebullición (°c)	-	350	350	ASTMD 1120-94
	Índice de Refracción	-	1.468	1.459	Refractometría

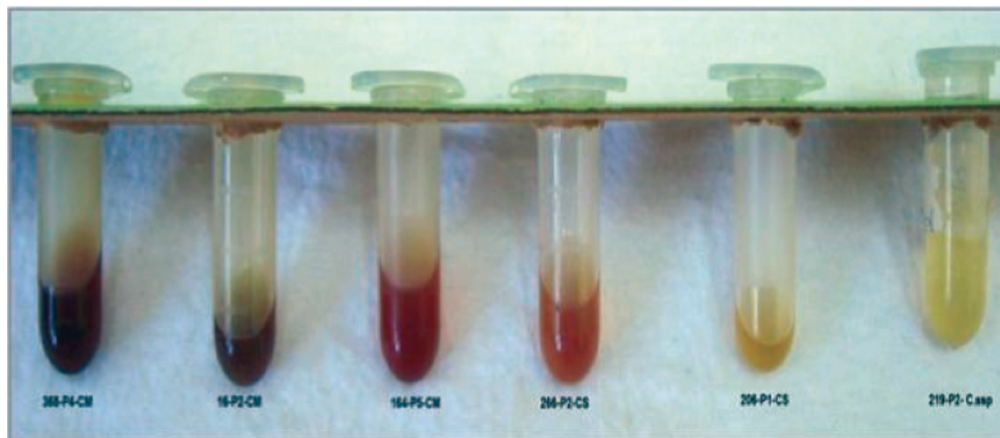


Foto 1. Apariencias de muestras de aceite de diferentes introducciones de la colección de *Cucurbita* evaluadas. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira.

por el contrario, una acidez alta promueve la acción del aire y la luz contribuyendo a los procesos de degradación hidrolítica y microbiológica que conllevan la hidrólisis de glicerol.

El índice de yodo –yodo (g absorbido/100 g de grasa– representa el grado de instauración de las grasas o de los ácidos grasos, solamente cuando los enlaces dobles de estos últimos no son conjugados. La alta proporción de ácidos insaturados tanto en *C. moschata* (101.56 g/100 g) como en *C. argyrosperma* (100.1 g/100 g) significa un contenido igualmente alto de grasas insaturados, principalmente poli-insaturados (Ortiz *et al.*, 2007). El aceite comercial de *C. pepo* muestra un índice de yodo de 115 g/100 g y una acidez 0.55 mg de KOH/g, muy similar al hallado en el presente estudio; por el contrario el aceite de palmiste presenta un índice de yodo de 50.40 g/100 g por lo que es considerado como una grasa rica en ácidos grasos saturados (Sotero *et al.*, 2008).

El grado de saponificación de 50.48 (g KOH/mg) se relaciona con el promedio del peso molecular de los triglicéridos en la mezcla, esta relación es inversamente proporcio-

nal, indicando un peso promedio molecular bajo y confirmado por la determinación de la densidad promedio (0.922 g/ml).

Las pruebas físicas mostraron un índice de refracción de 1.4680 en *C. moschata* y 1.459 en *C. argyrosperma* subesp. *sororia*, resultados que coinciden con los revelados por Schinas *et al.* (2009) en *C. pepo* de 1.4660, esto es debido a que entre estas especies existen semejanzas en el grado de saturación que depende de la configuración de los enlaces lipídicos (Oyekunle y Omode, 2008). El punto de ebullición de 350 °C, encontrado en este estudio, es una característica favorable para los aceites utilizados como combustibles (Lechón *et al.*, 2006).

Conclusiones

- El contenido de aceite en semillas de cucurbitáceas es una característica que varía según el origen de la especie, lo cual permite obtener materiales con potencial industrial.
- En este estudio, las introducciones 308, 144, 129, 142 y 136 de *C. moschata* Duch. y 256, 140, 260, 107 y 132 de *C. argyros-*

perma subesp. *sororia*, la mayoría de origen centroamericano, presentaron las mejores características para la producción de aceite.

- El aceite de las cucurbitáceas evaluadas en este estudio presentó características físico-químicas estables y adecuadas para ser utilizado como materia prima en productos con diversos usos industriales. Estas introducciones tienen potencial para la producción de aceite y se recomienda su inclusión en programas de mejoramiento genético.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, al grupo de Investigación Agronomía, Mejoramiento Genético y Producción de Semillas de Hortalizas, y los miembros de la Línea de Investigación Agroindustria Básica y Aplicada. Al Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y Tecnología Francisco José de Caldas, Colciencias, y su programa Jóvenes Investigadores e Innovadores.

Referencias

- Achu, M.; Fokou, E.; Tchiégan, C.; Fotso, M.; y Tchouanguép, F. 2005. Nutritive value of some Cucurbitaceae oil seeds from different regions of Cameroon. *African J. Biot.* 4(11):1329 - 1334.
- Baud, S. y Lepeniec, L. 2010. Physiological and developmental regulation of seed oil production. *J. Prog. Lipid Res.* 49(3):235 - 249.
- Cáceres, E.; Piña, K.; Berríos, T.; y Leal, N. 2010. Comparación morfológica de frutos y semillas de auyama (*Cucurbita moschata* Duch. ex Lam.). *Unellez de Ciencia y Tecnología (Guanare)* 28:32 - 36.
- Gómez, H. 2009. Importancia actual de la oleoquímica en el sector industrial de tensio-activos. Madrid. *Grasas y Aceites* 60(4):264 - 269
- Hernández, M.; Calvo, A.; Santana, M. A.; Ruelas, X.; y Fuentes, L. 2010. Extracción y purificación de aceite a partir de semilla de calabacilla loca (*Cucurbita foetidissima*) para su aplicación en la industria alimentaria. México. *Rev. de la Universidad Autónoma Agraria* p. 332 - 337.
- Joebstl, D.; Bandoniene, D.; Meisel, T.; y Chatzistathis, S. 2010. Identification geographical origin of pumpkin seed oil by the use of rare earth elements and discriminant analysis. *Food Chem.* 123(4):1303 - 1309.
- Lechón, Y.; Cabal, H.; De la Rúa, C.; Lago, C.; Izquierdo L. *et. al.* 2006. Análisis del ciclo de vida de combustibles alternativos para el transporte. *Energía y Cambio Climático.* CIEMAT. Madrid. Ministerio de Medio Ambiente. ISBN 848320312x#000014934.
- Latham, M. 1997. Human nutrition in the developing world. *Food and Agricultura Organization (FAO)* p. 508
- Martínez, M. 2010. Extracción y caracterización de aceite de nuez (*Juglans regia* L.) Influencia del cultivar y de factores tecnológicos sobre su composición y estabilidad oxidativa. Tesis Doctoral en Ingeniería Química. Universidad Nacional de Córdoba Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Argentina. 280p.
- Ortiz S.; Pasos, S.; Rivas X.; Valdés M. P.; y Vallejo F. A. 2007. Extracción y caracterización de aceite de semillas de zapallo. *Acta Agronómica* 58 (3):145 - 151.
- Ortiz, S. 2009. Estudios genéticos en caracteres relacionados con el rendimiento y calidad del fruto de zapallo *Cucurbita moschata* Duch. para fines agroindustriales. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. Palmira, Valle, Colombia. 218 p.
- Oyekunle, J. y Omode, A. 2008. Chemical composition and fatty acid profile of the lipid fractions of selected nigerian indigenous oilseeds. *Internat. J. Food Properties* 11(2):273 - 281.
- Schinas, P.; Karavalakis, G.; Davaris, G.; Anastopoulos D., Karonis D *et. al.* 2009. Pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) seed oil as an alternative feed stock for the production of biodiesel in Greece. *Biomass and Bioenergy.* 33(9):44 - 49.
- Sotero, D.; Aguila, J.; Ramirez, R.; De Reategui, G.; Rios, J. *et. al.* 2008. Fraccionamiento e interacción del aceite de palma (*Elaeis guineensis*) cultivado en la Amazonia peruana. *Rev. Grasas y Aceites.* 59(2) 104-109.
- Teppner, H. 2004. Notes on *Lagenaria* and *Cucurbita* (*Cucurbitaceae*). A Review and new contributions. *J. Phytol (Horn, Austria).* 44(2) 245-308.
- Tsaknis, J.; Lalas, S.; y Lazos, E. 1997. Characterization of crude and purified pumpkin seed oil. *Grasas y Aceites* 48(5):267 - 272.
- Valdés, M. P. 2013. Estudio de la variabilidad y acción génica del carácter extracto etéreo y sus componentes en semillas de *Cucurbita moschata* Duch. y *Cucurbita argyrosperma* subesp. *sororia*. Tesis Doctoral Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. Palmira, Valle, Colombia. 150 p.