

**Características físicas y químicas de la semilla de calabaza para mecanización y procesamiento**  
**Physical and chemical characteristics of pumpkin seeds for mechanization and processing**

D. Rössel Kipping<sup>1</sup>

H. Ortiz Laurel<sup>2</sup>

A. Amante Orozco<sup>3</sup>

H. M. Durán García<sup>4</sup>

L. A. López Martínez<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Colegio de Postgraduados. LPI-3 Energía Alternativa y Biomateriales

<sup>2</sup> Colegio de Postgraduados. LPI-3 Energía Alternativa y Biomateriales

<sup>3</sup> Colegio de Postgraduados. LPI-3 Energía Alternativa y Biomateriales

<sup>4</sup> Universidad Autónoma de San Luis Potosí

<sup>5</sup> Coordinación Académica Región Altiplano Oeste de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí

Autor para correspondencia: H. M. Durán García, E-mail: hduran@uaslp.mx

**Resumen**

**Introducción:** Para procesar un producto es importante tomar en cuenta las características físicas, químicas y biológicas del material a procesar.

**Método:** La selección del material y de las herramientas usadas, para realizar el proceso es de gran importancia debido a la resistencia mecánica y química. El estudio de la reacción entre las herramientas usadas y el material procesado requiere esta información.

**Resultados:** Los resultados indican que la semilla de calabaza de castilla (*Cucúrbita* ssp.), puede ser considerada como materia prima (harina) en la elaboración de productos como totopos, encontrando una mayor retención de aceite si la harina se elabora con semilla de calabaza sin descascarillar. La semilla de la calabaza contiene un 48,92% de aceite, del cual un 29% es ácido oleico y 51,9% ácido linoleico; ácidos grasos que están ampliamente reconocidos por sus beneficios a la salud.

**Conclusión:** El alto contenido de aceite de buena calidad y la proteína de la semilla, la hacen atractiva para utilizarla en numerosos desarrollos tecnológicos.

**Palabras clave:** análisis proximal; ácidos grasos; procesamiento; características físicas de la semilla de calabaza; características químicas de la semilla de calabaza

## **Abstract**

**Introduction:** In order to and processing on a product, it is important to take into account its specific physical, chemicals and biological characteristics for this material.

**Method:** The selection of any tool utilized as well as its material has great importance in order to undertake successful process, since the product offers a significant mechanical and chemical resistance. It is required to study the effect between the tools utilized and the processed material.

**Results:** Results indicate that seeds from pumpkin (*Cucúrbita* ssp.), can be considered as feedstock (flour) to elaborate several products, such as crunchy fried tortilla, where it holds a larger amount of cooking oil if the flour comes from pumpkin seeds processed with their exterior case. Pumpkin seeds contain a total amount of 48, 92% oil, where 29% is oleic acid and 51, 9% is linoleic acid. The healthy qualities of these lipid acid are widely recognized for the people overall health.

**Conclusion:** The high content of good quality oil, in addition to the protein contained inside the seed support the use of pumpkin seeds in a large number of technological developments.

**Keywords:** proximal analysis; fatty acids; processing; physical chracteristics of pumpkin seed; chemical characteristics of pumpkin seed

Recibido en 27/04/2018

Aceptado en 26/06/2018

## Introducción

Para garantizar la seguridad alimentaria mundial, es necesario transformar los sistemas alimentarios y agrícolas, proporcionar oportunidades económicas y sociales, además de aumentar la resiliencia ante el cambio climático (FAO, 2016). Una posibilidad real es usar ampliamente la materia orgánica producida, reduciendo las pérdidas (productos de desecho) y diversificar los productos finales. Esto surge a partir de las limitaciones para aumentar la productividad y superficie agrícola. La diversificación de la producción agrícola se vería reflejada en una ganancia económica, por la elaboración de productos, la rotación agrícola, uso de agro-químicos, contaminación, más fuentes de empleo, y menos pérdidas en la producción. Un producto susceptible para diversificar es la calabaza, en unicultivo o en asociación con otros cultivos.

La calabaza es uno de los vegetales de mayor importancia en los sistemas agrícolas tradicionales del mundo (Subbaiah, 2016) y de mesoamérica. Los productores acumulan experiencia para producirla; sin embargo, no hay suficiente tecnología que ayude a incrementar la productividad y rentabilidad del producto (Ayvar *et al.*, 2007). Las calabazas han sido cultivadas por milenios en el continente americano, principalmente por sus frutos (ricos en carbohidratos y vitaminas), pero también por sus semillas con alto contenido en aceites y proteínas. Son fáciles de propagar, crecen rápidamente en desechos orgánicos y producen alimentos de alta calidad. Las especies de calabaza son muy variadas, sobre todo por la forma, el tamaño y el color de sus frutos (Muschler, 2008), (Figura 1).



**Figura 1.** Fruto de calabaza. **Fuente:** Muschler (2008).

La calabaza es uno de los vegetales de mayor importancia en el mundo, pues se utiliza como alimento. En México la producción de calabaza es de 133334,96 toneladas; ocupando el estado de Zacatecas el primer lugar en cosecha de semilla de calabaza con 6550,32 toneladas, el segundo lugar lo ocupa el estado de Guerrero con 4926,86 toneladas y Campeche el tercero con 4185,08. El género consta de un total de 20 especies, cinco de las cuales son cultivadas. México es un importante centro de diversidad del género *Cucúrbita*, cultiva cuatro de las cinco especies domesticadas, y las otras 11 especies se encuentran en estado silvestre (Ayvar *et al.*, 2007). La diversidad genética es muy amplia, especialmente en especies, forma, tamaño y coloración del fruto, cantidad de semilla producida, calidad y grosor de la pulpa, entre otras características (Sánchez-Hernández, 2000). La calabaza es un fruto de gran valor nutritivo por su elevado contenido de carbohidratos, fibra soluble, proteína, aceite de compuestos carotenoides, precursores de la vitamina A, el  $\beta$  caroteno, la criptoxantina y la luteína (Hernández, 2009). A la calabaza se le conoce como ayote o zapallo y se aplica a plantas con frutos cornudos que se comen (*Cucúrbita moschata*, *C. pepo*, *C. máxima*) (González, 2016). Las semillas son planas, ovales, de color verde claro, dentro de un casco o cáscara, su aprovechamiento es con fines comestibles y medicinales (Applequist, 2006). Se le clasifica como una oleaginosa abundante en proteína, aminoácidos esenciales, grasa poliinsaturada, fitoesteroles, minerales y vitaminas (Gohari, 2011; Martínez, 2012; Habib, 2015). El aceite de semilla de calabaza proporciona grandes beneficios a la salud. Es altamente insaturado con niveles que van desde 60 % al 90% de ácido oleico y linoleico. Por lo anterior es importante evaluar, la harina de semilla de calabaza mezclada con harina de maíz para elaborar totopos, al igual que las características físicas y químicas de las diferentes partes de la semilla de calabaza de castilla (Criolla) (*Cucúrbita* spp.), con fines de aprovechamiento, innovación y aplicación en sistemas agroindustriales.

## Método

Se utilizó semilla de calabaza de castilla criolla (*Cucúrbita* spp.) producida en Villa de Ramos, San Luis Potosí, México. El área de estudio, tiene como climas predominantes el seco templado (Bsk) y el seco semicálido (BS h), presenta una temperatura media anual que oscila entre los 16 a 18°C, una precipitación pluvial media anual de 400 mm, y una vegetación predominante de matorrales rosetófilo y micrófilo. La semilla se seleccionó siguiendo las costumbres de la región, esto es, de la cosecha anterior se toman las que tienen mejor apariencia fenotípica (tamaño, forma, color), con ayuda de un vernier se midió, el largo, el ancho y el grosor. Las semillas se sometieron a diferentes análisis, tal como se indica a continuación.

**Análisis proximal.** Se evaluó el contenido de humedad (Nollet, 2004); de proteína mediante A.O.A.C, Official Methods of Analysis 15, edition.1990, 954.01; de grasa con NMX-F-312-1978 y carbohidratos totales con NMX-F-089-1978. Todos los análisis se hicieron por triplicado y se presentan los valores de media y desviación estándar. La evaluación se hizo utilizando el espectroscopio de absorción atómica.

**Determinación del perfil de ácidos grasos.** La determinación se realizó en aceite puro extraído de la semilla mediante cromatografía de gases, (Cromatógrafo de Gases Shimadzu GC-2010), utilizando una columna capilar VARIAN CP 7420. Se utilizó la técnica oficial AOCS Ce 1f – 96 (Millán, 2011). El número de repeticiones fue de 100, con una seguridad estadística del 99%.

**Molienda de la semilla de calabaza.** Primero, la semilla de calabaza con cáscara y sin cáscara se molió en un molino (Thomas Wiley) de cuatro cuchillas, con malla de 2 mm; posteriormente la harina obtenida se volvió a moler, ahora en un molino (KRUPS GX410011), de dos cuchillas. La harina obtenida de la semilla con cáscara se tamizó mediante un agitador mecánico de cribas Modelo (LA-0441).

**Aplicación tecnológica.** Para evaluar la aplicación tecnológica de la semilla de calabaza se elaboraron totopos, realizando formulaciones en las cuales se mezcló harina de semilla de calabaza sin (SSC) y con cáscara (SCC), y harina de maíz comercial (M). Las harinas se mezclaron con base en 10 formulaciones consideradas como tratamientos (Cuadro 1). En el amasado de las harinas se agregó 10% de agua y 1,5% de sal, las harinas se amasaron hasta

formar una pasta homogénea, luego, la masa se dejó reposar por 10 minutos. Posteriormente, la masa se colocó sobre una prensa metálica marca (Fial) para laminarla. Los totopos se cortaron con un molde en forma de triángulo (3 X 4 cm) y se colocaron en charolas de aluminio. Seguido, se sometieron a un horneado a 85°C por 1 h. Para evaluar la aceptación de los totopos, se realizó una evaluación sensorial con 16 panelistas entrenados. La evaluación se llevó a cabo en la Coordinación Académica Región Altiplano Oeste de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Se evaluó sabor, olor, color, textura, apariencia y dureza, mediante una prueba de ordenamiento y se seleccionaron las 3 mejores formulaciones, considerando un orden desde mejor a peor en cada muestra. Las 3 mejores formulaciones se evaluaron mediante un análisis proximal usando las mismas técnicas que se utilizaron para evaluar las semillas. A manera comparativa se determinó el contenido de aceite en la harina de maíz.

**Cuadro 1.** Formulación para elaboración de totopos.

<b>Proporción de las Formulaciones</b>										
<b>Componentes</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>	<b>T9</b>	<b>T10</b>
SCC	25%		75%		15%		85%		50%	
SSC		25%		75%		15%		85%		50%
M	75%	75%	25%	25%	85%	85%	15%	15%	50%	50%

**Donde:** SSC = semilla sin cáscara, SCC= semilla con cáscara, M=Harina comercial de maíz.

## **Resultados y Discusión**

**Largo, ancho y grosor de la semilla con cáscara.** En el Cuadro 2 se muestran los valores promedio obtenidos mediante un análisis de varianza, los promedios fueron los siguientes: largo (20,61 mm), ancho (8,59 mm), grosor (2,51 mm). La varianza absoluta es de 3,18 mm para el

largo, de 0,50 mm para el ancho y de 0,14 mm para el grosor; con una desviación estándar  $\pm$  de 1,78, mm (largo), 0,71 (ancho), mm y 0,37 mm (grosor).

**Cuadro 2.** Tamaños de la semilla de calabaza con cáscara.

<b>Carácter</b>			
<b>Medida descriptiva</b>	<b>Largo (mm)</b>	<b>Ancho (mm)</b>	<b>Grosor (mm)</b>
Promedio	20,61	8,59	2,51
Variación absoluta	3,16	0,504	0,143
Desviación estándar	1,784	0,710	0,378
Valor máximo	23,90	9,60	3,00
Valor mínimo	16,30	7,00	1,60
Rango	7,60	2,60	1,40

Mediante un análisis estadístico con la prueba de Tukey, se encontraron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) en largo, ancho y grosor; con lo que se determina que las semillas con cáscara presentan un desarrollo más completo en su tamaño.

**Largo, ancho y grosor de semillas sin cáscara.** En el Cuadro 3 se presentan los valores obtenidos, los resultados son muy diferentes a los de las semillas con cáscara (menor tamaño), lo cual indica que la cáscara es una parte significativa en la semilla. En promedio el largo es de 16,01 mm, el ancho de 6,70 mm y el grosor de 2,13 mm. La varianza absoluta es de 7,08 mm para el largo, de 0,48 mm para el ancho y de 0,17 mm para el grosor. Con una desviación estándar  $\pm$  de 2,66 mm en el largo, de 0,69 mm para el ancho y de 0,41 mm para el grosor.

**Cuadro 3.** Tamaños de la semilla de calabaza sin cascara.

<b>Semillas de calabaza sin cáscara</b>			
<b>Semilla</b>	<b>Largo (mm)</b>	<b>Ancho (mm)</b>	<b>Grosor (mm)</b>
Promedio	16,01	6,70	2,13
Variación absoluta	7,081	0,483	0,170
Desviación estándar	2,661	0,695	0,412
Valor máximo	20,50	8,40	3,00
Valor mínimo	10,70	5,30	1,00
Rango	9,80	3,10	2,00

**Fricción interna y externa en la semilla.** Los valores de fricción interna  $\mu_i$  (ángulo de reposo estático) y fricción externa  $\mu_e$  (ángulo de reposo dinámico), obtenidos se muestran en el Cuadro 4.

**Cuadro 4.** Valores de fricción interna y externa en semillas de calabaza.

Semilla	Fricción interna ( $\mu_i$ )	Fricción externa ( $\mu_e$ )	
		Material de vidrio	Tabla de madera
Semilla con cáscara	0,35	0,36	0,50
Semilla secada en estufa	0,35	0,36	0,50
Semilla sin cáscara	0,54	0,59	0,58
Cáscara de semilla	0,47	0,44	0,63
Semilla sin cáscara (testigo 2)	0,45	0,36	0,50
Semilla sin cáscara (testigo 3)	0,50	0,42	0,50
Semilla sin cáscara (testigo 4)	0,41	0,39	0,45
Harina de semilla sin cáscara	0,81	1,00	1,24
Harina de semilla con cáscara	0,56	0,59	0,81
Semilla de calabaza hedionda ( <i>Apodanthera undulata</i> )	0,51	0,22	1,24
Cacahuete	0,42	0,30	0,41
Linaza	0,31	0,30	0,50
Girasol	0,41	0,48	0,50

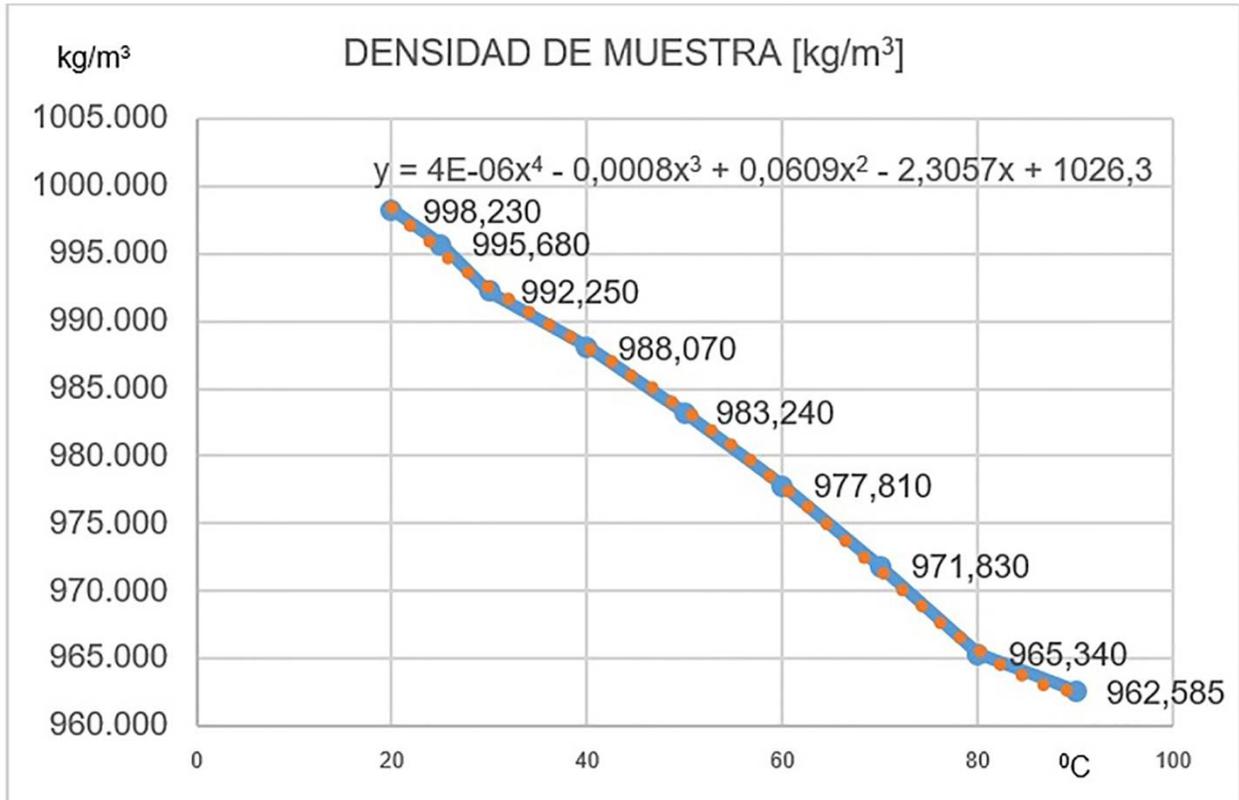
**Porosidad y densidad en la semilla.** Los valores promedios obtenidos mediante un picnómetro de aire, se muestran en el Cuadro 5.

**Cuadro 5.** Valores de porosidad y densidad en la semilla.

Semilla	Densidad de la semilla ( $\text{g/cm}^3$ )	Densidad de la semilla en el recipiente ( $\text{g/cm}^3$ )	Porosidad de la semilla ( $\text{cm}^3$ )
Semilla sin cáscara	0,897	0,322	80
Semilla con cáscara	0,907	0,326	80
Semilla con cáscara secada en estufa	0,889	0,320	80

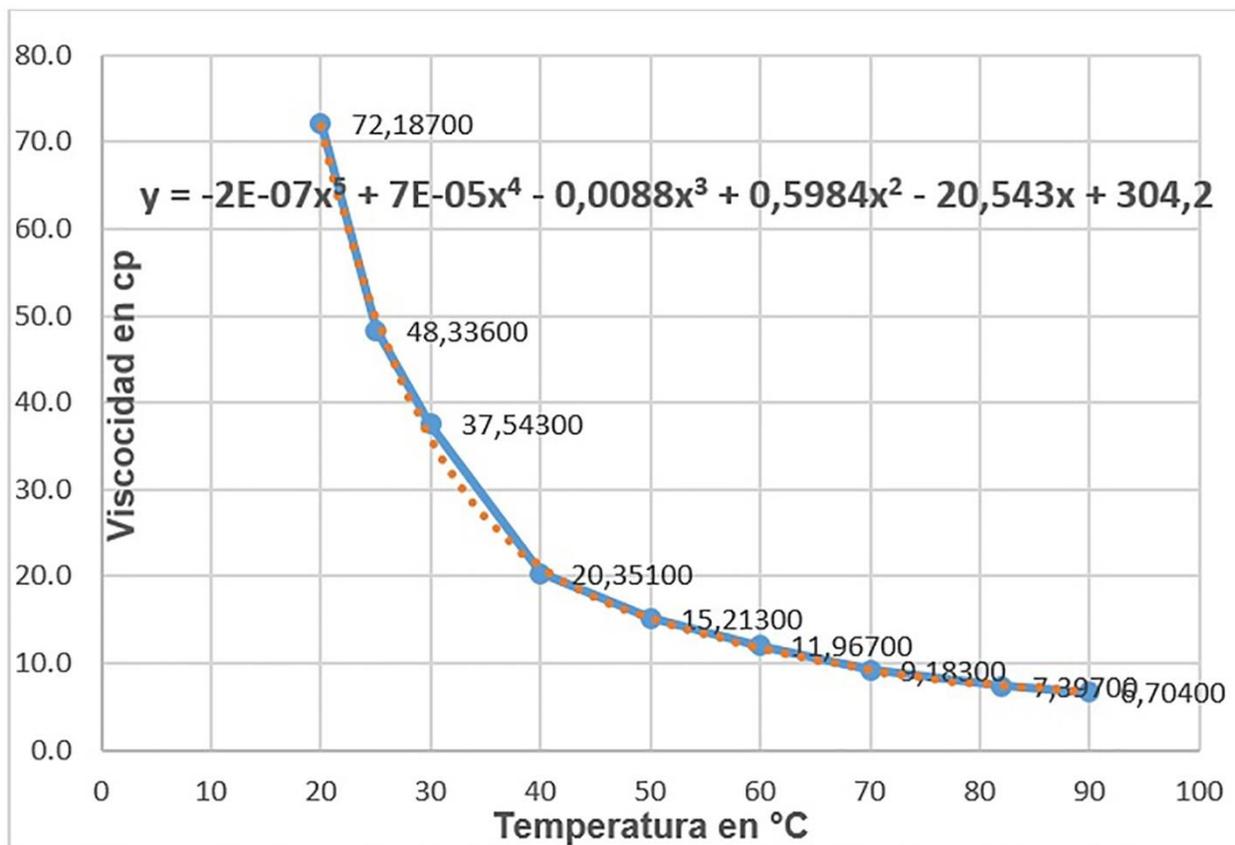
(hasta 4% de humedad)			
-----------------------	--	--	--

**Densidad del aceite de calabaza.** En la Figura 2 se presenta el cambio de la densidad del aceite de calabaza con la temperatura y con los valores de pH 5,73 y una conductividad de 6,254 [mS].



**Figura 2.** Densidad del aceite de calabaza.

El perfil del cambio de viscosidad en relación de la temperatura se presenta en la Figura 3.



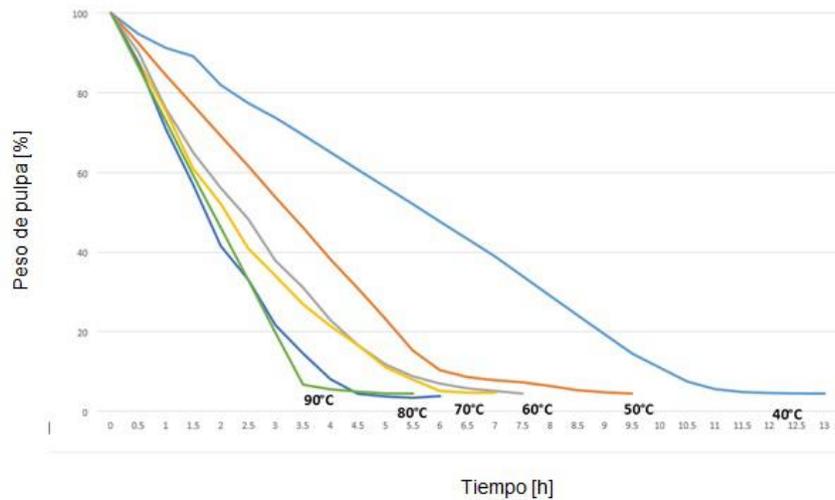
**Figura 3.** Perfil de viscosidad de aceite de calabaza en relación de temperatura.

El perfil de la viscosidad permite por el cambio de temperatura un buen comportamiento líquido en los procesos de procesamiento como la mezcla con otras sustancias. La Isoterma de secado de la pulpa de calabaza con 40<sup>0</sup> C y una atmósfera de presión en peso vs tiempo de secado (ecuación 1), muestra que este producto permite un excelente almacenamiento con un mínimo de pérdidas.

Datos de Secado de la Pulpa de Calabaza a 40°C y 1 Atmosfera de Presión:

$$Y = 0,0078x^4 - 0,1506x^3 + 0,8613x^2 - 10,25x + 100,4 \quad (1)$$

En la Figura 4 se presenta el proceso de secado de pulpa de calabaza a diferentes temperaturas constantes y bajo una atmósfera de presión, garantizando no destruir contenidos importantes de masa orgánica.



**Figura 4.** Proceso de secado de pulpa de calabaza con diferentes temperaturas constantes y bajo una atmosfera de presión.

A continuación se presentan diferentes ecuaciones de isoterms para el secado de pulpa de calabaza.

Isoterma de secado de pulpa 50<sup>0</sup>C y 1 presión atmosférica

$$Y = -0,025x^4 + 0,5989x^3 - 3,4484x^2 - 9,6641x + 98,51 \quad (2)$$

Isoterma de secado de pulpa 60<sup>0</sup>C y 1 presión atmosférica

$$Y = 0,0125x^4 - 0,2555x^3 - 0,2223x^2 + 23,45x - 0,2527 \quad (3)$$

Isoterma de secado de pulpa 70<sup>0</sup>C y 1 presión atmosférica

$$Y = -0,0004x^4 - 0,0319x^3 + 2,4755x^2 - 29,399x + 100,98 \quad (4)$$

Isoterma de secado de pulpa 80<sup>0</sup>C y 1 presión atmosférica

$$Y = -0,1076x^4 + 1,4618x^3 - 2,9829x^2 - 27,606x + 100,57 \quad (5)$$

Isoterma de secado de pulpa 90<sup>0</sup>C y 1 presión atmosférica

$$Y = -0,1819x^5 + 2,3171x^4 - 9,2714x^3 + 14,187x^2 - 34,073x + 100,25 \quad (6)$$

En el Cuadro 6 se muestra información de calcio, magnesio y lípidos contenidos en la semilla de calabaza y en el Cuadro 7, los valores físicos y químicos de las diferentes partes de la calabaza.

**Cuadro 6.** Calcio, Magnesio y Lípidos contenidos en la semilla de calabaza.

Material Orgánico	Contenido de Calcio	Contenido de Magnesio
Calabaza ( <i>Cucúrbita pepo</i> )	29 mg en 100g de muestra	11 mg en 100 g de muestra
Col ( <i>Brassica oleracea</i> )	40 mg	12 mg
Camote morado ( <i>Ipomea batatas</i> )	30 mg	-----
Material Orgánico	Contenido de Lípidos	
Semilla de calabaza	28 %	
Semilla de girasol	30 %	
Semilla de soya	15 – 23 %	

**Cuadro 7.** Valores físicos y químicos de las diferentes partes de la calabaza.

Muestra	Cáscara	Pulpa	Semilla de calabaza (entera y cruda)	Pepita de calabaza (cruda)	Cascarilla de semilla de calabaza	Semilla de calabaza (entera y cruda)
% Humedad	94,986	95,595	7,229	2,558	8,806	6,158
% Agua ligada	0,053	0,046	0,263	0,102	0,045	0,097
% Sólidos totales	4,961	4,359	92,508	97,340	91,149	93,745
Cenizas [g/100 g muestra]	0,759	0,596	0,692	0,981	0,936	0,905
Fibra Cruda [g/100 g muestra]	3,403	3,045	4,563	2,115	75,267	4,651
Lípidos [g/100 g muestra]	0,196	0,273	28,324	29,659	0,146	29,571
Nitrógeno total [g/100 g muestra]	1,462	1,513	1,478	1,435	1,465	1,501
Proteínas [g/100 g muestra]	0,364	0,711	0,129	0,282	0,008	0,275
Carbohidratos [g/100 g muestra]	21,269	21,901	21,119	21,914	21,357	21,158
Carbono [g/100 g muestra]	19,79	18,41	19,534	19,478	20,913	19,852
Relación C/N	20/1	20/1	20/1	20/1	20/1	20/1
Calcio [mg/100 g muestra]	30,057	30,144	29,249	28,372	28,468	29,785
Magnesio [mg/100 g muestra]	10,112	11,785	12,487	10,463	12,875	11,578
pH	5,97	5,872	5,767	5,978	5,999	5,751
Conductividad [ $\mu$ S]	323,960	330,505	320,950	-----	-----	-----

En el Cuadro 8 se muestra información importante para desarrollar y diversificar productos de calabaza en el marco de generación de alimentos sanamente balanceados.

**Cuadro 8.** Componentes importantes de la calabaza.

<b>Componente</b>	<b>Composición %</b>
Proteína cruda	36,5
Aceite crudo	51,01
Fibra cruda	4,43
Ceniza total	3,21

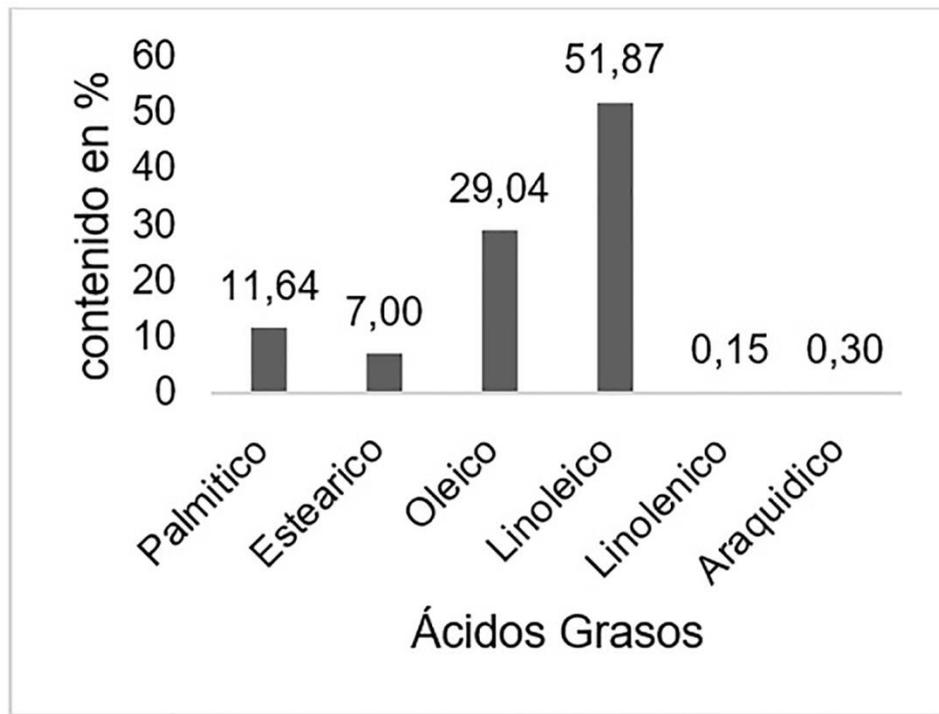
**Análisis proximal de la semilla de calabaza.** La humedad encontrada en la semilla sin cáscara fue de 4,45% y de 5,58 % para la semilla de calabaza con cáscara. Este valor está en el rango que SAGARPA (2016) menciona para un almacenamiento adecuado de granos y semillas (menos de 9 % de humedad). El contenido de humedad es similar a lo encontrado por Habib (2015) del 4,06% y por Salgin (2011) del 6,96 %. El contenido de proteína en semilla de calabaza sin cáscara fue de 24,36 % y del 28,92 % en semilla con cáscara (Cuadro 9), lo cual indica que la cáscara tiene aproximadamente un 4% de proteína. El contenido en carbohidratos totales fue de 6,99 % en semilla sin cáscara y de 5,57 % en semilla con cáscara. El menor contenido de carbohidratos en semilla con cáscara es debido a que uno de los principales componentes es la fibra, especialmente en la cáscara (Gohari, 2011), de tal manera que esta disminuye el contenido de carbohidratos y de otros nutrientes como el aceite. El contenido de aceite en semillas con cascara fue de 35% y del 49% en semilla sin cáscara. El alto contenido de aceite se ve reflejado en los valores de fricción interna y externa. La fricción tanto interna como externa fue mayor en semillas sin cáscara, debido al mayor contenido de aceite. En general, la calidad nutrimental de la semilla de calabaza fue diferente en comparación con otras variedades de calabaza (Var. Stryriaka, Var. Tapatia, Var. Chata, Var. Inivit C-88) que se han estudiado, por ejemplo la proteína en las diferentes variedades cambia entre 25 y 40% y el aceite entre 31 y 50% (Rezig, 2012; Gohari, 2011; Petkova, 2015).

**Cuadro 9.** Composición proximal de la semilla de calabaza *Cucúrbita* spp.

	<b>% Proteína</b>	<b>% Carbohidratos</b>	<b>% Humedad</b>	<b>% Aceite</b>

Semilla de castilla sin cáscara	24,36 ± 0,02	6,99 ± 0,12	5,58 ± 0,15	49 ± 0,52
Semilla de castilla con cáscara	28,92 ± 0,06	5,57 ± 0,06	4,45 ± 0,19	35 ± 0,32

Por el alto contenido de proteína y de aceite, la semilla se convierte en una fuente potencial para múltiples aplicaciones tecnológicas (eje. elaboración de nuevos productos alimenticios, biodisel). Para evaluar el tipo de aplicación más adecuada, una de las variables analizadas fue el perfil de ácidos grasos del aceite, mediante cromatografía de gases, el cual se realizó separando compuestos con un peso molecular menor a mil y a una temperatura máxima de 400°C. El estudio mostró que el aceite está conformado por un 81% de ácidos grasos insaturados y un 19% de ácidos grasos saturados. Los principales ácidos grasos fueron el ácido linoleico (51,87 %) y el oleico (29,04 %) (Figura 5), similar a lo reportado por Gohari (2011) y Grisales (2012). Los ácidos grasos omega 6 y omega 9 están relacionados con numerosos beneficios para la salud como prevención de enfermedades cardiovasculares (Alsina et. al., 2015), menor riesgo de obesidad, síndrome metabólico, diabetes tipo 2 e hipertensión arterial (López-Miranda, 2008).



**Figura 5.** Perfil de ácidos grasos en la semilla de calabaza.

La calidad del aceite y su alto contenido proteico convierten a la semilla de calabaza en una opción para la obtención de un producto alimenticio saludable (eje. Totopos). En la preparación de un producto con características óptimas y de buena apariencia, se debe tomar en cuenta la materia prima, el proceso y el almacenaje, que en este caso comprende desde dividir el material (cribar), molerlo, mezclarlo y hornearlo. En el estudio se observó que entre más homogéneo es el tamaño de la semilla, más fácil resulta la molienda. Obtenidas las harinas se procedió al tamizado, para lo cual se utilizó un juego de cribas de 20 cm, de acero inoxidable, en un rango de 2mm a 16 mm. Cuando la partícula de semilla molida es igual o menor a 0,39 mm, se presenta sinéresis, provocando pérdidas superiores al 60% y que la harina se pegue en la criba. El tamaño óptimo de partícula para semilla con cáscara y sin ella, donde no se observó sinéresis y se logró tener una harina adecuada para preparar totopos fue de 0,84 mm para semilla con cáscara y de 0,59 mm para semilla sin cascara. Para el amasado fue necesario añadir agua y sal para el sabor, más no aceite, pues la semilla lo contiene en un alto porcentaje. Después del amasado se procedió a hornear utilizando un horno de microondas (evitando freír el producto), el horneado se facilitó debido al bajo contenido de humedad en la semilla y la poca agua añadida (10%). En el horneado se evitó subir la temperatura a más de 100°C para evitar oxidar los aceites y no afectar el valor nutrimental del producto. 60 minutos fueron suficientes para la cocción. Esta reportado, además, que la semilla de calabaza contiene una cantidad alta de antioxidantes que protegen contra los procesos de oxidación (Valenzuela et al., 2014). La aceptación del producto obtenido se evaluó mediante un panel de 16 jueces entrenados que acostumbra consumir totopos por lo menos una vez a la semana. Las 10 muestras de totopos elaborados a partir de las diferentes mezclas de harinas se evaluaron mediante una prueba de ordenamiento (de mejor a peor). De las muestras evaluadas se seleccionaron las 3 mejores, en base al sabor, color, aroma, textura y apariencia. En general a los jueces les parecieron agradables los totopos, sin embargo las formulaciones seleccionadas fueron en primer lugar la que contenía 85 % SSC y 15 % M, en segundo lugar la muestra con 85 % SCC y 15 % M y en tercer lugar la muestra con 50 % SCC y 50 % M. El análisis nutrimental del producto (Cuadro 10), resulta interesante, pues el contenido proteico de los totopos, fue de 6,28% en la muestra elaborada a partir de 85% SSC y 15% M; de 5,45% en la muestra con 85% SCC y 15% M y de 3,29 % en la muestra con 50 % SCC y 50% M. Es claro que el contenido de proteína se debe a la semilla de calabaza. En el caso de los carbohidratos los valores fueron de entre 20 y 28%, resultado muy diferente y distante al de los totopos comerciales

(que tienen entre 60 y 80 % de carbohidratos). Es importante resaltar que la mayor cantidad de carbohidratos del producto se atribuyen a la harina de maíz, ya que la semilla de calabaza contiene una cantidad muy baja. El contenido de cenizas está relacionado con la cantidad de minerales presentes en el alimento, las muestras con mayor contenido de harina de semilla de calabaza fueron las que mostraron la mayor cantidad de minerales.

**Cuadro 10.** Composición proximal de los totopos obtenidos a partir de la harina de semilla de calabaza *Cucúrbita* ssp y harina de maíz.

Formulación	% Proteína	% Carbohidratos	% Humedad	% Aceite	% Cenizas
85% SSC-15% M	6,28 ± 0,25	27,65 ± 0,25	1,3 ± 0,01	31,02 ± 0,52	5,76 ± 0,32
85% SCC-15% M	5,45 ± 0,15	19,98 ± 0,23	3,3 ± 0,32	21,52 ± 0,96	5,04 ± 0,23
50% SCC-50% M	3,29 ± 0,36	28,67 ± 0,52	3,5 ± 0,12	19,36 ± 0,43	3,33 ± 0,22

**SSC-** Harina obtenida a partir de la semilla de calabaza sin cáscara, **SCC-** Harina obtenida a partir de la semilla con cáscara y **M-** Harina de maíz.

El bajo nivel de humedad presente en el producto favorece la vida de anaquel, evitando el desarrollo de microorganismos. El contenido de aceite es elevado (entre 20 y 31%) y se atribuye a la harina de semilla de calabaza, pues la harina de maíz contiene un 4,86%. Como era de esperarse, el mayor contenido de aceite lo presentó la formulación elaborada con mayor composición de SSC, ya que la semilla de calabaza sin cáscara tenía un 15% más de aceite que la semilla con cáscara. Aunque el contenido de aceite en el producto es elevado, estos aceites contienen en su mayoría ácidos grasos omega 6 y 9, benéficos para la salud. En los productos elaborados con semilla sin cáscara, la sinéresis de aceite fue muy elevada; suponemos que la cáscara forma una barrera que atrapa el aceite; pues la diferencia en la cantidad de aceite de la semilla de calabaza con cáscara y sin cáscara es del 15%. La variación de aceite en los totopos que contenían 85% de SCC y 85% de SSC (ambos con 15% de semilla de maíz), fue de 10%. La diferencia (5%) es debido a pérdidas en la elaboración de la harina y del totopo. No se evaluó la pérdida de aceite en el almacenamiento, pero muy seguramente será mayor en los productos elaborados a partir de harina de semilla de calabaza sin cáscara. La fricción tanto interna como externa (medida en los tamaños de partícula que se consideran óptimos para evitar el apelmazamiento durante el cribado), fue menor en las harinas elaboradas a partir de semilla de calabaza con cáscara. Con este estudio se muestra que la semilla de calabaza es una fuente

potencial para numerosas aplicaciones tecnológicas; por ejemplo Gómez (2010), Martínez (2010), Escobar (2012) la han utilizado en la elaboración de productos de panificación y pastas.

## Conclusiones

1. La semilla de calabaza se puede utilizar en diversos sistemas agroindustriales. Presenta características nutritivas importantes que pueden mejorar la calidad nutrimental de diversos productos alimenticios o incluso utilizarse en la innovación. El perfil de ácidos grasos del aceite de semilla de calabaza presenta 29% de ácido oleico y 51,9% de ácido linoleico; ácidos que están relacionados con numerosos beneficios para la salud.
2. Los totopos elaborados con harina obtenida de semilla de calabaza con cáscara aumentan el contenido de fibra, teniendo el producto una aceptabilidad elevada, según los jueces.
3. Generar harina de semilla con cascara permiten substituir harina de semilla sin cascara, reduciendo la pérdida de aceite en 15%. La viscosidad del aceite de semilla de calabaza completa el rango de aceites comestibles.

## Referencias

- Alsina E, Macri E.V, Zago V, Schreier L, Friedman S.M. (2015). Aceite de girasol alto oleico: hacia la construcción de una grasa saludable. *Actualización en nutrición*, 16(4), 115.
- Applequist, W. L. (2006). Comparative fatty acid content of seeds of four *Cucúrbita* species grown in a common (shared) garden. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19(6), 606-611.
- Ayvar S. S, Mena B. A, Durán R. J, Cruzaley S. R, Gómez M. N. (2007). La calabaza pipiana y su manejo integrado. 1-24. <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/handle/123456789/3057>. Consultado el 10 de Abril de 2017.
- Escobar, G. D. (2012). Estudio de la composición fisicoquímica de harina de semillas de zapallo como ingrediente alimentario. *Innotec.*, 25-30.

- FAO. (2016). El Estado Mundial de la Agricultura, y la Alimentación; cambio climático, agricultura y seguridad alimentaria. <http://www.fao.org/3/a-i6030s.pdf>. Consultado el 24 de Abril de 2017.
- Gohari, A. A. (2011). Chemical composition and physicochemical properties of pumpkin seeds (*Cucúrbita pepo* Subsp. *Pepo* Var. *Styriaka*) grown in Iran. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 13, 1053-1063.
- Gómez, B. E. (2010). Evaluación de un producto alimentario con harina de semilla de *Cucúrbita moschata*. Tesis de grado. Universidad del Zulia. Facultad de Ingeniería., 57.
- González, C. F. P. (2016). Caracterización fisicoquímica y microbiológica de calabaza (*Cucúrbita moschata* 'Bernaut'), utilizada en la industria para la elaboración de cremogenados. *Actas de Horticultura*, 187-190.
- Grisales, S. O. (2012). Fruto y semilla de *Cucúrbita moschata* fuente de carotenoides y aceite con valor agregado. In Congreso brasileiro de olericultura., Vol. 52.
- Habib, A. B. (2015). Nutritional and Lipid Composition Analysis of Pumpkin Seed (*Cucúrbita maxima* linn). *Journal Food Science*, 5(374), 1-6.
- Hernández, M. S. (2009). Multiplicación in vitro vía organogénesis en calabaza. *Agronomía mesoamericana*, 20(1), 11-22.
- López-Miranda J. (2008). Olive oil and health: summary of the II international conference on olive oil and health consensus report. España. *Nutr. Metab. Cardiovasc. Dis.* 2010; 20(4):284-94.
- Martínez, Y. V. (2010). Utilización de la semilla de calabaza (*Cucúrbita moschata*) en dietas para pollos de ceba. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. Instituto de Ciencia Animal la Habana, Cuba., 44(4), 393-398.
- Martínez, Y. M. (2012). Factibilidad económica del empleo de la harina de semilla de calabaza en la alimentación de las aves-Economic feasibility the use of pumpkin seed meal in the feed poultry. *REDVET*, 13(3), 1-9.
- Millán, P. R. (2011). Physicochemical characterization of Macadamia nut (*Macadamia integrifolia*) oil. *CYTA-Journal of Food*, 9(1), 58-64.
- Muschler, R. G. (2008). Escuela de campo para promotores y promotoras de La Selva, Chiapas, México. Módulo 6. Producción ecológica de cultivos anuales básicos: maíz, frijol y calabaza. 30.

- NMX-F-312-1978. Determinación de reductores directos y totales en alimentos. Normas mexicanas. Dirección general de normas. México.
- NMX-F-089-1978. Determinación de ácidos grasos. Normas mexicanas. Dirección general de normas.
- Nollet, L. (2004). Handbook of food analysis: physical characterization and nutrient analysis. 2a Edición.
- AOAC. (2016). Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL, 20 edition.
- Petkova, Z. Y., G.A. Antova. (2015). Changes in the composition of pumpkin seeds (*Cucúrbita moschata*) during development and maturation. Grasas y aceites. 66(1), 058.
- Rezig, L. C. (2012). Chemical composition and profile characterization of pumpkin (*Cucúrbita maxima*) seed oil. Industrial Crops and Products, 37(1), 82-87.
- SAGARPA. (2016). Almacenamiento y conservación de granos y semillas. Obtenido de <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Almacenamiento%20de%20semillas.pdf>. Consultado el 28 de Abril de 2017.
- Salgın, U. (2011). A green separation process for recovery of healthy oil from pumpkin seed. The Journal of Supercritical Fluids., 58(2), 239-248.
- Sánchez Hernández M. V. C. (2000). Variación genética y respuesta a la selección combinada en una variedad criolla de calabaza pipiana (*Cucúrbita argyrosperma* Huber var. *stenosperma*). Revista Chapingo Serie Horticultura, 6(2), 221-240.
- Subbaiah, M. V. (2016). Adsorption of methyl orange from aqueous solution by aminated pumpkin seed powder: Kinetics, isotherms, and thermodynamic studies. Ecotoxicology and environmental safety, 128, 109-117.
- Valenzuela G. M., Cravzov A. L., Soro A. S., Tauguinas A. L., Giménez M. C., Gruszycki M. R. (2014). Relación entre actividad antioxidante y contenido de fenoles y flavonoides totales en semillas de *Cucúrbita* spp. Dominguezia; 30(1): 19-24.