

## DESARROLLO DE UN PROCESO A ESCALA DE LABORATORIO PARA LA PRODUCCIÓN DE ACEITE DE SEMILLA DE CALABAZA (*CUCURBITA SPP.*)

### DEVELOPMENT OF A LABORATORY-SCALE PROCESS TO PRODUCE PUMPKIN SEED OIL (*CUCURBITA SPP.*)

Rita Verónica Quilca Fernández<sup>1</sup>, Camilo Alejandro Pineda-Soto<sup>2</sup>, Julio Pineda-Insuasti<sup>2</sup>

<sup>1</sup> SUPERCAMPO QUIFE CIA.LTDA. Quito, Ecuador

<sup>2</sup> Centro Ecuatoriano de Biotecnología del Ambiente (CEBA). Ibarra, Ecuador.

Autor para correspondencia: [vero.q84@hotmail.com](mailto:vero.q84@hotmail.com)

Recibido: 22/10/2023

Aceptado: 22/11/2023

#### RESUMEN

Existe limitado conocimiento sobre la optimización del proceso de extracción de aceite de calabaza, se estudió el proceso de extracción por el método de prensado, la investigación se realizó con un diseño experimental factorial 2<sup>2</sup> se consideró como factores de estudio la temperatura y la humedad y se logró un óptimo de 83,33 % de eficiencia, cuando se realiza la operación a 50 °C y 8 % de humedad de la semilla. Se ajustó un modelo matemático empírico que relaciona la eficiencia con los factores estudiados, lo que permite optimizar el proceso. Se recomienda continuar con la investigación en las escalas de banco y piloto.

**PALABRAS CLAVE:** Calabaza, aceite, extracción, prensado, optimización.

#### ABSTRACT

There is limited knowledge about the optimization of the pumpkin oil extraction process, the extraction process was studied by the pressing method, the research was carried out with a 22 factorial experimental design, temperature and humidity were considered as study factors and achieved an optimum of 83.33% efficiency, when the operation is carried out at 50 °C and 8% seed moisture. An empirical mathematical model was adjusted that relates efficiency to the factors studied, allowing the process to be optimized. It is recommended to continue research at the bench and pilot scales.

**KEYWORDS:** Pumpkin, oil, extraction, pressing, optimization.

#### INTRODUCCIÓN

La calabaza, *Cucurbita spp.*, es una planta cultivada de origen americano, con variedades de invierno y verano. Su cultivo eficiente requiere un clima templado y suelos ricos en materia orgánica. La productividad depende de la variedad y las condiciones de cultivo, siendo relevante en la agricultura tanto por su

valor alimenticio como comercial (Cuco et al., 2019; Irías-Mata et al., 2017).

La producción de semillas de calabaza es un proceso clave en la agricultura sostenible. Las semillas, ricas en nutrientes, se obtienen mediante prácticas de cultivo especializadas, enfocándose en la calidad y la viabilidad para asegurar futuras cosechas exitosas. Estas prácticas incluyen selección cuidadosa y

técnicas de cosecha que preservan la integridad de las semillas (Massa et al., 2019).

El aceite de semilla de calabaza está compuesto por ácido Linoleico (de 45 a 60%), ácido Oleico (de 25 a 35%), ácido Palmítico (de 10 a 18%) y ácido Esteárico (de 5 a 10%), además contiene tocoferol (entre 1700 y 2000 mg/Kg de aceite. Fundamentalmente del tipo Delta, alrededor del 75% sobre el Alfa y Gamma). Rico también en Fitoesteroles, Betacaroteno y Luteína.

**Recolección de Semilla:** La recolección de semillas de calabaza es el primer paso crítico en la producción de aceite. Este proceso implica seleccionar semillas maduras de alta calidad, un factor clave para obtener un aceite de calabaza superior (Cuco et al., 2019).

**Secado y Descascarado:** Tras la recolección, las semillas se someten a secado y descascarado. El secado adecuado es esencial para preservar la calidad del aceite, mientras que el descascarado aumenta el rendimiento y la pureza del aceite extraído (Massa et al., 2019).

**Métodos de Extracción Sostenibles:** La búsqueda de métodos de extracción más sostenibles y eficientes representa un desafío constante. La extracción supercrítica con CO<sub>2</sub>, aunque prometedora, requiere optimización y viabilidad económica (Cuco et al., 2019).

Los métodos de extracción varían, incluyendo prensado en frío y extracción con solventes. La extracción supercrítica con CO<sub>2</sub> es un método emergente que mejora la calidad y pureza del aceite (Cuco et al., 2019; Amin et al., 2019).

El prensado es el más utilizado desde tiempos antiguos para la extracción de aceites vegetales de consumo humano (Valderrama, & Aravena, 1994). Las grasas líquidas o aceites se extraen con más facilidad si se calientan, ya que se disminuye su viscosidad, aumenta el poder disolvente para los cuerpos que le dan

olor, sabor y color, y que están contenidos en la semilla.

Las semillas de calabaza peladas mostraron mayor contenido de grasas (52,33%). La extracción asistida por solvente resultó efectiva para la extracción de aceite. El aceite extraído mostró altos contenidos de ácido linoleico (62,98%) y oleico (17,69%) (Sajama, J., 2023).

La humedad en materiales vegetales, para extracción de aceite, debe ser inferior al 10% para que no existan interferencias, puesto que el agua crea una barrera que impide el proceso de extracción (Treybal, 1989).

El contenido de humedad es una medida de la cantidad de agua contenida en el aceite. El agua en exceso es un factor negativo para el aceite debido a que puede formar enlaces químicos y físicos inadecuados, propiciando así reacciones de degradación (ICONTEC NTC 287, 2002).

**Estabilidad del Aceite:** La estabilidad del aceite de calabaza es crucial para su almacenamiento y uso. Factores como la composición química y las condiciones de almacenamiento afectan su estabilidad y vida útil (Irías-Mata et al., 2017).

**Propiedades Nutricionales:** El aceite de semillas de calabaza es altamente valorado por su riqueza en ácidos grasos esenciales, antioxidantes y vitaminas. Estos componentes nutricionales le confieren beneficios para la salud, incluyendo propiedades antiinflamatorias y cardioprotectores (Irías-Mata et al., 2017).

**Usos en Alimentación:** En la gastronomía, el aceite de calabaza se utiliza por su sabor y aroma distintivos. Es un ingrediente popular en ensaladas, aderezos y platos gourmet, aportando un toque nutricional y culinario único (Amin et al., 2019).

**Aplicaciones Medicinales:** El aceite de calabaza también se utiliza en medicina tradicional y productos de salud. Sus propiedades antioxidantes y su contenido en fitoesteroles lo hacen útil en la prevención y tratamiento de afecciones como la hiperplasia prostática benigna (Irías-Mata et al., 2017).

**Rendimiento y Calidad:** Uno de los principales problemas en la extracción de aceite de calabaza es el equilibrio entre rendimiento y calidad. Métodos de extracción que maximizan el rendimiento pueden comprometer la calidad del aceite (Cuco et al., 2019).

**Preservación de Compuestos Bioactivos:** Mantener la integridad de los compuestos bioactivos durante la extracción es otro problema. Métodos agresivos pueden degradar estos compuestos, reduciendo los beneficios saludables del aceite (Irías-Mata et al., 2017).

El prensado en frío es un método tradicional para extraer aceite de semillas de calabaza. Este proceso, que preserva mejor los nutrientes y sabores naturales del aceite, implica presionar mecánicamente las semillas sin aplicar calor externo. Sin embargo, su rendimiento es generalmente menor en comparación con otros métodos de extracción (Amin et al., 2019).

En la literatura científica, se ha reportado que el aceite de semillas de calabaza puede ser beneficioso en el tratamiento de la hiperplasia prostática benigna debido a su contenido en fitoesteroles y ácidos grasos. Estos componentes se cree que ayudan a reducir la inflamación y pueden tener un efecto positivo en la salud de la próstata (Irías-Mata et al., 2017).

El reto principal es maximizar el rendimiento sin comprometer las propiedades del aceite, impulsando la investigación hacia métodos más eficientes y sostenibles.

El objetivo de la presente investigación es desarrollar un proceso a escala de laboratorio para la producción de aceite de semilla de calabaza, mediante análisis de procesos, que permita el máximo aprovechamiento de las materias primas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se estudió a escala de laboratorio el desarrollo de un proceso para la producción de aceite a partir de semillas de calabaza. El trabajo experimental se realizó en el laboratorio de extracción de aceites del Centro Ecuatoriano de Biotecnología del Ambiente (CEBA), localizado en la ciudad de Ibarra, Ecuador a 2200 metros sobre el nivel del mar y con una temperatura promedio de 18 °C.

### Material genético

Como materia prima se utilizó la semilla de calabaza sin marca, suministrada por la empresa SUPERCAMPO QUIFE CIA.LTDA, Quito, Ecuador (Figura 1).



### Figura 1. Semilla de calabaza. SUPERCAMPO QUIFE CIA.LTDA.

En la figura 2, se presenta la información nutricional promedio de la semilla de calabaza

	100 g
<b>Energía (Kcal.)</b>	761
<b>Proteínas (g)</b>	13,8
<b>Grasa Total (g)</b>	74,8
<b>H. de Carbono Disp. (g)</b>	8,20
<b>Azúcares Totales (g)</b>	6,49
<b>Sodio (mg)</b>	86,4

Figura 2. Composición nutricional semilla de calabaza.

Fuente: <https://anc-natural.com/producto/aceite-pepa-de-calabaza-30-capsulas/>.

La semilla de calabaza tiene un contenido promedio de aceite del 46%, depende de la variedad, la genética y la tecnología de cultivo (Resultados del prensado de la prensa de aceite por tipo de semillas, s.f.).

#### Diseño experimental y análisis estadístico

Se estableció como unidad experimental una muestra de 1000 g de semilla de calabaza pelada, como factores de estudio se definieron la temperatura de extracción en los niveles de 25 y 50 °C y la humedad de la semilla en los niveles de 8 y 12 %.

Se establecieron como parámetros de operación el tamaño promedio de la semilla en 16 mm y la presión atmosférica (101,3 KPa).

La variable de respuesta seleccionada fue la eficiencia del proceso de extracción por prensado medida en %. Como factores de ruido se identifica la cantidad de luz, la temperatura del ambiente y el clima.

Se utilizó el software estadístico STATGRAPHICS, para planificar un diseño experimental factorial multinivel estándar 2<sup>2</sup>, con tres replicas, completamente aleatorio, con un total de 12 tratamientos. El diseño

deberá ser ejecutado en 3 bloques y el orden de los experimentos ha sido completamente aleatorizado.

Atributos de Diseño Factorial Multinivel

#### Diseño Base

Número de factores experimentales: 2

Número de bloques: 3

Número de respuestas: 1

Número de corridas: 12

Grados de libertad para el error: 6

Aleatorizar: Sí

Factores	Bajo	Alto	Niveles	Unidades
Temperatura	25,0	50,0	2	(°C)
Humedad	8,0	12,0	2	(%)

Respuestas	Unidades
Eficiencia	(%)

#### Procedimiento Experimental

En la figura 3, se presenta el diagrama de bloque del proceso experimental. La desinfección de la semilla de calabaza se realizó con el producto BIOXINE (Dióxido de cloro) de marca Biodiversity®, la muestra de semilla fue lavada en una solución acuosa de 50 ppm, luego se procedió al secado en secador de bandejas, la muestra seca se sometió a un prensado en máquina prensa de flujo continuo. Las muestras se filtraron través de un papel de filtro de celulosa gruesa de 0,3 micras con la ayuda de una bomba de vacío marca QUALITY QVP-500, a cada muestra filtrada se le calculó la eficiencia de extracción.

El producto final obtenido fue envasado en frasco de cristal de 30 ml, de color ámbar para proteger de la luz, se etiquetó y almacenó para estudio de estabilidad y notificación sanitaria.



Figura 3. Diagrama de flujo extracción de aceite de calabaza.



Figura 4. Recepción materia prima.



Figura 6. Secado de semilla.



Figura 5. Lavado de semilla.



Figura 7. Prensado de la semilla.



Figura 8. Filtrado del aceite.



### Aceite Semilla Calabaza

30 ml PVP: \$ 12,0

**Ingredientes:** 100% Aceite semilla de calabaza (*Curcubita spp.*).  
**Indicación:** **Multisectorial**  
**Tamaño por paquete:** 1 ml  
**Porciones por onza:** 30 ml  
 Energía 8,9 cal, Grasa Total 0,88g, Grasa saturada 0,19g, Grasa Trans 0g, Grasa polinsaturada 0,54g, Grasa monoinsaturada 0,26g, Colesterol 0mg, Sodio 0mg, Carbohidatos totales 0g, Proteína 0g. **Uso sugerido:** Tomar 1ml por día. **Conservación:** Mantener en lugar fresco y seco.

**Distribuido por:**  
 Supercampo Quilte Cra.Ltda  
 Cel. 099 836 0973  
 Quito-Ecuador

**Elaborado por:**  
 Biodiversity Pineda Julio  
 Cel. 0997589267  
 Ibarra-Ecuador

Lote: 1. Eubr. 01/24. Exp: 01/25  
 NS. 0000-0000

Figura 9. Envasado y etiquetado

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1, se presenta la matriz de resultados experimentales, como se puede observar se logra un mínimo de eficiencia de 60,87 % cuando se trabaja con 25 °C y 12% de humedad y un máximo de 84,78% de eficiencia, cuando se trabaja 50°C y 8% de humedad.

Tabla 1. Matriz de Resultados Experimentales

BLOQ UE	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Extracción (ml)	Eficiencia (%)
1	25	8	350	76,09
1	50	8	390	84,78
1	25	12	290	63,04
1	50	12	330	71,74
2	25	8	350	76,09
2	25	12	290	63,04
2	50	12	330	71,74
2	50	8	380	82,61
3	50	8	380	82,61
3	50	12	320	69,57
3	25	12	280	60,87
3	25	8	360	78,26

Fuente: Elaboración autor.

## Análisis de Varianza para Eficiencia

En la tabla 2, se presenta el ANOVA que particiona la variabilidad de Eficiencia en piezas separadas para cada uno de los efectos. entonces prueba la significancia estadística de cada efecto comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental. En este caso, 2 efectos tienen un valor-P menor que 0,05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95,0%.

Tabla 2. Análisis De Varianza para SDT Análisis de Varianza para Eficiencia

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Temperatura	173,736	1	173,736	102,17	0,0001
B: Humedad	539,216	1	539,216	317,10	0,0000
AB bloques	3,5643	1	3,5643	2,10	0,1978
Error total	2,35445	2	1,17722	0,69	0,5364
Total (corr.)	10,2026	6	1,70044		
	729,074	11			

## Coefficiente. de regresión para Eficiencia

Coefficiente	Estimado
constante	103,647
A: Temperatura	0,0864
B: Humedad	-4,16917
AB	0,0218

La ecuación de regresión del modelo empírico ajustado es:

$$\text{Eficiencia} = 103,647 + 0,0864 * \text{Temperatura} - 4,16917 * \text{Humedad} + 0,0218 * \text{Temperatura} * \text{Humedad}$$

## Optimización de la Respuesta

En la tabla 3, se muestra la combinación de los niveles de los factores, la cual maximiza los valores de eficiencia sobre la región indicada.

Meta: maximizar Eficiencia

Valor óptimo = 83,33

Tabla 3. Optimización

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Temperatura	25,0	50,0	50,0
Humedad	8,0	12,0	8,0

Fuente: Elaboración autor-

En la figura 10, se presenta el Diagrama de Pareto Estandarizada para Eficiencia, como se puede observar, la humedad y la temperatura son significativos, por lo cual dichos factores deben conservarse en el modelo matemático empírico.

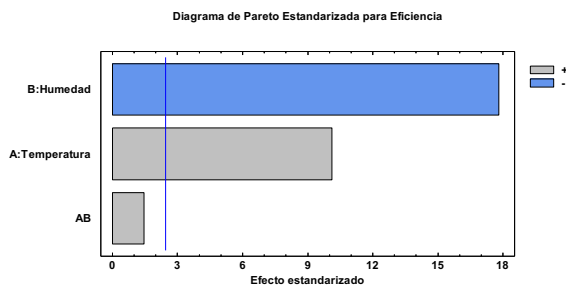


Figura 10. Pareto Estandarizada para Eficiencia

En la figura 11, se presenta la Superficie de Respuesta Estimada para Eficiencia, en la cual se puede observar que el punto máximo logrado de eficiencia equivalente a 84,78 % se logra con 50°C y 8% de humedad.

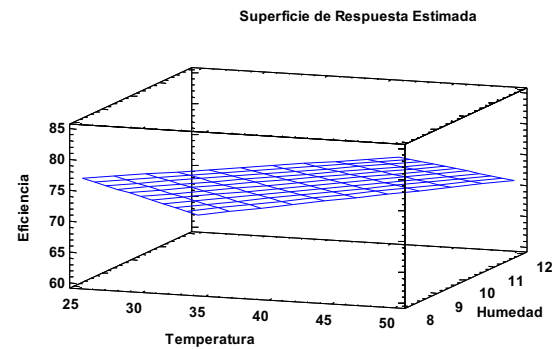


Figura 11. Superficie de Respuesta Estimada

## CONCLUSIONES

El aceite de semilla de calabaza es de alta importancia en la alimentación humana debido a sus propiedades nutraceuticas. Se logra un óptimo de 83,33 % de eficiencia de extracción cuando se opera con 50°C y 8% de humedad de la semilla.

## AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen al Centro Ecuatoriano de Biotecnología del Ambiente y SUPERCAMPO QUIFE CIA.LTDA. Por su cooperación en la realización de esta investigación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amin, M. Z., et al. (2019). Comparative assessment of the physicochemical properties of pumpkin seed oil. *Heliyon*, 5(12), e02994. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02994>
- Cuco, R. P., et al. (2019). Oil extraction from structured bed of pumpkin seed using supercritical CO<sub>2</sub>. *Journal of Supercritical Fluids*, 152, 104568. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2019.104568>
- Irías-Mata, A., et al. (2017). Tocopherols in Pumpkin Seed Oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65(34), 7476-7482. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b02230>
- Massa, T. B., et al. (2019). Pumpkin (*Cucurbita maxima*) by-products: Obtaining oil via ultrasonic-assisted extraction. *Journal of Food Process Engineering*, 42(5), e13125. <https://doi.org/10.1111/jfpe.13125>.
- Resultados del prensado de la prensa de aceite por tipo de semillas. (s.f.). Piteba. <https://piteba.com/es/content/23-resultados-del-prensado-de-la-prensa-de-aceite-por-tipo-de-semillas>
- Sajama, J. (2023). Revalorización de un residuo alimentario para la extracción y microencapsulación de aceite: semilla de calabaza (*Cucurbita maxima* Duchesne ex Lam). *MLS Health & Nutrition Research*, 2(1). <https://doi.org/10.60134/mlshn.v2i1.2087>.
- Treybal, R. (1989). Operaciones de transferencias de masa. Segunda edición. Editorial McGraw-Hill. México.
- Valderrama, J., & Aravena, A. M. Y. F. (1994). Industrialización de la higuera o planta de ricino parte II: extracción de aceite. *Información tecnológica*, 5(3), 91-97.