

Componentes de rendimiento y caracterización de aceite presente en semillas de zapallo *Cucurbita argyrosperma* sp. *sororia*

Yield components and oil characterization present in butternut squash seeds *Cucurbita argyrosperma* sp. *sororia*

Sanin Ortiz Grisales ^{1,4}, Magda Piedad Valdés Restrepo ^{2,5}, Robert Augusto Rodríguez-Restrepo ^{2,6}, Juan José Ortiz López ^{3,7}.

¹Universidad Nacional de Colombia - Sede Palmira, Colombia. ²Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Colombia. ³Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín, Colombia. ⁴ ✉ sortizg@unal.edu.co; ⁵ ✉ magda.valdes@unad.edu.co; ⁶ ✉ robert.rodriguez@unad.edu.co; ⁷ ✉ jortizl@unal.edu.co



DOI: <https://doi.org/10.15446/acag.v73n4.119631>

2024 | 73-4 p 383-392 | ISSN 0120-2812 | e-ISSN 2323-0118 | Rec.: 2025-04-01 Acep.: 2025-11-04

Resumen

La especie *Cucurbita argyrosperma* sp. *sororia* contiene semillas consideradas oleaginosas por su alto contenido de aceite, lo que las hace potencialmente valiosas en la industria alimentaria y nutracéutica. El objetivo de esta investigación fue evaluar los componentes de rendimiento y caracterizar los ácidos grasos presentes en el aceite de las semillas de zapallo de genotipos seleccionados de la especie *Cucurbita argyrosperma* sp. *sororia*. Se sembraron 12 genotipos bajo un diseño completamente al azar y con un análisis estadístico de varianza (ANOVA) con nivel de confianza del 95 %. Para los componentes de rendimiento se evaluó el contenido de extracto etéreo (EE %), peso de semilla por fruto (PSPF) número de semillas por fruto (NSPF) y peso unidad de semilla (PUS); para la selección de los mejores genotipos se empleó el índice de selección ponderado (ISP). Se emplearon métodos estándar para la extracción del aceite y su caracterización fisicoquímica y de ácidos grasos, siguiendo normativas técnicas colombianas (NTC) y protocolos internacionales. Los resultados revelaron diferencias significativas en el rendimiento de semillas y el contenido de aceite entre genotipos, y se identificaron 4 genotipos con alto contenido de extracto etéreo y superior perfil de ácidos grasos. La composición lipídica mostró predominancia de ácidos grasos insaturados (>81 %), en los que destacaron el ácido oleico (42-49 %) y el ácido linoleico (32-39 %), que son similares a los aceites de alta calidad nutricional. Los aceites presentaron bajos niveles de acidez, humedad y rancidez, lo cual indica buena estabilidad y potencial para aplicaciones comerciales. Estos hallazgos sugieren que *C. argyrosperma* sp. *sororia* es una fuente prometedora de aceite vegetal, con beneficios nutricionales y funcionales, y contribuye a la diversificación de aceites en el mercado global.

Palabras clave: calidad fisicoquímica, cuantificación, extracción, genotipos, oleaginosas.

Abstract

Pumpkin (*Cucurbita argyrosperma* sp. *Sororia*) seeds are considered oleaginous due to their high oil content, making them potentially valuable for the food and nutraceutical industries. The objective of this research was to evaluate yield components and characterize the fatty acids present in seed oil from selected genotypes of the species *Cucurbita argyrosperma* sp. *sororia*. Twelve genotypes were planted under a completely randomized design, and analysis of variance (ANOVA) was performed with a 95 % confidence level. The evaluated yield components were ether extract content (EE %), seed weight per fruit (SPF), number of seeds per fruit (NSPF), and seed unit weight (SUW). A weighted selection index (WSI) was applied to identify the best-performing genotypes. Standard methods were used for oil extraction and for physicochemical and fatty acid characterization, following Colombian technical standards (NTC) and international protocols. The results revealed significant differences in seed yield and oil content among genotypes, and four genotypes with high EE % and superior fatty acid profiles were identified. Lipid composition showed a predominance of unsaturated fatty acids (> 81 %), particularly oleic acid (42-49 %) and linoleic acid (32-39 %), comparable to oils of high nutritional quality. The oils exhibited low acidity, moisture, and rancidity levels, indicating good stability and potential for commercial applications. These findings suggest that *C. argyrosperma* sp. *sororia* is a promising source of vegetable oil, with nutritional and functional benefits, contributing to the diversification of oils in the global market.

Keywords: Extraction, genotypes, oilseed, physicochemical quality, quantification.

Introducción

En los últimos años, el interés por fuentes alternativas de aceite vegetal ha aumentado debido a su relevancia para la salud, la sostenibilidad y la respuesta a una demanda de mercado cada vez más consciente del impacto ambiental y nutricional de los alimentos; los aceites obtenidos de especies no tradicionales, como las cucurbitáceas, ofrecen perfiles ricos en ácidos grasos insaturados, antioxidantes y compuestos bioactivos con potencial nutraceutico. En este sentido, resulta de particular interés la familia Cucurbitaceae, integrada por aproximadamente 118 géneros y 825 especies, entre ellas el género *Cucurbita*, ampliamente cultivado por sus frutos y semillas. Es así como investigaciones como la de Valdés-Restrepo *et al.* (2013) sobre la estabilidad fenotípica de caracteres de calidad en zapallo (*Cucurbita moschata* Duch.) evidencian la diversidad genética y la capacidad de adaptación de estas especies, lo que favorece la selección de genotipos estables y con alto contenido de materia seca, carotenoides y aceites de valor industrial y alimentario. En particular, *Cucurbita argyrosperma*, conformada por las subespecies *argyrosperma* y *sororia*, representa una fuente promisoría de aceite vegetal saludable y sostenible, con potencial para contribuir tanto a la seguridad alimentaria como al desarrollo agroindustrial.

La familia Cucurbitaceae está compuesta aproximadamente por 118 géneros y 825 especies; de ellos, el género *Cucurbita* es uno de los más importantes (Rodríguez *et al.*, 2023). Dentro de las especies cultivadas del género *Cucurbita*, se encuentra la especie *C. argyrosperma*, caracterizada por tener un pedúnculo duro, diámetro ensanchado de corcho duro en el centro y está constituida por 2 subespecies: *argyrosperma* y *sororia*. De la subespecie *argyrosperma* se tienen 4 variedades: *argyrosperma*, *callicarpa*, *stenosperma* y *palmieri*; mientras que de la subespecie *sororia* se sabe que es el ancestro silvestre de la especie domesticada, con baja calidad de pulpa, pero abundante semilla (Valdés, 2014; Ortiz y Valdés, 2019). Estas semillas son consideradas oleaginosas, con altos contenidos de extracto etéreo (Ordóñez *et al.*, 2014).

El contenido de triglicéridos en los aceites vegetales determina sus características fisicoquímicas, y puede variar dependiendo de la especie, la fecha de cosecha del fruto para obtener la semilla y el método de extracción del aceite (Ortiz *et al.*, 2020; Alviso *et al.*, 2023). Los aceites vegetales puros se digieren de forma rápida, contribuyen a la absorción de vitaminas liposolubles (A, D, E, K) y reducen el riesgo de enfermedades cardiovasculares (Calugar *et al.*, 2024).

Sin embargo, cuando un aceite entra en contacto con el aire y la humedad del ambiente sufre un proceso de autooxidación que ocasiona olores, sabores y colores anormales y, por ende, provoca la formación de compuestos tóxicos y disminución

de la vida útil del producto. Es por ello que se suele añadir antioxidantes a los aceites, ya que tienen un efecto sinérgico y generan mayor protección (Flores *et al.*, 2021). Según la cantidad de dobles enlaces (C=C) que presente o no, los ácidos grasos se clasifican en saturados o insaturados: los ácidos grasos saturados son de origen animal, con excepciones como el aceite de coco y el cacao, que se solidifican a temperatura ambiente. Caso contrario son los ácidos grasos insaturados (monoinsaturados y poliinsaturados), que suelen ser de origen vegetal, son líquidos a temperatura ambiente y son benéficos para la salud (Hashempour *et al.*, 2016).

En cuanto a la producción, rendimiento, consumo y buena estabilidad, los 3 principales aceites a nivel mundial son: aceite de palma, de soya y de colza; en términos de producción, el aceite de palma representa el 30 % y soya el 60 % (Sun *et al.*, 2015; Zhang *et al.*, 2023). Por otro lado, existe una marcada demanda de aceite vegetal en todo el mundo, y en los últimos años se han descubierto diferentes tipos de aceites vegetales, llamados “aceites vegetales menores”, los cuales presentan volúmenes de producción moderados y suelen ser costosos, pero sus características nutricionales especiales los hacen atractivos para una sociedad con creciente conciencia de la salud nutricional. Sin embargo, el aceite extraído de frutas y hortalizas como el aguacate, la papaya o el zapallo proporcionan efectos adicionales; por ejemplo, las semillas de zapallo son ricas en ácidos grasos insaturados, tocoferoles y fitoesteroles, que expresan excelente actividad antioxidante (Yao *et al.*, 2021; Tian *et al.*, 2023).

Según Singh y Kumar (2023), las semillas de zapallo han sido infrautilizadas, y al pasar del tiempo han ido ganando espacio en el campo de la agricultura, la medicina y la industria alimentaria, debido a sus múltiples beneficios para la salud y a sus propiedades nutraceuticas; presenta diversos compuestos bioactivos que incluyen tocoferoles, β -caroteno, luteína, fitoesteroles y minerales que incrementan su potencial como aceite comestible y nutraceutico (Bardaa *et al.*, 2016; Kozłowska *et al.*, 2025). Es por ello que la investigación en esta semilla como fuente de energía ha ido incrementando por su alto contenido de extracto etéreo o grasa bruta en especies como *C. moschata* y *C. pepo* (Valdés *et al.*, 2014). De tal manera, se tiene la hipótesis que los genotipos de la especie *C. argyrosperma* sp. *sororia* presentan diferencias en los componentes de rendimiento de semilla, características fisicoquímicas y composición de ácidos grasos en el aceite, lo que permitiría identificar genotipos con el mejor potencial para ser empleado en la industria alimentaria y nutraceutica. Por tanto, el objetivo de la investigación fue evaluar los componentes de rendimiento y caracterizar los ácidos grasos presentes en el aceite de semillas de zapallo de genotipos de la especie *Cucurbita argyrosperma* sp. *sororia*.

Materiales y métodos

Establecimiento de genotipos

De una colección de 243 genotipos de la especie *C. argyrosperma* sp. *sororia*, del programa de mejoramiento genético, agronomía y producción de semillas de hortalizas, se seleccionaron 12 genotipos por alto contenido de extracto etéreo, referenciados así: genotipo 2, 3, 4, 6, 8, 9, 12, 13, 14, 15, 18, 19; la siembra de los genotipos se realizó en el laboratorio agropecuario Granja Mario González Aranda, de la Universidad Nacional de Colombia - Sede Palmira, en el Valle del Cauca, cuyas coordenadas son: N 3°30'26,8"; O 76°18'47,6" a 998 m s. n. m., con 24 °C, 72 % de humedad relativa y precipitación pluvial anual de 1000 mm (Rodríguez *et al.*, 2024); la distancia entre surco y entre planta fue de 2 m, y se empleó riego por goteo. Las pruebas de rendimiento, acondicionamiento de frutos, beneficio de semillas, extracción de aceite y pruebas fisicoquímicas se realizaron en el laboratorio de semillas de la misma universidad y el perfil de ácidos grasos del aceite de la semilla se realizó en la empresa SGS Colombia S. A. S.

Acondicionamiento de frutos y semillas

Los frutos de zapallo fueron desinfectados con una solución de hipoclorito de sodio al 1.0 %, y después fueron lavados y secados a temperatura ambiente. Posteriormente se almacenaron en un cuarto frío a 16 °C y a cada genotipo se le extrajo la semilla, la cual se secó hasta humedad estable del 12 % y se almacenó en bolsas negras y bidones de cierre hermético. A continuación, a cada semilla de cada genotipo se le extrajo el aceite empleando la prensa *expeller* marca IBG Monforts Oekotec y, para evitar el deterioro, el aceite fue empacado en frascos ámbar. La prensa *expeller* realiza una extracción mecánica de aceite sin químicos, extrayendo un aceite puro sin residuos de solvente.

Selección de genotipos

Para identificar los mejores genotipos se empleó el índice de selección ponderado (ISP), teniendo en cuenta 2 caracteres: porcentaje de extracto etéreo en la semilla (EE) y peso de semilla por fruto (PSPF), con factor de ponderación de 0.7, y 0.3 respectivamente.

Variables evaluadas

La determinación de los componentes del rendimiento de semilla y calidad de aceite se realizaron por triplicado; para los componentes del rendimiento de semilla se midió el peso de semilla por fruto (PSPF) en gramos, el peso de unidad de semilla (PUS) correspondiente al peso en gramos de 100 semillas y los números de semillas por fruto (NSPF).

Para la determinación del contenido de aceite de la semilla de cada genotipo, se realizó la extracción de extracto etéreo (EE %) mediante el protocolo de la AOAC (920.39-1990), empleando el equipo *soxhlet*, y como solvente se usó éter de petróleo; la determinación de calidad del aceite se realizó mediante la norma técnica colombiana correspondiente a cada variable (Tabla 1). Aplicando el índice de ponderación, se seleccionaron los mejores 4 genotipos y se les determinó el perfil de ácidos grasos Fatty Acid Methyl Esters (FAME), mediante la metodología: ISO 12966-2:2017 para grasas y aceites animales y vegetales, para una cromatografía de gases de ésteres metílicos de ácidos grasos.

Diseño experimental

Se sembraron 10 plantas por genotipo de zapallo de la especie *Cucurbita argyrosperma* sp. *sororia*, a una distancia entre surco y planta de 2 m, para un total de 120 plantas, bajo un diseño experimental completamente al azar. El riego se realizó mediante manguera de riego por goteo empleando goteros autocompensados.

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza con un nivel de confianza del 95 % para las variables de rendimiento en la semilla, con un diseño completamente al azar con 3 repeticiones por genotipo bajo el modelo matemático $Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$ donde: Y_{ij} = variable de respuesta; μ = promedio general; T_i = efecto del genotipo sobre la variable de respuesta y E_{ij} = error experimental. Para la selección de genotipos se empleó un índice de selección ponderado y promedios para las características de calidad por genotipo. El análisis de la información se hizo mediante el *software* Minitab Statistical versión 19 y Microsoft Office, Excel 2010.

Resultados y discusión

De los datos presentados en la Tabla 2 se deduce que entre genotipos hay diferencias significativas ($p < 0.05$) para el contenido de EE y PUS y diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) para el PSPF y NSPF, lo que sugiere que, por lo menos, un genotipo es superior para los caracteres evaluados; estos datos son superiores a los reportados por Valdés *et al.* (2024), quienes reportaron en promedio en la especie *C. moschata* un contenido de EE del 26.60 %, PSPF 58.66 g, NSPF 428.80 g y PUS 12.16 g. Ello evidencia la superioridad de los genotipos de la especie *Cucurbita argyrosperma* sp. *sororia*.

En la Tabla 3 se presenta para cada genotipo el número de frutos por planta (NFPL), peso de semilla por fruto (PSPF) y contenido de extracto etéreo (EE) con su respectivo índice de selección ponderado (ISP). Algunos genotipos presentan un contenido de EE moderado si se compara con el promedio,

Tabla 1. Norma técnica colombiana empleada en la determinación de la calidad de aceite en semilla de zapallo *Cucurbita argyrosperma* sp. *sororia*.

Método	Norma técnica colombiana (NTC)	Principio
Determinación de densidad (masa por volumen convencional)	NTC 336	Medida de la masa, a una temperatura específica, de un volumen de grasa líquida en un picnómetro calibrado.
Determinación del índice de yodo	NTC 283	Dilución de la porción de ensayo en un solvente y adición del reactivo de Wijs. Después de un tiempo específico, se adiciona yoduro de potasio y agua, y se titula el exceso de yodo liberado con una solución de tiosulfato sódico.
Determinación del índice de saponificación	NTC 335	La muestra de ensayo se saponifica por ebullición a reflujo mediante un exceso de solución etanólica de hidróxido de potasio, seguido de titulación volumétrica del exceso de hidróxido de potasio con solución normalizada de ácido clorhídrico.
Determinación del índice de acidez	NTC 218	La muestra se disuelve en una mezcla de solventes adecuada, y los ácidos presentes se titulan con una solución etanólica o metanólica de hidróxido de potasio o de sodio.
Determinación del índice de refracción	NTC 289	La muestra se hace reaccionar con floroglucinol en solución de éter dietílico. Cuando los productos se extraen con ácido clorhídrico, si el material es rancio se obtiene una solución acuosa roja.
Determinación del índice de peróxido	NTC 236	La muestra de ensayo se disuelve en isooctano (o cloroformo) y ácido acético glacial; además, se añade yoduro de potasio. El yodo liberado por los peróxidos se determina yodométricamente con un indicador de almidón y una solución normalizada de tiosulfato de sodio. El punto final de la titulación se determina visualmente.
Determinación del contenido de humedad y materia volátil	NTC 287	Se calienta una porción de ensayo a $103 \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta que la humedad y la materia volátil se eliminen completamente, y se determina la pérdida de masa.
Determinación de la materia insaponificable. Método con éter etílico para la extracción	NTC 235-1	Saponificación de la grasa o aceite por ebullición bajo reflujo con una solución etanólica de hidróxido de potasio. La materia insaponificable es extraída de la solución de jabón de éter etílico. El solvente es evaporado y su residuo es pesado después del secado.
Determinación de rancidez (reacción de Kreis)	NTC 219	La muestra se hace reaccionar con floroglucinol en solución de éter dietílico. Cuando los productos se extraen con ácido clorhídrico, si el material es rancio se obtiene una solución acuosa roja. El color se mide por medio de un comparador de colores o colorímetro, y los resultados se expresan en unidades de rojo en la escala Lovibond.
Determinación del punto de fusión (punto de deslizamiento)	NTC 213	Un tubo capilar que contiene una columna de grasa, la cual ha sido cristalizada bajo condiciones controladas, es inmerso en agua a una profundidad específica; la temperatura se incrementa a una rata determinada. Se registra la temperatura a la cual asciende la grasa en la columna.

pero lo compensan con el alto PSPF como es caso de los genotipos 6, 14, 18 y 19, sin embargo, son los genotipos 9, 12, 13 y 15 los que sobresalen por el alto contenido de EE y PSPF con un moderado NFPL, lo que indica que son frutos que albergan un alto número de semillas representadas en aceite.

Valdés *et al.* (2017) evaluaron 6 genotipos parentales de la especie *Cucurbita argyrosperma* sp. *sororia*, e identificaron un contenido de EE entre 35.98 % y 38.57 % y un PSPF de 27.57 g y 39.66 g, valores inferiores a los 4 genotipos seleccionados (genotipos 9, 12, 13 y 15) por mayor ISP. Lo que indica que el proceso de selección ha logrado que se obtengan genotipos superiores para las variables de interés.

Por otro lado, en la Tabla 4 se presentan los promedios de los parámetros fisicoquímicos en aceite de semillas de zapallo especie *Cucurbita argyrosperma* sp. *sororia*, en los que la densidad relativa (DR) a ($20 \text{ }^{\circ}\text{C}$) es un criterio de pureza: entre más denso sea el aceite, más puro será, indicando que es reducida la presencia de sedimentos, los cuales pueden estar presentes en el aceite por una inadecuada extracción. La NTC 336 y las exigencias de los parámetros del CODEX Stan 33-1981 establecen que una adecuada DR debe estar entre 0.910 y 0.916; bajo esta premisa, los aceites de semilla de *C. argyrosperma* sp. *sororia* presentaron una DR entre 0.91 y 0.92, excepto el genotipo 2, que tuvo 0.86. Según Paucar-Menacho *et al.* (2015), una densidad baja significa que es un aceite ligero, debido a la presencia de ácidos linoleicos y linolénicos, lo que lo hace más digerible.

Índice de yodo (IY)

Este índice está relacionado con el grado de insaturación que presenta el aceite (Tabla 4): a mayor IY mayor grado de insaturación, representado en mayor cantidad de ácido linoleico y oleico en la muestra (Singh y Kumar, 2023), en contraste, valores bajos de IY indican un mayor número de peróxidos, por tanto, un menor grado de insaturación (Özcan *et al.*, 2019). El valor más bajo de IY se encontró en el genotipo 8 (84.23 g I₂/100 g) y el más alto en los genotipos 13, 12 y 9 con 100.36, 95.23 y 95.14 g I₂/100 g, respectivamente. Los valores de los 12 genotipos difieren de los reportados por Singh y Kumar (2023) para la especie *C. moschata*, con valores entre 105.33 a 109.67 g I₂/100 g.

Índice de saponificación (IS)

Proporciona información sobre el peso molecular promedio de todos los ácidos grasos presentes en el aceite, por tanto, a mayor IS, menor es la masa molecular del aceite y mayor el contenido de ácidos grasos saturados, lo que indica que es un aceite adecuado para hacer jabones y helados (Oginni *et al.*, 2024). En la especie *Cucurbita pepo* sp. *pepo* Var. *Styriaka*, se han reportado valores de IS de 190.69 mg KOH/g (Gohari *et al.*, 2011), similares a los obtenidos en los 12 genotipos de *Cucurbita argyrosperma* sp. *sororia*, los cuales oscilan entre 186.12 y 193.92 mg KOH/g. A su vez, Al-Turky *et al.* (2024) reportan para aceite de *C. maxima* valores de 193.54 mg KOH/g, en *C. moschata* 183.73 mg KOH/g y aceite de girasol de 191.28 mg KOH/g, lo que indica que entre especie fluctúa el IS, y por tanto, el contenido de ácidos grasos saturados.

Acidez total libre o grado de acidez expresado como porcentaje de ácido acético

La acidez libre de los aceites se presenta debido a que los triglicéridos se descomponen en ácidos grasos y glicerina, reacción que se presenta por las enzimas lipasas (Faillace *et al.*, 2023), es decir, que la acidez

Tabla 2. Cuadrados medios para los caracteres de rendimiento en semilla de la especie *Cucurbita argyrosperma* sp. *sororia*

Fuente de variación	Grados de libertad	EE (%)	PSPF (g)	NSPF (g)	PUS (g)
Genotipos	11	41.64*	18.65**	1087.86**	0.32*
Error	22	0.87	0.9	18.93	0.12
Total	33				
Promedio		38.15	83.92	454	22.8
CV (%)		8.62	40.11	38.98	35.87

*Donde: extracto etéreo (EE); peso de semilla por fruto (PSPF); número de semillas por fruto (NSPF); y peso unidad de semilla (PUS); * diferencias significativas ($p < 0.05$) y ** diferencias altamente significativas ($p < 0.01$).

total mide el grado de descomposición del material graso. La acidez total libre para los genotipos en estudio se determinó entre 0.23 % y 0.55 % de ácido acético expresado en g/100 g; los genotipos 8, 14, 18 y 19 % presentaron la acidez total libre más alta con 0.55, 0.50, 0.54, 0.55 % de ácido acético en g/100 g, respectivamente, y los demás genotipos no superan el 0.3 % de ácido acético en g/100 g, lo que indica que la fracción éster del aceite no ha cambiado.

Índice de acidez (IA)

El valor de acidez indica los ácidos grasos libres que se producen debido a la hidrólisis en un triacilglicerol. Su importancia radica en que los ácidos grasos libres promueven la formación de humos, mal sabor y aceleran la oxidación del aceite (Akil *et al.*, 2015). Al respecto León *et al.* (2021) sugieren que el IA puede deberse a un maltrato de la materia prima en poscosecha, periodos prolongados de almacenamiento, plagas y enfermedades. El IA de los aceites de los genotipos a 20 °C estuvieron en un rango entre 0.43 y 1.10 mg.KOH/g de aceite, valores inferiores a los reportados por Artica *et al.* (2023) para aceite de zapallo de la especie *C. maxima* con 2.04 KOH/g de aceite. Ello indica que el aceite de semillas de zapallo se extrajo de forma adecuada, la que evita la formación de rancidez y prolonga su conservación.

Índice de refracción (IR)

Todos los genotipos presentaron en el aceite un IR de 1.47 a una temperatura de 20 °C (Tabla 4), el cual se encuentra dentro del rango 1.4677-1.4705 estipulado en el CODEX Stan 33-1981 para aceite

Tabla 3. Genotipos seleccionados con base en el índice de selección ponderado (ISP) en la especie *Cucurbita argyrosperma* sp. *sororia*

Genotipo	NFPL	PSPF (g)	EE (%)	ISP	Posición
2	35	48	34	-1.29	12
3	62	43	37	-0.59	9
4	42	38	36	-0.88	11
6	12	75	39	0.10	5
8	3	92	34	-0.81	10
9	2	68	41	0.54	4
12	3	103	45	1.63	1
13	15	131	41	1.03	2
14	7	144	36	0.08	6
15	7	110	40	0.63	3
18	23	78	37	-0.21	7
19	23	78	37	-0.21	7
Promedio	19.50	83.92	38.15		
Desviación estándar	18.63	33.66	3.29		

Tabla 4. Promedios de los parámetros fisicoquímicos en aceite de semillas de zapallo, especie *Cucurbita argyrosperma* sp. *sororia*

Método	Genotipos											
	2	3	4	6	8	9	12	13	14	15	18	19
Determinación de densidad (masa por volumen convencional) - adimensional	0.86	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.91	0.92
Determinación del índice de yodo - g I ₂ /100 g	94.33	89.05	99.59	93.48	84.23	95.14	95.23	100.36	93.66	94.25	87.35	88.17
Determinación del índice de saponificación - mg de KOH/g de aceite	186.12	187.29	188.11	189.25	189.97	188.54	187.65	186.58	188.78	189.14	193.92	187.84
Acidez total libre o grado de acidez - % ácido acético expresado en g/100 g	0.23	0.22	0.30	0.25	0.55	0.28	0.25	0.2	0.50	0.27	0.54	0.55
Determinación del índice de acidez - mg, KOH/g de aceite	0.45	0.43	0.60	0.49	1.10	0.5	0.49	0.43	1.00	0.45	1.08	1.09
Determinación del índice de refracción - adimensional	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47
Determinación del índice de peróxido - miliequivalentes de oxígeno activo/kg de aceite (meq O ₂ /kg)	13.72	13.43	5.91	13.66	13.65	3.56	4.22	3.88	6.35	5.11	13.34	5.82
Determinación del contenido de humedad y materia volátil - porcentaje	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.002	0.002	0.002	0.01	0.002	0.01	0.00
Determinación de la materia insaponificable. Método con éter etílico para la extracción - porcentaje	12.06	10.80	11.91	11.06	10.00	11.5	12.01	12.05	12.10	11.2	11.07	10.43
Determinación de rancidez (reacción de Kreis) - no aplica	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Determinación del punto de fusión (punto de deslizamiento) - °C	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8

Negativo (-)

de oliva. Valores similares obtuvieron Artica *et al.* (2021) para la especie *C. maxima* con valores de 1.46. Los investigadores señalan que el IR varía en el aceite dependiendo de la longitud de la cadena de ácidos grasos y del grado de insaturación. Al respecto Paucar-Menacho *et al.* (2015) mencionan que el IR es un indicativo del grado de pureza y calidad del aceite: dependiendo del grado de insaturación aumenta el IR. Lo anterior sugiere que las muestras de aceite no presentan alteraciones en su composición e indican contenidos apreciables de ácidos grasos insaturados.

Índice de peróxido (IP)

El índice de peróxido mide la oxidación de los ácidos grasos, es decir, la cantidad de hidroperóxidos formados en el aceite durante la oxidación de lípidos (Ramroudi *et al.*, 2022; Kozłowska *et al.*, 2025), y su medida evalúa la oxidación inicial del aceite (Anconi *et al.*, 2022). A los 5 meses de extraído el aceite de zapallo se obtuvo un IP en los 12 genotipos

que fluctuó en un rango de 3.56 meq O₂ kg⁻¹ a 13.72 meq O₂ kg⁻¹ (Tabla 4), los cuales se encuentran dentro del parámetro del CODEX Stan 33-1981 (≤ 15 meq O₂ kg⁻¹). Bardaa *et al.* (2016) reportaron en *C. pepo* un IP de 8.66 ± 0.21 meq O₂ kg⁻¹; sin embargo, a los 25 días de almacenamiento, el aceite presentó 16.50 ± 0.98 meq O₂ kg⁻¹. Lo anterior indica que el aceite de semillas de zapallo *C. argyrosperma* sp. *sororia* fue extraído y almacenado de forma adecuada sin presencia de calor u oxígeno que pudiera causar rancidez.

Contenido de humedad

La presencia de humedad es indeseable en un aceite, pues se considera un agente oxidante que forma peróxidos y rancidez, lo que reduce la conservación del aceite (Esfarjani *et al.*, 2019). El aceite de los 12 genotipos evaluados, presentó un contenido de humedad entre 0.01 % y 0.002 % muy inferior a lo permitido por el CODEX Stan 33-1981, el cual indica

que el contenido de humedad para el olivo debe ser máximo de 1 %; Guye y Dabaro (2021), en aceite de semillas de *C. pepo*, reportaron una humedad de 0.07 %, aunque fue superior a lo reportado en la presente investigación, sigue estando por debajo del límite permitido, lo que indica que son aceites que pueden tener una larga vida útil al no tener humedad que pueda provocar rancidez.

Materia insaponificable (MIS)

Es la fracción de aceite que no se convierte en jabón en la reacción de saponificación que emplea hidróxido de sodio NaOH o hidróxido de potasio KOH. Según Poljšak y Kočevár (2022), los principales compuestos insaponificables son fenoles, carotenoides, vitamina E, escualeno y fitoesteres; entre ellos, los esteroides son el compuesto predominante en la fracción insaponificable de los aceites vegetales (Yara-Varón et al., 2017). Los compuestos insaponificables son propensos a la oxidación, su deterioro puede provocar efectos tóxicos nocivos para la salud (Kokalj y Kočevár, 2022). El contenido de MIS en los genotipos estuvo en un rango entre 10 % y 12.10 %, con los genotipos 12, 13 y 14 como los que presentaron los contenidos más altos con 12.01, 12.05 y 12.10 %, respectivamente. Estos fueron inferiores a los reportados por Mohammed et al. (2024), quienes reportan para la especie *C. pepo* MIS de 15.04 %, lo que sugiere que son aceites ricos en antioxidantes, lo cual aumenta su valor nutricional.

Índice de rancidez

Según Pan et al. (2024), las semillas de zapallo en almacenamiento son propensas a sufrir rancidez oxidativa debido a la presencia de un alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados, además de factores externos como temperatura y oxígeno. Al respecto, Flores et al. (2021) mencionan que la autooxidación o rancidez es un proceso natural que se presenta en las grasas y aceites en presencia de oxígeno y humedad, lo que altera sus características químicas como el olor y el sabor. Todos los aceites de los genotipos presentaron una reacción negativa a la reacción de Kreis, empleada en la detección temprana de rancidez, lo que indica que los aceites de las semillas de *C. argyrosperma* sp. *sororia*, al pasar 5 meses de su extracción, siguen estando frescos. Estos datos fueron similares a los obtenidos por Ortiz et al. (2009), quienes también determinaron una reacción negativa en 4 introducciones de la especie *C. moschata* Duch.

Punto de fusión

Indica la temperatura a la cual las grasas y los aceites son químicamente similares, es decir, son sólidos a temperatura ambiente (Flores et al., 2021). El punto de fusión del aceite de los genotipos fue de -8 °C, sin embargo, al comparar con Ogbete y Ofoeze (2025), quienes reportaron en aceite de semillas de zapallo

de la especie *C. pepo* valores del 33.6 °C y 42.33 °C de punto de fusión, se aprecia una amplia diferencia, que posiblemente se deba al método empleado para evaluar esta variable.

Contenidos de ácidos grasos en aceite de semillas de *C. argyrosperma* sp. *sororia*

En la Tabla 5 se destaca en los genotipos el alto porcentaje de ácidos grasos insaturados, con valores entre 81.66 y 82.56 %; en ellos los ácidos grasos monoinsaturados se encuentran en mayor proporción en los genotipos 9 (42.22 %), 12 (48.38 %), 13 (49.79 %) y 15 (45.07 %), respectivamente. Estos datos son superiores al compararlos con los reportados por Prommaban et al. (2021) en *C. moschata*, quienes obtuvieron porcentajes de ácidos grasos monoinsaturados de 31.40 y 37.67 %. El estudio realizado por Voon et al. (2024) señala que los ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados son beneficiosos, ya que reducen el colesterol total sérico y las concentraciones de lipoproteínas de baja densidad (LDL).

La prueba del perfil de ácidos grasos en aceite de semillas de zapallo *Cucurbita argyrosperma* sp. *sororia* (Tabla 6) evidenció el alto contenido de ácido oleico (C18: 1n - 9cis) (monoinsaturado) y ácido linoleico (C18: 2n - 6cis) (poliinsaturado) en los 4 genotipos. Solo estos 2 ácidos grasos insaturados contribuyen con más del 80 % en el aceite: 9 (81.43 %), 12 (81.67 %), 13 (82.25 %) y 15 (81.13 %), respectivamente. Su importancia radica en que el ácido linoleico es un ácido graso omega 6, un ácido graso esencial en los tejidos humanos, y se asocia a un menor riesgo de aterosclerosis y dolores de cabeza cuando se combina con suplementos de omega 3 (Mercola y D’Adamo, 2023), mientras que el ácido oleico puede ayudar a reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares y suprime la tumorigénesis de enfermedades inflamatorias (Hernández et al., 2021).

Estos mismos autores señalan que al comparar los ácidos en el aceite de oliva, este presenta un contenido alto de ácido oleico (66 %) y un bajo contenido de ácido linoleico (12.35 %), característica

Tabla 5. Contenidos de ácidos grasos en aceite de semillas de zapallo de *Cucurbita argyrosperma* sp. *sororia*

Tipo de ácido graso	Genotipos (%)			
	9	12	13	15
Poliinsaturados	39.75	33.89	32.77	36.59
Monoinsaturados	42.22	48.38	49.79	45.07
Saturados	17.99	17.72	17.41	18.42
Totales				
Insaturados	81.97	82.27	82.56	81.66
Saturados	18.03	17.73	17.44	18.34

Tabla 6. Perfil de ácidos grasos en aceite de semillas de zapallo *Cucurbita argyrosperma* sp. *sororia*

Compuesto	Genotipos (g/100 g)			
	9	12	13	15
Ácido caprílico (C8:0)	0.01	ND	ND	0.01
Ácido láurico (C12:0)	0.01	0.01	0.01	0.01
Ácido mirístico (C14:0)	0.11	0.10	0.10	0.13
Ácido pentadecanoico (C15:0)	0.01	0.01	0.01	0.01
Ácido palmítico (C16:0)	15.16	15.15	14.80	15.30
Ácido palmitoleico (C16:1)	0.07	0.07	0.06	0.08
Ácido heptadecanoico (C17:0)	0.07	0.07	0.05	0.06
Ácido esteárico (C18:0)	2.13	1.90	1.94	2.42
Ácido oleico (C18: 1n - 9cis)	42.06	48.21	49.81	44.89
Ácido linoleico (C18: 2n - 6cis)	39.37	33.46	32.44	36.24
Ácido araquídico (C20:0)	0.46	0.44	0.47	0.45
Ácido gamma-linolénico (C18: 3 n-6) (GLA)	0.12	0.12	0.13	0.13
Ácido eicosenoico (C20:1)	0.10	0.11	0.13	0.11
Ácido eicosadienoico (C20:2)	0.10	0.12	0.10	0.09
Ácido cis - 11,13 - docosadienoico (C22:2)	0.17	0.19	0.10	0.14
Ácido lignocérico (C24:0)	0.03	0.04	0.03	0.03

que también presentaron los genotipos de zapallo *C. argyrosperma* sp. *sororia* (Tabla 6), lo que indica que tienen una alta estabilidad autooxidativa por el alto contenido de ácido oleico. Sin embargo, Polyzos *et al.* (2024) reportaron para la especie *C. maxima* un contenido de ácido oleico y linoleico de 21.95 y 55.46 %, respectivamente, contrarios a lo reportado en la presente investigación para *C. argyrosperma* sp. *sororia*, lo que sugiere que estos 2 ácidos grasos pueden variar entre especies del género *Cucurbita*.

Así mismo, el ácido palmítico (C16:0) (ácido graso saturado), ocupa el tercer lugar en importancia dentro de aceite de zapallo. Su importancia radica en que es precursor de los ácidos grasos insaturados (Bardaa *et al.*, 2016). Además, del total de las grasas de la leche materna el ácido palmítico se encuentra entre un 20 a 30 % (Innis, 2016) y ejerce múltiples funciones biológicas a nivel tisular y celular (Carta *et al.*, 2017).

Conclusiones

La selección de los genotipos con mayor índice de extracto etéreo y rendimiento en semilla permitió identificar materiales promisorios para su cultivo y comercialización. Se evidenció que los genotipos evaluados presentaron un alto contenido de ácidos grasos insaturados, particularmente el ácido oleico (C18:1) y el ácido linoleico (C18:2) en el aceite de semillas de *Cucurbita argyrosperma* sp. *sororia*, lo que representa aproximadamente el 80 % del total

de los ácidos grasos. Adicionalmente, los aceites extraídos mostraron características fisicoquímicas dentro de los estándares de calidad establecidos, destacándose por su estabilidad oxidativa y bajos índices de acidez y rancidez. Los resultados obtenidos no solo contribuyen al conocimiento de la variabilidad genética en esta especie, sino que también sugieren ser una alternativa viable en la industria agroalimentaria y nutracéutica.

Referencias

- Akil, E.; Castelo-Branco, V. N.; Costa, A. M. M.; Do Amaral Vendramini, A. L.; Calado, V. y Torres, A. G. (2015). Oxidative stability and changes in chemical composition of extra virgin olive oils after short-term deep-frying of french fries. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 92(3), 409-421. <https://doi.org/10.1007/s11746-015-2599-2>
- Al-Turky, H. M.; Alhafez, M. y Ibrahim, B. (2024). The antioxidant capacity of pumpkin seed oil and its impact on the stability of heated sunflower oil. *Results in Chemistry*, 12, 101883. <https://doi.org/10.1016/j.rechem.2024.101883>
- Alviso, D.; Aguerre, H.; Nigro, N. y Artana, G. (2023). Prediction of the physico-chemical properties of vegetable oils using optimal non-linear polynomials. *Fuel*, 350, 128868. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2023.128868>
- Anconi, A. C.; Brito, N. C. y Nunes, C.A. (2022). Determination of peroxide value in edible oils based on Digital Image Colorimetry. *Journal of Food Composition and Analysis*, 113, 104724 <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2022.104724>
- Artica, M. L.; Baquerizo, C. M.; Rosales, P. H. y Rodríguez, P. G. (2021). Ácidos grasos, tocoferoles y fitoesteroides en aceites de semillas de granadilla y zapallo extraído con CO₂ supercrítico. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 87(1), 3-13. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v87i1.317>
- Artica, M. L.; Baquerizo, C. M.; Rosales, P. H. y Rodríguez, P. G. (2023). Características fisicoquímicas y composición de ácidos grasos de aceites de calabaza, zapallo y soya, durante el tratamiento térmico. *Revista Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 21(2), 75-86. <https://doi.org/10.18684/rbsaa.v21.n2.2023.2087>
- Bardaa, S.; Ben, H. N.; Aloui, F.; Ben, M. R.; Jabeur, H.; Bouaziz, M. y Sahnoun, Z. (2016). Oil from pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) seeds: Evaluation of its functional properties on wound healing in rats. *Lipids in Health and Disease*, 15(73). <https://doi.org/10.1186/s12944-016-0237-0>
- Carta, G.; Murru, E.; Banni, S. y Manca, C. (2017). Palmitic acid: Physiological role, metabolism and nutritional implications. *Frontiers in Physiology*, 8, 902. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00902>
- Calugar, L.; Grozea, I. y Butnariu, M. (2024). Vegetable oils in maintaining health. *Journal of Medical and Clinical Nursing Studies*, 2(3), 1-8. <https://doi.org/10.61440/JMCNS.2024.v2.53>
- Esfarjani, F.; Khoshtinat, K.; Zargaraan, A.; Mohammadi-Nasrabadi, F.; Salmani, Y.; Saghafi, Z.; Hosseini, H. y Bahmaei, M. (2019). Evaluating the rancidity and quality of discarded oils in fast food restaurants. *Food Science & Nutrition*, 7(7), 2302-2311. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1072>
- Faillace, E.; Brunini-Bronzini de Caraffa, V.; Mariani, M.; Berti, L.; Maury, J. y Vincenti, S. (2023). Optimizing the First Step of the Biocatalytic Process for Green Leaf Volatiles Production: Lipase-Catalyzed Hydrolysis of Three Vegetable

- Oils. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(15), 12274. <https://doi.org/10.3390/ijms241512274>
- Flores, M.; Avendaño, V.; Bravo, J.; Valdés, C; Forero-Doria, O.; Quitral, V.; Vilcanqui, Y. y Ortiz-Viedma, J. (2021). Edible oil parameters during deterioration processes. *International Journal of Food Science*, 1, 7105170. <https://doi.org/10.1155/2021/7105170>
- Gohari-Ardabili, A.; Farhoosh, R. y Haddad-Khodaparast, M.H. (2011). Chemical composition and physicochemical properties of pumpkin seeds (*Cucurbita pepo* subsp. *pepo* Var. *Styriaca*) grown in Iran. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 13(7), 1053-1063. <http://jast.modares.ac.ir/article-23-9897-en.html>
- Guye, M. y Dabaro, M. (2021). Chemical separation technology synthesis, characterization and optimization of essential oil from pumpkin seed. *International Journal of Chemical Research*, 7(1).
- Hashempour-Baltork F.; Torbati M.; Azadmard-Damirchi S. y Savage G. (2016). Vegetable oil blending: A review of physicochemical, nutritional and health effects. *Trends in Food Science & Technology*, 57, Part A, 52-58, <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.09.007>
- Hernández, M. L.; Sicardo, M. D.; Belaj, A. y Martínez-Rivas, J. M. (2021). The oleic/linoleic acid ratio in olive (*Olea europaea* L.) fruit mesocarp is mainly controlled by *OeFAD2-2* and *OeFAD2-5* genes together with the different specificity of extraplastidial acyltransferase enzymes. *Frontiers in Plant Science*, 12, 653997. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.653997>
- Innis, S.M. (2016). Palmitic acid in early human development. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(12), 1952-1959. <https://doi.org/10.1080/10408398.2015.1018045>
- Kokalj-Ladan, M. y Kočevár-Glavač, N. (2022). Statistical FT-IR spectroscopy for the characterization of 17 vegetable oils. *Molecules*, 27(10), 3190. <https://doi.org/10.3390/molecules27103190>
- Kozłowska, M.; Ziarno, M.; Zawada, K.; Kowalska, H.; Derewiaka, D.; Chobot, M. y Ścibisz, I. (2025). Evaluation of some quality parameters of pumpkin seeds and oil after roasting with marjoram. *Foods*, 14(2), 172. <https://doi.org/10.3390/foods14020172>
- León, L.; Casanova D. y González, J. (2021). Estabilidad de la calidad sensorial de aceites de oliva *Olea europea* (Oleaceae) extra virgen varietal y mono varietal. *Arnaldia*, 28(3), 613-624. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2413-32992021000300613
- Mercola, J. y D'Adamo, C.R. (2023). Linoleic acid: A narrative review of the effects of increased intake in the standard American diet and associations with chronic disease. *Nutrients*, 15(14), 3129. <https://doi.org/10.3390/nu15143129>
- Mohammed, A.; Abdulrasak, M. A.; Musa, A. L.; Liman, J. H. y Nweke, A. (2024). Physicochemical properties of oil extracted from pumpkin (*Cucurbita pepo*) seeds. *Lafia Journal of Scientific and Industrial Research*, 2(1), 5-9. <https://doi.org/10.62050/ljsir2024.v2n1.276>
- Ogbete, E. C.; Udeogu, E. y Ofoeze, M. A. (2025). Production and evaluation of storage stability of Nigerian pumpkin (*Cucurbita pepo*) seed oil. *Journal of Applied Agricultural Research*, 12(1), 131-140. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.5036238>
- Oginni, A.; Adewuyi, A. y Oderinde, R. (2024). Physicochemical properties of the seed oil of *Khaya senegalensis*. *Food and Nutrition Sciences*, 15(3), 171-178. <https://doi.org/10.4236/fns.2024.153010>
- Ordóñez, N. G. A.; Ortiz, G. S.; Valdés, R. M. P. y Vallejo, C. F. A. (2014). Selección de introducciones de *Cucurbita* por contenido de aceite en semillas. *Acta Agronómica*, 63(2), 175-180. <https://doi.org/10.15446/acag.v63n2.40026>
- Ortiz, S.; Pasos, L. S.; Rivas, A. X.; Valdés, R. M. P. y Vallejo, C. F. A. (2009). Extracción y caracterización de aceite de semillas de zapallo. *Acta Agronómica*, 58(3), 145-151. https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/11508
- Ortiz, S. y Valdés, R. M. P. (2019). Selecting (*Cucurbita* sp.) introductions by seed nutritional quality and seed meal. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 13(2), 259-268. <https://doi.org/10.17584/rcch.2019v13i2.10244>
- Ortiz, S.; Valdés Restrepo, M. P. y Vallejo Cabrera, F.A. (2020). Efecto de la endocría sobre habilidad combinatoria del rendimiento y calidad en zapallo (*Cucurbita moschata* Duchesne). *Revista U.D.C.A Actualidad y Divulgación Científica*, 23(1), e1176. <http://doi.org/10.31910/rudca.v23.n1.2020.1176>
- Özcan, M. M.; Ghafoor, K.; Juhaimi, F.; Mohamed. I. A. M. y Babiker, E. E. (2019). Effect of cold-press and soxhlet extraction on fatty acids, tocopherols and sterol contents of the *Moringa* seed oils. *South African Journal of Botany*, 124, 333-337. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.05.010>
- Pan, L.; Xu, W.; Gao, Y.; Ouyang, H.; Liu, X.; Wang P.; Yu, X.; Xie, T. y Li S. (2024). Exploring the lipid oxidation mechanisms during pumpkin seed kernels storage based on lipidomics: From phenomena, substances, and metabolic mechanisms. *Food Chemistry*, 455, 139808. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.139808>
- Paucar-Menacho, L.; Salvador-Reyes, R.; Guillén-Sánchez, J.; Caparobles, J. y Moreno-Rojo, C. (2015). Estudio comparativo de las características físico-químicas del aceite de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.), aceite de oliva (*Olea europaea*) y aceite crudo de pescado. *Scientia Agropecuaria*, 6(4), 279-290. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2015.04.05>
- Polyzos, N.; Fernandes, Â.; Calhella, R. C.; Petrović, J.; Soković, M.; Ferreira, I. C. F. R.; Barros, L. y Petropoulos, S. A. (2024). Biochemical composition of pumpkin seeds and seed by-products. *Plants*, 13(17), 2395. <https://doi.org/10.3390/plants13172395>
- Poljšak, N. y Kočevár-Glavač, N. (2022). Vegetable butters and oils as therapeutically and cosmetically active ingredients for dermal use: A review of clinical studies. *Frontiers in Pharmacology*, 13, 868461. <https://doi.org/10.3389/fphar.2022.868461>
- Prommaban, A.; Kuanchoom, R.; Seepuan, N. y Chaiyana, W. (2021). Evaluation of fatty acid compositions, antioxidant, and pharmacological activities of pumpkin (*Cucurbita moschata*) seed oil from aqueous enzymatic extraction. *Plants*, 10(8), 1582. <https://doi.org/10.3390/plants10081582>
- Ramroudi, F.; Yasini Ardakani, S. A.; Dehghani-Tafti, A. y Khalili Sadrabad, E. (2022). Investigation of the physicochemical properties of vegetable oils blended with sesame oil and their oxidative stability during frying. *International Journal of Food Science*, 3165512. <https://doi.org/10.1155/2022/3165512>
- Rodríguez-Restrepo, R. A.; Valdés-Restrepo, M. P.; Ortiz-López, J. J. y Ortiz-Grisales, S. (2023). Carotenogénesis y pigmentos en *Cucurbita* spp. *Revista U.D.C.A Actualidad y Divulgación Científica*, 26(1), e2218. <http://doi.org/10.31910/rudca.v26.n1.2023.2218>
- Rodríguez, R. R. A.; Tafur, H. H.; Ortiz, G. S. y Valdés, R. M. P. (2024). Efecto del régimen de humedad del suelo sobre la producción y calidad del zapallo *Cucurbita moschata* Duchesne.

- Revista U.D.C.A Actualidad y Divulgación Científica 27(2), e2477. <http://doi.org/10.31910/rudca.v27.n2.2024.2477>
- Singh, A. y Kumar, V. (2023). Phyto-chemical and bioactive compounds of pumpkin seed oil as affected by different extraction methods. *Food Chemistry Advances*, 2, 100211. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100211>
- Sun, Y.; Neelakantan, N.; Wu, Y.; Lote-Oke, R.; Pan, A. y Van Dam, R. M. (2015). Palm oil consumption increases LDL cholesterol compared with vegetable oils low in saturated fat in a meta-analysis of clinical trials. *The Journal of Nutrition*, 145(7), 1549-1558. <https://doi.org/10.3945/jn.115.210575>
- Tian, M.; Bai, Y.; Tian, H. y Zhao, X. (2023). The chemical composition and health-promoting benefits of vegetable oils. A review. *Molecules*, 28(17), 6393. <https://doi.org/10.3390/molecules28176393>
- Valdés, R. M.; Ortiz, G. S.; Vallejo, C. F. y Baena, G. D. (2013). Phenotypic stability of traits associated with fruit quality in butternut squash (*Cucurbita moschata* Duch.). *Agronomía Colombiana*, 31(2), 147-152. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652013000200002
- Valdés, M. P. (2014). Capítulo 10: Recursos genéticos de zapallo *Cucurbita* sp. (pp. 253-270). En Hidalgo, H. R. y Vallejo, C. F. A. Vallejo (eds.). *Bases para el estudio de recursos genéticos de especies cultivadas*. Editorial Feriva S. A.
- Valdés, M. P.; Ortiz, S. y Vallejo, F. A. (2014). Efectos heteróticos para el carácter extracto etéreo en la semilla de zapallo *Cucurbita moschata* Duch. *Revista U.D.C.A Actualidad y Divulgación Científica*, 17(2), 371-379. <https://doi.org/10.31910/rudca.v17.n2.2014.239>
- Valdés, M. P.; Ortiz Grisales, S. y Vallejo Cabrera, F. A. (2017). Heterosis for ether extract production and its components in seed of *Cucurbita argyrosperma*. *Agronomía Colombiana*, 35(3), 293-300. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v35n3.64253>
- Valdés, M. P.; Ordóñez Narváez, G. y Ortiz Grisales, S. (2024). Extracto etéreo en semillas de zapallo (*Cucurbita moschata* Duchesne) en tres generaciones de endocria. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 15(2), 113-129. <https://doi.org/10.22490/21456453.6908>
- Voon, P. T.; Ng, C. M.; Ng, Y. T.; Wong, Y. J.; Yap, S. Y.; Leong, S. L.; Yong, X. S. y Lee, S. W. H. (2024). Health effects of various edible vegetable oil: An umbrella review. *Advances in Nutrition*, 15(9), 100276. <https://doi.org/10.1016/j.advnut.2024.100276>
- Yao, Y. y Xu, B. (2021). New insights into chemical compositions and health promoting effects of edible oils from new resources. *Food Chemistry*, 364, 130363. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130363>
- Yara-Varón, E.; Li, Y.; Balcells, M.; Canela-Garayoa, R.; Fabiano-Tixier, A. S. y Chemat, F. (2017). Vegetable oils as alternative solvents for green oleo-extraction, purification and formulation of food and natural products. *Molecules*, 22(9), 1474. <https://doi.org/10.3390/molecules22091474>
- Zhang, M.; Wang, O.; Cai, S.; Zhao, L. y Zhao, L. (2023). Composition, functional properties, health benefits and applications of oilseed proteins: A systematic review. *Food Research International*, 171, 113061. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113061>