

ÁCIDOS GRASOS, TOCOFEROLES Y FITOESTEROLES EN ACEITES DE SEMILLAS DE GRANADILLA Y ZAPALLO EXTRAÍDO CON CO₂ SUPERCRÍTICO

Luis Artica Mallqui^a, Mery Baquerizo Canchumanya^a, Hermes Rosales Papa^a,
Gilbert Rodríguez Paucar^b

RESUMEN

En la presente investigación se determinó las características fisicoquímicas, composición de ácidos grasos, tocoferoles y fitoesteroles del aceite obtenido de semillas de granadilla y zapallo mediante la tecnología del CO₂ supercrítico. Se obtuvieron los frutos de granadilla (*Passiflora ligularis* Juss) y zapallo (*Cucurbita maxima*) y se extrajeron las semillas, luego deshidratadas a 60°C x 24 horas y posterior molienda para la obtención del aceite en extractor de fluido supercrítico bajo las condiciones de 350 bar y 50°C y flujo de CO₂ de 3 mL/min. Se analizaron la composición de ácidos grasos, en la fracción saponificable de los aceites, se encontró ácido araquidónico y oleico y 82,37 % de ácidos grasos insaturados en semilla de granadilla y ácido oleico, araquidónico y linoleico y 76,01 % de ácidos grasos insaturados en semilla de zapallo y en la fracción insaponificable presentó α -Tocoferol de 17,85 μ g/g en granadilla y 33,67 μ g/g en zapallo y en la composición de fitoesteroles se encontró β -sitosterol 13,56 mg/100g en granadilla y 19,50 mg/100g en zapallo. Estos aceites obtenidos presentan características fisicoquímicas de aceites comestibles y presentan alto porcentaje de ácidos grasos insaturados, por lo que pueden ser aprovechados en formulaciones en la industria alimentaria y farmacéutica.

Palabras clave: *Passiflora ligularis* Juss, *Cucurbita maxima*, β -sitosterol, características fisicoquímicas.

a Facultad de Industrias Alimentarias, Universidad Nacional del Centro del Perú Av. Mariscal Castilla 3909, El tambo-Huancayo-Perú. lartica@uncp.edu.pe

b Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Santa

FATTY ACIDS, TOCOPHEROLS AND PHYTOSTEROLS IN POMEGRANATE AND PUMPKIN SEED OILS EXTRACTED WITH SUPERCRITICAL CO₂

ABSTRACT

In the present investigation, the physicochemical characteristics, composition of fatty acids, tocopherols and phytosterols of the oil obtained from granadilla and pumpkin seeds were determined using supercritical CO₂ technology. The fruits of granadilla (*Passiflora ligularis* Juss) and pumpkin (*Cucurbita maxima*) were obtained and the seeds were extracted, then dehydrated at 60 ° C x 24 hours and subsequent grinding to obtain the oil in a supercritical fluid extractor under the conditions of 350 bar and 50 ° C and CO₂ flow of 3mL / min. The composition of fatty acids were analyzed, in the saponifiable fraction of the oils, arachidonic and oleic acid and 82.37 % of unsaturated fatty acids in granadilla seed and oleic, Arachidonic and linoleic acid and 76.01 % of fatty acids were found unsaturated in pumpkin seed and in the unsaponifiable fraction presented α -Tocopherol of 17.85 μ g / g in passion fruit and 33.67 μ g / g in pumpkin and in the composition of phytosterols, β -sitosterol 13.56 mg / 100g was found in granadilla and 19.50 mg/100g in pumpkin. These oils obtained have physicochemical characteristics of edible oils and have a high percentage of unsaturated fatty acids, so they can be used in formulations in the food and pharmaceutical industry.

Key words: *Passiflora ligularis* Juss, *Cucurbita maxima*, β -sitosterol, physicochemical characteristics.

INTRODUCCIÓN

La extracción de fluidos supercríticos (SFE) es una tecnología ecológica, el uso de CO₂ supercrítico (SC- CO₂) es el más ampliamente utilizado debido a que no es tóxico, no inflamable, no corrosivo y fácil de manipular, lo que permite operación a bajas presiones supercríticas y cerca de la temperatura ambiente. El CO₂ supercrítico (SC- CO₂) es barato y está fácilmente disponible en cantidades a granel con un alto grado de pureza, asegurando una alteración mínima de los compuestos bioactivos y para preservar sus propiedades curativas o funcionales, posee la capacidad de solubilizar sustancias lipofílicas y puede ser fácilmente eliminado de los productos finales. Es una técnica respetuosa con el medio ambiente y generalmente reconocida como segura "GRAS"^{1,2,3}.

Se realizaron investigaciones sobre la extracción de aceite de semillas de sésamo utilizando CO₂ supercrítico; los parámetros de la presión, temperatura, caudal del CO₂ supercrítico y tamaño de partículas sobre el rendimiento de extracción, un aumento de la presión y el caudal de CO₂ supercrítico mejoró el rendimiento de extracción y también acortó el tiempo de extracción, el rendimiento de extracción aumentó a medida que el tamaño de partícula

disminuyó dependiendo de la disminución de la resistencia a la difusión intrapartícula, el máximo rendimiento de extracción obtenido fue de aproximadamente el 85 % a condiciones de presión de 350 bar, 2 ml de CO₂ / min, 300–600 μm de tamaño de partícula⁴.

En otro estudio similar se obtuvo aceite de semilla de *Cucurbita maxima* empleando el proceso de extracción con CO₂ supercrítico, logrando un rendimiento de 31,5 % a las condiciones de 120 minutos, 65°C, 29,630 KPa⁵. Asimismo, se obtuvo aceite de semillas de maracuyá, lulo y mora, mediante una extracción con fluidos supercríticos utilizando como solvente al CO₂, se realizó a diferentes condiciones de presión y temperatura obteniéndose los mejores rendimientos en maracuyá 15,7 %, mora 14,5 % y lulo 12,3 %, a una presión de 350 bar y de temperatura de 60°C, en los tres aceites se encontraron los ácidos grasos linoleico, linolénico, oleico, palmítico, palmitoleico y esteárico, también encontraron el β-sitosterol, escualeno en maracuyá, γ-sitosterol en lulo y γ-tocoferol en mora. Las caracterizaciones fisicoquímicas presentaron valores dentro de los estándares de calidad que requieren los aceites para consumo⁶.

También hay otros estudios de la obtención de aceite de granadilla por métodos de solventes y extracción por presión obteniendo el rendimiento de 23,48 % y 18,58 % respectivamente⁷. Se reportaron otros métodos como la extracción acuosa asistida por surfactante (SAAE) para extraer el aceite de semillas de maracuyá a temperatura ambiente (25°C), se logró una extracción de (80,%) se encontró que el aceite contenía fenoles (26,3 mg GAE / g), escualeno (0,65 mg / g), β-sitosterol (0,58 mg / g) y vitamina E (0,1 mg / g). Los principales ácidos grasos libres presentes fueron linoleicos (65,72%), oleico (17,9%) y palmítico (11,41%)⁸.

Por otro lado, se realizaron estudios del aceite de semilla de *Cucurbita pepo* L. donde evaluaron sus propiedades funcionales sobre la cicatrización de heridas en ratas, reportaron resultados favorables, logrando una cicatrización eficiente de la herida, además la evaluación morfo métrica y los hallazgos histológicos revelaron biopsias curadas del grupo tratado con aceite de *Cucurbita pepo* L, a diferencia del grupo no tratado, por lo que se atribuye a este aceite propiedades de un fármaco prometedor para curar heridas debido a su excelente calidad de aceite, por su alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados (ácido linoleico: 50,88 ± 0,106 g / 100 g de ácidos grasos totales), tocoferoles (280 ppm) y esteroides (2086,5 ± 19,092 ppm), por lo que recomiendan su utilización en la nutrición y para fines medicinales⁹, igualmente pueden ser empleadas las semillas de *Cucurbita maxima*, debido a su contenido alto de ácidos grasos insaturados¹⁰. También en otros aceites de semillas como *Persea americana* mostró una actividad antioxidante promisorio, que puede ser empleado para propósitos nutricionales e industriales y debido a sus componentes bioactivos pueden ser usados en formulaciones farmacéuticas¹¹.

En esta investigación el objetivo es obtener aceite de la semilla de granadilla (*Passiflora ligularis*) y zapallo (*Cucurbita maxima*) a través del empleo de CO₂ supercrítico y su análisis de ácidos grasos, tocoferoles y fitoesteroles, para su aplicación en la alimentación humana.

PARTE EXPERIMENTAL

Preparación de los subproductos de la granadilla y zapallo

Los frutos de la granadilla y zapallo se sometieron a un lavado, desinfectado, y se pelaron y se separaron, la cáscara, pulpa y semilla. La semilla se lavó, oreó y ambas se sometieron a deshidratado 60°C x 24 horas y empacadas en papel kraft, la molienda de ambas muestras en un molino de laboratorio (BOSCH-Type KM13, Germany), tamizado con tamiz N° 70 (212 µm), donde se obtuvieron harinas de semillas, envasadas y almacenadas.

Análisis químico

El análisis químico proximal de las semillas secas de granadilla y zapallo se realizaron según las técnicas de la AOAC, (1998)¹², donde se determinaron:

- Humedad. Contenido de agua en las semillas por el método de secado a una temperatura de 65°C basado en el análisis de Weende (AOAC 977.11)
- Cenizas. Por el método de incineración en el horno mufla donde se produce la ignición de la materia orgánica y quedando como residuo la materia inorgánica (AOAC 942.05)
- Grasa total. Por el método Soxhlet, donde se determinó el porcentaje de grasa total en la semilla (AOAC 920.39).
- Proteína total. Por el método químico de Kjeldahl (%proteína = %N2 x 6,25) por digestión ácida y alcalinización donde se libera el amoníaco por destilación y posterior titulación (AOAC 955.04).
- Fibra cruda. Por digestión con ácido sulfúrico y con hidróxido de sodio con el fin de eliminar las proteínas, carbohidratos solubles, residuos de grasas y vitaminas (AOAC 962.09).
- Extracto libre de nitrogenado. Se calcula por diferencia aritmética después de sumar los contenidos de humedad, cenizas, grasa, proteínas, fibra cruda y se resta de 100.

Extracción con CO₂ supercrítico de aceites de semillas

La extracción de aceite de semilla de granadilla y zapallo se llevó a cabo utilizando un sistema de extracción de CO₂ supercrítico, en el equipo extractor supercrítico WATERS Modelo S.N. 4373385-USA incorporada con una bomba P-50. Para cada ensayo de extracción, se pesó 50 g de semillas secas en forma de harina con un tamaño de partícula de 212 µm y se colocó en la columna de extracción. El extracto se recogió en viales de recolección y se cerró herméticamente previo burbujeo de nitrógeno. Los parámetros de extracción fueron: 350 bar de presión, 50°C de temperatura y 3mL/min de caudal de CO₂ supercrítico¹³.

Análisis de composición de ácidos grasos

La determinación de la composición de ácidos grasos del aceite de semilla de zapallo se llevó a cabo utilizando el cromatógrafo de gas con detector de Ionización de llama Clarus 690 – Perkin Elmer y una columna analítica HP-5MS (30 mx 0,25 mm). Se utilizó software Totalchron Workstation como sistema de análisis de datos, del cromatógrafo de gases, luego elevado a 210°C a 45°C / min. el volumen de inyección fue 1 µL usando helio como gas portador¹⁴.

Análisis de las características físicas y fisicoquímicas

Los índices de refracción, acidez, yodo, peróxidos, saponificación y densidad, se determinaron en base a los métodos recomendados por la AOAC (1998)¹²

Análisis de tocoferoles

La cuantificación se llevó a cabo en base a la metodología recomendada por Amaral *et al.*¹⁵. El tamaño de muestra fue de 300 mg, al cual se adicionó 75 µl de solución de butilhidroxitolueno (10 mg/ml de hexano). La fase móvil para la separación cromatográfica fue una mezcla de hexano/dioxano (95.5:4.5, v/v). Este método consiste en una extracción simplificada sólido-líquido, el extracto obtenido luego fue inyectado en el UHPLC - Nexera X2 - LC 30AD-Shimadzu - Japón para su cuantificación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Composición química de las semillas de granadilla y zapallo

La composición química de la semilla de la granadilla (*Passiflora ligularis* Juss) evaluada presenta alto contenido de grasa (28,81 %) y proteína (18,59 %) (tabla 1), estos valores son similares a los encontrados para maracuyá (*Passiflora edulis*), grasa (27,6 %) y proteína (15,2 %), reportados por Pantoja *et al.*⁶, en cuanto al contenido proteico fue mayor comparado con 13,65 % reportado por Torres⁷, que investigó en semilla de granadilla procedente de Cajamarca-Perú. Para la semilla de zapallo se encontró un alto contenido de proteína (38,35 %) y grasa (24,47 %) encontrándose valores diferentes a los reportados por Rezig *et al.*¹⁶, para *Cucurbita maxima* producida en Tunisia, encontraron proteína (33,92 %) y grasa (31,57 %), pero sí se encontró similitud a los reportados por Raczyc *et al.*¹⁷, para la *Cucurbita pepo*, grasa (34,35 %) y proteína (22,13 %), estas diferencias evidentemente es debido al lugar de procedencia de las cucurbitáceas y estos resultados nos refieren que debido a su alto contenido de extracto etéreo de las muestras de semillas pueden ser una fuente promisoría de aceite.

Tabla 1. Composición química proximal de semilla granadilla y zapallo (g/100 g).

Componentes	Semilla de granadilla	Semilla de zapallo
g/100g		
Humedad	6,09 ± 0,09	7,20 ± 0,11
Proteínas	18,59 ± 0,73	38,35 ± 0,33
Grasa	28,81 ± 0,49	24,47 ± 0,36
Fibra	2,45 ± 0,1	12,56 ± 0,21
Cenizas	2,49 ± 0,14	4,95 ± 0,08
ELN	41,58 ± 1,04	12,47 ± 0,90

Resultados promedio ± SD (n=3).

Características fisicoquímicas

En la tabla 2 se observan los valores de las características fisicoquímicas de los aceites de semilla de granadilla y zapallo, presentan un índice de refracción (IR) de 1,461 y 1,463 y densidad relativa de 0,92 y 0,93 respectivamente, estos valores son similares a los reportados por Rezig *et al.*¹⁶, que reportaron en aceite de semilla de *Cucurbita maxima* un IR de 1,46 y densidad relativa de 0,91, mientras que en otra investigación realizada por Uba y Muhammad¹⁴ encontraron valores menores para aceite de semilla de zapallo un IR de 1,120 y densidad relativa 0,892, estas diferencias podrían deber su naturaleza fisicoquímica debido a su lugar de procedencia y método de extracción, ya que el índice de refracción de los aceites depende de su peso molecular, longitud de la cadena de ácidos grasos y grado de insaturación de cada tipo de aceite¹⁸.

El índice de saponificación en las muestras de aceite de semilla de granadilla 186,09 mg KOH/g y zapallo 174,09 mg KOH/g (tabla 2), estos valores son similares a los hallados en aceite de semilla de *Cucurbita maxima* por Rezig *et al.*¹⁶ (175 mg KOH/g) y menores a los reportados por Uba Muhammed¹⁴ (260,87 mg de KOH/g) y Mitra *et al.*⁵ (260,87 mg de KOH/g), estos resultados menores se explicarían por su bajo contenido de ácidos grasos saturados, ya que los aceites con altos valores de índice de saponificación presentan alta proporción de grasas saturadas¹⁹. En lo referente al índice de acidez hallado en las muestras de aceite de semilla de granadilla 1,71 mg KOH/g, es un valor similar a lo reportado por Torres⁷ para aceite de semilla de granadilla proveniente de Cajamarca-Perú reporta 1,75 mg KOH/g y en el aceite de semilla de zapallo se encontró el índice de acidez de 1,65 mg KOH/g, este valor es menor a los hallados en aceite de semilla de *Cucurbita maxima* por Mitra *et al.*⁵ (5,57 mg de NaOH/g), por Rezig¹⁶ (7,54 mg de NaOH/g) y Uba y Muhammed¹⁴ (6,92 mg KOH /g). La diferencia encontrada en las investigaciones probablemente se debe a la diferencia de los métodos de extracción. Por otro lado, también estos valores hallados de índice de acidez en la presente investigación, son menores a los máximos permisibles en las normatividades del códex alimentario²⁰, que indica que para aceites vírgenes el índice de acidez debe ser menor a 4,0 mg KOH/g.

El índice de yodo hallado del aceite de semilla de granadilla 142,46 g I₂ /100 g aceite y de zapallo 133,69 g I₂ /100 g aceite (tabla 2), estos valores difieren de los reportados en aceite de semilla de *Cucurbita maxima* por Mitra *et al.*⁵ (115 g I₂ /100 g aceite), por Rezig *et al.*¹⁶ (153,66 g I₂ /100 g aceite) y por Uba y Muhammed¹⁴ (80-100 g I₂ / 100g). Los resultados obtenidos son altos debido a la presencia de ácidos grasos insaturados. El valor de yodo se usa para determinar la insaturación, sin embargo, cuando el valor del índice de yodo es alto, la estabilidad del aceite se reduce porque es más probable que ocurra oxidación¹⁹, por lo que podríamos decir que estos aceites son muy sensibles a la oxidación.

El índice de peróxidos de la muestra de aceite de granadilla presenta 4,12 meq de O₂/kg siendo un valor menor comparado a lo hallado por Torres⁷ de 6,66 meq de O₂/kg extraído por prensado y de 15,37 meq de O₂/kg extraído por solvente. El índice de peróxido de aceite de semilla de zapallo presenta 1,73 meq de O₂/kg estos son valores menores a los reportados en *Cucurbita maxima* por Mitra *et al.*⁵ (3,46 meq de O₂/kg), por Rezig *et al.*¹⁶ (2,33 meq de O₂/kg). Estos

valores de peróxidos hallados para aceite de granadilla y zapallo son menores a los indicados como valor máximo permisible en el códex alimentario²⁰ que indica hasta 15 meq de O₂/kg de aceite para aceites vírgenes. Estos aceites se encuentran aptos para consumo humano.

Los valores de características fisicoquímicas de los aceites evaluados en general presentan diferencias con los resultados de otras investigaciones, esto probablemente es debido al lugar de cultivo de las muestras de zapallo, asimismo al método de extracción o también debido al tiempo de almacenamiento²¹.

Tabla 2. Características fisicoquímicas del aceite de semilla de granadilla y zapallo (g/100 g) obtenido por CO₂ supercrítico.

Componentes g/100g	Semilla de granadilla	Semilla de zapallo
Índice de refracción (40°C)	1,461 ± 0,01	1,463 ± 0,01
Densidad relativa a 20°C	0,92 ± 0,02	0,93 ± 0,08
Índice de saponificación (mgKOH/g de aceite)	186,09 ± 1,62	174,09 ± 1,54
Índice de yodo (g I ₂ /100 g aceite)	142,46 ± 0,89	133,69 ± 1,55
Índice de peróxido (meq O ₂ / kg de aceite)	4,12 ± 0,15	1,73 ± 0,06
Índice de acidez (mg KOH/g de aceite)	1,71 ± 0,06	1,65 ± 0,45

Resultados promedio ± SD (n=3).

Composición de ácidos grasos

El aceite de semillas de granadillas (tabla 3) presenta valor alto de ácidos grasos insaturados de 82,37 %, siendo mayor el ácido araquidónico 74,22 %, luego cantidades menores de ácido oleico, palmítico y esteárico y una cantidad menor de linoléico, estos resultados son similares a los reportados por Torres⁷, que encontró en el aceite de semilla de granadilla extraído por prensado 85,72 % de ácido araquidónico, 12,41 % de ácido oleico y 1,88 % de ácido esteárico y la diferencia es que no encontró ácido palmítico.

En lo que respecta al aceite de semilla de zapallo presenta un valor alto de ácidos grasos insaturados de 76,01 %, siendo el más alto el ácido linoleico 44,32 %, ácido oleico 31,23 %, en menor cantidad el ácido palmítico, ácido esteárico y mínima cantidad de ácido linoléico y mirístico, estos resultados son similares a los encontrados por Mitra *et al.*⁵, en aceite de semilla de *Cucurbita maxima* extraído por fluidos supercríticos con CO₂ que encontraron ácido linoleico 45,5 %, oleico 29,5 % y en menor cantidad el palmítico y esteárico, estas semejanzas es debido al método aplicado, que es similar a lo aplicado en la presente investigación, ya que en otras investigaciones en aceite de *Cucurbita maxima* extraídos por otros métodos se encontraron diferencias. Rezig *et al.*¹⁶ obtuvieron el aceite mediante extracción por presión y reportaron como mayor componente el ácido oleico 44,11 %, linoleico 34,77 %, araquidónico 0,41 % y en otra investigación de extracción del aceite por solvente eter, Uba y Muhammad¹⁴, encontraron en mayor cantidad el ácido linoleico 53,42 %, linoléico 20,92 %, palmítico 17,53 % y ácido esteárico 8,13 %. Estas diferencias encontradas en el aceite de semilla de zapallo probablemente se deben a la diferencia de la zona de cultivo²¹ y métodos aplicados para la extracción. También se observó la relación de

ácidos grasos insaturados / ácidos grasos saturados, para aceite de semilla de granadilla y zapallo 4,73 y 3,19, respectivamente, estos valores nos indican su alto contenido de ácidos grasos insaturados en relación a los ácidos grasos saturados, por lo que estos aceites serían recomendables para ser considerados en consumo humano.

Tabla 3. Composición de ácidos grasos del aceite de semilla de granadilla y zapallo (g/100 g) obtenido por CO₂ supercrítico.

Componentes g/100g	Semilla de granadilla	Semilla de zapallo
Ácido mirístico (C14:0)	-	0,13 ± 0,06
Ácido palmítico (C16:0)	7,24 ± 0,10	12,53 ± 0,40
Ácido estearico (C18:0)	1,82 ± 0,07	7,60 ± 0,33
Ácido oleico (C18:1) (ω-9)	7,32 ± 0,14	31,23 ± 1,27
Ácido araquidónico (C:20:4)	74,22 ± 1,93	-
Ácido linoleico (C18:2) (ω-6)	-	44,32 ± 0,92
Ácido α-linolénico (C18:3) (ω-3)	0,83 ± 0,05	0,46 ± 0,01
Ácidos grasos saturados	17,63 ± 2,09	23,99 ± 2,04
Ácidos grasos insaturados	82,37 ± 2,09	76,01 ± 2,04
AGI/AGS	4,73 ± 0,71	3,19 ± 0,36
C:18:1 / C18:2	-	0,71 ± 0,02

Resultados promedio ± SD (n=3). AGI: Ácidos grasos insaturados, AGS: Ácidos grasos saturados

Composición de tocoferoles y fitoesteroles

En la tabla 4, se observa los resultados de α-Tocoferol de aceite de semilla de granadilla y zapallo 17,85 μg/g y 33,67 μg/g, respectivamente, el proveniente de semilla de granadilla presenta menor contenido que el proveniente de semilla de zapallo, sin embargo este último se encuentra dentro del rango reportado por Stevenson *et al.*²¹, indican un contenido de tocoferoles en el aceite de semillas de zapallo (*Cucurbita maxima*) de 27,1 a 75,1 μg/g de α-tocoferol. La presencia de tocoferoles es importante porque está relacionado con la conservación del aceite, al respecto, Wang²², menciona que la autooxidación del aceite deteriora la calidad del mismo y este tipo de deterioro puede ser disminuido por los tocoferoles debido a su capacidad de controlar la oxidación del aceite. Además, es importante porque los tocoferoles son ingredientes no glicéridos y son considerados antioxidantes lipolíticos naturales, se sugiere que estos bloquean las reacciones de conversión de radicales lipolíticos²³, debido a ello se asocian con la prevención de enfermedades como Alzheimer y cancerosas²⁴.

También se encontró β-sitosterol en granadilla y zapallo 13,56 mg/100g y 19,50 mg/100g, respectivamente, los valores son superiores a lo reportado por Surlehan⁸ en aceite de semilla de maracuyá 0,582 mg/g de β-sitosterol y son inferiores a los reportados por Ryan²⁵, que indican que en la composición de los fitoesteroles en semilla de zapallo se encuentran de 24,9 mg/100g de β-sitosterol y de 8,4 mg/100g de estigmaesterol, respectivamente. Estos fitoesteroles son importantes porque se relacionan con la disminución del colesterol y efectos fisiológicos en la salud humana²¹, además son componentes valorables en la industria

cosmética, debido a que ayuda a curar la piel dañada de manera efectiva, debido a que tiene una estructura similar al colesterol²⁶. También ayuda a controlar enfermedades de la piel como eczema y sarna⁸. Los aceites obtenidos de semilla de granadilla y zapallo presentan componentes bioactivos, por lo que se sugiere que pueden ser empleados en la industria alimentaria y farmacéutica.

Tabla 4. Composición de tocoferoles y fitoesteroles del aceite de semilla de granadilla y zapallo obtenido por CO₂ supercrítico.

Componentes	Semilla de granadilla	Semilla de zapallo
α -Tocoferol ($\mu\text{g/g}$)	17,85 \pm 1,37	33,67 \pm 3,85
β -sitosterol (mg/100g)	13,56 \pm 2,38	19,50 \pm 2,47

Resultados promedio \pm SD (n=3).

CONCLUSIONES

El aceite de las semilla de granadilla y zapallo, obtenido por CO₂ supercrítico, presentan características fisicoquímicas que se encuentran dentro de los valores aceptables de aceites comestibles y presentan alto contenido de ácidos grasos insaturados en aceite de semilla de granadilla (82,37 %) y aceite de semilla de zapallo (76,01 %), siendo el ácido graso insaturado más abundante en la semilla de granadilla el ácido araquidónico (74,22 %), y en la semilla de zapallo el ácido linoleico (44,3 %). Además, contienen componentes bioactivos α -tocoferol y β -sitosterol. Estos aceites obtenidos son buenas fuentes de aceites comestibles para uso en la dieta alimenticia, debido a su alto contenidos de ácidos grasos insaturados y contenido de α -tocoferol como antioxidante natural, que pueden ser empleados como ingredientes industriales en la producción de cosméticos y complementos alimenticios.

AGRADECIMIENTO

A los Especialistas y Tesistas de Pregrado y personal técnico del Laboratorio de Control de Calidad y Evaluación Nutricional de Alimentos de la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional del Centro del Perú, por el apoyo brindado para la ejecución del trabajo de investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ahmad T, Masoodi F, Rather S, Wani S, Gull A. Supercritical Fluid Extraction: A Review. *J Biol Chem Chron.* 2019; 5(1): 114 - 122.
2. Vigano J, Machado A, Martínez J. Sub and supercritical fluid technology applied to food waste processing. *J Supercrit Fluids.* 2014; 96: 272 - 286.

3. Jimenez-Sanchez C, Lozano-Sanchez A, Fernandez-Gutierrez A. Alternatives to conventional thermal treatments in fruit-juice processing. Part 1: Techniques and applications. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2017; 57: 501 - 523.
4. Doker O, Uğur Salgin U, Nuray Yildiz, Mihrican Aydogmus, Ayla Calimli. Extraction of sesame seed oil using supercritical CO₂ and mathematical modeling. *J Food Eng.* 2010; 97: 360 – 366.
5. Mitra P, Ramaswamy H, Chang K. Pumpkin (*Cucurbita maxima*) seed oil extraction using supercritical carbon dioxide and physicochemical properties of the oil. *J Food Eng.* 2009; 95: 208 – 213.
6. Pantoja A. Extracción de aceites con fluidos supercríticos a partir de semillas de frutas con potencialidad en la industria cosmética. [Tesis de postgrado]. Palmira, Colombia: Universidad Nacional de Colombia; 2016.
7. Torres MA. Extracción de aceite a partir de semilla de granadilla (*Passiflora ligularis*) por prensado en frío y solvente orgánico. [Tesis de pregrado]. Pimentel, Perú: Universidad Señor de Sipán, Perú; 2018.
8. Surlehan H, Noor Azman N, Zakaria R, Mohd Amin NA. Extraction of oil from passion fruit seeds using surfactant-assisted aqueous extraction. *Food Res.* 2019; 3 (4): 348 – 356.
9. Bardaa S, Ben Halima N, Aloui F, Ben Mansour R, Jabeur H, Bouaziz M, Sahnoun Z. Oil from pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) seeds: evaluation of its functional properties on wound healing in rats. *Lipids Health Dis.* 2016; 15 (73): 1-12.
10. Lemus-Mondaca R, Marín J, Rivas J, Sanhueza L, Soto Y, Puente-Díaz L. Semillas de calabaza (*Cucurbita máxima*). Una revisión de sus propiedades funcionales y sub-productos. *Rev Chil Nutr.* 2019; 46(6): 783 - 791.
11. Adaramola B, Onigbinde A, Shokunbi O. Physiochemical properties and antioxidant potential of *Persea americana* seed oil. *Chem Int.* 2016; 2(3): 168 - 175.
12. AOAC International. *Official Methods of Analysis.* 16 ed. Gaithersburg, MD (Estados Unidos): AOAC International; 1999.
13. Duba K, y Fiori L. Supercritical CO₂ extraction of grape seed oil: Effect of process parameters on the extraction kinetics. *Supercrit Fluids.* 2015; 98: 33 - 43.
14. Uba B, Muhammad C. Determination of Fatty Acid Composition and Physicochemical Properties of *Cucurbita Maxima* (Pumpkin) Seed Oil cultivated in northeast Nigeria. *East African Scholars Multidiscip Bull.* 2019; 2(7): 231 - 234.
15. Amaral J, Casal S, Torres D, Seabra R, Oliveira B. Simultaneous determination of tocopherols and tocotrienols in hazelnuts by a normal phase liquid chromatographic method. *Anal Sci.* 2005; 21: 1545 - 1548.
16. Rezig L, Chouaibi M, Msaada K, Hamdi S. Chemical composition and profile characterisation of pumpkin (*Cucurbita maxima*) seed oil. *Ind Crop Prod.* 2012; 37: 82 – 87.
17. Raczyk M, Siger A, Radziejewska-Kubzdela E, Ratusz K, Rudzińska M. Roasting pumpkin seeds and changes in the composition and oxidative stability of cold-pressed oils. *Acta Sci Pol Technol Aliment.* 2017; 16(3): 293 – 301.

18. Nichols DS, Sanderson K. The nomenclature, structure and properties of food lipids. In: Sikorski ZE, Kolakowska A (Eds). Chemical and Functional Properties of Food Lipids. Boca Raton, Florida: CRC Press; 2003. p. 29 - 59.
19. Anne MN, Yolande D, Siaka BJ, Parfait E, Soumaila D, Edmond A. Fatty Acid Composition and Physicochemical Properties of Four Varieties of *Citrullus lanatus* Seed Oils Cultivated in Côte d'Ivoire. *Br Biotech J*. 2015; 5(3): 140 - 147.
20. Codex Alimentarius. CODEX STAN 19-1981. Norma para grasas y aceites comestibles no regulados por normas individuales. Normas Internacionales de los alimentos. Adoptado en 1981. Revisión: 1987 y 1999. Enmienda: 2009, 2013 y 2015.
21. Stevenson D, Eller F, Wang L, Jane J, Wang T, Inglett G. Oil and Tocopherol Content and Composition of Pumpkin Seed Oil in 12 Cultivars. *J Agric Food Chem*. 2007; 55: 4005 - 4013.
22. Wang S, Hwang H, Yoon S, Choe E. Temperature dependence of autoxidation of perilla oil and tocopherol degradation. *J Food Sci*. 2010; 75(6): 498 - 505.
23. Akin G, Arslan FN, Karuk Elmas SN, Yilmaz I. Cold pressed pumpkin seed (*Cucurbita pepo* L.) oils from the central Anatolia region of Turkey: Characterization of phytosterols, squalene, tocopherols, phenolic acids, carotenoids and fatty acid bioactive compounds. *Grasas y Aceites*. 2017; 69 (1): e232.
24. Mariod A, Yousif MA, Matthäus B, Khaleel G, Siddig A, Gabra AM, Siddig IA. A Comparative Study of the Properties of Six Sudanese Cucurbit Seeds and Seed Oils. *J Am Oil Chem Soc*. 2009; 86: 1181 – 1188.
25. Ryan E, Galvin K, O'connor T, Maguire A, O'brien N. Phytosterol, Squalene, Tocopherol Content and Fatty Acid Profile of Selected Seeds, Grains, and Legumes. *Plant Foods Hum Nutr*. 2007; 62: 85-91.
26. Fatima A, Alok S, Agarwal P, Singh PP, Verma A. Benefits of herbal extracts in cosmetics: a review. *Int J Pharm Sci Res*. 2013; 4(10): 3746 -3760.