

**EL POTENCIAL DE LAS SEMILLAS DE CALABAZA (*CUCURBITÁCEAS*) COMO FUENTE DE COMPUESTOS BIOACTIVOS, CON POSIBLE INCORPORACIÓN DE ESTE RESIDUO AGROINDUSTRIAL, COMO INGREDIENTE FUNCIONAL EN LA ELABORACIÓN DE ALIMENTOS.**

**Trabajo de grado para optar por el título de Especialista en Alimentación y Nutrición**

**Sebastián Camilo Ochoa García**

**Asesor  
Dubán Ovidio González Álvarez  
Ingeniero de Alimentos, MSc**

**Unilasallista Corporación Universitaria  
Facultad de Ingenierías  
Especialización en Alimentación y Nutrición  
Caldas-Antioquia  
2023**

## Contenido

Resumen .....	6
Introducción .....	7
Planteamiento del problema .....	12
Justificación .....	15
Objetivos.....	17
General .....	17
Específicos.....	17
Marco teórico .....	18
Cultivo de calabaza .....	18
Subproductos .....	21
La semilla .....	24
Compuesto bioactivo.....	24
Compuestos fenólicos .....	24
Antioxidantes.....	25
Fitoesteroles.....	26
Flavonoides.....	26
Proteínas.....	27
Aminoácidos.....	28
Metodología .....	29
Resultados.....	31
Métodos de extracción de compuestos bioactivos. ....	31
<i>Extracción con fluidos supercríticos</i> .....	31

<i>Extracción asistida por microondas</i> .....	32
<i>Extracción asistida por ultrasonidos</i> .....	32
<i>Extracción con líquidos iónicos</i> .....	32
<i>Extracción con enzimas</i> .....	32
<i>Extracción por prensado en frío</i> .....	32
<i>Extracción con agua subcrítica SWE</i> .....	33
<i>Extracción a alta presión hidrostática (HHPE)</i> .....	33
Productos a base de las semillas de calabaza o sus derivados.....	40
Beneficios para la salud .....	45
Discusión .....	53
Conclusiones .....	57
Referencias.....	58

**Lista de tablas**

<b>Tabla 1.</b> Perfiles de aminoácidos (g/100 g) en semillas de calabaza.....	9.
<b>Tabla 2.</b> Técnicas emergentes para la extracción de compuestos bioactivos.....	34.
<b>Tabla 3.</b> Aplicaciones en alimentos de los derivados de las semillas de calabaza.....	42.
<b>Tabla 4.</b> Beneficios aportados a la salud debido al consumo de semillas de calabaza o sus derivados.....	47.
<b>Tabla 5.</b> Compuestos nutricionales de las semillas de calabaza y sus beneficios para la salud.....	52.

### Lista de ilustraciones

<b>Ilustración</b>	<b>1.</b>	Características	del	fruto	Curcubita	
Pepo.....						18.
<b>Ilustración</b>	<b>2.</b>	Características	del	fruto	Curcubita	
Stilbo.....						18.
<b>Ilustración</b>	<b>3.</b>	Características	del	fruto	Curcubita	
Maxima.....						18.
<b>Ilustración</b>	<b>4.</b>	Características	del	fruto	Curcubita	
Moschata.....						18.
<b>Ilustración</b>	<b>5.</b>	Características	del	fruto	Curcubita	
Ficifolia.....						19.
<b>Ilustración</b>	<b>6.</b>	Principales países productores de cucurbitáceas para el año 2017.....				19.
<b>Ilustración</b>	<b>7.</b>	Estadísticas de producción de calabaza en el territorio Antioqueño.....				20.
<b>Ilustración</b>	<b>8.</b>	Cantidad de calabaza utilizada y cantidad de subproducto generada.....				21.
<b>Ilustración</b>	<b>9.</b>	Código de colores para la disposición de los residuos sólidos generados en la fuente.....				23.

## Resumen

El procesamiento de frutas, hortalizas y cereales en la industria alimentaria constituye un problema serio de residuos en gran parte del mundo; actualmente los procesos agroindustriales intensificados han incrementado la generación de residuos desde la materia prima en la etapa de cultivo hasta la comercialización del producto final. Las semillas son consideradas residuos agroindustriales, una de estas son las semillas de calabaza que son descartadas, desperdiciando su potencial para ser usadas como ingrediente funcional en la preparación de alimentos e impartiendo beneficios para la salud. El objetivo de este trabajo es recopilar información científica existente y descrita por diferentes autores frente al potencial bioactivo de las semillas de calabaza, su posible aplicación como ingrediente funcional en la industria alimentaria y los beneficios aportados a la salud. Se utiliza como metodología la búsqueda de información en fuentes confiables como bases de datos de instituciones de educación superior, en especial la base de datos de la Universidad de Antioquia, haciendo uso de filtros y obteniendo artículos científicos preferiblemente en idioma inglés. Como resultados se evidencia que existen técnicas emergentes que favorecen la obtención de compuestos, el consumo de compuestos bioactivos de semillas de calabaza favorece la salud del consumidor y que pueden ser aplicados en diferentes matrices alimentarias. Se concluye que estas semillas exhiben actividades benéficas, lo que las convierte en un ingrediente funcional para su potencial uso en la industria alimentaria, siendo incluidas en la dieta humana de diferentes formas de consumo.

**Palabras clave:** Semillas, compuestos bioactivos, residuos agroindustriales, alimentos, ingrediente funcional.

## Introducción

Hoy en día, la agricultura es uno de los sectores industriales que mayor cantidad de residuos genera. Cada año se desperdician 1,300 billones de toneladas de alimentos durante su producción, manipulación, almacenamiento, procesamiento, distribución o consumo (Dahiya et al., 2018). Los subproductos del procesamiento de alimentos representan del 25 al 60% del peso de la fruta y estarían compuestos principalmente por piel y menores porcentajes de pulpa y semillas, por tal razón últimamente se ha prestado más atención a la utilización de subproductos y desechos del procesamiento de alimentos, ya que solo una pequeña porción del material vegetal se utiliza directamente para el consumo humano, mientras que la porción restante de este material o parte del mismo puede convertirse en alimentación para animales o abono para los cultivos (Rico et al., 2020).

Existe un gran desafío en la industria alimentaria para minimizar estos desechos que surgen del procesamiento, para tratar y eliminarlos de una manera respetuosa con el medio ambiente. Además, la conversión de estos desechos y subproductos en productos útiles han recibido una mayor atención a los recursos utilizables (Das et al., 2022).

Según Kumla et al. (2020), los desechos agroindustriales son las materias primas ricas en energía más prometedoras que actualmente se exploran como sustrato para la producción de enormes y diversos productos de valor humano.

En los últimos años, las semillas de frutas han recibido un interés creciente debido a las importantes propiedades nutricionales y medicinales de sus componentes bioactivos. Por lo tanto, las semillas de frutas se pueden utilizar para la extracción de aceites vegetales, ya que contienen una gran cantidad de valiosos bio componentes y antioxidantes naturales (Mallek-Ayadi et al., 2018).

Según Kowalska et al., en (2017), uno de los residuos agroindustriales aprovechados en la actualidad son las semillas de calabaza y sus derivados que se han

vuelto más populares en la agricultura, las medicinas y el procesamiento de alimentos debido a sus propiedades nutritivas y beneficiosas para la salud.

Las semillas de calabaza constituyen alrededor del 3,2% al 4% de las frutas enteras y, en su mayoría, estas son desechadas luego del procesamiento de la pulpa. Por lo tanto, se alienta a diferentes sectores a investigar los efectos del procesamiento posterior a la cosecha en dichos subproductos industriales, para evitar la degradación de la calidad de las semillas y reducir las cargas ambientales (Dhurve & Kumar Arora, 2022).

Las semillas de calabaza están repletas de valiosos nutrientes funcionales, si bien los nutrientes de las semillas de calabaza sirven como los principales metabolitos que sustentan la vida, los compuestos funcionales de las semillas desempeñan un papel clave en la prevención de enfermedades y la promoción de la salud en los seres humanos. Los elementos zinc, fósforo, magnesio, potasio y selenio que se encuentran en las semillas de calabaza las convierten en una potencia nutricional y una fuente prometedora contra la prevención de enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT), como la artritis, la inflamación, el cáncer de próstata, etc. Desempeñando un papel importante para ser suministradas como ingredientes en la elaboración de alimentos, ya que poseen un contenido de proteína aproximadamente un 36,5% y alrededor del 54% en las muestras de pepitas de calabaza desgrasadas (Devi et al., 2018).

Según estudios realizados por Dotto & Chacha, (2020), los compuestos bioactivos en las semillas de calabaza exhiben actividades prometedoras como antihelmíntico, antidiabético, antidepresivo, antioxidante, antitumoral y citoprotector. Además, estos bioactivos tienen potencial para mejorar las infecciones microbiológicas, los trastornos hepáticos y prostáticos.

De acuerdo a estudios realizados por Meru et al., (2018), Se informó que el aceite de semilla de calabaza posee un fuerte potencial antioxidante y se ha identificado como un preventivo excepcional contra la hipertensión y las enfermedades cancerígenas, siendo los



principales ácidos grasos en el aceite de semilla de calabaza (PSO) el linoleico, oleico, esteárico y palmítico que cubren más del 95 % de los ácidos grasos totales y alrededor del 75 % de los cuales son ácidos grasos insaturados (UFA).

Otros autores como Yang et al., (2019), han informado en investigaciones anteriores que la estructura de la proteína globulina de la semilla de calabaza es similar a las globulinas de semillas de leguminosas, lo que indica que esta similitud nutricional puede proporcionar una aprobación de la proteína de semilla de calabaza como un ingrediente confiable en la formulación de alimentos nutritivos, mejorando así los efectos dañinos relacionados con la desnutrición proteica que enfrentan las comunidades susceptibles. Además, los aislados de proteína de las semillas de calabaza tienen propiedades antioxidantes y quelantes prometedoras en el mercado de la industria alimentaria.

Los aminoácidos juegan un papel importante como unidades de construcción de proteínas y como intermediarios en el metabolismo. El suministro dietético de aminoácidos esenciales en cantidad y calidad adecuadas es igualmente importante para las funciones fisiológicas del cuerpo humano. Todas las semillas oleaginosas de la familia *Cucurbitaceae* son una fuente rica en algunos aminoácidos esenciales y dan digestibilidad a las proteínas entre los cuales encontramos los siguientes:

**Tabla 1.** Perfiles de aminoácidos (g/100 g) en semillas de calabaza.

Aminoácidos	Valor nutricional (en g/100 g)	Referencia
Alanina	0,74-6,9	(Dotto & Chacha, 2020)
Arginina	1.70 — 23.10	
Ácido aspártico	2,05 — 2,70	
Cistina	0,40 - 6,40	
Ácido glutámico	3,50 - 3,73	
Glicina	1,50 - 6,80	
Histidina	0,80 — 3,00	
Isoleucina	0,81 - 4,90	
Leucina	2.30 — 12.20	
Lisina	1.50 — 4.00	
Metionina	0,30 - 2,10	
Fenilalanina	1.30 — 8.20	

Prolina	1,70 — 5,00	
Serina	0,64 - 7,40	
Treonina	0,83 - 3,40	
Triptófano	0,60	
Tirosina	0,83 - 4,30	
Valina	1,36 - 6,70	

Las semillas de calabaza y los principales ácidos grasos en el aceite de semilla de calabaza (PSO), son una fuente valiosa de fitoesteroles, los cuales están relacionados con la disminución del colesterol de lipoproteínas de baja densidad (LDL) en sangre. Este nivel de fitoesteroles en la semilla de calabaza la convierte en una alternativa nutracéutica adecuada en el manejo de algunas enfermedades no transmisibles en humanos (Valiollah Hajhashemi, 2019).

De acuerdo a los estudios realizados por de Farias et al., (2022) en ratas, se demostró que, los animales que mantenían una dieta alta en colesterol y al adicionar la harina de semilla de calabaza en su alimentación, mostraron una mejora en el perfil lipídico, evidenciado por niveles más bajos de triglicéridos en relación con el control de dislipidemia (DCG), pero no provocando modificaciones en el colesterol total y fracciones. Este efecto sobre la reducción de triglicéridos se puede atribuir, a la presencia de ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) que se encuentran en las semillas de calabaza.

Según Silva et al., (2020) estos autores evidenciaron que otros científicos agregaron diferentes concentraciones de concentrado y aislado de proteína de semilla de melón (pertenecientes a la familia de las curcubitaceas) a la harina de trigo y evaluaron sus efectos sobre las propiedades físicas y la composición química del pan fortificado con semilla de melón. Concluyeron que la harina de trigo suplementada con concentrado y aislado de proteína de semillas de melón se puede utilizar para hacer pan sin cambios en sus propiedades sensoriales, observando un aumento en la composición proteica, fibra y

aminoácidos, lo que convierte a las semillas de melón sea un ingrediente interesante para la incorporación de pan y otros productos horneados.

Este estudio pretende realizar una revisión sistemática frente al contenido de compuestos bioactivos y/o nutricionales que poseen las semillas de calabaza, su potencial y posible aplicación en la elaboración de diversos alimentos, ayudando a la prevención de diferentes enfermedades presentadas en los seres humanos.

## Planteamiento del problema

El procesamiento de frutas, hortalizas y cereales en la industria alimentaria constituye un problema serio de residuos en gran parte del mundo; actualmente los procesos agroindustriales intensificados han incrementado la generación de residuos desde la materia prima en la etapa de cultivo hasta la comercialización del producto final (Ortiz-Sanchez et al., 2023).

En Colombia, para el año 2020 las actividades de los principales cultivos agrícolas, como plátano, caña de azúcar, banano, caña panelera, arroz, café, maíz o palma de aceite, generan más de 71 millones de toneladas de residuos al año, de las cuales solo el 17 % son aprovechados en algún uso secundario lo que indica la necesidad de implementar propuestas científicas y tecnológicas que contribuyan al desarrollo productivo del país y a mejorar las condiciones ambientales (Kaza et al., 2020).

Actualmente en Medellín y municipios al sur del Valle de Aburrá (Caldas, Itagüí, Envigado, La Estrella y Sabaneta) los residuos agroindustriales se arrojan en las basuras o en algunos casos, se utilizan como abono y concentrados para animales (Yepes Sandra M, 2020).

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), en Colombia durante el año 2018, la producción de zapallo, calabaza y calabacín fue de aproximadamente 80,000 toneladas en 7,000 hectáreas de cultivo, a nivel mundial estos tipos de calabazas son comunes conocidas como: *Cucurbita pepo*, *Cucurbita maxima* y *Cucurbita moschata* (FAO,2018).

Las semillas son consideradas residuos agroindustriales, que pueden ser utilizadas como fuente de macronutrientes y/o materia prima para la extracción de aceites vegetales, ya que presentan gran cantidad de compuestos bioactivos. Después de la eliminación de la pulpa y la carne de la calabaza, aún queda una gran cantidad de cáscara y semillas como productos de desecho, puesto que la pulpa es el componente de interés a nivel industrial

ya que se utiliza principalmente para la elaboración de purés, platos, jugos para niños y bebés (Kulczynski & Gramza-Michałowska, 2019) sin saber que las semillas sirven como centrales eléctricas de nutrientes con interesantes propiedades nutraceuticas (Uzlaşir et al., 2020), a menudo se utilizan directamente para el consumo humano como bocadillos después de salarlas y tostarlas en muchos países árabes y se ha informado que estas semillas poseen diferentes compuestos que pueden aportar grandes beneficios a nivel de la salud, en ellas se encuentra un 36,5% de proteína cruda, 4,43% de fibra cruda, y alrededor del 50% de aceite, siendo este un 29% de ácido oleico y un 52% de ácido linoleico (Jorge Felipe León Velandia, 2020).

Actualmente los consumidores son más conscientes de la relación que existe entre los alimentos que consumen a diario y los posibles problemas de salud que se puedan presentar debido a los malos hábitos alimenticios, por lo tanto, exigen alimentos más sanos y seguros que ayuden a mejorar su calidad de vida en cuanto a salud y nutrición. Trabajos anteriores se han centrado en la evaluación nutricional y las propiedades funcionales de las semillas de calabaza en polvo y el uso en diversas aplicaciones alimentarias, especialmente en productos de panadería como galletas, bizcochos y en otros productos (Mujaffar & Ramsumair, 2019). Estas alternativas de incorporación buscan disminuir el consumo de alimentos procesados, los cuales pueden estar relacionados con la aparición de diversas enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT) o aumenta el riesgo de padecerlas, causando así el deterioro de la salud y calidad de vida de los seres humanos con el pasar del tiempo. Es por esto que estas nuevas alternativas alimenticias permiten la prevención de enfermedades y promoción de la salud en los seres humanos, aportando grandes beneficios a través de su consumo debido a las propiedades nutricionales y bioactivas de estos alimentos.

Por lo anteriormente expuesto puede plantearse el siguiente interrogante: ¿Qué compuestos bioactivos identificados en las semillas de calabaza, han aportado mejores beneficios a nivel de la salud en humanos?

## Justificación

Las centrales de abasto en Colombia y la agroindustria alimentaria en la etapa de procesamiento, además de permitir la obtención del producto requerido, generan una gran cantidad de subproductos o residuos que presentan un impacto relevante en el ambiente por su alto contenido de materia orgánica, estos residuos aún no han sido aprovechados eficientemente por la falta de conocimiento sobre los métodos apropiados para la preparación y caracterización de sustancias de mayor valor agregado con la suficiente calidad e inocuidad. En Medellín y en el Valle de Aburrá, se encontró que se generan alrededor de 163 toneladas/día de residuos entre frutas, verduras y hortalizas, los cuales son llevados a rellenos sanitarios ocasionando grandes costos a las industrias de donde provienen (Yepes Sandra M, 2020).

En la industria de alimentos el uso de semillas hoy día se ha convertido en una gran estrategia para el aprovechamiento de los residuos agroindustriales generados, este es el caso de las semillas de calabaza las cuales son desechadas luego del uso de la pulpa de esta especie, ya que es la parte de interés para las industrias alimentarias para diferentes preparaciones, siendo estas aprovechadas por sus múltiples componentes bioactivos y benéficos para la salud de los humanos, son ricas en una gran variedad de nutrientes, debido a que contienen proteínas, ácidos grasos insaturados (ácidos grasos omega 3,6), vitaminas, minerales y los efectos antioxidantes y/o anticancerígenos que presentan (Dotto & Chacha, 2020), siendo una fuente potencial para ser incorporadas en la elaboración de otras matrices alimentarias, mejorando sus perfiles nutricionales y/o funcionales para beneficio de los consumidores, ya que día a día estos buscan alternativas nuevas que mejoren o prevengan diferentes enfermedades.

Un número importante de estudios ha establecido una relación entre los componentes bioactivos naturales de los alimentos y la promoción de la salud y la prevención de enfermedades (Sharma & Bhat, 2021). Las semillas de calabaza, al igual que

otras semillas, son ricas en componentes bioactivos y/o funcionales, son ricas en vitamina E (tocoferoles), carotenoides , provitaminas, pigmentos , pirazina , escualeno ,saponinas, fitoesteroles , triterpenoides , compuestos fenólicos y sus derivados, cumarinas , ácidos grasos insaturados , flavonoides y proteínas (Amin et al., 2019). Algunos de estos bioactivos y minerales actúan simultáneamente en sitios objetivo-diferentes o idénticos con el potencial de impartir beneficios fisiológicos, promover el bienestar y reducir el riesgo de contraer enfermedades crónicas no transmisibles (Chari et al., 2018).

De Acuerdo a lo anterior, con el presente trabajo se pretende hacer una revisión bibliográfica, donde se logren conocer los compuestos bioactivos que poseen las semillas de calabaza, los beneficios que estos aportarían a los seres humanos y como pueden ser aprovechado este residuo agroindustrial como un ingrediente para la elaboración de nuevos alimentos mejorando el perfil de dicha matriz alimentaria; beneficiando así a las empresas generadoras de residuos sólidos ya que se disminuyen los costos en la disposición de los mismos y siendo un ingrediente atractivo para la industria alimentaria y para los consumidores por los múltiples beneficios que aportaría la ingesta de este frente a la prevención de diversas enfermedades crónicas no transmisibles.



## **Objetivos**

### **General**

Estudiar la composición bioactiva de las semillas de calabaza, su posible aplicación como ingrediente funcional en la industria alimentaria y los beneficios aportados a la salud debido a su consumo.

### **Específicos**

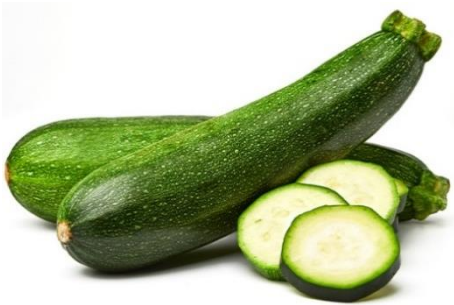
- Identificar las técnicas emergentes para la extracción de compuestos bioactivos presentes en las semillas de calabaza.
- Establecer las formas de incorporación de los compuestos bioactivos en la elaboración de alimentos como ingredientes funcionales.

## Marco teórico

### Cultivo de calabaza

La calabaza (*Cucurbita maxima*), un cultivo fibroso carnosos que pertenece a la familia Cucurbitaceae, se cultiva ampliamente en países tropicales y subtropicales. Las especies importantes de calabaza incluyen *Cucurbita pepo*, *C. maxima*, *C. moschata*, *C. ficifolia* y *C. stilbo*, Su fruto es de forma oblonga, ovalada o redonda, aplanada en ambos extremos y ligeramente acostillada con piel lisa. Por lo general, es de color naranja o amarillo, pero algunas frutas son de color verde oscuro, verde pálido, blanco, rojo o gris.

**Ilustración 1.** Características físicas del fruto *Curcubita Pepo*



**Ilustración 2.** Características físicas del fruto *Curcubita Stilbo*.



**Ilustración 3.** Características físicas del fruto *Curcubita Maxima*



**Ilustración 4.** Características físicas del fruto *Curcubita Moschata*



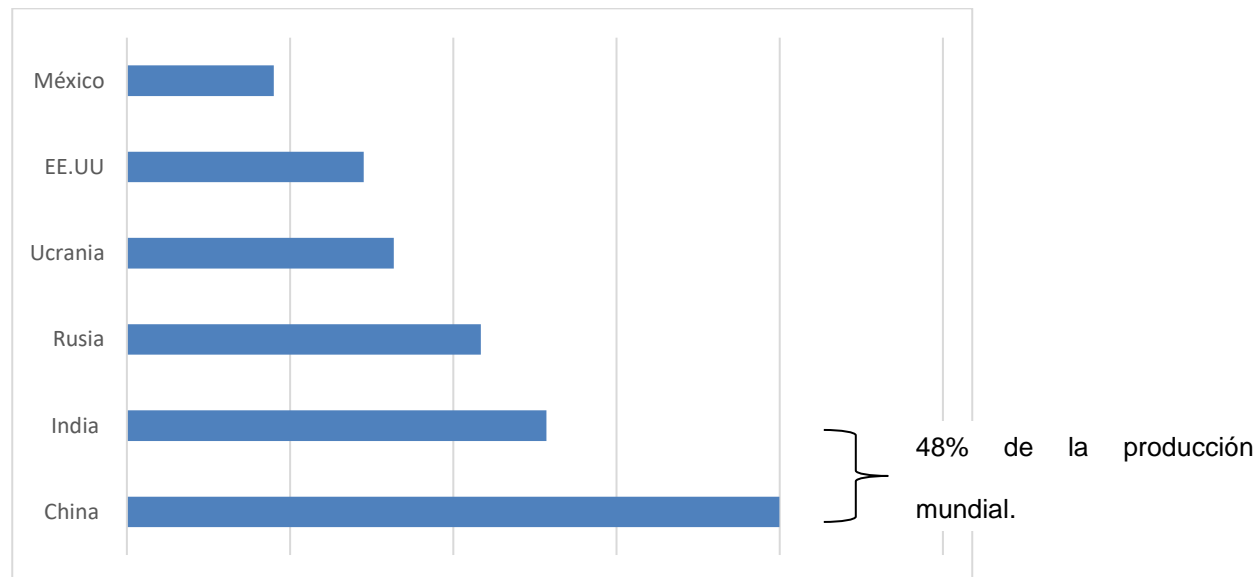
**Ilustración 5.** Características físicas del fruto *Curcubita Ficifolia*.



Fuente. Tomado de <https://www.pxfuel.com/es/free-photo-opjen>.

Según la FAO, la producción mundial de calabaza entre 1994 y 2017 fue de más de 27 millones de toneladas, aunque su producción estaba distribuida en todos los continentes, Asia era el principal productor mundial de calabazas.

**Ilustración 6.** Principales países productores de cucurbitáceas para el año 2017.

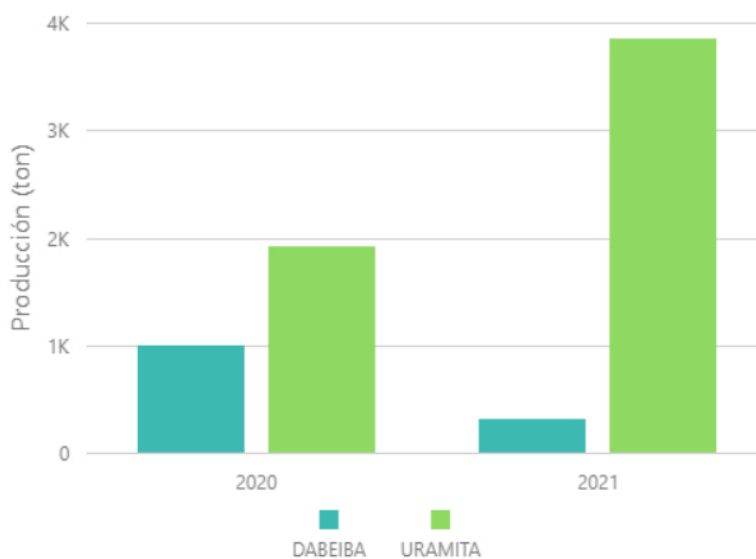


En Colombia la calabaza (*Cucurbita maxima*), más conocida a nivel nacional con el nombre de **ahuyama**, ocupa una superficie sembrada de 6,820 hectáreas, y una producción que en 2017 fue de 92,180 toneladas y un rendimiento de 13,51 toneladas hectárea por año. Para el año 2018, en el departamento de Antioquia, la superficie cosechada fue de

100 hectáreas, con una producción de 1,200 toneladas y un rendimiento de 12,0 toneladas hectárea por año, siendo el municipio de Dabeiba el mayor productor con 65 hectárea por año cultivadas (Cardozo et al., 2021).

Según los datos estadísticos reportados por el ministerio de agricultura y desarrollo rural de Colombia, la producción de calabaza en el territorio antioqueño en las zonas de Dabeiba y Uramita para el año 2020 fue de 990,00 toneladas y 1920,00 toneladas respectivamente, lo que para el año 2021 se reportó un cambio significativo en la producción en ambas zonas del territorio, ya que se produjo 312 toneladas para Dabeiba y 3850 toneladas para la zona de Uramita.

**Ilustración 7.** Estadísticas de producción de calabaza en el territorio Antioqueño.



Fuente. Tomado de <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=4>.

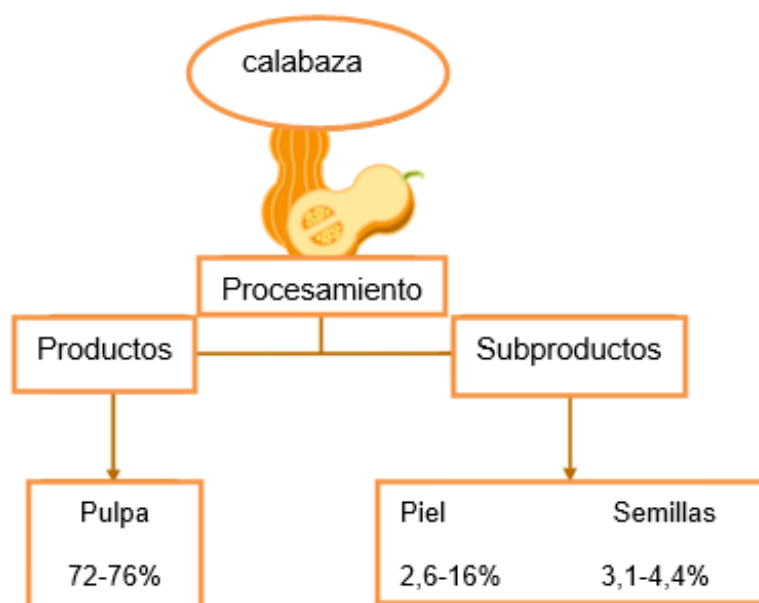
Los fitoquímicos naturales más comunes presentes en cantidades suficientes en la calabaza son carotenoides, fenoles, vitaminas, minerales, polisacáridos, pectinas, fibras, tocoferoles, fitoesteroles, aceites esenciales, proteínas, péptidos y aminoácidos.

Se ha encontrado que esta amplia gama de bioactivos presentes en la calabaza participan en varias actividades farmacológicas y biológicas, incluidas actividades

antimicrobianas, anticancerígenas, antioxidantes, cardioprotectores, antienvjecimiento, antiinflamatorias y prebióticas (Ezzat et al., 2022).

La producción de calabaza se registró en 22,90 millones de toneladas en 2019 con los principales productores de China, Estados Unidos, India y Rusia. Los pigmentos naturales presentes en la calabaza son los responsables de la apariencia, colores y sabores de los productos alimenticios elaborados con la incorporación de calabaza. El valor nutricional de los alimentos desarrollados también mejora con la adición de calabaza. La calabaza es considerada un alimento versátil por sus propiedades nutraceuticas y de alimento funcional (A. Sharma & Sogi, 2022).

**Ilustración 8.** Cantidad de calabaza utilizada y cantidad de subproducto generada.



Fuente. Adaptado de la referencia (Rico et al., 2020).

### Subproductos

Un subproducto es un material o sustancia obtenida en un proceso de producción industrial, de transformación o de consumo al cual la empresa productora no le encuentra

utilidad y por lo tanto es gestionado como residuo y que, sin embargo, sí puede ser utilizado como materia prima o auxiliar en otro proceso productivo distinto, sin someterse previamente a una operación de tratamiento significativa y sin poner en peligro la salud humana ni causar perjuicios al medio ambiente.

En Colombia según la **resolución 2674 de 2013**, establece en el capítulo 1, numeral 5 (disposición de residuos sólidos) la manera adecuada como los establecimientos de alimentos o las industrias deben realizar el manejo de los residuos, cumpliendo con lo siguiente:

- Los residuos sólidos que se generen deben ser ubicados de manera tal que no representen riesgo de contaminación al alimento, a los ambientes o superficies de potencial contacto con éste.
- Los residuos sólidos deben ser removidos frecuentemente de las áreas de producción y disponerse de manera que se elimine la generación de malos olores, el refugio y alimento de animales y plagas y que no contribuya de otra forma al deterioro ambiental.
- El establecimiento debe estar dotado de un sistema de recolección y almacenamiento de residuos sólidos que impida el acceso y proliferación de insectos, roedores y otras plagas, el cual debe cumplir con las normas sanitarias vigentes.
- Cuando se generen residuos orgánicos de fácil descomposición y no se disponga de un mecanismo adecuado de evacuación periódica se debe disponer de cuartos refrigerados para el manejo previo a su disposición final.

Por tal motivo, las industrias o establecimientos dedicados a la preparación de alimentos deben contar con un plan de saneamiento básico frente a la disposición de los residuos sólidos, el cual debe contar con la siguiente información:

- Debe contarse con la infraestructura, elementos, áreas, recursos y procedimientos que garanticen una eficiente labor de recolección, conducción, manejo, almacenamiento interno, clasificación, transporte y disposición final de los desechos sólidos, lo cual tendrá que hacerse observando las normas de higiene y salud ocupacional establecidas con el propósito de evitar la contaminación de los alimentos, áreas, dependencias y equipos, y el deterioro del medio ambiente.

De igual forma la **resolución 2184 del 2019**, la cual modifica la resolución 668 de 2016 sobre el uso racional de bolsas plásticas y se adoptan otras disposiciones, establece el código de colores para la separación de residuos sólidos en la fuente en todo el territorio nacional, que dispone lo siguiente:

- Color verde: para depositar residuos orgánicos aprovechables.
- Color blanco: para depositar los residuos aprovechables como plástico, vidrio, metales, multicapa, papel y cartón.
- Color negro: para depositar los residuos no aprovechables.

**Ilustración 9.** Código de colores para la disposición de los residuos sólidos generados en la fuente.



Fuente. Tomado de <https://medioambiente.uexternado.edu.co/>

## **La semilla**

Es el principal órgano reproductivo de la gran mayoría de las plantas superiores terrestres y acuáticas. Ésta desempeña una función fundamental en la renovación, persistencia y dispersión de las poblaciones de plantas, regeneración de los bosques y sucesión ecológica.

Una parte importante de la calabaza son sus semillas bajas en grasas y ricas en proteínas, repletas de diferentes clases de fitoquímicos, ácidos grasos insaturados, aminoácidos esenciales, vitaminas y minerales. Los cuales la convierte en una fuente potencial de compuestos bioactivos beneficiosos para la salud de los consumidores.

## **Compuesto bioactivo.**

Se considera componente bioactivo de un alimento, a aquel que aporta un beneficio a la salud más allá de los considerados como nutrición básica. Estos componentes se encuentran en general en pequeñas cantidades en productos de origen vegetal y en alimentos ricos en lípidos. Dentro del término global de actividad biológica se deben diferenciar tres aspectos importantes: las funciones (papel esencial), las acciones (respuestas, beneficiosas o adversas, fisiológicas o farmacológicas) y las asociaciones (correlaciones de los componentes de los alimentos con algún aspecto o finalidad fisiológica o clínica que puede o no mostrar una relación causal) (Chalé et al., 2014).

## **Compuestos fenólicos**

Los compuestos fenólicos son un grupo de metabolitos ampliamente distribuidos que abarcan aproximadamente 8,000 sustancias, divididas en 22 grupos con una estructura común, determinada por un anillo aromático unido al menos a un sustituyente hidroxilo (grupo fenol) y frecuentemente se encuentran como derivados de ésteres, éteres y glicósidos. Los compuestos fenólicos han mostrado una amplia variedad de actividades



biológicas: antioxidante, antimicrobiana, antiinflamatoria, inmunomoduladora, antiviral, antiproliferativa, antimutagénica, anticarcinogénica, acciones vasodilatadoras, y prevención de enfermedades coronarias y desordenes neurodegenerativos (Rashmi & Negi, 2020).

### **Antioxidantes.**

Un antioxidante puede ser definido, en el sentido más amplio de la palabra, como cualquier molécula capaz de prevenir o retardar la oxidación (pérdida de uno o más electrones) de otras moléculas, generalmente sustratos biológicos como lípidos, proteínas o ácidos nucleicos. La oxidación de tales sustratos suele ser iniciada por dos tipos de especies reactivas: 1) los radicales libres, y 2) aquellas especies que sin ser radicales libres, llamadas pro-oxidantes, son suficientemente reactivas para inducir la oxidación de sustratos como los antes mencionados. En su conjunto, los radicales libres y los pro-oxidantes constituyen lo que generalmente llamamos ROS. En un escenario biológico, la definición de antioxidante se refiere a una molécula capaz de inhibir la formación (o producción) de y/o de favorecer la remoción (o eliminación) de ROS (Toydemir et al., 2022).

Las EROs, según su propio nombre, presentan una reactividad más alta que el oxígeno molecular, algunas de ellas pueden ser radicales libres, es decir moléculas o fragmentos moleculares que contienen uno o más electrones desapareados en orbitales atómicos o moleculares. Este electrón desapareado confiere un grado considerable de reactividad al radical libre logrando además que pueda existir de forma independiente por cortos periodos de tiempo. El estrés oxidativo es un término asociado a las células y a la acción de un radical libre que le afecta, así en condiciones normales se da un equilibrio entre la producción de radicales libres u otras especies reactivas con los mecanismos antioxidantes (exógeno y endógeno). Este equilibrio permite que la toxicidad por oxidación sea menor y con menos daño celular. Cuando se rompe el equilibrio, éste se podrá asociar con un déficit en el sistema antioxidante o por la proliferación descontrolada de los radicales libres. (Coronado H.Marta, 2015).

## **Fitoesteroles**

Los fitoesteroles son compuestos liposolubles pertenecientes a la familia de los triterpenos, presentes en la mayoría de las células vegetales donde contribuyen a la estructura y estabilidad de las membranas. Su estructura es muy similar a la del colesterol, que es, con diferencia, el esterol más abundante en las células animales, donde desempeña un papel estructural similar. Los fitoesteroles difieren del colesterol en la cadena lateral unida en su posición C-17; el sitosterol, por ejemplo, tiene un grupo etilo enlazado en C-24 de la cadena lateral, mientras que el campesterol tiene un grupo metilo en la misma posición, que está vacío en el colesterol. El contenido alimentario en fitoesteroles es mayor en las frutas aceitosas, las semillas oleaginosas y en los aceites obtenidos de ellas, los fitoesteroles también están presentes en legumbres y cereales, mientras que las frutas y verduras contienen cantidades mucho menores. En general, la concentración de fitoesteroles totales en las verduras varía desde unos pocos miligramos o decenas de miligramos por 100 g de frutas y verduras hasta más de 1000 mg por 100 g en algunos aceites vegetales, con grandes diferencias entre los distintos alimentos (Poli et al., 2021).

## **Flavonoides**

Los flavonoides son compuestos polifenólicos sintetizados en plantas como metabolitos secundarios bioactivos responsables de su color, sabor y actividades farmacológicas. Las principales fuentes de flavonoides son las frutas y verduras, también son abundantes en los productos derivados del cacao (cacao en polvo, chocolate), el té negro y verde y el vino tinto (Scarano et al., 2018). Los flavonoides son potentes antioxidantes que protegen a las plantas de condiciones ambientales desfavorables, por lo que han llamado la atención y se han utilizado en numerosos estudios epidemiológicos y experimentales para evaluar sus posibles efectos beneficiosos en múltiples trastornos humanos agudos y crónicos. La capacidad de los flavonoides para eliminar los radicales

libres, regular el metabolismo celular y prevenir enfermedades relacionadas con el estrés oxidativo se ha demostrado en numerosos estudios (Kopustinskiene et al., 2020).

### **Proteínas**

Las proteínas son polímeros de típicamente cientos de aminoácidos unidos por enlaces peptídicos, mientras que los polipéptidos más cortos (menos de 30 aminoácidos) se denominan típicamente péptidos. Cada aminoácido tiene una estructura común que contiene un átomo de carbono  $\alpha$  central ( $C_{\alpha}$ ) que se une a un grupo amino ( $-NH_2$ ) y un grupo de ácido carboxílico ( $-COOH$ ), los cuales se utilizan para formar enlaces peptídicos. Lo más interesante es que para 19 de los 20 aminoácidos diferentes, el grupo  $C_{\alpha}$  también está unido a un grupo R diferente, dando a cada aminoácido su 'cadena lateral' única. La cadena lateral le da al aminoácido propiedades químicas y estructurales distintivas, ya que las cadenas laterales difieren en tamaño, forma, polaridad, carga e hidrofobicidad. Los aminoácidos también son quirales y se pueden configurar en dos posibles imágenes especulares (estereoisómeros) ya que el grupo  $C_{\alpha}$  está unido a cuatro grupos únicos que forman un centro quiral. Como imágenes especulares, los estereoisómeros no se pueden superponer, de la misma manera, sus manos son imágenes especulares y no se pueden rotar para que coincidan. Los dos estereoisómeros para cada uno de los 19 aminoácidos quirales se indican como D y L, sin embargo, solo el estereoisómero L se usa en la naturaleza para construir proteínas (la glicina tiene hidrógeno para una cadena lateral y no es quiral) (Stollar & Smith, 2020).

Para la extracción y obtención de compuestos bioactivos de las semillas de calabaza, anteriormente se hacía uso de métodos convencionales para la extracción de estos compuestos, entre estos métodos se encontraba el prensado en frío, método de Soxhlet, Extracción de agitación mecánica, hidrodestilación y extracción asistida por microondas, las cuales pueden ser perjudiciales para los componentes activos originales y los ácidos grasos poliinsaturados presentes en las semillas de calabaza, ya que pueden

degradarse debido a la exposición prolongada a altas temperaturas, contaminación de los compuestos con solventes utilizados en el proceso, entre otros (Liu et al., 2022). Es por esto que los métodos modernos de extracción son importantes para el desarrollo avanzado de remedios a base de hierbas. Es adecuado para compuestos termolábiles, tiene un alto grado de automatización, libre de solventes y tiene varios parámetros que se pueden controlar a la vez. La extracción de compuestos utilizando el método moderno puede obtener calidad y mayor rendimiento con menos tiempo de extracción necesario. Los métodos de extracción modernos incluyen dióxido de carbono supercrítico (SC-CO<sub>2</sub>), extracción con agua subcrítica (SWE), extracción con alta presión hidrostática (HHPE) y extracción asistida por ultrasonido (UAE) (Brianceau et al., 2015), extracción asistida por microondas, extracción con enzimas (Ferreira et al., 2022).

### **Aminoácidos.**

Los aminoácidos, desde un punto de vista estructural, son los elementos componentes de las proteínas y éstas a su vez son las estructuras que componen cualquier tejido vivo, su presencia es tan relevante, que se les conoce como los constructores de la vida. Desde un punto de vista funcional, los aminoácidos cumplen importantes funciones, entre ellas citar su intervención en el metabolismo energético, y su acción anti estrés minimizando los efectos nocivos que provocan ciertas enfermedades (Paolo et al., 2017)

## Metodología

Para el desarrollo de esta revisión bibliográfica se realizó una búsqueda de información en artículos científicos publicados en inglés haciendo uso de las palabras como “pumpkin seeds”, “bioactive compounds pumpkin seeds”, “agro- industrial waste”, el tiempo de la publicación de estos artículos preferiblemente inferior a 10 años (2012-2023); permitiendo obtener información actualizada y clara sobre el tema de investigación. La recopilación de la información se hizo mediante el uso de fuentes confiables como bases de datos de instituciones de educación superior en especial la base de datos de la Universidad de Antioquia, siendo las bases de datos de mayor consulta ScienceDirect, Scielo, Springerlink y Scopus, de las cuales se pudo extraer gran cantidad de información y datos científicos, también se hizo uso de bases de datos públicas en línea como PubMed y otras herramientas de búsqueda como Google Scholar siendo consultados por última vez en la fecha de 22 de mayo de 2023; se realizaron consultas en la página oficial de la Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y agricultura (FAO) con el fin de obtener datos de la producción de calabaza a nivel nacional y residuos generados de dicha producción como cáscara y semillas, se hizo búsqueda de la normatividad colombiana vigente en relación a la generación y disposición de los residuos sólidos (Resoluciones y normas técnicas colombianas NTC) en las páginas del ICONTEC e Instituto de vigilancia de Medicamentos y Alimentos (INVIMA).

Se utilizó como estrategia de búsqueda algunos filtros que permitirán obtener resultados pertinentes y adecuados del tema de investigación, los filtros más relevantes y utilizados se mencionan a continuación:

- El tiempo de publicación de los artículos inferior a 10 años (publicaciones a partir del 2012 a la fecha).
- Artículos publicados preferiblemente en inglés.
- Artículos en texto completos y de acceso libre.

- Revisiones sistemáticas o artículos originales.

Una vez recopilados todos los artículos de interés se agrupan de acuerdo a los temas de estudio, es decir, según los temas a los que haga referencia (semillas de calabaza, compuestos bioactivos y/o nutricionales presentes en las semillas, residuos agroindustriales o aplicaciones en la industria alimentaria, para realizar una adecuada extracción de la información), como método de selección de los artículos para la extracción de la información, se procede con la lectura preferiblemente del resumen de estos con el fin de realizar indagación de las revisiones y estudios científicos que posean mayor información relacionada con los temas de interés como producción, compuestos nutricionales y bioactivos presentes en las semillas de calabaza, beneficios para la salud asociados a su consumo, aprovechamiento y/o transformación de los residuos sólidos generados y la aplicación como ingredientes funcionales en la industria alimentaria. Al tener seleccionados los artículos adecuados, se procede con la lectura completa de cada uno, identificando en estos la información relevante relacionada con los temas de interés y extrayendo la información adecuadamente haciendo citas y referenciando adecuadamente los estudios realizados por otros autores.

En la extracción de los datos se tuvo presente que estos hubiesen sido obtenidos mediante métodos estandarizados o confiables, a través de experimentos *in vivo* en humanos, los cuales permitieran demostrar la veracidad de cada uno de los estudios y/o revisiones obteniendo información clara del tema en desarrollo.

## Resultados

De acuerdo a los datos e información obtenida en esta revisión, se evidencia que las semillas de calabaza son un subproducto agroindustrial que viene siendo utilizado con mayor frecuencia en los últimos años en diferentes partes del mundo, esto se debe a que son ricas en diferentes compuestos bioactivos que aportan grandes beneficios para la salud de los seres humanos, previniendo la aparición de enfermedades asociadas a la dieta de los mismos. Es por esto que su potencial bioactivo ha sido utilizado mediante incorporación en la preparación de alimentos funcionales en su forma natural, sometidas a procesos de transformación o mediante sus compuestos bioactivos obtenidos por diferentes métodos de extracción. A continuación, se mencionan los datos más relevantes obtenidos en esta investigación.

### **Métodos de extracción de compuestos bioactivos.**

Los métodos tradicionales de extracción pueden ser perjudiciales para los componentes activos originales y los ácidos grasos poliinsaturados presentes en las semillas de calabaza, ya que pueden degradarse debido a la exposición prolongada a altas temperaturas. Es por esto que existen varias tecnologías emergentes utilizadas para la extracción de aceites y compuestos bioactivos de semillas. A continuación, se mencionan algunas de ellas:

#### ***Extracción con fluidos supercríticos***

Utiliza un fluido supercrítico, generalmente dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) en estado supercrítico, para extraer los aceites y compuestos bioactivos de las semillas. El  $\text{CO}_2$  supercrítico tiene propiedades solventes y puede penetrar en las estructuras de las semillas, permitiendo una extracción eficiente y selectiva. se considera una técnica limpia y respetuosa con el medio ambiente que utiliza las propiedades de los SF para mejorar la extracción de analitos de las muestras, las temperaturas de extracción suelen ser bajas lo que permite la extracción de muchos compuestos, incluso aquellos que son térmicamente lábiles (Xie et al., 2019).

***Extracción asistida por microondas***

Emplea la energía de microondas para calentar las semillas y facilitar la liberación de los aceites y compuestos bioactivos. La extracción asistida por microondas puede ser más rápida y requerir menos disolventes en comparación con los métodos convencionales (Ferreira et al., 2022).

***Extracción asistida por ultrasonidos***

Utiliza ondas ultrasónicas de alta frecuencia para generar cavitación en el medio de extracción, lo que facilita la ruptura de las estructuras celulares de las semillas y la liberación de los compuestos deseados. Este método es rápido, eficiente y requiere menos disolventes (Das et al., 2022).

Otras tecnologías emergentes como la alta presión (HP), el calentamiento óhmico (OH), o los campos eléctricos de pulso (PEF) también están siendo estudiados y muestran un gran potencial para extraer aceites vegetales.

***Extracción con líquidos iónicos***

Los líquidos iónicos son sales líquidas a temperatura ambiente que pueden utilizarse como solventes para extraer aceites y compuestos bioactivos de las semillas. Son considerados solventes verdes debido a su baja volatilidad y su capacidad para ser reciclados (Lim et al., 2022).

***Extracción con enzimas***

Se utiliza enzimas específicas para degradar las estructuras celulares de las semillas y liberar los aceites y compuestos bioactivos. Este método puede ser más suave y selectivo, preservando mejor la calidad de los compuestos extraídos (Abd Rashid et al., 2023).

***Extracción por prensado en frío***

Es un método tradicional que implica aplicar presión mecánica a las semillas para extraer los aceites. El prensado en frío se realiza a temperaturas bajas, lo que ayuda a preservar la calidad de los compuestos termosensibles (Koubaa et al., 2016).



***Extracción con agua subcrítica (SWE)***

se considera un método de extracción ecológico que utiliza solo agua como disolvente principal para aislar compuestos bioactivos de plantas y alimentos. Ha habido un mayor interés en la valorización de semillas de plantas mediante el uso de SWE en comparación con otros métodos convencionales debido a su tiempo de extracción más corto, costos más bajos y compatibilidad ambiental que conducen a una mayor calidad del extracto. El agua subcrítica ocurre cuando el agua mantiene su estado líquido a una temperatura por encima de su punto de ebullición (100 °C) y por debajo de su punto crítico, (374 °C) bajo suficiente presión, debido a su polaridad, los compuestos más comunes que se extraen son los antioxidantes, los compuestos fenólicos y los carbohidratos (Ravber et al., 2015).

***Extracción a alta presión hidrostática (HHPE)***

se considera un método alternativo de extracción de ingredientes activos para materiales vegetales y ha demostrado ser más rápida y eficaz que otros métodos de extracción. Este método opera bajo presiones muy altas que van desde 100 a 1000 MPa y ha sido reconocido como una tecnología ecológica por la Administración de Drogas y Alimentos de los EE. UU., con amplias aplicaciones en las industrias farmacéutica, metalúrgica y alimentaria. Las tasas de transferencia de masa aumentan durante el tratamiento con alta presión hidrostática, aumentando tanto la permeabilidad celular como la difusión de metabolitos secundarios después de los cambios en las transiciones de fase (Briones-Labarca et al., 2015).

Estas son solo algunas de las tecnologías emergentes utilizadas en la extracción de aceites y compuestos bioactivos de semillas. Cada una tiene sus ventajas y desventajas, y la elección de la tecnología depende de diversos factores como el tipo de semilla, los compuestos objetivo y los requisitos de calidad del producto final obteniendo mejores resultados en cuanto a rendimiento y calidad de los compuestos bioactivos extraídos, algunas de estas se mencionan a continuación.

**Tabla 2.** Técnicas emergentes para la extracción de compuestos bioactivos de semillas de calabaza.

Técnica de extracción	Compuesto de interés	Condiciónes óptimas de extracción	Resultado	Referencia
Extracción enzimática acuosa.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Esteroles.</li> <li>• Escualeno.</li> <li>• Carotenoides</li> <li>• Tocoles</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. preparación enzimática con actividad pectinasa y arabanasa a un pH óptimo=3,0–7,0 y una temperatura de 50–55 °C.</li> <li>2. una enzima preparación con actividad de celulasa, hemicelulasa, celobiasa y <math>\alpha</math>-glucanasa a un pH óptimo = 4,0-4,5 y una temperatura de 60 °C.</li> <li>3. un preparado enzimático con actividad de proteasa a un pH óptimo=5,0–5,5 y 50–60 °C.</li> </ol> <p>como primera etapa se obtuvo aceite de semillas de calabaza por medio de prensado en frío. En la segunda etapa se maceraron las semillas utilizando un coctel de enzimas en una fracción máxima del 2%.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El contenido de esteroides y escualeno se determinó mediante el método GC/MS.</li> <li>• El contenido de tocoles en las muestras de aceite se determinó por HPLC.</li> <li>• El contenido de carotenoides en las muestras de aceite se analizó con una técnica de cromatografía líquida de alta resolución de fase reversa (RP-HPLC)</li> </ul>	<p>El rendimiento de aceite prensado en frío en base a masa seca fue del 33,48 %, lo que corresponde al 67,47 % de su recuperación a partir de las semillas de calabaza.</p> <p>Los resultados confirmaron que las enzimas que degradan la pared celular y los oleosomas se pueden utilizar como un paso esencial en la extracción acuosa o como un paso de pretratamiento seguido de prensado u otras técnicas de extracción. La mayor recuperación de aceite (aprox. 74 %) se obtuvo con una dosis de enzima del 2 % (en masa), cuando se siguió el proceso a pH=7,5 y 45 °C y con agitación adicional (aprox. 120 rpm). Se evidenció que el aceite extraído de forma acuosa era más abundante en tocoferoles (en un 24 %), esteroides (en un 21 %) y escualeno (en un 22 %), y solo ligeramente menos abundante en carotenoides (en un 8 %), el aceite extraído de forma acuosa contenía 410,1 mg de fitoquímicos por 100 g, mientras que el aceite prensado en frío contenía solo 343,2 mg por 100 g de aceite.</p> <p>La tecnología propuesta de pretratamiento de semillas con el uso de un cóctel de preparados comerciales pectinolíticos, celulolíticos y proteolíticos es una buena alternativa al proceso industrial de prensado en frío de semillas farmacéuticamente valiosas.</p>	(Iwona Konopka, et al., 2016).
Prensado en frío.	Tocoferoles y fitoesteroides.	Las semillas se almacenaron primero en recipientes de acero inoxidable a 4 °C y 52% de humedad relativa. Secado hasta obtener	Los principales ácidos grasos en el PSO sin tratamiento alguno, fueron el ácido linoleico ( $45,2 \pm 2,38\%$ ), oleico ( $34,45 \pm$	(Rezig et al., 2022).

		<p>un contenido de humedad de 11,11 % (g/100 g base húmeda), las semillas se dividieron en tres porciones iguales de 15 kg cada una y se almacenaron en bolsas plásticas protegidas de la luz a 4 °C. La primera porción se dejó sin tratar como control.</p> <p>Pretratamiento en microondas se realizó a 700 W durante 240 s, para el tostado se agregó 2% de agua a la muestra, se agito hasta tener una mezcla homogénea y se tostó a 175 °C durante 15 min. Cabe señalar que la energía (E) requerida para los tratamientos de microondas y tostado de semilla de calabaza fue de 168 kJ y 3060 kJ, respectivamente.</p>	<p>1,75%), palmítico (12,59 ± 1,64%) y esteárico (6,35 ± 0,34%). La composición de ácidos grasos no presentó cambios significativos tras el tratamiento con microondas. De hecho, el porcentaje de ácidos linoleico y oleico tendió a disminuir ligeramente, mientras que el porcentaje de ácidos araquídico, esteárico y palmítico aumentó ligeramente.</p> <p>En términos de pretratamiento de tostado, la muestra mostró una pequeña caída en los ácidos linoleico y oleico, así como un ligero aumento en los ácidos palmítico y esteárico, similar a la muestra tratada con microondas.</p> <p>Solo se identificaron tocoferoles <math>\alpha</math> y <math>\gamma</math> con un predominio del tocoferol <math>\gamma</math> que representó el 98,26 %, 98,49 % y 98,86 %, respectivamente, en la muestra sin tratar, sometida a microondas y sometida a tostado respectivamente. Se observó una disminución del <math>\alpha</math>-tocoferol en la muestra pre tratada en microondas, lo cual puede deberse a los tiempos superiores con dicho pretratamiento.</p> <p>Es importante señalar que el tratamiento con microondas de las semillas de calabaza tuvo un impacto significativo en la mayoría de los compuestos de fitoesteroles identificados modificando la presencia en sus cantidades. Estos hallazgos implican que el pretratamiento con microondas provoca la interrupción de la membrana celular de la semilla oleaginosa, lo que permite una mayor liberación de fitoesteroles mejorando las cantidades en el aceite extraído. En cuanto a todos los fitoesteroles identificados en la muestra tostada sufrieron un incremento significativo en sus cantidades con un alza total de 51,13%. El aumento de esteroides a lo largo del proceso de tostado se informó</p>	
--	--	---	--	--

			de cambios en la harina de semillas a medida que el aceite emerge de las semillas al final de la fase de tostado, alterando el comportamiento químico del proceso de extracción.	
Ultrasonido	Extracción de aceite.	<p>Para la extracción las semillas fueron lavadas y sometidas a secado a 60°C por 24 h para eliminar la humedad, posteriormente fueron molidas alcanzando un tamaño de partícula de 0,59 mm, empacadas y almacenadas a 4°C.</p> <p>La extracción se realizó con una frecuencia de 20 kHz, potencia de 400 W y con diferentes condiciones de tiempo entre 5 a 30 min y una amplitud de 25 a 100%.</p> <p>El contenido de ácidos grasos contenidos en el aceite fue cuantificado por medio de cromatografía de gases (GC) equipado con un detector de ionización de llama y utilizando nitrógeno como gas portador, las muestras fueron inyectadas a una temperatura programada de 130 a 230°C.</p>	<p>Se obtuvo un mayor rendimiento de extracción a una amplitud de 62,50% y un tiempo de 5 min. Se evidencia que el rendimiento es proporcional al aumento de la amplitud debido al fenómeno de la cavitación, debido a la ruptura de las membranas celulares y rápida propagación de las sustancias solubles de la fase sólida a la fase solvente.</p> <p>También se informó que a medida que se daba el aumento de la amplitud, aumentaba la proporción de ácidos grasos libres, los cuales podían ser afectados por el aumento de temperatura que se generaba debido al tiempo de ultrasonido al cual es sometida la muestra provocando la oxidación de los dobles enlaces de los ácidos grasos poliinsaturados.</p> <p>Los principales ácidos grasos insaturados detectados en los extractos obtenidos fueron el ácido oleico y linoleico, con valores que oscilaron entre 37,5% a 38,3% y 34,4% a 35,6% de los ácidos grasos totales, respectivamente. Además, se detectó la presencia de ácidos grasos saturados (ácido palmítico y esteárico del 17,6 al 18,5 y del 8,6 al 9,5 % de los ácidos grasos totales, respectivamente). Las variaciones se deben a las diferentes condiciones de espacio y tiempo aplicadas en la extracción de aceite asistida por ultrasonido, además de la afinidad química que pueden tener diferentes ácidos grasos con el <i>n</i>-hexano.</p>	(Hernández-Santos et al., 2016).
Extracción enzimática acuosa	Extracción de aceite.	Las semillas se secaron en un secador de vacío a 75 °C y 25 kPa durante 24 h hasta un contenido de humedad del 2 %, se molieron y	Se recuperó más aceite usando enzimas hidrolíticas (29,42–59,88 %) en comparación con el control	(Jiao et al., 2014).

asistida por microondas (MAAEE).	Contenido de tocoferoles y fenoles totales.	<p>se obtuvo un polvo que se empaco y almaceno a 4°C hasta su extracción. Se utilizó un sistema de reacción acelerada por microondas MAS-II (2450 MHz) utilizando cantidad conocida de enzimas, 10 g de muestra de semilla tamizada en malla de 80, proporción de líquido/ solido 6:1 (ml/g), pH de 5 y velocidad de agitación de 200 rpm. Posterior al proceso de extracción la solución se centrifugo a 9393 g durante 15 minutos.</p> <p>Las composiciones de ácidos grasos de los aceites de semilla de calabaza se analizaron mediante GC-MS. El análisis GC-MS de FAME se realizó con un cromatógrafo de gases/espectrómetro de masas y las condiciones operativas detalladas se llevaron a cabo de la siguiente manera: velocidad de flujo de gas helio 3 ml/min; relación de división 1:10; temperatura del inyector 250 °C; volumen de inyección 1 µL; Progreso de la temperatura del horno de 150 a 210 °C a razón de 15 °C/min, de 210 a 226 °C a razón de 1 °C/min; temperatura del detector 300 °C; temperatura de la fuente de iones 200 °C; modo de ionización utilizado en impacto electrónico 70 eV; rango de masas 50–500 <i>m/z</i> ., se realizó una curva de calibración de α-tocoferol en tolueno en los rangos de concentración de 0-240 mg/mL. Los resultados se expresaron en mg de α-tocoferol por kilogramo de aceite. El contenido de PT se determinó espectrofotométricamente utilizando el reactivo de Folin-Ciocalteu, se realizó una curva de calibración de ácido gálico en metanol en los rangos de concentración de 0,04-0,40 mg/ml. Los resultados se expresaron en mg de ácido gálico por kilogramo de aceite.</p>	(28,43 %, sin enzima). La celulasa, la pectinasa y la proteinasa aumentaron significativamente la recuperación de aceite, mientras que la hemicelulasa y la β-glucosidasa solo tuvieron un efecto débil. Esto se debe a que el tratamiento enzimático puede romper las redes de proteínas de las células de cotiledón y las membranas a base de oleosina que rodean los cuerpos lipídicos, lo que libera más aceites. La temperatura y la potencia de irradiación tuvieron un efecto significativo en la recuperación de aceite y demostraron que la temperatura de extracción de alrededor de 45 °C y la potencia de irradiación de alrededor de 420 W dieron como resultado un alto rendimiento de aceite. Sin embargo, a temperaturas más altas (45–55 °C), el rendimiento disminuyó significativamente ya que las enzimas, que son proteínas, se desnaturalizaron a temperaturas más altas.	
Dióxido de carbono supercrítico (SC-CO <sub>2</sub> ).	Extracción de carotenos, tocoferoles y fitoesteroles.	Las semillas se sometieron a secado obteniendo muestras con una humedad de 5,7 %. Se molieron y se tamizo logrando un tamaño de partícula de 2 mm.	La aplicación de alta temperatura (333 K) y presión (22 MPa) favoreció la extracción de β-caroteno, debido a la solubilidad de este compuesto en CO <sub>2</sub> , la cual está influenciada por la densidad	(Cuco et al., 2019).

		<p>Para la extracción se hizo uso de dióxido de carbono al 99,9% y <i>n</i>-hexano, el recipiente de extracción se cargó con 60 g de muestra, se hizo uso de una presión a 18, 20 y 22 MPa y la temperatura a 293, 318 y 333 K, siendo el CO<sub>2</sub> subcrítico a 293 K y supercrítico a las demás temperaturas.</p> <p>La determinación del contenido de <math>\beta</math>-caroteno, compuestos fenólicos y actividad antioxidante se realizó con el uso de: <i>n</i>-hexano (Anidrol), etanol (Synth), carbonato de sodio (Anidrol), ácido gálico (Sigma Aldrich), estándar Folin-Ciocalteu (Sigma Aldrich), metanol (Panreac) y el radical libre 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH).</p> <p>Para la determinación del contenido de <math>\beta</math>-caroteno se solubilizaron muestras (10 mg) en <i>n</i>-hexano (10 ml) y se determinó el contenido de <math>\beta</math>-caroteno mediante un espectrofotómetro (Femto UV/VIS-700 plus), considerando la lectura de absorbancia para las muestras a una longitud de onda (<math>\lambda</math>) de 450 nm</p>	<p>y repulsión soluto-solvente y la presión de vapor del soluto. Al comparar los contenidos de <math>\beta</math>-caroteno obtenidos con CO<sub>2</sub> y los demás métodos, se verificó que el uso de <i>n</i>-hexano presentó una mayor eficiencia en la extracción de este compuesto, y los mayores rendimientos se obtuvieron aplicando la extracción asistida por ultrasonido.</p> <p>El <math>\beta</math>-caroteno tiene una baja solubilidad en CO<sub>2</sub>, requiriendo presiones muy altas para favorecer su extracción, ya que existe una alta resistencia intrínseca a la transferencia de masa en la matriz vegetal.</p> <p>El CO<sub>2</sub> mostró una mayor eficiencia en cuanto a la extracción de compuestos fenólicos en comparación con los demás métodos utilizados, esto posiblemente se debió a la temperatura más baja (293 K) utilizada en la extracción con CO<sub>2</sub>.</p> <p>Los extractos obtenidos de las semillas presentaron el <math>\gamma</math>-tocoferol y en concentraciones más bajas (105,3 mg) a 283,0 mg por 100 g de aceite).</p> <p>En los extractos de semilla de calabaza estaban presentes los fitoesteroles <u>campesterol</u> y <u>estigmasterol</u></p> <p>lo que indica que el uso de extracción con CO<sub>2</sub> supercrítico favoreció la extracción de fitoesteroles en comparación con otras técnicas como la extracción Soxhlet clásica</p>	
Extracción con dióxido de carbono supercrítico (SC-CO <sub>2</sub> ).	Extracción de aceite y determinación de vitamina E y carotenoides.	La extracción SC-CO <sub>2</sub> se llevó a cabo utilizando un aparato de laboratorio (Spe-ed SFE system, Applied Separations, Allentown, PA, EE. UU.) se empaquetaron en el recipiente 25 g del material alimentado (matriz, comatriz o combinación de matriz/comatriz) y se extrajo estáticamente (sin flujo de fluido) durante 15 min y, posteriormente, dinámicamente, durante 60 min. El caudal de dióxido de carbono se	Debido a su alto contenido de aceite, las semillas de calabaza molidas (comatriz) dieron como resultado un rendimiento de extracción de 35,5% por medio de la extracción SC-CO <sub>2</sub> , comparado con un 31% obtenido por la técnica de extracción soxhlet. La adición de semillas de calabaza a la matriz contribuyó a mejorar la eficiencia de extracción de carotenoides	(Durante et al., 2014).

		<p>mantuvo constante a 4 ml/min, 35 MPa y 60°C para presión y temperatura respectivamente.</p> <p>Los análisis cuali-cuantitativos de <u>tocoles</u> y carotenoides se llevaron a cabo usando un sistema HPLC . El caudal fue de 1,0 ml/min y la temperatura de la columna se mantuvo a 25 °C, el volumen de inyección fue de 10 µL y la absorbancia se registró mediante una matriz de diodos a longitudes de onda de 475 nm para los carotenoides y 290 nm para la vitamina E.</p>	<p>posiblemente al aumentar la solubilidad del analito en el fluido supercrítico.</p> <p>El α-tocoferol (α-T) era la forma predominante de vitamina E en todos los extractos y representaba más del 90 % de la vitamina E total. Se informó que el aceite de semilla de calabaza contiene cantidades considerables de tocoferoles y tocotrienoles en una proporción de aproximadamente 3:1. la cantidad total de carotenoides en el aceite de semilla fue extremadamente baja.</p>	
Ultrasonido	Proteínas	<p>Las semillas de calabaza fueron lavadas, secadas y molidas. Se hizo uso de un homogeneizador ultrasónico (U500, Takashi, Japón) que tenía una frecuencia de 20-25 kHz y una sonda de 6 mm de diámetro. La solución se procesó utilizando un homogeneizador ultrasónico usando diferentes niveles de variables independientes (es decir, potencia de ultrasonido de 100, 200 y 300 W y tiempo de tratamiento de 10, 15 y 20 min) manteniendo la temperatura y el pH fijos a 32°C y 9,5 respectivamente.</p>	<p>El rendimiento de extracción de proteína aumento cada vez que la potencia del ultrasonido aumentaba, y al pasar el tiempo aumento de igual manera, lo que indica que existe una relación directa con la extracción de proteína y el tiempo de exposición al ultrasónico, ya que para que se dé la ruptura de las moléculas y se dé mejores resultados de extracción debe existir mayor potencia y tiempo.</p>	<p>(Das et al., 2022), (Hernández-Santos et al., 2016).</p>

### **Productos a base de las semillas de calabaza o sus derivados.**

Los productos alimenticios suplementados con semillas son cada vez más populares debido a sus altos niveles de ácidos grasos insaturados, proteínas, fibra soluble y micronutrientes, se pueden usar enteros o molidos y su aceite se puede usar como aceites vegetales, emulsiones estables o polvo micro encapsulado en una variedad de formulaciones de alimentos. Es por esto que la incorporación de compuestos bioactivos típicos en diferentes matrices alimentarias está limitada por sus características inherentes, como el sabor, la incompatibilidad con la formulación y sus ingredientes, el procesamiento posterior que puede afectar la retención de compuestos lábiles. En este sentido, la encapsulación es una tecnología universal capaz de satisfacer estas necesidades, contribuyendo así al desarrollo de alimentos funcionales de alto valor (Celli et al., 2015).

La encapsulación es una técnica utilizada para recubrir o encapsular uno o más materiales dentro de otro material. Las técnicas comunes aplicadas para la encapsulación industrial de aceites incluyen el secado por aspersion, el recubrimiento en lecho fluidizado, la extrusión, el secado por congelación y la separación de fases por coacervación (Ogrodowska et al., 2017). Las técnicas de encapsulación pueden contribuir a extender la vida útil del producto, protegiendo los componentes activos contra la degradación durante el almacenamiento y manteniendo su funcionalidad; enmascarar sabores, olores o sabores no deseados; y aumentar la eficacia de los compuestos funcionales naturales que normalmente tienen una potencia más baja a niveles equivalentes en comparación con los ingredientes sintéticos (Luca et al., 2014).

El secado por aspersion es la técnica más utilizada para la encapsulación de agentes activos en la industria alimentaria, como polifenoles, aceites, proteínas, carotenoides y células vivas probióticas. Es un método rápido y rentable que se puede operar de forma continua y aumentar significativamente la vida útil del producto (Carneiro et al., 2013).

Aunque se usa ampliamente, el secado por aspersion tiene algunas desventajas. Algunos autores como Rodea-González et al. (2012), argumentan que este proceso es una inmovilización



y no una verdadera tecnología de encapsulación, ya que algunos de los bioactivos pueden quedar expuestos en la superficie, pudiendo ser un problema para los probióticos, por ejemplo, que se filtrarían del encapsulado al producto, afectando su viabilidad. Otro problema para los probióticos son las altas temperaturas utilizadas para el secado. Además, el calor utilizado en el proceso puede causar micro fisuras en la superficie de las partículas que pueden afectar negativamente la estabilidad del bioactivo encapsulado.

El secado por frío es un método útil para compuestos sensibles al calor que se degradarían a las temperaturas utilizadas para el secado por aspersión. Si el agente activo se disuelve en agua, se puede utilizar la liofilización para la formación de un polvo amorfo. La muestra se congela inicialmente, seguida de secado por sublimación directa a baja presión y temperatura, se muele al tamaño apropiado (Celli et al., 2015).

De acuerdo con lo anterior, algunas de estas técnicas son utilizadas para la incorporación de compuestos bioactivos de las semillas de calabaza en otras matrices alimentarias, por esto según Davi et al. (2018) una de las más usadas es convertir las semillas de calabaza en polvos secos, el cual es muy utilizado para la incorporación en la harina de trigo, la cual es usada para la elaboración de galletas funcionales con mayor contenido total de fenoles, flavonoides y carotenoides, los cuales son los agentes básicos detrás de los procesos de oxidación.

**Tabla 3.** Aplicaciones en alimentos de los derivados de las semillas de calabaza.

Producto	Objetivo de la aplicación	Alimento funcional	Conclusión del estudio	Referencia
Aislados proteicos texturizados de semillas de calabaza.	Sustitución de la carne.	Salchichas	Estos sustitutos de la carne son los agentes responsables de los cambios organolépticos favorables y de la creación de productos con alta aceptabilidad por parte del consumidor.	(Ebert et al., 2022)
Aceite de semilla de calabaza (PSO) (antioxidante).	Sustitución parcial	Embutidos cárnicos.	Puede ser utilizado como sustituto parcial de la grasa animal en la preparación de alimentos cárnicos como los embutidos, debido a que se reduce el consumo y uso de grasas saturadas, las cuales están relacionadas con la presencia de enfermedades coronarias, evita la oxidación de las grasas debido a su capacidad antioxidante debido a la presencia de vitamina E en el extracto.	(Hussain, Kausar, Sehar, Sarwar, Ashraf, Jamil, Noreen, Rafique, Iftikhar, Quddoos, et al., 2022)
Harina de semillas de calabaza (carotenoides).	Sustitución de grasa.	Albóndigas de res	Buena fuente de nutrientes y que puede ser utilizada en la elaboración de albóndigas de res como ingrediente funcional y sustituto de grasa, la cual modifica la composición proximal de las mismas y reduce en contenido de grasa entre un 9 % y un 27%, donde se recomienda el uso de 3% de harina en la preparación de las albóndigas, ya que ha esta concentración existen cambios mínimos en su composición a nivel sensorial.	(Hussain, Kausar, Sehar, Sarwar, Ashraf, Jamil, Noreen, Rafique, Iftikhar, Quddoos, et al., 2022)
Semillas de calabaza (antioxidantes).	Incorporación.	Barras de semillas	Según estudios realizados por otros autores se han desarrollado barras de refuerzo de la inmunidad para los atletas, compuestas por semillas de calabaza, lino y girasol, que demostraron ser altamente efectivas para luchar contra el nuevo virus en este escenario de pandemia de COVID 19, ya que los alimentos de origen vegetal ricos en vitaminas, minerales y proteínas juegan un papel crucial en el aumento de la inmunidad, promoviendo bacterias beneficiosas en el cuerpo humano.	(Hussain, Kausar, Sehar, Sarwar, Ashraf, Jamil, Noreen, Rafique, Iftikhar, Aslam, et al., 2022)

Harina de semillas de calabaza (ácidos grasos mono y poliinsaturados)	Sustitución parcial de la harina de trigo	Muffins	Se evidenciaron resultados positivos, ya que a medida que aumentó la sustitución de la harina de trigo por harina de semillas de calabaza se evidenció que mejoró el valor nutricional de los muffins. Dicho aumento del contenido de harina de semilla de calabaza provocó una disminución de los ácidos grasos saturados de cadena corta y larga en los muffins. Además, cuando se evaluaron las propiedades sensoriales, más del 71 % de los niños informaron que los panecillos con un 33 % de harina de semilla de calabaza eran "sabrosos" y "muy sabrosos", para panecillos almacenados durante dos semanas sin condiciones especiales de empaque.	(Lemus-Mondaca et al., 2019)
Harina de semillas de calabaza.	Sustitución de harina de trigo.	Magdalenas (panecillo)	La semilla de calabaza, que es rica en proteínas, se usó como sustituto de la harina de trigo en las magdalenas. Según los hallazgos, la formulación de harina de semilla de calabaza al 50 % se consideró la mejor debido a las similitudes con la formulación de harina de trigo al 100 %, así como a su alto contenido de proteínas.	(Batista et al., 2018)
Harina de semillas de calabaza (fibras, carotenos).	Incorporación.	Pan	Se elaboró una formulación de pan usando harina de Semilla de Calabaza con y sin cáscara. El producto incorporado a las semillas sin cáscara tuvo mayor contenido de cenizas, lípidos, proteínas y valor calórico; mientras que el producto incorporado de semilla de calabaza sin cáscara tenía niveles más altos de humedad, fibra dietética total y carbohidratos.	(Costa, et al., 2018)
Extracto de semillas de calabaza (ácidos grasos poliinsaturados)	Micro encapsulación	Mayonesa.	Los resultados obtenidos mostraron que la encapsulación protegió eficazmente los aceites contra la degradación oxidativa y que se puede obtener mayonesa enriquecida con aceites comestibles encapsulados con alto valor nutricional .	(Rojas et al., 2019)
Aceite de semillas de calabaza.	Encapsulación de aceite para mejorar la estabilidad oxidativa en aceite de pescado.	Aceite de pescado.	Los resultados mostraron que la mezcla de calabaza y aceite de pescado (en una proporción de masa de 1:1) dio como resultado una mezcla de aceite con una composición promedio de ácidos grasos. Si bien la proporción de ácidos grasos LC n-3 en la mezcla disminuyó en comparación con el	(Ogrodowska et al., 2020)

			<p>aceite de pescado puro, la mezcla estaba enriquecida en tocoferoles (en aproximadamente un 8 %) y escualeno (en aproximadamente un 135 %) y además contenía carotenoides en una cantidad de 2,08 mg. /100 g de aceite, que originalmente estaban ausentes en el aceite de pescado. la encapsulación aumentó la estabilidad del aceite en aproximadamente 5 veces en promedio.</p> <p>el aceite de calabaza aportó tocoferoles, escualeno, fitoesteroles y carotenoides a la mezcla y diluyó el contenido de colesterol.</p>	
--	--	--	--	--

## **Beneficios para la salud**

Las enfermedades crónicas no transmisibles están relacionadas con el estilo de vida de cada ser humano y se han convertido en un gran problema de salud pública a nivel mundial. Es por esto que los consumidores día a día buscan adquirir nuevos productos que promuevan beneficios para su salud, deseando consumir alimentos sanos y de alto valor nutricional, siendo las semillas de calabaza son una rica fuente de nutrientes esenciales que tienen un impacto positivo en la salud (Karam et al., 2016).

Las hojas, flores, semillas y pulpa de calabaza contienen componentes antioxidantes, compuestos caracterizados por una alta bioactividad. Estos agentes antioxidantes afectan positivamente la salud humana al inhibir los radicales libres y las especies reactivas del oxígeno, por lo que reducen el riesgo de cáncer, enfermedades cardiovasculares y neurodegenerativas (Kulczyński et al., 2020).

Otros autores realizaron estudios en los que evidenciaron que el alto valor nutritivo de la semilla de calabaza y su aceite últimamente ha llevado a una creciente popularidad, esto debido a que el consumo de este en la dieta diaria previene el crecimiento de la próstata y la disminución de la diabetes mediante la promoción de la actividad hipoglucémica. Dichos beneficios que brinda el aceite de semillas extraído de las semillas (PSO), podrían estar asociados a una peculiar composición rica en ácidos grasos mono y poliinsaturados, minerales, vitaminas, derivados de pirazina, fitoesteroles, pigmentos y compuestos fenólicos (Uzlaşir et al., 2020). Además, existe evidencia de que las semillas pueden disminuir el riesgo y disminuir los niveles de cáncer de mama, gástrico, colon-rectal y pulmonar. Las semillas de Cucurbita máxima se han utilizado en la medicina tradicional como vermífugo y su consumo crudo y tostado ayuda a aliviar el dolor abdominal producido por parásitos intestinales (Lemus-Mondaca et al., 2019).

Estas semillas son ricas en fitoquímicos, ácidos grasos insaturados, aminoácidos esenciales, vitaminas y minerales. La cucurbitacina E contribuye a las actividades antiinflamatorias y anticancerígenas. La cucurbitina, extraída de las semillas de calabaza, actúa

como vasodilatador. Los tocoferoles reducen el daño oxidativo y otorgan efectos genoprotectores a las semillas. La trigonelina y el D-chiro-inositol mantienen el control glucémico al actuar como sensibilizadores de la insulina y los fenoles, flavonoides, saponinas y ácidos grasos esenciales exhiben actividad antihiperlipidémica (Jane Monica et al., 2022).

A continuación, se presentan algunos estudios llevados a cabo en pacientes humanos relacionados con el consumo de semillas de calabaza y/o sus compuestos bioactivos y los beneficios aportados a la salud.

**Tabla 4.** Beneficios aportados a la salud debido al consumo de semillas de calabaza o sus derivados.

Grupo evaluado	Metodología	Evaluación	Resultado	Referencia
Se hizo uso de 45 voluntarios 25 hombre y 20 mujeres con edades entre 41 a 80 años. Los sujetos fueron excluidos si estaban embarazadas o padecían enfermedades graves o agudas (p. ej., cáncer, infección e insuficiencia orgánica aguda, como insuficiencia cardíaca o hepática).	10 g el aceite de semilla de calabaza extraído de <i>C. maxima</i> se administraron diariamente y por vía oral a los sujetos durante 12 semanas.	Mejora el trastorno urinario en la vejiga hiperactiva en humanos.	Entre 6 y 12 semanas después de la administración inicial del aceite de semilla de calabaza, los niveles promedio de colesterol de lipoproteínas de alta densidad (colesterol HDL) y colesterol de lipoproteínas de baja densidad (colesterol LDL) y triglicéridos permanecieron esencialmente sin cambios. La administración oral de 500-1000 mg/día de este extracto durante 12 semanas causó disminución de síntomas relacionados con la próstata en un 41,4%. Además, más del 96% de los pacientes no tuvieron efectos secundarios no deseados debido al tratamiento con el aceite. Se especula que los sitoesteroles contenidos en el aceite de semilla son responsables de aliviar estos trastornos.	(Nishimura et al., 2014).
Se reclutaron hombres entre 50 y 80 años con síntomas del tracto urinario inferior debido a la hiperplasia prostática benigna (HPB/STUI) durante $\geq 6$ meses antes de la inscripción. Los criterios de exclusión fueron volumen prostático $> 40$ ml o volumen residual posmiccional (PVR) $> 100$ ml.	Los medicamentos activos fueron semilla de calabaza purificada o extracto de semilla de calabaza (500 mg cada cápsula. Fueron fabricadas a partir de semilla de calabaza medicinal, una variedad especial registrada de <i>Cucurbita pepo</i> L. La dosis diaria total fue de 10 g de semilla de calabaza (2 x 5 g) o 2 cápsulas con extracto de semilla de calabaza. Los pacientes tomaron la medicación del estudio por la mañana y por la noche.	Los pacientes fueron sometidos a una serie de exámenes físicos y de laboratorio para validar si eran aptos para el proceso. A los pacientes potencialmente aptos se les entregó un diario de micción para evaluar la nocturia y se les pidió que regresaran después de 1 mes. En la visita inicial, los pacientes devolvieron el diario de micción y completaron el cuestionario IPSS, incluida la calidad de vida relacionada con	El procedimiento de aleatorización dio como resultado características basales bien equilibradas entre los grupos. Los pacientes tenían $\geq 13$ puntos IPSS y su puntuación de calidad de vida era $\geq 3$ ; por lo tanto, tenían síntomas lo suficientemente molestos como para buscar tratamiento. Los que respondieron tuvieron una mejora del IPSS de $\geq 5$ puntos, por lo que inequívocamente experimentaron un alivio clínicamente significativo de los síntomas. Según evaluaciones previas de los síntomas, es necesaria una mejora mínima de 3 puntos para que un paciente perciba un beneficio clínico. Entre los pacientes que recibieron semillas de calabaza, la tasa de respuesta después de 12 meses fue de alrededor del 60 %. Esto superó la respuesta a cualquier forma de tratamiento con cápsula en un 10 %. Las comparaciones intergrupales descriptivas mostraron diferencias estadísticamente significativas.	(Vahlensieck et al., 2015)

		<p>IPSS. Los pacientes seleccionados fueron programados para consultas después de 3, 6, 9 y 12 meses para evaluar IPSS, QoL y nicturia registrada en el diario. En la visita final, se repitieron todos los exámenes y pruebas realizados en la selección, validando los cambios presentados a través del tiempo de suministro de medicamento.</p>		
<p>127 adultos los cuales sus edades oscilaron entre 39 y 63 años, los cuales debían cumplir unos criterios de inclusión que consistieron en un diagnóstico formal de una o más de las siguientes condiciones: síndrome metabólico, diabetes o enfermedades cardiovasculares (ECV).</p>	<p>A los participantes se les dio la dieta estándar recomendada de la Asociación Americana del Corazón saludable y las pautas de modificaciones de estilo de vida, mientras que la dieta del grupo 1 (casos) se complementó con una cápsula de gel disponible comercialmente de 1000 mg de PSO extraída en frío. Su composición de ácidos grasos esenciales saludables para el corazón (monoinsaturados como ácido oleico (41,4%) y grasas poliinsaturadas como ácido linoleico (37,0%),) y esteroides incluyendo estigmastatrienol, tigmastadienol, y</p>	<p>La investigación se basó en un experimento observacional, para determinar los efectos de una intervención de 90 días de 1000 mg de aceite de semilla de calabaza extraído en frío en colesterol total (TC), lipoproteína de baja densidad (LDL), lipoproteína de alta densidad (HDL), presión sistólica (SBP) y presión diastólica (DBP).</p>	<p>Se puede argumentar que las mejoras en las lecturas de HDL, LDL y SBP del grupo de control se debieron al efecto multifactorial de la dieta, el ejercicio y la intervención, mientras que la mejoría insignificante en la TC se debió a un aumento del colesterol endógeno cuando estaba limitado exógenamente. Los resultados del estudio muestran que la suplementación con el extracto de aceite, puede ser un tratamiento adyuvante de apoyo viable, ya que permite una mejor HDL, reduce LDL y DBP los cuales son puntos focales del manejo de la ECV. Las fluctuaciones de DBP especialmente, llevan un pronóstico adverso y el efecto saludable de PSO en DBP es terapéutico valioso. El efecto positivo de la PSO sobre el metabolismo altamente complejo del HDL proporciona una protección notable contra la progresión de la aterosclerosis, la oxidación y la disfunción endotelial.</p>	<p>(Majid et al., 2020)</p>



	spinasterol han sido de gran interés últimamente debido a su valor terapéutico.			
42 mujeres de la india con síndrome metabólico (MetS).	Los participantes que tenían MetS y que estaban dispuestos a participar en el estudio fueron asignados al grupo de prueba (n = 21) o al grupo de control (n = 21) al azar. 42 mujeres adultas fueron seleccionadas en base a criterios específicos de inclusión y exclusión. Los participantes del grupo de intervención recibieron 5 g de semillas de calabaza durante 60 días. Las semillas de calabaza se midieron, se empaquetaron en cubiertas con cierre hermético y se entregaron a los participantes tres veces por semana. Se les pidió que lo consumieran durante la merienda de la noche. El grupo de control no recibió semillas de calabaza. Se realizaron mediciones antropométricas, pruebas bioquímicas y presión arterial de cada una de las participantes.	Estudiar la eficacia de la suplementación con semillas de calabaza en mujeres indias con MetS	Los participantes que recibieron semillas de calabaza mostraron una reducción en el peso corporal, la circunferencia de la cintura y el índice de masa corporal (IMC). Sin embargo, estos cambios no fueron significativos en comparación con sus contrapartes. Después de 60 días, los niveles medios de glucosa en plasma en ayunas disminuyeron significativamente para los participantes del grupo de intervención en comparación con el grupo de control. Una amplia gama de componentes derivados de plantas, como tocoferoles, compuestos fenólicos y flavonoides, presentes en las semillas de calabaza contribuyen a la actividad hipoglucemiante. En este estudio, la suplementación con semillas de calabaza en mujeres adultas con síndrome metabólico aumentó el colesterol HDL en 4,43 mg/dl en comparación con el valor inicial. Se redujo la presión arterial sistólica (PAS) en 10 mm Hg y la presión arterial diastólica (PAD) en 5 mm Hg previniendo la incidencia de accidente cerebrovascular en un 30-40 % y los eventos coronarios agudos en un 16 %.	(Jane Monica et al., 2022)
60 hombres con hiperplasia prostática benigna (HPB) sintomática.	La sustancia de prueba es un extracto hidroetanólico patentado de semillas de calabaza de	Investigar los efectos de un extracto hidroetanólico de semilla de calabaza	Una intervención de 12 semanas con el extracto de semilla de calabaza hidroetanólico sin aceite patentado demostró un beneficio significativo en la HBP sintomática evaluada con el	(Leibbrand et al., 2019)

	<p><i>Cucurbita pepo</i> L. ssp. <i>pepo</i> var. <i>styriaca</i>. Se fabrica por extracción con 60% (m/m) de etanol/agua seguida de un procedimiento de descontaminación patentado para la eliminación de restos de aceite, ajustado con aditivos y secado. Se caracteriza por una proporción de fármaco: extracto de 15–25:1 (DER nativo 21–36:1) (en peso), en relación con las semillas de calabaza frescas. Los voluntarios ingirieron una tableta diaria (500 mg del extracto, correspondiente a 350 mg de extracto nativo y equivalente a 10 g de semillas de calabaza por tableta) antes de acostarse.</p>	<p>sin aceite (EFLA 940) sobre los síntomas relacionados con la HPB.</p>	<p>cuestionario IPSS, el diario de la vejiga y el volumen posmiccional. Sin embargo, en este estudio también se observó un efecto placebo con una reducción de IPSS (índice Internacional de Síntomas de la Próstata) 17,7 a IPSS 12,2, por lo que una respuesta IPSS de hasta 5 puntos en 12 meses podría atribuirse a efectos placebo.</p>	
<p>El ensayo se llevó a cabo con 23 mujeres posmenopáusicas.</p>	<p>El grupo que ingirió el PSO ingirió 3 g/día; Se tomó una cápsula de 1 g con cada comida principal. El grupo de placebo recibió el mismo régimen de maltodextrina (un polisacárido), 1 cápsula tres veces al día. La dosis y la programación se basaron en estudios previos que mostraron tendencias de salud positivas después de la suplementación con PSO en varias poblaciones, incluidas</p>	<p>Examinar los efectos de la suplementación con PSO sobre la función vascular y la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) en mujeres posmenopáusicas con presión arterial (PA) elevada.</p>	<p>Se observó una disminución del 5 % en Alx (índice de aumento) después de la suplementación con PSO, que puede traducirse en una reducción del riesgo de eventos cardio vasculares (CV) del 16 %. Por lo tanto, la suplementación con PSO puede reducir el riesgo CV en mujeres posmenopáusicas. Por lo tanto, la eficacia de la ingesta diaria de extracto de aceite de semillas de calabaza (PSO) para reducir la presión arterial sistólica central (PAS) puede tener resultados clínicos importantes para las mujeres posmenopáusicas con presión arterial elevada e hipertensión.</p>	<p>(Wong et al., 2019)</p>

	disminuciones en la PA braquial en mujeres posmenopáusicas.			
--	---	--	--	--

**Tabla 5.** Compuestos nutricionales de las semillas de calabaza y sus beneficios para la salud.

<b>Compuesto</b>	<b>Beneficio para la salud</b>	<b>Referencia</b>
Ácidos grasos esenciales	Promueve la formación de colágeno.	(Vahlensieck et al., 2015)
Potasio	Prevenir cálculos renales	(Hussain, Kausar, Sehar, Sarwar, Ashraf, Jamil, Noreen, Rafique, Iftikhar, Quddoos, et al., 2022)
Vitamina A y E	Prevenir el cáncer de próstata	
Moschatina	Anti-cancerígeno	
Cucurbitacina	Ayuda en la salud de la próstata.	
Ácido graso omega-3	Apoya la salud del corazón y reduce los niveles de LDL	
Citosteroles	Propiedades anticancerígenas	
Fitoesteroles	Reducir el colesterol en la sangre	
Serotonina, L-triptófano	Equilibrar los estados de ánimo y los patrones de sueño.	
Fitoestrógeno	Prevenir el cáncer de mama	
Proteínas	Agentes antimicrobianos y antiinflamatorios	

## Discusión

De acuerdo con los resultados obtenidos de este estudio se logró evidenciar que la tecnología ha ido en constante desarrollo a través del tiempo, permitiendo con ello la aparición de las técnicas emergentes para la extracción de compuesto bioactivos también llamada tecnología verde, las cuales permiten la obtención de un producto de calidad, ya que se logran mejores rendimientos en la extracción, mayor cuidado en los compuestos de interés, uso de solventes orgánicos, menores temperaturas en el proceso, entre otros (tabla 1). Por esta razón las técnicas que han sido más utilizadas para la extracción de compuestos bioactivos son el ultrasonido y la extracción con dióxido de carbono super crítico SC-CO<sub>2</sub>, estas técnicas permiten principalmente la extracción del aceite contenido en las semillas de calabaza y posteriormente la identificación de compuestos de interés.

Según investigaciones anteriores realizadas por Ferreira et al. (2022) y Xie et al. (2019), se han demostrado las ventajas de la extracción con dióxido de carbono super crítico SC-CO<sub>2</sub> sobre los métodos de extracción convencionales, están relacionadas con un menor tiempo de extracción, menor volumen de solvente, alta eficiencia y seguridad, mayor conservación de la calidad del aceite debido a la baja temperatura de extracción y reducción del costo de los servicios públicos y la inversión total. Esta técnica permite la extracción e identificación de compuestos como los carotenos, tocoferoles y fitoesteroles, siendo más a fin con la extracción de los fenoles en comparación a otros métodos, entre ellos el ultrasonido, al igual que favorece la extracción de fitoesteroles en comparación con otras técnicas como la extracción Soxhlet clásica.

Por otro lado, la extracción asistida por ultrasonido posee algunas desventajas para su uso de acuerdo a los estudios realizados por Das et al. (2022), por ejemplo, la selectividad de la extracción suele ser baja; el solvente no se puede renovar durante el proceso, y requiere no solo filtración sino también evaporación del solvente. A pesar de estas desventajas es una técnica que garantiza la calidad del aceite conservando y

protegiendo los ácidos grasos de vital importancia presentes en el extracto de semillas de calabaza. Esta técnica también permite la extracción de las proteínas presentes en las semillas de calabaza, teniendo una relación directa entre el tiempo y la potencia del ultrasonido para lograr mejores rendimientos al generar rupturas de la membrana de la semilla.

En la tabla 2 se observa algunas formas de incorporación y aprovechamiento de los compuestos bioactivos de las semillas de calabaza en otras matrices alimentarias, ya sea de los diferentes compuestos extraídos de las mismas, sus polvos o enteras, convirtiendo estos alimentos en funcionales, que aportan grandes beneficios para la salud al ser consumidos. Las formas de incorporación más comúnmente en la industria alimentaria son mediante encapsulación o sustituciones parciales o totales de algún ingrediente en la preparación. Según Rojas et al. (2019) al realizar la microencapsulación del aceite de semillas de calabaza y ser incorporado en la preparación de una mayonesa, protege el aceite de la degradación oxidativa siendo una gran ventaja, ya que permite obtener un producto enriquecido con aceites de alto valor nutricional como los ácidos grasos poliinsaturados. Otros estudios realizados por autores como Batista et al. (2018), Lemus-Moncada et al. (2019), Costa et al. (2018) y Hussain et al. (2022), han demostrado que el uso de harinas obtenidas de las semillas de calabaza ha permitido realizar sustituciones parciales o en un 100% en la formulación de alimentos como panes, panecillos, muffins, aportando fibra, carotenos, ácidos grasos poliinsaturados, proteínas y/o siendo sustituto parcial de la grasa de origen animal que es utilizada en la elaboración de albóndigas de res, reduciendo el contenido de esta en este producto lo que lo convierte en un alimento saludable y/o funcional dado que previene la aparición de enfermedades cardiovasculares en los consumidores. Esta sustitución también se puede llevar a cabo mediante el uso de aceite de semilla en la preparación y elaboración de embutidos cárnicos, ya que reduce el

consumo de grasa saturada, se previene la oxidación de las grasas gracias a su alta capacidad antioxidante debido a la presencia de vitamina E en el extracto.

Con base a los estudios anteriores realizados en pacientes humanos, muchos de estos han establecido gran relación entre el consumo de compuestos bioactivos y los efectos benéficos en la salud (tabla 3). De acuerdo a los resultados de este estudio se evidencia en gran medida la relación consumo beneficio entre el aceite de semilla de calabaza y la disminución o reducción de síntomas relacionados con los trastornos urinarios tanto hombres como mujeres, o los síntomas relacionados con la hiperplasia prostática benigna en hombres, donde gracias al suministro de aceite de semillas de calabaza (PSO) no se presentaron alteraciones o cambios en el colesterol HDL o LDL, al igual que los triglicéridos en cada uno de los pacientes, pero si se evidencio que luego del tiempo establecido del suministro de la dosis del PSO se presentaba disminución de los síntomas relacionados a estos trastornos, resultados similares a los arrojados en estudios llevados a cabo por Vahlensieck et al.(2015).

Otro de los resultados más relevantes de este estudio y que valida los resultados brindados por Majid et al. (2020) en sus estudios, es que el uso del PSO y sus efectos sobre el colesterol total, lipoproteínas de baja y alta densidad (LDL-HDL), la presión sistólica y diastólica en pacientes con síndrome metabólicos, diabetes o enfermedades cardiovasculares (ECV), donde se evidencian efectos positivos para la salud ya que permite una mejoría en el HDL, reduce el LDL y la presión diastólica en pacientes, ya que son las principales causas de ECV.

Otros beneficios asociados al consumo de PSO es la disminución de la presión arterial en mujeres posmenopáusicas, reduciendo en ellas el riesgo de sufrir un evento cardiovascular.

Según este estudio existen diversas formas de aprovechar el gran potencial de las semillas de calabaza y aportar grandes beneficios a la salud de los seres humanos, es de

vital importancia para estudios futuros continuar indagando nuevas técnicas de incorporación de los compuestos bioactivos en los alimentos, evitando que estos durante un tratamiento posterior se destruyan o su principio activo pierda su principal función.



## Conclusiones

Las semillas de calabaza son una fuente de diversos compuestos bioactivos que desempeñan un papel importante en la prevención de enfermedades y la promoción de la salud en los seres humanos. Estas semillas exhiben actividades inmunomoduladores, antiinflamatorias, antioxidantes, antimicrobianas y antivirales, lo que las convierte en un ingrediente funcional para su potencial uso en la industria alimentaria, siendo incluidas en la dieta humana de diferentes formas de consumo, transformadas e incorporadas en la preparación de otros alimentos o en su forma natural con una preparación previa (tostado) a su consumo.

De acuerdo a los resultados obtenidos y basado en los datos de estudios anteriores, los polvos de calabaza, extractos y aislados son las formas más apropiadas de utilizar el potencial bioactivo de las semillas de calabaza para ser incorporados en la preparación de alimentos funcionales, debido a que por medio de estos se protegen los compuestos bioactivos encargados de diversos beneficios al interior del organismo.

El uso de tecnologías emergentes para la obtención de compuestos bioactivos presentes en las semillas de calabaza permite mayor eficiencia y mejores rendimientos, logrando un producto de alta calidad que al ser incorporado en la preparación de alimentos se ha asociado con la prevención, promoción, bienestar y mitigan el riesgo de la aparición de enfermedades crónicas no transmisibles (ECN) en los seres humanos.

### Referencias

- Abd Rashid, S. N. A., Leong, H. Y., Cheng, K. K., Yaakob, H., & Abdul Latiff, N. (2023). Squalene rich virgin palm oil by microwave-assisted enzyme aqueous extraction from palm mesocarp. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 47, 102568. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2022.102568>
- Amin, M. Z., Islam, T., Uddin, M. R., Uddin, M. J., Rahman, M. M., & Satter, M. A. (2019). Comparative study on nutrient contents in the different parts of indigenous and hybrid varieties of pumpkin (*Cucurbita maxima* Linn.). *Heliyon*, 5(9). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02462>
- Batista, J. E. R., Braga, L. P., de Oliveira, R. C., Silva, E. P., & Damiani, C. (2018). Partial replacement of wheat flour by pumpkin seed flour in the production of cupcakes filled with carob. *Food Science and Technology (Brazil)*, 38(2), 250–254. <https://doi.org/10.1590/1678-457X.36116>
- Brianceau, S., Turk, M., Vitrac, X., & Vorobiev, E. (2015). Combined densification and pulsed electric field treatment for selective polyphenols recovery from fermented grape pomace. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 29, 2–8. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2014.07.010>
- Briones-Labarca, V., Plaza-Morales, M., Giovagnoli-Vicuña, C., & Jamett, F. (2015). High hydrostatic pressure and ultrasound extractions of antioxidant compounds, sulforaphane and fatty acids from Chilean papaya (*Vasconcellea pubescens*) seeds: Effects of extraction conditions and methods. *LWT*, 60(1), 525–534. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.07.057>
- Cardozo, C. J. M., Hernández, D. M., Gutiérrez, B. L. C., Velásquez, H. J. C., Molina, D. A. R., & Londoño, G. C. (2021). Physical, physiological, physicochemical and nutritional characterization of pumpkin (*Cucurbita maxima*) in postharvest stage cultivated in antioquia-

- colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 74(3), 9735–9744.  
<https://doi.org/10.15446/rfnam.v74n3.90820>
- Carneiro, H. C. F., Tonon, R. V., Grosso, C. R. F., & Hubinger, M. D. (2013). Encapsulation efficiency and oxidative stability of flaxseed oil microencapsulated by spray drying using different combinations of wall materials. *Journal of Food Engineering*, 115(4), 443–451.  
<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.03.033>
- Celli, G. B., Ghanem, A., & Brooks, M. S. L. (2015). Bioactive Encapsulated Powders for Functional Foods—a Review of Methods and Current Limitations. In *Food and Bioprocess Technology* (Vol. 8, Issue 9, pp. 1825–1837). Springer New York LLC.  
<https://doi.org/10.1007/s11947-015-1559-z>
- Chalé, F. H., Ancona, D. B., & Campos, M. R. S. (2014). Compuestos bioactivos de la dieta con potencial en la prevención de patologías relacionadas con sobrepeso y obesidad; péptidos biológicamente activos. In *Nutrición Hospitalaria* (Vol. 29, Issue 1, pp. 10–20).  
<https://doi.org/10.3305/nh.2014.29.1.6990>
- Chari, K. Y., Polu, P. R., & Shenoy, R. R. (2018). An Appraisal of Pumpkin Seed Extract in 1, 2-Dimethylhydrazine Induced Colon Cancer in Wistar Rats. *Journal of Toxicology*, 2018. Article ID 6086490, 12 pages <https://doi.org/10.1155/2018/6086490>
- Coronado H.Marta, V. S. R. G. L. V. F. M. R. V. Claudia. (2015). Antioxidants: present perspective for the human health. *Revista Chilena de Nutrición*, 42, Vol 42 (2).  
<https://www.scielo.cl/pdf/rchnut/v42n2/art14.pdf>
- Cuco, R. P., Cardozo-Filho, L., & Silva, C. da. (2019). Simultaneous extraction of seed oil and active compounds from peel of pumpkin (*Cucurbita maxima*) using pressurized carbon dioxide as solvent. *Journal of Supercritical Fluids*, 143, 8–15.  
<https://doi.org/10.1016/j.supflu.2018.08.002>

- Dahiya, S., Kumar, A. N., Shanthi Sravan, J., Chatterjee, S., Sarkar, O., & Mohan, S. V. (2018). Food waste biorefinery: Sustainable strategy for circular bioeconomy. In *Bioresource Technology* (Vol. 248, pp. 2–12). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.07.176>
- Das, M., Devi, L. M., & Badwaik, L. S. (2022a). Ultrasound-assisted extraction of pumpkin seeds protein and its physicochemical and functional characterization. *Applied Food Research*, 2(1), 100121. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100121>
- Das, M., Devi, L. M., & Badwaik, L. S. (2022b). Ultrasound-assisted extraction of pumpkin seeds protein and its physicochemical and functional characterization. *Applied Food Research*, 2(1). <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100121>
- de Farias, L. M., Brito, A. K. da S., Oliveira, A. S. da S. S., Lima, G. de M., Rodrigues, L. A. R. L., de Carvalho, V. B. L., Cunha, F. V. M., Pereira, C. F. de C., Rizzo, M. dos S., Nunes, P. H. M., Frota, K. de M. G., de Lima, A., dos Santos, A. C. A., Alberto, N. S. M. da C., Arcanjo, D. D. R., & Martins, M. do C. de C. e. (2022). Hypotriglyceridemic and hepatoprotective effect of pumpkin (*Cucurbita moschata*) seed flour in an experimental model of dyslipidemia. *South African Journal of Botany*.000.1-9. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2022.05.008>
- Devi, M., Prasad, R. v, & Sagarika, N. (2018). A review on health benefits and nutritional composition of pumpkin seeds. ~ 1154 ~ *International Journal of Chemical Studies*, 6(3).1154-1157.
- Dhurve, P., & Kumar Arora, V. (2022). Investigation of geometric and gravimetric properties of pumpkin seeds (*Cucurbita maxima*) under tray drying. *Materials Today: Proceedings*, 59, 437–441. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.11.452>
- Dotto, J. M., & Chacha, J. S. (2020). The potential of pumpkin seeds as a functional food ingredient: A review: Biofunctional ingredients of pumpkin seeds. In *Scientific African* (Vol. 10). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2020.e00575>
- Durante, M., Lenucci, M. S., D'Amico, L., Piro, G., & Mita, G. (2014). Effect of drying and co-matrix addition on the yield and quality of supercritical CO<sub>2</sub> extracted pumpkin (*Cucurbita*

moschata Duch.) oil. *Food Chemistry*, 148, 314–320.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.10.051>

Ebert, S., Jungblut, F., Herrmann, K., Maier, B., Terjung, N., Gibis, M., & Weiss, J. (2022). Influence of wet extrudates from pumpkin seed proteins on drying, texture, and appearance of dry-cured hybrid sausages. *European Food Research and Technology*, 248(6), 1469–1484. <https://doi.org/10.1007/s00217-022-03974-4>

Ezzat, S. M., Adel, R., & Abdel-Sattar, E. (2022). Pumpkin Bio-Wastes as Source of Functional Ingredients. In *Mediterranean Fruits Bio-wastes* (pp. 667–696). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-84436-3\\_29](https://doi.org/10.1007/978-3-030-84436-3_29)

Ferreira, I. J. B., Alexandre, E. M. C., Saraiva, J. A., & Pintado, M. (2022). Green emerging extraction technologies to obtain high-quality vegetable oils from nuts: A review. In *Innovative Food Science and Emerging Technologies* (Vol. 76). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.102931>

Hernández-Santos, B., Rodríguez-Miranda, J., Herman-Lara, E., Torruco-Uco, J. G., Carmona-García, R., Juárez-Barrientos, J. M., Chávez-Zamudio, R., & Martínez-Sánchez, C. E. (2016). Effect of oil extraction assisted by ultrasound on the physicochemical properties and fatty acid profile of pumpkin seed oil (*Cucurbita pepo*). *Ultrasonics Sonochemistry*, 31, 429–436. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.01.029>

Hussain, A., Kausar, T., Sehar, S., Sarwar, A., Ashraf, A. H., Jamil, M. A., Noreen, S., Rafique, A., Iftikhar, K., Aslam, J., Quddoos, M. Y., Majeed, M. A., & Zerlasht, M. (2022). Utilization of pumpkin, pumpkin powders, extracts, isolates, purified bioactives and pumpkin based functional food products: A key strategy to improve health in current post COVID 19 period: An updated review. In *Applied Food Research* (Vol. 2, Issue 2). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100241>

Hussain, A., Kausar, T., Sehar, S., Sarwar, A., Ashraf, A. H., Jamil, M. A., Noreen, S., Rafique, A., Iftikhar, K., Quddoos, M. Y., Aslam, J., & Majeed, M. A. (2022). A Comprehensive review

- of functional ingredients, especially bioactive compounds present in pumpkin peel, flesh and seeds, and their health benefits. *Food Chemistry Advances*, 1, 100067. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2022.100067>
- Iwona Konopka\*, B. R. S. C. and M. T. (2016). Optimization of Pumpkin Oil Recovery by Using Aqueous Enzymatic Extraction and Comparison of the Quality of the Obtained Oil with the Quality of Cold-Pressed Oil. *Food technology and biotechnology*, 54(4), 413–420. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5253991/>.
- Jane Monica, S., John, S., Madhanagopal, R., Sivaraj, C., Khusro, A., Arumugam, P., Gajdács, M., Esther Lydia, D., Umar Khayam Sahibzada, M., Alghamdi, S., Almehmadi, M., & Emran, T. Bin. (2022). Chemical composition of pumpkin (*Cucurbita maxima*) seeds and its supplemental effect on Indian women with metabolic syndrome. *Arabian Journal of Chemistry*, 15(8). <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2022.103985>
- Jiao, J., Li, Z. G., Gai, Q. Y., Li, X. J., Wei, F. Y., Fu, Y. J., & Ma, W. (2014). Microwave-assisted aqueous enzymatic extraction of oil from pumpkin seeds and evaluation of its physicochemical properties, fatty acid compositions and antioxidant activities. *Food Chemistry*, 147, 17–24. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.09.079>
- Karam, M. C., Petit, J., Zimmer, D., Baudelaire Djantou, E., & Scher, J. (2016). Effects of drying and grinding in production of fruit and vegetable powders: A review. In *Journal of Food Engineering* (Vol. 188, pp. 32–49). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2016.05.001>
- Kaza, S., Yao, L. C., Bhada-Tata, P., & Van Woerden, F. (2018). What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. In *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. 25(54) Washington, DC: World Bank. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1329-0>

- Kopustinskiene, D. M., Jakstas, V., Savickas, A., & Bernatoniene, J. (2020). Flavonoids as anticancer agents. In *Nutrients* (Vol. 12, 457 Issue 2). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/nu12020457>
- Koubaa, M., Mhemdi, H., & Vorobiev, E. (2016). Influence of canola seed dehulling on the oil recovery by cold pressing and supercritical CO<sub>2</sub> extraction. *Journal of Food Engineering*, 182, 18–25. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2016.02.021>
- Kowalska, H., Czajkowska, K., Cichowska, J., & Lenart, A. (2017). What's new in biopotential of fruit and vegetable by-products applied in the food processing industry. In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 67, pp. 150–159). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.06.016>
- Kulczynski, B., & Gramza-Michałowska, A. (2019). The profile of secondary metabolites and other bioactive compounds in cucurbita Pepo L. And cucurbita moschata pumpkin cultivars. *Molecules*, 24(16). <https://doi.org/10.3390/molecules24162945>
- Kulczyński, B., Gramza-Michałowska, A., & Królczyk, J. B. (2020). Optimization of extraction conditions for the antioxidant potential of different pumpkin varieties (Cucurbita Maxima). *Sustainability (Switzerland)*, 12(4). <https://doi.org/10.3390/su12041305>
- Kumla, J., Suwannarach, N., Sujarit, K., Penkhrue, W., Kakumyan, P., Jatuwong, K., Vadthanarat, S., & Lumyong, S. (2020). Cultivation of mushrooms and their lignocellulolytic enzyme production through the utilization of agro-industrial waste. In *Molecules* (Vol. 25, Issue 12). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/molecules25122811>
- Leibbrand, M., Siefer, S., Schön, C., Perrinjaquet-Moccetti, T., Kompek, A., Csernich, A., Bucar, F., & Kreuter, M. H. (2019). Effects of an Oil-Free Hydroethanolic Pumpkin Seed Extract on Symptom Frequency and Severity in Men with Benign Prostatic Hyperplasia: A Pilot Study in Humans. *Journal of Medicinal Food*, 22(6), 551–559. <https://doi.org/10.1089/jmf.2018.0106>

- Lemus-Mondaca, R., Marin, J., Rivas, J., Sanhueza, L., Soto, Y., Vera, N., & Puente-Díaz, L. (2019). Pumpkin seeds (*Cucurbita maxima*). a review of functional attributes and by-products. In *Revista Chilena de Nutricion* (Vol. 46, Issue 6, pp. 783–791). Sociedad Chilena de Nutricion Bromatologia y Toxilogica. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182019000600783>
- Lim, J. R., Chua, L. S., & Mustaffa, A. A. (2022). Ionic liquids as green solvent and their applications in bioactive compounds extraction from plants. In *Process Biochemistry* (Vol. 122, pp. 292–306). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2022.10.024>
- Liu, N., Ren, G., Faiza, M., Li, D., Cui, J., Zhang, K., Yao, X., & Zhao, M. (2022). Comparison of conventional and green extraction methods on oil yield, physicochemical properties, and lipid compositions of pomegranate seed oil. *Journal of Food Composition and Analysis*, 114. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2022.104747>
- Luca, A., Cilek, B., Hasirci, V., Sahin, S., & Sumnu, G. (2014). Storage and Baking Stability of Encapsulated Sour Cherry Phenolic Compounds Prepared from Micro- and Nano-Suspensions. *Food and Bioprocess Technology*, 7(1), 204–211. <https://doi.org/10.1007/s11947-013-1048-1>
- Majid, A. K., Ahmed, Z., & Khan, R. (2020). Effect of pumpkin seed oil on cholesterol fractions and systolic/diastolic blood pressure. *Food Science and Technology (Brazil)*, 40(3), 769–777. <https://doi.org/10.1590/fst.03720>
- Mallek-Ayadi, S., Bahloul, N., & Kechaou, N. (2018). Chemical composition and bioactive compounds of *Cucumis melo* L. seeds: Potential source for new trends of plant oils. *Process Safety and Environmental Protection*, 113, 68–77. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2017.09.016>
- Meru, G., Fu, Y., Leyva, D., Sarnoski, P., & Yagiz, Y. (2018). Phenotypic relationships among oil, protein, fatty acid composition and seed size traits in *Cucurbita pepo*. *Scientia Horticulturae*, 233, 47–53. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.01.030>



- Mujaffar, S., & Ramsumair, S. (2019). Fluidized bed drying of pumpkin (*Cucurbita* sp.) seeds. *Foods*, 8(5). <https://doi.org/10.3390/foods8050147>
- Nishimura, M., Ohkawara, T., Sato, H., Takeda, H., & Nishihira, J. (2014). Pumpkin seed oil extracted from *Cucurbita maxima* improves urinary disorder in human overactive bladder. *Journal of Traditional and Complementary Medicine*, 4(1), 72–74. <https://doi.org/10.4103/2225-4110.124355>
- Ogrodowska, D., Laaksonen, O., Tańska, M., Konopka, I., & Linderborg, K. M. (2020). Pumpkin oil addition and encapsulation process as methods to improve oxidative stability of fish oil. *LWT*, 124. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109142>
- Ogrodowska, D., Tańska, M., & Brandt, W. (2017). The Influence of Drying Process Conditions on the Physical Properties, Bioactive Compounds and Stability of Encapsulated Pumpkin Seed Oil. *Food and Bioprocess Technology*, 10(7), 1265–1280. <https://doi.org/10.1007/s11947-017-1898-z>
- Ortiz-Sanchez, M., Solarte-Toro, J. C., & Alzate, C. A. C. (2023). Food waste valorization applying the biorefinery concept in the Colombian context: Pre-feasibility analysis of the organic kitchen food waste processing. *Biochemical Engineering Journal*, 194. <https://doi.org/10.1016/j.bej.2023.108864>
- Paolo, J., Morales, Z., Juvenal, W., Pizarro, Z., Iván, V., Macías, V., Avalos Moreno, E., Aminoácidos, L., El, E., & Humano, C. (2017). *Editorial Saberes del Conocimiento*. 1(5), 379–391. <https://doi.org/10.26820/recimundo/1.5.2017.379-391>
- Poli, A., Marangoni, F., Corsini, A., Manzato, E., Marrocco, W., Martini, D., Medea, G., & Visioli, F. (2021). Phytosterols, cholesterol control, and cardiovascular disease. In *Nutrients* (Vol. 13, Issue 8). MDPI. <https://doi.org/10.3390/nu13082810>
- Rashmi, H. B., & Negi, P. S. (2020). Phenolic acids from vegetables: A review on processing stability and health benefits. In *Food Research International* (Vol. 136). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109298>

- Ravber, M., Knez, Ž., & Škerget, M. (2015). Simultaneous extraction of oil- and water-soluble phase from sunflower seeds with subcritical water. *Food Chemistry*, *166*, 316–323. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.06.025>
- Rezig, L., Harzalli, Z., Gharsallah, K., Mahfoudhi, N., Chouaibi, M., Majdoub, H., & Oueslati, I. (2022). Microwave and Roasting Impact on Pumpkin Seed Oil and Its Application in Full-Fat Mayonnaise Formula. *Foods*, *11*(18). <https://doi.org/10.3390/foods11182732>
- Rico, X., Gullón, B., Alonso, J. L., & Yáñez, R. (2020). Recovery of high value-added compounds from pineapple, melon, watermelon and pumpkin processing by-products: An overview. In *Food Research International* (Vol. 132). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109086>
- Rodea-González, D. A., Cruz-Olivares, J., Román-Guerrero, A., Rodríguez-Huezo, M. E., Vernon-Carter, E. J., & Pérez-Alonso, C. (2012). Spray-dried encapsulation of chia essential oil (*Salvia hispanica* L.) in whey protein concentrate-polysaccharide matrices. *Journal of Food Engineering*, *111*(1), 102–109. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.01.020>
- Rojas, V. M., Marconi, L. F. da C. B., Guimarães-Inácio, A., Leimann, F. V., Tanamati, A., Gozzo, Â. M., Fuchs, R. H. B., Barreiro, M. F., Barros, L., Ferreira, I. C. F. R., Tanamati, A. A. C., & Gonçalves, O. H. (2019). Formulation of mayonnaises containing PUFAs by the addition of microencapsulated chia seeds, pumpkin seeds and baru oils. *Food Chemistry*, *274*, 220–227. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.09.015>
- Scarano, A., Chieppa, M., & Santino, A. (2018). Looking at flavonoid biodiversity in horticultural crops: A colored mine with nutritional benefits. In *Plants* (Vol. 7, Issue 4). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/plants7040098>
- Sharma, A., & Sogi, D. S. (2022). Optimization of enzyme aided pigment extraction from pumpkin (*Cucurbita maxima* Duch) using response surface methodology. *Journal of Food Measurement and Characterization*, *16*(2), 1184–1194. <https://doi.org/10.1007/s11694-021-01246-5>

- Sharma, M., & Bhat, R. (2021). Extraction of carotenoids from pumpkin peel and pulp: Comparison between innovative green extraction technologies (ultrasonic and microwave-assisted extractions using corn oil). *Foods*, *10*(4). <https://doi.org/10.3390/foods10040787>
- Silva, M. A., Albuquerque, T. G., Alves, R. C., Oliveira, M. B. P. P., & Costa, H. S. (2020). Melon (*Cucumis melo* L.) by-products: Potential food ingredients for novel functional foods? In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 98, pp. 181–189). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.07.005>
- Stollar, E. J., & Smith, D. P. (2020). Uncovering protein structure. In *Essays in Biochemistry* (Vol. 64, Issue 4, pp. 649–680). Portland Press Ltd. <https://doi.org/10.1042/EBC20190042>
- Toydemir, G., Gultekin Subasi, B., Hall, R. D., Beekwilder, J., Boyacioglu, D., & Capanoglu, E. (2022). Effect of food processing on antioxidants, their bioavailability and potential relevance to human health. *Food Chemistry: X*, 100334. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100334>
- Uzlaşır, T., Aktaş, N., & Gerçekaslan, K. E. (2020). Pumpkin seed oil as a partial animal fat replacer in bologna-type sausages. *Food Science of Animal Resources*, *40*(4), 551–562. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2020.e32>
- Vahlensieck, W., Theurer, C., Pfitzer, E., Patz, B., Banik, N., & Engelmann, U. (2015). Effects of pumpkin seed in men with lower urinary tract symptoms due to benign prostatic hyperplasia in the one-year, randomized, placebo-controlled GRANU study. *Urologia Internationalis*, *94*(3), 286–295. <https://doi.org/10.1159/000362903>
- Valiollah Hajhashemi, , Parvin Rajabi, and Mahdiah Mardani. (2019). Beneficial effects of pumpkin seed oil as a topical hair growth promoting agent in a mice model. *Avicenna J Phytomed*, *9* (6), 499–504. <https://doi.org/10.22038/AJP.2019.13463>.
- Wong, A., Viola, D., Bergen, D., Caulfield, E., Mehrabani, J., & Figueroa, A. (2019). The effects of pumpkin seed oil supplementation on arterial hemodynamics, stiffness and cardiac

- autonomic function in postmenopausal women. *Complementary Therapies in Clinical Practice*, 37, 23–26. <https://doi.org/10.1016/j.ctcp.2019.08.003>
- Xie, L., Cahoon, E., Zhang, Y., & Ciftci, O. N. (2019). Extraction of astaxanthin from engineered *Camelina sativa* seed using ethanol-modified supercritical carbon dioxide. *Journal of Supercritical Fluids*, 143, 171–178. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2018.08.013>
- Yang, C., Wang, B., Wang, J., Xia, S., & Wu, Y. (2019). Effect of pyrogalllic acid (1,2,3-benzenetriol) polyphenol-protein covalent conjugation reaction degree on structure and antioxidant properties of pumpkin (*Cucurbita* sp.) seed protein isolate. *LWT*, 109, 443–449. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.04.034>
- Yepes Sandra M, M. N. L. O. S. Fernando. (2020). AGROINDUSTRIAL WASTE VALORIZATION -FRUITS –IN MEDELLÍN AND THE SOUTH OF VALLE DE ABURRÁ, COLOMBIA. *Rev. Fac. Agron. Medellín* 61(1):4422-4431.