Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica

Página principal: www.riiit.com.mx

Determinación de fenoles y flavonoides totales, capacidad antioxidante y análisis proximal de semilla de *Carica papaya* y *Citrullus lanatus*

Determination of total phenols and flavonoids, antioxidant capacity and proximate analysis of *Carica papaya* and *Citrullus lanatus* seed

Ramos-Rendón, M., Martínez-Flores, H.E., Lemus-Pérez, A.P., Contreras-Chávez, R., Tranquilino-Rodríguez, E., Sánchez-Vázquez, R.*

Facultad de Químico Farmacobiología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Tzintzuntzan 173, Morelia, Michoacán, México. C.P. 58240. Teléfono 4433142152.
mireya.ramos@umich.mx; hector.martinez.flores@umich.mx, 1607941k@umich.mx, rafael.contreras@umich.mx, eunice.tranquilino@umich.mx, rosalynda.sanchez@umich.mx*

Innovación tecnológica: Valorización de residuos agroindustriales como fuentes potenciales de ingredientes funcionales.

Área de aplicación industrial: Alimentaria, farmacéutica y cosmética.

Recibido: 27 mayo 2025
Aceptado: 26 noviembre 2025

Abstract

Papaya (*Carica papaya*) and watermelon (*Citrullus lanatus*) are fruits whose pulp are eaten, while their seeds are discarded, without considering the fact that they are a source of nutrients and antioxidants. The objective of this research was to extract and quantify total phenolic compounds**,** total flavonoid, evaluate the antioxidant capacity and perform proximate chemical analysis of these seeds. The antioxidant capacity was determined by the (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) DPPH• and (2,2'-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline -6- sulfonic acid) $ABTS^{\bullet+}$ radical inhibition methods, the phenolic and flavonoid content was quantified by the Folin Ciocalteu method and aluminum trichloride respectively and the proximal analysis using the techniques of the Association of Official Analytical Chemists (AOAC). The findings demonstrated that watermelon seed extract exhibited the highest concentrations of total phenolic compounds (22.83 mg EAG/g) and total flavonoid compounds (105.94 mg EQ/g), along with a better antioxidant capacity directly associated with the content of total phenolic compounds. In addition, proximate analysis

demonstrated that watermelon seeds is an important source of fatty acids (45.76%), papaya of fiber (26%), both of protein (31.73% watermelon, 26.45% papaya), and total phenolic and flavonoid compounds, and consequently of their antioxidant capacity. It is therefore recommended that both seeds be regarded as a functional ingredient source of nutrients and bioactive compounds, for use in the food, pharmaceutical, and cosmetic industries, contributing to their not being sources of waste that damage the environment.

Keywords: Antioxidants, Phenolic compounds, Proximal chemical analysis, Seeds.

Resumen

La papaya (*Carica papaya*) y sandía (*Citrullus lanatus*) son frutas cuya pulpa se ingiere, mientras que sus semillas son desechadas, sin considerar que son fuente de nutrientes y de antioxidantes. El objetivo de la presente investigación fue extraer y cuantificar compuestos fenólicos totales, flavonoides totales, evaluación de la capacidad antioxidante y análisis químico proximal de dichas semillas. La capacidad antioxidante se determinó por los métodos de inhibición del radical (1,1-difenil-2-picrilhidrazilo) DPPH$^{\bullet}$ y (2,2'-azino- bis- 3-etilbenzotiazolina -6- ácido sulfónico) ABTS$^{\bullet+}$, se cuantificó el contenido fenólico y flavonoides por el método Folin Ciocalteu y tricloruro de aluminio respectivamente, el análisis proximal mediante las técnicas de la Association of Official Analytical Chemists (AOAC). Los resultados mostraron que el extracto de semilla de sandía presentó el mayor contenido de compuestos fenólicos totales (22.83 mg EAG/g) y de compuestos flavonoides totales (105.94 mg EQ/g), así como una mejor capacidad antioxidante directamente relacionada con el contenido de compuestos fenólicos totales. Además, el análisis proximal indicó que la semilla de sandía es fuente importante de grasa (45.76%), la de papaya de fibra (26%), ambas de proteínas (31.73% sandía, 26.45% papaya) y de compuestos fenólicos y flavonoides totales con capacidad antioxidante considerándose a ambas semillas como un ingrediente funcional fuente de nutrientes y de compuestos bioactivos para ser utilizados como ingrediente alimentario y en la industria farmacéutica y cosmética, contribuyendo a que no sean fuentes de desecho que dañen el medio ambiente.

Palabras clave: Análisis químico proximal, Antioxidantes, Compuestos fenólicos, Semillas.

1. Introducción

La sandía es una fruta que aporta diversos beneficios a la salud debido a su bajo contenido calórico, su alto valor nutrimental y su elevado contenido de agua. La papaya como fruta tropical es reconocida como alimento funcional de alto valor nutritivo y con propiedades medicinales. Existen diferentes variedades de ambas frutas que difieren en sus características fisicoquímicas y morfológicas. México se encuentra entre los principales países productores de sandía, la variedad Santa Amelia destaca por poseer la mayor cantidad de semillas [1], la variedad Maradol en papaya es la más ampliamente cultivada y comercializada [2].

Las semillas representan aproximadamente el 2% y del 8 al 15% en peso fresco en sandía y papaya respectivamente [2,3], constituyen

una de las partes menos aprovechadas, comúnmente son consideradas residuos agroindustriales cuyo manejo inadecuado repercute directamente en el equilibrio medioambiental. El aprovechamiento de estos subproductos con potencial debido a sus ingredientes funcionales los convierte en posibles alternativas de uso de innovación en la industria alimentaria y/o cosmética, contribuyendo a reducir el impacto ambiental [4,5]. Aunque, en la literatura existen diversos estudios sobre los frutos de sandía y papaya, sobre sus semillas, las investigaciones son muy limitadas. Principalmente, existen estudios sobre sus dimensiones físicas [6], de la composición de aceites [7,8] y de algunos fitoquímicos de semillas de sandía [9] y para semillas de papaya abarcando estudios para su uso en tratamiento de aguas residuales [10], para técnicas de extracción de aceites [11], para uso como ingrediente como fuente de proteína y de aminoácidos esenciales para alimentación de pollos [12] y de la capacidad antioxidante de extractos de las semillas [13,14,15].

Por lo anteriormente expuesto, además de compuestos nutricionales, las semillas de sandía y papaya podrían contener compuestos bioactivos importantes como lo son la fibra y los compuestos fenólicos con alta capacidad antioxidante, lo cual puede ser auxiliar en la prevención de diversas enfermedades asociadas al estrés oxidativo como son las cardiovasculares, el cáncer, diabetes y la obesidad [10]. Dado que, no se ha encontrado en la literatura revisada estudios que analicen de manera conjunta la composición fenólica total, de la capacidad antioxidante y de la composición química proximal, lo novedoso de este estudio es que se abordarán tanto los atributos nutricionales (proteínas, lípidos, carbohidratos) como algunos compuestos bioactivos presentes en las semillas, lo que aportaría una visión más completa de la funcionalidad de estos residuos agroindustriales que permitiría considerarlos como ingredientes en la formulación de alimentos, de la industria farmacéutica y/o de la cosmecéutica.

El objetivo del presente trabajo fue determinar la presencia de compuestos fenólicos y flavonoides totales, la capacidad antioxidante y el análisis químico proximal de las semillas de *Carica papaya* y *Citrullus lanatus*, para valorar su potencial uso como fuente de nutrientes y compuestos bioactivos

2. Materiales y métodos

En la presente investigación se utilizaron sandía variedad Santa Amelia y papaya variedad Maradol obtenidas en el Mercado Independencia en la ciudad de Morelia, Michoacán, México. Las semillas se separaron del fruto, se colocaron en el horno hasta que estuvieran completamente duras y secas al tacto, las semillas de sandía en un horno a 50 °C tomaron un tiempo de 72 h, mientras que la semilla de papaya a 60 °C de 24 h, finalmente se molieron con una licuadora marca Osterizer Blender Classic hasta obtener un polvo fino, posteriormente se tamizaron en malla del número 60 de 250 μm, las muestras se guardaron en bolsas de polietileno de baja densidad (PBD), se almacenaron en refrigeración a -20 ºC.

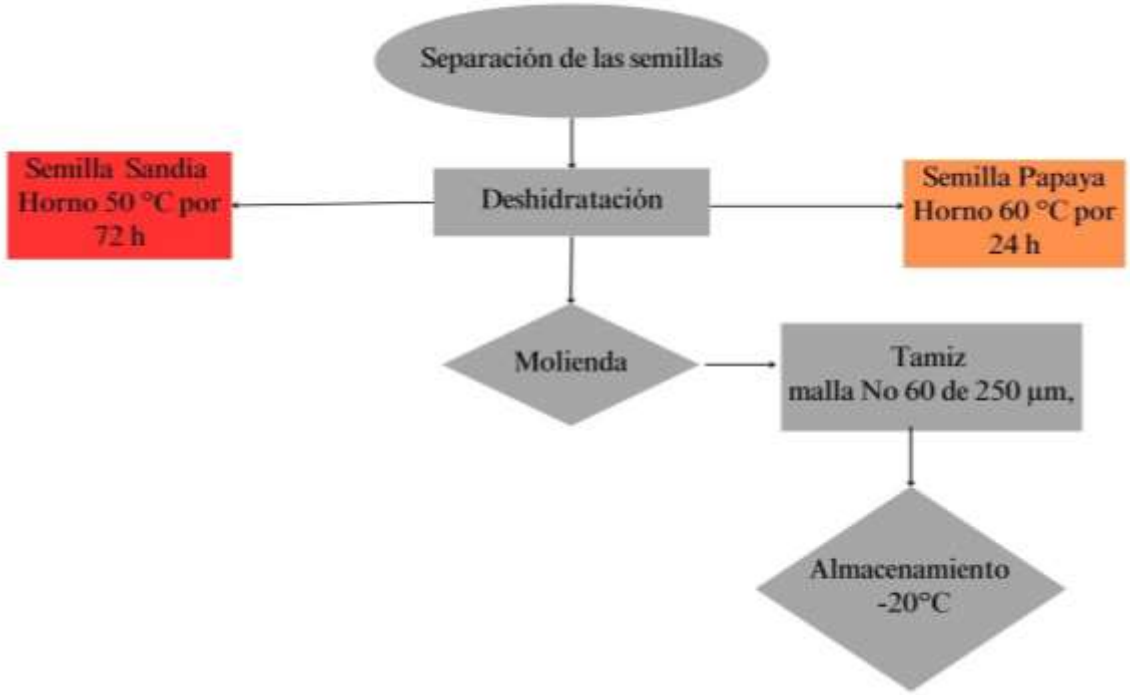


Figura 1. Tratamiento de las semillas de sandía y papaya.

2.1 Obtención de los extractos

El proceso de extracción de compuestos fenólicos y flavonoides fue para ambas semillas y se realizó en tubos Falcón, se colocaron 2 g de muestra con 20 mL de metanol al 97% dejando reposar la mezcla por 24 h en refrigeración a 4 °C. Posteriormente, el extracto se filtró con papel filtro de 1 µm. La muestra se concentró en un rotavapor marca Hahnvapor Hahnshin Scientific CO modelo HS-2001 NS hasta sequedad y el material seco se almacenó a 4 °C.

2.2. Determinación de fenoles totales y flavonoides

Se determinó el contenido de fenoles totales de los extractos de semilla por el método de Folin-Ciocalteu con modificaciones [16]. Se colocaron 250 µL de extracto de semilla de sandía con un factor de dilución de 20 y 250 µL de extracto de papaya con un factor de dilución de 5, ambas con metanol al 97%. A cada una de las muestras obtenidas se les agregaron 250 µL de reactivo de Folin-Ciocalteu y 250 µL de Na_2CO_3 a una concentración de 75 g/L, se homogeneizaron y colocaron en baño María por 30 min a 40 °C. Al transcurrir el tiempo se retiraron del baño, se añadieron 2 mL de H_2O desionizada a cada tubo y las absorbancias se leyeron en espectrofotómetro Spectronic 20 Genesys a 750 nm en condiciones de oscuridad. Los resultados se expresaron en miligramos de equivalente de ácido gálico mg EAG/g de muestra seca con curva de calibración. Se preparó una curva de calibración para ácido gálico entre 0 a 0.2 mg/mL en metanol mediante diluciones de 0, 20, 50, 70, 90, 110, 150 µg/mL, a partir de la cual se realizó una regresión lineal Figura 2.



Figura 2. Curva de calibración con ácido gálico para cuantificación de compuestos fenólicos totales.

El contenido de flavonoides se evaluó de acuerdo con el método del tricloruro de aluminio [17] con modificaciones. Se colocaron 150 µL de extracto de semilla de sandía y papaya con un factor de dilución de 20 y 10, respectivamente ambas con metanol al 97%. A cada muestra se les agregaron 150 µL de $NaNO_2$ 5%, 150 µL de $AlCl_3$ 10% y 1 mL de NaOH 0.1N. Finalmente, se leyeron las absorbancias a una longitud de onda de 510 nm en espectrofotómetro. Los resultados fueron expresados como miligramos de equivalentes de quercetina (mg EQ)/g de muestra seca, medidas en condiciones de oscuridad. Los resultados se calcularon utilizando una curva de calibración con quercetina con un rango de concentración de 0 a 0.6 mg/mL mediante diluciones 0, 0.05, 0.1, 0.15, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6 mg/mL a partir de la cual se realizó una regresión lineal Figura 3.

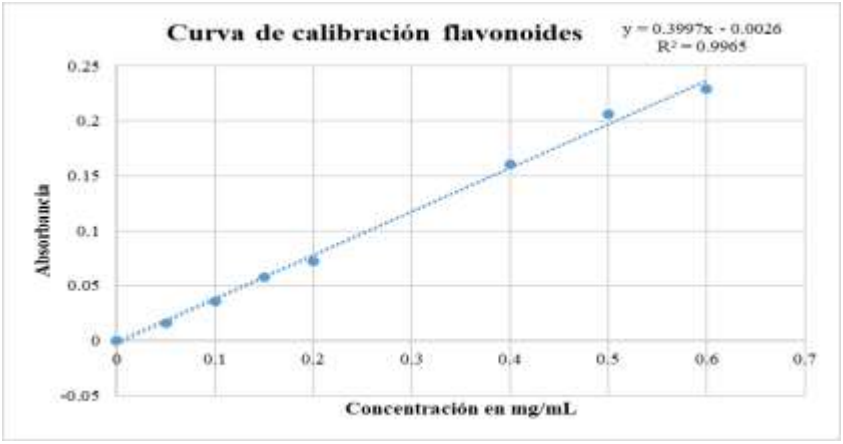


Figura 3. Curva de calibración con quercetina para determinar compuestos flavonoides totales.

2.3. Determinación de la capacidad antioxidante

La capacidad para capturar radicales libres de los extractos fue determinada utilizando como referencia DPPH y ABTS, ambos con modificaciones [18]. Para la capacidad antioxidante con el radical $DPPH^{\bullet}$, se colocaron 50 µL del extracto con 2950 µL de DPPH, se dejó en incubación por 30 min en oscuridad a temperatura ambiente, se leyó la absorbancia en espectrofotómetro a 517 nm utilizando metanol como blanco. La determinación de la capacidad antioxidante con el radical $ABTS^{\bullet+}$, se determinó

colocando 100 µL de extracto con 1900 µL del reactivo ABTS, se leyó la absorbancia en espectrofotómetro a 734 nm utilizando como blanco etanol.

Los valores de absorbancia para ambos radicales se determinaron con el porcentaje de inhibición por medio de la siguiente ecuación:

$$\%\ de\ Inhibición = \left[\left(\frac{Abs\ Control - Abs\ Muestra}{Abs\ Control}\right)\right] * 100 \quad \textbf{(Ec. 1)}$$

La validez del método se garantiza mediante controles de calidad. Cada ensayo se realizó por triplicado (reportándose media ± desviación estándar), e incorporó controles de blancos para asegurar la fiabilidad de los datos. Asimismo, se calibró el espectrofotómetro con estándares reconocidos (Trolox) y se establecieron curvas de calibración lineales para avalar la exactitud de las mediciones; adicionalmente, se verificó la estabilidad de las absorbancias a lo largo del análisis.

Sin embargo, los resultados obtenidos por este método se reportan como IC50 (concentración inhibitoria media), la concentración de compuestos antioxidantes que es capaz de inhibir el 50% del radical $DPPH^{\bullet}$ o $ABTS^{\bullet+}$ según sea el caso.

2.4. Análisis proximal de las semillas

El análisis proximal se realizó acorde a la metodología descrita por la (AOAC) [19] para humedad, extracto etéreo, proteína, cenizas y fibra, los carbohidratos se realizaron por diferencia, aplicando la siguiente fórmula carbohidratos = 100 - (Extracto etéreo + proteínas, cenizas y fibra).

Para la determinación de humedad se pesaron 3 g de muestra y se colocaron en un horno de secado marca FELISA a 105 ºC durante 3 horas, el contenido de agua se calculó por diferencia de peso expresado en porcentaje de humedad. El contenido de cenizas se realizó con 3 g de muestra en la mufla marca FELISA a 550 ºC durante 3 horas. La determinación de proteína se realizó por el método Kjeldahl el cual consta de tres etapas: digestión, destilación y valoración, la materia nitrogenada total se obtiene con la AOAC [19]. El extracto etéreo se montó en el equipo de extracción Soxhlet con 3 g de muestra en papel filtro cerrado durante 5 horas a 37ºC.

2.5. Análisis estadístico

El análisis de los datos para la capacidad antioxidante por captura de radicales DPPH y ABTS se realizó mediante una prueba t de Student para muestras independientes, considerando diferencias significativas con un nivel de probabilidad del 95% ($p< 0.05$). Los análisis se realizaron por triplicado.

El análisis químico proximal se realizó mediante un análisis de varianza de tipo ANOVA de una sola vía con nivel de probabilidad del 95% ($p< 0.05$) con el programa estadístico JMP versión 6.0.

Se determinó la correlación de Pearson para determinar la relación entre el contenido de fenoles y flavonoides con la capacidad antioxidante por $DPPH^{+}$ y $ABTS^{++}$ de los extractos de ambas semillas.

3. Resultados y Discusión

3.1. Contenido de compuestos fenólicos totales y de compuestos flavonoides totales

En la Figura 4 se muestra el contenido de compuestos fenólicos y compuestos flavonoides de las semillas de papaya y

sandía. Se observó que el extracto de semilla de sandía posee un contenido de compuestos fenólicos y de flavonoides significativamente mayores ($p<0.05$) que los extractos de papaya. En la literatura [20] se reportan valores de compuestos fenólicos en sandía de 14.94 mg EAG/g, 54.16 mg EAG/g y 39.49 mg EAG/g para la variedad Charleston gray, Crimson sweet y Black diamond respectivamente; mientras que en la variedad del presente trabajo Santa Amelia se presentaron en una concentración de 22.83 mg EAG/g; los diferentes valores en los contenidos de una variedad a otra se ve influenciada por factores como el origen geográfico que incluye las circunstancias climáticas dominantes durante la temporada de cultivo (humedad, aire, luz y temperatura), estado de maduración del fruto, protocolo de extracción y las diferencia genotípicas que impactan significativamente en la cantidad de fenoles y flavonoides presentes en las distintas variedades [21,22,23].

Los flavonoides son otro grupo de compuestos de importancia presentes en la semilla de ambas frutas, ejercen efectos terapéuticos en humanos incluyendo la prevención de varias enfermedades cardiovasculares, aquellas relacionadas con el envejecimiento, obesidad, diabetes y algunos tipos de cáncer [24]. Aun cuando la extracción de estos compuestos se ve favorecida por el metanol [25], en la Figura 4 se observa que el contenido de flavonoides totales en el extracto de semilla de sandía fue de 105.94 mg EQ/g, valor inferior al reportado en la literatura [26] de 178.92 mg EQ/g, para extractos obtenidos mediante extracción asistida por ultrasonido. Esta técnica es efectiva en la extracción de compuestos fenólicos, basada en el fenómeno de cavitación el cual implica la formación, crecimiento y colapso de millones de burbujas que permiten una interacción significativa entre el solvente y la muestra permitiendo su mejor extracción [27].

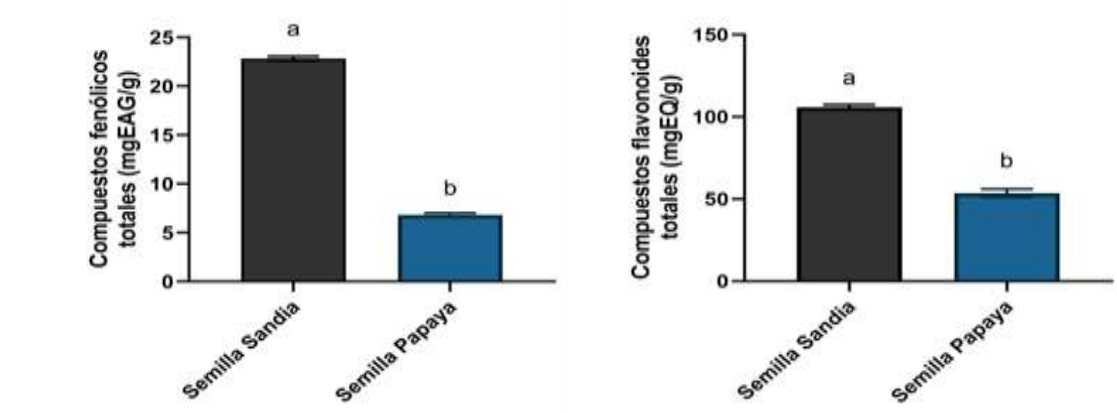


Figura 4. Compuestos fenólicos totales (izquierda) y compuestos flavonoides totales (derecha) de las semillas de sandía y papaya. Letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba t de Student, $p < 0.05$. Realizado por triplicado.

La semilla de papaya constituye una fuente importante de diversos metabolitos secundarios, entre los que destacan los compuestos fenólicos, conocidos por sus propiedades antiinflamatorias, antioxidantes, anticancerígenas, antidiabéticas y antihelmínticas, entre otras [28]. En el presente estudio, el contenido de compuestos fenólicos totales fue de 6.83 mg GAE/g, valor comparable al reportado por Jia et al, (2021) quienes obtuvieron 6.42 mg GAE/g utilizando etanol como solvente de extracción [14]. Diversas investigaciones han demostrado que el uso de metanol como

disolvente, bajo condiciones controladas, favorece la liberación y recuperación eficiente de compuestos con actividad antioxidante presentes en semilla de papaya, lo que se traduce en un mayor rendimiento de polifenoles y flavonoides totales [29].

Los flavonoides son compuestos bioactivos que se encuentran predominantemente en las semillas, hojas y flores de *Carica papaya* [30]. En el estudio realizado por Yoon et al. [14] se reportó un incremento en el contenido total de flavonoides en los extractos de semillas a medida que avanza el proceso de maduración [31]. El contenido de flavonoides en las semillas de papaya analizada fue de 53.46 mg EQ/g, lo que sugiere un alto potencial para el aprovechamiento de este subproducto en aplicaciones farmacéuticas y alimentarias.

3.2. Capacidad antioxidante de fenoles y flavonoides totales

La actividad antioxidante está basada en reacciones redox entre los extractos de semilla y los radicales $DPPH^{\bullet}$ y $ABTS^{\bullet+}$, ambos determinados por espectrofotometría, todos los extractos presentaron capacidad de neutralizar dichos radicales. La capacidad antioxidante de cada tipo de semilla, expresada como la concentración inhibitoria media (IC50), se muestra en la Figura 5. Con respecto a la semilla de papaya se encontraron valores de IC50 para DPPH de 0.46 ± 0.002 mg/mL y en ABTS de 0.11 ± 0.006 mg/mL, valores de IC50 mayores al comparar con variedades de otras regiones donde se reportan valores promedios de 0.29 mg/mL para el radical $ABTS^{\bullet+}$ en muestras de papayas de Senegal, estos estudios recientes han demostrado que el contenido de fenoles y flavonoides y su capacidad antioxidante depende de factores como la ubicación geográfica donde se cultiva, prácticas agrícolas y método de extracción [23]. En semilla de sandía se obtuvieron valores de 0.25 ± 0.003 mg/mL y 0.08 ± 003 mg/mL para DPPH y ABTS, respectivamente, la literatura ha reportado valores de 0.6 (mg/mL) en DPPH [28] y de 0.10 mg/mL [32] para muestras de sandía de Nigeria. Considerando que valores más bajos de IC50 significan una mayor capacidad antioxidante, estos resultados implican una mayor eficacia en la inhibición de la actividad biológica medida mediante dichos radicales.

En cuanto a la sandía, investigaciones recientes han mostrado que las semillas tienen un alto contenido de compuestos bioactivos, incluidos fenoles, flavonoides y carotenoides, que contribuyen a su actividad antioxidante. Un estudio de 2025 destacó que las semillas de sandía poseen una capacidad antioxidante significativa, aunque los valores específicos de IC50 pueden variar según el método de extracción y las condiciones experimentales [33]. Además, la variabilidad en los resultados puede estar influenciada por factores como el tipo de solvente utilizado, la temperatura de extracción y la duración del proceso.

Así mismo, al comparar la capacidad antioxidante de ambas semillas se observa mayor potencia para inhibir el radical $ABTS^{\bullet+}$, efecto contemplado en diferentes estudios que sugieren enfáticamente que, al contrastar con la evaluación mediante el ensayo DPPH y método ABTS resulta más preciso para medir la capacidad antioxidante de alimentos, especialmente de frutas [34]. En adición, la semilla de sandía presentó mayor capacidad para neutralizar los radicales libres en comparación con la papaya, lo cual está relacionado con la presencia de compuestos activos del tipo antioxidante aunado a que la semilla de sandía presentó tres veces más el contenido de compuestos fenólicos y el doble de flavonoides que la semilla de papaya.

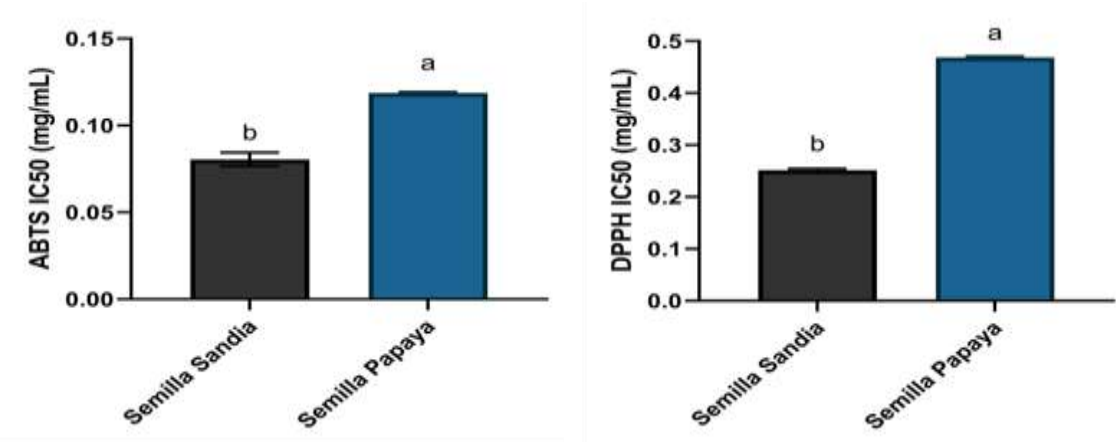


Figura 5. Capacidad antioxidante por captura de radicales ABTS (izquierda) y DPPH (derecha) de las semillas de sandía y papaya. Letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba t de Student, $p < 0.05$. Realizado por triplicado.

Finalmente, se determinó la correlación de Pearson para evidenciar las relaciones entre las concentraciones de compuestos fenólicos y su capacidad antioxidante. En la Tabla 1 se observa que hubo una correlación alta de -0.74 en ABTS y de -0.94 en DPPH con los fenoles totales en semilla de sandía, la correlación negativa indica que, a mayor concentración de compuestos fenólicos, menor será el IC50, lo que implica una mayor capacidad antioxidante. Es decir, se necesita menos cantidad de extracto para neutralizar los radicales. Por lo tanto, el contenido de compuestos fenólicos y la actividad antioxidante, evaluada mediante la captura de radicales $DPPH^{\bullet}$ y $ABTS^{\bullet+}$, son inversamente proporcionales.

Tabla 1. Correlación del contenido de fenoles y flavonoides con la capacidad antioxidante por $DPPH^{+}$ y $ABTS^{++}$ de los extractos de semillas de sandía.

Sandía	Fenoles	Flavonoides	$DPPH^{+}$	$ABTS^{++}$
Fenoles	1			
Flavonoides	-0.69	1		
$DPPH^{+}$	-0.94	0.41	1	
$ABTS^{++}$	-0.74	0.99	0.48	1

Para el caso de los flavonoides, la correlación fue positiva, lo que significa que, a mayor cantidad de flavonoides, menor fue la actividad antioxidante, lo cual explica que aun cuando la concentración de flavonoides es mayor que los fenoles, la capacidad antioxidante de semilla de sandía para inhibir el radical $ABTS^{\bullet+}$ y $DPPH^{\bullet}$, se encuentra relacionada principalmente con la presencia de fenoles totales.

Diferentes estudios apoyan estos resultados, de la relación de la actividad antioxidante de semillas de diferentes variedades de sandía con los compuestos fenólicos en comparación con otros fitoquímicos como los

triterpenoides y alcaloides [35]. De igual forma, los resultados de la presente investigación pudieran estar relacionados con aquellos obtenidos por Priastomo et al. [36] cuyo análisis mostró una correlación alta entre el DPPH IC50 y fenoles totales y no hubo correlación entre la capacidad antioxidante y los flavonoides presentes en cáscara y corteza de sandía [36].

En semilla de papaya hubo una mayor concentración de flavonoides con una correlación de moderada a baja entre ABTS-IC50 -0.58 y DPPH-IC50 -0.21(ver Tabla 2). Este estudio mostró que, en el extracto de semilla de papaya, la actividad antioxidante se debe tanto a los fenoles como a los flavonoides, por otro lado, en el extracto de semilla de sandía la actividad antioxidante se asoció directamente con los fenoles, lo cual se podría explicar debido a que los flavonoides en la semilla de sandía podrían estar unidos a moléculas de azúcar a través de procesos de glicosilación, lo que en algunos casos puede reducir su actividad antioxidante *in vitro* [37].

Tabla 2. Correlación del contenido de fenoles y flavonoides con la capacidad antioxidante por $DPPH^{+}$ y $ABTS^{++}$ de los extractos de semillas de papaya.

Papaya	Fenoles	Flavonoides	$DPPH^{+}$	$ABTS^{++}$
Fenoles	1			
Flavonoides	0.81	1		
$DPPH^{+}$	0.38	-0.21	1	
$ABTS^{++}$	-0.94	-0.58	-0.66	1

Algunos estudios han demostrado una estrecha relación entre la capacidad antioxidante con los radicales $DPPH^{\bullet}$ y $ABTS^{\bullet+}$ y la presencia de flavonoides totales en semilla de papaya con el uso de diferentes solventes y técnicas de extracción, de igual forma, aunque la cantidad de fenoles es mucho menor, existe una correlación alta -0.94 con el radical $ABTS^{\bullet+}$.

Es importante evaluar la capacidad antioxidante frente a diferentes radicales debido a las diferencias en la polaridad de las moléculas antioxidantes. El radical $DPPH^{\bullet}$ es de naturaleza poco polar, mientras que el radical $ABTS^{\bullet+}$ permite evaluar la actividad antioxidante de moléculas tanto polares como no polares [38].

De acuerdo con los resultados obtenidos, los extractos de las semillas de sandía contienen principalmente compuestos fenólicos de naturaleza poco polar, que muestran una alta actividad antioxidante, sin embargo, también se observó una correlación alta con moléculas polares. El metanol, por ser un solvente polar protónico, posee la capacidad de extraer tanto compuestos fenólicos poco polares, como flavonoides en su forma de agliconas, estilbenos y tocoferoles, así como, compuestos de mayor polaridad, incluidos flavonoides glucosilados y diversos ácidos fenólicos. En particular, el metanol al 97% presenta una polaridad suficiente para solubilizar moléculas con estructuras aromáticas poco hidroxiladas, mientras que el 3% de agua presente en la mezcla incrementa la eficiencia de extracción de analitos hidrofílicos al favorecer la formación de puentes de hidrógeno y la solvatación de grupos funcionales polares [39].

En el caso de las semillas de papaya, los fenoles y flavonoides extraídos mostraron una correlación alta y media, respectivamente, con el radical $ABTS^{\bullet+}$, lo que sugiere que la actividad antioxidante de ambos tipos de compuestos está relacionada con la presencia de tanto moléculas polares como no polares en el extracto.

En los extractos de ambas muestras de semilla, la presencia de fenoles y además de flavonoides en el caso de papaya, proporcionan una alta capacidad antioxidante comparada con otros fitoquímicos como los carotenoides y alcaloides [40,41]. Dado el contenido abundante de compuestos fenólicos totales, flavonoides y sus propiedades antioxidantes, se plantea la viabilidad de utilizar estos residuos para consumo humano y otras aplicaciones culinarias, farmaceúticas y/o cosméticas lo que puede representar una oportunidad de valorización económica.

3.3. Análisis químico proximal

Los resultados del análisis proximal de extractos de semilla de papaya y sandía en base seca se indican en la Tabla 3. Los valores del presente estudio para el extracto de sandía son muy cercanos a los reportados [42], 49%, 30%, 6% y 2.7% y por Omoniyi, S. A. [43] 50.48%, 32.38%, 6.10%, 4.90%, en cuanto a lípidos, proteína, fibra cruda y cenizas, respectivamente.

En la semilla de papaya el contenido de lípidos (23.24%) y proteínas (26.45%) son valores cercanos a los obtenidos por Santos et al. [44] 20.5% y 23.3%, respectivamente y también de Morais et al. [45] 29.72% y 28.55%, respectivamente.

La semilla de sandía posee un alto porcentaje de lípidos (45.76%) y proteínas (31.73%) mientras que en las semillas de papaya su mayor contenido es de proteínas (26.45%) y fibra cruda (26%). El contenido de proteína de las semillas de ambas frutas analizadas son los más elevados al compararse con la semilla de aguacate (9.60%), maracuyá (13.10%) y melón (17.20%) [45]. Su contenido proteico sugiere que la harina obtenida de ambas semillas podría tener un uso relevante por su valor nutricional y propiedades funcionales como condimento en preparaciones culinarias y/o como suplemento dietético [46,47,48]. Con estos estudios se demuestra que las semillas de sandía y papaya son candidatas para utilizar como suplementos de proteínas en dietas donde haya un consumo insuficiente de dicho nutriente ya que presentan aminoácidos esenciales y no esenciales los cuales son utilizados para la construcción de proteínas y como intermediarios de su metabolismo [49].

Tabla 3. Análisis químico proximal de la semilla de sandía y papaya.

Componente	Sandía (%)	Papaya (%)
Extracto etéreo	45.76 ± 0.92^{A}	23.24 ± 0.10^{B}
Proteína	31.73 ± 0.03^{A}	26.45 ± 0.61^{B}
Carbohidratos	12.38 ± 1.00^{B}	14.71 ± 1.60^{A}
Fibra	5.50 ± 0.11^{B}	26.00 ± 0.98^{A}
Cenizas	4.6 ± 0.04^{B}	9.58 ± 0.04^{A}

Los valores en la misma fila seguidos de letras diferentes son significativamente diferentes según la prueba T- Student, $p < 0.05$. Realizado por triplicado.

En lo que respecta al contenido de extracto etéreo de diferentes semillas de frutas, entre ellas melón (25-35 %), chía (30-32 %) y uva (17.5%) [40,41], se reconoce que la semilla de sandía contiene el mayor porcentaje (45.76%). Estudios recientes han demostrado que el perfil lipídico de semillas de papaya en su mayoría presenta ácidos grasos insaturados con características similares al de aceite de oliva lo cual pudiera ser una alternativa de comercialización [50]. Las semillas de ambas frutas poseen ácidos grasos esenciales como ácido linoleico, oleico y palmítico, entre otros que son indispensables en la alimentación y efectivos para disminuir afecciones cardiovasculares [51]. En consecuencia, futuros estudios para ambas semillas convertirán estos residuos agroindustriales parcialmente inexplorados en fuentes potenciales de antioxidantes, fibra y proteína.

4. Conclusiones

Los resultados del presente estudio demuestran la presencia de compuestos fenólicos y flavonoides en semillas de papaya y sandía, así como su relación con la capacidad antioxidante. La mayor actividad antioxidante en ambas semillas es aportada por los fenoles debido a su fuerte capacidad de eliminación de radicales libres respaldada por su correlación elevada entre DPPH y ABTS para semilla de sandía y con ABTS en semilla de papaya. Por otro lado, la semilla de sandía es fuente importante de lípidos mientras que la de papaya de fibra cruda y ambas presentan alto contenido proteico, con lo cual pueden ser consideradas como ingredientes prometedores en alimentos, con aplicaciones como suplementos alimenticios en harinas, snacks, panificación y/o extracción de aceites, otorgándoles así un valor económico.

5. Conflicto de interés

Las y los autores declaran que no existe ningún conflicto de intereses.

6. Referencias

[1] Muhammad, N., Maham, N., Kashif, A., Aqsa, I., Faiqa, M., Muhamad, M. A. N. R., Hira, F., Aftab A. and Din, A. (2022). A comprehensive review on the watermelon phytochemical profile and their bioactive and therapeutic effects. *Korean J. Food Preserv.* 29(4):546-576. https://doi.org/10.11002/kjfp.2022.29.4.546 https://www.ekosfop.or.kr/archive/view_article?pid=kjfp-29-4-546

[2] Álvarez, H. J. C., Castillo, M. C. R. y Apaez, B. M. (2024). Evaluación de líneas seleccionadas de papaya para la conservación de características deseables. inifap. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas.* 15(5). https://doi.org/10.29312/remexca.v15i5.3723 https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/article/view/3723

[3] Pulido, S.A.A., Sánchez, M.D.L.L.H., Cárdenas, J.C.G., García, F.E., García, E.P.V. (2022). Producción y manejo del cultivo de papaya (Carica papaya L.). *Revista Biológico Agropecuaria Tuxpan*, 10(1), 164-169. https://doi.org/10.47808/revistabioagro.v10i1.414

[4] Gagan, D. Ch. y Ranjana, S. (2024). Circular Beauty: Sustainable Resource Recovery and Waste Management in the Cosmetic

Industry. In book: *Technological Advancements in Waste Management: Challenges and Opportunities* (pp.379-399). DOI:10.1007/978-981-97-6024-4_26
https://www.researchgate.net/publication/385941017_Circular_Beauty_Sustainable_Resource_Recovery_and_Waste_Management_in_the_Cosmetic_Industry

[5] Vinocunga, P. D. R. y Jiménez, T. F. M. (2025). Análisis de las propiedades funcionales de productos a partir de subproductos agroindustriales: Revisión sistemática. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*. 10(1) pp 1-19. https://doi.org/10.59410/RACYT-v10n01ep01-0153
https://revistas.uea.edu.ec/index.php/racyt/article/view/153

[6] Razavi, S. M. A., Milani, E. (2006). Some physical properties of the watermelon seeds. *African Journal of Agricultural Research*, 1(3), 65-69.

https://academicjournals.org/journal/AJAR/article-full-text-pdf/06539CE26636

[7] Koocheki, A., Razavi, S. M. A., Milani, E., Moghadam, T. M., Abedini, M., Alamatiyan, S., & Izadkhah, S. (2007). Physical properties of watermelon seed as a function of moisture content and variety. *International Agrophysics*, 21(4),349-359.
http://www.international-agrophysics.org/pdf-106567-37409?filename=Physical%20properties%20of.pdf

[8] Petchsomrit, A., McDermott, M. I., Chanroj, S., Choksawangkarn, W. (2020). "Watermelon seeds and peels: fatty acid composition and cosmeceutical potential". *OCL - Oilseeds and Fats, Crops and Lipids*, 27. https://doi.org/10.1051/ocl/2020051

[9] Braide, W.O.I.J., Odiong, I.J. and Oranusi, S. (2012). Phytochemical and antibacterial properties of the seed of watermelon (Citrullus lanatus).

https://www.researchgate.net/publication/319873339_Phytochemical_and_Antibacterial_properties_of_the_seed_of_watermelon_Citrullus_lanatus

[10] Khee, Y.L., Kiew, P.L., Chung, Y.T. (2023). Valorizing papaya seed waste for wastewater treatment: a review. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 20(2), 2327-2346. https://doi.org/10.1007/s13762-022-04178-9

[11] Tan, C. X., Tan, S. T., Tan, S.S. (2020). An overview of papaya seed oil extraction methods. *International Journal of Food Science and Technology*, 55(4), 1506-1514.

https://doi.org/10.1111/ijfs.14431

[12] Sugiharto, S. (2020). Papaya (Carica papaya L.) seed as a potent functional feedstuff for poultry–A review. *Veterinary world, 13*(8), 1613.
https://doi,org/10.14202/vetworld.2020.1613-1619

[13] Zhou, K., Wang, H., Mei, W., Li, X., Luo, Y., Dai, H. (2011). Antioxidant activity of papaya seed extracts. *Molecules*, 16(8), 6179-6192. https://doi.org/10.3390/molecules16086179

[14] Jia, Y. C. K., Perveen, N., Paliwal, N. and Khan, N. H. (2021). Phytochemical Analysis, Antioxidant and Antibacterial Activity Determination of Ethanolic Extract of *Carica Papaya* Seeds. Biomedical, Journal of Scientific and Techinical Research. 33(5), pp 26171-26174. DOI: 10.26717/BJSTR.2021.33.005459 https://biomedres.us/fulltexts/BJSTR.MS.ID.005459.php

[15] Zhou, Y., Cao, Y., Li, J., Tuncay, A. O., Barrow, C., Dunshea, F. and Suleria, H. A. R. (2023). Screening and characterization of phenolic compounds by LC-ESI-QTOF-MS/MS and their antioxidant potentials in papaya fruit and their by-products activities. *Elsevier*. 52. https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.102480 https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2212429223001311

[16] Brighente, I.M.C. Dias, M., Verdi, L. G., Pizzolatti, M. G. (2008). Antioxidant Activity and Total Phenolic Content of Some Brazilian Species. *Pharmaceutical Biology*. 45, 156–161. https://doi.org/10.1080/13880200601113131

[17] Liu, M. Li, X. Q., Weber, C., Lee, C. Y., Brown, J. and Liu, R. H. (2002). Antioxidant and antiproliferative activities of raspberries. *J. Agric. Food Chem*. 50(10). pp 2926-2930. http://dx.doi.org/10.1021/jf0111209

[18] Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., Rice-Evans, C. (1999) Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology & Medicine*, 26(9-10), 1231–1237. https://doi.org/10.1016/s0891-5849(98)00315-3

[19] AOAC. Official Methods of Analysis of AOAC International. 2023. https://www.aoac.org/official-methods-of-analysis/

[20] Tabiri, B., Agbenorhevi, J.K., Wireko-Manu, F.D., Ompouma, E.I. (2016). Watermelon Seeds as Food: Nutrient Composition, Phytochemicals and Antioxidant Activity. *International Journal of Nutrition and Food Sciences*, 5(2), 139–144. https://doi.org/10.11648/j.ijnfs.20160502.18

[21] Tlili, I., Hdider, C., Lenucci, M. S., Riadh, I., Jebari, H. and Dalessandro, G. (2011). Bioactive compounds and antioxidant activities of different watermelon (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Mansfeld) cultivars as affected by fruit sampling area. Journal of Food Composition and Analysis 24(3). pp 307-314. https://doi.org/10.1016/j.jfca.2010.06.005 https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0889157510002267?via%3Dihub

[22] Muhammad, N., Maham, N., Kashif, A., Farzana, S., Aqsa, I., Faiqa, M., Muhamad, M. A. N. R., Zarina, Y., Rabia, K. and Sadaf, J. (2022). Perfil nutricional de la sandía, actividad antioxidante y procesamiento. *Korean J. Food preserv*. 29(4) pp 531-545. https://doi.org/10.11002/kjfp.2022.29.4.531 https://www-ekosfop-or-kr.translate.goog/archive/view_article?pid=kjfp-29-4-531&_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=tc

[23] Gaye, A.A., Cisse, O.I., Ndiaye, B., Ayessou, N.C., Cisse, M. and Diop, C.M. (2019) Evaluation of Phenolic Content and Antioxidant Activity of Aqueous Extracts of Three Carica papaya Varieties Cultivated in Senegal. *Food and Nutrition Sciences*, 10, 276-289. https://doi.org/10.4236/fns.2019.103021. https://www.researchgate.net/figure/Total-phenolic-and-total-flavonoid-content-of-three-varieties-of-Carica-papaya_tbl1_331709089

[24] Manivannan, A., Lee, E.S., Han, K., Lee, H.E., Kim, D.S. (2020). Versatile Nutraceutical Potentials of Watermelon-A Modest Fruit Loaded with Pharmaceutically Valuable Phytochemicals. *Molecules*, 25(22), 5258. https://doi.org/10.3390/molecules25225258

[25] Jurinjak Tušek, A., Šamec, D., & Šalić, A. (2022). Modern techniques for flavonoid extraction—to optimize or not to optimize?. *Applied Sciences*, 12(22), 11865. https://doi.org/10.3390/app122211865

[26] Ramírez, A.M.G., Borrroel G.V., Dimas, L.M.J., Nieto G.A. (2024). Extracción de compuestos antioxidantes en sandía y melón en la Comarca Lagunera. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 11(1), e3953. https://doi.org/10.19136/era.a11n1.3953

[27] Oliveira, Ch. J., Corrêa, dS. M., Capelasso, dS. L., Lachos, P. D., Torres, M. P. C., da Fonseca, M. A. P., Forster, C. T., Vázquez, E. M., Velasco, G. dP. A., Fernández, B. G. y Rostagno, M. A. (2020). Extracción de flavonoides de fuentes naturales mediante técnicas modernas. *frontiers in Chemistry*. doi: 10.3389/fchem.2020.507887 https://pmc-ncbi-nlm-nih-gov.translate.goog/articles/PMC7546908/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=tc

[28] Malathi, V.M., Abhimannue, A. P. Sharma, K., Muricken D. G and Tomy, T. L. (2024). Papaya seeds: nutraceutical potential and health promoting activities. Valorization of Fruit Seed Waste from Food Processing Industry. Insights on Nutritional Profile, Biological Functions, and Applications. *Developments in Food Quality and Safety*. pp 285-313. https://doi.org/10.1016/B978-0-443-15535-2.00009 https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780443155352000098

[29] Robles, A. S. M., González, V. R. I., Ruíz, C. S., Estrada, A. M. I., Cira, Ch. L. A., Márquez, R. E., Del Toro, S. C. L., Ornelas, P. J. J., Suárez, J. G. M. and Ocaño, H. V. M. (2024). Optimization of Extraction Process for Improving Polyphenols and Antioxidant Activity from Papaya Seeds (*Carica papaya* L.) Using Response Surface Methodology. 12(12), 2729. https://doi.org/10.3390/pr12122729. https://www.mdpi.com/2227-9717/12/12/2729

[30] Heethal, S. K., Krishnakumar, K. and Mathew, J. (2022). Flavonoids from the butanol extract of *Carica papaya* L. cultivar 'Red Lady' leaf using UPLC-ESI-Q-ToF-MS/MS analysis and evaluation of the antioxidant activities of its fractions. *Food Chemistry Advances*. Elsevier. 1. https://doi.org/10.1016/j.focha.2022.100126

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772753X22001149

[31] Yoon, A. J., Sun, W. Ch., Seong, Ch. K and Young, J. L. (2022). Comprehensive Assessment of Antioxidant and Anti-Inflammatory Properties of Papaya Extracts. Foods, 11(20), 321. doi: 10.3390/foods11203211 https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9601897/?utm_source=chatgpt.com

[32] Chaves, J.O., De Souza, M.C., Da Silva, L.C., Lachos-Perez, D., Torres-Mayanga, P.C., Machado, A.P.D.F., Forster, C.T., Vazquez, E.M., Velasco, G. de P.A., Fernandez, B.G., Rostagno, M.A. (2020). Extraction of flavonoids from natural sources using modern techniques. *Frontiers in Chemistry*, 8, 507887. https://doi.org/10.3389/fchem.2020.507887

[33] Nissar, J., Sidiqi, U. S., Dar, A. H., & Akbar, U. (2025). Nutritional composition and bioactive potential of watermelon seeds: a pathway to sustainable food and health innovation. *Sustainable Food Technology*, 3(2), 375–395. https://doi.org/10.1039/d4fb00335g.

[34] Floegel, A. Kim D., Chung, S., Koo, S., Chun, O. (2011). Comparison of ABTS/DPPH assays to measure antioxidant capacity in popular antioxidant rich US foods. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24(7), 1043-1048. https://doi.org/10.1016/j.jfca.2011.01.008.

[35] Neglo, D., Okraku, T. C., Ken, E. E., Korley, K. N., Agyemang, B.A., Hunkpe, G., Amarh, F., Kwashie, P. and Sayanika, D. W. (2021). Comparative antioxidant and antimicrobial activities of the peels, rind, pulp and seeds of watermelon (*Citrullus lanatus*) fruit. Scientific African. 11. https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2020.e00582

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468227620303203?via%3Dihub

[36] Priastomo, M., Adlia, A., Lumbantobing, V., Adnyana, I.K. (2024). Determination of Total Phenols, Total Flavonoids and

Antioxidant Activity of Watermelon Peel and Rind from Several Cultivation Areas in Indonesia. *Indian Journal of Agricultural Research*, 58(5), 865-871. https://doi.org/10.18805/IJARe.AF-872

[37] Plaza, M., Pozzo, T., Liu, J., Ara, K. Z. G., Turner, C., & Karlsson, E. N. (2014). Substituent effects on in vitro antioxidizing properties, stability and solubility in flavonoids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(15), 3321–3333. https://doi.org/10.1021/jf405570u

[38] Wolosiak, R., Drużyńska, B., Derewiaka, D., Piecyk, M., Majewska, E., Ciecierska, M., Worobiej, E., Pakosz, P. (2022). Verification of the Conditions for Determination of Antioxidant Activity by ABTS and DPPH Assays—A Practical Approach. *Molecules*, 27(1), 50. https://doi.org/10.3390/molecules27010050

[39] Alara, O. R., Abdurahman, N. H., & Ukaegbu, C. I. (2021). Extraction of phenolic compounds: A review. *Current research in food science*, *4*, 200-214. https://doi.org/10.1016/j.crfs.2021.03.011

[40] Salihović, M., Pazalja, M., Ajanović, A. (2022). Antioxidant Activity of Watermelon Seeds Determined by DPPH Assay. *Kemija u Industriji*, *71*(5–6), 295–300. https://doi.org/10.15255/kui.2021.064

[41] Srivastava, R., Jaiswal, N., Kharkwal, H., Kumar, D. N. and Srivastava, R. (2025). Phytomedical Properties of *Carica papaya* for Boosting Human Immunity Against Viral Infections 17(2), 271. https://doi.org/10.3390/v17020271 https://www.mdpi.com/1999-4915/17/2/271

[42] Jacob A.G., Etong D.I., Tijjani A. (2015). Proximate, Mineral and Anti-nutritional Compositions of Melon (Citrullus lanatus) Seeds. *British Journal of Research*, 2(5), 142-151. https://www.researchgate.net/profile/Adikwu-Jacob/publication/283455369_Proximate_Mineral_and_Anti-nutritional_Compositions_of_Melon_Citrullus_lanatus_Seeds/links/5638af9e08ae7f7eb185d055/Proximate-Mineral-and-Anti-nutritional-Compositions-of-Melon-Citrullus-lanatus-Seeds.pdf

[43] Omoniyi, S. A. (2020). Nutrient and anti-nutritional composition of watermelon (Citrullus lanatus). Department of Home Science and Management, Federal University, Gashua, Yobe State, Nigeria. 5(1), 048-051. http://ftstjournal.com/uploads/docs/51%20Article%208.pdf

[44] Santos, C.M. dos, Abreu, C.M.P. de, Freire, J.M., Queiroz, E. de R., Mendonça, M.M. (2014). Chemical characterization of the flour of peel and seed from two papaya cultivars. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 34(2), 353–357. https://doi.org/10.1590/fst.2014.0048

[45] Morais, D.R., Rotta, E.M., Sargi, S.C., Bonafe, E.G., Suzuki, R.M., Souza, N.E., Matsushita, M., Visentainer, J.V. (2017). Proximate composition, mineral contents and fatty acid composition of the different parts and dried peels of tropical fruits cultivated in Brazil. *Journal of the Brazilians Chemical Society*, 28(2), 308–318. http://dx.doi.org/10.5935/0103-5053.20160178

[46] Hanaa, S. S. G., Osama I. A. S. and Sanaa, M. A. H. (2023). Cakes fortified with papaya seeds effectively protects against CCl4-induced immunotoxicity. National Library of Medicine. PubMed. 30(51), pp 111511-111524. doi: 10.1007/s11356-023-30172-w https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10625515/

[47] Mérida, L. E., Soto, S. S., Martínez, J. V. M., Quintero, L. A. y Piloni, M. J. (2023). Caracterización química, funcional y de textura aproximada de la harina de semilla de papaya (*Carica papaya*) para la elaboración de pan. *Elsevier. Revista Internacional de Gastronomía y Ciencias de los Alimentos*. 31. https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2023.100675 https://www-sciencedirect-com.translate.goog/science/article/abs/pii/S1878450X23000173?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=wa

[48] Tusneem, K., Muhammad, T. H. and Ghulam, M. D. (2020). Utilization of watermelon seed flour as protein supplement in cookies. Pure Appl. Biol., 9(1): 202-206. http://dx.doi.org/10.19045/bspab.2020.90024 https://www.researchgate.net/publication/339828491_Utilization_of_watermelon_seed_flour_as_protein_supplement_in_cookies

[49] Peters, D.E., Ogbeifun, H.E., Monanu, M.O. (2022). Nutrient Composition of Citrullus Lanatus (Water Melon) Seeds. *International Journal of Research in Life Science*, 9(3), 37–48. https://doi,org/10.5281/zenodo.7037580

[50] Fonseca, M., Kobelnik, M., Guadagnucci, F. G., Spirandeli, C. M y Augusto, R. C. (2023). Oil extraction from seeds of *Carica papaya* L.: Obtaining the lipid profile and thermal evaluation. Eclética Química, 48 (3), pp. 81-90. https://doi.org/10.26850/1678-4618eqj.v48.3.2023.p81-90 https://www.redalyc.org/journal/429/42976803005/html/

[51] Robles, A. S. M., González, V. R. I., Ruíz, C. S., Estrada, A. M. I., Cira, Ch. L. A., Márquez, R. E., Del Toro, S. C. L., Ornelas, P. J. J., Suárez, J. G. M. and Ocaño, H. V. M. (2024). Optimization of Extraction Process for Improving Polyphenols and Antioxidant Activity from Papaya Seeds (*Carica papaya* L.) Using Response Surface Methodology. 12(12), 2729. https://doi.org/10.3390/pr12122729 https://www.mdpi.com/2227-9717/12/12/2729