

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



EFFECTO DE SUBPRODUCTOS DE BRÓCOLI SOBRE LA CALIDAD DEL MELÓN
POSCOSECHA

Tesis

Que presenta YADMI XITLALI PERALTA TABAREZ
como requisito parcial para obtener el Grado de
MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila

Diciembre, 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



EFFECTO DE SUBPRODUCTOS DE BRÓCOLI SOBRE LA CALIDAD DEL MELÓN
POSCOSECHA

Tesis

Que presenta YADMI XITLALI PERALTA TABAREZ
como requisito parcial para obtener el Grado de
MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA


Dra. Dolores Gabriela Martínez Vázquez
Director UAAAN


Dra. Luvia de Abril Alexandra Soriano Melgar
Director Externo

Saltillo, Coahuila

Diciembre, 2022

EFFECTO DE SUBPRODUCTOS DE BRÓCOLI SOBRE LA CALIDAD DEL
MELÓN POSCOSECHA

Tesis

Elaborado por YADMI XITLALI PERALTA TABAREZ como requisito parcial para
obtener el Grado de Maestro en Ciencias en Horticultura con la supervisión y
aprobación del Comité de Asesoría

Dra. Dolores Gabriela Martínez Vázquez
Asesor Principal

Dra. Lluvia de Abril Alexandra Soriano Melgar
Asesor

Dr. Alberto Sandoval Rangel
Asesor

Dr. Armando Robledo Olivo
Asesor

Dra. Ana Verónica Charles Rodríguez
Asesor

Dr. Antonio Flores Naveda
Subdirector de Postgrado
UAAAN

Saltillo, Coahuila

Diciembre 2022

AGRADECIMIENTOS

Al CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGIA (CONACYT), por el financiamiento (proyecto 316010) y por haberme permitido ser una de sus becarias y darme la facilidad de hacer mi posgrado de calidad de tiempo completo con su apoyo y facilidades.

A la prestigiada UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO (UAAAN) le doy infinitas gracias por haberme acogido en sus aulas, en sus invernaderos y en sus laboratorios donde aprendí tantas cosas nuevas.

Al CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN QUÍMICA APLICADA (CIQA), por el apoyo que me brindaron para que pudiera concluir este proyecto en tiempo y forma.

A la UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE COAHUILA (UA de C) por haberme permitido utilizar sus instalaciones para realizar las determinaciones correspondientes y así poder concluir este proyecto.

DEDICATORIA

Mi tesis se la dedico a mi alma mater UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO (UAAAN), por haberme permitido ser parte de la larga historia de profesionistas formados en sus aulas, por darme la facilidad y el placer de trabajar en sus tierras, laboratorios e invernaderos, por brindarme conocimiento y dejarme ser una de las pocas estudiantes del estado de Guerrero que tienen el honor de formar parte de esta hermosa Universidad, a nivel postgrado y seguir siendo Buitre de la Narro.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	1
HIPÓTESIS	2
Objetivo general.....	2
Objetivos específicos	2
REVISIÓN DE LITERATURA	3
Pérdida de alimentos	3
Residuos agroindustriales	3
Compuestos de interés presentes en residuos agroindustriales.....	3
Cultivo de brócoli.....	4
<i>Importancia del cultivo de brócoli en México</i>	4
<i>Uso principal del brócoli</i>	5
<i>Esquilmos de brócoli</i>	6
Glucosinolatos (GLS)	7
<i>Bioactividad de los glucosinolatos</i>	7
<i>Fungicida y/o fungistático</i>	8
Cultivo de melón	9
<i>Importancia económica</i>	9
<i>Problemas durante la poscosecha del melón</i>	10
<i>Métodos de conservación poscosecha</i>	11
<i>Uso de agentes químicos</i>	11
<i>Uso de compuestos naturales</i>	11
<i>Uso de extractos de residuos agroindustriales</i>	12
<i>Uso de esquilmos de brócoli</i>	13
MATERIALES Y MÉTODOS	14
Material vegetal	14
Acondicionamiento de los residuos de brócoli	14
Obtención de los extractos	15
Tratamientos	15
Determinaciones en los frutos de melón.....	15
<i>Evaluación de la calidad y deshidratación del fruto</i>	16
<i>Firmeza (dureza)</i>	16
<i>Color</i>	17

<i>Pérdida de peso</i>	17
<i>pH</i>	17
<i>Sólidos solubles totales</i>	17
<i>Acidez titulable</i>	17
<i>Índice de madurez</i>	18
<i>Vitamina C</i>	18
<i>Compuestos fenólicos totales</i>	18
<i>Capacidad antioxidante total</i>	19
Microorganismos	19
Diseño experimental	19
Análisis estadístico	20
RESULTADOS Y DISCUSIONES	21
Deshidratación	21
Calidad	22
Firmeza (dureza).	24
Cambio del color de la pulpa	26
Cambio de color de la cáscara.	27
Pérdida de peso.	29
pH.	30
Sólidos solubles totales.	32
Acidez titulable.	33
Índice de madurez.	34
Vitamina C.	36
Compuestos fenólicos totales.	37
Capacidad antioxidante total	39
Microorganismos.	40
CONCLUSIÓN	42
PERSPECTIVAS	43
REFERENCIAS	44
ANEXOS	59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición nutritiva de brócoli (por 100 g de producto comestible) (Butnariu y Butu, 2015).	6
---	----------

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Escala arbitraria (1-5) para la evaluación de la deshidratación de los frutos de melón.	17
Figura 2. Escala arbitraria (1-5) para la evaluación de la calidad de los frutos de melón.	17
Figura 3. Escala arbitraria (1-5) de deshidratación en frutos de melón bajo diferentes tratamientos a base de esquilmos de brócoli con diferentes métodos de extracción y almacenados a 25 °C (A) y 4 °C (B).....	22
Figura 4. Escala arbitraria (1-5) de calidad en frutos de melón bajo diferentes tratamientos a base de esquilmos de brócoli con diferentes métodos de extracción y almacenados a 25 °C (A) y 4 °C (B).	24
Figura 5. Firmeza (dureza en Newton, N) en frutos de melón bajo diferentes tratamientos a base de esquilmos de brócoli con diferentes métodos de extracción y almacenados a 25 °C (A) y 4 °C (B).	26
Figura 6. <u>Cambio del color (ΔE) en pulpa de melón bajo diferentes tratamientos a base de esquilmos de brócoli con diferentes métodos de extracción y almacenados a 25 °C (A) y 4 °C (B).....</u>	27
Figura 7. Cambio del color (ΔE) en cáscara de melón bajo diferentes tratamientos a base de esquilmos de brócoli con diferentes métodos de extracción y almacenados a 25 °C (A) y 4 °C (B).	28
Figura 8. Pérdida de peso (% PP) de frutos de melón bajo diferentes tratamientos a base de esquilmos de brócoli con diferentes métodos de extracción y almacenados a 25 °C (A) y 4 °C (B).	30
Figura 9. pH de melón bajo diferentes tratamientos a base de esquilmos de brócoli con diferentes métodos de extracción y almacenados a 25 °C (A) y 4 °C (B).	31
Figura 10. Sólidos solubles totales (°Brix) de melón bajo diferentes tratamientos a base de esquilmos de brócoli con diferentes métodos de extracción y almacenados a 25 °C (A) y 4 °C (B).....	32

Figura 11. Acidez titulable (%) de melón bajo diferentes tratamientos a base de esquilmos de brócoli con diferentes métodos de extracción y almacenados a 25 °C (A) y 4 °C (B).....	33
Figura 12. Índice de madurez de melón bajo diferentes tratamientos a base de esquilmos de brócoli con diferentes métodos de extracción y almacenados a 25 °C (A) y 4 °C (B).....	35
Figura 13. Vitamina C (mg/100 mL) de melón bajo diferentes tratamientos a base de esquilmos de brócoli con diferentes métodos de extracción y almacenados a 25 °C (A) y 4 °C (B).....	36
Figura 14. Compuestos fenólicos totales ($\mu\text{g EAG mL}^{-1}$). de melón bajo diferentes tratamientos a base de esquilmos de brócoli con diferentes métodos de extracción y almacenados a 25 °C (A) y 4 °C (B).....	38
Figura 15. Capacidad antioxidante total ($\mu\text{moles EAG mL}^{-1}$) de melón bajo diferentes tratamientos a base de esquilmos de brócoli con diferentes métodos de extracción y almacenados a 25 °C (A) y 4 °C (B).....	39
Figura 16. Inhibición de microorganismos <i>Fusarium sanbucinum</i> (A) y <i>Botrytis cinérea</i> (B) por efecto de los tratamientos a base de esquilmos de brócoli con diferentes métodos de extracción e incubados a temperatura ambiente.	40

RESUMEN

EFFECTO DE SUBPRODUCTOS DE BRÓCOLI SOBRE LA CALIDAD DEL MELÓN
POSCOSECHA

POR

YADMI XITLALI PERALTA TABAREZ
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DRA. DOLORES GABRIELA MARTÍNEZ VÁZQUEZ – ASESOR

Saltillo, Coahuila

Diciembre 2022

El principal productor de *Cucumis melo* var. Cantaloupe en la República Mexicana es la comarca lagunera, ocupando el 25 % de la producción nacional. Su fruto se ve afectado durante la poscosecha debido a la presencia de hongos patógenos, los cuales son causantes de su corta vida de anaquel (12 a 15 días). Una opción para combatir este problema es la utilización de extractos de residuos de crucíferas (como brócoli), el cual presenta capacidad fungistática por acción de los glucosinolatos. Es por ello que se aplicaron cuatro tratamientos de extractos de esquilmos de brócoli y dos controles: 1) testigo (agua), 2) control hipoclorito (1 %), 3) base etanol (microondas), 4) base etanol (ultrasonido), 5) base agua (microondas), 6) base agua (ultrasonido) a diferentes temperaturas 25 y 4 °C de almacenamiento. La aplicación fue por inmersión durante 2 min, de los cuales se evaluaron parámetros físicos, químicos, bioquímicos y antioxidantes durante 20 días de almacenamiento, los datos fueron analizados mediante un análisis de varianza y prueba *post hoc* de Tukey-Kramer. Los resultados demuestran que en frutos de melón almacenados a 25 °C y tratados con extracto base agua (ultrasonido), así como, en frutos almacenados a 4 °C y tratados con extracto etanol (microondas) fueron los que mostraron los mejores resultados en cuanto a los parámetros físicos y químicos, compuestos antioxidantes (vitamina C, fenoles totales y capacidad antioxidante total) y en el menor desarrollo de microorganismos, permitiendo mantener la calidad del melón.

Palabras Clave: *esquilmos, extracto líquido, vida de anaquel, compuestos antifúngicos, ultrasonido, microondas.*

ABSTRACT

EFFECT OF BROCCOLI BY-PRODUCTS ON THE QUALITY OF POST-HARVEST
MELON

BY

YADMI XITLALI PERALTA TABAREZ
MASTER OF SCIENCE IN HORTICULTURE

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DRA. DOLORES GABRIELA MARTÍNEZ VÁZQUEZ – ADVISER

Saltillo, Coahuila

December 2022

The main producer of *Cucumis melo* var. Cantaloupe in the Mexican Republic is the Comarca Lagunera, occupying 25 % of the national production. Its fruit is affected during postharvest due to the presence of pathogenic fungi, which are responsible for its short shelf-life (12 to 15 days). One option to combat this problem is the use of extracts of cruciferous residues (such as broccoli), which have fungistatic capacity due to the action of glucosinolates. For this reason, four treatments of broccoli waste extracts and two controls were applied: 1) control (water), 2) hypochlorite control (1 %), 3) ethanol base (microwave), 4) ethanol base (ultrasound), 5) water base (microwave), 6) water base (ultrasound) at different storage temperatures (25 and 4 °C). The application was by immersion for 2 min, from which physical, chemical, biochemical, and antioxidant parameters were evaluated during 20 days of storage. The data were analyzed by analysis of variance and Tukey-Kramer *post hoc* test. The results show that melon fruits stored at 25 °C and treated with water-based extract (ultrasound), as well as fruits stored at 4 °C and treated with ethanol extract (microwave) showed the best results in terms of physical and chemical parameters, antioxidant compounds (vitamin C, total phenols, and total antioxidant capacity) and the lowest development of microorganisms, allowing the quality of melon to be maintained.

Keywords: *shears, liquid extract, shelf life, antifungal compounds, ultrasound, microwave.*

INTRODUCCIÓN

El melón chino (*Cucumis melo* var. cantaloupe) de origen mexicano, es muy cultivado y demandado en el mercado mundial debido a su sabor y dulzura (Moreno y Coronado, 1998; Pineda, 2016). La superficie cultivada de melón en México asciende a 10,742 hectáreas (ha) con una producción de 304,894 toneladas anuales (ton/año) (SIAP, 2020), por lo cual México ocupa el sexto lugar como exportador a nivel mundial (FAOSTAT, 2013); siendo la comarca lagunera el principal productor de melones en la República Mexicana con una producción de 141,202 ton/año, generando el 25 % de la producción nacional (SAGARPA-LAGUNA, 2017).

La principal problemática que tiene el fruto poscosecha es que presenta una vida de anaquel corta, de 12 a 15 días máximo (INFOAGRO, 2010), lo que se asocia a las pudriciones ocasionadas por hongos, tales como: *Sclerotium rolfsii* Sacc. (Gómez-Bernal, 2020) y *Fusarium oxysporum* (Fernández-Infantes, 2021), así mismo, bacterias *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli*, *Xanthomonas campestris* pv. *Melonis* y *Erwinia carotovora* subsp. *Carotovora* (Viana, *et al.*, 2003). Para combatir esta problemática se aplican tratamientos poscosecha, los cuales emplean fungicidas de origen químico, sin embargo, su uso está siendo restringido por los residuos en la fruta que pueden dañar al consumidor (Rivera-Pastrana *et al.*, 2007); es por ello por lo que se buscan nuevas alternativas. Una opción, son los extractos de crucíferas como el brócoli, ya que estas plantas contienen glucosinolatos en sus hojas y tallos, que son azúcares azufrados (Fahey *et al.*, 2001), los cuales al entrar en contacto con la enzima mirosinasa produce nitrilos, isonitrilos, sulfhidrilos, tiocianatos e isotiocianatos (Vig *et al.*, 2009), los cuales presentan capacidad fungistática (Liang *et al.*, 2006; López-Chillón *et al.*, 2017). Los extractos de crucíferas se han probado para el control de otros patógenos como es el caso de *Fusarium sp.* (Montealegre *et al.*, 2003).

HIPÓTESIS

Los extractos de esquilmos de brócoli incrementarán la vida de anaquel de frutos de melón poscosecha manteniendo sus características físicas, químicas y de calidad, así como, disminuyendo el desarrollo de microorganismos durante el almacenamiento.

OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar el efecto de la aplicación de extractos de esquilmos de brócoli sobre las características de calidad, el desarrollo de microorganismos y la vida de anaquel del fruto del melón poscosecha.

Objetivos específicos

- a) Estimar la calidad del fruto de melón (escalas arbitrarias de calidad) por efecto de tratamiento poscosecha a base de subproductos de brócoli.
- b) Determinar el efecto de la aplicación de extractos obtenidos como subproductos de brócoli en los parámetros físicos (firmeza, pérdida de peso y color) de frutos de melón poscosecha.
- c) Evaluar parámetros químicos (pH, SST, AT e IM) del fruto de melón cantaloupe tratados con extractos de esquilmos de brócoli.
- d) Determinar el efecto sobre compuestos antioxidantes (vitamina C y fenoles totales) y la capacidad antioxidante total de los frutos de melón tratados con extractos de esquilmos.
- e) Comprobar el efecto de los subproductos de brócoli sobre el desarrollo de microorganismos patogénicos de frutos de melón cantaloupe.

REVISIÓN DE LITERATURA

Pérdida de alimentos

En la actualidad, la pérdida y el desperdicio de alimentos es un problema a nivel mundial, ya que ocurren en todos los eslabones de la cadena alimentaria, la cual engloba varios sectores como son: en las industrias de procesamiento, en la fase de distribución, en comedores, restaurantes y hogares de los propios consumidores (Montagut y Gascón, 2014). Las causas de estas pérdidas no siempre suelen ser las mismas y éstas pueden llegar a variar según el producto, la etapa de producción, en el transporte, el modo de almacenamiento, en el embalaje y en la falta de conciencia de los consumidores (Hidalgo y Martín, 2020). Las pérdidas de alimentos representan el 50 % de desperdicios en la poscosecha, estos residuos ocasionan una gran fuente de contaminación, tanto en el ambiente (suelo, aire y cuerpos de agua) como en la salud (Hidalgo y Martín, 2020). Por lo que sería favorable la reducción de los desperdicios, ya que con ello sería un paso preliminar importante para combatir el hambre y mejorar el nivel nutricional de las poblaciones más desfavorecidas (Di Marco *et al.*, 2003; Gómez *et al.*, 2003).

Residuos agroindustriales

La agroindustria genera una gran cantidad de residuos cada año, por lo cual en las últimas décadas estos residuos están siendo estudiados debido a que gran parte de sus compuestos pueden ser utilizados como materia prima, el cual puede generar productos con valor agregado. Gracias a esto, se ve como una condición futura la generación de bioenergéticos para reducir el impacto ambiental que se ocasiona con dichos residuos (Asrín y Martín, 2017; Sagar *et al.*, 2018). Los principales residuos producidos por la agroindustria son: cáscaras de frutas (limón, pera, tomate, manzana, papaya, piña, plátano y naranja), cereales (maíz) y hortalizas (frijol, zanahoria, papa y repollo) con alrededor de 76 millones de ton/año (Ayala-Zavala *et al.*, 2011; Gemedede y Ratta, 2014; Zafra Rojas, 2019).

Compuestos de interés presentes en residuos agroindustriales

Los residuos agroindustriales son una fuente importante de compuestos bioactivos, estos pueden obtenerse a partir de cualquier parte de la planta (tallos, hojas, raíces, flores,

cáscaras, etc.) (Veneziani *et al.*, 2017). Leyva-López *et al.* (2020) describen que los principales compuestos bioactivos que se pueden encontrar en los residuos agroindustriales son: compuestos fenólicos, terpenos, fibra dietética (β -glucanos) y saponinas, de las cuales también señalan que se le han atribuido varias propiedades biológicas, por ejemplo: actividad antioxidante, actividad inmunoestimulante, modulación de la microbiota intestinal y moduladores del sistema inmunitario, las cuales se asocian a la mejora de la salud. Por lo que, el uso de residuos en la elaboración de los alimentos genera valor agregado de los productos (Ayala-Zavala *et al.*, 2011; Zafra Rojas, 2019).

Cultivo de brócoli

El brócoli o brécol (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) pertenece a la familia de las crucíferas (Brasicáceas), la cual incluye a un gran número de especies, tales como: coles (*Brassica oleracea*), rábanos (*Brassica napus*), nabo (*Brassica rapa*), mostazas (*Sinapis spp*), entre las más conocidas (Campas-Baypoli *et al.*, 2009; Alanís-Garza *et al.*, 2015; Serna Barrera, 2021). El brócoli se considera una hortaliza de importancia económica a nivel mundial, por su gran número de productos que se obtienen de ella, siendo una planta comestible, la cual contiene vitamina A y C, minerales esenciales y es baja en calorías (Villarreal-García *et al.*, 2015; Jacobo-Velázquez *et al.*, 2016; Delgado Baque, y Carrión Marca, 2022). El brócoli se distingue de otras plantas de su misma familia como la coliflor y las coles por presentar pedúnculos florales prietos que forman una cabeza irregular y abierta, con un color verde intenso (Díaz, 2006; Jaramillo y Díaz, 2006; Moreira *et al.*, 2012 y Moreira, *et al.*, 2018).

Importancia del cultivo de brócoli en México

Según el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesca (SIAP), reportaron que la superficie sembrada de brócoli en el año 2020 en México ascendió a 9,444 ha, con una producción de 1,683 ton y con un rendimiento de 14.709 ton/ha (SIAP, 2021). La producción de hortalizas, entre ellas el brócoli, va en aumento en el centro del país, donde se reportaron 334,000 ton de producción en los estados de Zacatecas, Michoacán, Aguascalientes, Querétaro, San Luis Potosí y Guanajuato (SIAP, 2018; Rocha y Cisneros, 2019), donde el estado de Guanajuato fue el principal productor de esta

hortaliza con el 62 % de la superficie cosechada, con un 57.8 % de la producción total y un rendimiento de 12.98 ton/ha (Rocha y Cisneros, 2019). La cosecha del cultivo se destina principalmente para la exportación, presentando una fuente de divisas y un incentivo para los productores (INFOAGRO, 2021; Rocha y Cisneros, 2019; Sagar *et al.*, 2018).

Uso principal del brócoli

Con el paso de los años, se han realizado varias investigaciones con base en esta hortaliza y de las cuales se ha demostrado que contiene una sustancia anticancerígena llamada sulforafano, siendo éste un compuesto que ayuda al organismo a producir enzimas capaces de combatir el cáncer (Jaramillo y Díaz, 2006; Ares *et al.*, 2013; Villarreal-García *et al.*, 2016). López-Chillón *et al.* (2017) indicaron que, en los últimos años, estas plantas son consumidas cada vez más, gracias a que contienen características organolépticas que son de beneficio para la salud, ya que esta hortaliza es una buena fuente de compuestos bioactivos. Entre estos compuestos se destacan los glucosilatos (GLS), metabolitos secundarios de las plantas, los cuales contienen azufre y nitrógeno dentro de su estructura química, los cuales se encuentran casi exclusivamente en esta familia botánica (Barba *et al.*, 2015; Sawicka, 2020). Otras sustancias bioactivas que presenta el brócoli son los compuestos fenólicos, tales como: flavonoides, antocianinas y ácido fólico (Bhandari y Kwak, 2014; Bhandari y Kwak, 2015; Villarreal-García *et al.*, 2016). También contiene componentes con actividad biológica, tales como: carotenos, vitaminas y ciertos minerales (Na, K, Ca, Mg, Cl, S, N y P) (Agte *et al.*, 2000; Miyazawa *et al.*, 2005; Thomas *et al.*, 2018). Otra característica importante de esta hortaliza es que modifica la insulina y el azúcar en la sangre, la cual reduce riesgos de diabetes (Jaramillo y Diaz, 2006). El principal uso que tiene esta hortaliza es para consumo humano, esto se debe a su alto valor nutritivo y medicinal (Tabla 1).

Tabla 1. Composición nutritiva de brócoli (por 100 g de producto comestible) (Butnariu y Butu, 2015).

Fitoquímicos	Valor/100 g (Unidad)	Fitoquímicos	Valor/100 g (Unidad)
Energía	35 Kcal	Vitamina C	64.9 mg
Agua	89.25 g	Tiamina	0.063 mg
Proteína	2.38 g	Riboflavina	0.123 mg
Grasas	0.41 g	Niacina	0.553 mg
Carbohidratos	7.18 g	Vitamina B6	0.200 mg
Fibra	3.3 g	Folato, DFE	108 µg
Azúcares	1.39 g	Vitamina B12	-
Calcio	40 mg	Vitamina A, RAE	77 µg
Hierro	0.67 mg	Vitamina A, IU	1548 IU
Magnesio	21 mg	Vitamina E (α-tocopherol)	1.45 mg
Fosforo	67 mg	Vitamina D (D2 + D3)	-
Potasio	293 mg	Vitamina D	-
Sodio	41 mg	Vitamina K	141.1 µg
Zinc	0.45 mg	Ácidos grasos (polisaturados)	0.170 g
Ácidos grasos (saturado)	0.079 g	Colesterol	-
Ácidos grasos (monosaturado)	0.040 g		

Esquilmos de brócoli

La FAO, (2021) siendo este un organismo especializado con el enfoque de erradicar el hambre a nivel mundial, señalan que durante el 2019 se produjeron alrededor de 70,150,406 ton de crucíferas a nivel mundial y 203,986 ton a nivel nacional. Con base a esta producción, durante la recolección se generan más de 15,000,000 ton de tallos y hojas como residuos, ya que estos tejidos conforman entre el 60 al 75 % de la planta (Petkowicz y Williams, 2020), los cuales no son utilizados en la preparación de alimentos (Moreno *et al.*, 2020).

Los esquilmos de brócoli contienen una gran cantidad de vitaminas, minerales, fibra y fitoquímicos que pueden ser utilizados, ya que este cultivo genera residuos importantes en el campo que pueden ir desde la raíz, el tallo y las hojas, los cuales representan alrededor del 70 % del volumen de la planta, lo que ocasiona un problema tanto para el manejo como la disposición para el agricultor al ser considerados como desperdicios (Campas-Baypoli *et al.*, 2009; Petkowicz y Williams, 2020; Serna Barrera, 2021).

Actualmente, la bioconversión y la recuperación de los residuos vegetales a compuestos con valor agregado están teniendo mucha atención. Los residuos de brócoli y los brotes contienen una alta fuente de nutrientes y fitoquímicos, ya que éstos pueden presentar hasta veinte veces más compuestos bioactivos cuando se encuentran en desarrollo en comparación con el estado adulto (Cevallos-Casals *et al.*, 2010; Hanlon *et al.*, 2011; Zhivkova y Zlateva, 2019).

Glucosinolatos (GLS)

Los glucosinolatos son metabolitos secundarios que abundan en las crucíferas como el brócoli, el repollo, el porro, las coles de Bruselas y la coliflor (Angelino y Jeffery 2014), que estos compuestos son los que generan una gran variedad de productos de descomposición a través de la hidrólisis enzimática vegetal (mirosinasa) y la degradación química del procesamiento de los alimentos (Hanschen *et al.*, 2014). Los glucosinolatos son compuestos nitrógeno/azufrados (Moreno y García, 2008), formados por un residuo de β -D-glucopiranososa unido a un éster de (Z)-N-hidroximinosulfato por puentes de azufre y un radical derivado de un aminoácido (Bischoff, 2016; Yábar Villanueva, 2017).

Los glucosinolatos según la cadena lateral pueden ser divididos en (1) GLS alifático, (2) cometilalquilo, (3) aromático o (4) heterocíclico (indol) (Śmiechowska *et al.*, 2010). Puri, (2017) menciona que se han identificado aproximadamente 120 clases de GLS en plantas, pero en la mayoría de éstas sólo se encuentran en cantidades poco significativas. En hojas de brócoli se encuentra la glucorafanina, sinigrina, progoitrin, el indol GLS glucobrassicina y neoglucobrassicina (Cartea y Velasco 2008).

Bioactividad de los glucosinolatos

Tanto en los brotes como en los residuos de brócoli, los glucosinolatos no se encuentran biológicamente activos hasta que son hidrolizados por la mirosinasa, lo que está relacionada con la presencia de sulforafano e isotiocianatos procedentes de la hidrólisis del glucosilato (glucorafanina), ya que este compuesto está presente dentro de la ruta metabólica del ácido mercaptúrico, en los enterocitos, el cual está unido al glutatión y derivados de la cisteína (Angelino y Jeffery 2014; Baenas *et al.*, 2018).

El sulfarafano y sus metabolitos son capaces de inducir actividades enzimáticas como las que se encuentran en la detoxificación. Estas enzimas también presentan efectos anticancerígenos, inhibición del ciclo celular y apoptosis (Clarke *et al.*, 2008; La Marca *et al.*, 2012); cuyos compuestos se relacionan con la acción antiinflamatoria y antioxidante (Folkard *et al.*, 2015).

Los productos hidrolizados de los glucosinolatos, en particular de isotiocianatos e indoles, actualmente han recibido un gran interés en investigaciones alimentarias principalmente por investigaciones para combatir el cáncer (pulmón, mama, estómago, vejiga, páncreas, próstata y riñón) (Gupta *et al.*, 2012; Gupta *et al.*, 2014; Kaur y Arora, 2012). Se ha indicado que estos compuestos pueden afectar las distintas etapas del desarrollo del cáncer (Cartea y Velasco, 2008).

Fungicida y/o fungistático

En las plantas, se pueden encontrar glucosinolatos involucrados en respuesta al estrés biótico; ya que los productos degradados de los glucosinolatos que están formados enzimáticamente son los que activan el sistema de defensa cuando son inducidos por herbívoros o la penetración de hongos (Moreno *et al.*, 2006). Así, las plantas (como las crucíferas) con alto contenido de glucosinolatos son utilizadas como biofumigantes en la agricultura de forma triturada al suelo (Hanschen *et al.*, 2014).

Se han reportado que en la utilización de plantas de brócoli presentan capacidad fungistática, donde durante la rotación de cultivos se disminuye la presencia de patógenos hasta un 80 %, como es el caso de *Fusarium oxysporum* (Liang *et al.*, 2006; López-Chillón *et al.*, 2017). Se han aplicado extractos de crucíferas (brócoli) en condiciones *in vitro* contra patógenos como *Fusarium sp.* y *Botrytis cinérea* (Montealegre *et al.*, 2003). Los daños de *Fusarium* son muy visibles en los cultivos (cambio de color, marchitamiento vascular, decadencia radicular, podredumbre del fruto, entre otros) porque dañan los tejidos superficiales de los frutos que demeritan su valor comercial (García-Ávila *et al.*, 2018; Rodríguez *et al.*, 2005). *Botrytis cinérea* causa podredumbre en muchos cultivos (hortícolas, frutícolas y florícolas) con daños visibles e irrevocables, atacando todas las partes del fruto cuya presencia se le conoce como podredumbre gris (Ficker *et al.*, 2003; Valencia-Botín *et al.*, 2013; Jaqueline Boiteux *et al.*, 2015).

Cultivo de melón

El cultivo de melón se caracteriza por presentar una planta anual, rastrera o trepadora y de polinización cruzada, con frutos ovalados y redondos (Martínez *et al.*, 2013). Se produce en climas cálidos a temperaturas que van de los 18 a los 32 °C (Tercero Campos, 2018). Principalmente se producen en verano, en suelos francos y en suelos francos arcillosos, ya que son ricos en materia orgánica, con un pH de 6 y 7, en altitudes desde los 0 hasta los 1000 msnm (Martínez, 2009).

El fruto de melón presenta varios colores internos: verde, salmón y naranja, posee un sabor único y característico, y principalmente es muy demandado en época de calor, cuyos pesos promedios oscilan entre 700 y 1,200 g (Mármol, 2008; Moreno-Reséndez, *et al.*, 2014). Los frutos de melón son generalmente con forma esférica, aunque su forma puede variar a elíptica u ovada, de corteza gruesa, lisa, rugosa de color blanco, verde o amarillo, su pulpa es tierna, dulce y con un aroma característico, la parte central donde se encuentran las semillas es gelatinosa (SIAP, 2010; Zamora-Gómez y Loredó-Treviño, 2020).

Importancia económica

El melón es de suma importancia económica y social para los agricultores en México, esto se debe a la gran magnitud de superficie que se siembra, también a los altos volúmenes de producción, es una gran fuente de ingresos y de empleos para los productores y genera divisas para el país (Zamora-Gómez y Loredó-Treviño, 2020). El óptimo desarrollo de esta fruta se genera en zonas secas, donde se encuentran los siguientes estados: Coahuila, Sonora, Michoacán y Guerrero; siendo estos estados los mayores productores de esta fruta. Los estados de Durango, Colima, Chihuahua, Oaxaca, Jalisco y Baja California Sur son considerados productores menores (SIAP, 2010). De acuerdo con SAGARPA-LAGUNA (2017) se indica que la comarca lagunera es el principal productor de melones en toda la república mexicana, ya que genera el 25 % de la producción nacional con una producción anual de 141,202 ton, el valor de la producción de melón varía desde \$25,000 hasta \$120,000 pesos y 120 jornales por hectárea (ASERCA, 2000; Arellano *et al.*, 2010). Con base a lo anterior, SAGARPA de la región Lagunera en coordinación con los estados del Noreste del país (Durango y

Coahuila), definieron a la cadena agroalimentaria del melón como una estrategia debido a su alto peso específico en la economía tanto en la región local como estatal (SAGARPA, 2004).

Para lograr la expansión del cultivo de melón en la Comarca Lagunera, la principal limitante es la disponibilidad de agua, por lo cual se ha llegado a modificar las fechas de siembra de este cultivo por la escasez de agua en las presas, siendo el riego por goteo o fertirrigación el mejor método que se adapta al melón, ya que se trata de una planta muy sensible a los encharcamientos; además del alto costo que significa si el método tradicional de riego es por inundación (Arellano *et al.*, 2010).

Problemas durante la poscosecha del melón

Los frutos de melón presentan diferentes problemas, los cuales se originan desde la cosecha, así como, durante el empaquetado, el transporte y la vida de anaquel (Tian *et al.*, 2006; Tian *et al.*, 2021). Durante la cosecha y poscosecha, se desarrollan diferentes microorganismos que afectan al fruto, se produce oscurecimiento y pérdida de la calidad, se disminuye la firmeza y se modifica la textura, el color y el olor, por mencionar algunos. Debido a las características que presenta el melón (rico en agua), este fruto es propenso a que se desarrollen microorganismos, tal es el caso de *Fusarium* spp. (Terao *et al.*, 1994; Valero Posada, 2021) y *Botrytis cinérea* (Buxdorf *et al.*, 2013; Aghajanzadehdivei, 2015; Escudero-Albarca, 2022). Por otro lado, el fruto de melón durante el almacenamiento poscosecha se pierde por diversas pudriciones de origen fungoso, por un reblandecimiento que se conoce como fruta batida, esto se debe principalmente a la cosecha en estado avanzado de madurez y al trasplante en condiciones de alta temperatura, caminos en mal estado y a la ausencia de empaque del producto. También a la alta sensibilidad al daño por frío (DPF), lo que disminuye a medida que la madurez fisiológica aumenta; los síntomas principales por DPF son el picado y depresiones superficiales, sabores desagradables y mayor incidencia de pudriciones (INFOAGRO, 2010).

Métodos de conservación poscosecha

Actualmente, existen diferentes métodos o técnicas para la conservación del melón que se han venido utilizando, tales como: liofilización, secado por aspersión (Spray drying), calentamiento, temperatura óptima, atmósferas controladas, coadyuvantes, osmosis y método de secado en estera de espuma (Zamora-Gómez *et al.*, 2020), quitosano (Locaso Y Del Carmen 2011), la utilización de cloro (Rivera-Pastrana *et al.*, 2007), tratamiento con calor, sorbato de potasio (PS), benzoato de sodio (SB), etilparabeno de sodio (SEP) y metilparabeno de sodio (SMP) (Pérez *et al.*, 2003). También se utiliza compuestos naturales como ceras comestibles, extractos vegetales, aceites esenciales de orégano (*Origanum compactum* Bentham) y tomillo (*Thymus glandulosus* Lag. ex H. del Villar), extractos de hojas de papaya, entre otros (Bautista *et al.*, 2002a; Soto-Muñoz *et al.*, 2021; Mamani Huarcaya, 2021).

Uso de agentes químicos

Los tratamientos químicos retardan el desarrollo de algunos patógenos y reducción en algunos casos, pero su principal desventaja es que la penetración es limitada y que la mayoría están siendo suspendidos por los problemas que causan para la salud y a la atmósfera (daño a la capa de ozono) (Soto-Muñoz *et al.*, 2021; Mamani Huarcaya, 2021). Uno de los agentes químicos utilizados como tratamiento poscosecha en el melón es el hipoclorito de sodio al 1 % (cloro) (Rivera-Pastrana *et al.*, 2007), sin embargo, el mercado comercial ya no está aceptando frutos que estén tratados con cloro, ya que a la larga puede causar problemas a la salud (Rivera-Pastrana *et al.*, 2007).

Otros compuestos tales como sorbato de potasio (PS), benzoato de sodio (SB), etilparabeno de sodio (SEP) y metilparabeno de sodio (SMP) se han empleado en algunas hortalizas en poscosecha como una alternativa al uso de fungicidas convencionales, evitando las podredumbres causadas por hongos (*Penicillium* spp.) (Soto-Muñoz *et al.*, 2021; Mamani Huarcaya, 2021).

Uso de compuestos naturales

El uso de ceras comestibles se ha proyectado como una alternativa viable ya que el propósito de utilizarlas en frutas y vegetales frescos es para reforzar su barrera natural

o en otros casos restaurarla en algunos casos donde ha sido parcialmente removida (Soto-Muñoz *et al.*, 2021; Mamani Huaracaya, 2021). Los extractos vegetales también son empleados como tratamientos poscosecha a partir de extractos acuosos (Bautista *et al.*, 2002a), los cuales también se pueden utilizar otros disolventes para obtener diferentes compuestos, según su polaridad (Abou-Jawdah *et al.*, 2002).

La utilización de aceites esenciales o también llamados aceites volátiles son sustancias aromáticas. Los volátiles se encuentran dentro de las plantas, principalmente en las cavidades de tejidos de hojas, dentro de las células en los canales secretores. Algunos frutos donde se puede extraer este tipo de aceites son: naranja, mandarina, limón, y en semillas como las de cilantro y perejil, en rizomas como el jengibre, en hojas y tallos de orégano, albahaca, la corteza de la canela, repollo, etc., y en algunas otras especies como es el caso de las rosas, ya que están conformados por un grupo heterogéneo de distintas sustancias orgánicas, alcoholes, cetonas, ésteres y otros derivados (Olivero-Verbel *et al.*, 2009).

Uso de extractos de residuos agroindustriales

En la actualidad, debido al crecimiento de la población y a la demanda de alimentos, existe una creciente falta de recursos y un elevado costo de los alimentos, esto obliga a los nutricionistas a buscar alimentos alternativos más económicos (Abdulrashid y Agwunobi, 2009). Los residuos de los alimentos provienen de la naturaleza orgánica y se caracterizan principalmente porque poseen elevadas cargas de nutrientes (Ravindran y Jaiswal, 2009).

Las frutas, hortalizas y vegetales son alimentos que poseen una gran cantidad de compuestos benéficos que son buenos para la salud y pueden ser incluidos en la dieta, entre los componentes se encuentran las sustancias fenólicas, que pueden ser utilizados para incrementar la estabilidad de los alimentos, ya que estos evitan la peroxidación de los lípidos y protegen a la oxidación que es causada por los cationes metálicos. La industria alimentaria es quien produce una gran cantidad de subproductos de los cuales se pueden obtener sustancias de alto valor añadido, como antioxidantes naturales y sustitutos sintéticos (Gómez, 2015; Aguiar *et al.*, 2021).

Uso de esquilmos de brócoli

Durante el proceso de cosecha es cuando existe una gran generación de esquilmos de brócoli, los cuales se dejan en campo para la alimentación de los animales o como composta (Appendino y Bardelli, 2010). Actualmente, en el caso de las crucíferas (brócoli), éstas son utilizadas en la rotación de cultivos, es decir, que una vez realizada la cosecha se amortajan y se introducen al suelo (Deng *et al.*, 2015). Con base a la utilización de estos residuos por sus agendes bioactivos, éstos pueden llevar a una recuperación económicamente viable, sustentable, sostenida y segura para la obtención de productos (Galanakis, 2015).

Las hojas de brócoli actualmente están siendo utilizadas en la dieta de las vacas para la producción de leche, debido a que son una fuente de vitamina C, proteínas y fibra, ya que se han mostrado que al incorporar estos esquilmos a la dieta incrementan la grasa y proteína de la leche. Es por ello que, la incorporación de hortalizas a la dieta de las vacas lecheras está representando una alternativa de producción; ya que por ello se puede reducir la acumulación de los residuos (Losada, *et al.*, 1992; Berndtsson *et al.*, 2020). También se han probado estos esquilmos de crucíferas en el control de patógenos como es el caso de *Fusarium* (Montealegre *et al.*, 2003), por su alto contenido de glucosilonatos (Fahey *et al.*, 2001), que estos al entrar en contacto con la enzima mirosinasa produce nitrilos, isotiocianatos, etc. (Vig *et al.*, 2009), y presentan capacidad fungistática (López-Chillón *et al.*, 2017).

Por todo lo anterior, este trabajo consiste en la utilización de extractos de crucíferas (brócoli) para incrementar la vida poscosecha de los frutos de melón debido a la disminución del desarrollo de microorganismos durante el almacenamiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

La primera etapa de la investigación se llevó a cabo en el Campo Experimental del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA) en Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México; la cual consistió en la recolección de los frutos de melón. La segunda etapa se llevó a cabo en la Universidad Autónoma de Coahuila (UAdeC) en el Departamento de Alimentos, donde se realizaron los extractos de brócoli. La tercera y cuarta etapa se llevaron a cabo en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) en el Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos en el Laboratorio de Bioprocesos donde se realizaron los análisis físicos-químicos y microbiológicos. Este proyecto se realizó durante el periodo de enero 2020 y junio de 2022.

Material vegetal

Los frutos de melón (*Cucumis melo* var. cantaloupe) fueron cosechados en el campo Experimental del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA). Para producir este cultivo, se sembraron a cielo abierto y se utilizó un acolchado de plástico, cada semilla fue colocada a tres bolillos y se utilizó riego por goteo. Una vez que los frutos llegaron a su estado de madurez comercial, éstos fueron recolectados y llevados a las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) al Laboratorio 2 del Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos, donde fueron seleccionados de acuerdo con el tamaño y, posteriormente, fueron lavados utilizando agua y jabón para evitar los contaminantes del campo. Finalmente, fueron secados a temperatura ambiente sobre papel secante.

Los residuos de brócoli fueron obtenidos en San Antonio de los Reyes Puebla, los cuales fueron llevados al cuarto frío que se encuentra en el Departamento de Alimentos en la UAAAN para su almacenamiento en frío hasta su uso.

Acondicionamiento de los residuos de brócoli

Los esquilmos de brócoli fueron lavados con agua destilada para quitarle los contaminantes de campo, después se pesaron las muestras en una báscula analítica para tener su peso fresco. Una vez realizado el paso anterior, los tallos y hojas se

colocaron a desecación en estufa (Yamato, DKN602C, China), a 45 °C durante 24 h. Una vez secas, las muestras se molieron en un procesador de alimentos durante 2 min y se tamizaron de forma manual con una malla de 100 µm hasta obtener la partícula filtrada. Posteriormente, se pesaron y cubrieron con papel aluminio, y se colocó en el desecador hasta su uso.

Obtención de los extractos

Los materiales que se utilizaron fueron esterilizados a 121 °C por 15 min en autoclave. Se emplearon dos métodos de extracción: ultrasonido [Ultrasonic Microwave Comperative Workstation, Atpio, XO-SM400, Nanjing, China. Condiciones: power ratio 20 %, on relay 10 s, off relay 3, amp. transformer 59 ϕ , set time 20 min] y microondas [Ultrasonic Microwave Comperative Workstation, Atpio, XO-SM400, Nanjing, China. Condiciones: power ratio 800 w, display power 0 w, set time 70 °C, holding time 5 min]. Los solventes utilizados fueron agua y etanol al 70 % (v/v). Se empleó una muestra seca de 44.44 g. La muestra fue colocada a 80 °C durante 20 min para desactivar la enzima mirosinasa para cada solvente, moviendo constantemente. Las muestras fueron filtradas tres veces con gasas y tres veces con filtros para café, y se almacenaron en refrigeración (4 °C).

Tratamientos

Se aplicaron extractos por inmersión del fruto en un tiempo de 2 min, considerando los siguientes tratamientos: 1) testigo (agua), 2) control hipoclorito (1 %), 3) 888 ppm extracto líquido base etanol y microondas, 4) 888 ppm extracto líquido base etanol y ultrasonido, 5) 888 ppm extracto líquido base agua y microondas, 6) 888 ppm extracto líquido base agua y ultrasonido. Los frutos de melón fueron etiquetados y almacenados a dos diferentes temperaturas (25 y 4 °C) durante un periodo de 20 días.

Determinaciones en los frutos de melón

Evaluación de la calidad y deshidratación del fruto

Se evaluó la deshidratación (Figura 1) del fruto de melón mediante una escala arbitraria (del 1-5), donde: (1) nula deshidratación, (2) leve deshidratación, (3) deshidratación límite comercial o permisible, (4) grave disminución de deshidratación y (5) máximo nivel de deshidratación.

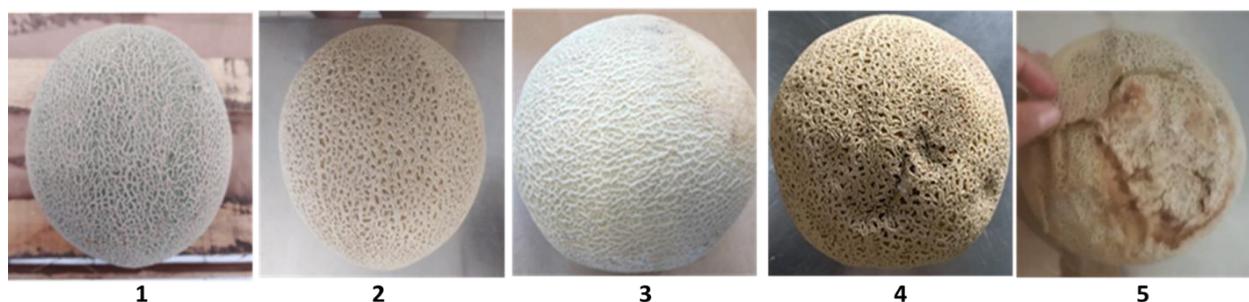


Figura 1. Escala arbitraria (1-5) para la evaluación de la deshidratación de los frutos de melón.

Además, se evaluó la calidad total (Figura 2) del fruto de melón mediante una escala arbitraria (del 1-5), donde: (1) excelente calidad, (2) buena calidad, (3) calidad límite comercial o permisible, (4) grave disminución de calidad y (5) pésima calidad.

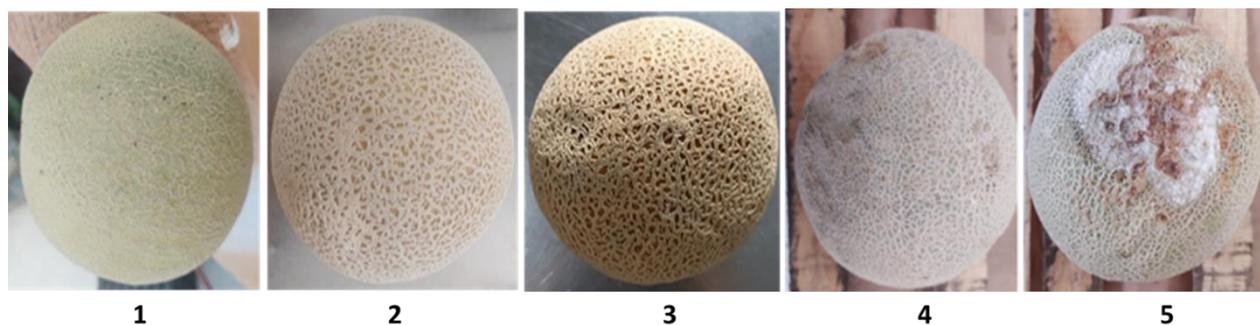


Figura 2. Escala arbitraria (1-5) para la evaluación de la calidad de los frutos de melón.

Firmeza (dureza)

La firmeza del fruto de melón se determinó en la pulpa con un analizador de textura (texturómetro EXTECH, China), empleando una sonda de 3 mm. Los resultados se expresaron en Newton (N).

Color

El color de la cáscara (epidermis) y la pulpa (endodermis) de los frutos de melón se determinó empleando un colorímetro manual (Minolta, Chroma Meter CR/400, Japón) con escala CIELab. Las mediciones se realizaron en tres puntos equidistantes de cada fruto, considerando 3 frutos por tratamiento a las dos temperaturas y tiempo de evaluación. El cambio de color se determinó mediante la siguiente ecuación (1) a partir de los resultados del color en la escala CIELab:

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (\text{Ecuación 1}).$$

Pérdida de peso

La pérdida de peso de los frutos de melón se determinó utilizando una balanza digital (METALTEX, 25.92.41, México). Se calculó considerando el día 0 y los diferentes días de muestreo, registrando el peso (g). El porcentaje total de la pérdida de peso se consideró como la diferencia entre el peso inicial y final del fruto, siguiendo la siguiente ecuación (2):

$$PP = \frac{P_i - P_f}{P_f} * 100 \quad (\text{Ecuación 2}).$$

Donde:

PP = Pérdida de peso.

P_i = peso del día 0.

P_f = peso del día de evaluación.

pH

Se empleó una muestra de jugo de la pulpa de melón y se midió el pH con un potenciómetro (HI98107 pHep, pH Tester, Hanna Instruments, Rumania).

Sólidos solubles totales

Para la determinar el contenido de sólidos solubles totales (SST, °Brix) se utilizó un refractómetro manual (Pocket-Atago, A.728389, EUA), empleando jugo de melón.

Acidez titulable

La acidez titulable (AT) fue reportada como el porcentaje de ácido cítrico (%), la cual se obtuvo tomando una alícuota de 1 mL de jugo de la pulpa de cada fruto, a la cual se le

añadieron 2 gotas de fenolftaleína (1 %) como indicador y se tituló con NaOH 0.005 N (AOAC, 1990). Los resultados fueron calculados con la siguiente ecuación (3):

$$\% \text{ de ácido cítrico} = (\text{Vol. NaOH} * \text{Coeficiente Ex. de Ac.}) * 100 \quad (\text{ecuación 3}).$$

Índice de madurez

El índice de madurez es la relación entre los SST y la AT, por lo tanto, fue calculado mediante la siguiente ecuación:

$$IM = \frac{SST}{AT} \quad (\text{ecuación 4}).$$

Vitamina C

El contenido de vitamina C se determinó por el método de titulación mediante el 2,6-dicloroindolfenol (Horwitz, 2000). Se tomó 1 mL de jugo y se le añadió 1 mL de la solución metafosfórico/acético (0.4 M/1.4 M) y 8 mL de agua destilada. Se tituló con 2,6-dicloroindolfenol hasta obtener una coloración rosácea que no desaparezca durante 30 s. Los resultados fueron reportados como porcentaje de ácido ascórbico empleando la siguiente ecuación (5):

$$\text{Vitamina C} = \frac{\text{mL gastados} * \text{FT} * \text{FD}}{\text{VA} * \text{P}} * 100 \quad (\text{ecuación 5}).$$

Donde:

FT = mg de ácido ascórbico equivalente a 1 mL de reactivo de Thielmann o Factor de Thielmann.

FD = Factor de dilución.

VA = Volumen total en mL del jugo.

P = peso de muestra en gramos.

Compuestos fenólicos totales

Para la determinación de fenoles totales en primera instancia se realizó una dilución (1:5) de cada muestra de jugo que consistía en colocar 200 µL de jugo de melón y 800 µL de metanol. Se empleó el reactivo Folin-Ciocalteu siguiendo la metodología de Singleton y Rossi, (1965). A una muestra de 100 µL de jugo de melón se le adicionó 500 µL del

reactivo Folin-Ciocalteu (diluido en agua 1:10, v/v) y se incubaron durante 1 min. Después, se le agregaron 400 μL de carbonato de sodio al 7.5 % (p/v). Se incubó la mezcla de reacción durante 30 min a temperatura ambiente y se midió la absorbancia a 765 nm (Thermo Electron Corporation, GENESYS 10 UV, EUA). Se empleó una curva patrón de ácido gálico (0-200 $\mu\text{g mL}^{-1}$). Los resultados fueron expresados como μg equivalentes de ácido gálico (EAG) mL^{-1} de jugo.

Capacidad antioxidante total

Para determinar la capacidad antioxidante total mediante el radical libre comercial 2,2, difenilpicril hidracilo (DPPH) se utilizó la metodología de Brand-Williams *et al.* (1995). Una alícuota de 50 μL de las muestras se mezclaron con 950 μL de DPPH, dejando reaccionar durante 15 min para leer la absorbancia a 515 nm (Thermo Electron Corporation, GENESYS 10 UV, EUA). Se empleó una curva patrón de ácido gálico (0-294 $\mu\text{moles mL}^{-1}$). Los resultados fueron expresados como $\mu\text{moles EAG mL}^{-1}$ de jugo.

Microorganismos

Se prepararon cajas Petri con medio de cultivo agar papa dextrosa (PDA) cuyo tratamiento fue adicionado por vaciado en placa. Una vez solidificado el medio de cultivo, se le colocó en el centro un disco de 5 mm de diámetro. En el disco se le colocó el micelio activo (1×10^4 esporas mL^{-1}), se incubaron a temperatura ambiente y se realizaron mediciones del diámetro del micelio con ayuda de un vernier digital a los 5, 10, 13 y 15 días de desarrollo para los hongos *Fusarium oxysporum* y *Botrytis cinerea*.

Diseño experimental

El diseño experimental consistió en seis tratamientos, tres frutos y cinco días de almacenamiento a dos temperaturas de almacenamiento, mediante un modelo completamente al azar. Las muestras fueron tomadas cada 4 días de almacenamiento (4, 8, 12, 16 y 20 días), al igual que se emplearon muestras del día inicial (día 0). Las temperaturas de 25 y 4 °C fueron consideradas simulando las condiciones de anaquel y almacenamiento poscosecha. La muestra experimental consistió en un fruto por triplicado. En total se evaluaron 189 frutos para el desarrollo del proyecto.

Análisis estadístico

Para el procesamiento de los datos se utilizó el estadístico NCSS, (2004). Se reportaron las medias de las repeticiones analizadas, evaluando su efecto mediante un análisis de varianza (ANOVA) y una prueba *post hoc* de Tukey ($p \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Deshidratación

En la Figura 3A, se muestran los resultados de deshidratación del fruto de melón los cuales indican que los tratamientos a base de extracto agua (microondas), extracto etanol (microondas), testigo (agua) y el control hipoclorito (1 %), no mostraron diferencias significativas durante los 20 días de almacenamiento, pero difieren de los frutos tratados con extracto agua (ultrasonido), cuyo tratamiento mostró diferencia significativa ($p < 0.05$) con respecto a los tratamientos antes mencionados presentando la menor deshidratación, seguido de los frutos tratados con extracto etanol (ultrasonido) en los 20 días de almacenamiento a 25 °C.

Los resultados obtenidos de deshidratación de fruto de melón a 4 °C no presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre tratamientos durante todo el periodo de almacenamiento (Figura 3B). La tendencia indica que los frutos tratados con extracto agua (ultrasonido) presentaron la menor deshidratación durante los 20 días de almacenamiento a 4 °C (Figura 3B).

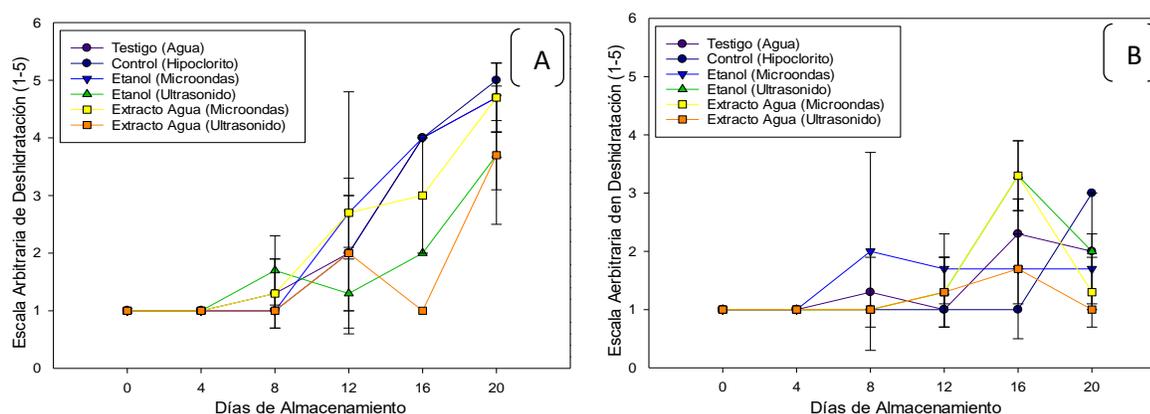


Figura 3. Escala arbitraria (1-5) de deshidratación en frutos de melón bajo diferentes tratamientos a base de esquilmos de brócoli con diferentes métodos de extracción y almacenados a 25 °C (A) y 4 °C (B).

La calidad de los productos hortofrutícolas tiene un impacto negativo cuando existe una afección a nivel de la firmeza del producto debido a factores tanto físicos como

biológicos, entre ellos el ataque de agentes patógenos; por lo que prevenir el desarrollo de estos trastornos fisiológicos contribuirá en una mejor preservación del producto (Angeletti, *et al.*, 2010; Pérez y Quintero, 2015). En los frutos de melón almacenados a 4 °C no presentaron efectos significativos en el parámetro deshidratación, como anteriormente se describió, ello se debió a que el almacenamiento a baja temperatura reduce tanto el metabolismo del producto como de los microorganismos. Por otro lado, el material almacenado a temperatura ambiente y libre de extractos evidenció el proceso de deshidratación en contraste con el tratado con el extracto acuoso obtenido mediante el proceso de microondas, que contiene glucosinolatos; lo anterior debido a la capacidad fungistática de estos compuestos (López *et al.*, 2018).

En ese sentido, se ha reportado en frutos de melón, lechuga, fresa y zanahoria con tratamientos por inmersión por periodos que oscilan entre 1 a 5 min, cuya temperatura de almacenamiento posterior a la aplicación de los tratamientos es de suma importancia para obtener mejores resultados, principalmente con la relación con el mantenimiento de la textura y en la reducción del oscurecimiento, ya que en comparación de cuando se lavan y se colocan a bajas temperaturas para su resguardo, el efecto climatérico disminuye por el efecto que existe presentando una menor transpiración (Rico *et al.*, 2007).

Fonseca *et al.* (2012) indicaron que la tasa de respiración de los vegetales se redujo de acuerdo a las temperaturas, ya que el índice en la celeridad de respiración de los vegetales puede reducir la actividad enzimática, lo cual es la que afecta la respiración, afectando principalmente a las enzimas ACC-Sintasa y ACC-Oxidasa, las cuales intervienen en la síntesis de etileno y son las causantes de los eventos de aceleramiento de la tasa de producción de CO₂ y, con ello, los procesos relacionados con la pérdida de color y textura.

Calidad

En la Figura 4, se muestran los resultados de la calidad del fruto de melón almacenados durante 20 días a 25 °C y 4 °C. Los resultados muestran que el tratamiento de extracto agua (ultrasonido) fue el que permitió mantener la calidad de los frutos durante los 20 días de almacenamiento, seguido de los tratamientos con base en etanol (microondas y

ultrasonido), control (hipoclorito) y extracto agua (microondas) ($p < 0.05$). El testigo (agua) fue el grupo que presentó la menor calidad a 25 °C (Figura 4A). Sin embargo, al día 20 de almacenamiento todos los frutos sobrepasaron el límite de calidad indicado con el valor 3 en la escala.

Los resultados de la calidad de fruto de melón a 4 °C no mostraron diferencia significativa ($p > 0.05$) entre los diferentes tratamientos y a lo largo de todo el periodo de almacenamiento (Figura 4B).

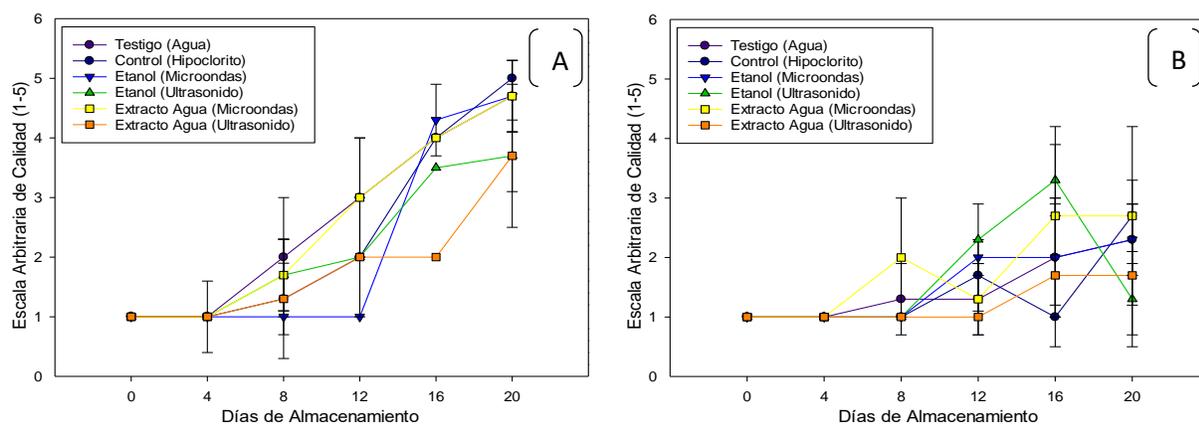


Figura 4. Escala arbitraria (1-5) de calidad en frutos de melón bajo diferentes tratamientos a base de esquilmos de brócoli con diferentes métodos de extracción y almacenados a 25 °C (A) y 4 °C (B).

Existen diferentes atributos sensoriales en los productos poscosecha. Loyola *et al.* (2013) consideraron la evaluación de diferentes atributos sensoriales empleando una escala donde incluyeron las características del color, aroma, etc., de algunos vegetales almacenados a 8 ± 2 °C. Los autores señalan que estos atributos son muy importantes al momento de comercializar los frutos, ya que son los que el consumidor utiliza para seleccionar y tomar la decisión de compra.

Los tratamientos poscosecha pueden reducir la pérdida de agua y mantener la calidad (Pérez y Quintero, 2015). Este efecto sobre la calidad se observa principalmente en frutos almacenados a temperaturas de refrigeración (4 °C) (Desrosier, 1987). Por su parte, Fernández-Infantes, (2021) indica que no se presentó efectos significativos en la calidad de los productos, ya que un almacenamiento a bajas temperaturas retrae el metabolismo del fruto y el ataque de patógenos (*Fusarium oxysporum*). Esto aplica con

los datos obtenidos en los frutos de melón con los tratamientos a base de extractos de esquilmos de brócoli, éstos últimos permitieron mantener los principales atributos visuales de calidad del melón, principalmente almacenados a 25 °C, lo que podría hacerlo una alternativa como tratamientos poscosecha en la conservación de los frutos de melón.

Firmeza (dureza).

Los resultados de firmeza del fruto de melón muestran que el tratamiento a base de extracto agua (microondas) es el que permite que los frutos presenten mayor dureza durante los 20 días de almacenamiento de manera significativa ($p < 0.05$), seguido del tratamiento extracto agua (ultrasonido). Los tratamientos etanol (ultrasonido), control hipoclorito, testigo (agua) y etanol (microondas) fueron los tratamientos que generaron la disminución de la firmeza durante el almacenamiento a 25 °C (Figura 5A).

Los resultados de firmeza obtenidos a 4 °C nos indican que el tratamiento a base del extracto agua (microondas) es el que permitió que los frutos de melón presentaran mayor firmeza durante los 20 días de almacenamiento de manera significativa ($p < 0.05$), seguido del tratamiento extracto agua (ultrasonido). Los tratamientos de etanol (ultrasonido), control (hipoclorito), testigo (agua) y etanol (microondas) fueron los tratamientos que en los frutos disminuyó su firmeza durante el almacenamiento (Figura 5B).

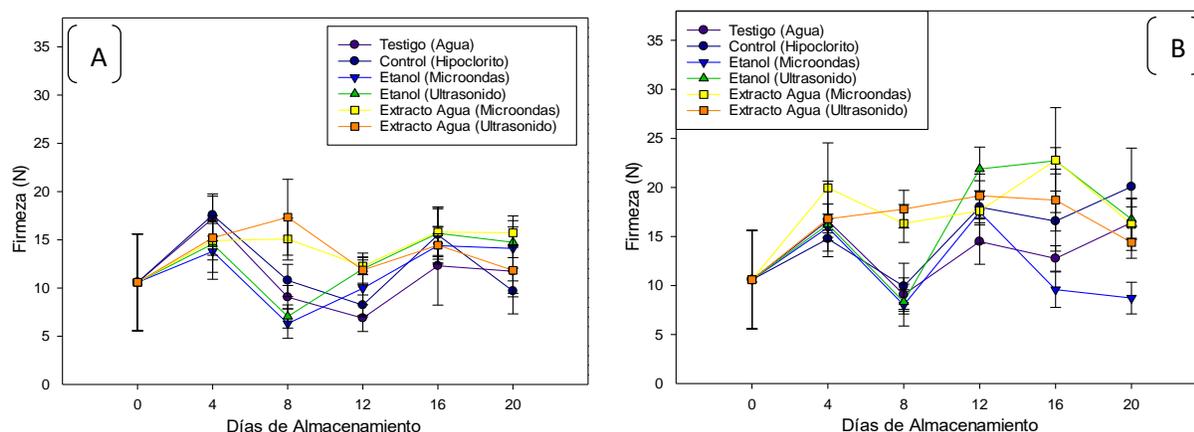


Figura 5. Firmeza (dureza en Newton, N) en frutos de melón bajo diferentes tratamientos a base de esquilmos de brócoli con diferentes métodos de extracción y almacenados a 25 °C (A) y 4 °C (B).

La maduración de distintas frutas es un fenómeno coordinado y genéticamente irreversible, ya que principalmente tiende a tener una serie de modificaciones tanto fisiológicas, bioquímicas y también sensoriales; esto se ve reflejado en los frutos maduros, los cuales ya están listos para ser consumidos (Giovannoni, 2001). En este proceso de maduración principalmente se encuentran las proteínas implicadas en la transducción de etileno (Stepanova *et al.*, 2000). Diferentes tratamientos para retrasar los procesos de maduración han sido probados sobresaliendo por su efectividad para mantener la firmeza con la adición de calcio (Yang *et al.*, 2003; Yang *et al.*, 2010; Pérez y Quintero, 2015).

En estudios relacionados con los procesos de maduración en melones, Sahagún *et al.*, (2005) informaron que los frutos al ser sometidos a temperaturas de refrigeración (11 y 2 °C) durante el almacenamiento, presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) en el parámetro de firmeza; dichos cambios obedecen al efecto de la maduración y de la temperatura; siendo el ablandamiento de los tejidos un proceso característico de la maduración y senescencia de los frutos. Por su parte, White (2020) indicó que la firmeza de los frutos disminuyó notablemente durante el almacenamiento a 20 °C, ya que factores ambientales ocasionan la pérdida de humedad y, consecuentemente, la pérdida de peso, lo que incrementa la pérdida de la firmeza. En relación con la temperatura de

25 °C empleada en el presente trabajo, el tratamiento a base de extracto agua (microondas) fue el que permitió que los frutos de melón mostraran una mayor dureza durante su almacenamiento lo que podría deberse al efecto de los glucosinolatos en el proceso de maduración.

Cambio del color de la pulpa

Los resultados del cambio de color de la pulpa de los frutos de melón almacenados a 25 °C (Figura 6A) muestran que el tratamiento a base etanol (ultrasonido) no cambió de color durante los 20 días de almacenamiento de manera significativa con una $p < 0.05$, seguido de los tratamientos testigo (agua), control (hipoclorito), etanol (microondas) y extracto agua (ultrasonido). El tratamiento a base de extracto agua (microondas) fue el que generó que los frutos de melón presentaran un mayor cambio de color en la pulpa durante su almacenamiento (Figura 6A).

Los resultados obtenidos a 4 °C no presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre tratamientos durante los 20 días de almacenamiento (Figura 6B).

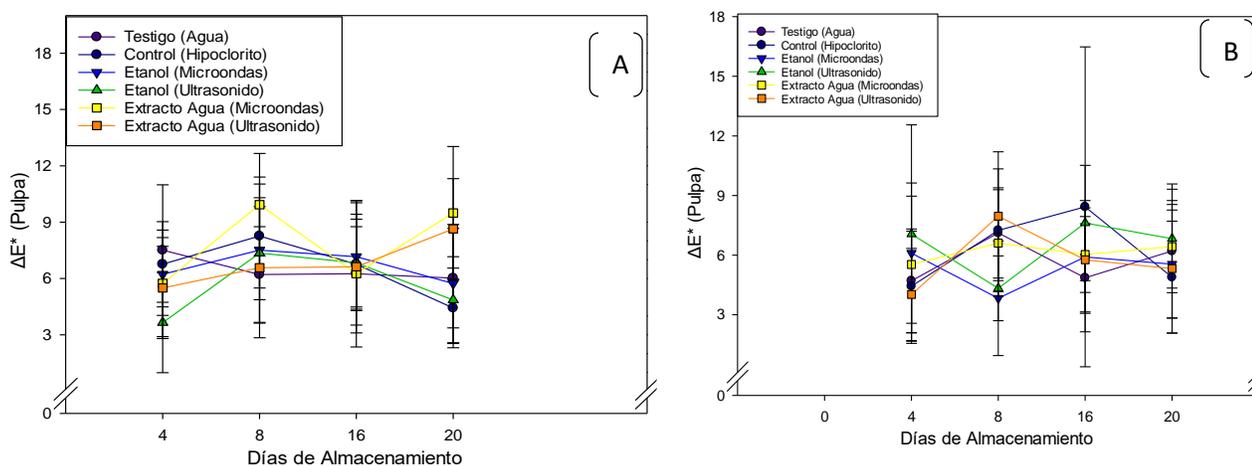


Figura 6. Cambio del color (ΔE) en pulpa de melón bajo diferentes tratamientos a base de esquilmos de brócoli con diferentes métodos de extracción y almacenados a 25 °C (A) y 4 °C (B).

Martín-Diana *et al.* (2007), Marín-Rodríguez *et al.* (2002) y White, (2002), muestran que en la pulpa de melón cuando se le aplica 1-metilciclopropeno no se afecta al color, ya

que mantuvieron tonalidades naranjas característicos de la variedad durante el periodo de estudio y los valores con respecto al testigo fueron de 69 a 67 de principio a fin. Si bien en el fruto completo no es posible observar el color de la pulpa, cada vez más se comercializan los frutos de melón partidos o como mínimamente procesados, donde el color de la pulpa se vuelve un parámetro importante para la comercialización de los frutos (Park *et al.*, 2018). En los frutos de melón tratados con extractos de esquilmos de brócoli, el que no se modificó el color de la pulpa sugiere que los tratamientos no tienen efectos negativos en la conservación de los frutos.

Las frutas y verduras son alimentos de corta vida de anaquel debido a que se dañan con facilidad, esto principalmente se produce cuando las hortalizas no tienen tratamiento poscosecha los cuales presentan cambios fisiológicos; esto se asocia a los microorganismos, teniendo cambios de color y firmeza (Lee, 2014; Landim *et al.*, 2016). En este caso, la adición de los extractos conteniendo glucosinolatos favorecieron también en el aspecto fisiológico de los frutos de melón.

Cambio de color de la cáscara.

Los resultados obtenidos a 25 °C no mostraron cambio de color de la cáscara (epicarpio), lo que nos indica que no existe diferencia significativa ($p < 0.05$) entre tratamientos durante los 20 días de almacenamiento (Figura 7A).

Los resultados obtenidos a 4 °C nos indica que no hubo cambio de color y en base a eso no existe diferencia significativa ($p < 0.05$) entre tratamientos durante los 20 días de almacenamiento (Figura 7B).

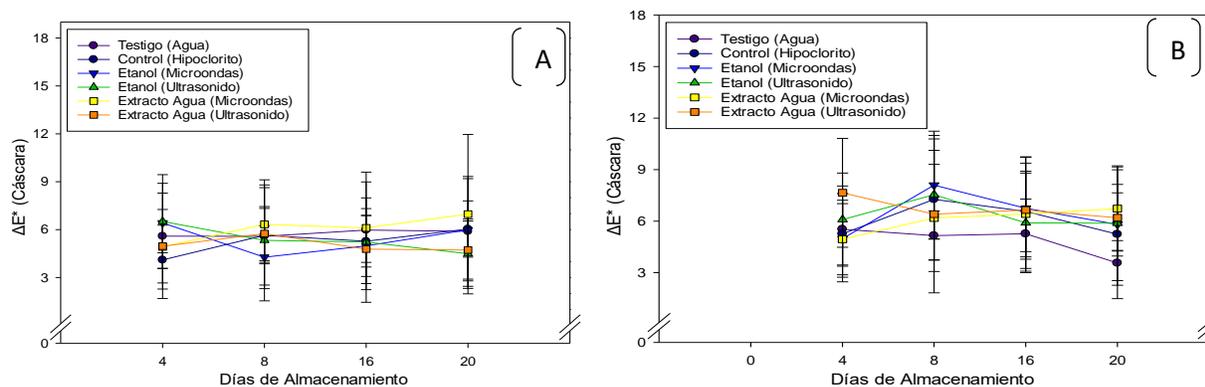


Figura 7. Cambio del color (ΔE) en cáscara de melón bajo diferentes tratamientos a base de esquilmos de brócoli con diferentes métodos de extracción y almacenados a 25 °C (A) y 4 °C (B).

Kidmose *et al.* (2002) indican que la conversión de clorofilas a feofitinas depende tanto de la temperatura aplicada como de los factores tiempo de exposición y pH del medio utilizado, observando que la estabilidad de las clorofilas en células afectadas térmicamente dependía del tipo de acidez celular y de la asociación de la clorofila con las proteínas que la protegen. Estos cambios en el contenido de los diferentes pigmentos dan origen a los cambios de color que observamos en los frutos.

Fidelibus *et al.* (2002) Aplicaron los tratamientos de ácido giberélico retrasando con ello el cambio de color en los frutos de naranja ('Hamlin', 'Pineapplo' y 'Valencia'), ya que éstas presentaron tonalidades verdes y la cáscara fue la que resultó más resistente a los daños ocasionados por punción, con relación a los frutos testigos, observado principalmente a los 35 días de almacenamiento en refrigeración; ya que en este caso se observó un color adecuado para su comercialización. Con ello, los tratamientos pre- y poscosecha que se apliquen en los frutos son relevantes para evitar cambios de color en los frutos durante las mismas etapas mencionadas. En el caso de los tratamientos de extractos a base de esquilmos de brócoli, al aplicarlos mediante inmersión y quedarse en la cáscara, éstos podrían generar modificaciones en el color de la cáscara. No obstante, el color de la cáscara no fue modificado por acción de los tratamientos aplicados.

Rodrigo *et al.* (2013) mencionan que el etileno está involucrado en el cambio de color de la epidermis de cítricos. De acuerdo con Le Nguyen *et al.* (2019), el bloqueo de la producción y percepción de etileno retrasa la disminución de los valores de tonalidad del color de la corteza de los frutos debido a una disminución en la degradación de la clorofila.

Hatami *et al.* (2019) cosecharon *Cucumis melo* (Group Dudaim) en dos etapas de madurez: 21 y 28 días después de la antesis y la fruta cosechada se almacenó a 5 o 13 °C durante un máximo de 3 semanas. De forma general, observaron que las rayas de la epidermis de la fruta cambiaron de color al acercarse a la madurez; el verde oscuro se convirtió en naranja intenso o granate o marrón y el verde claro se convirtió en amarillo intenso. Por lo tanto, el almacenamiento a 13 °C resultó en una coloración de la fruta cosechada temprana similar al color de la fruta cosechada tardíamente en el momento de la cosecha. Por lo tanto, el almacenamiento a 13 °C parece ser la temperatura adecuada para lograr el color óptimo de estos frutos de dudaim.

Pérdida de peso.

En los resultados de pérdida de peso (PP) de los frutos almacenados a 25 °C se observa que el tratamiento a base de etanol (ultrasonido) fue el tratamiento donde los frutos de melón no perdieron mucho peso con una $p < 0.05$ durante los 20 días de almacenamiento, seguido de los frutos tratados con etanol (microondas), extracto agua (ultrasonido), testigo agua y control hipoclorito (Figura 8A).

Los resultados obtenidos a 4 °C nos indica que el tratamiento extracto agua (ultrasonido) es el que generó una menor PP mostrando una diferencia significativa ($p < 0.05$) durante los 20 días de almacenamiento, seguido de los tratamientos de etanol (microondas), extracto agua (microondas), testigo (agua) y control (hipoclorito). El tratamiento de etanol (ultrasonido) fue quien generó la mayor PP de los frutos de melón durante los días del almacenamiento (Figura 8B).

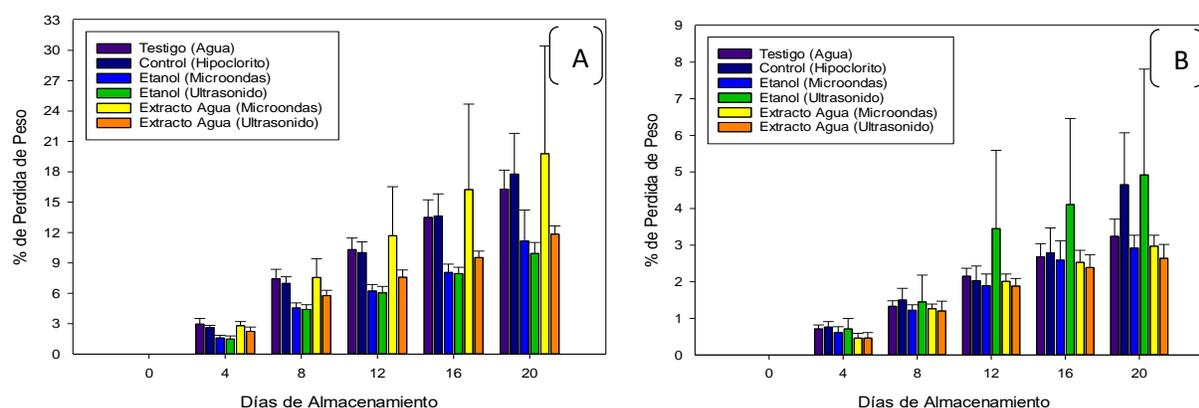


Figura 8. Pérdida de peso (% PP) de frutos de melón bajo diferentes tratamientos a base de esquilmos de brócoli con diferentes métodos de extracción y almacenados a 25 °C (A) y 4 °C (B).

En los productos hortofrutícolas es fundamental mantener algunas propiedades físicas, por ejemplo, la firmeza, ya que es un factor importante en la calidad. Caso contrario ocurre con el ablandamiento excesivo, ya que es uno de los principales factores que reduce la calidad y limita la comercialización de frutos frescos (Angeletti, *et al.*, 2010; Pérez y Quintero, 2015). Por otro lado, Troncoso *et al.* (2005) mencionan que al aplicar los tratamientos de 0.28 y 0.56 mg/mL de MCIT, con o sin empaques en bolsas de polietileno de baja densidad (LDPE) en frutos de pimientos inoculados con *Alternata*, usando un fungicida comercial como control positivo, sus resultados obtenidos en la pérdida de peso fresco se redujo constantemente durante el almacenamiento en cada evaluación en ambas vainas, tratadas y no tratadas. No hubo diferencias estadísticas entre tratamientos ($p < 0.05$) después de 10 días de almacenamiento a 20 °C. En concordancia al presente trabajo, al aplicar el tratamiento extracto etanol (ultrasonido) a 25 °C y el tratamiento extracto agua (ultrasonido) a 4 °C, los glucosilatos (GLS) mantuvieron su efecto hasta los 20 días de almacenamiento en los frutos de melón a las dos temperaturas de almacenamiento mostrando menor pérdida de peso.

pH.

En la Figura 9A, se muestran los resultados de pH de los frutos de melón a 25 °C, donde se observa que el tratamiento a base de extracto agua (ultrasonido) fue el tratamiento

que generó que los frutos de melón presenten menor pH ($p < 0.05$) durante los 20 días de almacenamiento, seguido de los tratamientos a base de extracto agua (microondas), testigo (agua), etanol (ultrasonido y microondas) y el control (hipoclorito) (Figura 9).

Los resultados obtenidos a 4 °C para pH de frutos de melón nos indica que el tratamiento etanol (ultrasonido) fue con el que se obtuvo valores menores de pH en los frutos de melón durante los 20 días de almacenamiento de manera significativa ($p < 0.05$), seguido de los tratamientos de control (hipoclorito) y testigo (agua) (Figura 9B). Los tratamientos a base de extracto agua (ultrasonido) y etanol (microondas), fueron los que generaron un menor pH. Todos los tratamientos se encontraron en el rango de pH permisible (FOOD-INFO, 1999).

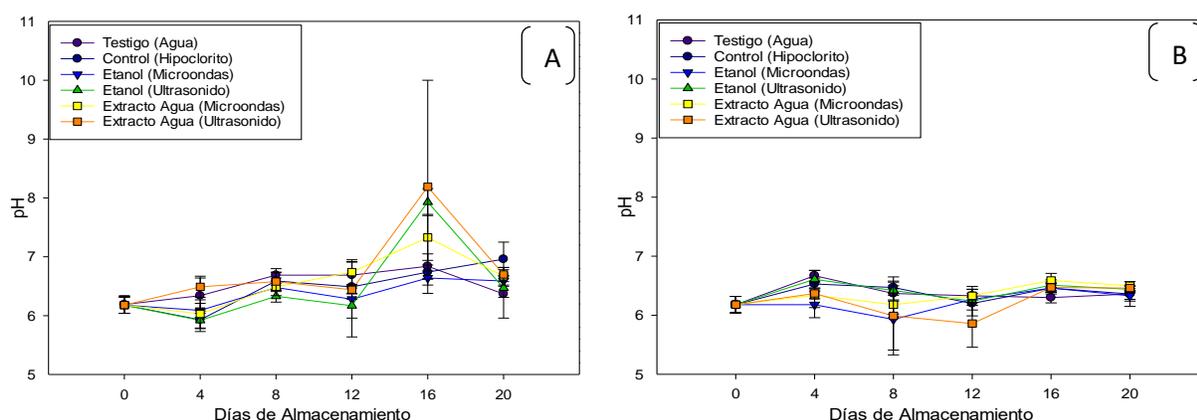


Figura 9. pH de melón bajo diferentes tratamientos a base de esquilmos de brócoli con diferentes métodos de extracción y almacenados a 25 °C (A) y 4 °C (B).

La Administración de Medicamentos y Alimentos (FDA) en el 2003, estableció un rango de pH permisible en frutos de melones que se encuentran entre los 6.13 a 6.53, mismos que coinciden con los datos aquí obtenidos. Pero, comparando los resultados con un estudio realizado por Arruda *et al.* (2015) en melones, se reportaron valores promedios de 5.76 a 5.82, donde con esto se permite decir que la variación en el pH de esta fruta se puede relacionar con el lugar del cultivo, la época del año, entre otros; las cuales se pueden asociar a condiciones fisicoquímicas (factores ambientales en el manejo del cultivo), tal como lo indican Laínez y Krarup (2008). En el caso de los tratamientos de

esquilmos de brócoli aplicados, el que no se modifique el pH de los frutos resulta benéfico, ya que no se estaría modificando su sabor ni contenido nutracéutico.

En contraste con lo aquí reportado, García-Figueroa *et al.* (2019) en frutos de fresas empleando un extracto de *Aloe vera* y otro de alginato de sodio, donde los frutos fueron almacenados durante 12 días a 20 °C, los resultados de pH mostraron un incremento en los frutos control, lo que puede estar asociado al consumo o rompimiento de ácidos orgánicos durante el almacenamiento, los cuales son empleados durante la respiración u otros procesos metabólicos. Comportamientos similares se han registrado en estudios de recubrimientos de fresa (Saba y Sogvar, 2016; Solís-Contreras *et al.*, 2021) y de tomate (Athmaselvi *et al.*, 2013).

Sólidos solubles totales.

Los resultados de SST en frutos de melón almacenados a 25 °C (Figura 10A) muestran que el tratamiento control (hipoclorito) fue el tratamiento que permitió que los frutos de melón presentaran un mayor contenido de azúcares (°Brix) durante los 20 días de almacenamiento de manera significativa ($p < 0.05$), seguido de los tratamientos a base de extracto agua (microondas y ultrasonido) y etanol (ultrasonido y microondas); siendo el tratamiento de testigo (agua) donde se presentó el menor contenido de °Brix en los frutos de melón durante todo el almacenamiento (Figura 10A).

Los resultados de SST obtenidos en frutos de melón almacenados a 4 °C no presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre tratamientos durante los 20 días de almacenamiento (Figura 10B).

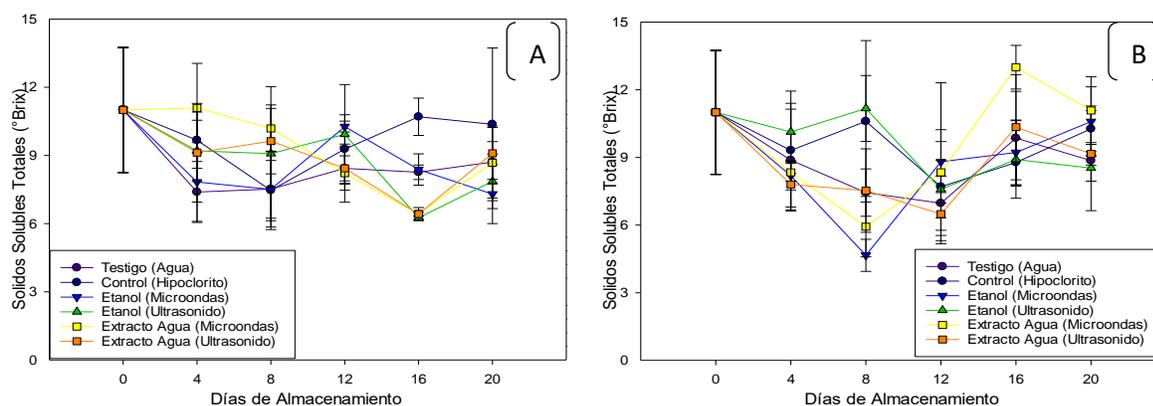


Figura 10. Sólidos solubles totales (°Brix) de melón bajo diferentes tratamientos a base de esquilmos de brócoli con diferentes métodos de extracción y almacenados a 25 °C (A) y 4 °C (B).

Solís Mateos (2016), describe que conforme el fruto va madurando, los SST se incrementan; esto debido a que diversos polisacáridos como almidón o pectina se hidrolizan dando lugar a monosacáridos como glucosa y fructosa, así como, sacarosa, que son las constituyentes principales de los SST. De acuerdo al estudio realizado por Krarup y González, (2005) y Tohá y Krarup, (2004) los frutos almacenados a 0 °C durante los 18 días obtuvieron valores de 11.0 °Brix; resultados similares a los encontrados en el presente trabajo, que muestran que el testigo presenta mayor cantidad de SST a 25 °C a los 20 días de almacenamiento, lo que indica que los tratamientos mostraron una actividad que retrasa la madurez de los frutos. Lo anterior puede deberse a que los tratamientos reducen la respiración (Laínez y Krarup, 2008; Gull *et al.*, 2021).

Acidez titulable.

La AT de los frutos de melón almacenados a 25 °C no presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los diferentes tratamientos a base de esquilmos de brócoli y controles durante los 20 días de almacenamiento (Figura 11A).

Los resultados obtenidos a 4 °C mostraron que el tratamiento de extracto agua (ultrasonido) permitió que los frutos de melón presentaran una mayor AT ($p < 0.05$) durante los 20 días de almacenamiento, seguido de los frutos tratados con etanol

(microondas). Los frutos de melón tratados con agua (microondas), etanol ultrasonido, testigo (agua) y control (hipoclorito) mostraron la menor AT (Figura 11B).

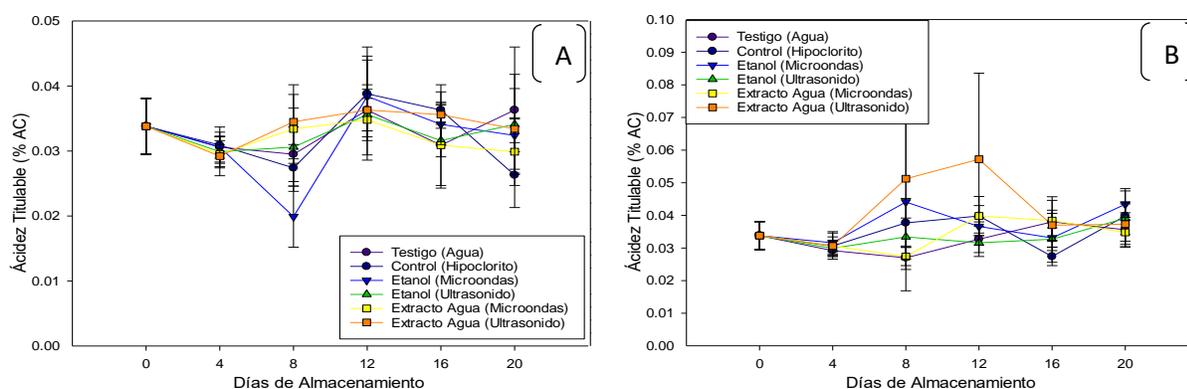


Figura 11. Acidez titulable (%) de melón bajo diferentes tratamientos a base de esquilmos de brócoli con diferentes métodos de extracción y almacenados a 25 °C (A) y 4 °C (B).

Pingus *et al.* (2021), emplearon distintos tratamientos en tomate: control (agua destilada) y solución de 0.5, 1 y 2 % de ácido cítrico; estos tratamientos fueron aplicados por inmersión durante 120 min y almacenados a 16 días, con el fin de alargar la vida útil de los frutos, de los cuales se obtuvieron resultados en cuanto a la acidez titulable (AT), que si hubo diferencia significativa (con una $p=0.004$); siendo el tratamiento al 2 % con el cual se logró mantener un valor promedio de 1.43 de AT. El tratamiento de 1.0 %, presentó valores de 1.28 de AT, en comparación al testigo quien mostró valores de AT más elevados con 1.46. Tabares Arboleda y Velásquez Riascos (2003) mencionan que el contenido de acidez titulable está relacionado con el pH de los frutos. En los resultados obtenidos en el estudio en frutos de melón, se obtuvo que a 25 °C no hubo diferencia significativa entre tratamientos en comparación a los obtenidos a 4 °C, los cuales mostraron que el tratamiento de extracto agua (ultrasonido) permitió que los frutos de melón presentaran una mayor AT a los 20 días de almacenamiento con un pH promedio de 6.22.

Índice de madurez.

Los resultados obtenidos de IM en los frutos de melón almacenados a 25 °C (Figura 12A) muestran que el tratamiento etanol (ultrasonido) fue el tratamiento que permitió que los

frutos de melón presentarían mayor índice de madurez, durante los 20 días de almacenamiento de manera significativa ($p < 0.05$), seguido de los tratamientos control (hipoclorito), extracto agua (microondas), testigo (agua) y etanol (microondas); siendo el tratamiento extracto agua (ultrasonido) quien presentó el menor índice de madurez en los frutos de melón durante todo el almacenamiento.

Los resultados de IM en frutos de melón almacenados a 4 °C (Figura 12B) muestran que el tratamiento control (hipoclorito) fue el tratamiento que permitió que los frutos de melón presentarían un mayor índice de maduración durante los 20 días de almacenamiento de manera significativa ($p < 0.05$), seguido de los tratamientos a base de extracto agua (microondas y ultrasonido) y etanol (microondas y ultrasonido); siendo el tratamiento de testigo (agua) donde se presentó el menor índice de madurez en los frutos de melón durante todo el almacenamiento.

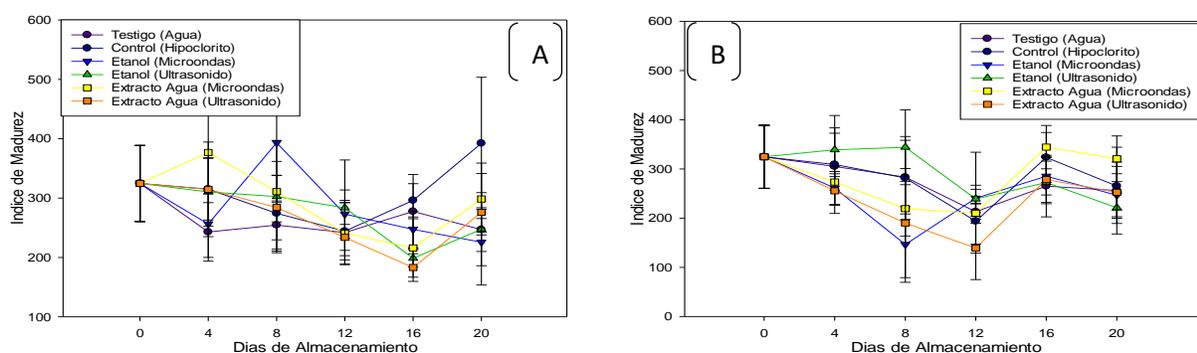


Figura 12. Índice de madurez de melón bajo diferentes tratamientos a base de esquilmos de brócoli con diferentes métodos de extracción y almacenados a 25 °C (A) y 4 °C (B).

Tarancón *et al.* (2021) y Pingus *et al.* (2021), reportaron que el índice de madurez (IM) se obtiene de una relación entre °Brix/acidez titulable. Morales *et al.* (2019), reportaron que al utilizar naranjas 'Navelina', utilizando tratamiento de desertización bajo condiciones comerciales de 1-2 ppm de etileno constante a una temperatura de 21 °C con una humedad relativa del 95 %, con una duración de 8 días; en la cual observaron que la aplicación de etileno llevó a un descenso de acidez que también se vio reflejado en el índice de madurez. En comparación con los resultados obtenidos en el estudio a 25 °C, los frutos con el tratamiento que mostraron mayor índice de madurez fue con etanol ultrasonido; este estudio fue realizado en frutos de melón en comparación a los

resultados obtenidos a 4 °C, ya que el control hipoclorito es el tratamiento que generó que los frutos de melón presentaran mayor IM durante los 20 días de almacenamiento; esto se le atribuye a la producción de etileno, ya que esta es la hormona la cual desencadena los procesos de maduración de los frutos climatéricos (melón), siendo un gas de origen natural que se produce durante el proceso metabólico y maduración de frutas, ya que la rapidez de que se produzca el etileno se puede reducir cuando el almacenamiento es a bajas temperaturas, en niveles reducidos de oxígeno (menos de 8 %) y elevados niveles de dióxido de carbono (más de 2 %) (Kader, 2013; Kader *et al.*, 2007; Kader, 2011; Valdiviezo Aliaga, 2018).

Vitamina C.

En la Figura 13A, se muestran los resultados del contenido de vitamina C de los frutos almacenados a 25 °C, en donde no se observaron diferencias significativas ($p>0.05$) entre los tratamientos a base de esquilmos de brócoli durante los 20 días de almacenamiento.

Al igual que en los resultados de los frutos almacenados a 25 °C, los frutos almacenados a 4 °C no presentaron diferencias significativas ($p>0.05$) entre los tratamientos a base de esquilmos de brócoli durante los 20 días de almacenamiento (Figura 13B).

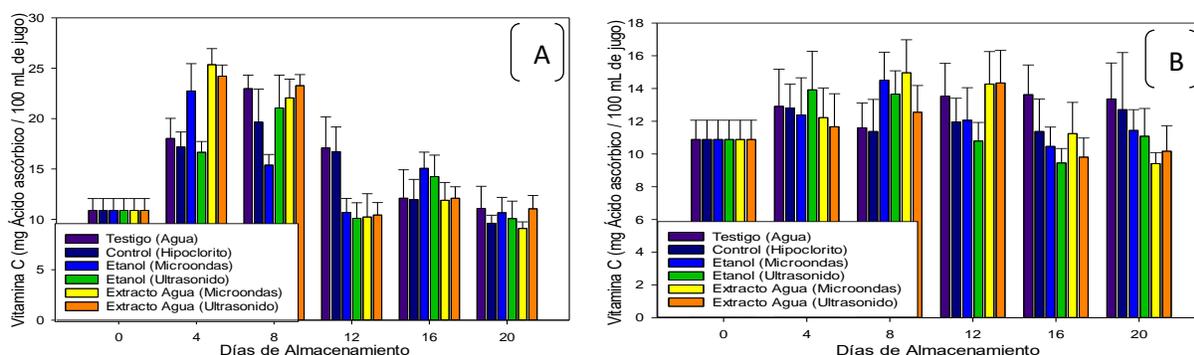


Figura 13. Vitamina C (mg/100 mL) de melón bajo diferentes tratamientos a base de esquilmos de brócoli con diferentes métodos de extracción y almacenados a 25 °C (A) y 4 °C (B).

Los niveles reportados de vitamina C en este estudio concuerdan con los resultados reportados por Laur y Tian (2011), para melón mexicano en donde se reportan valores

promedios de 13.1 ± 5.8 , por lo que es posible citar que los tratamientos aplicados no afectaron el parámetro en estudio para las diferentes temperaturas.

Oroian y Escriche (2015) indicaron la importancia del ácido ascórbico (vitamina C) debido a sus principales propiedades, siendo un antioxidante hidrosoluble, lo que es favorable para la actividad enzimática, ya que actúa como cofactor en diferentes reacciones y este participa en absorber varias formas de especies reactivas de oxígeno y en la reducción de radicales libres, por lo cual preservar esta vitamina es de suma importancia.

Volden *et al.* (2009), mencionan que el ácido ascórbico es afectado principalmente por el procesamiento debido a su alta hidrofiliidad y baja estabilidad térmica. Cuando se desencadena la oxidación, puede disminuir el contenido de vitaminas y, con ello, se pierde su valor nutricional (Ordóñez-Santos *et al.*, 2013; Cuastumal-Canacuan *et al.*, 2016).

Compuestos fenólicos totales.

En la Figura 14A, se muestran los resultados del contenido de compuestos fenólicos totales, en el cual el tratamiento que permitió una mayor concentración de compuestos fenólicos en los frutos de melón almacenados a 25 °C fue el control (hipoclorito) ($p < 0.05$), seguido de los tratamientos de extracto agua (microondas), etanol (ultrasonido), extracto agua (ultrasonido) y testigo (agua). El tratamiento a base de etanol (microondas) fue el que permitió obtener una menor cantidad de compuestos fenólicos durante los días de almacenamiento (Figura 14A).

Los frutos de melón almacenados a 4 °C mostraron que el tratamiento que permitió una mayor concentración de compuestos fenólicos fue el extracto agua (ultrasonido) ($p < 0.05$), seguido de los tratamientos etanol (ultrasonido), control (hipoclorito), extracto agua (microondas) y testigo (agua). El tratamiento etanol (microondas) fue quien generó la menor concentración de compuestos fenólicos en los frutos de melón almacenados durante 20 días (Figura 14B).

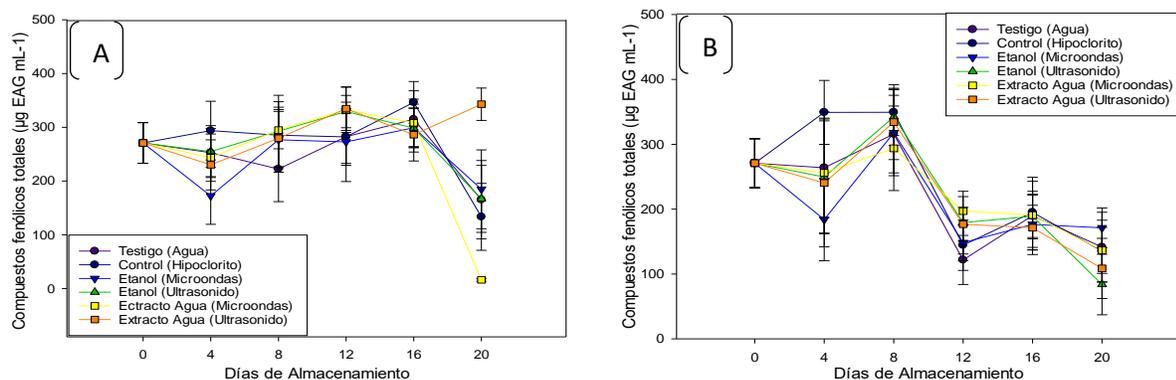


Figura 14. Compuestos fenólicos totales ($\mu\text{g EAG mL}^{-1}$) de melón bajo diferentes tratamientos a base de esquilmos de brócoli con diferentes métodos de extracción y almacenados a 25 °C (A) y 4 °C (B).

Diversos estudios mencionan que los extractos de pulpa de melón poseen una alta actividad antioxidante y adicionalmente han evaluado este atributo en diversas partes del fruto como son: piel, semillas, hojas y tallos, dichos estudios reportan valores de contenido fenólico de $1.68 \pm 0.14 \text{ EAG mL}^{-1}$ (Ismail *et al.*, 2010) y de $4.23 \pm 0.08 \text{ EAG mL}^{-1}$ (Mwambi *et al.*, 2016); dichos valores difieren entre sí y con respecto a los obtenidos en el presente trabajo. Estas discrepancias se deben principalmente a las variedades de origen de los frutos, destacando que el producto objeto de estudio en este trabajo presenta elevados contenidos de compuestos fenólicos, lo cual es una ventaja debido a las propiedades antioxidantes que el contenido de estos compuestos puede generar. Los fenoles son conocidos como los compuestos responsables de producir el color de muchas frutas. Durante el proceso de la maduración se acumulan varios metabolitos secundarios fenólicos como los fenilpropanoides, las antocianinas y los flavonoides (García *et al.*, 2009). Belwal *et al.* (2019) y Rodríguez *et al.* (2018) mencionaron que la presencia de los compuestos fenólicos en las que se incluyen las antocianinas, los flavonoides y los ácidos fenólicos, pueden contribuir a la actividad antioxidante de las frutas en forma y proporción diferentes. La realización de estudios más profundos acerca del perfil fitoquímico de los productos poscosecha son de gran utilidad debido a las propiedades beneficiosas que estos componentes aportan a la salud (Lugo-Morales *et al.*, 2021).

Capacidad antioxidante total

En la Figura 15A, se muestran los resultados de la capacidad antioxidante en los frutos de melón almacenados a 25 °C, donde el tratamiento de etanol (microondas) generó en los frutos la obtención de una mayor capacidad antioxidante ($p < 0.05$), seguido de los tratamientos control (hipoclorito), testigo (agua) y extracto agua (microondas y ultrasonido). El tratamiento a base de etanol (ultrasonido) fue el que generó una menor capacidad antioxidante en los frutos de melón durante los días de almacenamiento (Figura 15A).

Los resultados de los frutos almacenados a 4 °C muestran que el tratamiento extracto agua (ultrasonido) permitió observar una mayor capacidad antioxidante ($p > 0.05$), seguido de los tratamientos control (hipoclorito), etanol (microondas), extracto agua (microondas) y etanol (ultrasonido). El testigo (agua) fue el tratamiento donde se observó que los frutos de melón presentan menor capacidad antioxidante (Figura 15B).

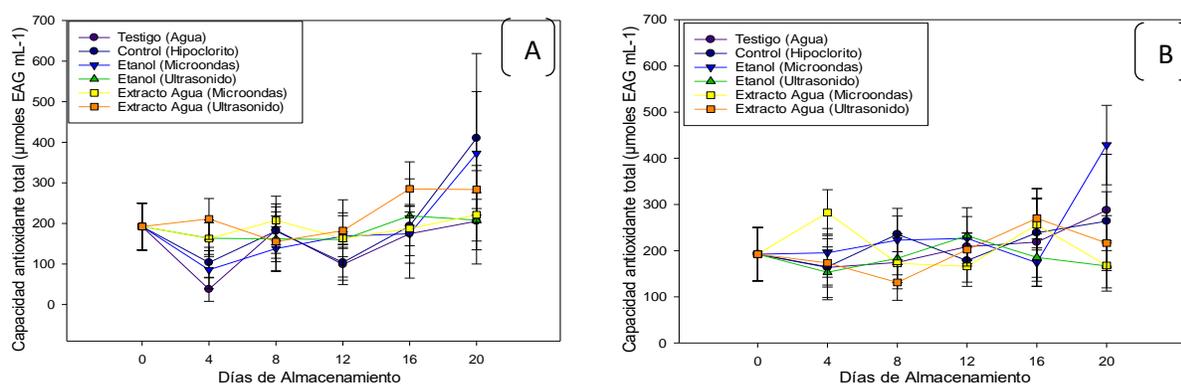


Figura 15. Capacidad antioxidante total ($\mu\text{moles EAG mL}^{-1}$) de melón bajo diferentes tratamientos a base de esquilmos de brócoli con diferentes métodos de extracción y almacenados a 25 °C (A) y 4 °C (B).

Rodríguez *et al.* (2018) reportaron que la capacidad antioxidante total que muestran los frutos de melón se puede deber a la presencia de fitoquímicos (taninos, terpenoides, esteroides, saponinas y flavonoides), así como, a las sustancias antioxidantes como la vitamina C.

Lugo-Morales *et al.* (2021) concuerdan que los extractos de las variedades evaluadas de frutos de melón demostraron la capacidad que tienen de donar electrones. Por lo tanto,

éstos podrían actuar como terminadores de la cadena radical que podrían transformarse en especies reactivas de oxígeno y otros radicales libres, generando productos no reactivos más estables.

Figueroa Díaz, (2017) utilizó un extracto etanólico de *Hylocereus undatus* o mejor conocido como pitahaya roja obteniendo como resultado en capacidad antioxidante (DPPH) $161.7 \pm 4.8 \mu\text{moles}$. García-Cruz *et al.* (2012) y Oliveira Bardales (2014), en pitahaya naranja obtuvieron un valor de IC50 de $59.8 \pm 0.32 \mu\text{moles}$, ellos concluyen que el extracto etanólico del mesocarpio del fruto presenta actividad antioxidante, por lo que se considera una fuente de antioxidantes naturales. En comparación con nuestro estudio, los resultados de estos autores no concuerdan con nuestros resultados en melón, ya que el tratamiento etanol (microondas) a 25 °C fue quien generó una mayor capacidad antioxidante en comparación con los resultados obtenidos a 4 °C, en el que el tratamiento extracto agua (ultrasonido) permitió observar mayor capacidad antioxidante a los 20 días de almacenamiento en las dos temperaturas. Figueroa Díaz, (2017) mencionan que el poder que tienen los antioxidantes también puede atribuirse a los compuestos fenólicos que se encuentran presentes en los frutos, y son considerados como potentes antioxidantes naturales.

Microorganismos.

Los resultados de inhibición de *Fusarium* muestran que el tratamiento testigo (agua) permitió un mayor crecimiento ($p>0.05$), seguido del tratamiento a base de etanol (ultrasonido y microondas). Los tratamientos extracto agua (ultrasonido y microondas) y control (hipoclorito) fueron los tratamientos donde no hubo crecimiento del hongo (Figura 16A).

Los resultados de inhibición del hongo *Botrytis cinérea* muestran que el tratamiento de extracto agua (ultrasonido) permitió observar un mayor crecimiento ($p>0.05$), seguido de los tratamientos etanol (microondas) y testigo (agua). Los tratamientos etanol (ultrasonido y microondas) y control (hipoclorito) fueron los tratamientos donde no hubo crecimiento de hongo en frutos de melón (Figura 16B).

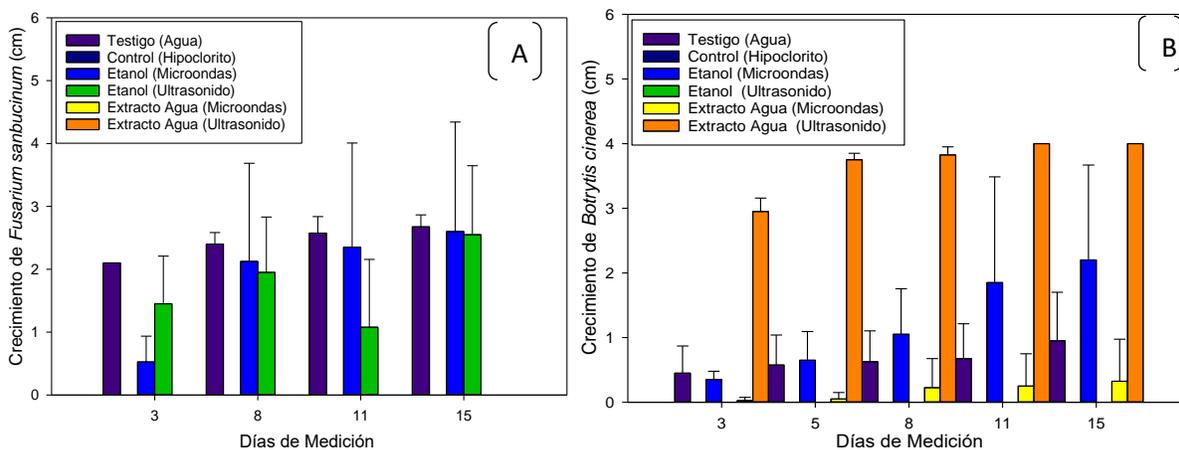


Figura 16. Crecimiento de microorganismos *Fusarium sanbucinum* (A) y *Botrytis cinerea* (B) por efecto de los tratamientos a base de esquilmos de brócoli con diferentes métodos de extracción e incubados a temperatura ambiente.

Elmer *et al.* (2007) reportaron que las aplicaciones de calcio en duraznos redujeron significativamente la incidencia, la gravedad de la podredumbre y oscurecimiento del fruto y esto principalmente se ve reflejado en la menor incidencia de las infecciones fúngicas, en la disminución del crecimiento de los hongos y germinación de esporas debido al fortalecimiento de las paredes celulares de las frutas, ya que se hace más resistente a la degradación por las enzimas fúngicas.

Bautista *et al.* (2002b) aplicaron extractos de ajo, eucalipto y hojas de zapote negro en frutos de papaya (*Carica papaya* L.) almacenados a 25 °C, teniendo como resultado que, al aplicar esos extractos en los frutos, redujeron la severidad de patógenos como la antracnosis, entre un 45 y 41.7 %. Baños-Guevara *et al.* (2004) aplicaron extractos de hojas de anona roja, de papaya y de semillas de papaya con quitosano (2.5 %), observando disminución de este patógeno. Arboleda *et al.* (2012) realizaron investigaciones con extractos de higuera, mostrando mortalidades de más del 50 % a partir de las 48 h después de haberlo aplicado. En el presente trabajo fue posible apreciar que para los tratamientos de extracto agua (ultrasonido y microondas) no muestran crecimiento de los hongos *Botrytis cinerea* y *Fusarium*.

CONCLUSIÓN

Se obtuvo que los frutos tratados con extracto agua (ultrasonido) almacenados a 25 °C y los frutos tratados con extracto etanol (microondas) almacenados a 4 °C presentaron un mayor contenido de vitamina C, fenólicos totales y capacidad antioxidante, donde los tratamientos disminuyeron el desarrollo de microorganismos, generando el mantenimiento de la calidad y contenido nutracéutico.

PERSPECTIVAS

Generar extractos a base de otros residuos de crucíferas (repollo, coliflor, etc.) y comparar la caracterización de los extractos.

Aplicar un método de extracción híbrido (Microondas-Ultrasonido) para la obtención de los extractos.

REFERENCIAS

- Abdulrashid, M., & Agwunobi, L. N. (2009). Taro cocoyam (*Colocasia esculenta*) meal as feed ingredient in poultry. *Pakistan Journal of Nutrition*, 8(5), 668-673.
- Abou-Jawdah, Y., Sobh, H., & Salameh, A. (2002). Antimycotic activities of selected plant flora, growing wild in Lebanon, against phytopathogenic fungi. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(11), 3208-3213.
- Aghajanzadehdivaei, T. (2015). Sulfur metabolism, glucosinolates and fungal resistance in *Brassica* (Doctoral dissertation, University of Groningen).
- Agte, V. V., Tarwadi, K. V., Mengale, S., & Chiplonkar, S. A. (2000). Potential of traditionally cooked green leafy vegetables as natural sources for supplementation of eight micronutrients in vegetarian diets. *Journal of Food Composition and Analysis*, 13(6), 885-891.
- Aguiar, S., Uvidia, H., & Arboleda, L. (2021). Aprovechamiento de residuos agroindustriales como alternativa en el mejoramiento de la calidad del ambiente. *Alfa Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinaria*, 5(15), 266-277.
- Alanís-Garza, P. A., Becerra-Moreno, A., Mora-Nieves, J. L., Mora-Mora, J. P., y Jacobo-Velaázquez, D. A. (2015). Efecto de la congelación industrial sobre la estabilidad de compuestos quimiopreventivos en brócoli. *Int J Food Sci Nutr*, 66(3), 282– 288
- Angeletti, P., Castagnaso, H., Miceli, E., Terminiello, L., Concellón, A., Chaves, A., & Vicente, A. R. (2010). Effect of preharvest calcium applications on postharvest quality, softening and cell wall degradation of two blueberry (*Vaccinium corymbosum*) varieties. *Postharvest Biology and Technology*, 58(2), 98-103.
- Angelino, D., & Jeffery, E. (2014). Glucosinolate hydrolysis and bioavailability of resulting isothiocyanates: Focus on glucoraphanin. *Journal of Functional Foods*, 7, 67-76.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). (1990). Official methods of analysis.
- Appendino, G., & Bardelli, A. (2010). Broccoli, PTEN deletion and prostate cancer: where is the link?. *Molecular cancer*, 9(1), 1-3.
- Arboleda, F. D. J., Guzmán, Ó. A., & Mejía, L. F. (2012). Efecto de extractos cetónicos de higuera (*ricinus communis linneo.*) sobre el nematodo barrenador [*radopholus similis (cobb.) thorne*] en condiciones in vitro. *Luna Azul*, (35), 28-47.
- Arellano, J. D. J. E., Robledo, M. L., & Torres, J. R. (2010). Factibilidad técnica y económica del establecimiento del cultivo del melón con riego por goteo en el municipio de Mapimí, Durango, México. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 9(2), 91-97.

- Ares, A. M., Nozal, M. J., & Bernal, J. (2013). Extraction, chemical characterization and biological activity determination of broccoli health promoting compounds. *Journal of Chromatography A*, 1313, 78-95.
- Arruda, Q. D., Stefani, R., Aniceto Jr, V. P., & Nat, I. (2015). Food hydrocolloids active chitosan/PVA films with anthocyanins from Brassica oleraceae (Red Cabbage) as time temperature indicators for application in intelligent food packaging. *Food Hydrocolloids*, 43, 180-188.
- ASERCA, (2000). El Melón Mexicano; Ejemplo de Tecnología Aplicada. *Revista Claridades Agropecuarias*, México, D.F. # 84.
- Asrín, T. A. A., & Martín, M. A. (2017). Valoración de residuos vegetales. En subproductos del procesamiento de alimentos y su utilización; Anal, AK, Ed.; *John Wiley & Sons Ltd.: Hoboken, NJ, EE. UU.*, págs. 53–88.
- Athmaselvi, K. A., Kumar, C., & Poojitha, P. (2017). Influence of temperature, voltage gradient and electrode on ascorbic acid degradation kinetics during ohmic heating of tropical fruit pulp. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 11(1), 144-155.
- Ayala-Zavala, J. F. N., Vega-Vega, V., Rosas-Domínguez, C., Palafox-Carlos, H., Villa-Rodríguez, J. A., Siddiqui, M. W., ... & González-Aguilar, G. A. (2011). Agro-industrial potential of exotic fruit byproducts as a source of food additives. *Food Research International*, 44(7), 1866-1874.
- Baenas, N., Moreno, D. A., & García-Viguera, C. (2018). Estudio de la bioactividad in vitro e in vivo de brotes de brócoli ricos en glucosinolatos/isotiocianatos. *Nereis*, (10), 69-78.
- Baños-Guevara, P. E., Zavaleta Mejía, E., Colinas-León, M. T., Luna-Romero, I., & Gutiérrez-Alonso, J. G. (2004). Control biológico de *Colletotrichum gloeosporioides* [(Penz.) Penz. y Sacc.] en papaya Maradol Roja (*Carica papaya* L.) y fisiología postcosecha de frutos infectados. *Rev Mex Fitopatol*, 22(2), 198-205.
- Bautista, S., Barrera, L. N., Bravo, L. L., y Bermúdez, K. T., (2002a). Antifungal activity of leaf and stem extracts from various plant species on the incidence of *Colletotrichum gloeosporioides* of papaya and mango fruits after storage. *Mexican journal of plant pathology*. 20:8-12.
- Belwal, T., Huang, H., Li, L., Duan, Z., Zhang, X., Aalim, H., & Luo, Z. (2019). Optimization model for ultrasonic-assisted and scale-up extraction of anthocyanins from *Pyrus communis* 'Starkrimson' fruit peel. *Food chemistry*, 297, 124993.

- Berndtsson, E., Andersson, R., Johansson, E., & Olsson, M. E. (2020). Side streams of broccoli leaves: a climate smart and healthy food ingredient. *International journal of environmental research and public health*, 17(7), 2406.
- Bhandari, S. R., & Kwak, J. H. (2014). Seasonal variation in phytochemicals and antioxidant activities in different tissues of various Broccoli cultivars. *African Journal of Biotechnology*, 13(4).
- Bhandari, S. R., & Kwak, J. H. (2015). Seasonal variation in contents of sugars in different parts of broccoli. *Horticultural Science & Technology*, 33(2), 276-282.
- Bischoff, K. L. (2016). Capítulo 40—Glucosinolatos. En: Gupta RC, editor. *nutracéuticos. Prensa Académica*; Boston, MA, EE. UU. págs. 551–554.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. L. W. T. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food science and Technology*, 28(1), 25-30.
- Butnariu, M., & Butu, A. (2015). Chemical composition of vegetables and their products. *Handbook of food chemistry*, 627-692.
- Buxdorf, K., Yaffe, H., Barda, O., & Levy, M. (2013). The effects of glucosinolates and their breakdown products on necrotrophic fungi. *PloS one*, 8(8), e70771.
- Campas-Baypoli, O. N., Bueno-Solano, C., Martínez-Ibarra, D. M., Camacho-Gil, F., Villalberma, A. G., Rodríguez-Núñez, J. R., ... & Sánchez-Machado, D. I. (2009). Contenido de sulforafano (1-isotiocianato-4-(metilsulfinil)-butano) en vegetales crucíferos. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 59(1), 95-100.
- Cartea, M. E., & Velasco, P. (2008). Glucosinolates in Brassica foods: bioavailability in food and significance for human health. *Phytochemistry reviews*, 7(2), 213-229.
- Cevallos-Casals, B. A., & Cisneros-Zevallos, L. (2010). Impact of germination on phenolic content and antioxidant activity of 13 edible seed species. *Food Chemistry*, 119(4), 1485-1490.
- Clarke, J. D., Dashwood, R. H., & Ho, E. (2008). Multi-targeted prevention of cancer by sulforaphane. *Cancer letters*, 269(2), 291-304.
- Cuastumal Canacuan, H. G., Valencia Murillo, B. L., & Ordóñez Santos, L. E. (2016). Efectos de los tratamientos térmicos en la concentración de vitamina C y color superficial en tres frutas tropicales. *Revista Lasallista de Investigación*, 13(1), 85-93.
- Delgado Baque, J. V., & Carrión Marca, C. N. (2022). *Exportación de brócoli congelado al mercado de Tailandia* (Bachelor's thesis, Guayaquil: ULVR, 2022.).

- Deng, Q., Zinoviadou, K. G., Galanakis, C. M., Orlie, V., Grimi, N., Vorobiev, E., ... & Barba, F. J. (2015). The effects of conventional and non-conventional processing on glucosinolates and its derived forms, isothiocyanates: extraction, degradation, and applications. *Food Engineering Reviews*, 7(3), 357-381.
- Desrosier, N. W. (1987). *Conservación de alimentos Continental*.
- Di Marco, P. G., Garrido, G. T., & Costa, M. A. (2003). Pérdida de alimentos frutihortícolas durante la postcosecha. Consideraciones bioéticas. *Persona y Bioética*, 7(19), 61-69.
- Díaz, C. (2006). El cultivo de las crucíferas: brócoli, coliflor, repollo, col china.
- Elmer, P. A. G., Spiers, T. M., & Wood, P. N. (2007). Effects of pre-harvest foliar calcium sprays on fruit calcium levels and brown rot of peaches. *Crop Protection*, 26(1), 11-18.
- Escudero Albarca, N. (2022). *Ensayos para el control de mohos alterantes en fruta de hueso mediante el uso de microorganismos antagonistas* (Bachelor's thesis).
- Fahey, J. W., Zalcmann, A. T., & Talalay, P. (2001). The chemical diversity and distribution of glucosinolates and isothiocyanates among plants. *Phytochemistry*, 56(1), 5-51.
- FAO (2021). FAOSTAT. Organización de las Naciones Unidas para LA Agricultura y la Alimentación.
- FAOSTAT. (2013). FAO statistical database. *Food and Agricultural Organization of the United Nations*.
- Fernández-Infantes, S. (2021). Evaluación del efecto de patrones experimentales sobre la calidad de variedades tradicionales de melón (*Cucumis melo L.*). *Tesis Doctoral, Universitat Politècnica de València*.
- Ficker, C., Smith, M. L., Akpagana, K., Gbeassor, M., Zhang, J., Durst, T., ... & Arnason, J. T. (2003). Bioassay-guided isolation and identification of antifungal compounds from ginger. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*, 17(8), 897-902.
- Fidelibus, M. W., Davies, F. S., & Campbell, C. A. (2002). Gibberellic acid application timing affects fruit quality of processing oranges. *HortScience*, 37(2), 353-357.
- Figueroa Díaz, S. L. (2017). Actividad antioxidante del extracto etanólico del mesocarpio del fruto de *Hylocereus undatus* "pitahaya" e identificación de los fitoconstituyentes.

- Folkard, D. L., Marlow, G., Mithen, R. F., & Ferguson, L. R. (2015). Effect of Sulforaphane on NOD2 via NF- κ B: implications for Crohn's disease. *Journal of Inflammation*, 12(1), 1-6.
- Fonseca, S. C., Oliveira, F. A., & Brecht, J. K. (2002). Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: a review. *Journal of food engineering*, 52(2), 99-119.
- Galanakis, C. M. (2015). Development of a universal recovery strategy. *Food Waste Recovery: Processing Technologies and Techniques*. Elsevier Inc., Waltham.
- García, J. C., Rodríguez, Z. F., Lugo, J. G., & Rodríguez, V. (2009). Efecto del cultivar y distancia entre plantas sobre características físicoquímicas del fruto del melón (*Cucumis melo* L.). *Revista de la Facultad de Agronomía*, 26(2), 141-158.
- García-Ávila, C. D. J., Valenzuela-Tirado, G. A., Florencio-Anastasio, J. G., Ruiz-Galván, I., Moreno-Velázquez, M., Hernández-Macías, B., ... & Ávila-Quezada, G. (2018). Organismos asociados a daños en tubérculos de papa en postcosecha. *Revista mexicana de fitopatología*, 36(2), 308-320.
- García-Cruz, L., Salinas-Moreno, Y., & Valle-Guadarrama, S. (2012). Betalainas, compuestos fenólicos y actividad antioxidante en pitaya de mayo (*Stenocereus griseus* H.). *Revista fitotecnia mexicana*, 35(SPE5), 01-05.
- García-Figueroa, A., Ayala-Aponte, A., & Sánchez-Tamayo, M. I. (2019). Efecto de recubrimientos comestibles de Aloe vera y alginato de sodio sobre la calidad poscosecha de fresa. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 22(2).
- Gemedé, H. F., & Ratta, N. (2014). Antinutritional factors in plant foods: Potential health benefits and adverse effects. *International journal of nutrition and food sciences*, 3(4), 284-289.
- Giovannoni, J. (2001). Molecular biology of fruit maturation and ripening. *Annual review of plant biology*, 52(1), 725-749.
- Gómez Bernal, J. (2020). Caracterización de la microbiota fusárica de frutos de melón: estudio de sus relaciones parasitarias y su control con radiación UV-C.
- Gómez, F. J. S. (2015). *Aprovechamiento de residuos agro-industriales: preparación de extractos, caracterización y uso en alimentos* (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)).
- Gómez, P., Tomás, G. M., & Costa, M. A. (2003). Pérdida de alimentos frutihortícolas durante la postcosecha: consideraciones bioéticas. *Persona y bioética*, (19), 61-69.

- Gull, A., Bhat, N., Wani, S. M., Masoodi, F. A., Amin, T., & Ganai, S. A. (2021). Shelf life extension of apricot fruit by application of nanochitosan emulsion coatings containing pomegranate peel extract. *Food chemistry*, 349, 129149.
- Gupta, P., Samant, K., & Sahu, A. (2012). Isolation of cellulose-degrading bacteria and determination of their cellulolytic potential. *International journal of microbiology*, 2012.
- Gupta, P., Wright, S. E., Kim, S. H., & Srivastava, S. K. (2014). Phenethyl isothiocyanate: a comprehensive review of anti-cancer mechanisms. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Reviews on Cancer*, 1846(2), 405-424.
- Hanlon, P. R., & Barnes, D. M. (2011). Phytochemical composition and biological activity of 8 varieties of radish (*Raphanus sativus* L.) sprouts and mature taproots. *Journal of Food Science*, 76(1), C185-C192.
- Hansch, F. S., Lamy, E., Schreiner, M., & Rohn, S. (2014). Reactivity and stability of glucosinolates and their breakdown products in foods. *Angewandte Chemie International Edition*, 53(43), 11430-11450.
- Hasegawa, T., Nishino, H., & Iwashima, A. (1993). Isothiocyanates inhibit cell cycle progression of HeLa cells at G2/M phase. *Anti-cancer drugs*, 4(2), 273-279.
- Hatami, M., Kalantari, S., Soltani, F., & Beaulieu, J. C. (2019). Storability, quality changes, and general postharvest behavior of Dudaim melon harvested at two maturity stages. *HortTechnology*, 29(3), 241-250.
- Hidalgo, J. M. M. D., & Martín, J. (2020). El desperdicio de alimentos, un problema global. *IndustriaAmbiente: gestión medioambiental y energética*, 29, 28-33.
- Horwitz, W. (2000). AOAC Official Method 967.21. Ascorbic acid in vitamins preparations and juices, 2, 6-Dichloroindophenol titrimetric method. En: Official Methods of Analysis of AOAC International 17th edn, Maryland, EUA. pp. 16.
http://www.infoagro.com/frutas/frutas_tradicionales/melon3.htm
- INFOAGRO, (2010). El cultivo del melón. 2019, de Copyright Infoagro Systems S.L Sitio web: http://www.infoagro.com/frutas/frutas_tradicionales/melon3.htm
- INFOAGRO, (2011). El cultivo del melon.
- Ismail, H. I., Chan, K. W., Mariod, A. A., & Ismail, M. (2010). Phenolic content and antioxidant activity of cantaloupe (*Cucumis melo*) methanolic extracts. *Food chemistry*, 119(2), 643-647.
- Jacobo-Velázquez, D. A., & Cisneros-Zevallos, L. (2016, June). An alternative use of horticultural crops: stressed plants as biofactories of bioactive glucosinolate and

- phenolic compounds. In *VIII International Postharvest Symposium: Enhancing Supply Chain and Consumer Benefits-Ethical and Technological Issues* 1194 (pp. 947-952).
- Jacobo-Velázquez, D. A., & Cisneros-Zevallos, L. (2012). An alternative use of horticultural crops: stressed plants as biofactories of bioactive phenolic compounds. *Agriculture*, 2(3), 259-271.
- Jaqueline Boiteux, J., Vanda Hapon, M., de los Angeles Fernandez, M., Susana Lucero, G., & Humberto Pizzuolo, P. (2015). Effect of aqueous extract of chanar (*Geoffroea decorticans* Burkart) on *Botrytis cinerea*, as possible alternative for control in post-harvest of table grape. *REVISTA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS*, 47(1), 241-250.
- Jaramillo, J. E., & Díaz, C. A. (2006). *El cultivo de las crucíferas: Brocoli, coliflor, repollo, col china*. Corporacion Colombiana de Investigacion Agropecuaria, Centro de Investigacion la Selva, Rionegro (Colombia).
- Kader, A. A. (2013). Postharvest technology of horticultural crops-An overview from farm to fork. *Ethiopian Journal of Applied Science and Technology*, (1), 1-8.
- Kader, A. A. (Ed.). (2011). *Tecnología postcosecha de cultivos hortofrutícolas*. UCANR Publications.
- Kader, A. A., Pelayo-Zaldivar, C., Arpaia, M. L., Barrett, D. M., Bruhn, C. M., Cantwell, M. I., ... & Baños, C. T. B. (2007). *Tecnología postcosecha de cultivos: Hortofrutícolas*. Universidad de California, California (EUA).
- Kaur, M., & Arora, S. (2012). Isolation and screening of cellulose degrading bacteria in kitchen waste and detecting their degrading potential. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering*, 1(2), 33-35.
- Kidmose, U., Edelenbos, M., Nørbæk, R., & Christensen, L. P. (2002). Colour stability in vegetables. *Colour in food: Improving quality*, 179-232.
- La Marca, M., Beffy, P., Della Croce, C., Gervasi, P. G., Iori, R., Puccinelli, E., & Longo, V. (2012). Structural influence of isothiocyanates on expression of cytochrome P450, phase II enzymes, and activation of Nrf2 in primary rat hepatocytes. *Food and chemical toxicology*, 50(8), 2822-2830.
- Laínez, D., & Krarup, C. (2008). Caracterización en pre y poscosecha de dos cultivares de melón reticulado del tipo Oriental (*Cucumis melo* Grupo *Cantalupensis*). *Ciencia e investigación agraria*, 35(1), 59-66.

- Landim, A. P. M., Barbosa, M. I. M. J., & Júnior, J. L. B. (2016). Influence of osmotic dehydration on bioactive compounds, antioxidant capacity, color and texture of fruits and vegetables: a review. *Ciência Rural*, *46*, 1714-1722.
- Laur, L. M., & Tian, L. (2011). Provitamin A and vitamin C contents in selected California-grown cantaloupe and honeydew melons and imported melons. *Journal of Food Composition and Analysis*, *24*(2), 194-201.
- Le Nguyen, L. P., Zsom, T., Sao Dam, M., Baranyai, L., & Hitka, G. (2019). Evaluation of the 1-MCP microbubbles treatment for shelf-life extension for melons. *Postharvest Biology and Technology*, *150*, 89-94.
- Lee, E. J. (2014). Major metabolites involved in skin blackening of 'Niiitaka' pear stored under cold temperature. *Horticultural Science & Technology*, *32*(3), 359-365.
- Leyva-López, N., Lizárraga-Velázquez, C. E., Hernández, C., & Sánchez-Gutiérrez, E. Y. (2020). Exploitation of agro-industrial waste as potential source of bioactive compounds for aquaculture. *Foods*, *9*(7), 843.
- Liang, J. J., Qin, A. K., Suganthan, P. N., & Baskar, S. (2006). Comprehensive learning particle swarm optimizer for global optimization of multimodal functions. *IEEE transactions on evolutionary computation*, *10*(3), 281-295.
- Locaso, D. E., & del Carmen Cruaños, M. (2011). Empaque sin costo ambiental formulado con quitosano para reducir la podredumbre verde en postcosecha de naranjas. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, *12*(1), 35-43.
- López-Chillón, M. T., Baenas, N., Villaño, D., Zafrilla, P., García-Viguera, C., & Moreno, D. A. (2017, May). Broccoli for food and health—research and challenges. In *VII International Symposium on Brassicas 1202* (pp. 121-126).
- Losada, H., Cortés, J., & Grande, D. (1992). El uso de hortalizas en la producción de leche en sistemas suburbanos. *Livestock Research for Rural Development*, *4*(3), 15-19.
- Loyola, L., Calquín, C., & Norambuena, A. (2013). microbiológicos y sensoriales de radicchios (*Chichorium intybus* L. var. *foliosum*) envasados mediante IV gama. *IDESIA (Chile)*, *25*(3), 59-57.
- Mamani Huarcaya, B. M. (2021). Conservación del pepino dulce (*Solanum muricatum* Aiton) Ecotipo Morado, usando la técnica de cultivo in vitro de tejidos vegetales.
- Marín-Rodríguez, M. C., Orchard, J., & Seymour, G. B. (2002). Pectate lyases, cell wall degradation and fruit softening. *Journal of experimental botany*, *53*(377), 2115-2119.

- Mármol, J. R. (2008). *Cultivo del melón en invernadero*. Consejería de Agricultura y Pesca, Servicio de Publicaciones y Divulgación.
- Martín-Diana, D., Rico, J.M., Frías, J.M., Barat, G. T. M., Henehan, C., & Barry-Ryan, (2007). Calcium to extend the shelf life of all fresh and minimally processed fruits and vegetables: a review, *Trends in Food Science & Technology*, Volume 18, Issue 4, pages 210-218.
- Martínez, M. M., Gonzalez, N. P., Luna, D. P., García, G. A. P., Espinosa, M. Á., & Olivera, R. M. C. (2013). Calidad microbiológica y sensorial de rodajas de fruta bomba (carica papaya l) cultivar maradol roja deshidratadas y almacenadas a temperatura ambiente con cinco meses de vida útil. *Universidad & Ciencia*, 2(1), 1-16.
- Miyazawa, M., Nishiguchi, T., & Yamafuji, C. (2005). Volatile components of the leaves of Brassica rapa L. var. perviridis Bailey. *Flavour and fragrance journal*, 20(2), 158-160.
- Montagut, X., & Gascón, J. (2014). Alimentos desperdiciados. *Icaria, Ed.*
- Montealegre, J. R., Reyes, R., Pérez, L. M., Herrera, R., Silva, P., & Besoain, X. (2003). Selection of bioantagonistic bacteria to be used in biological control of Rhizoctonia solani in tomato. *Electronic Journal of Biotechnology*, 6(2), 115-127.
- Morales, J., Tárrega, A., Salvador, A., Navarro, P., & Besada, C. (2019). Efecto del tratamiento de desverdizado sobre la calidad sensorial de los cítricos y la respuesta del consumidor. *Levante Agrícola*, (447), 123-129.
- Moreira, M. M., Barroso, M. F., Porto, J. V., Ramalhosa, M. J., Švarc-Gajić, J., Estevinho, L., ... & Delerue-Matos, C. (2018). Potential of Portuguese vine shoot wastes as natural resources of bioactive compounds. *Science of the Total Environment*, 634, 831-842.
- Moreira, M. M., Morais, S., Barros, A. A., Delerue-Matos, C., & Guido, L. F. (2012). A novel application of microwave-assisted extraction of polyphenols from brewer's spent grain with HPLC-DAD-MS analysis. *Analytical and bioanalytical chemistry*, 403(4), 1019-1029.
- Moreno, D. A., & García-Viguera, C. (2008). El brócoli fuente de ingredientes funcionales: glucosinolatos. *ALIMENTACION NUTRICION Y SALUD*, 15(2), 49.
- Moreno, D. A., Carvajal, M., López-Berenguer, C., & García-Viguera, C. (2006). Chemical and biological characterisation of nutraceutical compounds of broccoli. *Journal of pharmaceutical and biomedical analysis*, 41(5), 1508-1522.

- Moreno, L. C., Tran, T., & Potts, M. D. (2020). Consider a broccoli stalk: how the concept of edibility influences quantification of household food waste. *Journal of environmental management*, 256, 109977.
- Moreno, L. F. R., & Coronado, M. A. G. (1998). Evaluación de ácidos carboxílicos y nitrato de calcio para incrementar calidad, cantidad y vida de anaquel en tres tipos de melón. *Terra Latinoamericana*, 16(1), 49-54.
- Moreno-Reséndez, A., García-Gutiérrez, L., Cano-Ríos, P., Martínez-Cueto, V., Márquez-Hernández, C., & Rodríguez-Dimas, N. (2014). Desarrollo del cultivo de melón (Cucumis melo) con vermicompost bajo condiciones de invernadero. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 1(2), 163-173.
- Mwambi, M. M., Oduol, J., Mshenga, P., & Saidi, M. (2016). Does contract farming improve smallholder income? The case of avocado farmers in Kenya. *Journal of Agribusiness in Developing and Emerging Economies*. 6(1): 2-20.
- Oliveira Bardales, G. (2014). Capacidad antioxidante de avertroa carambola I.(carambola) frente a sistemas generadores de radicales libres.
- Olivero-Verbel, J., Caballero-Gallardo, K., Jaramillo-Colorado, B., & Stashenko, E. (2009). Actividad repelente de los aceites esenciales de Lippia organoides, Citrus sinensis y Cymbopogon nardus cultivadas en Colombia frente a Tribolium castaneum, Herbst. *Revista de la Universidad Industrial de Santander. Salud*, 41(3), 244-250.
- Ordóñez-Santos, L. E., Ospina Portilla, M. A., & Rodríguez Rodríguez, D. X. (2013). Thermal degradation kinetics of vitamin C in guava fruits (Psidium guajava L.). *Revista Lasallista de Investigación*, 10(2), 44-51.
- Oroian, M., & Escriche, I. (2015). Antioxidants: Characterization, natural sources, extraction and analysis. *Food Research International*, 74, 10-36.
- Park, E., Luo, Y., Marine, S. C., Everts, K. L., Micallef, S. A., Bolten, S., & Stommel, J. (2018). Consumer preference and physicochemical evaluation of organically grown melons. *Postharvest Biology and Technology*, 141, 77-85.
- Pérez, A. R., & Quintero, E. M. (2015). Funciones del calcio en la calidad poscosecha de frutas y hortalizas: una revisión. *Alimentos hoy*, 23(34), 13-25.
- Pérez, B., Bringas, E., Cruz, L., & Sañudo, R. B. (2003). Aplicación de cera comestible en mango. Parte I: Efecto en las características físico-químicas durante el almacenamiento comercial. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 5(2), 100-112.

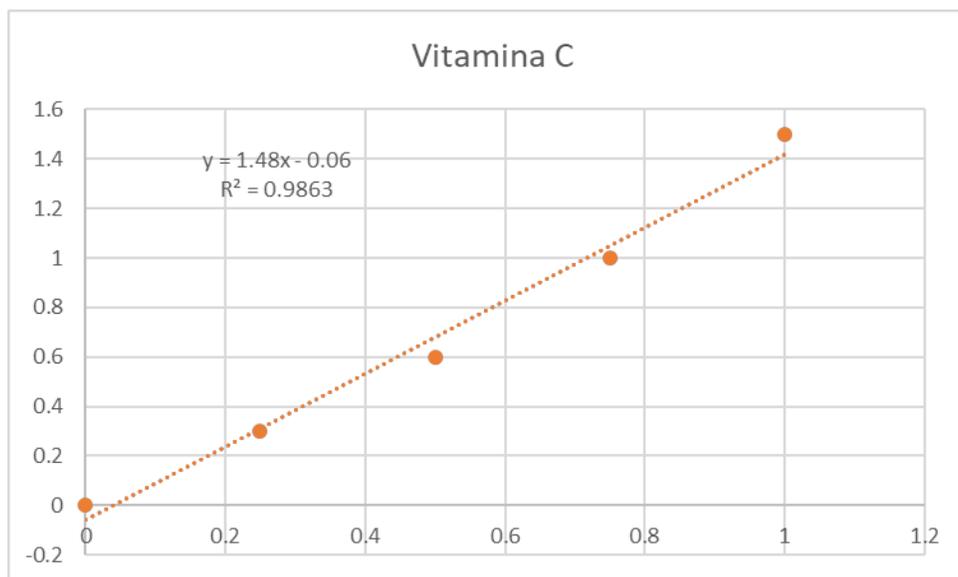
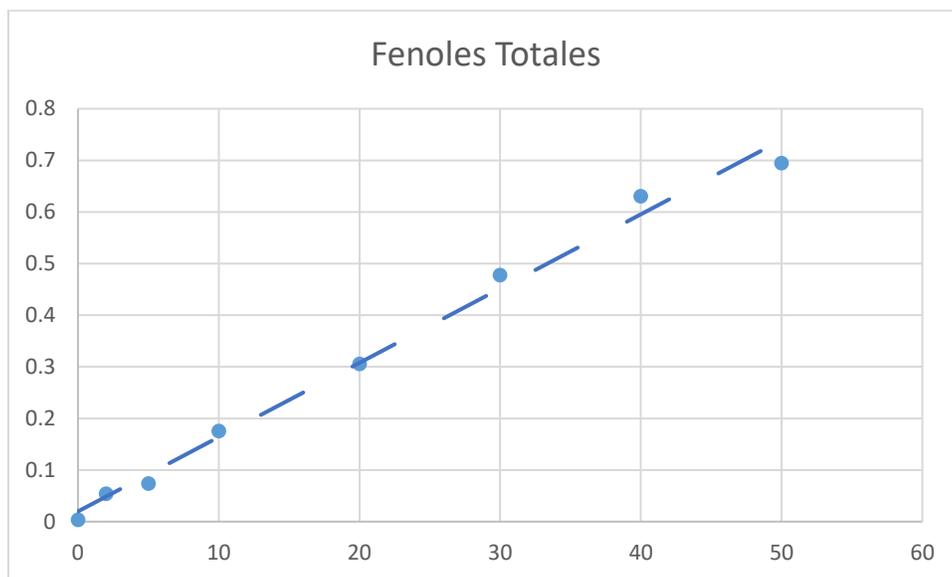
- Petkowicz, C. L., & Williams, P. A. (2020). Pectins from food waste: Characterization and functional properties of a pectin extracted from broccoli stalk. *Food Hydrocolloids*, 107, 105930.
- Pineda, C. (2016). México segundo exportador de melón.
- Pingus, J. E., Silva, E. A. A., & Armas, E. A. T. (2021). Efecto del porcentaje de ácido cítrico sobre los cambios fisicoquímicos de *Cyphomandra betacea* s. en poscosecha. *Revista Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería*, 3(2), 41-46.
- Puri, M. (Ed.). (2017). *Food bioactives: extraction and biotechnology applications*. Springer.
- Ravindran, R., & Jaiswal, A. K. (2016). Exploitation of food industry waste for high-value products. *Trends in biotechnology*, 34(1), 58-69.
- Rico, D., Martin-Diana, A. B., Frias, J. M., Barat, J. M., Henehan, G. T. M., & Barry-Ryan, C. (2007). Improvement in texture using calcium lactate and heat-shock treatments for stored ready-to-eat carrots. *Journal of Food Engineering*, 79(4), 1196-1206.
- Rivera-Pastrana, D. M., Béjar, A. A. G., Martínez-Téllez, M. A., Rivera-Domínguez, M., & González-Aguilar, G. A. (2007). Efectos bioquímicos postcosecha de la irradiación UV-C en frutas y hortalizas. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 30(4), 361-372.
- Rocha Ibarra, J. E., & Cisneros-Reyes, Y. D. (2019). La producción de brócoli en la actividad agroindustrial en México y su competitividad en el mercado internacional. *Acta universitaria*, 29.
- Rodrigo, M. J., Alquézar, B., Alós, E., Lado, J., & Zacarías, L. (2013). Biochemical bases and molecular regulation of pigmentation in the peel of Citrus fruit. *Scientia Horticulturae*, 163, 46-62.
- Rodríguez, D. A., Ortega-Toro, R., & Piñeros-Castro, Y. (2018). Propiedades fisicoquímicas, funcionales y microbiológicas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) adicionada con ácidos orgánicos. *Información tecnológica*, 29(4), 21-30.
- Rodríguez, D., Patiño, M., Miranda, D., Fischer, G., & Galvis, J. (2005). Effect of two maturity indices and two storage temperatures on storage behavior on postharvest behavior of Yellow Pitahaya (*Selenicereus Megalanthus* Haw, Rev. Fac.Nal. Agr, Vol.58, No.2, pp.2837-2857, Medellín, Colombia.
- Saba, M. K., & Sogvar, O. B. (2016). Combination of carboxymethyl cellulose-based coatings with calcium and ascorbic acid impacts in browning and quality of fresh-cut apples. *LWT-Food Science and Technology*, 66, 165-171.

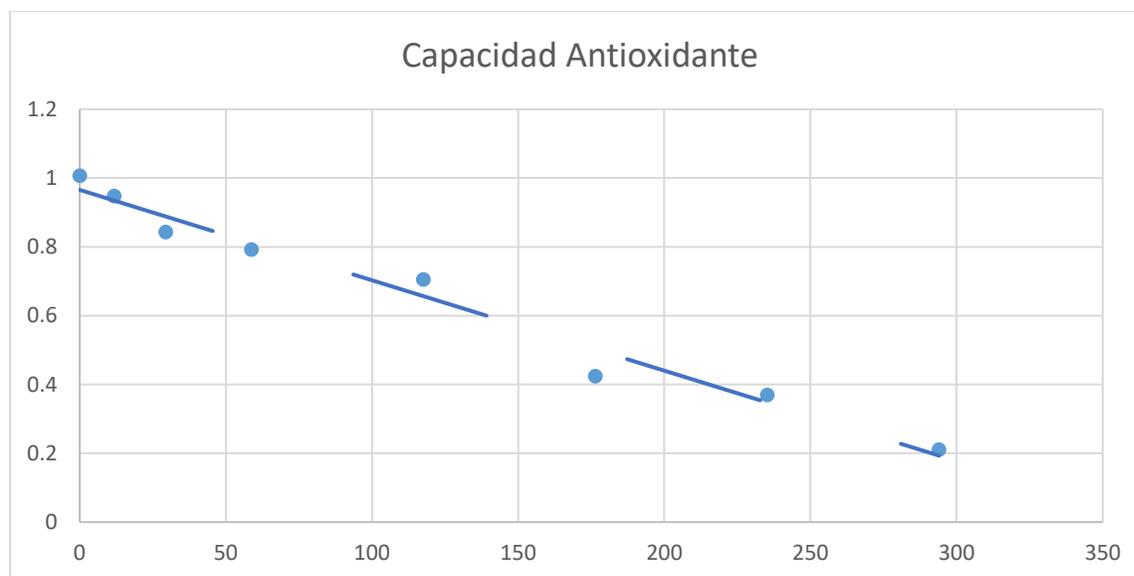
- Sagar, N. A., Pareek, S., Sharma, S., Yahia, E. M., & Lobo, M. G. (2018). Fruit and vegetable waste: Bioactive compounds, their extraction, and possible utilization. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 17(3), 512-531.
- SAGARPA-LAGUNA. (2017). Servicio de Información Estadística. Delegación Federal de SAGARPA en la Comarca Lagunera. Ciudad Lerdo, Durango.
- Sawicka, H. (2020). Glucosinolates as natural plant substances-structural and application aspects: A review. *Cell Tissue Res*, 20, 6919-6928.
- Secretaría de Agricultura Ganadería Pesca y Alimentación SAGARPA. (2004). Plan Rector del Sistema Producto Melón en la Comarca Lagunera. Delegación de la SAGARPA en la Comarca Lagunera. Ciudad Lerdo, Dgo. 34 p.
- Serna Barrera, M. A. (2021). Estudio de la fermentación como pretratamiento para la mejora de las propiedades antioxidantes de polvos de tallo de brócoli.
- SIAP, (2021). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola/siap_gb/identidad/index.jsp
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2018). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. SAGARPA. Cd. de México.
- SIAP. (2010). Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. Servicio de Información Estadística Agroalimentaria y Pesquera.
- SIAP. (2020). Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. Servicio de Información Estadística Agroalimentaria y Pesquera.
- Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144-158.
- Śmiechowska, A., Bartoszek, A., & Namieśnik, J. (2010). Determination of glucosinolates and their decomposition products—indoles and isothiocyanates in cruciferous vegetables. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 40(3), 202-216.
- Solís Mateos, M. G. (2016). *Evolución de los parámetros de calidad en frutos de pepino dulce (Solanum muricatum Ait.) durante las fases de crecimiento, maduración y post-cosecha* (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València).
- Solís-Contreras, G. A., Rodríguez-Guillermo, M. C., de la Luz Reyes-Vega, M., Aguilar, C. N., Reboloso-Padilla, O. N., Corona-Flores, J., ... & Ruelas-Chacon, X. (2021). Extending shelf-life and quality of minimally processed Golden Delicious apples with three bioactive coatings combined with cinnamon essential oil. *Foods*, 10(3), 597.

- Soto-Muñoz, L., Taberner, V., & Palou, L. (2021). Tratamientos poscosecha con aditivos alimentarios para controlar la podredumbre amarga de los cítricos. *Horticultura*, (353), 18-23.
- Stepanova, A. N., & Ecker, J. R. (2000). Ethylene signaling: from mutants to molecules. *Current opinion in plant biology*, 3(5), 353-360.
- Tabares Arboleda, C., & Velásquez Riascos, J. (2003). Estudio de la vida de anaquel del tomate de árbol (*Cyphomandra Betacea*)-osmodeshidratado empacado en atmósferas modificadas. *Ingeniería Química*.
- Tarancón, P., Giménez-Sanchis, A., Aleza, P., & Besada, C. (2021). Selection of New Late-Season Mandarin Cultivars Based on Sensory Changes and Consumer Acceptance after Fruit Cold Storage. *Agronomy*, 11(1), 116.
- Terao, J., Piskula, M., & Yao, Q. (1994). Protective effect of epicatechin, epicatechin gallate, and quercetin on lipid peroxidation in phospholipid bilayers. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 308(1), 278-284.
- Tercero Campos, S. G. (2018). Tercero Campos, S. G. (2018). *Generalidades y manejo de plagas y enfermedades en el cultivo de melón (Cucumis melo L.) en la empresa Lowland Corporation, Ciudad Sandino, Managua, 2016-2017* (Doctoral dissertation, Universidad nacional Agraria).
- Thomas, M., Badr, A., Desjardins, Y., Gosselin, A. y Angers, P. (2018). Caracterización de descartes de brócoli industrial (*Brassica oleraceavariedaditálica*) por su contenido de glucosinolatos, polifenoles y flavonoides usando UPLC MS/MS y métodos espectrofotométricos. *Química de los alimentos*, 245, 1204–1211.
- Tian, L., & Dixon, R. A. (2006). Engineering isoflavone metabolism with an artificial bifunctional enzyme. *Planta*, 224(3), 496-507.
- Tian, S., Li, X., Wang, Y. y Lu, Y. (2021). El efecto protector del sulforafano en el tipo II diabetes inducida por una dieta rica en grasas y dosis bajas de estreptozotocina. *Ciencias de la Alimentación y Nutrición*, 9(2), 747–756.
- Tohá, J., & Krarup, C. (2004). Evaluación en pre y poscosecha de cultivares de melón reticulado. un ejemplo de generación de buenas prácticas tecnológicas. *Agronomía y forestal UC. revista de extensión de la Facultad de Agronomía y Forestal de la Pontificia Universidad Católica de Chile.*, (22), 21-25.
- Valdiviezo Aliaga, I. A. (2018). Aplicación poscosecha de cloruro de Calcio en frutos de manzana (*Malus x domestica Borkh*) cv. ANNA.
- Valencia-Botín, A. J., Cisneros-López, M. E., & Ruíz-Sánchez, E. (2013). Conidial germination of *Botryosphaeria dothidea* Mough.: Fr (Ces. & De Not.) and histological

- alterations on stems of pitahaya (*Hylocereus undatus* H.)(Haworth) Britton & Rose. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina*, 45(1), 293-302.
- Valero Posada, A. M. (2021). *Potencial de los aceites esenciales de tomillo (*Thymus vulgaris*) y orégano (*Origanum vulgare*) para el control de *Fusarium spp.* en *Chenopodium quinoa* y su efecto sobre la Microbiota del suelo* (Doctoral dissertation, Universidad de Boyacá).
- Veneziani, G., Novelli, E., Esposto, S., Taticchi, A., & Servili, M. (2017). Applications of recovered bioactive compounds in food products. In *Olive Mill Waste* (pp. 231-253). Academic Press.
- Viana, F. M. P., dos Santos, A. A., Júnior, R. S., Cardoso, J. E., Freire, F. D. C. O., & Terao, D. (2003). *Monitoramento de doenças na produção integrada do meloeiro*. Embrapa Agroindústria Tropical.
- Vig, A. P., Rampal, G., Thind, T. S., & Arora, S. (2009). Bio-protective effects of glucosinolates—A review. *LWT-Food Science and Technology*, 42(10), 1561-1572.
- Villarreal-García, D., Alanís-Garza, P. A., Cuéllar-Villarreal, M. D. R., Redondo-Gil, M., Mora-Nieves, J. L., & Jacobo-Velázquez, D. A. (2015). Effects of different defrosting methods on the stability of bioactive compounds and consumer acceptability of frozen broccoli. *CyTA-Journal of Food*, 13(2), 312-320.
- Villarreal-García, D., Nair, V., Cisneros-Zevallos, L., & Jacobo-Velázquez, D. A. (2016). Plants as biofactories: Postharvest stress-induced accumulation of phenolic compounds and glucosinolates in broccoli subjected to wounding stress and exogenous phytohormones. *Frontiers in Plant Science*, 7, 45.
- Volden, J., Borge, G. I. A., Hansen, M., Wicklund, T., & Bengtsson, G. B. (2009). Processing (blanching, boiling, steaming) effects on the content of glucosinolates and antioxidant-related parameters in cauliflower (*Brassica oleracea* L. ssp. botrytis). *LWT-Food Science and Technology*, 42(1), 63-73.
- White, P. J. (2002). Recent advances in fruit development and ripening: an overview. *Journal of Experimental Botany*, 53(377), 1995-2000.
- Yábar Villanueva, E. F. (2017). Evolución de glucosinolatos, compuestos fenólicos y β -sitosterol, en tres ecotipos de maca (*Lepidium meyenii* Walp.) durante la pre y post-cosecha.
- Yang, B., Shiping, T., Hongxia, L., Jie, Z., Jiankang, C., Yongcai, L., & Weiyi, Z. (2003). Effect of temperature on chilling injury, decay and quality of Hami melon during storage. *Postharvest Biology and Technology*, 29(2), 229-232.

- Yang, T., Whitaker, D. B., & Conway, S. W. (2010). Expression analysis of calmodulin and calmodulin-binding transcription factor SR gene family in tomato. Plant Biology Electronic Abstract Center, 08133.
- Zafra Rojas, Q. Y. (2019). Valorización de los subproductos del procesamiento de la zarzamora (*rubus fruticosus*), por su contenido en antioxidantes y fibra dietética.
- Zamora-Gómez, L. L., & Loredó-Treviño, A. (2020). Importancia del Melón (*Cucumis melo*) y Técnicas para su Conservación. *Revista Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila*, 14(24).
- Zhivkova, V., & Zlateva, D. (2019). Study of the Mineral Composition of Broccoli and Brussels Sprouts Food Waste. *Izvestiya*, (1), 69-80.

ANEXOS.**Anexo 1.** Curva estándar de Vitamina C.**Anexo 2.** Curva estándar de ácido gálico para la determinación de fenoles.



Anexo 3. Curva estándar de ácido gálico para la determinación de capacidad antioxidante.



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



**EL TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
Y EL INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL VALLE DE OAXACA**

Otorgan la presente

CONSTANCIA

A

**Peralta-Tabarez Y. X., D. G. Martínez-Vázquez, LL. A.
A. Soriano-Melgar, A. Sandoval-Rangel, A. Robledo-
Olivo, A. V. Charles.**

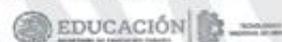
Por haber participado con la Ponencia
"EFECTO DE SUBPRODUCTOS DE BRÓCOLI SOBRE LA CALIDAD
POSCOSECHA DEL MELÓN" en el IV CONGRESO NACIONAL DE
RECURSOS NATURALES, SISTEMAS DE PRODUCCIÓN E INNOVACIÓN
TECNOLÓGICA, realizado en modalidad virtual del 24 al 26 de
noviembre de 2021.

Ex Hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, a 26 de noviembre de 2021



Sergio Fernando Garibay Armenta
Director

FOLIO N° DDA-ITVO-AD-2021-995



INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL VALLE DE OAXACA

DIRECCIÓN



Anexo 4. Constancia de participación como ponente en el IV congreso nacional de recursos naturales, sistemas de producción e innovación tecnológica.