



CARACTERIZACIÓN DE VARIEDADES CUCURBITÁCEAS PARA LA
OBTENCIÓN DE COMPUESTOS ANTIOXIDANTES ATRAVÉS DE
ULTRASONIDO Y PRETRATAMIENTOS

Trabajo de grado para optar por el título de:

INGENIERA QUÍMICA

Modalidad: Trabajo de investigación

Presentado por:

Daniel Eduardo Castillo Balaguera
Johan Sebastián Moreno Lamprea

Bajo la dirección de:

MARTHA PATRICIA TARAZONA DÍAZ. Ph.D
Ingeniera de Alimentos.
Codirector:

Nixon Andres Meneses Marentes
Ingeniero de Alimentos

Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería
Departamento de Ingeniería
Programa de Ingeniería de Alimentos

Bogotá, D.C.- Colombia
Diciembre de 2019

RESUMEN

El melón y el pepino son dos variedades importantes de la familia cucurbitáceas, no hay muchos estudios respecto a su cantidad de antioxidantes, sobre todo en partes consideradas como residuos (cortezas y semillas). Sumado a esta necesidad, se quiere realizar una extracción convencional utilizando solvente (agua) y compararla con una forma de extracción asistida por ultrasonido. Las muestras también se sometieron a dos distintos tipos de pretratamiento; liofilización y congelación por nitrógeno líquido (muestras frescas). El extracto de la semilla Caribbean liofilizado extraído por el ultrasonido obtuvo los valores más altos de capacidad antioxidante en polifenoles $47,61 \pm 2,64$ mg Ácido gálico/100 g y un contenido de vitamina C de $65,57 \pm 2,16$ mg ácido ascórbico/ 100 g. En los ensayos FRAP y DPPH los extractos con más capacidad antioxidante fueron la pulpa Cantaloupe extracción convencional-liofilizada (C+L) $2524 \pm 34,95$ $\mu\text{mol TE}/100$ g y corteza Cantaloupe extracción convencional-liofilizada (C+L) $216,96 \pm 5,59$ $\mu\text{mol TE}/100$ g respectivamente. Por consiguiente, se concluyó que la extracción por ultrasonido acompañada por el pretratamiento de liofilización genera rendimientos hasta del 76% con respecto a la extracción convencional, en antioxidantes como Vitamina C y polifenoles. Pero en pruebas como DPPH y FRAP el efecto de la liofilización tiene mejores resultados en la extracción convencional.

Palabras clave

Antioxidantes, Congelación, Cucurbitáceas, Liofilización, Ultrasonido.

ABSTRACT

Melon and cucumber are two important varieties of the cucurbitaceae family, there are not many studies regarding their number of antioxidants, especially in parts considered as residues (bark and seeds). In addition to this need, we wanted to test and compare results of solvent extraction (water) against a novel form of extraction such as ultrasound. Samples were also submitted in two different types of freeze-dried pretreatment and freezing by liquid nitrogen (fresh samples). The lyophilized Caribbean seed extract extracted by ultrasound obtained the highest antioxidant capacity values in polyphenols 47.61 ± 2.64 mg Gallic acid/100 g and a vitamin C content of 65.57 ± 2.16 mg ascorbic acid/ 100 g. In the FRAP and DPPH assays, the extracts with the most antioxidant capacity were the pulp Cantaloupe conventional-lyophilized extraction (C+L) 2524 ± 34.95 $\mu\text{mol TE}/100$ g and cantaloupe bark conventional-lyophilized extraction (C+L) 216.96 ± 5.59 $\mu\text{mol TE}/100$ g Respectively. Therefore, it was concluded that ultrasound extraction accompanied by the pretreatment of freeze-dried generates good yields in the extraction of antioxidants such as Vitamin C and polyphenols. But in tests like DPPH and FRAP the effect of freeze-dried is more evident with a type of conventional extraction.

Keywords

Antioxidant, Cucurbitaceae , Freeze, Freeze-dried, Ultrasound

Abreviaturas

C.can: Corteza Cantaloupe

C.car: Corteza Caribbean

C.pep: Corteza Pepino

P.can: Pulpa Cantaloupe

P.car: Pulpa Caribbean

P.pep: Pulpa Pepino

S.can: Semilla Cantaloupe

S.car: Semilla Caribbean

(U+L): Ultrasonido + pretratamiento liofilización

(U+F): Ultrasonido+ pretratamiento fresco

(C+L): Convencional+ pretratamiento liofilización

(C+F): Convencional+ pretratamiento fresco

Introducción

Las cucurbitáceas son una familia de plantas, compuesta por aproximadamente 90 géneros y más de 900 especies, estas influyen en el sector económico por sus aplicaciones alimentarias, estéticas, medicinales, botánicas y culturales (Schaefer & Renner, 2011). Más del 90% de los miembros que componen esta familia son tropicales, por lo cual se encuentran ubicados entre África y Madagascar, América Central y del Sur, y el sudeste de Asia y Malasia (Lebeda et al., 2007). Esta familia es notable por su gran número de especies y de géneros, entre los géneros más importantes se encuentra *Cucumis*, con dos especies principales; el Melón (*Cucumis Melo L.*) y el pepino (*Cucumis Sativus L.*), así como también cuenta con dos especies cultivadas en menor cantidad como lo son; el pepino de monte (*Cucumis Anguria L.*) y el Kiwano (*Cucumis Metuliferus L.*) (Jeffrey, 1980).

El melón (*Cucumis Melo L.*) y el pepino (*Cucumis Sativus L.*), tuvieron una producción mundial anual de 31.948.349 toneladas y 83.753.861 toneladas para el 2017 respectivamente, siendo Asia el mayor productor de ambos cultivos con un 75,7% para el melón y un 87,9% para el pepino (FAOSTAT, 2017). Por otra parte, Colombia siendo el cuarto mayor productor de pepino y melón en Suramérica, aportó una producción de 73.254 toneladas de melón y 22.506 toneladas de pepino al mundo en el 2017 (FAOSTAT, 2017). Estos alimentos, además de su composición proximal, están constituidos por compuestos bioactivos, tales como: ácido ascórbico y polifenoles, (Iqbal, Wei, Adam, & Ismail, 2010; Nema, Maity, Sarkar, & Mukherjee, 2011), los cuales son causantes de la capacidad antioxidante de las frutas. Los antioxidantes son compuestos que desempeñan un papel fundamental en el metabolismo humano participando como defensa del cuerpo, evitando el daño causado por los radicales libres. Los antioxidantes, tanto naturales como sintéticos, tienen una amplia aplicación en la industria alimentaria, ya que se utilizan como aditivos alimentarios en grasas y aceites para ayudar a prolongar la vida útil y la apariencia de muchos productos alimenticios (Andubdhasan, Surendraraj, Karkuzhali, & Sathishkumaran, 2014).

Durante los últimos años se han probado diversos métodos para optimizar la extracción de compuestos de interés en los alimentos como; antioxidantes, vitaminas, compuestos

fenólicos, entre otros (Batoool et al., 2018). Entre los métodos de extracción más destacados en la actualidad se encuentra la extracción asistida por ultrasonido; en esta técnica, se utilizan ondas con frecuencias por encima de los 20 KHz que generan cavitación, fenómeno en donde se crean burbujas y se colapsan impulsivamente en un líquido de manera microscópica (Rodrigues & Fernandes, 2017). Este método de extracción tiene un alto rendimiento a la hora de realizar extracciones de compuestos fenólicos (Husen, Andou, Shirai, & Ismail, 2014). Sin embargo, para optimizar esta extracción se puede acudir a liofilizar la muestra a tratar, con el fin de deshidratar de una manera más óptima la muestra y poder preservar su estructura molecular (Chen et al., 2012).

A pesar de que hay información disponible acerca del contenido de compuestos bioactivos con capacidad antioxidante en las cucurbitáceas del género *Cucumis* (Iqbal et al., 2010); no hay estudios en Colombia que evalúen diferentes frutos de esta familia. Por consiguiente, el objetivo de este estudio fue caracterizar los parámetros fisicoquímicos y sensoriales de dos variedades de melón y una de pepino, así como evaluar el efecto de la extracción asistida con ultrasonido y la liofilización de la muestra en el contenido en polifenoles totales, capacidad antioxidante y vitamina C, de todas las partes de las frutas frescas y liofilizadas; lo anterior para identificar el potencial en tales compuestos de alto valor no solo en la pulpa si no también los residuos del melón y el pepino. Asimismo, el presente estudio pretendió evidenciar la necesidad de incursionar en pretratamientos como el secado o el uso de otras técnicas de extracción (como la asistida con ultrasonido) para aumentar el rendimiento de extracción de compuestos de alto valor.

MATERIALES Y MÉTODOS

- Productos químicos y reactivos

Los reactivos que se utilizaron para el desarrollo experimental de este estudio fueron en su gran parte de grado analítico, siendo el etanol 96% (v/v) la única excepción, este fue suministrado por químicos el Alquimista (Bogotá, Colombia). El ácido cítrico, ácido clorhídrico 37% (p/v), ácido acético glacial, ácido ascórbico, acetato de sodio, acetato de sodio trihidratado, ácido ascórbico, hidróxido de sodio, nitrito de sodio, cloruro de potasio y cloruro férrico hexahidratado se obtuvieron de Merck S.A. (Bogotá, Colombia). El DPPH (2,2-Difenil-1-picrilhidracilo), TPTZ (2, 4, 6-Tripiridil-s-Triazina), Trolox (Ácido-6-hidroxi-2, 5, 7, 8-tetrametilcroman-2-carboxílico) y 2- nitroanilina, fueron proporcionados por Auros Químicos Ltda. (Bogotá, Colombia), el ácido oxálico lo proporcionó Carlo Erba Reagents S.A (Sabadell, España), el carbonato de sodio fue proporcionado por R.A. Chemicals (Ahmedabad, India), el hidróxido de sodio 0,2 N fue proporcionada por Emsure ISO (Darmstadt, Alemania) por último el ácido gálico y el reactivo de Folin-Ciocalteu's fueron proporcionados por Panreac química s.a. (Barcelona, España).

- Material vegetal

Se utilizaron 5 kg de cada variedad a estudiar (Cantaloupe, Caribbean y Pepino), El melón Cantaloupe y el melón Caribbean fueron procedentes, del departamento de Huila y del Valle del Cauca, respectivamente y el pepino fue procedente de Santander, esta materia vegetal fue comercializada por la plaza de mercado de Paloquemao, Bogotá. Las muestras se transportaron hasta el laboratorio de la Universidad Jorge Tadeo Lozano (UJTL) de Bogotá y se mantuvieron a una temperatura de 3°C durante 24 h, para posteriormente empezar su debido tratamiento.

- Métodos de caracterización.

Se tomaron 5 g de muestra vegetal, posteriormente se maceraron y se midió el pH, con un medidor de pH SG2 Mettler-Toledo (Schwerzenbach, Suiza). Para medir la acidez titulable, se tomaron 5 g de muestra vegetal y se licuaron, después se titularon con hidróxido de sodio 0,2 N usando como indicador fenolftaleína. Para la determinación de humedad se tomaron 0,5 g de material vegetal y se llevaron a una balanza de humedad HB43 – S Halogena Mettler-Toledo (Schwerzenbach, Suiza). Para la determinación de sólidos solubles se maceraron 5g de muestra y se midieron los °Brix con un refractómetro PAL- α Atago (Tokio, Japón) y finalmente para realizar la determinación de cenizas se siguió el procedimiento de la NTC 4431 (ICONTEC,1998) utilizando de masa 5 gramos del material vegetal, agregándolo en un crisol y llevándolos a una mufla MM15 Terrígeno (Medellín, Colombia).

- Determinación de croma, ángulo Hue e índice de color.

Para la determinación de croma, ángulo Hue, e índice de color usamos las siguientes ecuaciones, usadas en (Herrera-Hernández, Núñez-Colín, Guzmán-Maldonado, & Hernández-Martínez, 2013; Vignoni, Césari, Forte, & Mirábile, 2006).

$$Croma = \sqrt{(a^2 + b^2)} \quad (\text{Ecuación 1}) *$$

$$\text{Ángulo Hue} = \tan^{-1} * \left(\frac{b}{a}\right) \quad (\text{Ecuación 2}) *$$

$$\text{Índice de color} = \frac{a*1000}{L*b} \quad (\text{Ecuación 3}) *$$

*L, a y b son parámetros obtenidos por el colorímetro Konica Minolta CR-400 (New Jersey, Estados Unidos)

- Pretratamiento de la materia prima

Las frutas se lavaron con agua potable y se secaron con papel absorbente. Posteriormente, se cortaron, separando la cáscara y la pulpa de cada muestra, y las semillas en el caso de los melones. Consecutivamente, se clasificaron las muestras en corteza, pulpa y semillas de cada variedad, luego se tomaron cuatro bolsas y se le agregaron 600g de cada variedad (caribbean, cantaloupe, pepino). De la primera parte se tomaron solamente las pulpas para realizar un análisis sensorial con una escala hedónica de 9 puntos (1=me disgusta mucho; 9=me gusta mucho), a un panel informal de 50 personas de entre 20 y 41 años; evaluando aspectos como el sabor, aroma, apariencia y textura. La segunda parte del material se congeló con nitrógeno líquido y se colocó en bolsas con cierre hermético marcadas previamente. La tercera parte del material vegetal se liofilizó (22°C y 4300 Pa por 7 días) hasta obtener una humedad de 30,09 \pm 2,29% (p/p) para las pulpas, 13,79 \pm 9,52% (p/p) para las cortezas y 2,80 \pm 0,44% (p/p) para las semillas (Liofilizador Drycol, Bogotá, Colombia). La cuarta parte se congeló (-34°C por 24 h) para realizar consecuentemente las pruebas colorimétricas y fisicoquímicas (acidez titulable (se reportó en ácido cítrico), pH, cenizas, humedad) cada prueba fisicoquímica y colorimétrica se realizó n=10 veces. La colorimetría se ejecutó con la ayuda de un

colorímetro Konica Minolta CR-400 (New Jersey, Estados Unidos). Por último, la segunda y tercera parte del material vegetal se molió y se empaco en bolsas, clasificándolas en muestras liofilizadas y frescas.

Para realizar la congelación de la muestra en nitrógeno líquido, se utilizó un tanque criogénico MVEXC 34/18 INSBAL (Montevideo, Uruguay), asegurando temperaturas por debajo de - 30°C.

- Extracción de la muestra

Se realizó una extracción convencional de acuerdo al método usado por Horvitz, Chanaguano & Arozarena (2017) modificada a condiciones de laboratorio. Se tomaron 2.5 g de muestra con 50 mL de agua destilada se agito (100 rpm por 30 min) en un shaker (orbital Biobase – SK – 0330 – PRO-JINAN, China). Seguido de ello, se centrifugó la muestra (6000 rpm por 15 min) en una centrifuga (Hettich Rotofix 32 Zentrifugen, Schwerin, Alemania). Posteriormente se recolectó el sobrenadante y se repitió el procedimiento una vez más con el sedimento.

La siguiente extracción con ultrasonido se realizó tomando 2.5 g de muestra y a esta se le agregó 50 mL de agua destilada, se colocó en un cristizador con agua a temperatura ambiente sobre una plancha de agitación y calentamiento a 700 rpm (Corning PC 420D, Pittsburgh, PA, Estados Unidos). Posteriormente se sometió a la extracción con un sonotrodo tipo H3, ciclo 1 y amplitud 50% por 30 min, en un ultrasonido (hielscher ultrasound technology UP400S, Tetow, Berlin, Alemania). Consecuentemente se llevó a centrifugar (6000 rpm por 15 min) en una centrifuga (Hettich Rotofix 32 Zentrifugen, Schwerin, Alemania) y se recolectó el sobrenadante para subsiguientemente repetir el procedimiento con el sedimento. El peso de la muestra a extraer se normalizó, es decir que la muestra se llevó a la humedad original de la materia fresca (esto para las muestras liofilizadas).

- Caracterización del extracto

- a) Determinación de la capacidad reductora de Fe⁺², ensayo FRAP

Esta determinación se realizó por triplicado, de acuerdo con el método descrito por Benzie & Strain, (1996). Para ello, se mezclaron 30 µL con 30 µL de etanol 96% (v/v), y 940 µL de reactivo FRAP (compuesto por buffer acetato de sodio pH 3,6 300 mM, TPTZ 0.01 M y cloruro férrico 20 mM (10:1:1)) en un tubo Eppendorf. Esta disolución se incubó a 37°C durante 1 h en la oscuridad y luego, se homogenizó en un agitador tipo Vortex. Por último, se midió a absorbancia a 593 nm en el espectrofotómetro (Evolution 300 Thermo Scientific, Matlock, Inglaterra) y se comparó con una curva de calibración de Trolox (R² = 0,994 entre 0,10 y 0,60 mM), utilizando como blanco etanol 96% (v/v) sometido al procedimiento y celdas UV de 1,5-3 mL de capacidad de material polietileno. (Benzie, F, & Strain, 1996)

- b) Determinación de ácido ascórbico, método colorimétrico 2 – nitroanilina

Este ensayo se ejecutó por triplicado siguiendo el método descrito por Bernal de Ramírez, (1998). Para ello, se mezclaron en un tubo Eppendorf 10 µL de 2- nitroanilina 0,16% (p/v), 20 µL de nitrito de sodio 0,08% (p/v), 380 µL de etanol 96% (v/v), 50 µL de extracto puro, 50 µL de ácido oxálico 0,15% (p/v), 120 µL de NaOH 10% (p/v) y 380 µL de agua

destilada. Finalmente, se midió la absorbancia a 540 nm en el espectrofotómetro (Evolution 300 Thermo Scientific, Matlock, Inglaterra) y se comparó con una curva de calibración de Ácido Ascórbico ($R^2 = 0,9994$ entre 0,11 y 1,13 mM), usando como blanco ácido oxálico 0,15% (p/v) sometido al método (Bernal de Ramírez, 1998).

c) Determinación de la capacidad reductora, ensayo DPPH

Esta determinación se realizó por triplicado con base en el método descrito por Brand-Williams, Cuvelier & Berset, (1995). En un tubo Eppendorf se mezclaron 75 μL de extracto puro con 1425 μL de reactivo DPPH ($6,29 \times 10^{-5}$ M en etanol 96% (v/v)). Posteriormente esta solución se homogenizó en un agitador tipo Vortex y se incubó a 37°C durante 1 h en la oscuridad. Consiguientemente, se midió la absorbancia a 515 nm en el espectrofotómetro (Evolution 300 Thermo Scientific, Matlock, Inglaterra) y se comparó con una curva de calibración de Trolox ($R^2 = 0,9947$ entre 0,10 y 0,60 mM). Empleando como blanco etanol 96% (v/v) y celdas UV de 1,5-3 mL de capacidad de material polietileno. (Brand-Williams, Cuvelier & Berset, 1995)

d) Determinación de polifenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu

Este ensayo se efectuó por triplicado siguiendo el método descrito por Singleton, Orthofer, & Lamuela-Raventó (2007). Se tomó 100 μL de muestra y se mezcló con 200 μL del reactivo Folin-Ciocalteu 10% (v/v), posteriormente se homogenizó en un agitador tipo Vortex, consecutivamente, se le agregó a la mezcla 800 μL de Na_2CO_3 700 mM. Posteriormente se incubó a temperatura ambiente por 2 h, al cabo de las 2 horas se midió la absorbancia a 765 nm en el espectrofotómetro (Evolution 300 Thermo Scientific, Matlock, Inglaterra) y se comparó con una curva de calibración de ácido gálico 2,5 mM ($R^2 = 0,9909$ entre 0,050 y 1,0 mM). Empleando como blanco metanol 95% (v/v) y celdas UV de 1,5-3 mL de capacidad de material polietileno.

- Análisis estadístico

Se realizó un análisis estadístico utilizando como método de análisis; el ANOVA de una vía para los datos obtenidos en el análisis sensorial y análisis fisicoquímico, y un ANOVA de dos vías para los datos obtenidos en el análisis de la capacidad antioxidante, vitamina C y polifenoles con el fin de identificar diferencias entre las muestras. Posteriormente a estos resultados se les realizó un test de Tukey, con el propósito de identificar diferencias significativas. Para realizar estas pruebas estadísticas se usó el software SigmaPlot 14.0.

Los resultados están expresados como media \pm desviación estándar. (a-b) Letras iguales en la misma columna, de la misma parte significa que no hay diferencia significativa en Test de Tukey ($P < 0,050$)

Resultados y discusión
 - Análisis sensorial

Tabla 1. Media y desviación de las características organolépticas para cada variedad.

Variedad	Apariencia	Aroma	Sabor	Textura
Caribbean	6,41±2,38 ^a	6,43±2,45 ^a	6,15±2,30 ^a	6,25±2,21 ^a
Cantaloupe	6,94±2,15 ^a	7,21±1,71 ^a	6,80±2,07 ^a	6,01±2,15 ^a
Pepino	6,76±1,77	6,52±2,14	6,23±2,05	7,13±1,72

(a-a) Letras iguales en la misma columna hacen referencia a que no existe diferencia significativa.

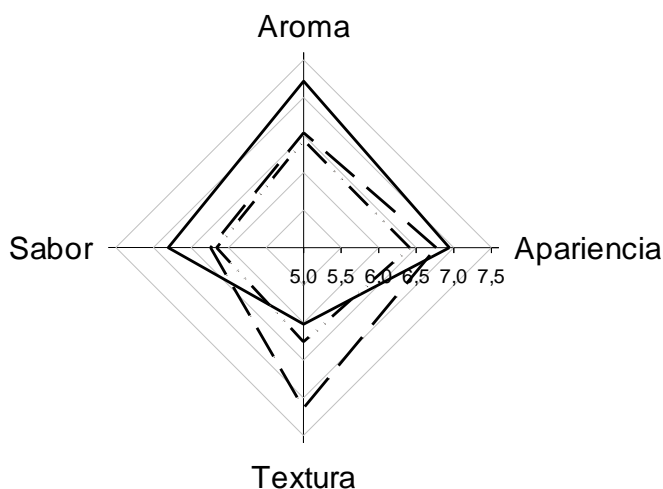


Figura 1. Comparación de las características sensoriales de cada variedad por medio de un diagrama radar. (--) Cantaloupe, (- -) Pepino, (-·-) Caribbean.

Según la tabla 1, el promedio general de aceptabilidad para el melón Cantaloupe, melón Caribbean y el pepino fue $6,74 \pm 0,51$, $6,31 \pm 0,13$ y $6,66 \pm 0,38$, respectivamente, mostrando que el grado de aceptación en las tres variedades está por encima de 6.

En la figura 1, se puede observar que aspectos como la apariencia, el sabor y el aroma de las dos variedades de melón, no difieren significativamente.

-ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO

Tabla 2. Características fisicoquímicas para dos variedades de melón y una de pepino

Parte	Variedad	pH (n=10)	Valor Teórico pH	*Humedad (%) (n=5)	Valor Teórico Humedad (%)	Cenizas (%) (n=3)	Valor Teórico Cenizas (%)	Sólidos Solubles totales (°Brix) (n=10)	Valor Teórico Sólidos Solubles (°Brix)	Acidez* (%) (n=10)	Valor teórico Acidez* (%)
Pulpa	Cantaloupe	5,32±0,77 ^a	6,19- 6,87 (Simandjuntak, Barrett, Wrolstad, 1996)	92,04±0,47 ^a	91 (TACO, 2011)	0,658±0,0045 ^a	0,56-0,89 (Bryan & Warren, 1985)	6,15±0,94 ^a	7° (ICONTEC, 2012)	0,05±0,03 ^b	0,10% (Kohn et al, 2015)
	Caribbean	4,93±0,74 ^b	6,19- 6,87 (Simandjuntak, Barrett, Wrolstad, 1996)	92,78±0,24 ^a	91 (TACO, 2011)	0,311±0,0048 ^b	0,56-0,89 (Bryan & Warren, 1985)	3,98±0,81 ^b	7° (ICONTEC, 2012)	0,20±0,01 ^a	0,10% (Kohn et al, 2015)
	Pepino Cohombro	4,46±0,52	3,35±0,05 (McMurtrie, Johanningsmeier, 2017)	95,65±0,40	-	0,443±0,025	-	4,46±0,52	-	0,12±0,01	-
Corteza	Cantaloupe	5,44±1,55 ^b	-	87,66±2,91 ^b	-	0,638±0,028 ^b	-	4,65±0,31 ^a	-	0,11±0,0029 ^a	-
	Caribbean	6,48±0,44 ^a	-	91,17±2,02 ^a	-	1,12±0,0069 ^a	-	3,52±0,30 ^b	-	0,04±0,0053 ^b	-
	Pepino Cohombro	4,12±1,29	-	92,29±0,70	-	0,333±0,0076	-	4,42±0,86	-	0,16±0,048	-
Semilla	Cantaloupe	5,55±0,05 ^b	-	41,22±2,91 ^b	-	1,907±0,0069 ^b	-	6,54±0,0069 ^a	-	NA	-
	Caribbean	6,54±0,17 ^a	-	52,64±2,02 ^a	-	2,60±0,013 ^a	-	5,13±0,013 ^b	-	NA	-

*Acidez está reportada en %m/m de ácido cítrico, NA:NO APLICA

Tabla 3. Parámetros colorimétricos para cada variedad.

Parte	Variedad	L (n=20)	Valor Teórico L	a (n=20)	Valor Teórico a	b (n=20)	Valor Teórico b	Croma	Índice de color	Valor teórico Índice de Color	Ángulo Hue (°)
Pulpa	Cantaloupe	59,62±3,70 ^b	47,3 (Simandjuntak, Barrett, Wrolstad, 1996)	20,68±3,29 ^a	9,2	47,70±3,85 ^a		52,36±4,52 ^a	7,35±0,96 ^a		23,38±2,41 ^a
	Caribbean	71,73±4,08 ^a	47,3 (Simandjuntak, Barrett, Wrolstad, 1996)	9,942±4,84 ^b	9,2	38,74±5,70 ^b		40,15±6,53 ^b	3,44±1,42 ^b		14,36±4,96 ^b
	Pepino Cohombro	73,85±5,91	-	- 12,892±0,70	-	30,53±1,85		33,14±1,96	-5,75±0,48		112,85±0,46
Corteza	Cantaloupe	66,33±2,14 ^a	-	5,035±0,74 ^a	-	28,53±2,00 ^b		28,89±2,02 ^a	2,68±0,42 ^a		10,03±1,54 ^b
	Caribbean	65,07± 1,75 ^a	-	-4,02± 0,98 ^b	-	38,74± 5,70 ^a		18,24±6,38 ^b	-3,14±0,84 ^b		101,48±2,82 ^a
	Pepino Cohombro	35,27±4,05	-	-22,02±1,17	-	30,53±1,85		22,67±1,19	- 130,47±44,80		166,40±3,85

Tabla 4. Parámetros físicos para cada variedad

Parte	Variedad	Diámetro longitudinal (mm) (n=5)	Diámetro ecuatorial (mm)(n=5)	Peso (g) (n=5)
	Cantaloupe	184,14±13,89 ^a	162,26±7,06 ^a	2123,82±253,20 ^a
Fruto entero	Caribbean	169,06±15,79 ^b	132,93±6,53 ^b	1757,1±249,32 ^b
	Pepino cohombro	232,86±18,27	54,04±1,94	353,68±54,16

Realizando el análisis físico químico de cada parte de la fruta (pulpa, corteza, semilla) para cada variedad de melón, se encuentran diferencias significativas en las pulpas y las otras partes de la fruta en aspectos fisicoquímicos como pH, cenizas, brix y humedad. Con respecto a esta última es el único aspecto que no presenta diferencia significativa entre las pulpas ($p > 0,05$) obteniendo un valor alrededor del 93% en las dos variedades del melón, este valor es superior al valor de literatura según (TACO, 2011) la humedad es del 91%. El pH de la variedad Cantaloupe tiende a ser menos ácido que el pH de la variedad Caribbean la pulpa y semillas respectivamente (Tabla 2.), sin embargo, en la corteza es menos ácido que la variedad Caribbean. Estos datos concuerdan con lo reportado por Simandjuntak, Barrett, Wrolstad (1996), en donde afirma que el melón puede estar en un rango de pH que puede ir desde 6,19 a 6,87 en la variedad Cantaloupe y desde 5,65 hasta 6,43 en otro tipo de variedad como lo es la Honey Dew (en el caso de la pulpa).

Para los sólidos solubles totales, se encuentra que, en todas las partes del fruto, la variedad Cantaloupe tiene mayor cantidad de °Brix (Tabla 2), es decir, que la variedad Cantaloupe tiene un mayor porcentaje de azúcares (lo que la hace más dulce), ácidos y otros materiales hidrosolubles, a su vez se obtiene que la variedad Caribbean en su pulpa tiene un porcentaje de acidez mayor al de la pulpa variedad Cantaloupe, pero no es así en la corteza (Tabla 2) y también el valor del Caribbean es superior al encontrado en la literatura el cual es 0,10% en acidez titulable (expresada en ácido cítrico) (Kohn et al., 2015). Según la norma técnica colombiana 5207, el contenido de sólidos solubles del melón Cantaloupe debe estar en 7 °Brix, (ICONTEC, 2012). Comparado con este valor de literatura todas las partes de las dos variedades son inferiores a este valor.

La corteza y las semillas de la variedad Caribbean tienen una mayor cantidad de cenizas que la variedad Cantaloupe. Sin embargo, la pulpa Cantaloupe dobla el contenido de cenizas obtenidas en la variedad Caribbean. Según (Bryan & Warren, 1985), la pulpa de variedad Cantaloupe tiene entre 0,56 y 0,89% de cenizas, siendo similar a lo reportado en el presente estudio. Por otra parte, aunque no hay datos reportados de cenizas para la variedad Caribbean, este es inferior a lo reportado para la variedad Cantaloupe y variedad Honey Dew con un contenido de cenizas de entre 0,49 y 0,83% (Simandjuntak, Wrolstad, & Barrett, 1996).

Los aspectos reportados del pepino están en un pH de 5,7 a 6, un porcentaje de humedad entre el 96% a 97%, un rango de sólidos solubles totales del 3,2 al 3,4 °Brix, y una acidez titulable que debería encontrarse alrededor 0,04% al 0,06% (Cortez, Martelo, & Rodríguez, 2011). Comparando estos valores con los obtenidos experimentalmente, los aspectos del pepino en las partes analizadas (pulpa y corteza) tienen valores inferiores en el pH, y valores superiores en porcentaje de humedad y sólidos solubles. La variabilidad en los datos se puede atribuir a condiciones edafoclimáticas o estado de madurez del fruto, como se observa en lo reportado por (Simandjuntak et al., 1996).

Según la tabla 3, el índice de color (IC) obtenido para la pulpa de las variedades de melón Cantaloupe y Caribbean ubica el color del melón en una tonalidad naranja y naranja pálido, respectivamente. Que al comparar con los datos reportados por la literatura el índice de color que va desde +2 hasta +20, está ubicado en un rango de color naranja y amarillo pálido, la tabla usada para el análisis ubica el color del melón en una tonalidad entre Naranja (IC=2) y amarillo pálido (IC=20) (Vignoni et al., 2006) En el caso del Pepino (*Cucumis Sativus L.*), el IC para la pulpa están entre (-40 a -20) relaciona colores que van

desde el azul-violeta a verde profundo, y (-20 a -2) relaciona colores que van del verde profundo al verde amarillento (Vignoni et al., 2006), respectivamente. Además, en lo reportado en la literatura los colores del pepino se encuentran dentro de una escala de grises con unos tonos ligeramente amarillos, esta información muestra que las variedades utilizadas a lo largo de la experimentación se encuentran en los colores tradicionales para cada variedad, cumpliendo con los estándares de calidad.

En lo que respecta a los valores L, a y b. Se analiza que los valores encontrados en la variedad Cantaloupe son superiores a los encontrados L:47,3; a:9,2; b:19,7, Simandjuntak, Barrett, Wrolstad (1996), al no encontrar valores reportados para la variedad Caribbean, se decide comparar con los mismos valores anteriores del Cantaloupe, respecto a esta variedad se obtuvo valor superior en L, a y b.

Según la tabla 4, se encuentran diferencia significativa del melón Cantaloupe respecto a la Caribbean $p > 0,05$ ANOVA en los parámetros físicos (peso, diámetro longitudinal y diámetro ecuatorial).

*Efecto del tipo de extracción y pretratamiento de secado en el contenido de compuestos bioactivos.

Capacidad antioxidante método DPPH

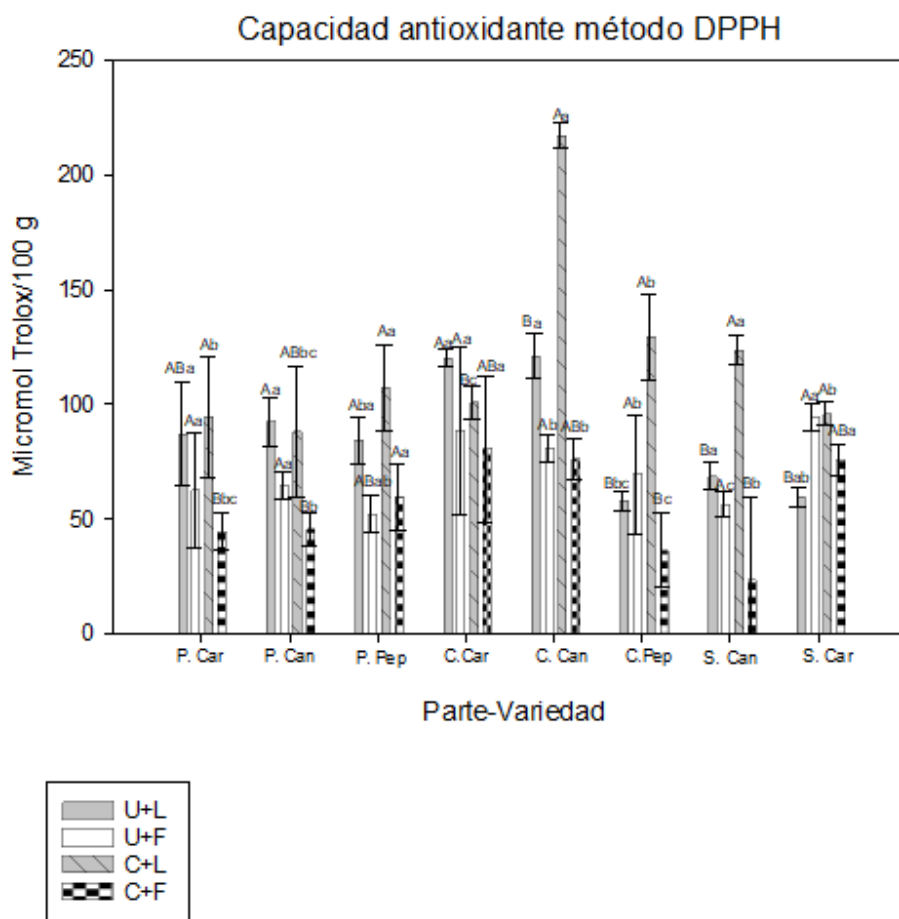


Fig 1. Comparación entre Parte-Variación vs Capacidad antioxidante. Letras minúsculas iguales en cada grupo y pretratamiento-extracción (ultrasonido-liofilizado, ultrasonido-fresco, convencional-liofilizado, convencional-fresco); no presentan diferencias significativas entre sí por Test de Tukey ($p > 0,05$). Letras mayúsculas iguales en cada grupo y pretratamiento-extracción; ultrasonido fresco vs convencional-fresco (U+F vs C+F) y ultrasonido-liofilizado vs convencional-liofilizado (U+L vs C+L) no presentan diferencias significativas entre sí por Test de Tukey ($p > 0,05$).

Grupo 1: Pulpas; Grupo 2: Cortezas; Grupo 3: Semillas

Pulpas

Los resultados entre todas las variedades de pulpa se encuentran en un rango de $44,43 \pm 8,14$ y $107,43 \pm 57,09$ $\mu\text{mol TE}/100\text{g}$. Lo cual supera lo reportado por (Ruiz-torralba et al., 2018) en el caso de los melones en el cual el valor de la pulpa de melón var.Cantaloupe es $58,6 \pm 2,72$ $09 \mu\text{mol TE}/100\text{g}$, y en el caso la pulpa del pepino $47,0 \pm 1,1 \mu\text{mol TE}/100\text{g}$ (Takamura, Yamaguchi, & Terao, 2002).

Comparando las muestras liofilizadas, se encontró que tanto en la pulpa Caribbean, Cantaloupe y Pepino no hubo un cambio significativo ANOVA ($p > 0,05$) al cambiar el tipo de extracción. Se esperaba un mayor rendimiento de extracción utilizando el equipo de ultrasonido, pero no fue así, tal vez se deba a que en extractos acuosos el ultrasonido

genera radicales libres (Makino, Mossoba, & Riesz, 1982). Estos radicales libres reaccionan con los compuestos orgánicos (como lo son los antioxidantes) y una gran concentración de radicales libres logran que las sustancias hidrofóbicas reaccionen más rápido y se reporta que en los antioxidantes hay componente hidrofóbicos (Zargoosh, Ghayeb, & Aeineh, 2013) lo que pueden afectar el rendimiento de la extracción por ultrasonido.

Respecto a las muestras frescas es posible que al haber congelado con nitrógeno líquido (-34°C) se logre un aumento en la capacidad antioxidante. Se han reportado resultados en los cuales hacer un pretratamiento congelado mejora el rendimiento a la hora de extraer antioxidante DPPH (Jiao, Li, Chang, & Xiao, 2018). Adicionalmente, en la pulpa fresca Cantaloupe como en la pulpa Caribbean, la extracción asistida por ultrasonido dio mejores rendimientos comparados con la extracción convencional (figura 1). Se encuentra en la literatura que este método de extracción no convencional ultrasonido, genera en muchas ocasiones mejores rendimientos que las extracciones por solventes o convencionales. Esto se debe a que la cavitación suele romper más fácil las paredes de la matriz biológica (Wen et al., 2018). En el caso de la pulpa pepino no hubo diferencia significativa con los tipos de extracción, se sabe que un factor que afecta el rendimiento es el tipo de material vegetal, esto puede alterar eficiencia del ultrasonido (Vargas & Azuola, 2007).

Cortezas

Al haber poca información respecto a las cortezas de los melones y pepinos, se decide compara su valor en la literatura con una buena fuente de antioxidante como lo es la corteza del durazno, que registra valores entre los 100 y 400 $\mu\text{mol TE/ 100 g}$ según (Stojanovic et al., 2016). La corteza del Cantaloupe liofilizada y extraída convencionalmente alcanzo la mayor capacidad antioxidante (220 $\mu\text{mol TE/ 100 g}$). Este valor se encuentra en el rango hallado en la literatura, por tanto, se puede decir que es una buena fuente antioxidante.

Según la Figura 1. Se observa que se mantiene la tendencia que se presentó en los resultados de las pulpas. Por los efectos explicados anteriormente, la extracción C+L tuvo un mayor rendimiento frente a la del U+L. También este fue el caso de las cortezas Cantaloupe y pepino, mientras que para corteza caribbean liofilizada no hubo diferencia significativa entre los métodos de extracción. Del mismo modo en el pretratamiento fresco hubo un comportamiento similar a las pulpas siguiendo la tendencia de que las U+F tuviesen una mayor capacidad antioxidante que las C+F.

Semillas

En la literatura no hay un valor como tal de semillas de melón, pero se encuentran de dos especies de la cucurbitáceas como lo son la sandía y la calabaza estos son 43.1 $\mu\text{mol TE/ 100 g}$ y 66.2 $\mu\text{mol TE/ 100 g}$ (Yao et al., 2019). La semilla Cantaloupe tuvo un contenido de 68,025 $\mu\text{mol TE/ 100 g}$ y su similar caribbean obtuvo 81, 40 $\mu\text{mol TE/ 100 g}$, ambos valores son superiores a los encontrados en la literatura, lo que puede indicar que el melón tiene un gran contenido de antioxidantes en sus semillas.

Hubo cambios significativos entre el uso de la extracción convencional y ultrasonido en la muestra liofilizada, siendo la extracción convencional la de mejor rendimiento, esto se da por posibles cambios químicos como reacciones de absorción de átomos de hidrogeno,

que son generados por el ultrasonido (Makino et al., 1982). En el caso de la muestra fresca el ultrasonido resulta con un rendimiento mayor que la extracción fresca convencional, tal como se evidencio para pulpa y corteza.

FRAP

Capacidad Antioxidante metodo FRAP

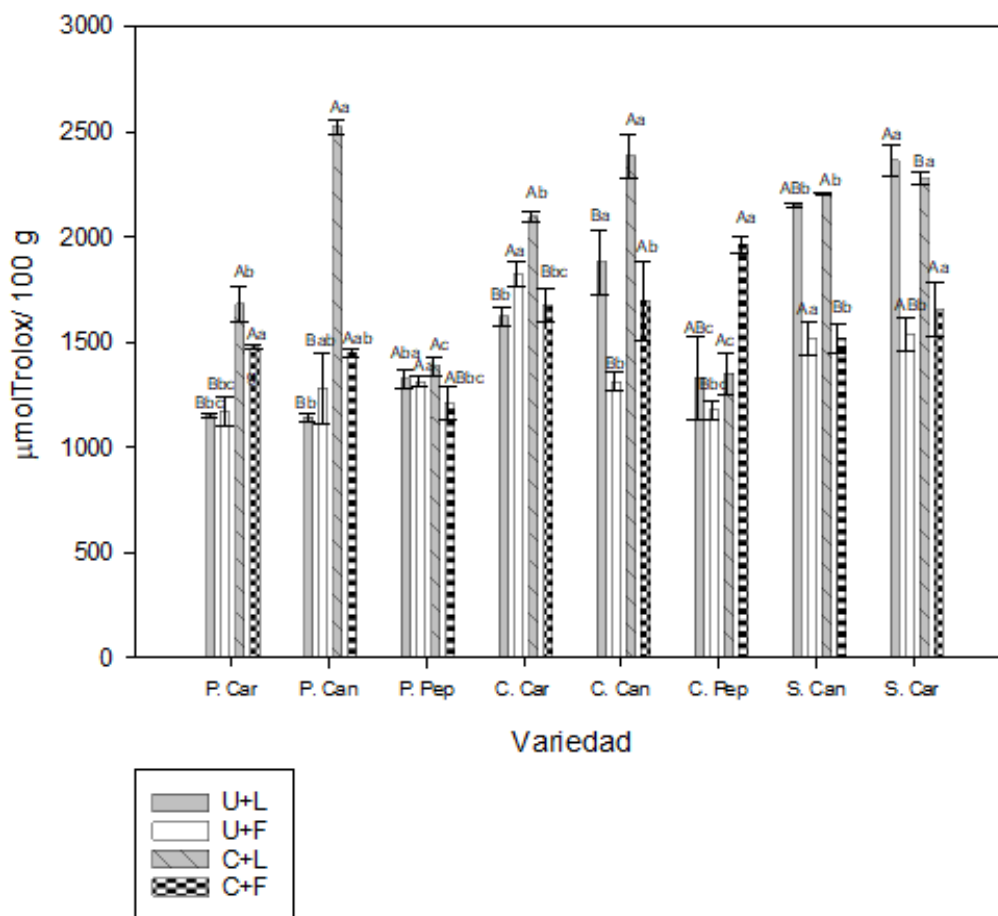


Fig 2. Comparación entre Parte-Variedad vs Capacidad antioxidante. Letras minúsculas iguales en cada grupo y pretratamiento-extracción (ultrasonido-liofilizado, ultrasonido-fresco, convencional-liofilizado, convencional-fresco); no presentan diferencias significativas entre sí por Test de Tukey ($p>0,05$). Letras mayúsculas iguales en cada grupo y pretratamiento-extracción; ultrasonido fresco vs convencional-fresco (U+F vs C+F) y ultrasonido-liofilizado vs convencional-liofilizado (U+L vs C+L) no presentan diferencias significativas entre sí por Test de Tukey ($p>0,05$).

Grupo 1: Pulpas; Grupo 2: Cortezas; Grupo 3: Semillas

Se encontró valores en la literatura de pulpa, corteza y semillas del melón Cantaloupe de $240\pm 0,06$, $520\pm 0,07$ y $310\pm 0,13$ micromol de Trolox/ 100 g respectivamente (Sanchez & Anzola, 2013). Mientras que los valores de pepino no fueron encontrados, por tanto, se hizo la comparación con los del melón. Analizando la figura 2 se nota un aumento significativo ($p>0,05$) en casi todas las pulpas, corteza y semilla expuestas a una

extracción convencional-liofilizada con respecto al ultrasonido liofilizado, se sabe que hubo una posible degradación de antioxidante por la presencia de radicales libre disminuyendo así el rendimiento en la extracción (Makino et al., 1982). La única parte que no presenta este fenómeno es la semilla Caribbean, la cual no evidenció ningún cambio significativo en el tipo de extracción para la muestra liofilizada.

En el pretratamiento fresco el rendimiento de la capacidad antioxidante en el ultrasonido se vio afectado negativamente, ya que en algunos tipos de antioxidante no hay efecto positivo congelando con nitrógeno líquido como concluyen (Ester, Odges, Eyer, & Unro, 2004) Mostrando así diferencia significativa con la extracción convencional en la pulpa Caribbean, Cantaloupe, corteza Cantaloupe y corteza pepino. En las demás partes-variedad no hubo cambio significativo entre el tipo de extracción.

POLIFENOLES

Capacidad Antioxidante Polifenoles

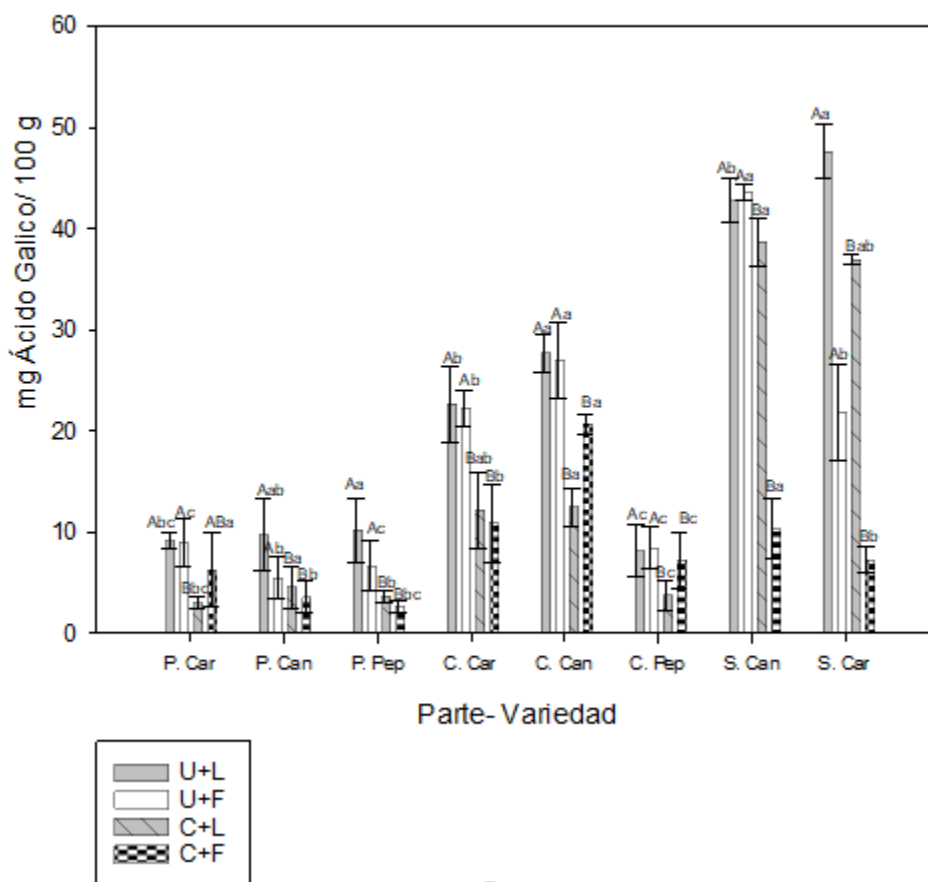


Fig 3. Comparación entre Parte-Variación vs Capacidad antioxidante. Letras minúsculas iguales en cada grupo y pretratamiento-extracción (ultrasonido-liofilizado, ultrasonido-fresco, convencional-liofilizado, convencional-fresco); no presentan diferencias significativas entre sí por Test de Tukey ($p>0,05$). Letras mayúsculas iguales en cada grupo y pretratamiento-extracción; ultrasonido fresco vs convencional-fresco (U+F vs C+F) y ultrasonido-liofilizado vs convencional-liofilizado (U+L vs C+L) no presentan diferencias significativas entre sí por Test de Tukey ($p>0,05$).

Grupo 1: Pulpas; Grupo 2: Cortezas; Grupo 3: Semillas

PULPAS

En la figura 3, se puede observar que en las tres variedades estudiadas se obtienen concentraciones mayores a 11 mg ácido gálico / 100g, cuando se somete la muestra a un pretratamiento de liofilización y se realiza la extracción asistida por ultrasonido, siendo la semilla Caribbean la de mayor concentración, con un rendimiento de 47,61 mg de ácido gálico / 100g. Según, (Elong et al., 2015), la concentración de polifenoles totales en la pulpa de pepino es de $11,7 \pm 0,75$ mg de ácido gálico/100g, un valor similar al que se obtuvo. El ultrasonido liofilizado según la figura 3 muestra un mejor rendimiento que la extracción convencional liofilizada, posiblemente se deba a que la cavitación en forma de burbuja tuvo efectos en la matriz biológica, logrando así que las paredes celulares se

rompieran y hubiese una liberación más grande de antioxidantes de las partes, elevando el rendimiento de estas extracciones (Wen et al., 2018). Este comportamiento es esperado ya que algunos autores como (Ilghami, Ghanbarzadeh, & Hamishehkar, 2015) reportan mejores rendimientos del ultrasonido extrayendo polifenoles.

El mismo efecto ocurrió en las muestras frescas, lo cual sugiere que el rendimiento de la extracción de tipo ultrasonido en polifenoles mejora sin importar que pretratamiento se utilice.

CORTEZA

Como muestra la figura 3, en el caso de las cortezas de las tres variedades, la que se destaca es la corteza del melón Cantaloupe por su alto contenido de polifenoles, con una concentración mayor a 25 mg de ácido gálico / 100 g. Según (Brito, 2017), la concentración en mg de ácido gálico / 100g en la corteza de Cantaloupe es de $34,9 \pm 1,9$, por lo tanto se obtuvo un valor inferior al encontrado en la literatura.

SEMILLAS

Según (Racine & Robertet, 1981), la concentración de polifenoles en las semillas Caribbean es de 80 mg de ácido gálico / 100g, este dato es mayor que el obtenido en el presente estudio tanto para la Semilla Caribbean como la Cantaloupe.

En términos generales se encontró un patrón en los datos de polifenoles en la cual los extractos expuestos tanto a los pretratamientos de liofilización y fresco obtuvieron un mejor rendimiento en la extracción de ultrasonido. Diferente a lo evidenciado en la capacidad antioxidante DPPH y FRAP, en el análisis de esta prueba se discutió que una gran cantidad de radicales libres aumentan reacciones que bajan el rendimiento de la extracción.

VITAMINA C

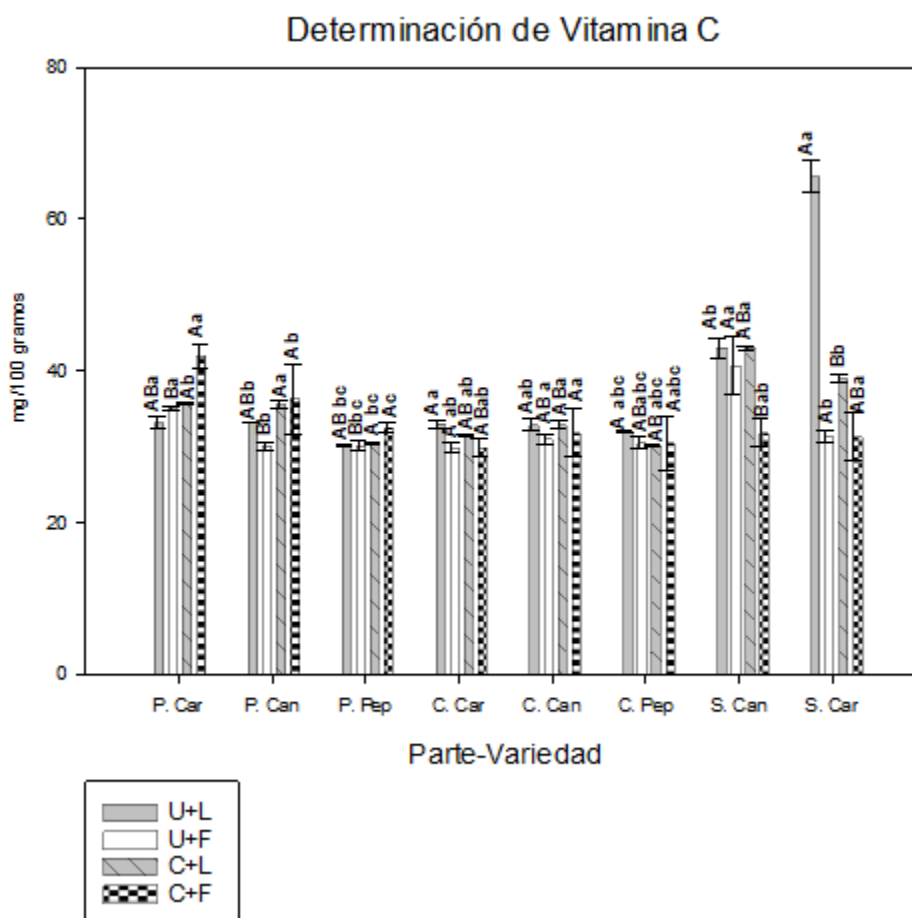


Fig 4. Comparación entre Parte-Varietas vs Capacidad antioxidante. Letras minúsculas iguales en cada grupo y pretratamiento-extracción (ultrasonido-liofilizado, ultrasonido-fresco, convencional-liofilizado, convencional-fresco); no presentan diferencias significativas entre sí por Test de Tukey ($p > 0,05$). Letras mayúsculas iguales en cada grupo y pretratamiento-extracción; ultrasonido fresco vs convencional-fresco (U+F vs C+F) y ultrasonido-liofilizado vs convencional-liofilizado (U+L vs C+L) no presentan diferencias significativas entre sí por Test de Tukey ($p > 0,05$).

Grupo 1: Pulpas; Grupo 2: Cortezas; Grupo 3: Semillas

Para el análisis de la vitamina C, se comparó todas las partes con los valores de la pulpa ya que no se encontraron datos de las cortezas y semillas para comparar. En la pulpa Cantaloupe, se reportó un menor valor al encontrado en la literatura $43.2 \pm 5,7$ (Laur & Tian, 2011). Caso contrario ocurrió con la pulpa variedad Caribbean, porque fue mayor al encontrado en la literatura del Cantaloupe. La pulpa del pepino reportó un valor mayor en la cantidad de vitamina C. Obteniendo en promedio $30,78 \pm 1,11$ que es mucho mayor al valor reportado de 5.5-10.4 mg/100 g según Zmian, Ci, Ogórku, & Ym (2013).

Según la figura 4 encontramos que en las cortezas no hubo influencia significativa entre el tipo de extracción que se usó, tanto para el pretratamiento fresco como para el liofilizado. En las pulpas frescas de los melones si hubo cambios, el ultrasonido bajó su rendimiento respecto a la extracción convencional tanto para la variedad Caribbean como para la Cantaloupe. Se ha encontrado que el pretratamiento congelado no afecta en algunos

antioxidantes como concluyen (Ester et al., 2004). En la pulpa pepino no se generó un cambio entre usar ultrasonido o el método convencional.

La semilla Cantaloupe liofilizada tuvo un rendimiento parecido tanto en la extracción U+L como en la C+L no logrando una diferencia significativa ANOVA ($p>0,05$). Mientras que en las semillas Caribbean liofilizadas se logró un mejor rendimiento en la extracción ultrasonido a causa del fenómeno de la cavitación, (Vargas & Azuola, 2007).

TABLA 3. COMPARATIVO VARIEDADES Y ANTIOXIDANTES (Pulpa).

Variedad	Vitamina C (mg/100g)	FRAP(Micromol de Trolox/100 g)	DPPH (Micromol de Trolox/100 g)	POLIFENOLES (mgÁcido Galico/100g)	ACEPTABILIDAD
Melon Cantaloupe	33,02±3,3	1599,33±629,1	81,24±16,64	5,83±2,69	6,74
Melon Caribbean	35,06±4,9	1369,57±256,4	81,72±14,76	6,35±2,53	6,31
Pepino Cohombro	30,77±1,1	1309,13±74,56	65,25±16,77	4,79±3,62	6,66

TABLA 4. COMPARATIVO VARIEDADES Y ANTIOXIDANTES RESIDUOS (Corteza y Semillas).

Variedad	Vitamina C (mg/100g)	FRAP(Micromol de Trolox/100 g)	DPPH (Micromol de Trolox/100 g)	POLIFENOLES (mgÁcido Galico/100g)
Corteza Cantaloupe	31,05±1,48	1803,87±102,86	97,45±17,28	16,99±6,31
Corteza Caribbean	32,15±0,91	1818,15±130,08	92,67±24,74	21,98±7,06
Corteza Cohombro	30,73±0,80	1455,93±95,32	54,51±16,73	7,97±0,62
Semillas Cantaloupe	39,64±5,31	1848,0091±2,60	68,02±8,60	33,84±2,65
Semillas Caribbean	41,80±16,25	1958,30±83,34	88,61±11,28	28,40±7,55

TABLA 5. AUMENTO O DISMINUCIÓN EXTRACCIÓN ULTRASONIDO

Parte – Variedad	U+L DPPH (%)	U+F DPPH (%)	U+L FRAP (%)	U+F FRAP (%)	U+L VITAMINA C (%)	U+F VITAMINA C (%)	U+L POLIFENOLES (%)	U+F POLIFENOLES (%)
Pulpa Caribbean	-9,46	18,77	-31,69	-20,67	-8,74	-16,45	66,87	9,79
Pulpa Cantaloupe	-8,67	1,05	-54,79	-11,41	-15,23	-17,28	52,72	34,55
Pulpa Pepino	-19,29	-9,6	-4,46	7,90	-1,01	-7,14	64,24	1,85
Corteza Caribbean	10,70	5,31	-22,64	7,99	4,31	1,05	46,15	51,01
Corteza Cantaloupe	-31,02	2,84	-21,06	-22,77	0,50	1,10	45,17	23,54
Corteza Pepino	-18,11	32,85	-1,57	-40,10	5,70	0,25	54,10	14,26
Semilla Caribbean	27,15	38,24	-2,20	11,43	0,10	21,80	11,91	76,40
Semilla Cantaloupe	-11,32	13,96	3,68	-7,12	0,12	0,11	16,34	66,88

*Rendimientos calculados contra la extracción convencional.

Con las tablas 3 y 4 se puede observar que los resultados más bajos tanto en DPPH, FRAP, polifenoles y vitamina c se presentan en el pepino cohombro, ya sea en corteza para DPPH y vitamina c, o en el caso de FRAP y polifenoles la pulpa de este. Mientras que la semilla Caribbean reporta la mayor capacidad antioxidante en vitamina c y FRAP, la semilla Cantaloupe y la corteza Cantaloupe en polifenoles y DPPH respectivamente. Estos resultados permiten afirmar que las partes residuos se destacan como las que más capacidad antioxidante tienen tanto en melón como en pepino.

En la tabla 5 se destaca la buena actuación del ultrasonido en la extracción de polifenoles tanto en el pretratamiento liofilizado como en el fresco. Alcanzando rendimientos hasta del 76,40% con respecto a la extracción convencional. Y una baja de rendimiento en la extracción ultrasonido para las pruebas de DPPH y FRAP de un 30% en comparación al uso de extracción usando solvente. En vitamina C hay aumentos desde 0,11% hasta 5,70 % en el rendimiento en las cortezas y semillas en ambos pretratamientos, pero en las pulpas hay rendimientos inferiores del 17,28% a la extracción convencional.

CONCLUSIONES

Se puede concluir, que realizando una extracción asistida por ultrasonido acompañada de un pretratamiento de liofilización se logró obtener extractos con un mayor contenido de polifenoles y vitamina C, en las semillas del melón var. Caribbean. Adicionalmente, se analiza que los efectos del ultrasonido cambian según el ensayo, obteniendo así mejores rendimientos en Vitamina C y polifenoles, pero en ensayos como el DPPH y el FRAP, se evidenció una disminución en su rendimiento.

REFERENCIAS

- Ainsworth, E. A., & Gillespie, K. M. (2007). Estimation of total phenolic content and other oxidation substrates in plant tissues using Folin-Ciocalteu reagent. *Nature Protocols*, 2(4), 875–877. <https://doi.org/10.1038/nprot.2007.102>
- Andubdhasan, P., Surendraraj, A., Karkuzhali, S., & Sathishkumaran, P. (2014). NATURAL ANTIOXIDANTS AND ITS BENEFITS. *INTERNATIONAL JOURNAL OF FOOD AND NUTRITIONAL SCIENCES Official Journal of IIFANS*, 3(6).
- Batool, S., Ullah, S., Tabassum, S., Bilal, A., Faisal, A., Shah, R., & Saleem, Z. (2018). Effect of Extraction Methodologies on Antioxidant Potential and Synergistic Anticancer Behavior of Leaf Extract of *Polygonum amplexicaule* Against HCT-116 Cells. *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions A: Science*, 3456789. <https://doi.org/10.1007/s40995-018-0532-x>
- Benzie, F. I. F., & Strain, J. J. (1996). The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of ' . *The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of " Antioxidant Power "': The FRAP Assay*, 76, 70–76.
- Bernal de Ramírez, I. (1998). *Fruit and vegetables and their products*. Bogotá: Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Física y Naturales.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*, 28 (1), 25-30. [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5).

- Brito, E. D. S. (2017). *AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE ANTIOXIDANTE DE VARIEDADES DE MELÃO (Cucumis melo L .) COMERCIALIZADAS NO BRASIL E DETERMINAÇÃO DO TEOR DE GLUTATIONA REDUZIDA (GSH) AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE ANTIOXIDANTE DE VARIEDADES DE MELÃO (Cucumis melo L .) COMERCIALIZADAS.*
- Bryan, W. D., & Warren, D. B. (1985). *Nutrient composition of Cantaloupe and Honeydew Melons.* 50, 136–138.
- Chen, R., Li, Y., Dong, H., Liu, Z., Li, S., Yang, S., & Li, X. (2012). Ultrasonics Sonochemistry Optimization of ultrasonic extraction process of polysaccharides from *Ornithogalum Caudatum* Ait and evaluation of its biological activities. *Ultrasonics - Sonochemistry*, 19(6), 1160–1168. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2012.03.008>
- Cortez, M., Martelo, Y. J., & Rodriguez, E. (2011). Valoración de atributos de calidad en pepino (*Cucumis Sativus* L.) fortificado con vitamina E. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 9, 24–34.
- FAO, 2017, Cultivo | FAO. [en línea] Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC/visualize> [Acceso el 14 de Jul.2019]
- Ellong, E. N., Billard, C., Adenet, S., Rochefort, K., Agroalimentaire, P., Petit, H., ... Lamentin, L. (2015). Polyphenols , Carotenoids , Vitamin C Content in Tropical Fruits and Vegetables and Impact of Processing Methods. *Food and Nutrition Sciences*, (March), 299–313.
- Ester, G. E. N. E. E. L., Odges, D. M. A. R. K. H., Eyer, R. O. D. M., & Unro, K. A. D. M. (2004). Acetone Powdered) and Long-Term Storage of Fruit and Vegetable Tissues : Effects on Antioxidant Enzyme Activity. *Agricultural and Food Chemistry*, (i), 2167–2173.
- Herrera-Hernández, M. G., Núñez-Colín, C. A., Guzmán-Maldonado, S. H., & Hernández-Martínez, M. Á. (2013). Contents of some antioxidant compounds at three stages of maturity of the mexican serviceberry fruits (*Malacomeles denticulata*) in two localities. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, XIX(4), 45–57. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2012.02.022>
- Horvitz, S., Chanaguano, D., & Arozarena, I. (2017). Andean blackberries (*Rubus glaucus* Benth) quality as affected by harvest maturity and storage conditions. *Scientia Horticulturae*, 226(August), 293–301. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.09.002>
- Husen, R., Andou, Y., Shirai, Y., & Ismail, A. (2014). Effect of ultrasonic-assisted extraction on phenolic content of avocado. *Malaysian Journal of Analytical Sciences*, 18(3), 690–694.
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Método para determinar el contenido de ceniza total, NTC 4431, Bogotá D.C; El instituto. 1998.
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Frutas frescas. Melón variedad cantaloupe. Especificaciones, NTC 5207, Bogotá D.C; El instituto. 2003.
- Ilghami, A., Ghanbarzadeh, S., & Hamishehkar, H. (2015). *Optimization of the Ultrasonic-Assisted Extraction of Phenolic Compounds , Ferric Reducing Activity and Antioxidant Activity of the Beta vulgaris Using Response Surface Methodology.* (june), 46–50.

<https://doi.org/10.15171/PS.2015.16>

- Iqbal, H., Wei, K., Adam, A., & Ismail, M. (2010). Phenolic content and antioxidant activity of cantaloupe (*Cucumis melo*) methanolic extracts. *Food Chemistry*, 119(2), 643–647. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.07.023>
- Jeffrey, C. (1980). A review of the Cucurbitaceae. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 1(Marzo), 233–247.
- Jiao, Y., Li, D., Chang, Y., & Xiao, Y. (2018). *Effect of Freeze-Thaw Pretreatment on Extraction Yield and Antioxidant Bioactivity of Corn Carotenoids (Lutein and Zeaxanthin)*. 2018.
- Kohn, R. A. G., Mauch, C. R., Morselli, T. B. G. A., Rombaldi, C. V, Barros, W. S., & Sorato, V. (2015). *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental Physical and chemical characteristics of melon in organic farming Características físicas e químicas de melão em cultivo orgânico*. 656–662.
- Laur, L. M., & Tian, L. (2011). Journal of Food Composition and Analysis 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. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2010.07.009>
- Lebeda, A., Widrlechner, M. P., Staub, J., Ezura, H., Zalapa, J., & Kristkova, E. (2007). *Cucurbits (Cucurbitaceae ; Cucumis spp ., Cucurbita spp ., Citrullus spp .)*. Iowa.
- Makino, K., Mossoba, M. M., & Riesz, P. (1982). *Chemical Effects of Ultrasound on Aqueous Solutions. Evidence for .OH and .H by Spin Trapping*. 1968(24), 3537–3539.
- Nema, N. K., Maity, N., Sarkar, B., & Mukherjee, P. K. (2011). *Cucumis sativus fruit-potential antioxidant, anti-hyaluronidase, and anti-elastase agent*. <https://doi.org/10.1007/s00403-010-1103-y>
- Racine, P., & Robertet, P. (1981). Influence du pH et de la lumière sur la stabilité de quelques antioxydants. *International Journal of Cosmetic Science*, 137, 125–137.
- Rodrigues, S., & Fernandes, F. A. N. (2017). Extraction Processes Assisted by Ultrasound. In *Ultrasound: Advances in Food Processing and Preservation*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804581-7.00014-2>
- Ruiz-torralba, A., Guerra-hernández, E. J., García-, B., Ruiz-torralba, A., Guerra-hernández, E. J., & García-villanova, B. (2018). Antioxidant capacity , polyphenol content and contribution to dietary intake of 52 fruits sold in Spain. *CyTA - Journal of Food*, 16(1), 1131–1138. <https://doi.org/10.1080/19476337.2018.1517828>
- Sanchez, D., & Anzola, C. (2013). *Caracterización química de la película plateada del café (Coffea arábica) en variedades colombiana y caturra*. 41(2), 211–225.
- Schaefer, H., & Renner, S. S. (2011). Cucurbitaceae. In K. Kubitzki (Ed.), *The Families and Genera of Vascular Plants, Volume 10: Flowering Plants: Eudicots - Sapindales, Cucurbitales, Myrtaceae* (1st ed., pp. 112–174). <https://doi.org/10.1007/978-3-642-14397-7>
- Simandjuntak, V., Wrolstad, R. E., & Barrett, D. M. (1996). Cultivar and maturity effects on muskmelon (*Cucumis melo*) colour, texture and cell wall polysaccharide composition. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 71(3), 282–290.

[https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(199607\)71:33.0.CO;2-5](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(199607)71:33.0.CO;2-5)

- Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventós, R. M. (1998). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, 299, 152-178. [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(99\)99017-1](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1).
- Stojanovic, B. T., Mitic, S. S., Stojanovic, G. S., Milan, N., Kostic, D. A., Paunovic, D. D., & Arsic, B. B. (2016). *Phenolic Profile and Antioxidant Activity of Pulp and Peel from Peach and Nectarine Fruits*. 44(June), 175–182. <https://doi.org/10.15835/nbha44110192>
- UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS - UNICAMP. Tabela brasileira de composição de alimentos - TACO. 4. ed. rev. e ampl. Campinas: UNICAMP/NEPA, 2011. 40 p.
- Takamura, H., Yamaguchi, T., & Terao, J. (2002). *Change in Radical-Scavenging Activity of Spices and Vegetables during Cooking*.
- Vargas, P., & Aзуоla, R. (2007). Extracción de sustancias asistida por ultrasonido (EUA). *Tecnología En Marcha*, 20.
- Vignoni, L. A., Césari, R. M., Forte, M., & Mirábile, M. L. (2006). Determinación de Índice de Color en Ajo Picado. *Información Tecnológica*, 17(6), 63–67. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642006000600011>
- Wen, C., Zhang, J., Zhang, H., Dzah, C. S., Zandile, M., Duan, Y., ... Luo, X. (2018). Advances in ultrasound assisted extraction of bioactive compounds from cash crops - A review. *Ultrasonics - Sonochemistry*. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2018.07.018>
- Yao, Y., Liu, W., Zhou, H., Zhang, D., Li, R., Li, C., & Wang, S. (2019). *The Relations between Minor Components and Antioxidant Capacity of Five Fruits and Vegetables Seed Oils in China*. 635(7), 625–635.
- Zargoosh, K., Ghayeb, Y., & Aeineh, N. (2013). *Evaluation of Antioxidant Capacity of Hydrophilic and Hydrophobic Antioxidants Using Peroxyoxalate Chemiluminescence Reaction of the Novel Furandicarboxylate Derivative*. (CI). <https://doi.org/10.1007/s12161-013-9625-5>
- Zmian, D., Ci, Z. Ś., Ogórku, W. C. W., & Ym, Ś. W. I. E. Ż. (2013). *THE DYNAMICS OF VITAMIN C CONTENT IN FRESH AND PROCESSED CUCUMBER (Cucumis sativus L .)*. 18, 97–102. <https://doi.org/10.2478/cdem-2013-0022>