

**CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y DETERMINACIÓN DE COMPUESTOS
BIOACTIVOS EN TRES VARIETADES DE SANDÍA**

**“PHYSICOCHEMICAL CHARACTERIZATION AND DETERMINATION OF
BIOACTIVE COMPOUNDS IN THREE VARIETIES OF WATERMELON”**

DANIELA ESPERANZA SALAMANCA PÉREZ, INGENIERÍA QUÍMICA

Danielae.salamancap@utadeo.edu.co

PAULA ALEJANDRA NIÑO SUÁREZ, INGENIERÍA QUÍMICA

Paulaa.ninos@utadeo.edu.co

**TRABAJO DE GRADO COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERAS QUÍMICAS**

DIRECTORA:

MARTHA PATRICIA TARAZONA DÍAZ, PH.D

INGENIERA DE ALIMENTOS

CO DIRECTOR: NIXON ANDRÉS MENESES

INGENIERO DE ALIMENTOS

UNIVERSIDAD DE BOGOTÁ JORGE TADEO LOZANO

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA

BOGOTÁ D.C

2019

RESUMEN

La sandía es una fruta perteneciente a la familia de las cucurbitáceas, cuya corteza y semilla presentan alta capacidad antioxidante y contenido de polifenoles. Por lo anterior el objetivo de este estudio fue realizar una caracterización fisicoquímica y sensorial, y finalmente una cuantificación de compuestos bioactivos a partir de dos tipos de pretratamiento (fresco y liofilizado) y adicionalmente dos tipos de extracción (convencional y ultrasonido) a partir de las diferentes partes y variedades de sandía, siendo la variedad Común (C) la que mayor grado de aceptación presentó en el análisis sensorial informal realizado a 60 panelistas.

En consecuencia, se obtuvieron extractos de pulpa con un contenido de $13,39 \pm 0,01$ $\mu\text{mol TE/g}$ de capacidad antioxidante de la variedad Santa Amelia (SA), un contenido de polifenoles totales de $344,61 \pm 1,29$ mg GAE/Kg para la variedad Común (C) y un contenido de vitamina C de $8,86 \pm 0,03$ mg ácido ascórbico/100g de la variedad Santa Amelia (SA), sin embargo, la parte de la sandía que mayor contenido de compuestos bioactivos presentó fue la semilla, pues de dicha parte fue posible obtener extractos ricos en compuestos bioactivos con un alto valor en capacidad antioxidante y contenido de polifenoles los cuales se vieron afectados por el tipo de extracción y el tipo de pretratamiento, siendo estos los factores más importantes durante su aplicación ya que se evidenció un aumento del 67% en la extracción asistida por ultrasonidos con respecto a la extracción convencional.

Palabras clave: Sandía, capacidad antioxidante, compuestos bioactivos, semilla, extracción ultrasonido, extracción convencional, liofilizado, fresco.

ABSTRACT

Watermelon, a fruit belonging to the Cucurbitaceae family, whose bark and seed have high antioxidant capacity and polyphenol content. Therefore, the objective of this study was to perform a physicochemical and sensory characterization, and finally a quantification of bioactive compounds from two types of pretreatment (fresh and lyophilized) and additionally two types of extraction (conventional and ultrasound) from different parts and varieties of watermelon, the variety Común (C) being the one that presented the highest degree of acceptance in the informal sensory analysis conducted to 60 panelists.

Consequently, pulp extracts with a content of $13,39 \pm 0,01$ $\mu\text{mol TE/g}$ antioxidant capacity of the Santa Amelia (SA) variety, a total polyphenol content of $344,61 \pm 1,29$ mgGAE/Kg for variety Común C were obtained and a vitamin C content of $8,86 \pm 0,03$ mg ascorbic acid/100g of the Santa Amelia SA variety, however, the part of the watermelon that presented the highest content of bioactive compounds is the seed, since from that part it was possible to obtain Extracts rich in bioactive

compounds with a high value in antioxidant capacity and polyphenol content which were affected by the type of extraction and the type of pretreatment, these being the most important factors during their application since an increase of 67% was evidenced in ultrasonic assisted extraction with respect to conventional extraction.

Key words: Watermelon, antioxidant capacity, bioactive compounds, seed, ultrasound extraction, conventional extraction, lyophilized, fresh.

INTRODUCCIÓN

La sandía (*Citrullus lanatus*) es una fruta perteneciente a la familia de las cucurbitáceas, esta fruta es originaria de las regiones semidesérticas del África Tropical (CORPOICA, 2000). En el 2017, el ministerio de agricultura registró una producción en el departamento del Meta de 107669 toneladas y específicamente en el municipio de San Martín una producción de 76500 toneladas, siendo el Meta el departamento con más área sembrada de cultivo de sandía en el 2017. (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2016).

La sandía está compuesta por pulpa con un 57 % en peso (Aguayo, Escalona, & Artés, 2004), y el peso de corteza oscila entre un 31,27 y 40,61% (Tarazona-Díaz, 2012) y el porcentaje restante es semilla. Estudios realizados por el departamento nacional de planeación DNP, mencionan que en Colombia se desperdicia un total de 9,76 millones de toneladas de alimentos, que equivalen al 34 % de la producción, siendo el segmento de producción agropecuaria el que mayor genera pérdida especialmente en frutas y verduras (Castañeda, Martínez, & Puerta, 2016). Adicionalmente, según un estudio realizado a empresas agroindustriales en Medellín Colombia los residuos de diferentes frutas entre ellas la sandía son generados en sectores de elaboración de jugos de fruta, el 90 % de las empresas los destinan a rellenos sanitarios y alimentación animal (Yepes, Montoya, & Sánchez, 2008), lo que no resulta tan conveniente debido a que dicha fruta es rica en compuestos bioactivos como el licopeno con alta capacidad antioxidante así como de citrulina (Tarazona-Díaz, Viegas, Moldao-Martins, & Aguayo, 2011), los cuales han demostrado diversos efectos terapéuticos para enfermedades tales como cáncer de próstata (Olamide & Olayemi, 2011). Además, estudios realizados en roedores demostraron la capacidad antioxidante, antiinflamatoria y el potencial analgésico que presenta el extracto de semilla de la sandía (Gill et al., 2012). Por consiguiente, el aprovechamiento de los residuos de la sandía para la obtención de compuestos de interés terapéutico podría potencializar su uso en productos de alto valor como alimentos funcionales (Martínez, Alacid, Tarazona-Díaz, Aguayo, & Carrasco, 2013).

Para obtener los compuestos bioactivos mencionados anteriormente, existen tecnologías como la extracción convencional que se realiza mediante agitación constante, así como la extracción asistida por ultrasonidos la cual facilita la extracción de compuestos bioactivos de material vegetal por medio de ondas de frecuencia entre 20 y 100 Hz (Rodríguez, Robaina, Jáuregui-Haza, Blanco-González, & Rodríguez-Chanfrau, 2014), generando cavitación en un medio líquido, acelerando procesos de transferencia de masa (RoblesOzuna & Ochoa-Martinez, 2012), logrando eficiencias de hasta el 95% (Manson, 1998), ya que reduce tiempos de proceso y mejora la calidad del extracto (Robles-Ozuna & OchoaMartinez, 2012). Por dicha razón, el objetivo de este estudio fue realizar una caracterización fisicoquímica y sensorial de tres variedades de sandía y posteriormente, determinar el efecto de la extracción convencional y asistida por ultrasonidos en la capacidad antioxidante, el contenido de polifenoles totales y vitamina C de las partes (Pulpa, Corteza, Semilla) de cada una de las frutas, así como el efecto del secado de la materia prima de la extracción. Todo esto con el fin de dar a conocer a los consumidores el potencial en compuestos bioactivos que brindan las partes de la sandía, que generalmente son desechadas.

MATERIALES Y MÉTODOS Productos químicos y reactivos

Se emplearon una serie de reactivos de grado analítico como lo son el TPTZ (2, 4, 6Tripiridil-s-Triazina), DPPH (2,2-Difenil-1-Picrilhidracilo), Trolox (ácido-6-hidroxi-2, 5, 7, 8tetrametilcroman-2-carboxílico) y 2-nitroanilina los cuales fueron suministrados por Auros Químicos Ltda. (Bogotá, Colombia), también se hizo uso del carbonato de sodio, ácido gálico 1-hidratado, nitrito de sodio, ácido ascórbico, hidróxido de sodio, ácido clorhídrico 37% (p/v), ácido acético glacial, reactivo Folin – Ciocalteu, ácido fórmico, cloruro férrico hexahidratado y acetato de sodio trihidratado, los cuales fueron proporcionados por Merk S.A (Bogotá, Colombia), mientras que, el ácido oxálico se obtuvo por Chemí (Bogotá, Colombia). Por otro lado, los reactivos de uso industrial empleados fueron el Etanol al 96% (v/v) y el metanol los cuales fueron facilitados por Merck y Ciacomeq respectivamente (Bogotá, Colombia).

Material vegetal

Tres variedades de sandía (Común (C) 11,47Kg, Santa Amelia (SA) 5,42 Kg y Baby (B) 2,09 Kg) fueron utilizadas para este estudio, las cuales provienen del departamento del meta y fueron suministradas por la asociación de productores y comercializadores de San Martin meta (ASOSANDIA). Toda la fruta fue llevada hacia el Centro de Investigación en procesos de ingeniería CIPI, ubicado en la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano y fue almacenada a temperatura ambiente por un periodo de 24 horas hasta su debido procesamiento.

Análisis Físicoquímicos y Pretratamiento de la materia prima

Dimensiones externas y análisis de color

Inicialmente para todos los frutos de cada variedad se les realizó la medición de diámetro ecuatorial, de diámetro polar (n=5) mediante un calibrador digital (Vernier, Bruselas, Bélgica), y la esfericidad (n=5) (ecuación 1) (Mohsenin, 1986), posteriormente, por medio del colorímetro (Konica Minolta Sensing Americas CR – 410, Bogotá, Colombia), se determinó el color (n=15) tanto de la corteza como de la pulpa de cada una de las sandías, cuantificando los parámetros del espacio CIELAB ($L^*a^* b^*$), además se determinó el índice de color (IC) (Quek, Chok, & Swedlund, 2007) (ecuación 2), tono y matiz (chroma) (ecuación 3) y ángulo de tono ($^{\circ}Hue$) (ecuación 4) de acuerdo a las ecuaciones descritas por Sahin, y Sumnu (2009).

$$\emptyset = \frac{DEcuatorial}{DPolar} \quad (1)$$

$$IC = \frac{a^* * 1000}{L^* * b^*} \quad (2)$$

$$chroma = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2} \quad (3)$$

$$^{\circ}Hue = \tan^{-1} \left(\frac{b^*}{a} \right) \quad (4)$$

Determinación de pH, acidez titulable y contenido de sólidos solubles

Luego de esto, se procedió a pesar y separar todas y cada una de las partes que componen a la fruta. Una vez realizado dicho pretratamiento se determinaron los sólidos solubles totales ($^{\circ}Brix$) con un refractómetro digital (Atago, Pocket PAL-Alpha) y pH mediante un potenciómetro (Mettler Toledo 031152, Columbus, Ohio, USA) n=15 para pulpa y corteza, así como se calculó la acidez titulable por titulación con NaOH 0,01N (expresada en términos de % Ácido Máfico) (n=10) de la semilla, pulpa y corteza. Adicionalmente, se determinó el porcentaje de humedad con una termo balanza (n=3) (Mettler Toledo Hb43-s Columbus, Ohio, USA) y el contenido de cenizas en una mufla (D8 horno tipo mufla multipropósito Terrigeno, Medellín, Colombia) a una temperatura de 550°C por un periodo de 4 horas (n=3) bajo la norma técnica colombiana 435 NTC de 1971 (Icontec, 2004) a cada una de las partes de la sandía (pulpa, corteza y semilla); la caracterización de los aspectos físicos y químicos anteriormente mencionados se realizaron a cada una de las variedades de sandía. Seguidamente, la materia prima fue

dividida en trozos de igual tamaño donde una parte fue congelada a una temperatura de -30°C y la parte restante de la materia prima fue liofilizada (Liofilizador Drycol, Bogotá, Colombia) hasta obtener un contenido de humedad del $27\% \pm 0,60$, $6,55\% \pm 0,31$ y $19,4\% \pm 2,13$ para pulpa, semilla y corteza respectivamente. Finalmente, las muestras fueron trituradas y empacadas al vacío en la máquina de campana (Multivac C-200, Bremen, Alemania) y almacenadas en un desecador a temperatura ambiente.

Análisis Sensorial

La evaluación de la calidad sensorial se realizó con la parte comestible de las tres variedades de sandía fresca, la cual fue cortada en trozos de apropiadamente $3\text{cm} \times 3\text{cm}$ y evaluada por un grupo de 60 panelistas informales entre los 15 y los 28 años; dicha evaluación se realizó a partir de una escala hedónica de 9 puntos en la cual se encontraban factores como apariencia (Excelente, recién cortado, muy bueno, moderado, pálido y pobre e inutilizable), aroma (Completamente característico de la sandía fresca, muy bueno, moderado, carece del típico aroma y carece completamente de aroma), sabor (Excelente equilibrio entre dulzura y acidez, muy bueno, moderado, pobre y muy pobre, no comestible) y textura (Muy crujiente - excelente, muy bueno – crujiente, moderado, blando y pobre – muy blando), donde 9 hacía referencia al valor más alto y 1 al más bajo.

Extracción de la muestra Extracción Convencional

La extracción de tipo convencional se realizó de acuerdo con la metodología descrita por Horvitz, Chanaguano, & Arozarena (2017), la cual fue ajustada a las condiciones de laboratorio. Inicialmente, en un tubo cónico para centrifuga se mezcló 2,5 g de muestra (fresca y liofilizada) con 50 ml de agua destilada y se colocaron en un agitador de mesa (Shaker orbital BIOBASE – SK 0330 – PRO, Jinan, China) durante 30 minutos a 100 RPM. Pasado este tiempo, se centrifugó en una máquina centrífuga (HETTICH, ROTOFIX 32 A, Vlotho, Alemania) a 6000 RPM durante 15 minutos a temperatura ambiente, se recolectó el sobrenadante y se repitió el proceso, finalmente se registró el volumen obtenido del extracto final.

Extracción asistida por Ultrasonido

Para llevar a cabo la extracción asistida por ultrasonidos se pesaron 2,5 g de muestra (fresca y liofilizada) en un vaso precipitado con 50 ml de agua destilada, el cual se colocó en un baño a temperatura ambiente y agitación constante; posterior a esto, la muestra se sometió a extracción asistida con un equipo de ultrasonido (UP400S hielscher, Teltow, Alemania), equipado con un sonotrodo tipo H3 el cual se introdujo 2,5 cm en el centro del vaso que contenía la muestra. Lo anterior basados en lo descrito por (Başlar & Ertugay, 2013). La extracción se realizó a condiciones de amplitud de 50% y ciclo 1 durante 30 minutos a $20.0 \pm$

1.0°C. Pasado este tiempo, el extracto se centrifugó a 6000 RPM durante 15 minutos, se repitió el procedimiento y se registró el volumen final del extracto.

Caracterización del extracto Determinación de la capacidad antioxidante – Ensayo DPPH

Este ensayo se realizó según lo descrito por (Brand-Williams, Cuvelier, & Berset, 1995) por triplicado según se expone a continuación: Se adicionaron 75 µl de muestra (extracto) en un tubo Eppendorf y 1425 µL de reactivo DPPH (2,2-Difenil-1-Picrilhidracilo) a una concentración de 60 µM en etanol al 96%, luego de esto, se agitó el tubo en un agitador tipo vortex (VX-200, México D.F, México) y se procedió a incubar durante una hora en un baño termostatado a 37°C (RONER, Madrid, España); por último, se procedió a leer las muestras a una longitud de onda de 515 nm en el espectrofotómetro (Thermo Fisher Scientific Evolution 300 Matlock, Inglaterra) usando etanol al 96% como blanco, los resultados de absorbancia fueron comparados con la curva patrón (Concentración de Trolox (TE) µM Vs % Inhibición con R² de 0,9917) que presentó un rango de concentración entre 103,5 y 621,3 µM TE.

Determinación de la capacidad antioxidante – Ensayo FRAP

Para llevar a cabo dicho ensayo se siguió la metodología descrita por (Benzie & Strain, 1996) por triplicado, así: Se adicionó 940 µl de reactivo FRAP (Buffer acetato pH 3,6 300mM, Cloruro férrico 20 mM y TPTZ 0,01M) previamente preparado, 30 µl de muestra (extracto) y 30 µl de etanol al 96%; posteriormente, se agitó en vortex (VX-200, México D.F, México) e incubo durante una hora en un baño termostatado a 37°. Pasado el tiempo de incubación se realizó la lectura de las muestras en el espectrofotómetro (Thermo Fisher Scientific Evolution 300 Matlock, Inglaterra) con una longitud de onda de 593 nm, los valores obtenidos de absorbancia fueron comparados con la curva de calibración (Concentración de Trolox µM Vs absorbancia con R² de 0,9918) que presentó un rango de concentración entre 100,6 y 604,1 µM.

Determinación de fenoles totales – Método Folin - Ciocalteu

Esta determinación se basó según lo expuesto por (Ainsworth & Gillespie, 2007) por triplicado. En un tubo Eppendorf se agregaron 100 µl de muestra (extracto), 200 µl de reactivo Folin – Ciocalteu 10% (v/v) preparado previamente, se homogenizó en vortex (VX200, México D.F, México) y se esperó cuatro minutos para luego agregar 800 µl de carbonato de sodio (Na₂CO₃ 700 mM), las muestras se incubaron durante dos horas a temperatura ambiente. Posteriormente se procedió a hacer la respectiva lectura de las muestras en el espectrofotómetro (Thermo Fisher Scientific Evolution 300 Matlock, Inglaterra) con una longitud de onda de 765 nm. Las absorbancias obtenidas se compararon con la curva patrón (Concentración de ácido gálico µM Vs absorbancia) con R² de 0,999 y rango de concentración entre 41,6 y 832 µM de AGE.

Determinación del contenido de Vitamina C

Para la determinación del contenido de ácido ascórbico (Vitamina C) se utilizó la metodología de Bernal de Ramírez (1993) como se describe a continuación: se adicionó a un tubo Eppendorf 10 µL de 2-Nitroanilina 0,16% y 20 µL de Nitrito de sodio 0,08% previamente preparados, luego de esto se adicionó en el mismo tubo 380 µL de etanol al 96% y 100 µL de muestra (extracto), se homogenizó en vortex (VX-200, México D.F, México) y se dejaron en reposo durante cinco minutos; transcurridos los cinco minutos se adicionaron 120 µL de NaOH al 10%, y 380 µL de agua destilada y se homogenizó nuevamente en vortex; seguido de esto se realizó la lectura de las muestras en el espectrofotómetro (Thermo Fisher Scientific Evolution 300 Matlock, Inglaterra) a una longitud de onda de 540 nm y se realizó la comparación con la curva patrón (Concentración de ácido ascórbico mg/L Vs absorbancia) que arrojó un coeficiente de correlación R^2 0,9969 y con un rango de concentración de ácido ascórbico entre 10 y 70 mg/L.

Análisis Estadístico

Para el diámetro ecuatorial y polar, así como para los atributos sensoriales, se ejecutó un ANOVA de una vía, comparando entre variedades. Por otra parte, para identificar el efecto de la variedad y la parte de la fruta en los demás parámetros fisicoquímicos se realizó un ANOVA de dos vías, mientras que para determinar el efecto del tipo de extracción y el secado en el contenido de polifenoles totales, vitamina C y capacidad antioxidante se ejecutó un ANOVA de dos vías, con los factores agrupados: variedad - parte y tipo de extracción - pretratamiento. Para todos estos análisis se trabajó con un nivel de significancia $P < 0,05$; posteriormente para identificar diferencias significativas se utilizó la prueba de Tukey ($P < 0,05$).

RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Análisis Fisicoquímicos y Pretratamiento de la materia prima

Dimensiones externas y análisis de color

El diámetro ecuatorial fue mayor para la variedad C ($230,74 \pm 16,31$ mm), seguido de la variedad SA ($193,89 \pm 8,35$ mm) y el menor que corresponde a la variedad B ($164,89 \pm 3,53$ mm), evidenciando una diferencia significativa entre las tres variedades. Por otro lado, para el diámetro polar, la variedad B fue la de menor diámetro, mientras que no se evidenció diferencia significativa entre las variedades C y SA las cuales presentaron valores de $350,5 \pm 28,11$ y $317,03 \pm 30,64$ respectivamente, finalmente, para la determinación de la esfericidad se aplicó la ecuación 1 (Mohsenin, 1986) obteniendo como resultado una esfericidad de $1,45 \pm 0,08$ para la sandía C, $1,64 \pm 0,19$ para la sandía SM y $1,09 \pm 0,06$ para la sandía 3.

Tabla 1. Parámetros de color

Variedad / Parte	L*	a*	b*	IC*	Chroma (C*)	Hue (h°)
PC	68,39 ± 1,12	15,77 ± 1,91	7,39 ± 0,72	31,25 ± 2,96 ^{aB}	17,43 ± 1,94 ^{aA}	25,23 ± 2,08 ^{bA}
CC	74,99 ± 6,16	5,11 ± 2,29	12,03 ± 7,64	7,92 ± 4,64 ^{bA}	13,46 ± 7,26 ^{bA}	61,81 ± 13,86 ^{aA}
SC	-	-	-	-	-	-
PSA	67,00 ± 1,26	17,12 ± 1,25	6,76 ± 0,89	38,20 ± 4,01 ^{aA}	18,42 ± 1,43 ^{aA}	21,50 ± 1,76 ^{bA}
CSA	73,63 ± 4,34	6,27 ± 1,66	10,60 ± 4,80	9,58 ± 4,71 ^{bA}	12,51 ± 4,60 ^{bA}	56,86 ± 10,99 ^{aA}
SSA	-	-	-	-	-	-
PB	67,43 ± 1,18	16,58 ± 1,77	6,85 ± 1,06	36,38 ± 4,19 ^{aA}	17,96 ± 1,95 ^{aA}	22,38 ± 2,24 ^{bA}
CB	72,46 ± 4,34	5,79 ± 1,86	10,97 ± 6,10	10,83 ± 8,67 ^{bA}	12,86 ± 5,34 ^{bA}	57,09 ± 17,06 ^{aA}
SB	-	-	-	-	-	-

PC: Pulpa Común, CC: Corteza común, SC: Semilla común. PSA: Pulpa Santa Amelia, CSA: Corteza Santa Amelia, SSA: Semilla Santa Amelia. PB: Pulpa Baby, CB: Corteza Baby, SB: Semilla Baby. Los datos están expresados como la media ± desviación estándar. Letras minúsculas corresponden a comparaciones entre las partes de la misma variedad, mientras que las letras mayúsculas corresponden a las comparaciones entre la misma parte de las diferentes variedades. Letras diferentes representan diferencia significativa según la prueba Tukey ($p < 0,05$). (n=15)

A partir de los resultados, se determinó el índice de color (Tabla 1), presentando diferencia significativa entre la variedad C y la variedad SA en la pulpa; de acuerdo con Vignoni, Césari, Forte y Mirábile (2006) el índice de color IC* que se relaciona con los colores que van desde el naranja intenso al rojo profundo se encuentran en el rango de (+ 20 a + 40), los resultados obtenidos se encuentran dentro de dicho rango, lo que corrobora la coloración roja de la pulpa de la sandía. Por su parte, para la corteza no se evidencia diferencia significativa en ninguna de las tres variedades (tabla 1), y según el rango (+ 2 a + 20) se relaciona con colores que van desde amarillo pálido hasta el naranja intenso (Vignoni, Césari, Forte, & Mirábile, 2006); a pesar de que la tonalidad de la corteza es verde se clasifica entre dicho rango debido a que las tomas de color se realizaron también sobre las franjas amarillas que presenta la corteza de la sandía. Tanto el chorma como el °hue no presentaron diferencia significativa entre la misma parte de las

diferentes variedades pese a que son diferentes variedades tanto las pulpas como las cortezas mantienen su tonalidad. Con respecto a los datos reportados por la literatura la pulpa de sandía con 30 días de pos cosecha presenta un valor de saturación(chorma) de 24,63 y un ángulo de tono (°hue) de 34,09 (Soteriou, Kyriacou, Siomos, & Gerasopoulos, 2014), lo que representa similitud con los datos obtenidos experimentalmente(Tabla 1).

Tabla 2. Caracterización química de la materia prima.

Variedad / Parte	pH (n=15)	Sólidos solubles totales (°Brix) (n=15)	Acidez titulable (% ácido málico) (n=10)	Humedad (%) (n=3)	Cenizas (%) (n=3)
PC	5,08 ± 0,52 ^{aA}	9,55 ± 0,49 ^{aA}	0,08 ± 0,01 ^{bA}	89,01 ± 0,43 ^{aA}	0,65 ± 0,71 ^{cA}
CC	5,29 ± 0,07 ^{aB}	3,16 ± 0,52 ^{bB}	0,07 ± 0,01 ^{cC}	91,40 ± 2,12 ^{aA}	0,88 ± 0,06 ^{bC}
SC	-	-	0,36 ± 0,03 ^{aA}	44,99 ± 8,15 ^{bA}	1,07 ± 0,27 ^{aB}
PSA	5,19 ± 0,17 ^{bA}	7,25 ± 1,10 ^{aB}	0,09 ± 0,01 ^{cA}	94,29 ± 4,68 ^{aA}	0,25 ± 0,03 ^{bB}
CSA	5,39 ± 0,05 ^{aA}	3,33 ± 0,47 ^{bA}	0,12 ± 0,01 ^{bB}	91,73 ± 5,59 ^{aA}	0,77 ± 0,33 ^{aB}
SSA	-	-	0,34 ± 0,03 ^{aB}	50,37 ± 2,08 ^{bA}	0,78 ± 0,18 ^{aC}
PB	5,22 ± 0,08 ^{bA}	6,96 ± 0,30 ^{aB}	0,09 ± 0,004 ^{cA}	94,54 ± 2,12 ^{aA}	0,32 ± 0,04 ^{cB}
CB	5,43 ± 0,14 ^{aA}	3,85 ± 0,08 ^{bB}	0,13 ± 0,01 ^{bA}	92,55 ± 0,88 ^{aA}	1,07 ± 0,15 ^{bA}
SB	-	-	0,30 ± 0,002 ^{aC}	52,39 ± 2,09 ^{bA}	1,18 ± 0,06 ^{aA}

PC: Pulpa Común, CC: Corteza común, SC: Semilla común. PSA: Pulpa Santa Amelia, CSA: Corteza Santa Amelia, SSA: Semilla Santa Amelia. PB: Pulpa Baby, CB: Corteza baby, SB: Semilla Baby. Los datos están expresados como la media ± desviación estándar. Letras minúsculas corresponden a comparaciones entre las partes de la misma variedad, mientras que las letras mayúsculas corresponden a las comparaciones entre la misma parte de las diferentes variedades. Letras diferentes representan diferencia significativa según la prueba Tukey ($p < 0,05$).

En cuanto a la caracterización fisicoquímica de la sandía (Tabla 2) el pH no presentó diferencia significativa entre las pulpas de las tres variedades; a diferencia de la corteza que sí presentó diferencia entre la variedad C con las otras dos variedades. Comparando dichos valores con lo reportado en la literatura, el pH de la pulpa de la sandía con 30 días de pos cosecha registra un valor de 5,33 (Soteriou et al., 2014) mientras que la corteza registra un valor de 5,10 (Lakshmiathy & Sarada, 2016), valores similares a los experimentales.

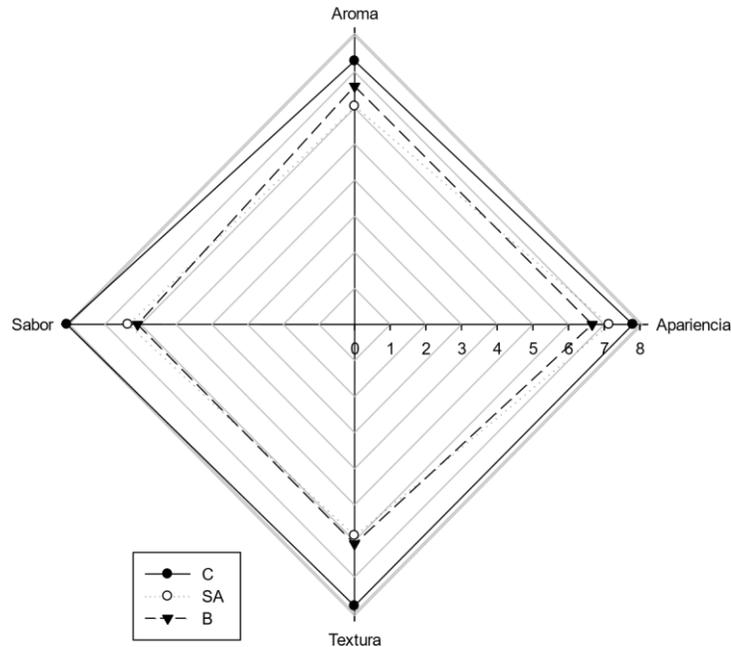
Para los sólidos solubles totales en la pulpa la variedad C presentó mayor contenido (Tabla 2), siendo la pulpa la parte de la fruta con mayor contenido de sólidos solubles para todas las variedades, respecto a los datos teóricos los

valores de sólidos solubles para la pulpa se encuentran en rango de (9,36 - 10,16) y para la corteza de (4,02 - 5,04) (Tarazona-Díaz et al., 2011), los cuales son levemente superiores a lo determinado en el presente estudio, esto puede deberse al tipo cultivo que ha sido sometido cada una de las variedades (Tarazona-Díaz et al., 2011), así como a las condiciones edafoclimáticas.

Igualmente, la acidez titulable tampoco presentó diferencia significativa entre las pulpas de las diferentes variedades, pero si presentó una diferencia significativa entre las cortezas, siendo la variedad C la que presentó menor contenido de ácido málico en dicha parte. Las semillas al igual que la corteza, presentaron diferencia significativa en la acidez titulable para las tres variedades y a su vez, son la parte que mayor contenido de ácido málico presentó. Según lo descrito en la literatura los datos reportados para acidez titulable son de 0,12 % ácido málico en pulpa para una sandía con 30 días de poscosecha (Soteriou et al., 2014) y de 0,11 – 0,13 % ácido málico para la corteza (Tarazona-Díaz et al., 2011), dichos datos son similares a los obtenidos experimentalmente.

Finalmente, en cuanto a la humedad y a las cenizas de la sandía se puede decir que la pulpa es la parte de la fruta que presenta mayor contenido de agua y a su vez menor contenido de cenizas, la semilla a diferencia de la pulpa es la parte que contiene menor porcentaje de humedad, pero mayor porcentaje de cenizas. (Tabla 2), lo mencionado anteriormente es corroborado por los datos hallados en la literatura que indican valores del porcentaje humedad para pulpa y semilla de $92,02 \pm 1,65$ (Naz, Sadiq Butt, Pasha, & Nawaz, 2013) y $7,62 \pm 0,63$ para semilla de la variedad Sugar Baby (Wani, Sogi, Shivhare, Ahmed, & Kaur, 2006), a su vez valores de cenizas de $0,27 \pm 0,03$ para la pulpa de la variedad Sugar Baby (Naz et al., 2013) y $3,76 \pm 0,89$ para la sandía para la variedad Kernel (Acar, Özcan, Kanbur, & Dursun, 2012).

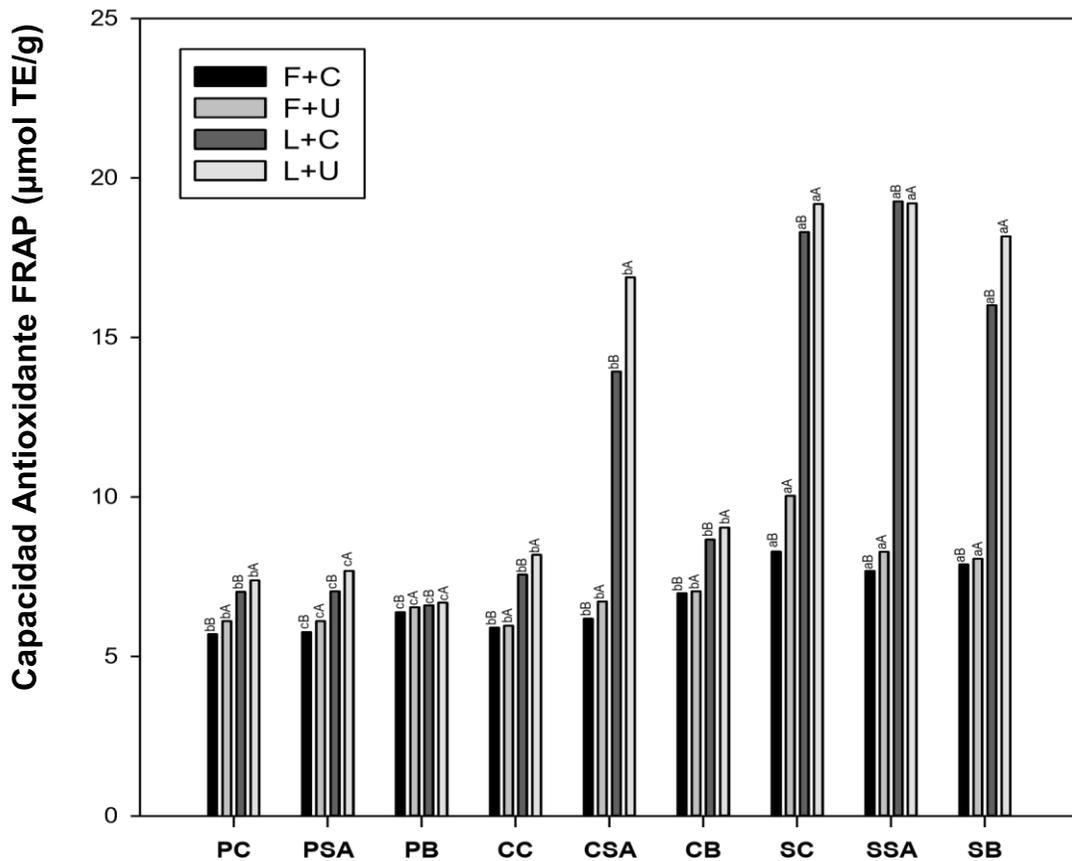
Análisis Sensorial



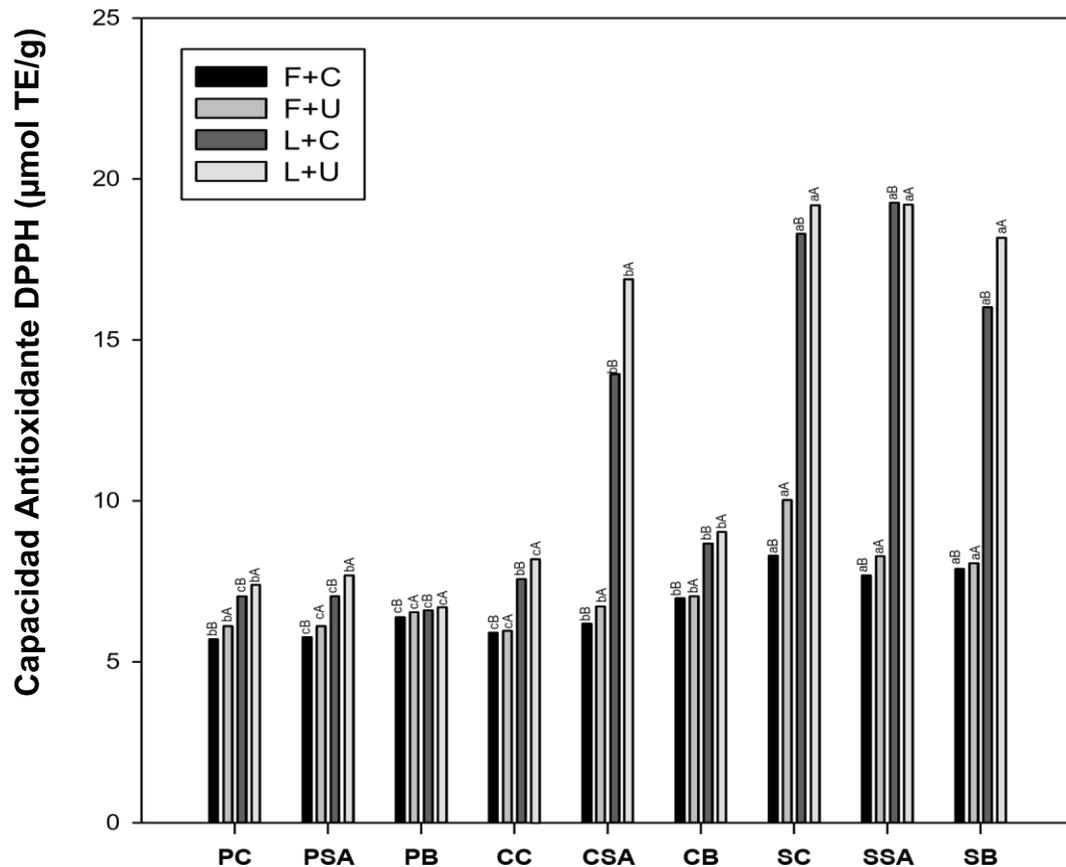
Gráfica 1. Atributos evaluados a las 3 variedades de sandía.

En cuanto a la apariencia se evidencian diferencias significativas únicamente entre la variedad C y la variedad B, obteniendo así un valor promedio de apariencia de $7,80 \pm 1,38$ para la variedad C y de $6,6 \pm 2,12$ para la variedad B, lo que indica que la variedad C (Gráfica 1) según la escala hedónica tiene la mejor apariencia ante los panelistas. Para el aroma se evidenció diferencia significativa entre la variedad C y la variedad SA, siendo la variedad C mayor ($7,3 \pm 1,75$) que la variedad SA ($6,05 \pm 2,20$), a su vez la variedad B presentó un valor promedio de $6,66 \pm 1,9$. Finalmente, en cuanto el sabor y la textura presentaron diferencia significativa entre las variedades C y B y entre las variedades C y SA siendo nuevamente la variedad C la mejor en estos aspectos según los panelistas ya que arrojaron un valor de $8,06 \pm 1,13$ y de $7,8 \pm 1,17$ respectivamente.

Según lo descrito anteriormente y lo que se evidencia en la gráfica 1 la sandía que mejor aceptación tiene en el mercado en todos los aspectos es la variedad C. No obstante, todas las variedades presentaron valores superiores a 6, lo que las hace sensorialmente aceptable.



Gráfica 2. Capacidad antioxidante FRAP (fresco y liofilizado; convencional, las tres variedades y las tres partes de la fruta). F+C= fresco+ convencional; F+U= fresco + ultrasonido, L+C= liofilizado + convencional, L+U= liofilizado + ultrasonido. Ensayo de FRAP en variedades de sandía. Letras iguales en el mismo pretratamiento no presentan diferencia significativa por el test de Tukey con un 5% de probabilidad. Donde, PSA: Pulpa Santa Amelia, PB: Pulpa Baby, PC: Pulpa común, CSA: Corteza Santa Amelia, CB: Corteza Baby, CC: corteza común, SC: semilla común, SSA: semilla santa Amelia, SB: semilla Baby.

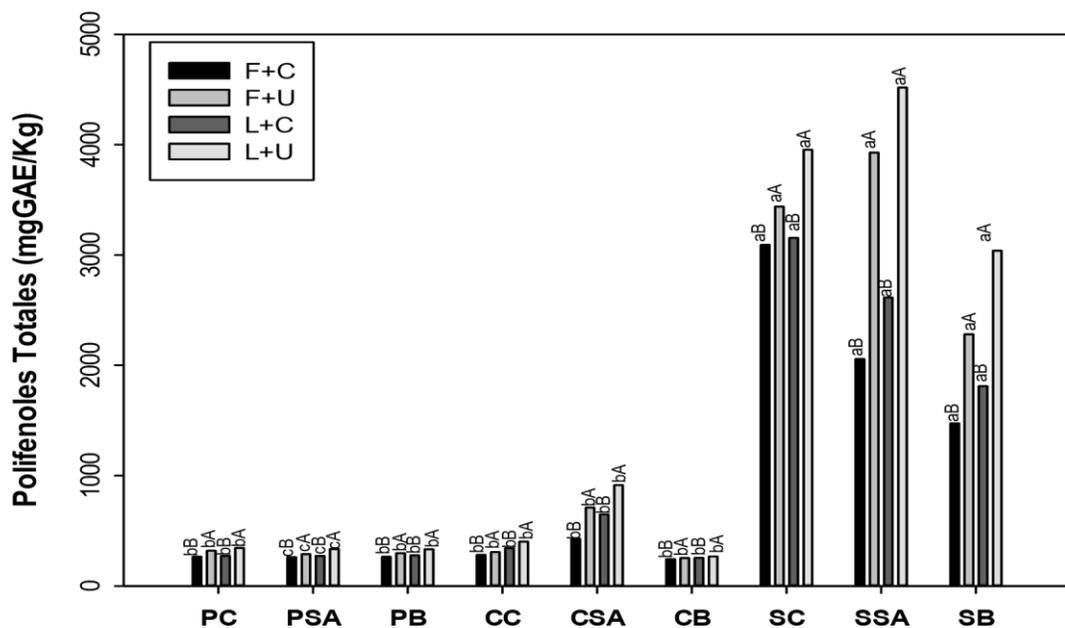


Gráfica 3. Capacidad antioxidante DPPH (fresco y liofilizado; convencional, las tres variedades y las tres partes de la fruta). F+C= fresco+ convencional; F+U= fresco + ultrasonido, L+C= liofilizado + convencional, L+U= liofilizado + ultrasonido. Ensayo de DPPH en variedades de sandía. Letras iguales en el mismo pretratamiento no presentan diferencia significativa por el test de Tukey con un 5% de probabilidad. Donde, PSA: Pulpa Santa Amelia, PB: Pulpa Baby, PC: Pulpa común, CSA: Corteza Santa Amelia, CB: Corteza Baby, CC: corteza común, SC: semilla común, SSA: semilla santa Amelia, SB: semilla Baby.

La capacidad antioxidante de los extractos frescos y liofilizados fue determinada por los ensayos FRAP y DPPH (Gráficas 2 y 3) Según lo reportado en la literatura, se evidencian valores de $55,26 \pm 2,06 \mu\text{mol TE} / 100\text{g} = 0,55 \mu\text{mol TE/g}$ para pulpa de la variedad Sugar Baby (Nagal et al., 2012), de $5 \text{ mgTE/g} = 20 \mu\text{mol TE/g}$ para la corteza de cultivar de sandía pulpa de roja de India secada a 45°C por 24 h (Ang, Lam, Sia, Khoo, & Yim, 2012). En este caso, los extractos liofilizados sometidos a extracción por ultrasonido son los que mayor rendimiento presentaron, con un 6,54 % para pulpa, un 7,01% para corteza y un 14,10% para semilla por encima de la extracción convencional y materia prima seca

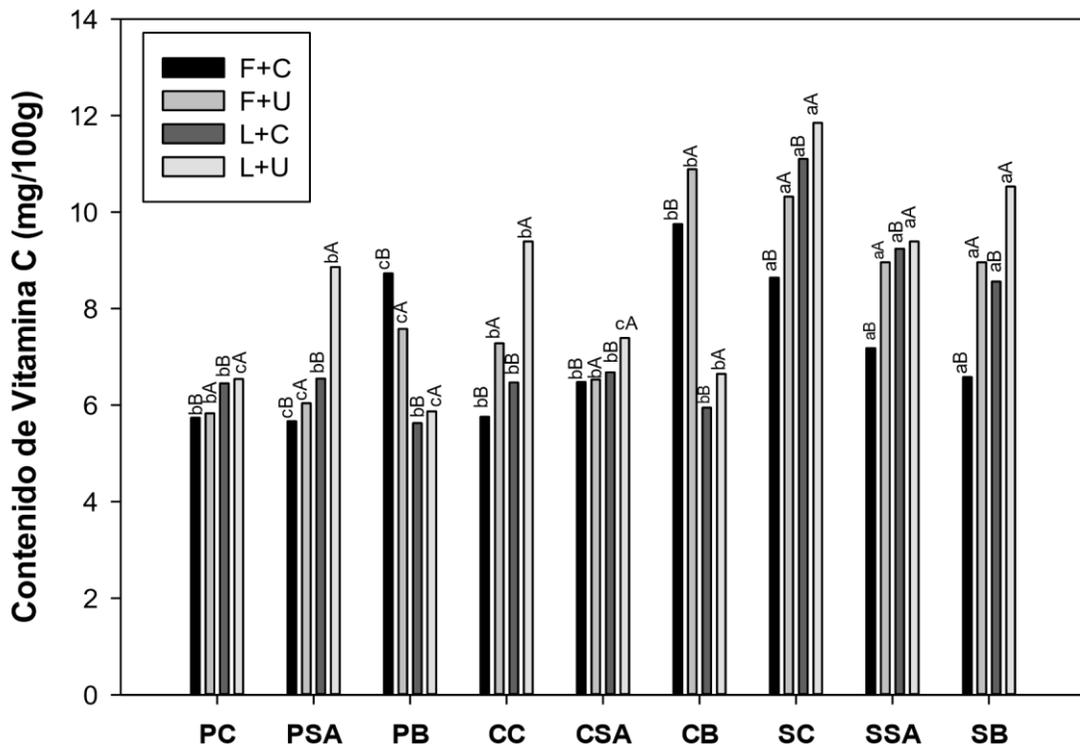
empleando el método FRAP, además, se puede evidenciar (Gráfica 2) que en las tres variedades la parte que más contiene antioxidantes es la semilla sin importar el tipo de variedad, extracción y pretratamiento al que se someta. Según estudio realizado de 24 frutas exóticas de Colombia, registraron una capacidad antioxidante (FRAP) de $3,25 \pm 0,37$, $3,50 \pm 0,32$ y $3,71 \pm 0,35$ $\mu\text{mol TE/g}$ (Contreras-Calderón, Calderón-Jaimes, GuerraHernández, & García-Villanova, 2011) para cassabanana, zapote costero y papaya de montaña respectivamente, dichos valores son menores con respecto a la sandía

De igual manera, en la determinación de la capacidad antioxidante según el método DPPH, los extractos sometidos a liofilización y extraídos por ultrasonido que presentaron mayor rendimiento fueron la pulpa y la corteza de la variedad SA con valores de $8,85 \pm 0,01$ $\mu\text{molTE/g}$ y $13,36 \pm 0,01$ $\mu\text{molTE/g}$ respectivamente y de $14,97 \pm 0,01$ para la semilla de la variedad SB, así mismo, respecto a los datos reportados de capacidad antioxidante con el método de DPPH por el estudio realizado a cultivares provenientes de la India se reportó un valor de $58,32 \pm 2,02$ $\mu\text{mol TE/100g} = 0,58 \pm 2.02$ $\mu\text{molTE/g}$ para la pulpa (Ang et al., 2012), donde los datos obtenidos experimentalmente no son similares con los reportado en la literatura (Gráfica 3), pese a que la información de la capacidad antioxidante de la semilla mediante los ensayos de FRAP y DPPH son bastante limitados se realizó una comparación de la semilla de cassabana que al igual que la sandía pertenece a la familia de las cucurbitáceas arrojando un valor de $4,93 \pm 0,11$ $\mu\text{molTE/g}$ (Contreras-Calderón et al., 2011), mientras que experimentalmente la sandía arrojó un valor de $19,20 \pm 0,01$ $\mu\text{molTE/g}$ de la variedad SA siendo este el mayor valor de capacidad antioxidante de las 3 variedades.



Gráfica 4. Contenido de Polifenoles Totales (fresco y liofilizado; convencional, las tres variedades y las tres partes de la fruta). F+C= fresco+ convencional; F+U= fresco + ultrasonido, L+C= liofilizado + convencional, L+U= liofilizado + ultrasonido. Ensayo de Polifenoles Totales en variedades de sandía. Letras iguales en el mismo pretratamiento no presentan diferencia significativa por el test de Tukey con un 5% de probabilidad. Donde, PSA: Pulpa Santa Amelia, PB: Pulpa Baby, PC: Pulpa común, CSA: Corteza Santa Amelia, CB: Corteza Baby, CC: corteza común, SC: semilla común, SSA: semilla santa Amelia, SB: semilla baby.

La parte de la sandía que mayor contenido de polifenoles presenta es la semilla, pues esta evidencia una gran diferencia con respecto a la pulpa y a la corteza, los mayores valores obtenidos mediante el pretratamiento de liofilización y extracción asistida por ultrasonidos son de $344,61 \pm 1,29$ mg GAE/ Kg para la pulpa de la variedad C, de $913,15 \pm 1,56$ mg GAE/Kg para la corteza y de $4518,58 \pm 1,82$ mg GAE/Kg para la semilla de la variedad SA, respecto a los datos teóricos la pulpa reporta un contenido de polifenoles totales de $11,63 \pm 1,00$ mg GAE/100g, la corteza de $25,47 \pm 1,06$ mg GAE/100g y la semilla de $1494 \pm 19,9$ mg GAE/100g, dichos datos son mucho menores a los experimentales ya que presentan una diferencia propia de una cuantificación por extracción convencional y sin ningún pretratamiento (Tabiri et al., 2016). En relación al contenido de polifenoles en distintas frutas colombianas cuantificado por Zapata, Piedrahita Y Rojano (2014), el durazno ($30,5$ mg GAE /100g) y la maracuyá ($39,1$ mg GAE /100g) presentan una cantidad menor con respecto a la sandía lo cual es una ventaja ya que estos compuestos están asociados a la prevención de enfermedades cardiovasculares y cerebrovasculares debido a la presencia de radicales libres(Zapata, Piedrahita, & Rojano, 2014).



Gráfica 5. Contenido de Vitamina C (fresco y liofilizado; convencional, las tres variedades y las tres partes de la fruta). F+C= fresco+ convencional; F+U= fresco + ultrasonido, L+C= liofilizado + convencional, L+U= liofilizado + ultrasonido. Ensayo de Vitamina C en variedades de sandía. Letras iguales en el mismo pretratamiento no presentan diferencia significativa por el test de Tukey con un 5% de probabilidad. Donde, PSA: Pulpa Santa Amelia, PB: Pulpa Baby, PC: Pulpa común, CSA: Corteza Santa Amelia, CB: Corteza Baby, CC: corteza común, SC: semilla común, SSA: semilla santa Amelia, SB: semilla Baby.

El contenido de vitamina C cuantificado en los extractos liofilizados por ultrasonido presentó un rendimiento de 17,04 % para pulpa, 22,50% para corteza y 22,41% para semilla más que la extracción convencional de materia prima seca (Gráfica 5), dichos valores son muy cercanos a los reportados por la literatura (pulpa $9,39 \pm 0,59$ mg AC/100g), corteza $5,28 \pm 0,00$ mg AC/100g y semilla $7,63 \pm 0,59$ mg AC/100g), dichos valores fueron obtenidos a partir de pretratamientos de secado a $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Johnson et al., 2013), pese a que la sandía presenta menor contenido de vitamina C respecto a la papaya de montaña ($32,08 \pm 0,00$ mg AA/100g) (Contreras-Calderón et al., 2011), sin embargo, con respecto al aguaje ($1,55 \pm 0,0$ mg AA/100g) y la arrayana ($2,19 \pm 0,00$ mg AA/100g) su contenido de vitamina C es mucho mayor (Contreras-Calderón et al., 2011).

A continuación, se muestra en la tabla 3 un resumen de los porcentajes de extracción obtenidos en las tres variedades de sandía utilizando el tratamiento de ultrasonido, comparado con los valores obtenidos en el método convencional.

Tabla.3 Aumento de la extracción con la técnica de ultrasonido (%)

Muestra	Tratamiento	FRAP	DPPH	POLIFENOLES	VITAMINA C
PC	F+U	5,12	5,21	20,46	1,39
	L+U	7,19	16,29	26,97	1,57
PSA	F+U	6,07	12,10	9,84	6,53
	L+U	9,09	12,59	23,33	35,26
PB	F+U	2,35	3,83	12,02	4,26
	L+U	3,36	16,25	20,02	14,29
CC	F+U	1,02	4,35	9,01	26,38
	L+U	8,19	9,76	17,31	45,13
CSA	F+U	2,18	2,65	40,87	0,77
	L+U	8,56	45,85	66,91	10,62
CB	F+U	0,86	4,93	4,43	1,83
	L+U	4,27	12,48	4,72	11,76
SC	F+U	4,81	9,32	11,25	6,75
	L+U	20,98	28,78	25,35	19,44
SSA	F+U	0,31	7,92	72,87	1,62
	L+U	7,81	21,25	90,95	24,79
SB	F+U	2,15	9,45	54,72	12,41
	L+U	13,49	9,83	67,77	23,01

PC: Pulpa común, PSA: Pulpa Santa Amelia, PB: Pulpa Baby

Según estudio realizado para la determinación de compuestos bioactivos en el bálsamo de limón y hojas de menta a partir de extracción convencional y extracción asistida por ultrasonidos, se evidenció un aumento significativo del 60 % para el contenido total de polifenoles(Žlabur et al., 2016), datos similares a los obtenidos experimentalmente (Tabla 3) donde se evidencia un aumento en la extracción asistida por ultrasonido en comparación con la extracción convencional.

Finalmente, se muestra en la tabla 4, a modo de resumen la comparación de la parte comestible de las 3 variedades.

Tabla.4 Comparación final entre variedades.

Muestra	Sólidos soluble totales (°Brix)	Índice de color (IC)	Capacidad antioxidante DPPH ($\mu\text{M TE/g}$)	Capacidad antioxidante FRAP ($\mu\text{M TE/g}$)	Polifenoles (mgGAE/Kg)	Vitamina C (mg/100g)	Sensorial Aceptación general
PC	9,55 \pm 0,49	31,25 \pm 2,96	7,92 \pm 0,01	7,39 \pm 0,01	344,61 \pm 1,29	6,54 \pm 0,05	9
PSA	7,25 \pm 1,10	38,20 \pm 4,01	13,39 \pm 0,01	7,68 \pm 0,01	335,30 \pm 1,37	8,86 \pm 0,03	7
PB	6,96 \pm 0,30	36,38 \pm 4,19	7,31 \pm 0,01	6,69 \pm 0,01	332,20 \pm 0,78	5,87 \pm 0,14	7

PC: Pulpa común, PSA: Pulpa Santa Amelia, PB: Pulpa Baby

CONCLUSIONES

A partir de la caracterización fisicoquímica de las tres variedades de sandía, la variedad C es la que mayor contenido de sólidos solubles totales presenta (9,55 \pm 0,49 °Brix) por ello fue la variedad que tuvo mayor acogida por el público en el panel sensorial. por otro lado, la parte de la sandía que mayor contenido de humedad presenta es la pulpa (94,54 \pm 2,12 variedad B) y la de mayor contenido de cenizas es la semilla (1,18 \pm 0,06 variedad B) lo que representa un mayor contenido de minerales en dicha parte.

La parte de la sandía que presenta mayor contenido de compuestos bioactivos es la semilla, en cuanto a la capacidad antioxidante la variedad SA registró un valor de 19,20 \pm 0,02 con el método FRAP y la variedad B de 14,97 \pm 0,01 con el método DPPH, para polifenoles totales el mayor contenido fue el de la variedad SA (4518,58 \pm 1,82) y mayor contenido de vitamina C fue el de la variedad C (11,85 \pm 0,06), dichos valores fueron obtenidos mediante un pretratamiento de liofilización y extracción asistida por ultrasonidos ya que es el método que mejor rendimiento presenta. Sin embargo, la semilla fresca y extraída convencionalmente también presentó un alto contenido de compuestos bioactivos lo indica que dicha parte puede ser empleada para la obtención de extractos ricos en dichos compuestos y así mismo aprovechar el beneficio a la salud que representa este desperdicio.

Respecto al aumento que presenta la extracción asistida por ultrasonidos sobre la extracción convencional depende del pretratamiento al que sea sometido la fruta (Tabla 3), donde los mayores valores de porcentaje corresponden a las extracciones asistidas por ultrasonidos y sometidas al pretratamiento de liofilización, esto se debe a que dicho pretratamiento sin dañar la estructura de la fruta permite un rompimiento en su matriz y a su vez facilita la liberación y extracción de los compuestos bioactivos allí presentes.

REFERENCIAS

- Acar, R., Özcan, M. M., Kanbur, G., & Dursun, N. (2012). Some physico-chemical properties of edible and forage watermelon seeds. *Iranian Journal of Chemistry and Chemical Engineering*, 31(4), 41–47.
- Aguayo, E., Escalona, V. ., & Artés, F. (2004). Metabolic Behavior and Quality Changes. *Journal of Food Science*, 69(4), 152.
- Ainsworth, E., & 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/doi:10.1038/nprot.2007.102>
- Ang, Y. K., Lam, P. Y., Sia, C. M., Khoo, H. E., & Yim, H. S. (2012). Comparison of antioxidant properties between red and yellow flesh watermelon rinds by different extraction conditions. *Carpathian Journal of Food Science and Technology*, 4(2), 52– 62.
- Başlar, M., & Ertugay, M. F. (2013). The effect of ultrasound and photosonication treatment on polyphenoloxidase (PPO) activity, total phenolic component and colour of apple juice. *International Journal of Food Science and Technology*, 48(4), 886–892. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12015>
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Respostas Perceptivas E. *LWT - Food Science and Technology*, 28(1), 25–30. [https://doi.org/10.1016/S00236438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S00236438(95)80008-5)
- Castañeda, C., Martínez, J. ., & Puerta, N. (2016). Pérdida y desperdicio de alimentos en Colombia. In *Sinergia*.
- Contreras-Calderón, J., Calderón-Jaimes, L., Guerra-Hernández, E., & García-Villanova, B. (2011). Antioxidant capacity, phenolic content and vitamin C in pulp, peel and seed from 24 exotic fruits from Colombia. *Food Research International*, 44(7), 2047–2053. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.11.003>
- CORPOICA. (2000). El cultivo de la sandía o patilla (*Citrullus lanatus*) en el departamento del Meta. *Manual de Asistencia Técnica.*, (07), 26.
- Gill, N., Bansal, R., Garg, M., Sood, S., Muthuraman, A., & Bali, M. (2012). Evaluation of antioxidant, anti-inflammatory and analgesic potential of *Citrullus lanatus* seed extract in rodent model. *The Internet Journal of Nutrition and Wellness*, 9(2), 1–7. <https://doi.org/10.5580/1dac>
- Icontec. (2004). *Sulphur. Determination of ash.*
Retrieved from
<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat00809a&AN=ujtl.204411&site=eds-live>
- Johnson, J. T., Lennox, J. ., Ujong, U. ., Odey, M. O., Fila, W. O., Edem, P. N., & Dasofunjo, K. (2013). Comparative Vitamins Content of Pulp, Seed and Rind

- of Fresh and Dried Watermelon (*Citrullus Lanatus*). *International Journal of Science and Technology*, 2(1), 99–103.
- Lakshmipathy, R., & Sarada, N. C. (2016). Methylene blue adsorption onto native watermelon rind: batch and fixed bed column studies. *Desalination and Water Treatment*, 57(23), 10632–10645. <https://doi.org/10.1080/19443994.2015.1040462>
- Martinez, I., Alacid, F., Tarazoná -Díaz, M. P., Aguayo, E., & Carrasco, M. (2013). Correction to Watermelon Juice: Potential Functional Drink for Sore Muscle Relief in Athletes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(46), 11241–11241. <https://doi.org/10.1021/jf404856b>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2016). Área Sembrada Y Área Cosechada Del Cultivo De Patilla 2007-2016. *Agronet*, 4. Retrieved from <http://www.agronet.gov.co/Documents/Patilla.pdf>
- Mohsenin, N. N. (1986). *Physical Properties of Plant and Animal Materials: Structure, Physical Characteristics, and Mechanical Properties* (2nd ed., Vol. 31; G. and B. S. Publishers, ed.). Retrieved from http://books.google.co.nz/books/about/Physical_Properties_of_Plant_and_Animal.htm?l?id=TqAOAAAAQAAJ&pgis=1
- Nagal, S., Kaur, C., Choudhary, H., Singh, J., Bhushan Singh, B., & Singh, K. N. (2012). Lycopene content, antioxidant capacity and colour attributes of selected watermelon (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Mansfeld) cultivars grown in India. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 63(8), 996–1000. <https://doi.org/10.3109/09637486.2012.694848>
- Naz, A., Sadiq Butt, M., Pasha, I., & Nawaz, H. (2013). Antioxidant indices of watermelon juice and lycopene extract. *Pakistan Journal of Nutrition*, Vol. 12, pp. 255–260. <https://doi.org/10.3923/pjn.2013.255.260>
- Olamide, A., & Olayemi, O. (2011). Effects of methanolic extract of *Citrullus lanatus* seed on experimentally induced prostatic hyperplasia. *European Journal of Medicinal Plants*, 1(4), 171–179. Retrieved from <http://www.cabdirect.org/abstracts/20123042942.html>
- Quek, S. Y., Chok, N. K., & Swedlund, P. (2007). The physicochemical properties of spraydried watermelon powders. *Chemical Engineering and Processing: Intensification*, 46(5), 386–392. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2006.06.020>

- Robles-Ozuna, L. ., & Ochoa-Martinez, L. A. (2012). ULTRASONIDO Y SUS APLICACIONES EN EL PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 13, 109.
- Rodríguez, Z., Robaina, M., Jáuregui-Haza, U., Blanco-González, A., & RodríguezChanfrau, J. (2014). Empleo de la radiación ultrasónica para la extracción de compuestos bioactivos provenientes de fuentes naturales. Estado actual y perspectivas/Use of ultrasound radiation for extraction of bioactive compounds from natural sources. *Revista CENIC Ciencias Químicas*, 45(1), 140. Retrieved from <http://revista.cnic.edu.cu/revistaCQ/articulos/empleo-de-la-radiación-ultrasónica-parala-extracción-de-compuestos-bioactivos>
- Soteriou, G. A., Kyriacou, M. C., Siomos, A. S., & Gerasopoulos, D. (2014). Evolution of watermelon fruit physicochemical and phytochemical composition during ripening as affected by grafting. *Food Chemistry*, 165, 282–289. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.04.120>
- Tabiri, B., Agbenorhevi, J. K., Wireko-Manu, D., F., Ompouma, & I., E. (2016). Watermelon Seeds as Food: Nutrient Composition, Phytochemicals and Antioxidant Activity. *International Journal of Nutrition and Food Sciences*, 5(2), 141. <https://doi.org/10.11648/j.ijnfs.20160502.18>
- Tarazona-Díaz, M. P., Viegas, J., Moldao-Martins, M., & Aguayo, E. (2011). Bioactive compounds from flesh and by-product of fresh-cut watermelon cultivars. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(5), 805–812. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4250>
- Vignoni, L. A., Césari, R. M., Forte, M., & Mirábile, M. L. (2006). Determinación de Índice de Color en Ajo Picado. *Información Tecnológica*, 17(6). <https://doi.org/10.4067/S071807642006000600011>
- Wani, A. A., Sogi, D. S., Shivhare, U. S., Ahmed, I., & Kaur, D. (2006). Moisture adsorption isotherms of watermelon seed and kernels. *Drying Technology*, 24(1), 99–104. <https://doi.org/10.1080/07373930500538881>
- Yepes, S., Montoya, L., & Sánchez, F. (2008). Valorización De Residuos Agroindustriales - Frutas- En Medellín Y El Sur Del Valle Del Aburrá. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 61(1), 4422–4431.
- Zapata, S., Piedrahita, A., & Rojano, B. (2014). Capacidad atrapadora de radicales oxígeno (ORAC) y fenoles totales de frutas y hortalizas de Colombia. *Perspectivas En Nutrición Humana*, 16(1), 25–36.
- Žlabur, J. Š., Voća, S., Dobričević, N., Plietić, S., Galić, A., Boričević, A., & Borić, N. (2016). Ultrasound-assisted extraction of bioactive compounds from lemon balm and peppermint leaves. *International Agrophysics*, 30(1), 95–104. <https://doi.org/10.1515/intag-2015-0077>