

Determinación de Compuestos Fenólicos y Capacidad Antioxidante de la *Vitis Rotundifolia* Michx

Eduardo Pastrana Bonilla

Ing. Agrícola, Ph.D.
Decano Facultad de Ingeniería,
Universidad Surcolombiana.



Resumen

Fruitas de diez cultivares de uvas muscadine (cinco de piel blanca y cinco de piel púrpura) producidas en el sur del estado de Georgia (EEUU) fueron separadas en sus partes: piel, semilla y pulpa. Cada parte frutal, así como hojas, de las correspondientes variedades y los principales compuestos fenólicos fueron extraídos para ser analizadas en un cromatógrafo líquido de alta presión (HPLC).

Los Fenólicos Totales fueron determinados colorimétricamente usando el reactivo de Folin-Ciocalteu. Las Antocianinas Totales fueron determinadas mediante un método de diferencial de pH, usando un espectrofotómetro de Ultravioleta-Visible. La capacidad antioxidante fue determinada mediante el ensayo de Capacidad Antioxidante Equivalente al Trolox (TEAC).

Palabras Claves: Antocianinas totales, Capacidad Antioxidante, Muscadina, Polifenoles, TEAC, Uvas, *Vitis rotundifolia*.

Abstract

Fruits of ten cultivars of muscadine grapes (five bronze-skin and five purple-skin) grown in South Georgia (USA) were separated into skin, seed and pulp. Each fruit part and the leaves from the corresponding varieties were extracted for HPLC analysis of major phenolics. Total phenolics were determined colorimetrically using Folin-Ciocalteu reagent. Total anthocyanins were determined by a pH-differential method, using a UV-visible spectrophotometer. Antioxidant capacity was determined by the TEAC (Trolox equivalent antioxidant capacity) assay.

Introducción

La uva muscadina (*Vitis rotundifolia Michx.*) es nativa del sureste de los Estados Unidos, sus vigorosos tallos pueden crecer hasta 30 metros en estado silvestre, difieren botánicamente de otras variedades de uvas y han sido ubicadas en un sub-género separado, Muscadinia. Las frutas son redondas y pueden alcanzar hasta 4 centímetros de diámetro, tienen pieles gruesas y duras y suelen tener hasta 5 semillas. La Estación Agrícola Experimental de Georgia y el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos han introducido varias variedades mejoradas que actualmente son consideradas cultivares estándar (California rare fruit growers, Inc. 1999).

La vid contiene una gran cantidad de fitonutrientes, muchos de ellos con propiedades antioxidantes. Los compuestos antioxidantes incluyen vitaminas, compuestos fenólicos, carotenoides y flavonoides. Dentro del último grupo, flavones, isoflavones, flavonones, flavonoles, antocianinas y catequinas son los más importantes, además de exhibir sustancial actividad antioxidante (Cao y Wang. 1997). La importancia de los compuestos antioxidantes recae en el hecho que pueden prevenir enfermedades cardiovasculares (Schramm. et al.1998). Los compuestos fenólicos son metabolitos secundarios de las plantas, encontrados en su mayoría en frutas, vegetales y hojas usadas para la preparación de tés (Amakura. 2000). A pesar que muchas plantas han sido la base terapéutica de la medicina tradicional (Zheng. 2001), los efectos positivos de los antioxidantes encontrados en frutas y vegetales fue demostrado por Ames et al. (1993) y Hertog et al. (1993 y 1995).

En años recientes, muchos estudios han demostrado que los radicales libres son los principales causantes de enfermedades degenerativas tales como varias formas de cáncer, enfermedades cardiovasculares, y enfermedades neurológicas (Prior.1998). Los antioxidantes de origen vegetal trabajan como trampas de oxígenos single y triplet y de

radicales libres, como descomponedores de peróxidos y como inhibidores de enzimas (Wang.2000). Muchos de sus efectos biológicos protectores se derivan de sus funciones antioxidantes (Velioglu.1998). Hay un marcado interés en el conocimiento del contenido de compuestos fenólicos con la idea de incrementar su potencial como alimentos funcionales o nutraceuticos.

Hay pocas publicaciones sobre el contenido fenólico de las uvas. Ector et al. (1995), Meepagala et al. (2002), Goldy et al. (1987), y Talcott y Lee (2002) representan algunos de los reportes sobre contenido fenólico de esta variedad de uva. Este artículo representa uno de los pocos intentos por medir el contenido polifenólico de la uva muscadina y de su capacidad antioxidante. El objetivo de este estudio es determinar los principales compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante tanto en las frutas como en las hojas de la uva muscadina.

Materiales y Métodos

Reactivos

Compuestos estándar de (+) catequina (pureza 95%), (-) epicatequina (pureza 90%), ácido gálico (pureza 90%), ácido elágico (pureza 95%), miricetina (pureza 85%), quercetina (pureza 98%), kampferol (pureza 90%) y trans-resveratrol (pureza 95%), fueron adquiridos a Fluka (Milwaukee, WI) y a Sigma (St. Louis, MO). Trolox (6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcroman-2-ácido carboxílico), y ABTS (2,2'-azinobis(3-etilbenzotiazolina 6-ácido sulfónico) sal diamónica fueron comprados a Fluka (Milwaukee, WI). Acetonitrilo, metanol, y agua (grado HPLC) fueron comprados a Fisher Scientific (Norcross, GA).

Muestras

Frutas y hojas de cinco cultivares de uvas muscadina blancas (Carlos, Early Fry, Fry Summit y Late Fry), y 5 de uvas muscadina púrpuras (Paulk, Cowart, Supreme, Ison y Noble), cultivadas en el sur del estado de

Georgia (EEUU) fueron utilizadas en este estudio. Las frutas y hojas fueron cosechadas en su estado de madurez comercial. Cinco kilogramos de frutas de cada cultivar fueron homogenizados y separados en submuestras de 500 g. Las frutas de cada submuestra fueron separadas en pulpa, semilla y piel con el objetivo de determinar el porcentaje de cada parte con respecto al peso total de la fruta. Las partes de las frutas fueron empacadas, rotuladas y almacenadas a -20°C en un cuarto frío oscuro para posterior análisis. Muestras de cada parte frutal fueron sometidas, por triplicado, al proceso de extracción que se describe más adelante en el artículo. Los porcentajes de cada parte frutal fueron usados para el cálculo de los principales compuestos fenólicos (determinados individualmente), fenólicos totales, antocianinas totales, capacidad antioxidante y de la materia seca de la fruta entera.

Determinación de los principales compuestos fenólicos

Muestras de 1 g de pieles, 0.5 g de semillas, 0.5 g de hojas o 2 g de pulpas, fueron convertidas en una pasta fina usando un mortero de porcelana y diluidas con una solución de 20% HCl 6N y 80% metanol. Las muestras fueron mezcladas mediante un agitador de vórtice durante 1 minuto y luego colocadas en un baño-maría con agitador graduado a 60°C y 200 rpm durante 2 h con el objetivo de producir una hidrólisis ácida de los glucósidos de los flavonoides para obtener la forma libre de azúcar.

Finalmente, las muestras fueron de nuevo movidas con el agitador de vórtice durante un minuto para asegurar la maximización del proceso de extracción. Una vez obtenidos los extractos, éstos fueron filtrados a través de filtros de nylon tipo jeringa de 0.2-micrones, y luego inyectados en un sistema de Cromatografía Líquida de Alta Presión (HPLC) HP1090 (Hewlett-Packard, Avondale, PA) con detectores de arreglo de diodos y de fluorescencia. Las fases móviles fueron: solvente A: metanol/ácido

acético/agua (10:2:88, v/v/v), solvente B: acetonitrilo y, solvente C: agua. Un gradiente lineal útil para la separación de compuestos fenólicos fue programado de la siguiente forma: a 0 min 100% de solvente A, a 5 min 90% solvente A y 10% del solvente B, y a los 25 min 30% solvente A y 70% solvente B, con 5 min de 100% solvente C entre análisis. La rapidez del flujo fue de 1 mL/min. Una columna Beckman Ultrasphere C18 ODS 4.6 x 250 mm fue usada y ajustada a una temperatura de 40°C . El volumen de inyección fue de 20 μL . Todos los procesos de extracción y análisis fueron ejecutados en la oscuridad para proteger a los compuestos fenólicos de una posible fotodegradación.

Análisis de fenólicos totales

Muestras de las pastas descritas en la sección anterior, tanto de las partes de las frutas como de hojas de la vid fueron extraídas en HCl al 2% en metanol durante 24 horas en un lugar oscuro y a una temperatura de 25°C . Los extractos fueron diluidos con el mismo solvente usado para la extracción hasta obtener una concentración adecuada para el análisis. Los fenólicos totales fueron determinados usando el método del reactivo de Folin-Ciocalteu (Singleton, 1965). 200 μL de extracto fueron introducidos en un tubo de ensayo, 1.0 mL del reactivo de Folin Ciocalteu y 0.8 mL de carbonato de sodio (7.5%) fueron añadidos y todo el contenido fue mezclado y dejado en reposo durante 30 minutos. La absorbancia a 765 nm fue medida mediante un espectrofotómetro Shimadzu 300 UV-Vis (Shimadzu UV-1601, Norcross, GA). El contenido de fenólicos totales fue expresado como equivalentes de ácido gálico (EGA) en miligramos por gramo de muestra, usando una curva estándar de calibración generada con 100, 200, 300, y 400 mg/L de ácido gálico.

Análisis de antocianinas totales

Las partes de la uva (piel, semillas y pulpa) fueron extraídas en HCl al 2% en metanol durante 24 horas, siguiendo el método descrito por Revilla et al. (1998) como el más indicado

Determinación de Compuestos Fenólicos y Capacidad Antioxidante de la Vitis Rotundifolia Michx

para maximizar la extracción de antocianinas en uvas. El análisis de antocianinas totales fue realizado siguiendo el método descrito por Giusti y Wrolstad (2001). Extractos de piel y semillas fueron diluidos hasta una concentración adecuada para análisis mediante la adición de buffer de cloruro de potasio, pH 1, hasta que la absorbancia de la muestra estuviera dentro del rango lineal del espectrofotómetro. El cero del espectrofotómetro fue calibrado con agua destilada. Dos diluciones de cada muestra fueron preparadas, una con un buffer de cloruro de potasio, pH 1, y la otra con buffer de acetato de sodio, pH 4.5, y las diluciones se dejaron equilibrar durante 15 minutos. La absorbancia fue medida a 520 nm y 700 nm (corrección por turbidez). El blanco fue agua destilada, siguiendo el método de diferencial de pH descrito por Giusti y Wrolstad (2001).

Determinación de la Capacidad Antioxidante

La capacidad antioxidante fue determinada como TEAC (sigla Inglesa para Capacidad Antioxidante Equivalente al Trolox), siguiendo una ligera modificación al método descrito por Re et al. (1999). Trolox (6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromán-2-ácido carboxílico), un análogo de la vitamina E, fue usado como antioxidante estándar. ABTS (2,2'-azinobis(3-ethylbenzotiazolin-6-ácido sulfónico, sal diamoniacal) fue disuelto en agua a una concentración de 7 mM y se le permitió reaccionar con una solución de persulfato de potasio al 2.45 mM, durante 16 horas en un lugar oscuro. Esta reacción forma cationes radicales de ABTS (ABTS^{•+}). La solución de ABTS^{•+} fue diluida en etanol hasta obtener una absorbancia de 70 (+/- 0.02) a 734 nm. 1.980 mL de la solución diluida de ABTS^{•+} fueron tomados usando una pipeta automática y colocados en una celda de medición de cuarzo e iniciado el proceso de integración computarizada. Exactamente un minuto después, 20 µL de soluciones antioxidantes (muestras de extractos de partes de las frutas o de hojas de uva muscadina) o de estándar (Trolox) fueron añadidos y mezclados.

La lectura de absorbancia fue registrada por 6 minutos adicionales. El porcentaje de inhibición de absorbancia a 734 nm fue calculado y graficado como función de la concentración de antioxidantes y de Trolox para la calibración de capacidad antioxidante estándar. La relación entre el área bajo la curva para la reacción de un antioxidante específico y la correspondiente para Trolox dio la capacidad antioxidante relativa. Para efectos de calibración estándares de Trolox de concentraciones de 0, 300, 600, 900, 1200, y 1500 µM fueron preparados para obtener una concentración final en la celda de medición de 3, 6, 9, 12, y 15 µM, respectivamente (la muestra antioxidante corresponde al 1% del total de la solución en la celda de medición). Los datos obtenidos del espectrofotómetro fueron guardados como archivos de Excel (Microsoft Corporation). El área bajo la curva fue calculada usando el software TableCurve 2D V5.0 (SPSS Inc. Chicago, IL).

Determinación de Peso Seco

El peso seco de las muestras fue determinado siguiendo el método oficial AOAC 967.03, 1990. Para cada cultivar, 500 g de frutas fueron separadas en pulpas, semillas y cutículas. Cada fracción de parte de fruta fue pesada y la composición de la fruta (como porcentaje de sus partes) fue determinada. Aproximadamente 10 g de cada parte de fruta fueron secados, por triplicado, en un horno a 105 °C durante 16 horas. Al finalizar el tiempo de secado, las muestras fueron colocadas en un desecador y, una vez frías, fueron pesadas. El peso seco fue determinado como gramos de materia seca por gramo de muestra.

Análisis Estadístico

El análisis estadístico fue ejecutado usando el paquete de software Microsoft Excel (Microsoft Corporation).

Resultados y Discusión

Los principales compuestos fenólicos en las uvas muscadina fueron identificados por su tiempo de

retención y espectro característico. La cuantificación fue hecha con base en curvas de calibración de estándares externos construidas para cada uno de los compuestos analizados. Ácido elálgico, resveratrol, y los aglicones de miricetina, quercetina y kaempferol fueron encontrados en las pieles de las uvas, mientras (+) catequina, (-) epicatequina y ácido gálico fueron encontrados en las semillas.

La tabla 1, muestra los compuestos fenólicos en las uvas muscadinas. La tabla 2 muestra los fenólicos identificados en las pieles y semillas de los 10 cultivares seleccionados. El ácido elálgico fue el compuesto fenólico más abundante en las pieles de las uvas con concentraciones que van desde 6.2 hasta 22.2 mg/100 g PF (peso fresco); miricetina tuvo concentraciones desde 1.8 hasta 19.6 mg/100 g PF; quercetina varió desde 0.5 hasta 3.8 mg/100 g PF; kaempferol con concentraciones entre 0.2 y 3.0 mg/100 g PF; y *trans-resveratrol* tuvo la concentración más baja variando desde no detectado, en dos cultivares, hasta 0.2 mg/100 g PF. (Tablas 1 y 2).

Los compuestos fenólicos detectados en las semillas (Tablas 1 y 2) fueron (-) epicatequina, (+) catequina y ácido gálico. La concentración de (-) epicatequina varió desde 450.1 hasta 1897.6 mg/100 g PF; (+) catequina tuvo concentraciones entre 319.6 y 1424.7 mg/100 g PF; y el ácido gálico varió entre 2.2 y 11.5 mg/100 g PF. Los compuestos fenólicos en las hojas de la vid de la uva muscadina (Tabla 3) fueron miricetina, ácido elálgico, kaempferol, quercetina y ácido gálico. Miricetina varió entre 107.7 y 216.4 mg/100 g PF, lo cual es en promedio 50 veces su concentración en la uva y 18 veces la concentración en la piel de la uva.

El ácido elálgico se encontró en concentraciones entre 44.8 y 80.0 mg/100 g PF, correspondiente a 10 veces la concentración de este compuesto fenólico en las frutas y 4 veces la concentración en la piel de la uva. Kaempferol se encontró variando entre 5.7 y 11.5 mg/100g PF, correspondiendo a 32 veces su concentración en las uvas y 14 veces su concentración en la piel de la uva. El flavonol

quercetina varió entre 6.3 y 21.6 mg/100 g PF, equivalente a 13 veces la concentración en las uvas y 6 veces la concentración en la piel de la uva. El ácido gálico tuvo concentraciones entre 6.1 y 18.7 mg/100 g PF, lo cual es, en promedio, 29 veces su concentración en las uvas y aproximadamente la misma concentración encontrada en las semillas. Ningún compuesto fenólico (de los que fueron analizados) fue detectado en la pulpa de las uvas. Solo se encontraron diferencias varietales entre uvas blancas y púrpura en el caso de miricetina y el contenido de antocianinas totales. El contenido de miricetina fue más alto en las uvas blancas y las antocianinas totales fueron más altas en las uvas color púrpura. Las hojas de las dos variedades tuvieron contenidos de polifenólicos similares y no se encontró diferencia estadísticamente significativa.

Los valores de fenólicos totales fueron, en promedio, 5 veces más alto en las semillas que en las pieles y 80 veces más que en las pulpas (Tabla 4). Este resultado es debido a la alta concentración de catequinas en las semillas y la muy baja presencia de fenólicos en las pulpas. El valor relativamente alto de fenólicos totales en las pieles, en comparación con la suma de los compuestos individualmente detectados, indica que otros compuestos fenólicos que no fueron detectados en este estudio, están presentes en la piel. Las uvas tuvieron, en promedio, 50% menos contenido de polifenólicos que las hojas (Tabla 5), a pesar que las pieles y las semillas tuvieron niveles elevados de estos metabolitos. Es importante notar que en la industria vinícola o de producción de jugos de uva, las semillas y las pieles son descartadas como desecho. Estas partes pueden ser procesadas para usar su alto potencial como antioxidantes y ser vendidas en el mercado de los productos naturales con beneficios para la salud. De igual manera se puede hacer uso de las hojas de la vid, una vez que la planta es podada en diferentes estados de su desarrollo y al final de la época de cosecha.

El análisis de las antocianinas totales mostró que las uvas de piel blanca tuvieron contenido

muy bajo de este grupo de fenólicos en semillas y pieles y ningún contenido en las pulpas. En el caso de las uvas de piel púrpura, las pieles tuvieron altos contenidos de antocianinas el cual varió 65.5 y 177.0 mg/100 g PF expresado como cianidin-3 glucósido. Esto es correspondiente a 65 veces más antocianinas que en las pieles de las uvas blancas. El contenido de antocianinas totales fue 1.3 veces más alto en las semillas de las uvas púrpura que en las de las uvas blancas. Las tablas 4 y 5 muestran los resultados del análisis de antocianinas totales, entre otros.

Las tablas 4 y 5 también muestran los resultados del análisis de capacidad antioxidante. Los valores promedio fueron 12.8, 281.3, 2.4, 15.3 y 236.1 iM Equivalente de Trolox/g PF, en pieles, semillas, pulpas, uvas y hojas, respectivamente. Esto significa que las semillas tuvieron 22, 116 y 18 veces más capacidad antioxidante que las pieles pulpas y la uva entera, respectivamente.

Adicionalmente, las semillas tuvieron, en promedio, 20% más capacidad antioxidante que las hojas. Las semillas tuvieron cerca de 6 veces más contenido de fenólicos que las hojas

y la relación capacidad antioxidante/fenólicos totales fue aproximadamente 6 veces más alta para las hojas que para las semillas, lo que permite concluir que los fenólicos que se encuentran en las hojas tienen una capacidad antioxidante más alta que su contraparte de las semillas, o que otros compuestos antioxidantes, diferentes a los fenólicos, están presentes en las hojas en alta concentración. Cabe destacar que al comparar los resultados reportados por Wang y Lin (2000) indican que la capacidad antioxidante de las hojas de la vid muscadina es al menos el doble que la de las hojas de algunas plantas como las de la mora, frambuesa y fresa, que son ya utilizadas en la industria de la farmacia alternativa como antioxidantes indicados para prevenir cáncer y enfermedades cardiovasculares.

La tabla 6 muestra los resultados de la determinación de peso seco de las partes de la uva, de la uva entera y de las hojas de la vid. Estos resultados se presentan como información adicional para simplificar la comparación de los resultados incluidos en este reporte con los de otros investigadores que publican sus resultados como contenido de compuestos fenólicos por peso en base seca.

Tabla 1. Compuestos Fenólicos en Uvas Muscadina (mg/100 PF de fruta)¹.

Cultivar	Acido Elálgico	Miricetina	Quercetina	Kaempferol	Resveratrol	(-)Epicatequina	(+)Catequina	Ácido gálico
Blanca								
Carlos	6.4	6.3	0.4	0.1	0.1	71.8	86.1	0.6
Early fry	7.0	5.8	0.6	0.1	0.1	32.4	19.0	0.1
Fry	5.7	1.8	1.1	0.4	0.1	33.1	6.4	0.1
Summit	5.4	4.2	1.8	1.4	0.1	6.9	5.4	0.1
Late fry	9.9	5.6	0.4	0.1	nd	74.0	19.9	0.4
Promedio	6.8	4.7	0.9	0.4	0.1	43.6	27.4	0.3
² SD	1.8	1.8	0.6	0.6	0.0	28.7	33.5	0.2
Púrpura								
Paulk	6.0	0.7	0.7	0.2	nd	30.4	5.8	0.2
Cowart	7.4	2.2	0.3	0.1	0.1	60.3	17.7	0.3
Supreme	3.0	1.0	1.4	0.1	0.1	17.1	5.1	nd
Ison	8.7	2.8	0.5	0.2	0.1	30.9	19.2	0.3
Noble	6.8	2.2	0.2	0.2	0.1	66.6	30.7	1.1
Promedio	6.4	1.8	0.6	0.2	0.1	41.1	15.7	0.4
² SD	2.1	0.9	0.5	0.1	0.0	21.3	10.6	0.4

¹Los Valores son Promedios de Triplicados; ²SD= Desviación Estándar.

Tabla 2. Fenólicos en Partes de Uva Muscadina (mg/100 g PF de parte de la fruta)¹.

Cultivar	Piel					Semilla		Acido gálico
	Acido eláxico	Miricetina	Quercetina	Kaempferol	Resveratrol	(-)Epicatequina	(+)Catequina	
Carlos	19.7 ± 2.0	19.6 ± 2.3	1.3 ± 0.2	0.4 ± 0.0	0.2 ± 0.0	1189.2 ± 51.9	1424.7 ± 30.3	9.4 ± 0.4
Early fry	19.7 ± 1.0	16.4 ± 1.1	1.6 ± 0.1	0.3 ± 0.0	0.1 ± 0.0	1603.0 ± 88.7	940.5 ± 80.1	3.3 ± 0.2
Fry	13.1 ± 0.8	4.1 ± 0.0	2.5 ± 0.1	0.8 ± 0.0	0.2 ± 0.1	1850.7 ± 553.3	355.6 ± 54.2	4.5 ± 0.3
Summit	11.7 ± 1.1	9.2 ± 0.7	3.8 ± 0.2	3.0 ± 0.2	0.2 ± 0.1	450.1 ± 81.2	348.5 ± 67.1	5.0 ± 0.4
Late fry	21.1 ± 2.0	12.1 ± 1.0	0.9 ± 0.1	0.2 ± 0.0	nd	1897.6 ± 598.0	511.3 ± 38.4	9.5 ± 1.0
Paulk	14.7 ± 1.1	1.8 ± 0.1	1.7 ± 0.5	0.4 ± 0.0	nd	1672.2 ± 478.8	319.6 ± 131.4	9.9 ± 1.2
Cowart	21.6 ± 1.7	6.4 ± 0.6	0.9 ± 0.1	0.2 ± 0.0	0.2 ± 0.0	1180.6 ± 27.7	347.2 ± 27.0	5.0 ± 0.1
Supreme	6.2 ± 0.3	2.0 ± 0.4	3.0 ± 0.6	0.2 ± 0.0	0.2 ± 0.0	1553.8 ± 179.8	460.6 ± 129.4	2.2 ± 0.5
Ison	22.2 ± 1.6	7.1 ± 0.6	1.4 ± 0.2	0.6 ± 0.1	0.2 ± 0.0	872.6 ± 4.9	542.3 ± 79.6	8.8 ± 1.1
Noble	14.6 ± 0.2	4.8 ± 0.1	0.5 ± 0.0	0.3 ± 0.0	0.1 ± 0.0	724.2 ± 80.5	333.5 ± 32.6	11.5 ± 1.1

¹ Los Valores son Promedios y Desviación Estándar de Triplicados; nd= no detectado.

Tabla 3. Principales Polifenólicos en las Hojas de Uva Muscadina (mg/100 gPF)¹.

Cultivar	Ácido eláxico	Kaempferol	Miricetina	Quercetina	Ácido gálico
Blanca					
Carlos	80.0 ± 5.9	8.7 ± 1.4	145.8 ± 4.2	8.0 ± 1.0	7.6 ± 0.1
Early Fry	79.0 ± 4.6	10.6 ± 1.3	216.4 ± 4.9	21.6 ± 1.5	9.3 ± 0.2
Fry	76.7 ± 4.4	8.8 ± 0.4	140.9 ± 3.3	7.9 ± 0.3	6.1 ± 0.2
Summit	55.6 ± 2.7	5.7 ± 0.2	107.7 ± 3.5	6.3 ± 0.3	6.9 ± 0.3
Late Fry	66.1 ± 3.2	10.2 ± 1.1	162.1 ± 4.6	8.1 ± 0.5	8.3 ± 0.3
Promedio ± ² SD	71.5 ± 10.5	8.8 ± 1.9	154.6 ± 39.8	10.4 ± 6.3	7.6 ± 1.2
Púrpura					
Paulk	65.5 ± 5.0	10.0 ± 1.0	166.2 ± 5.3	8.4 ± 0.7	6.4 ± 0.9
Cowart	74.7 ± 3.7	7.9 ± 0.3	157.1 ± 4.8	11.8 ± 1.0	7.8 ± 0.7
Supreme	59.1 ± 2.8	7.2 ± 0.3	133.8 ± 5.7	9.9 ± 0.9	7.7 ± 0.6
Ison	65.1 ± 4.0	11.5 ± 1.0	178.5 ± 6.3	8.0 ± 0.7	7.1 ± 0.7
Noble	44.8 ± 2.8	8.6 ± 0.7	167.3 ± 4.9	7.9 ± 0.6	18.7 ± 2.8
Promedio ± ² SD	61.8 ± 11.0	9.0 ± 1.7	160.6 ± 17.8	9.2 ± 1.7	9.5 ± 5.2

¹ Los Valores Promedios y Desviación Estándar de Triplicados; ²SD= Desviación Estándar.

Determinación de Compuestos Fenólicos y Capacidad Antioxidante de la *Vitis Rotundifolia Michx*

 Tabla 4. Fenólicos Totales, Antocianinas Totales y Capacidad Antioxidante de las Partes Frutales de la *Uva Muscadina*.

Cultivar	Fenólicos Totales (EGA mg/100g PF)			Antocianinas Totales (mg/100g PF como ciadidina-3-glucosido)			TEAC ¹ (M/g PF)		
	Semilla	Piel	Pulpa	Piel	Semilla	Pulpa	Piel	Semilla	Pulpa
Blanca									
Carlos	1920.3	545.6	25.1	2.6	1.2	nd	14.9	204.6	3.4
Early Fry	2367.2	303.0	21.3	2.5	8.7	nd	13.9	277.8	2.0
Fry	2356.3	332.2	23.8	0.8	4.6	nd	11.1	234.2	2.9
Summit	3258.7	541.0	22.3	2.8	3.1	nd	12.4	245.4	3.0
Late Fry	1986.0	348.9	24.0	2.0	3.7	nd	13.4	218.9	2.4
Promedio	2377.7	414.1	23.3	2.1	4.3	nd	13.1	236.2	2.7
± 2SD	533.7	119.1	1.5	0.8	2.8	nd	2.5	37.9	0.5
Púrpura									
Paulk	1649.3	363.6	30.0	177.0	4.1	4.7	204.6	307.9	2.2
Cowart	2303.0	261.6	11.6	107.8	4.6	1.1	277.8	325.5	2.7
Supreme	1535.5	329.9	20.1	135.5	7.5	0.7	234.2	478.6	1.6
Ison	1726.2	365.0	26.0	174.5	4.6	1.9	245.4	284.9	2.1
Noble	2685.3	355.1	33.4	65.5	2.2	2.2	218.9	234.7	2.1
Promedio	1979.9	335.0	24.2	132.1	4.6	12.5	236.2	326.3	2.1
± 2SD	493.2	43.4	8.6	47.0	1.9	0.5	37.9	91.7	0.4

¹ Capacidad Antioxidante Equivalente al Trolox; TEAC; los Valores son Promedio de Triplicados, nd=no detectado, 2SD=Desviación Estándar.

Tabla 5. Fenólicos Totales (FT), Antocianinas Totales (TA), y Capacidad Antioxidante Equivalente al Trolox (TEAC) de Uvas y Hojas.

Cultivar	FT (EGA (mg/100g PF))		TA (mg/100g PF)		TEAC (μ M/g PF)	
	Fruta Entera	Hojas	Fruta Entera	Hojas	Fruta Entera	Hojas
Blanca						
Carlos	307.9	350.1	0.9		18.2	229.8
Early Fry	169.1	437.0	1.1		11.2	251.0
Fry	199.0	340.4	0.4		9.8	239.8
Summit	309.7	282.1	1.3		10.2	222.0
Late Fry	252.3	355.0	1.1		15.4	235.0
Promedio	247.6	352.9	1.0		13.0	235.5
± 2SD	63.3	55.3	0.3		3.7	10.9
Púrpura						
Paulk	195.2	365.5	74.8		11.2	247.8
Cowart	214.2	359.3	37.8		21.7	164.0
Supreme	184.7	317.7	65.2		11.5	304.0
Ison	218.9	370.4	69.5		15.9	283.0
Noble	425.7	347.3	31.5		27.8	184.8
Promedio	247.7	350.2	55.8		17.6	236.7
± 2SD	100.5	20.0	19.7		7.1	60.8

Tabla 6. *Materia Seca de las Partes de la Uva Muscadina y de la Uva Entera (g/g PF)¹.*

Cultivar	Piel	Semilla	Pulpa	Fruta Entera
Carlos	0.179	0.532	0.137	0.174
Early Fry	0.159	0.562	0.149	0.161
Fry	0.139	0.523	0.144	0.148
Summit	0.165	0.571	0.166	0.180
Late Fry	0.161	0.516	0.152	0.162
Paulk	0.163	0.578	0.146	0.159
Cowart	0.149	0.531	0.121	0.139
Supreme	0.169	0.514	0.137	0.186
Ison	0.182	0.559	0.157	0.184
Noble	0.135	0.596	0.122	0.151

¹ Las Valores son Promedios de Triplicados.

Agradecimientos

El autor agradece al convenio Fulbright-IIE-Colciencias y a la Universidad Surcolombiana, por el apoyo económico que permitió el desarrollo de la presente investigación.

Referencias Bibliográficas

- AMAKURA, Y.; Umino, Y.; Tsuji, S.; Tonogai, Y. «Influence of jam processing on the radical scavenging activity and phenolic content in berries». In: *J. Agric. Food Chem.* Vol. 48. 6292-6297p. 2000.
- AMES, B.M.; Shigena, M. K.; Hagen, T.M. «Oxidants, antioxidants and the degenerative diseases of aging». In: *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America.* N°.90. 7915-7922p. 1993.
- Association of Official Analytical Chemists. «Moisture in Peat». *Official Methods of Analysis.* 15th Edition. 967.03. 1990.
- California rare fruit growers, Inc. <http://www.crfg.org/pubs/ff/muscadinegrape.html>.1999.
- CAO, G.; Sofic, E.; Prior, R.L. «Antioxidant capacity and prooxidant behavior of flavonoids: Structure-activity relationships». In: *Free Radicals Biol. Med.* Vol.22. 749-760p. 1997.
- HECTOR, B. J.; Magee, C. P.; Coign, M.J. «Resveratrol concentration in muscadine berries, juice, pomace, purees, seeds, and wines». In: *Am. J. Enol. Vitic.* Vol.47.57-62p. 1996.
- GIUSTI, M. M.; Wrolstad, R. E. «Characterization and measurement of anthocyanins by UV-Visible Spectroscopy». In: *Current Protocols in Food Analytical Chemistry.* Wrolstad, R. E.; Acree, T. E.; An, H.; Decker, E. A.; Penner, M. H.; Reid, D. S.; Schwartz, S. J.; Shoemaker, C. F.; Sporns, P.; Eds.; John Wiley & Sons; New York, pp F1.2.1-F1.2.13. 2001.
- GOLDY, R.G.; Ballinger, W.E.; Maness, E.P.; Shallow, W.H. «Anthocyanin content of fruit, stem, tendril, leaf, and leaf petioles in muscadine grape». In: *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* N°. 112. 882-882p. 1987.

HERTOG, M. G. L.; Hollman, P. C. H.; Katan, M. B. «Content of potentially anticarcinogenic flavonoids of 28 vegetables and 9 fruits commonly consumed in the Netherlands». In: J. Agric. Food Chem. Vol. 40. 2379-2383p. 1992.

HERTOG, M. G. L.; Hollman, P. C. H.; Putte, B. «Content of potentially anticarcinogenic flavonoids of tea infusions, wines, and fruit juices». In: J. Agric. Food Chem. Vol.41. 1242-1246p. 1993.

HERTOG, M. G. L.; Feskens, E. J. M.; Hollman, P. C. H. «Dietary antioxidant flavonoids and risk of coronary heart disease: the Zutphen elderly study». In: The Lancet. N°. 342. 1007-1011p. 1993.

HERTOG, M. G. L.; Kromhout, D.; Aravanis, C. «Flavonoid intake and long-term risk of coronary-heart-disease and cancer in the 7 countries study». In: Arch Intern. Med. N°.155. 381-386p. 1995.

MEEPAGALA, K.M.; Magee, J.B.; Wedge, D. E. «Phenolic constituents from muscadine grape (*Vitis rotundifolia*) cultivar polyanna seeds». In: Abstr. Pap. Am. Chem. Soc. 223, 039-AGFD. 2002.

PEZET, R.; Pont, V.; Cuenat, P. «Method to determine resveratrol and pterostilbene in grape berries and wines using high-performance liquid chromatography and highly sensitive fluorimetric detection». In: J. Chromatogr. A. N°. 196. 522-525p. 1994.

PRIOR, R.L.; Cao, G.; Martin, A.; Lischner, N.; Ehlenfeldt, M.; Kalt, W.; Krewer, G.; Mainland, C. M. «Antioxidant capacity as influenced by total phenolics and anthocyanin content, maturity, and variety of *Vaccinum* Species». In: J. Agric. Food Chem. Vol.46. 2686-2693p. 1998.

RE, R.; Pellegrini, N.; Proteggente, A.; Pannala, A.; Yang, M.; Rice-Evans, C. «Antioxidant activity applying and improved ABTS radical cation

decolorization assay». In: Free Radical Biol. Med. Vol.26. 1231-1237p. 1999.

REVILLA, E.; Ryan, J-M.; Martin-Ortega, G. «Comparison of several procedures used for the extraction of anthocyanins from red grapes». In: J. Agric. Food Chem. Vol. 46. 4592-4597p. 1998.18. Schramm, D.D; German, J.B. «Potential effects of flavonoids on the etiology of vascular disease». In: J. Nutr. Biochem. Vol.9. 560-566p. 1998.

SINGLETON, V. L.; Rossi, J. A., Jr. «Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents». In: Am. J. Enol. Vitic. Vol.16. 144-158p. 1965.

TALCOTT, T.; Lee, J-H. «Ellagic acid and flavonoid antioxidant content of muscadine wine and juice». In: J. Agric. Food Chem. Vol. 50. 3186-3192p. 2002.

VELIOGLU, Y. S.; Mazza, G.; Gao, L.; Oomah, B.D., «Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and grain products». In: J. Agric. Food Chem. Vol.46. 4113-4117p. 1998.

VIÑAS, P.; López-Erroz, C.; Marín-Hernández, J. C.; Hernández-Córdoba, M. «Determination of phenols in wines by liquid chromatography with photodiode array and fluorescence detection». In: J. Chromatogr. A. N°871. 85-93p. 2000.

WANG, H.; Cao, G.; Prior, R.L. «Oxygen radical absorbing capacity of anthocyanins». In: J. Agric. Food Chem. Vol. 45. 304-309p. 1997.

WANG, S. Y.; Lin, H-S. «Antioxidant activity in fruits and leaves of blackberry, raspberry, and strawberry varies with cultivar and developmental stage». In: J. Agric. Food Chem. Vol. 48. 140-146p. 2000.

ZHENG, W.; Wang, S.Y. «Antioxidant activity and phenolic compounds in selected herbs». In: J. Agric. Food Chem. Vol. 49. 5165-5170p. 2001.