

# CONTENIDO DE ANTOCIANINAS TOTALES Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE EN FRUTOS DE FRAMBUESA (*Rubus idaeus* L.) CON DIFERENTE GRADO DE MADURACIÓN

G. Peña-Varela<sup>1</sup>; Y. Salinas-Moreno<sup>2†</sup>; R. Ríos-Sánchez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Agroindustrial. Universidad Autónoma Chapingo.  
Km. 38.5 Carretera México-Texcoco. Chapingo, Estado de México. C. P. 56230. MÉXICO.

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Laboratorios de Calidad.  
Km. 38.5 Carretera México-Texcoco. Chapingo, Estado de México, C. P. 56230. MÉXICO.  
Correo-e: yolysamx@yahoo.com (<sup>†</sup>Autor responsable)

## RESUMEN

El grado de maduración de las frutillas se asocia con su contenido de antocianinas. Los objetivos del trabajo fueron determinar el efecto de localidad y grado de maduración sobre el contenido de antocianinas y la actividad antioxidante en frutos de frambuesa. Se empleó la variedad 'Autumn Bliss', cultivada en Tlamimilolpa, Hgo. y en San Mateo Acatitlán, México. El grado de maduración de los frutos se estableció por su color rosado (GM1), rojo (GM2) y muy rojo (GM3). Las variables evaluadas fueron: humedad (por diferencia de peso), color (Hunter-Lab), contenido total de antocianinas (CTA) mediante un método colorimétrico convencional, y actividad antioxidante (AA) por el método del radical DPPH. El grado de maduración de los frutos afectó el color, el contenido total de antocianinas y su actividad antioxidante. La localidad influyó en el contenido de antocianinas en los grados de maduración GM1 y GM2, pero no en los frutos GM3. La actividad antioxidante de los frutos con grados de maduración GM1 y GM2 fue menor que la observada en los frutos GM3. De acuerdo con los resultados, para optimizar el efecto benéfico del consumo de frambuesa, los frutos deberán consumirse cuando muestren color rojo intenso (GM3).

**PALABRAS CLAVE ADICIONALES:** frutillas, oportunidad de cosecha, color de fruto.

## TOTAL ANTHOCYANIN CONTENT AND ANTIOXIDANT ACTIVITY IN FRUITS OF RASPBERRY (*Rubus idaeus* L.) AT DIFFERENT DEGREES OF RIPENESS

## ABSTRACT

The degree of ripeness of berries is associated to their anthocyanin content. The objectives of this study were to determine the effect of location and degree of ripeness on the anthocyanin content and antioxidant activity of raspberry fruits. We used the variety 'Autumn Bliss,' grown in Tlamimilolpa, Hidalgo and in San Mateo Acatitlan, Mexico. The degree of fruit ripeness was established by their pink (GM1), red (GM2) and red (GM3) coloration. The variables evaluated were: moisture (by difference in weight), color (Hunter-Lab), total anthocyanin content (CTA) using a colorimetric conventional method, and antioxidant activity (AA) by the DPPH radical method. The degree of fruit ripeness affected their color, total anthocyanin content and antioxidant activity. Location influenced anthocyanin content in degrees of ripeness GM1 and GM2, but not in fruits from GM3. Antioxidant activity of fruits with GM1 and GM2 degrees of ripeness was lower than that observed in GM3 ones. According to these results, to optimize the beneficial effect of raspberry consumption, fruits should be consumed when they show an intense red coloration (GM3).

**ADDITIONAL KEY WORDS:** Berries, harvest opportunity, fruit color.

## INTRODUCCIÓN

México posee condiciones climáticas y edáficas para poder situarse como líder mundial en la producción de frutillas, tales como la frambuesa, que además de alcanzar elevados

rendimientos, poco más del 50 % de su producción se obtiene en el periodo de octubre – enero, que es cuando se tienen precios muy atractivos (Muñoz y Juárez, 1995), ya que en el mercado estadounidense el kilogramo de esta fruta alcanza entre 10 y 15 dólares (Guzmán *et al.*, 2004);

sin embargo, su cultivo no ha aumentado de manera importante, pues desde 1997, que se contaba con sólo 100 ha, para el 2004 únicamente existen 315 ha, alcanzando su producción un valor de casi \$ 243 000 000.00 (SAGARPA, 2005). Las variedades de frambuesa más importantes en el país son 'Autumn Bliss', 'Summit' y 'Heritage', de origen estadounidense (Guzmán *et al.*, 2004). De éstas, 'Autumn Bliss' posee excelentes propiedades para el procesamiento (Zafrilla *et al.*, 2001).

Estudios recientes (Kroon y Williamson, 2005) demuestran que una dieta rica en frutas y vegetales está asociada con un bajo riesgo de contraer enfermedades crónicas (algunos tipos de cáncer) y cardiovasculares, atribuyendo este efecto protector a la presencia de compuestos bioactivos, dentro de los cuales destacan los polifenoles (Rangkadilok *et al.*, 2005). Las frutillas son fuente importante de fenoles, pues contienen antocianinas, que son compuestos hidrosolubles responsables de los colores rojo, púrpura y azul que muestran algunas de ellas (Meyers *et al.*, 2003; Määtä-Riihinen *et al.*, 2004); además, poseen cantidades importantes de kaemferol, quercitina, elagitáninos y ácido elágico (Mullen *et al.*, 2002a).

Por otro lado, está bien documentado el efecto antioxidante que los compuestos fenólicos de las diferentes frutillas poseen (Zafrilla *et al.*, 2001; Mullen *et al.*, 2002b; Aaby *et al.*, 2005; Beekwilder *et al.*, 2005), así como la importancia de esta actividad en el posible rol protector contra el desarrollo de enfermedades crónico degenerativas (Carlsen *et al.*, 2003; Heo y Lee, 2005).

Las características genéticas y el ambiente ejercen influencia notable en el contenido de diferentes tipos de fenoles encontrados en los frutos de frambuesa. Anttonen y Karjalainen (2005) encontraron amplia variación en el contenido de antocianinas, quercitina y ácido elágico entre cultivares y ambientes; el grado de maduración del fruto también influye en el contenido y tipo de antocianinas, así como en otros compuestos fenólicos. En uva (*Vitis vinifera* L.), el mayor contenido de antocianinas y ácido elágico se observó en los frutos completamente maduros (Lee y Talcott, 2004), mientras que en fresa (*Fragaria x ananassa* L.) el contenido de éste último fenol decrece con la maduración del fruto, y el de antocianinas aumenta (Williner *et al.*, 2003). En frambuesa se ha informado un comportamiento similar al que se indica para uva, en cuanto al contenido de ácido elágico y antocianinas (Rommel y Wrolstad, 1993).

En México no se tiene información sobre el comportamiento de estos fenoles en diferentes ambientes de producción y grados de maduración del fruto de frambuesa, y tampoco se sabe si tales factores afectan la capacidad antioxidante de los frutos, por lo que los objetivos del presente trabajo fueron determinar el efecto de localidad de producción y grado de maduración del fruto sobre el contenido de antocianinas y su actividad antioxidante.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron frutos de frambuesa variedad 'Autumn Bliss' procedentes de dos localidades: Tlamilolpa, municipio de Acaxochitlán, Hidalgo y San Mateo Acatitlán, municipio de Valle de Bravo, México. Los frutos fueron cosechados en tres diferentes grados de maduración, en dos ocasiones, con intervalos de cosecha de 7 días para cada localidad.

### Color y humedad de los frutos

Los frutos fueron clasificados visualmente en tres grados de maduración: frutos inmaduros (GM1); frutos maduros (GM2) y frutos muy maduros (GM3) y se colocaron en cajas petri para poder medir el color con un equipo Hunter Lab MiniScan XE Plus (Modelo 45/O-L) en escala CIE L\*, a\*, y b\*; con los valores L\*, a\* y b\* se calculó el tono y la pureza de color para cada uno de los grados de maduración de los frutos. El tono se obtuvo mediante la  $\tan^{-1}(b^*/a^*)$ , en tanto que el croma por medio de  $(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ . La humedad se determinó por el método directo: se colocaron aproximadamente 2 g de muestra en cajas de aluminio, puestas previamente a peso constante, que se metieron en la estufa a 130 °C durante 8 h o bien hasta obtener peso constante; la humedad de los frutos de frambuesa se midió para calcular la concentración de antocianinas totales en base seca.

### Cuantificación de antocianinas totales

Una porción de frutos de cada grado de maduración se maceró y se tomó una muestra de 3 g que se depositó en matraces de 125 ml y se añadieron 20 ml de ácido trifluoroacético (TFA) al 1 % en metanol. Los matraces se colocaron en condiciones de refrigeración durante 24 h; posteriormente se decantó el sobrenadante y al residuo se le agregaron nuevamente 20 mL de disolvente, que fue en este caso una mezcla de metanol:ácido acético:agua (10:1:9 v/v/v). Los matraces se colocaron en un agitador horizontal durante 24 horas a temperatura ambiente. Se realizaron en total tres extracciones sucesivas, las dos últimas con el disolvente de metanol:ácido acético:agua (10:1:9 v/v/v). Al término de cada extracción, se midió el volumen de sobrenadante decantado y se hizo pasar a través de papel filtro (Whatman® N° 42 de 70 mm Ø). Finalmente se midió la absorbancia de cada uno de los extractos, a 520 nm, en un espectrofotómetro (PerkinElmer instruments Lambda 25 UV/VIS). Con los datos de volumen, absorbancia y peso de muestra se calculó el contenido total de antocianinas en términos de pelargonidina clorada (Sigma Chem. MN), con la cual se preparó una curva patrón en concentraciones desde 0 hasta 25 ppm, con intervalos de 5 (Salinas *et al.*, 1999).

### Actividad Antioxidante

La actividad antioxidante se determinó por medio del método del radical libre (Soler-Rivas *et al.*, 2000), que

consiste en hacer reaccionar una cantidad conocida de 2,2-difenil-picril-hidrazil (DPPH), a una concentración de 60 mM, en metanol al 80 % con una concentración conocida del antioxidante a evaluar. El DPPH antes de la reacción con el antioxidante muestra un color morado intenso, que al ser reducido adquiere una coloración amarilla.

La actividad antioxidante se determinó únicamente en los frutos cosechados en la localidad de San Mateo Acatitlán. Se utilizó el extracto de la segunda extracción de la cuantificación de antocianinas. Se tomaron 25 mL del extracto y se añadió metanol al 80 % para tener 1.0 mL, mismo que se hizo reaccionar con 2 ml de una solución de DPPH 60 mM, en metanol al 80 %. Se midió la absorbancia del DPPH puro, a 515 nm en un espectrofotómetro Perkin Elmer (Lambda 25 UV/VIS), que se calibró a cero de absorbancia. Posteriormente se llevó un registro de la absorbancia de la mezcla de la muestra (1 ml) con el DPPH, a diferentes tiempos de la reacción (0, 5, 10, 15, 30, 45, 60 y 120 min); el análisis se realizó por triplicado.

Con los datos obtenidos se determinó el porcentaje de DPPH reducido (% DPPH) durante la reacción; para esto se utilizó la fórmula propuesta por Soler-Rivas *et al.* (2000):

$$\% DPPH = \frac{abs_{DPPH_0} - abs_t}{abs_{DPPH_0}}, \text{ donde: } abs_{DPPH_0}$$

es la absorbancia de la solución de PPH 60 mM y  $abs_t$  es la absorbancia de las diferentes muestras al tiempo t.

### Análisis estadístico

Se estableció un experimento factorial asimétrico 2 x 3, (localidad y grado de maduración) bajo un diseño completamente al azar. Se realizó el análisis de varianza y la prueba de comparación de medias (Tukey,  $P \leq 0.05$ ) para todas las variables registradas. El análisis estadístico se hizo con el programa SAS System para Windows V8 (SAS, 1998).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El color de los frutos de frambuesa en términos de  $L^*$ , Hue y Croma fue estadísticamente diferente entre los tres grados de maduración. En ambas localidades se observó que los valores de luminosidad ( $L^*$ ), tono (Hue) y pureza de color (Croma) decrecieron a medida que avanzó la maduración del fruto, lo que significa que el color rojo se intensificó (Cuadro 1).

Los frutos GM1 y GM2 de Tlamimilolpa, tendieron a ser más rojos que los cosechados en San Mateo Acatitlán, aunque al alcanzar la plena madurez (GM3), tales tendencias fueron menos evidentes. Las condiciones de cultivo de la frambuesa fueron diferentes en ambas localidades: en Tlamimilolpa fue a cielo abierto en tanto que en San Mateo Acatitlán fue bajo cubierta plástica para protegerlo de la lluvia; posiblemente esas condiciones pudieron influir sobre el desarrollo de color de los frutos, ya que se trata de la misma variedad y los muestreos, en ambos casos, se efectuaron en la misma época.

Los frutos de frambuesa sólo tuvieron 10 % de materia seca y el resto fue agua. Independientemente del ambiente de producción (localidad) y grado de maduración, el contenido de humedad fue igual (Cuadro 2), lo que los hace muy sensibles al manejo poscosecha.

Se observó diferencia estadística del contenido de antocianinas totales entre los diferentes grados de maduración de los frutos, para las dos localidades. El valor de esta variable se incrementó al avanzar la maduración (Figura 1). La localidad también mostró influencia en el contenido de antocianinas, pero sólo en los grados de maduración GM1 y GM2, en los que se observó mayor concentración de antocianinas fueron los de Tlamimilolpa, Hgo. El contenido de antocianinas totales en frambuesa es influenciado por el ambiente de producción y la variedad; de acuerdo con Antonnen y Karjalinen (2005), los valores de esta variable se hallan entre 19 y 51 mg·100 g<sup>-1</sup> de fruta

**CUADRO 1. Color en frutos de frambuesa variedad 'Autumn Bliss', cosechados en dos localidades, en tres grados de maduración.**

Localidad	Variables de color		
	$L^*$	Hue	Croma
Tlamimilolpa, Hgo.			
GM1 <sup>y</sup>	30.38 ± 0.78 a <sup>z</sup>	28.42 ± 0.30 a	40.36 ± 0.46 a
GM2	24.67 ± 0.28 b	24.02 ± 0.61 b	34.74 ± 1.00 b
GM3	17.75 ± 0.51 c	20.33 ± 0.44 c	22.64 ± 0.69 c
San Mateo Acatitlán, Méx.			
GM1	34.44 ± 0.88 a	32.50 ± 0.46 a	41.21 ± 0.76 a
GM2	30.10 ± 0.48 b	26.66 ± 0.61 b	39.95 ± 0.63 b
GM3	21.05 ± 0.30 c	21.05 ± 0.30 c	30.06 ± 0.42 c

<sup>z</sup>Valores con la misma letra dentro del factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ .

<sup>y</sup>GM1: fruto inmaduro; GM2: fruto maduro; GM3: fruto muy maduro.

<sup>a</sup>Desviación estándar.

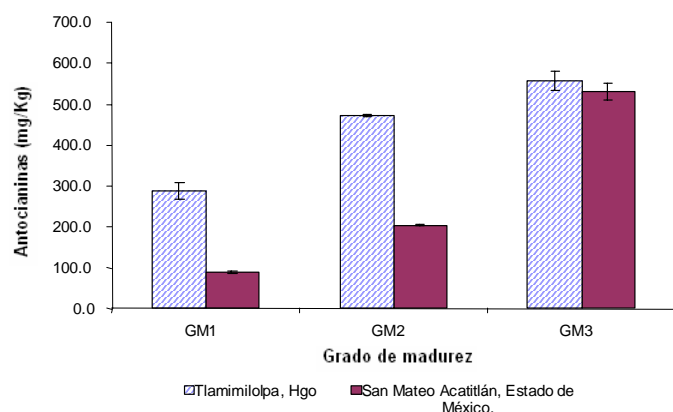
**CUADRO 2. Humedad de frutos de frambuesa variedad 'Autumn Bliss' cosechados en dos localidades, en tres grados de maduración.**

Localidad	Grado de Maduración	Humedad (%)
Tlamimilolpa, Hgo.	GM1 <sup>y</sup>	89.1 ± 1.0 a <sup>z</sup>
	GM2	89.2 ± 0.77 a
	GM3	88.8 ± 0.45 a
San Mateo Acatitlán, Méx.	GM1	88.5 ± 0.66 a
	GM2	89.4 ± 0.44 a
	GM3	89.7 ± 0.83 a

<sup>a</sup>Valores con la misma letra dentro del factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ .

<sup>y</sup>GM1: fruto inmaduro; GM2: fruto maduro; GM3: fruto muy maduro.

<sup>z</sup>Desviación Estándar.

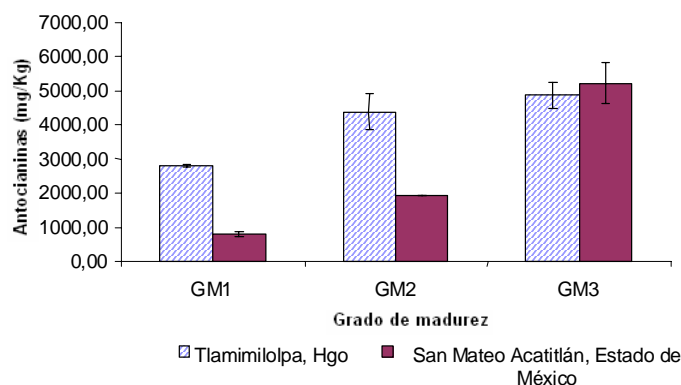


**FIGURA 1. Concentración de antocianinas totales en frutos de frambuesa variedad 'Autumn Bliss', en base húmeda, cosechados en dos localidades, en tres grados de maduración. GM1: fruto inmaduro; GM2: fruto maduro; GM3: fruto muy maduro.**

fresca, similares a los encontrados en este trabajo que fueron de 28.7 a 55.6 mg·100 g<sup>-1</sup> de fruta fresca para Tlamimilolpa, Hgo. y de 8.8 a 53 mg·100 g<sup>-1</sup> de fruta fresca para San Mateo Acatitlán, México.

Dado que el contenido de humedad en los frutos de frambuesa es casi 90 %, cuando la concentración de antocianinas se expresa en base seca, los valores se elevan más de 10 veces (Figura 2). Actualmente, algunos cereales para desayuno incorporan trozos de fruta deshidratada, entre ellas fresa y frambuesa, por lo que estos aportan una cantidad importante de antocianinas.

La actividad antioxidante de los frutos de frambuesa cosechados en San Mateo Acatitlán, México, también fue afectada por el grado de maduración de éstos. Los frutos muy maduros (GM3) tuvieron mayor actividad antioxidante



**FIGURA 2. Concentración de antocianinas totales en frutos de frambuesa en base seca, variedad 'Autumn Bliss', cosechados en dos localidades, en tres grados de maduración. GM1: fruto inmaduro; GM2: fruto maduro; GM3: fruto muy maduro.**

que los frutos maduros (GM2) e inmaduros (GM1) (Figura 3); el extracto de estos dos últimos presentó una actividad antioxidante similar.

La diferencia de actividad antioxidante entre los frutos con grados de maduración GM3, GM2 y GM1, podría deberse al mayor contenido de antocianinas en el extracto obtenido de los frutos de GM3, que fue, en promedio más del doble de lo observado en los frutos GM2 y GM1 (Figura 3). Se ha informado que gran parte de los compuestos fenólicos presentes en los frutos poseen actividad antioxidante; sin embargo, la magnitud de tal actividad no es la misma para todos los compuestos. De acuerdo con Beekwilder *et al.* (2005), de la actividad antioxidante total observada en frambuesa, las antocianinas contribuyen con cerca del 25 %; los elagitaninos son responsables de 52 %, en tanto que la vitamina C participa con el 20 %; la diferencia restante se atribuye a compuestos fenólicos que se hallan en pequeñas cantidades, tales como proantocianidinas. No obstante, en este trabajo parece que el contenido de antocianinas fue más determinante.

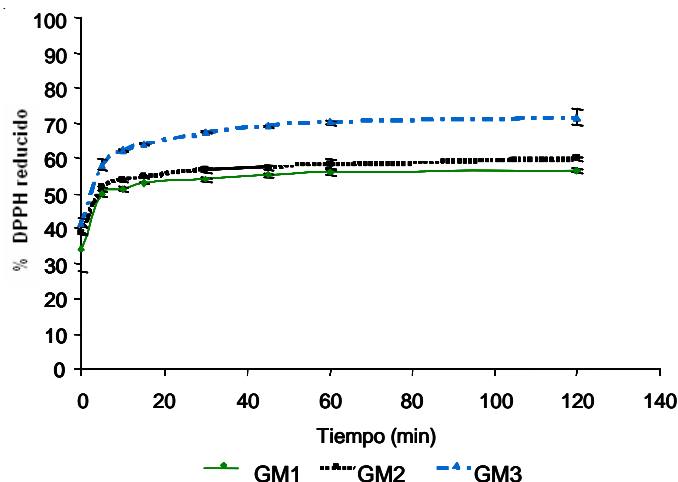
## CONCLUSIONES

El grado de maduración de los frutos afectó el color, el contenido de antocianinas y su actividad antioxidante.

La localidad tuvo efecto en el contenido de antocianinas sólo para los grados de maduración GM1 y GM2.

Las diferencias en actividad antioxidante observadas entre los frutos para los grados de maduración GM1 y GM2, con respecto a GM3, se atribuyen a la concentración de antocianinas, que en estos últimos fue más del doble que en los dos primeros.





**FIGURA 3. Actividad antioxidante en frutos de frambuesa, variedad 'Autumn Bliss', cosechados en San Mateo Acatitlán, Valle de Bravo, Estado de México, en tres grados de maduración. GM1: fruto inmaduro; GM2: fruto maduro; GM3: fruto muy maduro.**

### LITERATURA CITADA

- AABY, J.; SKREDE, G.; WROLSTAD, E. R. 2005. Phenolic composition and antioxidant activities in flesh and achenes of strawberries (*Fragaria ananassa*). Journal of Agricultural and Food Chemistry 53(10): 4032-4040.
- ANTTONEN, J. M.; KARJALAINEN, O. R. 2005. Environmental and genetic variation of phenolic compounds in red raspberry. Journal of Food Composition and Analysis 18 (8): 759-769.
- BEEKWILDER, J.; JONKER, H.; MEESTERS, P.; HALL, R. D.; VAN DER MEER, I. M.; RIC DE VOS, C. H. 2005. Antioxidants in raspberry: On-line analysis links antioxidant activity to a diversity of individual metabolites. Journal of Agricultural and Food Chemistry 53(9): 3313-3320.
- CARLSEN, H.; MYHRSTAD, M. C.; THORESEN, M.; MOSKUAG, J. O.; BLOMHOFF, R. 2003. Berry intake increases the activity of the g-glutamylcysteine synthetase promoter in transgenic reporter mice. The Journal of Nutrition 133(7): 2137-2140.
- GUZMÁN SORIA, E.; GARCÍA MATA, R.; MURATALLA LÚA, A.; GARCÍA DELGADO, G.; MORA FLORES, J. S. 2004. Análisis de precios de la frambuesa roja (*Rubus idaeus* L.) producida en Valle de Bravo, México. Revista Agrociencia 38(5): 565-571.
- HEO, H. J.; LEE, C. Y. 2005. Strawberry and its anthocyanins reduce oxidative stress-induced apoptosis in PC12 cells. Journal of Agricultural and Food Chemistry 53(6): 1984-1989.
- KROON, P.; WILLIAMSON, G. 2005. Perspective polyphenols: dietary components with established benefits to health?. Journal of the Science of Food and Agriculture 85: 1239-1240.
- LEE, J. E.; TALCOTT, T. S. 2004. Fruit maturity and juice extraction influences ellagic acid derivatives and other antioxidant polyphenolics in muscadine grapes. Journal of Agricultural and Food Chemistry 52(2): 361-366.
- MÄÄTTÄ RIIHINEN, K. R.; KAMAL-ELDIN, A.; TORRONEN, A. R. 2004. Identification and quantification of phenolic compounds in berries of *Fragaria* and *Rubus* species (family Rosaceae). Journal of Agricultural and Food Chemistry 52(20): 6178-6187.
- MEYERS, J. K.; WATKINS, B. C.; PRITTS, P. M.; HAI LIU, R. 2003. Antioxidant and antiproliferative activities of strawberries. Journal of Agricultural and Food Chemistry 51(23): 6887-6892.
- MULLEN, W.; MCGINN, J.; LEAN, J. M. E.; MACLEAN, R. M.; GARDNER, P.; DUTHIE, G. G.; YOKOTA, T.; CROZIER, A. 2002a. Ellagitannins, flavonoids, and others phenolics in red raspberries and their contribution to antioxidant capacity and vasorelaxation properties. Journal of Agricultural and Food Chemistry 50(18): 5191-5196.
- MULLEN, W.; STEWART, J. A.; LEAN, J. M. E.; GARDNER, P.; DUTHIE, G. G.; CROZIER, A. 2002b. Effect of freezing and storage on the phenolics, ellagitannins, flavonoids and antioxidant capacity of red raspberries. Journal of Agricultural and Food Chemistry 50(18): 5197-5201.
- MUÑOZ R., M.; JUÁREZ, M. 1995. El Mercado Mundial de la Frambuesa y Zarzamora. Universidad Autónoma Chapingo, ASERCA, CUESTAAM. Chapingo, México. 89 p.
- RANGKADILOK, N.; WORASUTTAYANGKURN, L.; BENNETT, R. N.; SATAYAVIVAD, J. 2005. Identification and quantification of polyphenolic compounds in Logan (*Euphoria longana* Lam.) fruit. Journal of Agricultural and Food Chemistry 53(5): 1387-1392.
- ROMMEL, A.; WROLSTAD, R. E. 1993. Ellagic acid content of red raspberry juice as influenced by cultivar, processing, and environmental factors. Journal of Agricultural and Food Chemistry 41(11): 1951-1960.
- SAGARPA. 2005. SISTEMA DE INFORMACIÓN AGROPECUARIA DE CONSULTA (SIACON).
- SAS Institute Inc. 1998. SAS/STAT guide for personal computers. Version 8.0. Cary, NC. USA. 595 p.
- SALINAS MORENO, Y.; SOTO HERNÁNDEZ, M.; MARTÍNEZ BUSTOS, F.; GONZÁLEZ HERNÁNDEZ, V. A.; ORTEGA PACZKA, R. 1999. Análisis de antocianinas en maíces de grano azul y rojo provenientes de 4 zonas. Revista Fitotecnia Mexicana 22: 161-174.
- SOLER-RIVAS, C.; ESPIN, J. C.; WICHES, H. J. 2000. An easy and fast test to compare total free radical scavenger capacity of foodstuffs. Phytochemical Anal. 11: 330-338.
- WILLINER, R. M.; PIROVANI, E. M.; GUEMES, R. D. 2003. Ellagic acid content in strawberries of different cultivars and ripening stages. Journal of the Science of Food and Agriculture 83: 842-845.
- ZAFRILLA, P.; FERRERES, F.; TOMÁS-BARBERÁN, F. A. 2001. Effect of processing and storage on the antioxidant ellagic acid derivatives and flavonoids of red raspberry (*Rubus idaeus*) jams. Journal of Agricultural and Food Chemistry 49(8): 3651-3655.