CONTENIDO DE ANTIOXIDANTES EN BERENJENA *(Solanum melongena)* Y YAUTÍA *(Xanthosoma violaceum)* ORGÁNICA Y CONVENCIONAL TRATADAS TÉRMICAMENTE

por

Erika Leonor Zambrano Moreno

Tesis sometida en cumplimiento parcial de los requisitos para el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS
en
CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO
RECINTO UNIVERSITARIO DE MAYAGUEZ
2013

Aprobado por:

_____	_____
Edna Negrón, Ph.D. Miembro, Comité Graduado	Fecha
_____	_____
María L. Plaza, Ph.D. Miembro, Comité Graduado	Fecha
_____	_____
Rosa Nilda Chávez Jáuregui, Ph.D. Presidente, Comité Graduado	Fecha
_____	_____
Carmen I. Figueroa Ph.D. Representante de Estudios Graduados	Fecha
_____	_____
Edna Negrón, Ph.D. Coordinadora Programa de Ciencia y Tecnología de Alimentos	Fecha

ABSTRACT

Research in organic production has been triggered by the global necessity of consuming healthy food that increases the quality of life. Eggplant *(Solanum melongena)* and tanier *(Xanthosoma violaceum)* are characterized by their antioxidants content that have health promoting effects. Thermal processing of food causes changes in its phytochemical content. The objective of this work was to determine the total hydrosoluble and hydrolysable polyphenols and flavonoids, total anthocyanins content and their antioxidant capacity in organically and conventionally produced eggplant and tanier in three thermal treatments (boiled, steamed and baked) and a control (no-thermal treatment). Total hydrosoluble and hydrolysable polyphenols and flavonoids contents were quantified by colorimetric methods. Anthocianins were quantified according to the pH differential method. Finally, the antioxidant capacity was determined by DPPH$^{\bullet}$ and ORAC methods. Overall, there were not significant differences regarding agricultural management of eggplant and tanier (organic versus conventional). However, there were significant differences regarding thermal treatments. The polyphenols content (36.95-72.25 mg of Gallic acid equivalents (GAE)/100g sample) and flavonoids (13.27-29.96 mg of catechin equivalents (CE)/100g sample) in the control (fresh eggplant) significantly increased in the steamed treatment (102.42-110.23 GAE/100g sample and 79.37-68.4280 mg CE/100g sample, respectively). The anthocyanins content in eggplant decreased from 3.81 (control) to 0.25 mg of cyanidin-3-glucoside equivalents (Cyd-3-gluE)/100g sample (baked). Interestingly the results showed that total phenolic content and antioxidant capacity of treated samples were generally higher compared with the control. Considering the results obtained under either organic or conventional cropping, from a

nutritional standpoint, steaming rather than baking can be recommended for eggplant cooking. On the other hand, polyphenols content (50.73-63.44 mg GAE/100g sample) and flavonoids (29.28 mg CE/100g sample) in the control (fresh tanier) significantly decreased in boiled treatment (29.47-44.32 mg GAE/100g sample and 13.01 mg CE/100g sample, respectively). Anthocyanins content in tanier increased from 0.86 (control) to 1.37 mg Cyd-3-gluE/100g sample (baked). The antioxidant capacity in conventional management tanier showed no significant difference respect to heat treatments. The results showed that agricultural management had no significant effect on the content and activity of phenolic compounds. However organic products tended to have a slight increase.

RESUMEN

La investigación en productos orgánicos ha sido impulsada por la necesidad global del consumo de alimentos saludables que incrementen la calidad de vida. La berenjena *(Solanum melongena)* y yautía *(Xanthosoma violaceum)* son caracterizados por su contenido de antioxidantes que poseen efectos que contribuyen a la salud. El procesamiento térmico de los alimentos puede causar variación en su contenido fitoquímico. El objetivo de este trabajo fue determinar el contenido de polifenoles y flavonoides totales hidrosolubles e hidrolizables, antocianinas totales y su capacidad antioxidante después de tres tratamientos térmicos (hervir, vapor y horneado) y un control (en fresco) en berenjena y yautía orgánica y convencional. El contenido de polifenoles y flavonoides totales hidrosolubles e hidrolizables fueron cuantificados por métodos colorimétricos. Las antocianinas fueron cuantificadas acorde al método diferencial de pH. Finalmente, la capacidad antioxidante fue medida por los métodos $DPPH^{\bullet}$ y ORAC. En general, no se presentaron diferencias significativas entre el manejo agrícola en berenjena y yautía (orgánico vs. convencional). Sin embargo, se presentaron diferencias entre los tratamientos térmicos. El contenido de polifenoles (36.95-72.25 mg de equivalente de ácido gálico (EAG)/100g muestra) y flavonoides (13.27-29.96 mg de equivalentes de catequina (EC)/100g muestra) en el control (berenjena fresca) aumentó significativamente con el vapor (102.42-110.23 mg EAG/100g muestra y 79.37-68.43 mg EC/100g muestra, respectivamente). El contenido de antocianinas disminuyó de 3.81 (control) a 0.25 mg de equivalente de cianidina-3-glucósido (ECianidina-3-glúcosido)/100g muestra (horneado). Curiosamente los resultados mostraron que el contenido total de fenólicos y la capacidad antioxidante de las muestras tratadas fueron generalmente más altos que los

controles. Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en cualquiera de los manejos agrícolas (orgánico o convencional), desde el punto de vista nutricional, se puede recomendar cocinar berenjena al vapor en lugar de hornear. El contenido de polifenoles (50.73-63.44 mg EAG/100g muestra) y flavonoides (29.28 mg EC/100g muestra) en el control (yautía fresca) disminuyó con la ebullición a 29.47-44.32 mg EAG/100g muestra y 13.01 mg EC/100g muestra, respectivamente. El contenido de antocianinas de 0.86 mg de ECianidina-3-glúcosido/100g muestra) en yautía fresca aumentó con el horneado a 1.37 mg de ECianidina-3-glúcosido/100g muestra. La capacidad antioxidante en yautía en manejo convencional no presentó diferencia significativa con los tratamientos térmicos. Los resultados demostraron que el manejo agrícola no tuvo efectos significativos en el contenido y actividad de compuestos fenólicos. No obstante los productos orgánicos tendieron a presentar un ligero aumento.

Derechos de Autor Reservados ©
Erika Leonor Zambrano Moreno
2013

A mi padre Arturo Zambrano y mis hermanos Vicky, Nathaly y Luis, porque a pesar de la distancia sé que puedo contar con ellos.

A mi madre Leonor Moreno que a pesar de ya no estar conmigo nunca he dejado de sentir su presencia.

A todas las personas que se han ido pero que fueron parte fundamental en mi vida.

Con amor Erika

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Puerto Rico y a la Maestría Ciencia y Tecnología de Alimentos por permitirme alcanzar este logro en mi vida profesional.

A la Dra. Rosa Chávez, por su colaboración, paciencia, orientación y disposición en el desarrollo de esta tesis.

A la Dra. María Plaza, por su consejo, amistad, apoyo, orientación, ayuda y el acceso al laboratorio de Química de alimentos.

A la Dra. Edna Negrón, por darme la oportunidad de ser parte del programa de Ciencia y Tecnología de Alimentos y por su asesoría a lo largo del desarrollo de esta tesis.

Al Dr. Bryan Brunner, por la información necesaria para encontrar la materia prima de la tesis.

Al agricultor Adrián Jordán, por facilitar los productos orgánicos.

Al Prof. Ángel Bosques, por facilitar yautía producida convencionalmente.

A las profesoras Ivelisse Padilla y Verónica Sánchez, por brindarme la oportunidad de trabajar y aprender en el Departamento de química.

A mis compañeros, al personal técnico y administrativo y, a la gran familia de Ciencia y Tecnología de Alimentos.

De manera especial agradezco a mi familia por su apoyo incondicional y por motivarme a terminar una etapa más en mi vida.

A todos mis amigos y en especial a mi amiga Angy por su ayuda en el laboratorio, por sus consejos, compañía, apoyo y jalones de oreja necesarios a lo largo de estos años. A mi amiga Gladicilla por su colaboración y por estar dispuesta a brindar una mano amiga.

A mi novio Miguel por sus sugerencias, apoyo, paciencia y ayuda estadística en la realización de esta tesis.

Tabla de contenido

ABSTRACT ii
RESUMEN iv
AGRADECIMIENTOS viii
Lista de tablas xiii
Lista de Figuras xiv
1 **INTRODUCCIÓN** 1
2 OBJETIVOS 4
2.1 Objetivo general 4
2.2 Objetivos específicos 4
3 REVISIÓN DE LITERATURA 5
3.1 Berenjena 5
3.1.1 Origen 5
3.1.2 Descripción botánica 5
3.1.3 Descripción de la planta, inflorescencia y fruta 6
3.1.4 Composición química 6
3.1.5 Usos 7
3.2 Yautía 8
3.2.1 Origen 8
3.2.2 Descripción Botánica 9
3.2.3 Descripción de la planta, inflorescencia y fruta 9
3.2.4 Composición química 10
3.2.5 Usos 10
3.3 Agricultura orgánica 11
3.3.1 Definición 11
3.3.2 Principios de la agricultura orgánica 12
3.3.3 Estadísticas del sector orgánico 12
3.4 Antioxidantes 13
3.4.1 Especies oxidantes y estrés oxidativo 13
3.4.2 Antioxidantes 15
3.5 Polifenoles 16

3.5.1 Clasificación de polifenoles 16
3.6 Flavonoides 17
3.6.1 Clasificación de flavonoides 18
3.7 Antocianidinas 19
3.7.1 Estabilidad de las antocianinas 20
3.8 Medidas de antioxidantes totales y su capacidad antioxidante 21
3.8.1 Ensayo Folin-Ciocalteu 21
3.8.2 Antocianinas totales 22
3.8.3 Ensayo ORAC 22
3.8.4 Ensayo DPPH• 23
3.9 Cocción de alimentos 23
6.9.1 Procesamiento hidrotérmico de alimentos 24
4 MATERIALES Y MÉTODOS 25
4.1 Obtención de las muestras 25
4.2 Diseño experimental 25
4.3 Preparación de las muestras 27
4.3.1 Ebullición 28
4.3.2 Vaporización 28
4.3.3 Horneado 28
4.4 Medidas fisicoquímicas 29
4.4.1 Análisis proximal 29
4.4.2 Medidas de pH 29
4.3.3 Medidas de color 29
4.5 Elaboración de extractos 30
4.6 Análisis de fitoquímicos 32
4.6.1 Determinación de Polifenoles totales 32
4.6.2 Determinación de Flavonoides totales 32
4.6.3 Determinación de Antocianinas monoméricas totales 33
4.7 Análisis de Capacidad Antioxidante 34
4.7.1 Método ORAC 34
4.7.2 Método DPPH• 34
5. RESULTADOS 36

5.1 Berenjena *(Solanum melongena)* 36
5.1.1 Análisis proximal 36
5.1.2 Color 36
5.1.3 Medidas de pH 37
5.1.4 Contenido de polifenoles totales 38
5.1.5 Contenido de flavonoides totales 40
5.1.6 Contenido de antocianinas totales 42
5.1.7 Capacidad antioxidante por el método ORAC 43
5.1.8 Capacidad antioxidante por el método DPPH• 46
5.2 Yautía *(Xanthosoma violaceum)* 49
5.2.1 Análisis proximal 49
5.2.2 Color 49
5.2.3 pH 50
5.2.4 Contenido de polifenoles totales 51
5.2.5 Contenido de flavonoides totales 53
5.2.6 Contenido de antocianinas monoméricas 54
5.2.7 Capacidad antioxidante por el método ORAC 55
5.2.8 Capacidad antioxidante por el método DPPH• 58
6. DISCUSIÓN 60
6.1 Berenjena 60
6.1.1 Análisis proximal 60
6.1.2 Color 61
6.1.3 Medidas de pH 61
6.1.4 Determinación de Polifenoles y Flavonoides totales 61
6.1.5 Determinación de Antocianinas totales 64
6.1.6 Capacidad antioxidante por el método ORAC y DPPH• 65
6.2 Yautía 66
6.2.1 Análisis proximal 66
6.2.2 Medidas de color 66
6.2.3 Medidas de pH 67
6.2.4 Contenido de Polifenoles y Flavonoides hidrosolubles totales 67
6.2.5 Contenido de Polifenoles hidrolizables y Antocianinas monoméricas totales 67
6.2.6 Capacidad antioxidante por el método ORAC y DPPH• 68

7. CONCLUSIONES 69
8. RECOMENDACIONES 70
LITERATURA CITADA 71
ANEXOS 84
ANEXO A. Cálculos y curvas de calibración 85
ANEXO B. Análisis de varianza en berenjena 94
ANEXO C. Análisis de varianza en yautía 103

Lista de tablas

Tabla 1. Composición química de berenjena fresca. 7

Tabla 2. Composición química de yautía lila fresca. 10

Tabla 3. Análisis proximal en berenjena fresca. 36

Tabla 4. Parámetros de color en berenjena fresca..... 37

Tabla 5. pH en berenjena en fresco (control) y cambio en su pH con los diferentes tratamientos de cocción. 37

Tabla 6. Análisis proximal en yautía fresca. 49

Tabla 7. Parámetros de color en yautía fresca. 49

Tabla 8. pH en yautía en fresco (control) y cambio en su pH con los diferentes tratamientos de cocción en manejo orgánico..... 50

Lista de Figuras

Figura 1. Formación de ERO's 14

Figura 2. Condiciones clínicas que involucran ERO's 15

Figura 3. Componentes básicos en taninos, ligninas y flavonoides 17

Figura 4. Estructura básica de flavonoides 18

Figura 5. Variaciones estructurales en diferentes familias de flavonoides. 19

Figura 6. Cianidina-3-glucosido 20

Figura 7. Formas estructurales predominantes de antocianinas presente en diferentes valores de pH 21

Figura 8. Esquema del diseño experimental en parcelas divididas en un arreglo completamente aleatorizado. 26

Figura 9. Diagrama de flujo de la elaboración de extractos de berenjena y yautía. 31

Figura 10. Contenido de polifenoles hidrosolubles totales con diferentes tratamientos de cocción en berenjena. 38

Figura 11. Contenido de polifenoles hidrolizables totales con diferentes tratamientos de cocción en berenjena. 39

Figura 12. Contenido de flavonoides hidrosolubles totales con diferentes tratamientos de cocción en berenjena. 40

Figura 13. Contenido de flavonoides hidrolizables totales con diferentes tratamientos de cocción en berenjena. 41

Figura 14. Contenido de antocianinas monoméricas totales con diferentes tratamientos de cocción en berenjena. 42

Figura 15. Capacidad antioxidante ORAC de compuestos hidrosolubles con diferentes tratamientos de cocción en berenjena. 43

Figura 16. Capacidad antioxidante ORAC de compuestos hidrolizables con diferentes tratamientos de cocción en berenjena. 44

Figura 17. Capacidad antioxidante ORAC de antocianinas monoméricas con diferentes tratamientos de cocción en berenjena. 45

Figura 18. Capacidad antioxidante DPPH$^{\bullet}$ de compuestos hidrosolubles con diferentes tratamientos de cocción en berenjena. 46

Figura 19. Capacidad antioxidante DPPH$^{\bullet}$ de compuestos hidrolizables con diferentes tratamientos de cocción en berenjena. 47

Figura 20. Capacidad antioxidante DPPH$^{\bullet}$ de antocianinas con diferentes tratamientos de cocción en berenjena. 48

Figura 21. Contenido de polifenoles hidrosolubles totales con diferentes tratamientos de cocción en yautía. 51

Figura 22. Contenido de polifenoles hidrolizables totales con diferentes tratamientos de cocción en yautía. 52

Figura 23. Contenido de flavonoides hidrosolubles totales con diferentes tratamientos de cocción en yautía. 53

Figura 24. Contenido de antocianinas monoméricas totales con diferentes tratamientos de cocción en yautía. 54

Figura 25. Capacidad antioxidante por el método ORAC de compuestos hidrosolubles con diferentes tratamientos de cocción en yautía. 55

Figura 26. Capacidad antioxidante por el método ORAC de compuestos hidrolizables con diferentes tratamientos de cocción en yautía. 56

Figura 27. Capacidad antioxidante por el método ORAC de antocianinas con diferentes tratamientos de cocción en yautía. 57

Figura 28. Capacidad antioxidante por DPPH$^{\bullet}$ de compuestos hidrosolubles con diferentes tratamientos de cocción en yautía. 58

Figura 29. Capacidad antioxidante por DPPH$^{\bullet}$ de antocianinas con diferentes tratamientos de cocción en yautía. 59

1 INTRODUCCIÓN

La calidad nutricional de un alimento se basa en la interacción entre el tipo de alimento y la forma como ha sido producido. Alimentos con mayor contenido de antioxidantes y producidos con menos agroquímicos podrían minimizar la incidencia de enfermedades globales como el cáncer.

Según El Mundo de la Agricultura Orgánica (The World of Organic Agriculture) en el 2011 fueron producidas orgánicamente 37.2 millones de hectáreas en el mundo. El país con la mayor área destinada a la producción orgánica es Australia, (12 millones de hectáreas), seguido por Argentina (3.8 millones) y Estados Unidos (1.9 millones). Estados Unidos lidera el mercado de productos orgánicos (29 billones de dólares), seguido por Alemania (9.2 billones) y Francia (5.2 billones) (Willer et al., 2013). Desde hace más de tres décadas cuando comenzó la industria de alimentos orgánicos, las frutas y vegetales frescos han sido la categoría de mayor venta de alimentos orgánicos. En Estados Unidos es el 37% de ventas de alimentos orgánicos (USDA, 2012). En Puerto Rico la agricultura orgánica está creciendo, en el 2012 había cinco pequeños agricultores certificados como orgánicos (USDA Organic) y ocho en proceso de conseguir la certificación (Martínez, 2012).

Por otra parte, el Organismo Mundial de la Salud (OMS, 2013) estimó que el cáncer es una de las principales causas de muerte en el mundo. Se le atribuyen 7,6 millones de defunciones ocurridas en el 2008 y aproximadamente un 30% de las muertes por cáncer son debidas a cinco factores de riesgo conductuales y dietéticos: índice de masa corporal elevado, ingesta reducida de frutas y verduras, falta de actividad física, consumo de tabaco y consumo de alcohol. Se predice que las muertes por cáncer sigan aumentando en todo el mundo y

alcancen los 13.1 millones en el 2030 (OMS, 2013). Esto ha llevado al incremento en el consumo de frutas y vegetales, ya que ha sido asociado con la protección contra varias enfermedades, incluyendo diferentes tipos de cáncer y enfermedades cardio y cerebro vasculares (Cíz et al., 2010).

Es ampliamente reconocido que la influencia benéfica de las frutas en la salud humana está ligada a la presencia de fitoquímicos específicos. Determinar la naturaleza de estos compuestos en diferentes materias primas y, la influencia de la precosecha, poscosecha y tratamientos de procesamiento han sido las mayores áreas de investigación (Cools et al., 2011).

Las frutas generalmente se consumen crudas; sin embargo, los vegetales sufren algún tipo de procesamiento antes de ser ingeridos. Durante la cocción ocurren pérdidas significativas en la composición de antioxidantes como ácido ascórbico y algunos carotenoides, pero los polifenoles han mostrado cierta estabilidad cuando son expuestos a altas temperaturas, su contenido y su capacidad antioxidante pueden ser más altos o más bajos respecto a los alimentos frescos (Faller y Fialho, 2009). Las investigaciones en flavonoides y otros polifenoles, sus propiedades antioxidantes y sus efectos en la prevención de enfermedades comenzó recientemente y ha recibido una atención considerable (Baruah, 2011).

La berenjena (*Solanum melongena* L.) se encuentra entre los mejores diez vegetales respecto a la capacidad de absorber radicales de oxígeno (Singh et al., 2009). Además contiene una gran cantidad de fitoquímicos tales como fenólicos y flavonoides que proveen importantes beneficios a la salud (Akanitapichat et al., 2010). La yautía es un cultivo importante en áreas tropicales y subtropicales porque provee carbohidratos, proteínas y vitaminas (Reyes et al., 2005).

El objetivo de este trabajo fue comparar el contenido y capacidad antioxidante de polifenoles, flavonoides y antocianinas totales en berenjena y yautía orgánica y convencional tratadas térmicamente.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Determinar y comparar el contenido y capacidad antioxidante de antioxidantes en berenjena (*Solanum melongena*) *y* yautía (*Xanthosoma violaceum*) orgánica y convencional tratadas térmicamente.

2.2 Objetivos específicos

- ✓ Determinar y comparar el contenido de polifenoles totales hidrosolubles e hidrolizables y su capacidad antioxidante en berenjena (*Solanum melongena*) y yautía (*Xanthosoma violaceum*) orgánica y convencional fresca y bajo cocción en ebullición, vapor y horneado.
- ✓ Determinar y comparar el contenido de flavonoides totales hidrosolubles e hidrolizables y su capacidad antioxidante en berenjena (*Solanum melongena*) y yautía (*Xanthosoma violaceum*) orgánica y convencional fresca y bajo cocción en ebullición, vapor y horneado.
- ✓ Determinar y comparar el contenido de antocianinas totales en berenjena (*Solanum melongena*) y yautía (*Xanthosoma violaceum*) orgánica y convencional fresca y bajo cocción en ebullición, vapor y horneado.

3 REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Berenjena

3.1.1 Origen

La berenjena *(Solanum melongena* L.) se originó en la India tropical, pero es un vegetal establecido en muchos países tropicales. Alrededor del mundo la berenjena se conoce con diferentes nombres como eggplant en inglés, brinjal en indio, aubergine en francés y malanzana en italiano (Salunkhe y Kadam, 1998; Fornaris, 2006). Los mayores productores y con mayor área cosechada de berenjena en el mundo son China e India con 27.7 y 11.9 millones de toneladas y 788,000 y 680,000 Ha. En Puerto Rico en el año 2011 se produjeron 997 toneladas y se reportaron 51 Ha de berenjena cosechada (FAOSTAT, 2011). En el mercado de Puerto Rico se puede encontrar berenjena durante todo el año aunque su mayor producción se da en los meses de diciembre a marzo (Fondo Integral de Desarrollo Agrícola FIDA y Oficina de Marcas y Mercado Integrado, s.a.).

3.1.2 Descripción botánica

La berenjena es una planta dicotiledónea, herbácea y perenne de vida corta, que pertenece a la familia de las Solanáceas. Existen tres principales variedades botánicas: cultivares en forma redonda o de huevo agrupados bajo la subespecie *esculentum*, los tipos más delgados y

largos incluidos bajo la subespecie *serpentinum* y las plantas de crecimiento enano categorizadas bajo la subespecie *depresum* (Salunkhe y Kadam, 1998; Fornaris, 2006).

3.1.3 Descripción de la planta, inflorescencia y fruta

La planta es arbustiva y puede crecer de 60-120 cm; las hojas son largas y arregladas alternamente en los tallos. Las flores son largas, de color violeta y se presentan solitarias o en grupos de dos a cinco (Salunkhe y Kadam, 1998). La fruta de la berenjena es una baya sencilla, carnosa y de superficie lisa. Su forma puede variar desde redonda, ovalada (forma de pera), oblonga (más larga que ancha) hasta bien alargada. Las variedades comerciales utilizadas en los Estados Unidos y Puerto Rico se dividen principalmente en ovaladas y oblongas en cuanto a su forma (Fornaris, 2006). Dependiendo de la variedad y el estado de madurez del fruto se pueden encontrar diferentes tonalidades en la parte externa, desde color blanco pasando por rojizos hasta púrpura claro y oscuro de las variedades comerciales. La pulpa de la fruta es blanca que durante el procesamiento se puede tornar de color café claro y las semillas distribuidas a lo largo del fruto son de color café claro (Fornaris, 2006).

3.1.4 Composición química

La berenjena contiene un alto contenido de humedad, un bajo contenido de grasa y carbohidratos y posee un bajo valor energético (Tabla 1).

Tabla 1. Composición química de berenjena fresca.

Datos		**	***
Humedad (%)	92.7	92.3	92.4
Proteína (%)	1.4	0.98	1.2
Grasa (%)	0.3	0.18	0.2
Carbohidratos (%)	4.0	5.88	4.7
Fibra (%)	1.3	-	0.9
Ceniza total (%)	-	0.66	0.6
Calcio (mg/100 g)	18	9	-
Hierro (mg/100 g)	0.9	0.23	-
Fosforo (mg/100g)	47	24	-
Sodio (mg/100g)	3.0	2	-
Potasio (mg/100g)	2.0	229	-
Magnesio (mg/100g)	16	14	-
Cobre (mg/100g)	0.17	0.081	-
Zinc (mg/100g)	-	0.16	-
Valor energético (kcal/100g)	24	25	-

Fuente: (Salunkhe y Kadam, 1998), **(USDA et al., 2006) y *(Cid, 1999).**

3.1.5 Usos

Cuando las semillas de la berenjena empiezan a endurecerse, la pulpa no es tan tierna y adquiere un sabor amargo y desagradable. Debido a esto la berenjena se consume en su etapa inmadura, cuando la semilla todavía está tierna. Se prepara principalmente cocida en diversos platos, acompañando la carne o el plato principal, puede ser guisada, horneada, salteada o frita. Se prepara rellena, como ensalada, dulce o como lasaña en sustitución de la carne o la pasta. La fruta cruda puede ser usada en curri o marinada con vinagre y especias (Pastrana y Willsey, 1941; Fornaris, 2006).

3.2 Yautía

3.2.1 Origen

El cultivo de yautía es muy antiguo y originario de la América Tropical, en la región comprendida entre el norte de América del Sur hasta México, incluyendo América central y las Islas caribeñas. Algunos documentos históricos señalan a la yautía como el cultivo más antiguo en Puerto Rico heredado de los indígenas Arahuacos, otros establecen que fue cultivada en los jardines de los Aztecas. No obstante en la actualidad, el mayor número que se conoce proviene de las Islas caribeñas (Hernández, 1996). En Puerto Rico la yautía es uno de los cultivos con mejor precio de venta en el mercado, pero de baja producción debido principalmente a la enfermedad o condición conocida como el mal seco (caracterizada por pudrición de las raíces y hojas marchitas y cloróticas). También se ha determinado que la yautía es sensitiva a la compactación del suelo (Díaz, 1997; Estación Experimental Agrícola y Universidad de Puerto Rico, 1997). En el 2011 los mayores productores y con mayor área cosechada de yautía en el mundo fueron Cuba y Venezuela con 132,100 y 90,336 toneladas y 16,242 y 6,520 Ha. En Puerto Rico se produjeron 1,666 toneladas y se reportó 278 Ha cosechadas (FAOSTAT, 2011). Aunque la yautía se produce durante todo el año los meses de febrero a junio son los meses de mayor producción (Fondo Integral de Desarrollo Agrícola FIDA y Oficina de Marcas y Mercado Integrado, s.a.).

3.2.2 Descripción Botánica

La yautía es una planta monocotiledonea de consistencia herbácea, perenne, que crece de 1-2 m de altura y es formada por un tallo subterráneo o cormo. Pertenece a la familia de las Aráceas y su nombre científico más usado es *Xanthosoma sagittifolium*. Este género comprende unas 45 especies difíciles de diferenciar, entre las cuales se encuentran *X.atrovirens, X. caracu, X. violaceum, X. mafafa, X jacquini*, entre otras. Los tipos más cultivados son tipo banco, amarillo y morado (Hernández, 1996). Entre las variedades más populares se encuentran: Blancas (Blanca de país, Alela, Estela), Amarillas (Kelly), Moradas (Vinola) y Cremas (Rascana) (Estación Experimental Agrícola y Universidad de Puerto Rico, 1997).

3.2.3 Descripción de la planta, inflorescencia y fruta

El cormo se conoce como el tallo central que contiene yemas, raíces y hojas modificadas en forma de escamas y le sirve como una reserva de nutrientes y agua. El cormelo es la parte comestible de mejor calidad en los tipos blanco y morado, se forma a partir del cormo que se reserva para siembra y alimentación animal. En las variedades amarillas se puede consumir tanto el cormo como los cormelos. Las raíces salen en fila sobre los entrenudos de la parte media e inferior del cormo principal y de los cormelos. Las hojas se unen por la base formando un tallo falso cilíndrico de pocos centímetros de largo, las más nuevas ocupan el centro de la planta y las externas se van secando. De las concavidades de las hojas brotan una o más inflorescencias. El fruto es una baya que madura entre los 40-50 días (Hernández, 1996).

3.2.4 Composición química

La yautía es un producto rico en carbohidratos y proteína, así como en potasio y fósforo. También posee alto contenido de humedad y bajo contenido de grasa. Es un alimento altamente energético comparable con la papa y posee un contenido similar de calcio y fósforo (Cuenta Reto del Milenio y Chemonics, s.a.).

Tabla 2. Composición química de yautía lila fresca.

Datos	**Lila**	***X. sagittifolium****	***Xanthosoma Spp.****	***Papa*****
Humedad (%)	59.7	73.06	65.9	79.34
Proteína (%)	5.0	1.46	1.7	2.02
Grasa (%)	0.3	0.40	0.3	0.09
Carbohidratos (%)	34	23.63	30.9	17.47
Fibra (%)	0.6	-	0.6	-
Ceniza total (%)	1.0	1.45	1.2	1.08
Calcio (mg/100 g)	35	9	14	12
Hierro (mg/100 g)	1.3	0.98	0.8	0.78
Fosforo (mg/100g)	150	51	56	57
Sodio (mg/100g)	3.0	21	-	6
Potasio (mg/100g)	550	598	-	421
Valor energético (kcal/100g)	24	98	132	77

Fuente: (Hernández, 1996), *(USDA et al., 1995), **(FAO, s.a.) y *(USDA et al., 2001).**

3.2.5 Usos

La yautía es rica en carbohidratos por lo que se utiliza mayormente para consumo hervida y en alcapurrias y pasteles (Díaz, 1997). La yautía también se consume al vapor, majada, frita, horneada y en sopas (Willsey y Vilá, 1931).

3.3 Agricultura orgánica

3.3.1 Definición

La agricultura orgánica es un sistema de producción que utiliza los recursos de la finca, minimiza el uso de recursos no renovables y no utiliza fertilizantes y plaguicidas sintéticos. Busca proteger el medio ambiente, la biodiversidad, los ciclos biológicos, la fertilidad y la actividad biológica del suelo y la salud humana (FAO, 2003; Codex Alimentarius, 2007).

El uso de "orgánico" en referencia a la producción agrícola y de alimentos es restringido en muchos países, y algunas agencias de certificación tienen requisitos de cumplimiento más estrictos que otros. Muchos agricultores en países menos desarrollados pueden practicar la agricultura orgánica por tradición basada en sus métodos tradicionales de producción (Kristiansen et al., 2006). La viabilidad de un campo orgánico es sinónimo de un ecosistema agro diverso, en espacio y tiempo. La diversidad de cultivos, encontrada en campos orgánicos, acoplada con rotación de cultivos de menor valor económico pero alto contenido de micronutrientes y proteínas, enriquece las dietas y la salud de los hogares (FAO. El-Hage, 2007). Según los resultados encontrados por Hunter et al. (2011) los vegetales, legumbres y algunas frutas orgánicas tienen mayor contenido de vitaminas y minerales que los alimentos producidos convencionalmente. El contenido de minerales como hierro, magnesio, y vitamina C fue mayor bajo un manejo orgánico comparado con un manejo convencional, el cual presentó mayor contenido de nitratos y trazas de metales pesados (Worthington, 2001). Los beneficios de la agricultura orgánica y la preocupación generalizada del uso de agroquímicos como plaguicidas y fertilizantes por parte de la agricultura convencional ha ganado el interés

del consumidor y los investigadores por entender las características beneficiosas de los productos orgánicos (Lima y Vianello, 2011).

3.3.2 Principios de la agricultura orgánica

En el 2002 la Federación Internacional del Movimiento de Agricultura Orgánica (IFOAM) rescribió los principios de agricultura orgánica, los cuales fueron tomados en el 2005 para su aceptación (Kristiansen et al., 2006):

- ✓ Principio de la Salud: la agricultura orgánica debe sostener y promover la salud del suelo, plantas, animales y humanos como única e indivisible.
- ✓ Principio Ecológico: la agricultura orgánica debe ser basada y trabajar con sistemas y ciclos ecológicos vivos, emularlos y ayudar a sostenerlos.
- ✓ Principio de Equidad: la agricultura orgánica debe ser construida sobre relaciones que aseguren la equidad considerando el medio ambiente común y las oportunidades de vida.
- ✓ Principio de Cuidado: la agricultura orgánica debe ser manejada de una manera precaucionaría y responsable para proteger la salud y el bienestar de generaciones actuales y futuras y el medio ambiente.

3.3.3 Estadísticas del sector orgánico

Estados Unidos es una de las áreas más grandes de producción de alimentos orgánicos y es el más grande mercado orgánico, siendo el líder seguido por Canadá (United Nations, 2003). La Asociación de Marca Orgánica (OTA's) 2007 determinó que las ventas de

productos alimentarios orgánicos fueron de $16.7 millones en el 2006 ó 2.8% del total de ventas de alimentos al detal en los Estados Unidos (United Nations, 2003; Straub, 2010).

A pesar de la importancia y el crecimiento en el mundo de la agricultura orgánica en Puerto Rico no se cuenta con estadísticas confiables que brinden información acerca de lo que se produce, área sembrada, mercado, entre otros. Solamente el Censo de Agricultura reporta que en Puerto Rico en el año 2007 existían 20 fincas con venta de cultivos orgánicos representando en un valor total de producción de 35,030 dólares, 1,752 dólares promedio por finca (USDA y National Agricultural Statistics Service (NASS), 2009; Solano Peláez, 2010). Según Solano (2010) los vegetales ocupan un 90% de la producción de productos orgánicos, seguido por las plantas aromáticas y medicinales, farináceos, frutas y pecuarios. Dentro de los vegetales los productos de mayor producción fueron habichuelas, berenjenas y tomates y los principales farináceos fueron plátanos, yautía y ñame.

3.4 Antioxidantes

3.4.1 Especies oxidantes y estrés oxidativo

La generación de radicales libres (RL) y especies reactivas de oxígeno (ERO's) es inevitable en el metabolismo aeróbico. Los RL son especies químicas que poseen uno o más electrones solitarios, lo cual los hace altamente inestables y reactivos. Las EROs incluyen radicales y no radicales derivados de oxígeno que son oxidantes y/o se convierten fácilmente en radicales libres, tales como oxígeno sínglete (O_2), peróxido de hidrógeno (H_2O_2), radical

superóxido (O_2^-), radical hidroxilo ($OH^\bullet$), ácido hipocloroso (HOCl), entre otros (Hughes, 2002; Leyva, 2009; Uppu et al., 2010) (Figura 1).

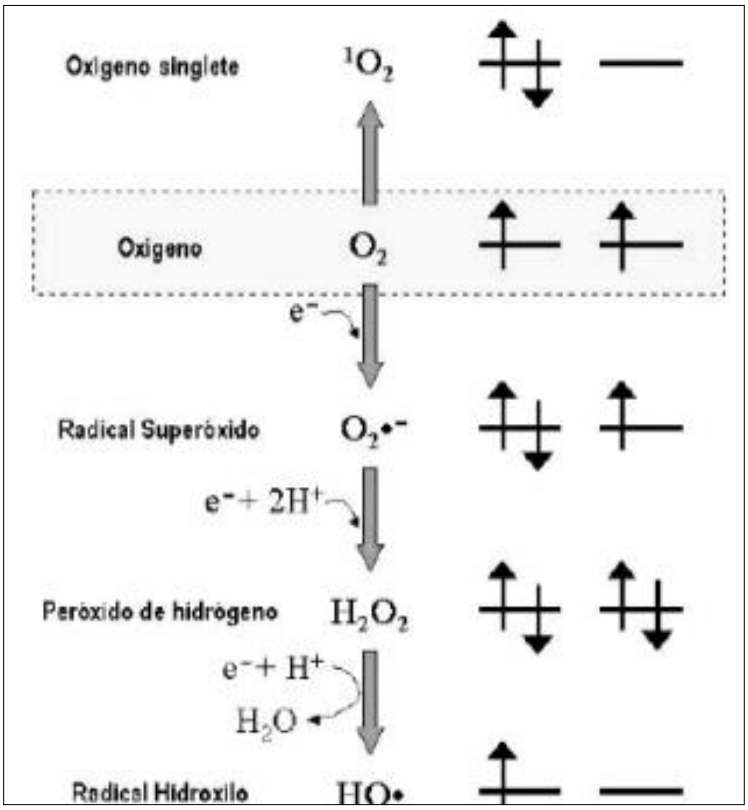


Figura 1. Formación de ERO's (Martín, 2010).

El desbalance en la producción de RL y ERO's lleva a alteraciones celulares negativas conocidas como estrés oxidativo. La generación de ERO's en exceso puede dañar moléculas como el ácido desoxirribonucleico (ADN), proteínas, carbohidratos y lípidos. Cuando se presenta altas cantidades de ERO's que no pueden ser tratadas por el sistema de defensa del organismo pueden contribuir a enfermedades como cáncer, infarto, inflamación, envejecimiento, entre otras (Sies y Stahl., 1995; Hughes, 2002; Vicente et al., 2009) (Figura 2).

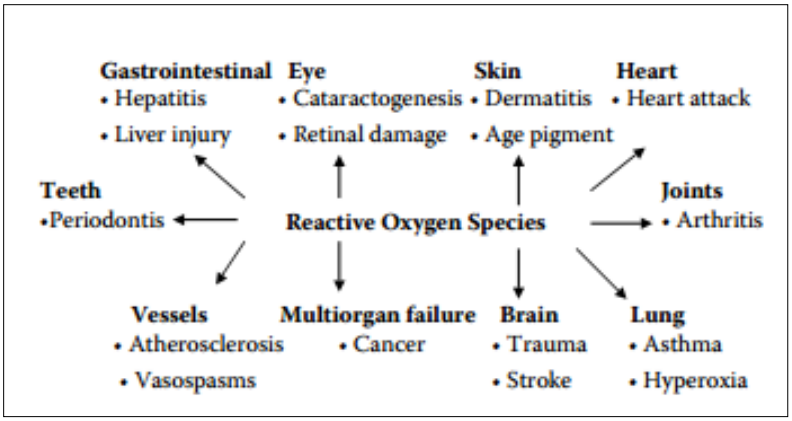


Figura 2. Condiciones clínicas que involucran ERO's (Min y Lee, 2005).

3.4.2 Antioxidantes

Desde una perspectiva biológica, un antioxidante es considerado un compuesto capaz de impedir la oxidación celular (Vicente et al., 2009). Son compuestos o sistemas que retrasan la autooxidación por inhibición de la formación de radicales libres o por la interrupción de la propagación de radicales libres por uno o varios mecanismos: secuestro de especies que inician la peroxidación, quelantes de iones metálicos de tal manera que sean incapaces de generar especies reactivas o descomponer peróxidos de lípidos, extinción del radical O_2^- previniendo la formación de peróxidos, rompimiento de la reacción en cadena autooxidativa y/o reducción de concentraciones de oxígeno (Brewer, 2011).

Los antioxidantes pueden ser divididos en dos grupos: antioxidantes preventivos y antioxidantes de cadena interrumpida. El primer grupo comprende quelantes metálicos tales como metalotioneína, neuromelanina, transferina y otras vitaminas implicadas en el transporte y almacenamiento de metales de transición y, enzimas antioxidantes tales como catalasa, superóxido dismutasa, etc. Los secuestradores de radicales libres pertenecen al segundo grupo, ellos secuestran radicales libres y detienen la propagación de radicales de reacciones en

cadena, los cuales difieren en su efectividad dependiendo de sus características químicas y ubicación física dentro del alimento. Los radicales de cadena interrumpida más significativos son vitamina C y E, carotenoides y polifenoles (Cíz et al., 2010; Brewer, 2011).

3.5 Polifenoles

Los polifenoles son compuestos presentes en las plantas que poseen un anillo aromático enlazado a uno o más grupos hidroxilos, los cuales determinan su clasificación y funcionalidad (Shahidi y Naczk, 2003). Entre las principales fuentes de antioxidantes naturales en nuestra dieta se encuentran en vegetales, frutas y especias, aunque también se encuentran en jugos de frutas, té, café, vino rojo, cereales y legumbres secas (Kristiansen et al., 2006). La estructura básica de polifenoles está compuesta de uno o más anillos fenólicos que son sustituidos por varios grupos hidroxilos que están altamente correlacionados con su fuerte actividad antioxidante (Helmja et al., 2007).

3.5.1 Clasificación de polifenoles

Los compuestos fenólicos comprenden metabolitos secundarios de las plantas y se conocen cerca de 8000 estructuras fenólicas, desde fenoles simples hasta estructuras complejas de alta masa molar (Marinova et al., 2005). Existen varias clases y subclases de polifenoles que se definen en función del número de anillos fenólicos que poseen y de los elementos estructurales que presentan estos anillos (Baruah, 2011). Los polifenoles son clasificados en compuestos hidrosolubles como ácidos fenólicos, fenilpropanoides, flavonoides y quinonas y

compuestos hidrofóbicos como taninos condensados, ligninas y ácidos hidroxicinámicos enlazados a la pared celular (Figura 3) (Haminiuk et al., 2012). Dentro de las funciones de los polifenoles están: actuar como antimicrobianos y/o repelentes de depredadores, proteger contra la radiación UV, contribuir a la pigmentación de frutas y flores, y a la astringencia y al sabor amargo de algunos productos (Vicente et al., 2009).

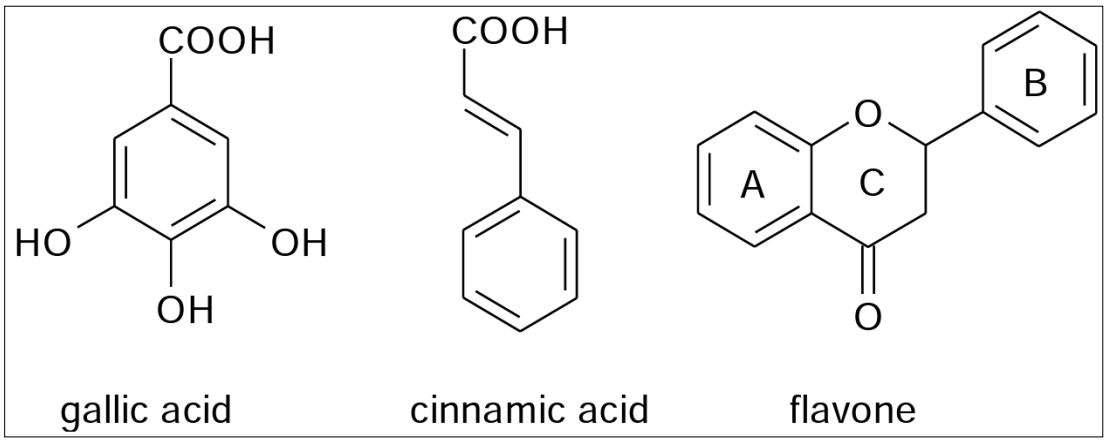


Figura 3. Componentes básicos en taninos, ligninas y flavonoides (Baruah, 2011).

3.6 Flavonoides

Los flavonoides son una clase de polifenoles que están ampliamente distribuidos en vegetales y pueden ser diferenciados en subclases de acuerdo a su estructura (Williams et al., 2013). Los flavonoides son compuestos que comparten el esqueleto principal de difenilpropano (C6-C3-C6) y son diferenciados por el número y arreglo de los grupos hidroxilos y por la naturaleza y medida de alquilación y glicosilación de esos grupos (Karakaya, 2004). La estructura principal de los flavonoides consiste de dos anillos de benceno (A y B) unidos por un anillo de pirano que contiene oxígeno (C) (Figura 4).

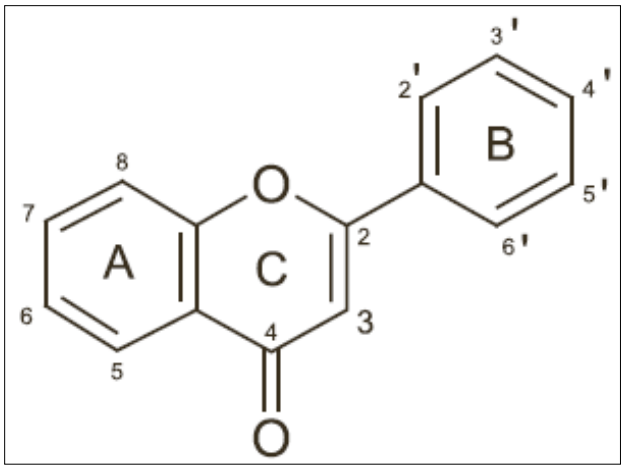


Figura 4. Estructura básica de flavonoides (Erlund, 2004).

3.6.1 Clasificación de flavonoides

Los flavonoides que contienen un grupo hidroxilo en la posición del C-3 del anillo C son clasificados como 3-hidroxiflavonoides (flavonoles, flavanoles, leucoantocianidinas, antocianidinas, proantocanidinas o taninos condensados y catequinas) y los que carecen de éste se clasifican como 3-desoxyflavonoides (isoflavonas, flavanonas y flavonas) (Erlund, 2004). La clasificación entre dos grupos está basado en el número y la posición de grupos hidroxilos o grupos funcionales (metilos, azúcares, ácidos orgánicos) (Quiñones et al., 2012). La figura 5 muestra variaciones estructurales dentro de los anillos que subdivide los flavonoides en las diferentes familias (Shahidi y Ho, 2005).

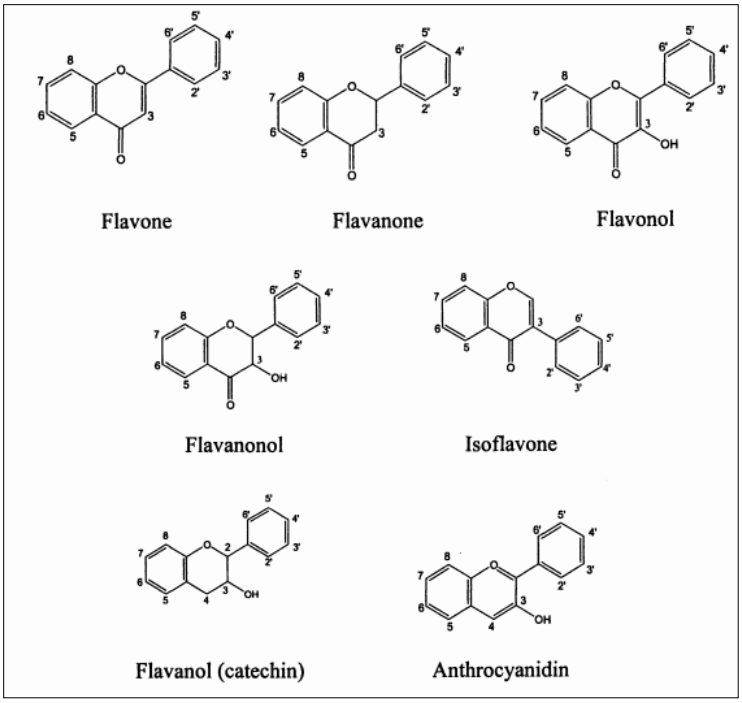


Figura 5. Variaciones estructurales en diferentes familias de flavonoides (Shahidi y Ho, 2005).

3.7 Antocianidinas

La palabra antocianina es derivada del griego anthos (flor) y kyanos (azul oscuro). Son responsables de los colores rojos, azul o violeta en flores, hojas, tallos, raíces y frutas comestibles, tales como manzanas, ciruelas, berenjenas y cerezas (Sadilova et al., 2006). Las antocianidinas más comunes incluyen pelargonidina, cianidina, delphinidina y malvidina (Mukhopadhyay, 2000; Erlund, 2004; Leyva, 2009; Quiñones et al., 2012). Las antocianinas son derivados del catión 2-fenilbenzopirilio, y debido a la poca solubilidad de éstas en agua, no se encuentran en forma libre en la naturaleza sino en su forma glicosilada, siendo una de las más abundantes la cianidina-3-glucósido (Figura 6).

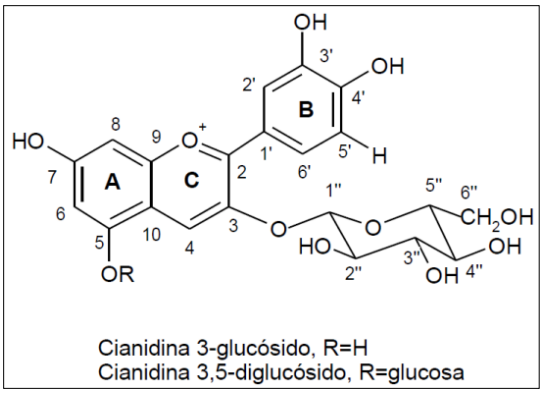


Figura 6. Cianidina-3-glucosido (Leyva, 2009).

3.7.1 Estabilidad de las antocianinas

Las antocianinas pueden ser usadas en alimentos como sustitutos de colorantes sintéticos, aunque su estabilidad en los alimentos es baja comparada con otros colorantes sintéticos (Mukhopadhyay, 2000). Las antocianinas son compuestos lábiles y su estabilidad es muy variable en función de su estructura y la composición de la matriz en la que se encuentran. La estabilidad de antocianinas se ve afectada por la concentración, temperatura, pH, presencia de enzimas, luz, oxígeno y otros compuestos como proteínas y minerales y otros flavonoides. El pH es un factor crítico que afecta la estabilidad del color. Dependiendo del pH las antocianinas pueden existir en cuatro especies diferentes: base quinoidal, catión flavilio, pseudobase carbinol y chalcona. En soluciones muy ácidas (pH<0.5) el catión flavilo rojo es la única estructura; con incrementos de pH la concentración del catión decrece al mismo tiempo que la hidratación da lugar a la base carbinol incolora. Entre pH 4 y 5.5 habrá poco color, debido a que las formas coloreadas estarán en bajas concentraciones y el equilibrio se desplazará a las formas incoloras. Por lo tanto, la forma chalcona es la más suceptible a la degradación y la forma iónica flavilio es la más estable (Figura 7) (Mukhopadhyay, 2000; Leyva, 2009).

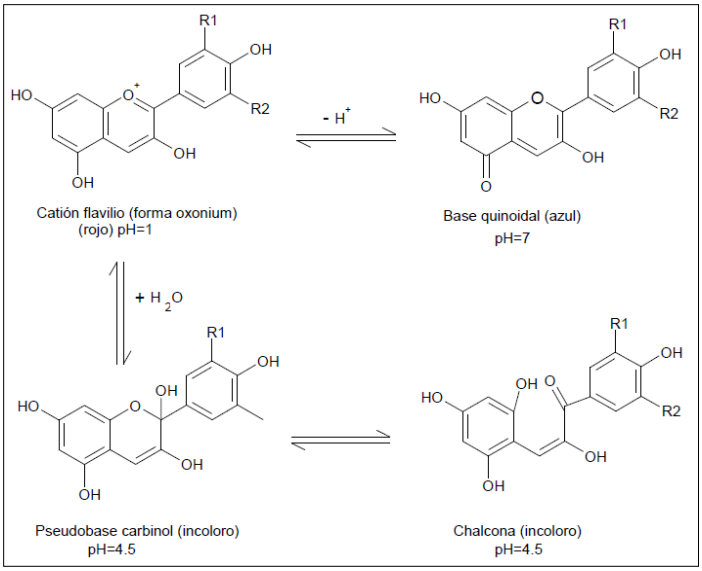


Figura 7. Formas estructurales predominantes de antocianinas presente en diferentes valores de pH (Leyva, 2009).

3.8 Medidas de antioxidantes totales y su capacidad antioxidante

3.8.1 Ensayo Folin-Ciocalteu

El ensayo fue primero usado para analizar proteínas, pero Singleton y Rossi en 1965 propusieron extender el uso de este procedimiento para medir compuestos fenólicos. El reactivo que contiene heteropoliácidos de fosfomolibdato y fosfotungstato, es adicionado a alícuotas de la muestra que contiene los antioxidantes, se aumenta el pH por la adición de carbonato de sodio. Bajo condiciones básicas, los fenólicos pueden formar aniones fenolatos, los cuales pueden reducir el molibdeno, produciendo un azul oxidado que muestra un alto coeficiente de extinción cercano a 750 nm. Los resultados son comúnmente expresados en equivalentes de ácido gálico. El ensayo es sencillo y reproducible y ha llegado a ser un protocolo de rutina para caracterizar antioxidantes en los alimentos (Waterhouse, 2002).

3.8.2 Antocianinas totales

Los pigmentos de antocianinas monoméricas experimentan transformaciones estructurales reversibles con cambios de pH, manifestados por diferentes espectros de absorbancia. La forma coloreada existe a un pH de 1.0 y la forma incolora predomina a un pH de 4.5. El método de pH diferencial es basado en esta reacción y permite medidas exactas y rápidas de las antocianinas totales, incluso en la presencia de pigmentos polimerizados degradados y otros compuestos presentes (Giusti y Wrolstad, 2001).

3.8.3 Ensayo ORAC

La capacidad de absorbancia del radical oxígeno (ORAC) fue desarrollada por Cao et al. (1993) para medir la actividad de secuestro de antioxidantes. Originalmente se diseñó para determinar el estado antioxidante en sistemas biológicos, después el protocolo ORAC fue ampliamente usado en antioxidantes de alimentos. Las medidas son basadas en la pérdida de la fluorescencia en una solución amortiguadora de fosfato causada por radicales peróxilos generados por la termólisis de un radical libre (Cools et al., 2011). Se completa la reacción en el tiempo y el área bajo la curva de la muestra es proporcional a la ORAC total de la muestra. Para corregir pequeñas diferencias en la sensitividad del instrumento, reactivos y otras condiciones del ensayo, el resultado final es expresado con referencia a una cantidad conocida de un antioxidante (Trolox), un análogo de la vitamina E soluble en agua (Cao et al., 1993).

3.8.4 Ensayo DPPH•

El 2,2-difeni-1-picrilhidrazilo (DPPH•) es uno de los pocos radicales libres estables y comercialmente disponibles (Cools et al., 2011). Debido a que el ensayo DPPH• se realiza a temperatura ambiente se elimina el riesgo de la degradación termal de las moléculas evaluadas. El mecanismo de reacción entre el antioxidante y DPPH• depende de la conformación estructural del antioxidante, algunos compuestos reaccionan rápidamente pero en la mayoría de compuestos las reacciones son lentas y los mecanismos parecen más complejos (Bondet et al., 1997). La reducción del radical DPPH• es monitoreada por la disminución de su absorbancia en una longitud de onda característica durante la reacción. Como se observa a continuación en su forma radical, DPPH• absorbe a 515 nm, pero durante la reducción por un antioxidante (AH) o un radical (R•), la absorción desaparece (Brand-Williams et al., 1995).

$$DPPH^{\bullet} + AH \rightarrow DPPH - H + A^{\bullet}$$

$$DPPH^{\bullet} + R^{\bullet} \rightarrow DPPH - R$$

3.9 Cocción de alimentos

Todos los alimentos culinarios implican una aplicación de calor que generalmente se conoce como cocción. Se define como la operación que transforma físicamente y químicamente el aspecto, la textura, la composición y el valor nutricional de los alimentos, por acción del calor. Durante la cocción pueden ocurrir los siguientes fenómenos físicos (Candela y Astiasarán, 1999):

✓ Expansión: se produce un intercambio entre el alimento y el medio de cocción. Por un proceso de osmosis, los componentes van de una solución más concentrada a una menos concentrada.

✓ Concentración: los nutrientes permanecen en el interior de los alimentos cuando se cocinan.

✓ Mixta: es una combinación de la expansión y la concentración.

6.9.1 Procesamiento hidrotérmico de alimentos

El procesamiento hidrotérmico es la base para procesos como el escaldado, pasteurización, esterilización, ebullición y vaporización. Esto se debe a que el agua tiene una transferencia de calor rápida al producto entero, lo cual lleva a un calentamiento uniforme del producto (Grajek y Olejnik, 2010). La mayoría de vegetales son cocidos por ebullición en agua antes de ser consumidos, el proceso ocasiona cambios en las características físicas y composición química del producto (Turkmen et al., 2005).

4 MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Obtención de las muestras

Las muestras de berenjena orgánica y convencional fueron adquiridas de dos fincas localizadas en Guánica, Puerto Rico, una orgánica y otra convencional. La yautía orgánica fue cosechada en Utuado y la yautía convencional fue adquirida de la Estación Experimental de Isabela de la Universidad de Puerto Rico.

4.2 Diseño experimental

El experimento se realizó en un diseño en parcelas divididas en un arreglo completamente aleatorizado, donde la parcela principal fue el manejo agrícola (orgánico ó convencional) y las subparcelas fueron los diferentes tratamientos: cocción en ebullición, cocción a vapor, horneado y fresco como control. Se realizaron cuatro replicaciones (Figura 8). El siguiente modelo lineal fue establecido para las observaciones obtenidas (Di Rienzo et al., 2009):

$$yijk = \mu + \alpha i + \beta j + \gamma ij + d\text{ɨ}k + \varepsilon ijk;$$

$$i = 1 \text{ y } 2, j = 1, \ldots., 4, k = 1, \ldots., 8.$$

Donde,

y_{ijk}: variables de respuesta observadas bajo los factores de manejo y tratamiento

μ: media general de las variables de respuesta

αi: efecto del factor asociado a las parcelas principales, manejo orgánico y manejo convencional (1 y 2).

βj: efecto del factor asociado a las subparcelas, ebullición, vapor, horneado y control (1,…,4).

γ_{ij}: efectos de las interacciones manejo*tratamiento (1,…,8).

dik: efectos aleatorios de la parcela principal

Εijk: error experimental. Se asume una distribución normal con diferentes varianzas entre manejo, tratamiento e interacción.

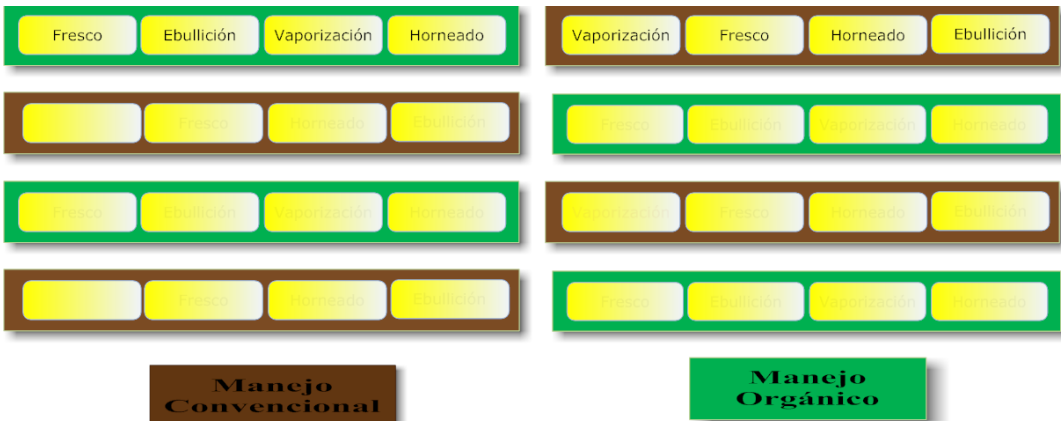


Figura 8. Esquema del diseño experimental en parcelas divididas en un arreglo completamente aleatorizado.

El análisis de varianza se realizó en Infostat versión 2013 (Di Rienzo et al., 2013), con un nivel de significancia del 5% (α=0.05) y para la comparación de las medias se usó la prueba de mínima diferencia significativa o LSD por sus siglas en inglés (Least Significant Difference).

4.3 Preparación de las muestras

La investigación se realizó en la Planta Piloto y Laboratorio de Química de Alimentos del Programa de Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Facultad de Ciencias Agrícolas del Recinto Universitario de Mayagüez, Universidad de Puerto Rico. Las muestras de berenjena y yautía orgánica y convencional fueron transportadas de la finca hasta las instalaciones del edificio y procesadas inmediatamente. Estas muestras fueron seleccionadas, clasificadas por tamaño, desinfectadas con una solución de hipoclorito de sodio a 200 ppm, lavadas con agua potable antes y después de la desinfección y secadas con papel toalla. La materia prima se dividió en 4 grupos que representaron las replicaciones y cada grupo se dividió homogéneamente en 4 tratamientos. Las muestras de yautía fueron peladas manualmente con un cuchillo de acero inoxidable. La berenjena y yautía fueron picadas en cubos de aproximadamente 1.0 cm para los tratamientos control, cocción en ebullición y cocción a vapor y para el tratamiento horneado se picaron longitudinalmente. Las muestras procesadas se empacaron inmediatamente en bolsas ziploc debidamente rotuladas y se guardaron a -80.0 ºC en un ultra-congelador Isotemp® hasta la elaboración de los extractos.

El tiempo de cocción por ebullición, vapor y horneado para berenjena y yautía se determinó por pruebas preliminares realizadas en el laboratorio y también fue adoptada la metodología de Faller y Fialho (2009).

4.3.1 Ebullición

Una muestra de 100 g de cada muestra fue colocada en una olla de acero inoxidable con tapa y 200 ml de agua destilada en ebullición para berenjena y 300 ml para yautía. El tiempo de ebullición fue de 7 min para berenjena y 10 min para yautía. Después de este procedimiento, se removió el agua y se enfrió a temperatura ambiente en un baño de agua fría en un recipiente de acero inoxidable.

4.3.2 Vaporización

Una muestra de 100 g de cada uno de los vegetales fueron colocados en un vaporizador. El tiempo de cocción fue de 7 min para berenjena y 10 min para yautía. Después de este procedimiento, se removió el agua y se enfrió a temperatura ambiente en un baño de agua fría en un recipiente de acero inoxidable.

4.3.3 Horneado

Las muestras se colocaron en un horno convencional a 180 ºC por 25 min para berenjena y 35 min para yautía, se enfriaron a temperatura ambiente en un baño de agua fría en un recipiente de acero inoxidable y se picaron en cubos de aproximadamente de 2.0 cm.

4.4 Medidas fisicoquímicas

Para caracterizar la materia prima fue realizado un análisis proximal y análisis de fibra cruda a las muestras control y para evaluar cómo afecta los diferentes tratamientos de cocción se tomaron medidas de pH y color, antes y después del tratamiento. Todas las medidas fueron tomadas en triplicado, excepto el pH que se tomó en duplicado.

4.4.1 Análisis proximal

La composición proximal se determinó de acuerdo a los métodos oficiales descritos por la AOAC (1990) y AOCS (2005) comprendiendo los siguientes análisis: humedad AOAC 966.02, ceniza AOAC 923.03, proteína AOAC 991.20 (factor de conversión=6.25), grasa cruda Am 5-04, fibra cruda Ba 6-05 y carbohidratos totales se determinó por diferencia.

4.4.2 Medidas de pH

El pH se determinó siguiendo el método 981.12 de la AOAC (1998). El pH se midió con un potenciómetro digital marca Sartorius por inmersión directa del electrodo previamente calibrado con soluciones amortiguadoras de pH 4, 7 y 10.

4.3.3 Medidas de color

La determinación de color se realizó empleando el colorímetro MiniScan XE calibrado con platos de porcelana negro y blanco. Se tomaron 3 muestras de berenjena y yautía picadas

y el color reflejado se describió a partir de los parámetros: L*, a* y b*, utilizando el iluminante D65. El parámetro L* representa luminosidad, con valores que van desde 0 para negro hasta 100 para blanco, el parámetro a* la variación entre el verde (-a) y rojo (+a) y b* señala variación entre el azul (-b) y el amarillo (+b); a* y b* fueron utilizados para calcular la saturación o Croma (C*) y el tono o el ángulo hue (h) (McGuire, 1992). El valor de la saturación o Croma (C*) y el valor del tono o el ángulo hue (h) fueron calculados con las siguientes formulas (Jha, 2010):

$$C^* = \sqrt{a^2 + b^2}$$

$$\text{Teta} = \Theta = \left(\frac{\tan^{-1} \frac{b}{a}}{6.2832} \right) * 360$$

Si: a>0 y b≥0, h = θ

Si: a<0 y b≥0, h = 180 + θ

Si: a<0 y b<0, h = 180 + θ

Si: a>0 y b<0, h = 360 + θ

4.5 Elaboración de extractos

Se tomaron 5 g de cada una de las muestras tratadas, se maceraron con 20 ml de metanol:agua (50:50) para polifenoles y flavonoides hidrosolubles, 20 ml de metanol + agua:HCl 1.2 M (50:50) para polifenoles y flavonoides hidrolizables y 40 ml metanol:HCl (99:1) para antocianinas. Se transfirió cuantitativamente a tubos de centrifuga, se cerró

herméticamente y se mantuvo en agitación por 1h a 38±2 ºC. El retenido de polifenoles y flavonoides se llevó a una segunda extracción con 20 ml de acetona:agua (70:30) por 1h a 38.0±2.0 ºC. Después de las extracciones las soluciones se centrifugaron a 1200g por 30 min y fueron filtradas en papel Whatman™ #1 con una bomba de vacío. Finalmente el sobrenadante de antocianinas (sobrenadante 3) y la combinación de los dos sobrenadantes de polifenoles y flavonoides (sobrenadante 1 y 2) se llevaron a un volumen total de 50 ml con agua destilada hasta el posterior análisis de los fitoquímicos (Figura 9) (Todaro et al., 2009; Rufino et al., 2010).

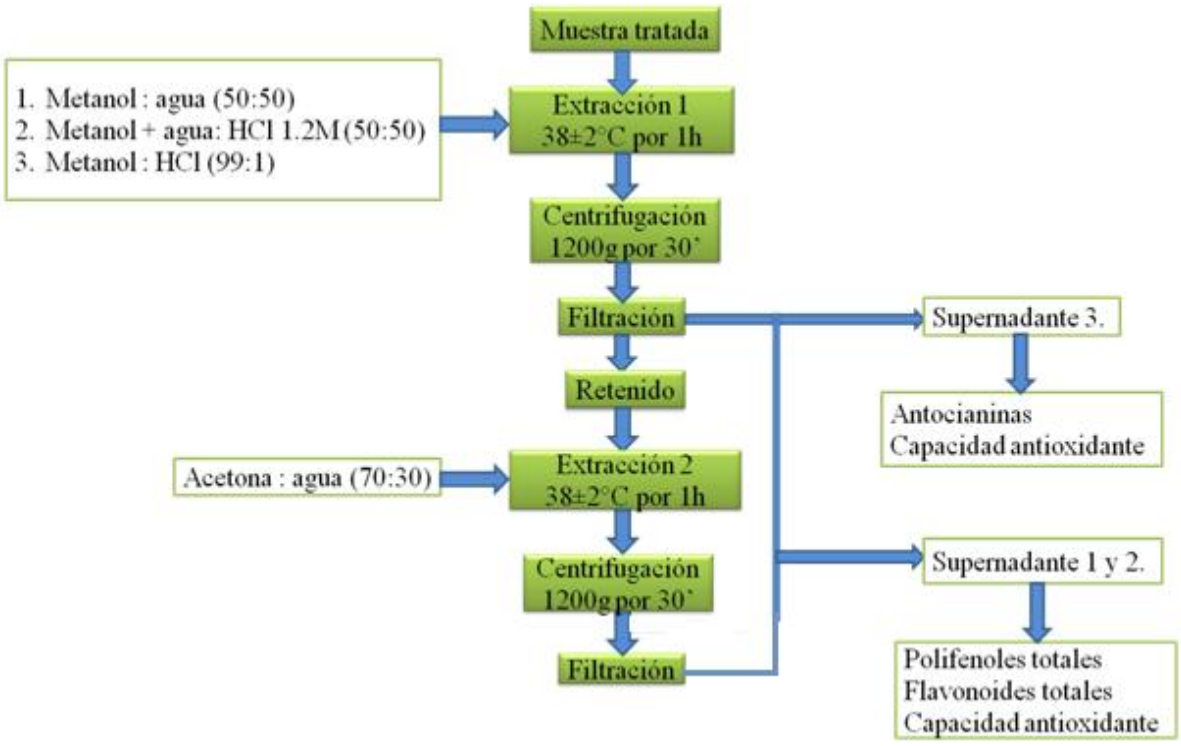


Figura 9. Diagrama de flujo de la elaboración de extractos de berenjena y yautía.

4.6 Análisis de fitoquímicos

4.6.1 Determinación de Polifenoles totales

El contenido de polifenoles hidrosolubles e hidrolizables totales fue determinado siguiendo el protocolo colorimétrico a microescala Folin-Ciocalteu descrito por Waterhouse (2002). Se colocaron 20 µl de blanco, estándar o extracto en un tubo de ensayo y se añadieron 1580 µl de agua destilada y 100 µl del reactivo Folin-Ciocalteu. Se incubó en oscuridad por 6 min y se agregaron 300 µl de carbonato de sodio al 20%. La mezcla se dejó reposar por 2h. Una vez transcurrido este tiempo se midió la absorbancia a 760 nm con un espectrofotómetro Thermo Spectronic Genesys TM8. Para conocer la concentración del extracto se preparó una curva estándar de ácido gálico con diferentes concentraciones (0, 50, 100, 150, 200 y 250 mg/L) y los resultados fueron expresados como equivalentes de ácido gálico en mg/100g de muestra (mg EAG/100g muestra) (Akanitapichat et al., 2010).

4.6.2 Determinación de Flavonoides totales

El contenido de flavonoides hidrosolubles e hidrolizables totales fue determinado siguiendo el método colorimétrico de cloruro de aluminio descrito por Akanitapichat et al. (2010). Previamente 500 µl de blanco, estándar o extracto fue mezclado con 1250 µl de agua destilada y 75 µl de nitrito de sodio al 5%. Se incubó en oscuridad por 6 min y se agregó 150 µl de cloruro de aluminio al 10%. Se dejó reposar en oscuridad por 5 min. Se agregó 500 µl de hidróxido de sodio 1M y se completó el volumen a 3000 µl. Se leyó la absorbancia a 510 nm con un espectrofotómetro Thermo Spectronic Genesys TM8. Se cuantificó por medio de una

curva de calibración de (+)-catequina con diferentes concentraciones (0, 50, 100, 150, 200 y 250 mg/L) y los resultados fueron expresados como equivalentes de catequina en mg/100g de muestra (mg EC/100g muestra) (Akanitapichat et al., 2010).

4.6.3 Determinación de Antocianinas monoméricas totales

A los extractos de berenjena y yautía se determinó el contenido de antocianinas monoméricas totales por el método de pH diferencial según el método oficial de la AOAC 37.1.68 (2006). Se prepararon dos diluciones diferentes de las muestras, una con la solución amortiguadora de cloruro de potasio pH 1.0 y otra con acetato de sodio pH 4.5. Se completó las diluciones a un volumen final de 2 ml. Se esperó 20 min a que las soluciones se equilibraron y se determinó su absorbancia a 530 y 700 nm en un espectrofotómetro Thermo Spectronic Genesys TM8, esperando una absorbancia de las muestras mayor a 0.2.

Para calcular la concentración de antocianinas se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{Antocianinas monoméricas} = \frac{A * PM * FD * 1000}{\varepsilon * L}$$

Donde:

$A = (A_{530nm} - A_{700nm})_{pH1.0} - (A_{530nm} - A_{700nm})_{pH4.5}$

PM = Peso molecular de la antocianina cianidina-3-glucósido = 440.2 g/mol

FD = Factor de dilución

Ɛ = Coeficiente de extinción molar = 34,300 L/mol*cm

L = Grosor de la celda = 1 cm

Los resultados fueron expresados como equivalentes de cianidina-3-glucósido en mg/100g de muestra (mg ECianidina-3-glucósido/100g muestra).

4.7 Análisis de Capacidad Antioxidante

4.7.1 Método ORAC

La capacidad antioxidante se determinó por el método ORAC (Capacidad de Absorbancia de Radicales de Oxígeno) de acuerdo a la metodología descrita por Cao y Prior (1999) y Huang (2002). Se utilizó un fluorómetro fmax Molecular Devices® con excitación a 485nm y emisión a 538nm con el software Ascent versión 2.6. En las celdas del fluorómetro se agregó 50 µl de blanco, estándar o extracto, 100 µl de fluorescina 500 nM y 50 µl del radical AAPH (2,2'-Azobis (2-amidinopropane) dihydrochloride) 900 mg por 10 ml, se registró la disminución de la fluorescina por 70 min. La capacidad antioxidante se calculó por medio de una curva de calibración de Trolox con diferentes concentraciones (1.56, 3.12, 6.25, 12.50, 25.00, 50.00 y 100.00 µM) y los resultados fueron expresados como equivalentes de Trolox en µmol/g de muestra (mg ET/g muestra).

4.7.2 Método DPPH$^{\bullet}$

La capacidad antioxidante se determinó por el método DPPH$^{\bullet}$ desarrollado por Brand-William et al. (1995). El método se basa en la reducción de la absorbancia medida a 515 nm del radical DPPH$^{\bullet}$, con algunas modificaciones del método descrito por Faller y Fialho (2009). Se preparó una solución de DPPH$^{\bullet}$ 100µM con metanol al 80% con una absorbancia

aproximadamente de 1.0±0.1. En tubos de ensayo se agregó 200 µl de blanco, estándar o extracto con 2800 µl de solución de $DPPH^{\bullet}$. Se dejó equilibrar por 20 min y se midió la absorbancia a 515 nm con un espectrofotómetro Thermo Spectronic Genesys TM8. Acorde a la siguiente ecuación se calculó el porcentaje de la capacidad de secuestro de radicales (%CSR) de estándares de Trolox y las muestras:

$$\%\mathrm{CSR} = \frac{(A_0 - A_f)}{A_0}$$

Donde:

A_0 = Absorbancia de la solución $DPPH^{\bullet}$ medida en un tiempo inicial o cero.

A_f = Absorbancia para cada una de las muestras después de 20 minutos de la adición de la solución $DPPH^{\bullet}$.

Se construyó una curva de calibración de %CSR vs. Concentración de Trolox (0, 50, 100, 200, 400, 600 y 800 µM) y los resultados fueron expresados como equivalentes de Trolox en µmol/g de muestra (mg ET/g muestra) (Leyva, 2009).

5. RESULTADOS

5.1 Berenjena *(Solanum melongena)*

5.1.1 Análisis proximal

El contenido de humedad (promedio de 93.3%), fibra (promedio de 1.43%) y carbohidratos (promedio de 4.02%) en berenjena no presentaron diferencias significativas ($p>0.05$) entre manejos agrícolas (orgánico y convencional) (Tabla 3). El contenido de ceniza en berenjena orgánica (0.70%) fue significativamente más alto ($p\leq0.05$) versus la berenjena convencional (0.57%). El contenido de grasa (0.28%) y proteína (0.50%) en berenjena convencional fueron significativamente más altos ($p\leq0.05$) versus la berenjena orgánica (0.10 y 0.23%, respectivamente) (Tabla 3).

Tabla 3. Análisis proximal en berenjena fresca.

Manejo agrícola	Humedad	Ceniza	Grasa	Proteína	Fibra	Carbohidratos
Convencional	93.64±0.16	0.57±0.02[b]	0.28±0.03[a]	0.50±0.03[a]	1.55±0.35	3.49±0.49
Orgánico	92.96±0.16	0.70±0.02[a]	0.10±0.03[b]	0.23±0.03[b]	1.31±0.35	4.55±0.49

[a, b] Letras diferentes corresponden a valores estadísticamente diferentes LSD (P<0.05).

5.1.2 Color

La luminosidad (L*) (78.21) y la saturación o croma (C*) (17.19) en berenjena convencional fueron significativamente más altos ($p\leq0.05$) versus la berenjena orgánica (54.63

y 13.57, respectivamente). El tono o el ángulo hue (h) no presentó diferencia significativa ($p>0.05$) con el manejo agrícola (promedio de 78.66º) (Tabla 4).

Tabla 4. Parámetros de color en berenjena fresca.

Manejo agrícola	L*	C*	h (º)
Convencional	78.21±1.12[a]	17.19±0.93[a]	72.86±1.42
Orgánico	54.63±2.62[b]	13.57±1.18[b]	84.45±24.01

[a, b] Letras diferentes corresponden a valores estadísticamente diferentes LSD ($P<0.05$).

5.1.3 Medidas de pH

El cambio en pH (ΔpH) no presentó diferencia significativa ($p>0.05$) después de los tratamientos de cocción (Tabla 5).

Tabla 5. pH en berenjena en fresco (control) y cambio en su pH con los diferentes tratamientos de cocción.

Manejo agrícola	Tratamientos	pH	ΔpH
Convencional	Fresco	5.44±0.07	
	Ebullición	-	-0.32±0.10
	Vapor	-	-0.22±0.04
	Horneado	-	0.10±0.12
Orgánico	Fresco	5.44±0.07	
	Ebullición	-	-0.05±0.08
	Vapor	-	-0.11±0.06
	Horneado	-	0.11±0.25

5.1.4 Contenido de polifenoles totales

El contenido de polifenoles hidrosolubles totales en berenjena en el manejo orgánico estuvo en un rango de 38.46±8.21 a 107.92±7.36 mg EAG/100g de muestra y para el manejo convencional en un rango de 35.44±5.96 a 96.91±8.00 mg EAG/100g de muestra. Se presentó interacción manejo*tratamiento (p=0.0025). El tratamiento horneado presentó diferencia significativa entre manejos. En manejo orgánico el valor fue de 89.38±6.49 mg EAG/100g de muestra y en manejo convencional de 61.74±6.26 mg EAG/100g de muestra (Figura 10). El mayor contenido en ambos manejos se presentó con el tratamiento a vapor (96.91±8.00 y 107.92±7.36 mg EAG/100g de muestra, en manejo convencional y manejo orgánico, respectivamente), que fueron significativamente diferentes al tratamiento control (fresco) (35.44±5.96 y 38.46±8.21 mg EAG/100g de muestra, en manejo convencional y manejo orgánico, respectivamente) (Figura 10).

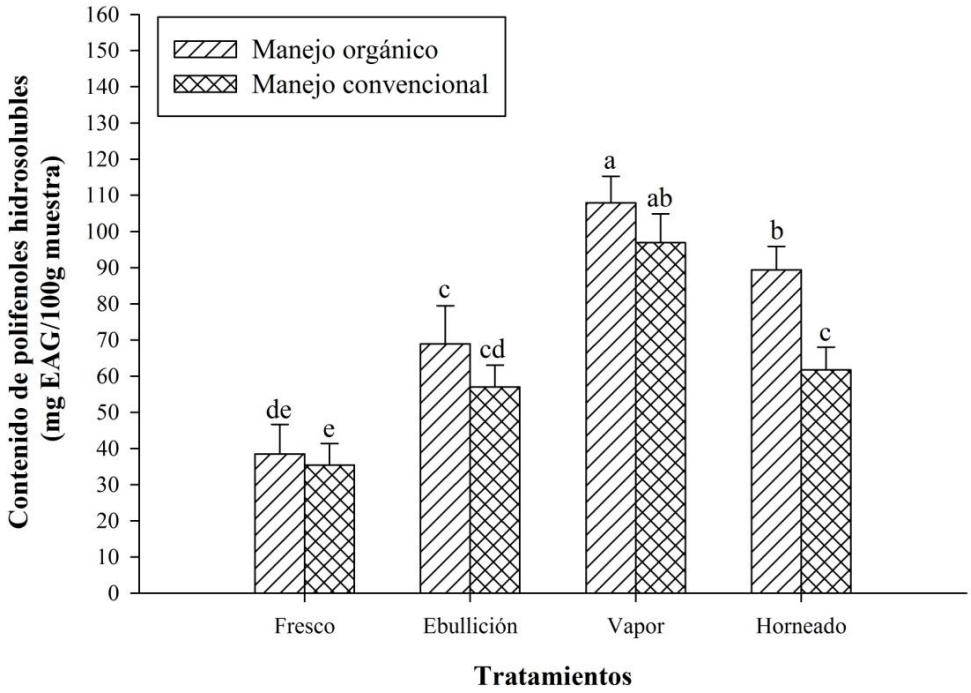


Figura 10. Contenido de polifenoles hidrosolubles totales con diferentes tratamientos de cocción en berenjena.
[a, b, c, d, e] Letras diferentes corresponden a valores estadísticamente diferentes LSD (P<0.05).

El contenido de polifenoles hidrolizables totales en berenjena presentó interacción manejo*tratamiento ($p<0.0001$). En el manejo orgánico los tratamientos de cocción ebullición, vapor y horneado aumentaron significativamente ($p<0.0001$) su contenido con respecto al tratamiento control (fresco). En el manejo orgánico los polifenoles aumentaron de 71.42±9.31 mg EAG/100g de muestra en el control (fresco) a 96.60±10.29 mg EAG/100g de muestra en ebullición, a 100.68 mg EAG/100g de muestra en horneado y a 136.34 mg EAG/100g de muestra en vapor (Figura 11). El contenido de polifenoles hidrolizables totales bajo el manejo convencional presentó una disminución significativa ($p<0.0001$) con los tratamientos de ebullición y horneado respecto al tratamiento control (fresco). Los polifenoles disminuyeron de 73.09±9.53 mg EAG/100g de muestra en el control (fresco) a 58.65±9.21 EAG/100g de muestra en ebullición y a 59.36±9.22 mg EAG/100g de muestra en horneado (Figura 11).

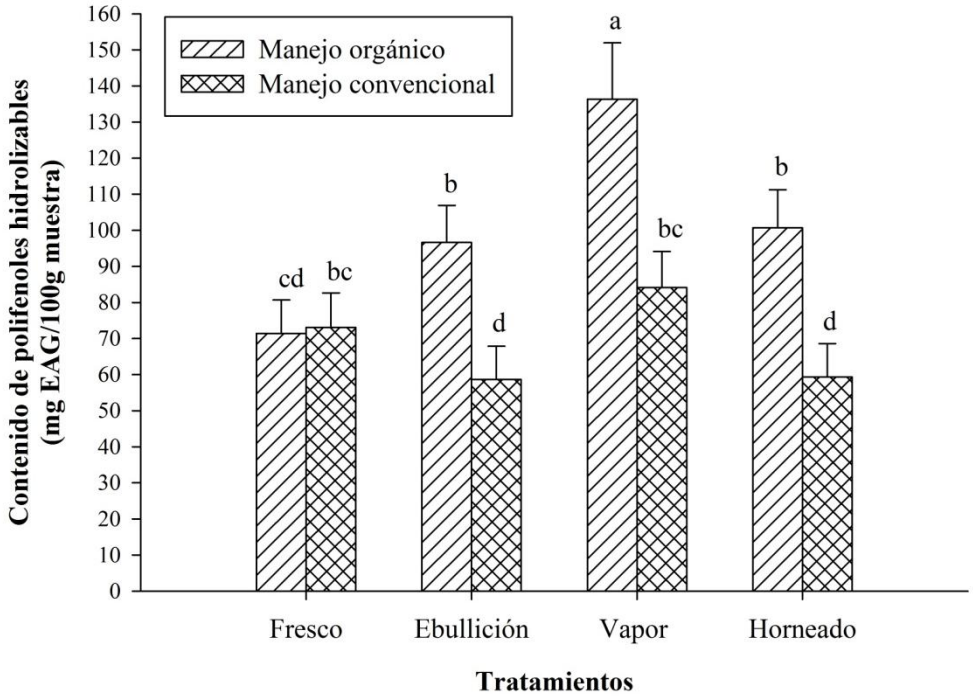


Figura 11. Contenido de polifenoles hidrolizables totales con diferentes tratamientos de cocción en berenjena.
[a, b, c, d] Letras diferentes corresponden a valores estadísticamente diferentes LSD ($P<0.05$).

5.1.5 Contenido de flavonoides totales

El contenido de flavonoides hidrosolubles totales en berenjena presentó interacción manejo*tratamiento (p=0.0021). Entre manejo orgánico y convencional el contenido de flavonoides no presentó diferencias significativas en los tratamientos de ebullición y vapor, pero sí se presentaron en el tratamiento horneado donde fue mayor el contenido de flavonoides en el manejo orgánico y en el control (fresco) donde fue mayor en el manejo convencional (Figura 12). El contenido de flavonoides en manejo orgánico y convencional aumentó significativamente con los tratamientos de cocción. En el manejo orgánico aumentó de 11.21±1.68 mg EC/100g de muestra en el control (fresco) a 55.49±6.14 mg EC/100g de muestra en ebullición, a 58.08±2.99 mg EC/100g de muestra en horneado y a 79.51±1.61 mg EC/100g muestra en vapor. En el manejo convencional aumentó de 15.33±1.15 mg EC/100g muestra en el control (fresco) a 48.24±2.39 mg EC/100g muestra en horneado, a 52.64 en ebullición mg EC/100g muestra y a 79.22±5.95 mg EC/100g muestra en vapor (Figura 12).

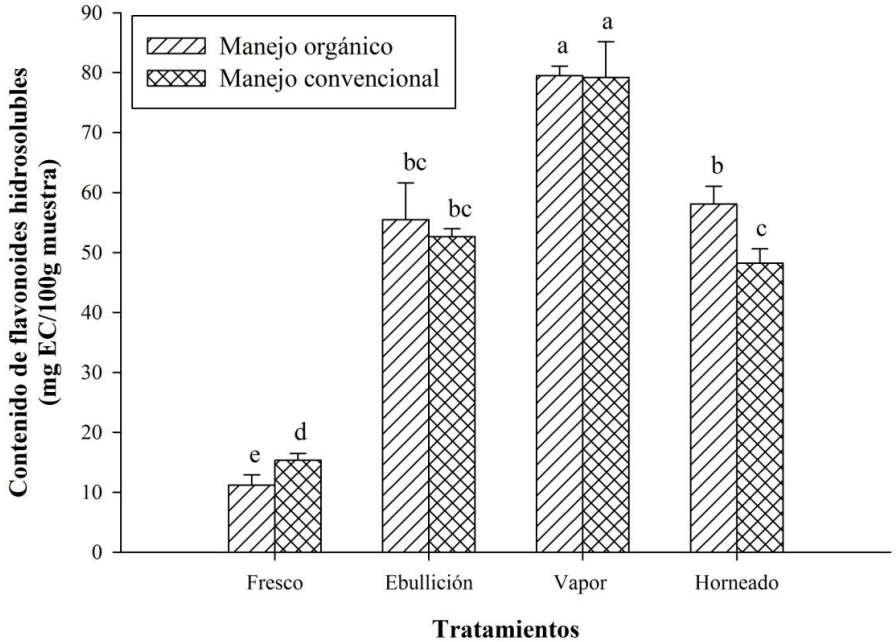


Figura 12. Contenido de flavonoides hidrosolubles totales con diferentes tratamientos de cocción en berenjena.

[a, b, c, d, e] Letras diferentes corresponden a valores estadísticamente diferentes LSD (P<0.05).

El contenido de flavonoides hidrolizables en berenjena aumentó significativamente ($p<0.0001$) con los tratamientos de cocción. El tratamiento a vapor presentó mayor contenido de flavonoides (68.42±4.00 mg EC/100g de muestra) y fue significativamente diferente al tratamiento control (fresco) (29.96±2.60 mg EC/100g de muestra). Los tratamientos de ebullición (45.41±3.62 mg EC/100g de muestra) y horneado (39.03±2.51 mg EC/100g de muestra) no presentaron diferencias significativas pero fueron diferentes al tratamiento control (fresco) (Figura 13).

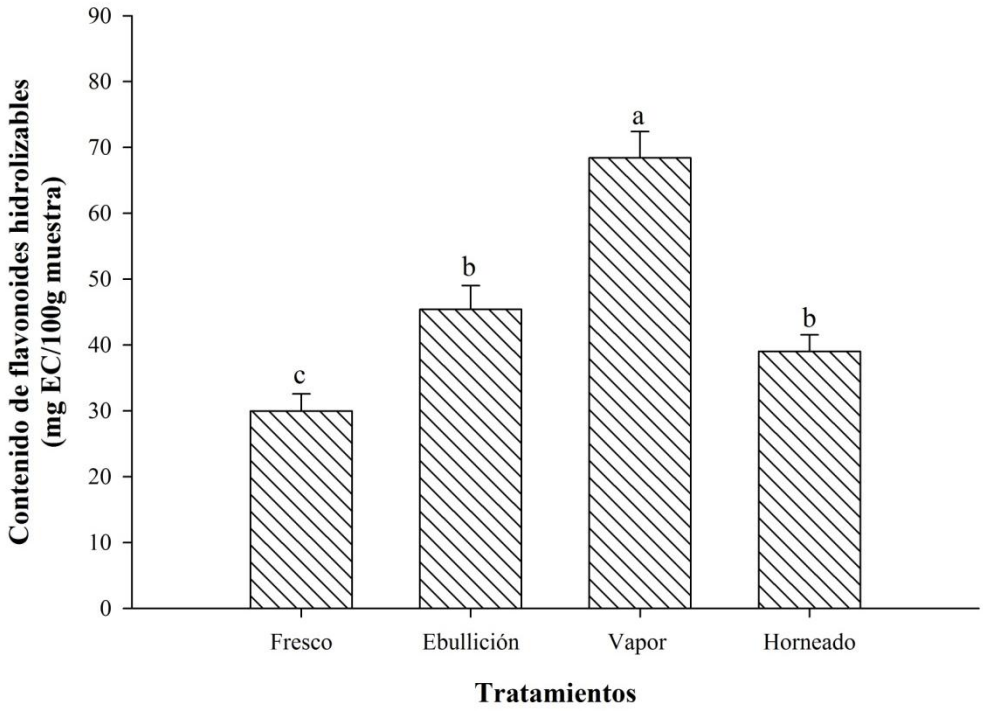


Figura 13. Contenido de flavonoides hidrolizables totales con diferentes tratamientos de cocción en berenjena.
[a, b, c] Letras diferentes corresponden a valores estadísticamente diferentes LSD ($P<0.05$).

5.1.6 Contenido de antocianinas totales

El contenido de antocianinas monoméricas totales en berenjena presentó interacción manejo*tratamiento ($p<0.0001$). En el manejo orgánico el mayor contenido se presentó con el tratamiento a vapor (2.77±0.21 mg ECianidina-3-glucósido/100g de muestra), seguido por el control (fresco) (1.30±0.21 mg ECianidina-3-glucósido/100g de muestra), ebullición (0.55±0.21 mg ECianidina-3-glucósido/100g de muestra) y horneado (0.33±0.26 mg ECianidina-3-glucósido/100g de muestra). Los tratamientos ebullición y horneado no presentaron diferencias significativas (Figura 14). En el manejo convencional el mayor contenido se presentó en el tratamiento control (fresco) (6.31±0.34 mg ECianidina-3-glucósido/100g de muestra), seguido por vapor (4.20±0.34 mg ECianidina-3-glucósido/100g de muestra), ebullición (2.49±0.34 mg ECianidina-3-glucósido/100g de muestra) y horneado (0.17±0.34 mg ECianidina-3-glucósido/100g de muestra) (Figura 14).

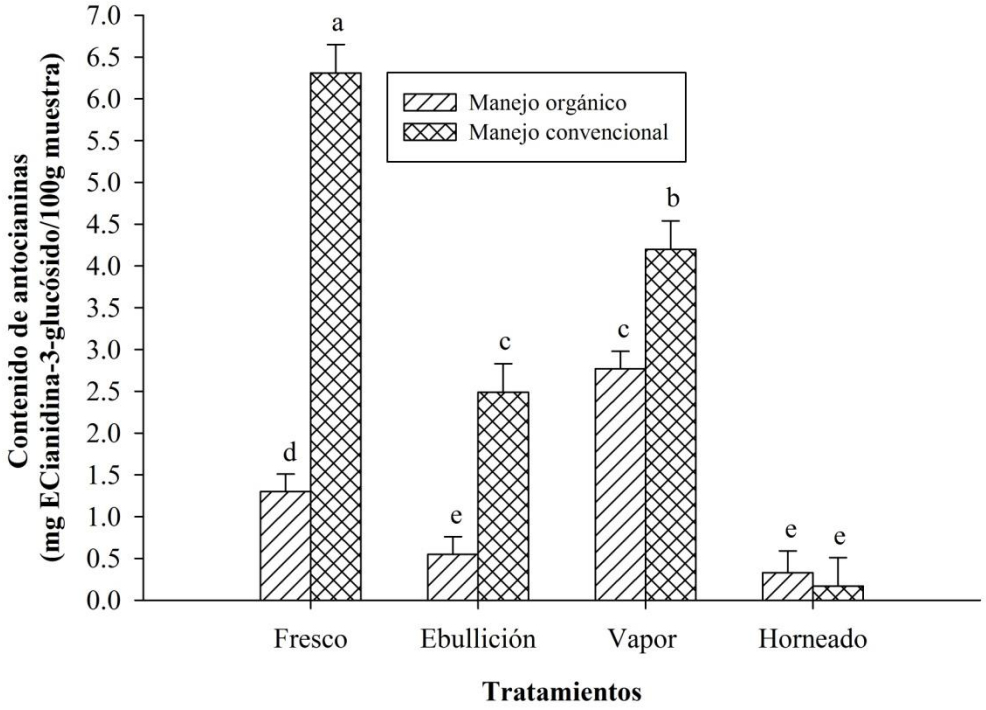


Figura 14. Contenido de antocianinas monoméricas totales con diferentes tratamientos de cocción en berenjena.

[a, b, c, d, e] Letras diferentes corresponden a valores estadísticamente diferentes LSD ($P<0.05$).

5.1.7 Capacidad antioxidante por el método ORAC

La capacidad antioxidante de compuestos hidrosolubles por el método ORAC en berenjena presentó interacción manejo*tratamiento (p=0.0001). La capacidad antioxidante no presentó diferencias significativas entre manejo orgánico y convencional en el control (fresco), ebullición y horneado pero sí se presentó en el tratamiento a vapor (Figura 15). En el manejo orgánico su capacidad aumentó de 15.32±3.05 µmol ET/g de muestra en el control (fresco) a 51.50±4.89 µmol ET/g de muestra en horneado, a 51.99±6.91 µmol ET/g de muestra en ebullición y a 83.61±4.68 µmol ET/g de muestra en vapor (Figura 15.). En el manejo convencional la capacidad antioxidante aumentó de 9.81±3.05 µmol ET/g de muestra en el control (fresco) a 35.82±4.89 µmol ET/g de muestra en el horneado, a 46.66±6.91 µmol ET/g de muestra en ebullición y a 54.16±4.68 µmol ET/g de muestra en vapor (Figura 15).

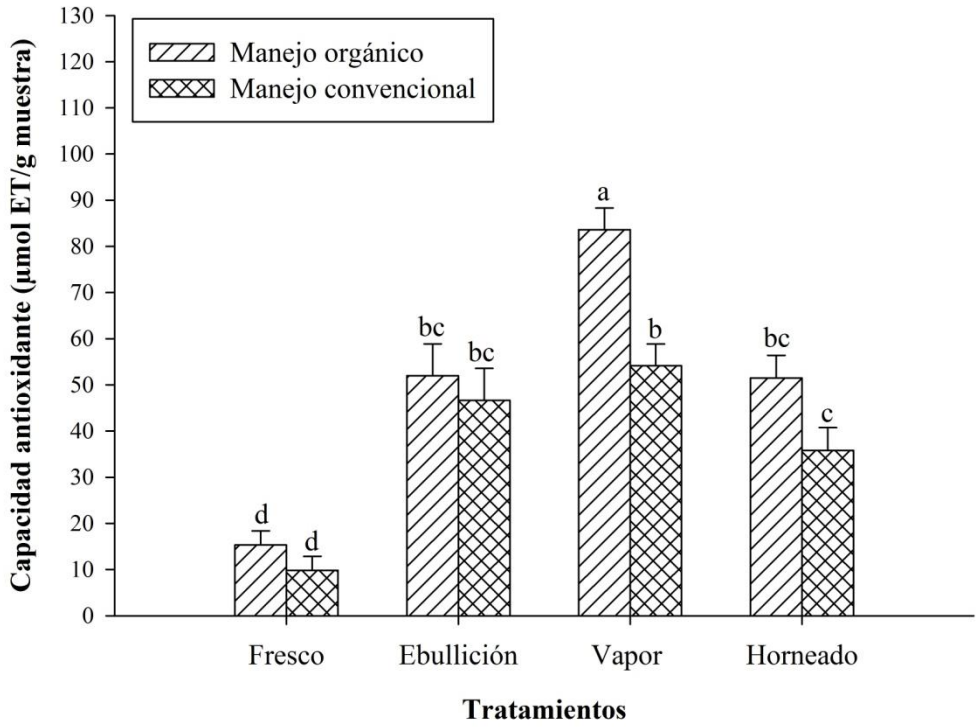


Figura 15. Capacidad antioxidante ORAC de compuestos hidrosolubles con diferentes tratamientos de cocción en berenjena.
[a, b, c, d] Letras diferentes corresponden a valores estadísticamente diferentes LSD (P<0.05).

La capacidad antioxidante de compuestos hidrolizables por el método ORAC en berenjena presentó interacción manejo*tratamiento (p=0.0030). Los tratamientos ebullición y vapor presentaron diferencias significativas entre manejo orgánico y convencional. En el manejo orgánico la capacidad antioxidante aumentó significativamente de 56.32±11.29 µmol ET/g de muestra en el control (fresco) a 84.92±13.39 µmol ET/g de muestra en ebullición y a 108.37±10.27 µmol ET/g de muestra en vapor (Figura 16). En el manejo convencional la capacidad antioxidante aumentó significativamente de 47.00±11.10 µmol ET/g de muestra en el control (fresco) a 73.78±10.72 µmol ET/g de muestra en vapor (Figura 16).

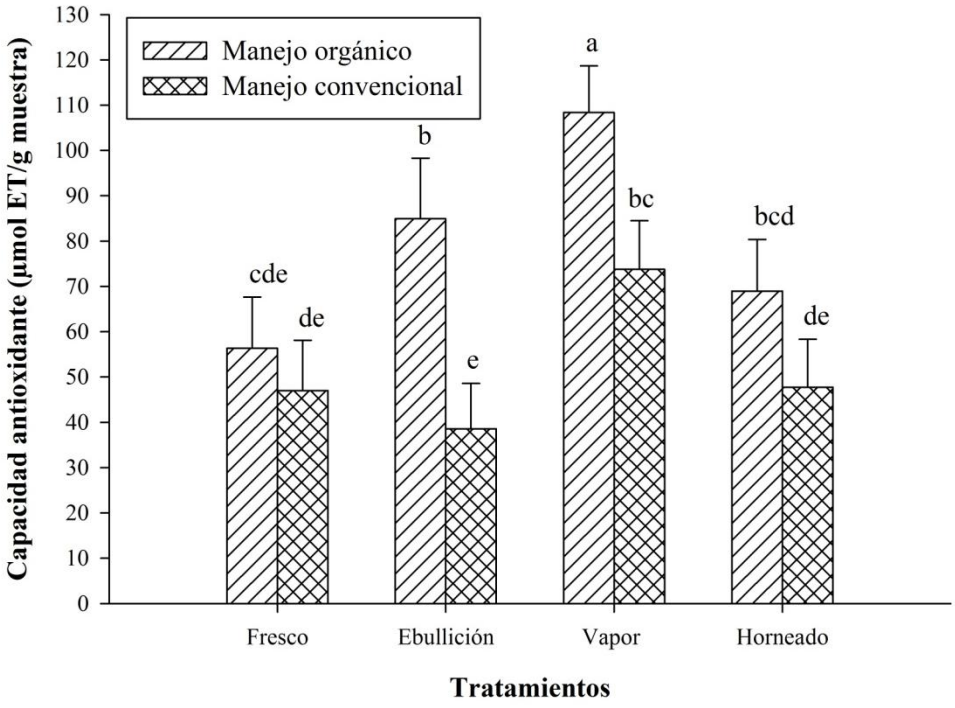


Figura 16. Capacidad antioxidante ORAC de compuestos hidrolizables con diferentes tratamientos de cocción en berenjena.
[a, b, c, d, e] Letras diferentes corresponden a valores estadísticamente diferentes LSD (P<0.05).

La capacidad antioxidante de antocianinas por el método ORAC en berenjena presentó interacción manejo*tratamiento (p=0.0002). Los tratamientos control (fresco) y vapor presentaron diferencia significativa entre manejo orgánico y convencional. Los tratamientos control (fresco) y a vapor en el manejo orgánico y los tratamientos vapor y horneado en el manejo convencional presentaron diferencias significativas. En el manejo orgánico la capacidad antioxidante aumentó significativamente de 34.52±5.63 µmol ET/g de muestra en el control (fresco) a 66.06±5.77 µmol ET/g de muestra en horneado, a 68.05±10.41 µmol ET/g de muestra en ebullición y a 106.52±5.93 µmol ET/g de muestra en vapor (Figura 17). En el manejo convencional la capacidad antioxidante aumentó de 63.54±7.34 µmol ET/g de muestra en el control (fresco) a 82.78±10.20 µmol ET/g muestra en vapor, siendo parcialmente significativas (p=0.0002) (Figura 17).

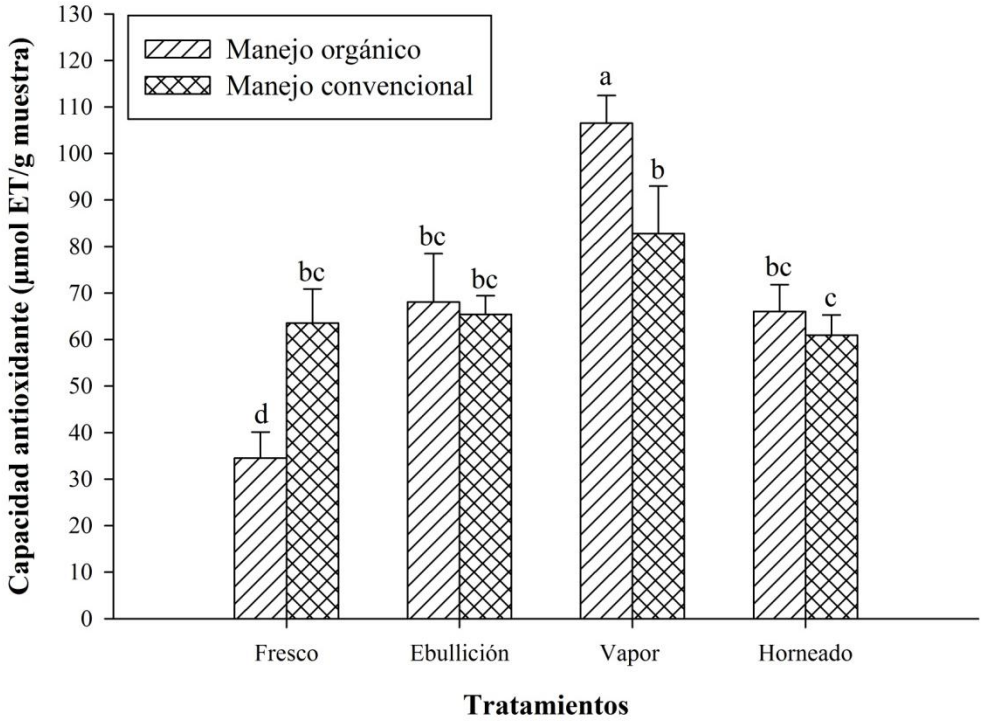


Figura 17. Capacidad antioxidante ORAC de antocianinas monoméricas con diferentes tratamientos de cocción en berenjena.
[a, b, c, d] Letras diferentes corresponden a valores estadísticamente diferentes LSD (P<0.05).

5.1.8 Capacidad antioxidante por el método DPPH•

La capacidad antioxidante de compuestos hidrosolubles por el método DPPH• en berenjena presentó interacción manejo*tratamiento ($p<0.0001$). El tratamiento horneado presentó diferencia significativa entre manejo orgánico y convencional. En el manejo orgánico la capacidad antioxidante aumentó significativamente de 25.18±7.21 µmol ET/g de muestra en el control (fresco) a 62.12±9.78 µmol ET/g de muestra en ebullición, a 75.99±7.26 µmol ET/g de muestra en horneado y a 89.06±6.89 µmol ET/g de muestra en vapor (Figura 18). En el manejo convencional la capacidad antioxidante aumentó significativamente de 25.74±6.93 µmol ET/g de muestra en el control (fresco) a 52.98±6.89 µmol ET/g de muestra en ebullición y a 72.84±7.98 µmol ET/g de muestra en vapor ($p<0.0001$) (Figura 18).

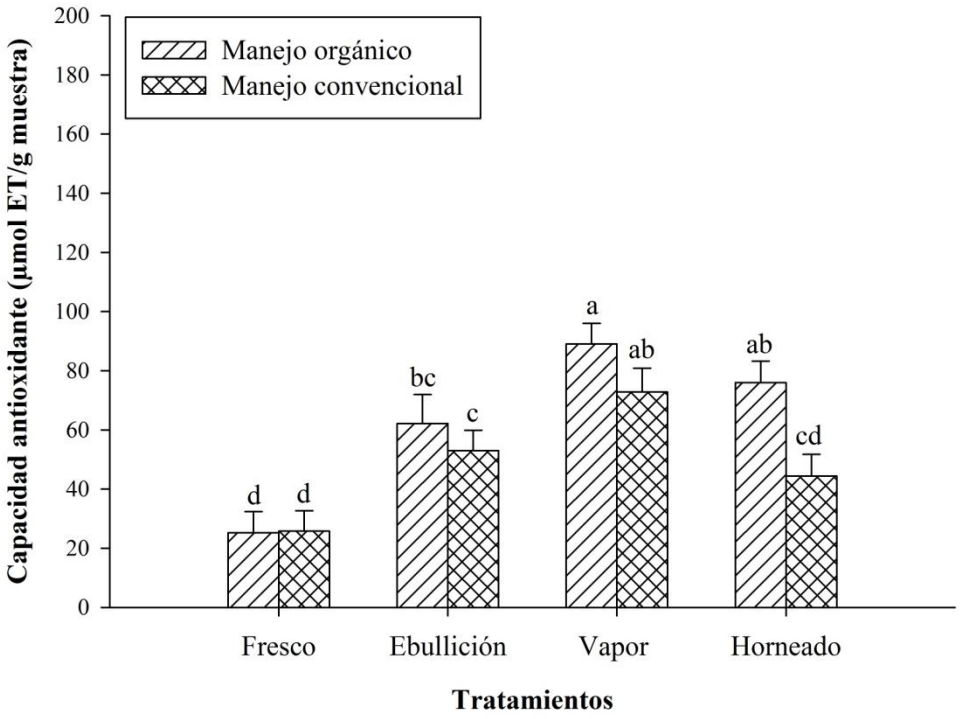


Figura 18. Capacidad antioxidante DPPH• de compuestos hidrosolubles con diferentes tratamientos de cocción en berenjena.
[a, b, c, d] Letras diferentes corresponden a valores estadísticamente diferentes LSD (P<0.05).

La capacidad antioxidante de compuestos hidrolizables por el método DPPH• en berenjena presentó interacción manejo*tratamiento ($p<0.0001$). En el manejo orgánico la capacidad antioxidante aumentó significativamente de 42.21±10.32 µmol ET/g de muestra en el control (fresco) a 66.63±10.07 µmol ET/g de muestra en ebullición y 77.54±10.11 µmol ET/g de muestra en vapor (Figura 19). No hubo aumento significativo en el manejo convencional. Sin embargo, se presentaron diferencias significativas en la capacidad antioxidante entre los tratamientos a vapor (81.64±10.47 µmol ET/g de muestra) y horneado (56.11±10.24 µmol ET/g de muestra) (Figura 19).

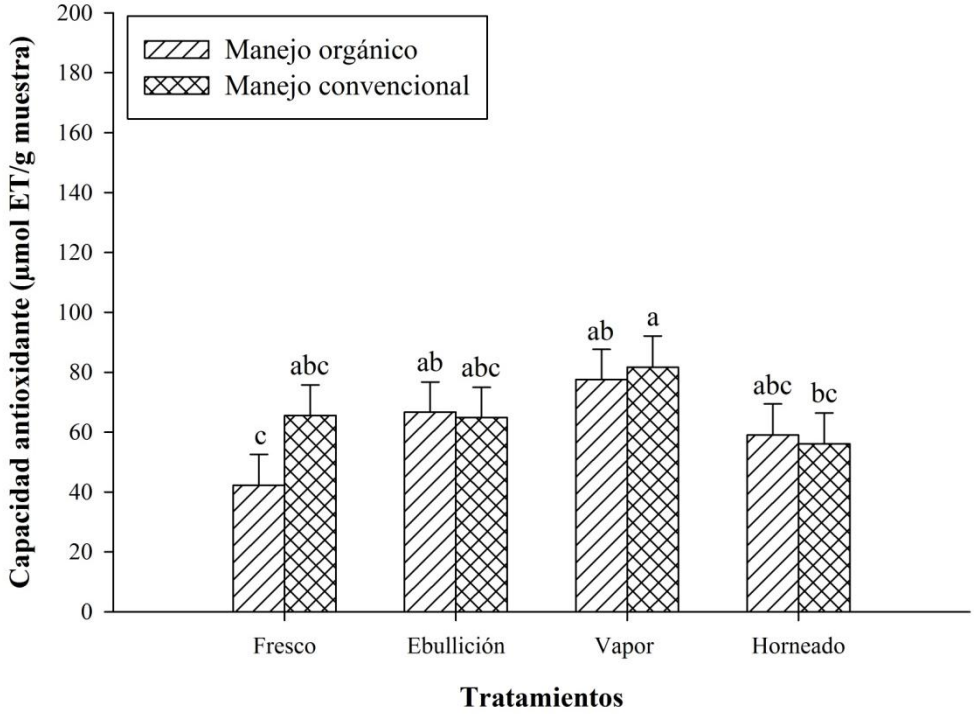


Figura 19. Capacidad antioxidante DPPH• de compuestos hidrolizables con diferentes tratamientos de cocción en berenjena.
[a, b, c] Letras diferentes corresponden a valores estadísticamente diferentes LSD ($P<0.05$).

La capacidad antioxidante de antocianinas por el método DPPH• en berenjena presentó interacción manejo*tratamiento (p=0.0008). El tratamiento a vapor presentó diferencia significativa entre manejo orgánico y convencional. La capacidad antioxidante en manejo orgánico aumentó significativamente de 48.14±11.89 µmol ET/g de muestra en fresco a 102.11±11.88 µmol ET/g de muestra a vapor (Figura 20). La capacidad antioxidante en manejo convencional aumentó significativamente de 70.56±11.96 µmol ET/g de muestra en el control (fresco) a 164.76±27.04 µmol ET/g muestra a vapor (Figura 20).

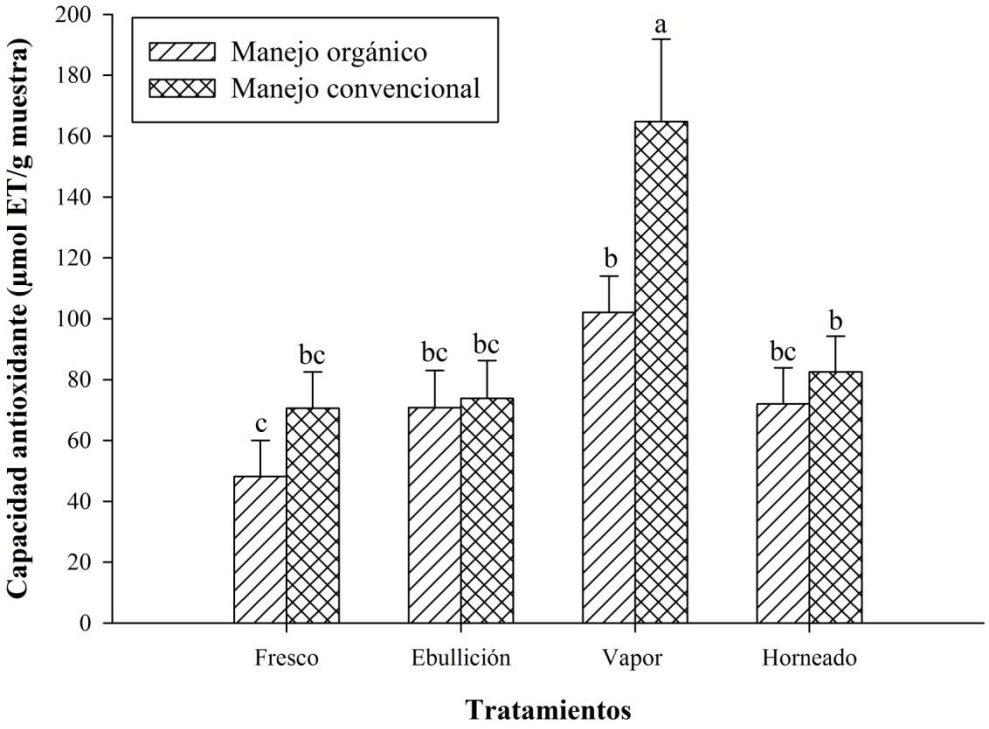


Figura 20. Capacidad antioxidante DPPH• de antocianinas con diferentes tratamientos de cocción en berenjena.
[a, b, c] Letras diferentes corresponden a valores estadísticamente diferentes LSD (P<0.05).

5.2 Yautía *(Xanthosoma violaceum)*

5.2.1 Análisis proximal

El contenido de humedad (promedio de 70.56%), ceniza (promedio de 1.34%), grasa (promedio de 0.68%), fibra (promedio de 12.29) y carbohidratos (promedio de 14.82%) en yautía no presentaron diferencias significativas ($p>0.05$) entre manejos agrícolas (orgánico versus convencional) (Tabla 6). El contenido de proteína (0.13%) en yautía convencional fue significativamente más alto ($p\leq0.05$) versus la yautía orgánica (0.01%) (Tabla 6).

Tabla 6. Análisis proximal en yautía fresca.

Manejo agrícola	Humedad	Ceniza	Grasa	Proteína	Fibra	Carbohidratos
Convencional	71.06±0.76	1.38±0.06	0.68±0.09	0.13±0.01[a]	10.79±1.20	16.70±1.60
Orgánico	70.07±0.76	1.30±0.06	0.69±0.09	2.5E-03±0.01[b]	13.79±1.20	12.95±1.60

[a, b] Letras diferentes corresponden a valores estadísticamente diferentes LSD (P<0.05).

5.2.2 Color

La luminosidad (L*) (promedio de 83.03), la saturación o croma (C*) (promedio de 13.68) y tono o ángulo hue (h) (promedio de 68.44º) en yautía no presentaron diferencias significativas ($p>0.05$) con el manejo agrícola (Tabla 7).

Tabla 7. Parámetros de color en yautía fresca.

Manejo agrícola	L*	C*	h (º)
Convencional	82.45±1.18	14.35±0.88	65.02±3.40
Orgánico	83.62±1.09	13.00±0.75	71.86±1.67

5.2.3 pH

El pH y su cambio en el manejo orgánico no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos de cocción (Tabla 8).

Tabla 8. pH en yautía en fresco (control) y cambio en su pH con los diferentes tratamientos de cocción en manejo orgánico.

Tratamientos	pH	ΔpH
Fresco	6.08±0.04	
Ebullición	-	-0.10±0.09
Vapor	-	0.03±0.09
Horneado	-	-0.06±0.09

5.2.4 Contenido de polifenoles totales

El contenido de polifenoles hidrosolubles en yautía presentó diferencia significativa en la interacción manejo*tratamiento (p=0.0192). En manejo orgánico y convencional no se presentó diferencia significativa entre los tratamientos control (fresco), ebullición y vapor pero sí se presentó diferencia significativa en el horneado. En el manejo orgánico el contenido de polifenoles disminuyó de 64.82±10.31 mg EAG/100g de muestra en el control (fresco) a 47.99±9.32 mg EAG/100g de muestra en horneado, 39.94±8.26 mg EAG/100g de muestra en vapor y 31.26±7.23 mg EAG/100g de muestra en ebullición (Figura 21). En el manejo convencional disminuyó de 62.06±7.51 mg EAG/100g de muestra en el control (fresco) a 31.66±7.98 mg EAG/100g de muestra en vapor, a 27.67±7.04 mg EAG/100g de muestra en ebullición y a 23.50±7.10 mg EAG/100g de muestra en horneado (Figura 21).

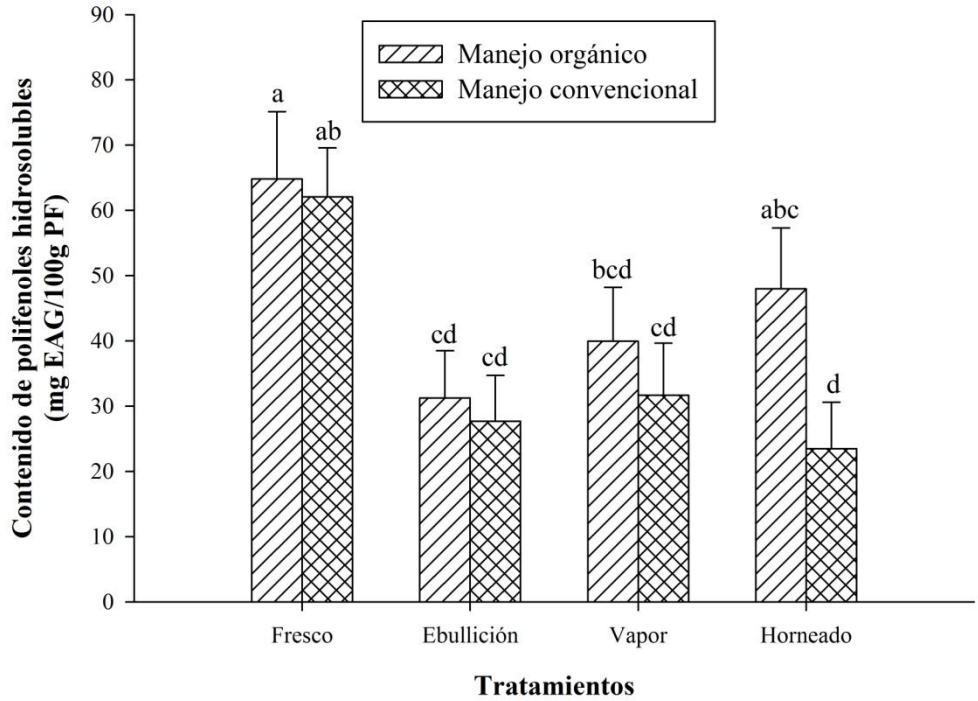


Figura 21. Contenido de polifenoles hidrosolubles totales con diferentes tratamientos de cocción en yautía.
[a, b, c, d] Letras diferentes corresponden a valores estadísticamente diferentes LSD (P<0.05).

El contenido de polifenoles hidrolizables en yautía presentó diferencia significativa en la interacción manejo*tratamiento ($p<0.0001$). Los tratamientos control (fresco) y horneado presentaron diferencias significativas entre manejo orgánico y convencional. El contenido de polifenoles en manejo orgánico aumentó significativamente desde 39.50±7.90 mg EAG/100g de muestra en el control (fresco) a 76.28±9.83 mg EAG/100g de muestra en horneado (Figura 22). No se encontró diferencia significativa entre los tratamientos en el manejo convencional.

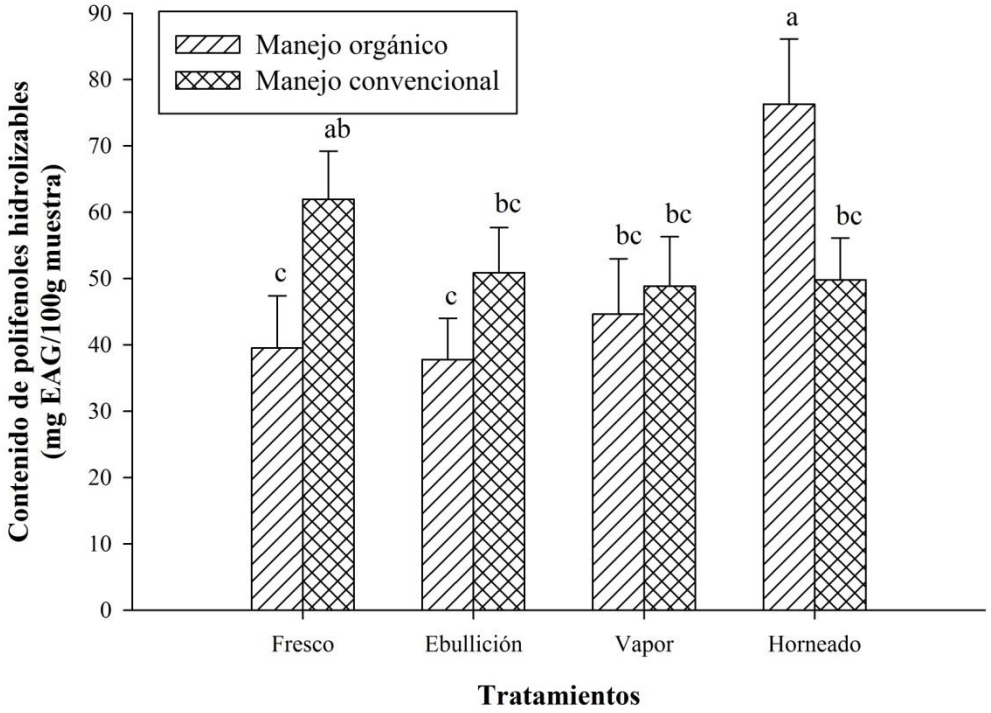


Figura 22. Contenido de polifenoles hidrolizables totales con diferentes tratamientos de cocción en yautía.
[a, b, c] Letras diferentes corresponden a valores estadísticamente diferentes LSD ($P<0.05$).

5.2.5 Contenido de flavonoides totales

El contenido de flavonoides hidrosolubles en yautía presentó diferencia significativa en la interacción manejo*tratamiento ($p<0.0001$). El tratamiento control (fresco) presentó mayor contenido en el manejo convencional y el tratamiento horneado fue más alto en el manejo orgánico. En el manejo orgánico se observó que su contenido disminuyó de 24.71±2.99 mg EC/100g de muestra en el control (fresco) a 15.72±2.65 mg EC/100g de muestra en vapor y a 12.90±2.23 mg EC/100g de muestra en ebullición y en el horneado se mantuvo el contenido de flavonoides (24.66 mg EC/100g de muestra) (Figura 23). En el manejo convencional su contenido disminuyó de 33.86±2.57 mg EC/100g de muestra en el control (fresco) a 20.47±2.62 mg EC/100g de muestra en vapor, a 13.12±2.46 mg EC/100g de muestra en ebullición y a 11.94±2.22 mg EC/100g de muestra en horneado (Figura 23).

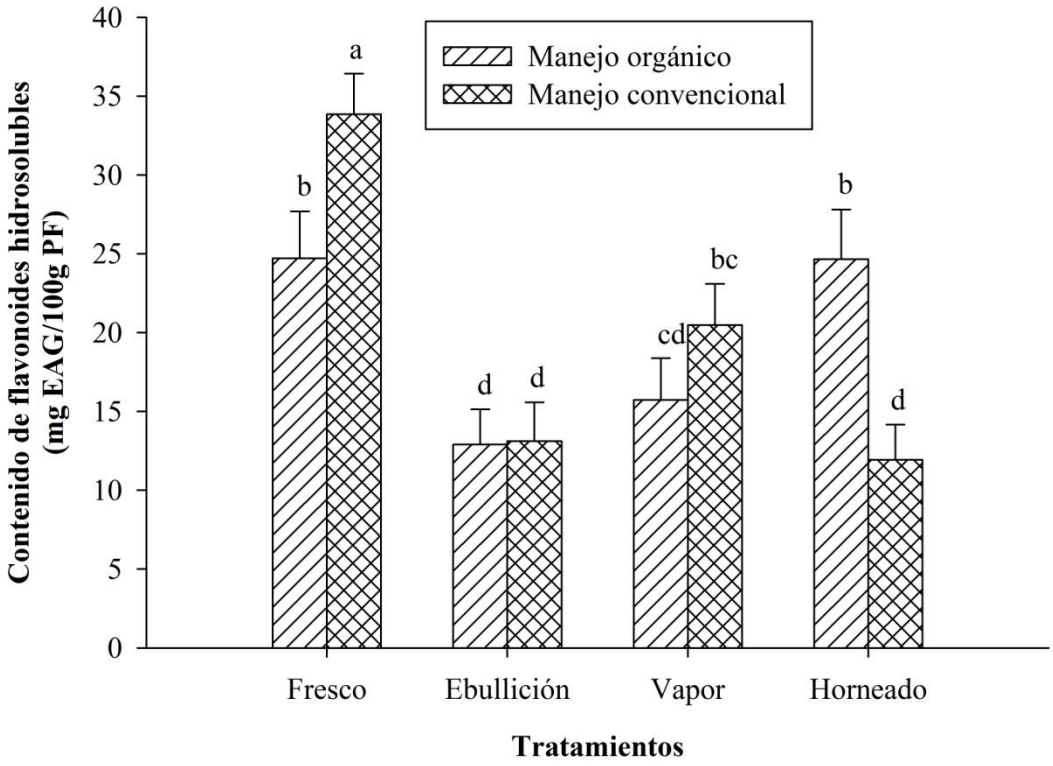


Figura 23. Contenido de flavonoides hidrosolubles totales con diferentes tratamientos de cocción en yautía.
[a, b, c, d] Letras diferentes corresponden a valores estadísticamente diferentes LSD (P<0.05).

5.2.6 Contenido de antocianinas monoméricas

El contenido de antocianinas monoméricas en yautía presentó diferencia significativa en la interacción manejo*tratamiento (p=0.0014). En el manejo orgánico los tratamientos control (fresco), ebullición y vapor no presentaron diferencias significativas. El contenido de antocianinas aumentó significativamente de 1.04±0.17 mg ECianidina-3-glucósido/100g de muestra en el control (fresco) a 1.77±0.21 mg ECianidina-3-glucósido/100g de muestra en el horneado (Figura 24). En el manejo convencional no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos control (fresco), ebullición y horneado, pero si hubo incremento significativo del control (fresco) a vapor. En el manejo convencional el contenido de antocianinas aumentó de 0.67±0.16 mg ECianidina-3-glucósido/100g de muestra en el control (fresco) a 1.23±0.21 mg ECianidina-3-glucósido/100g de muestra en vapor (Figura 24).

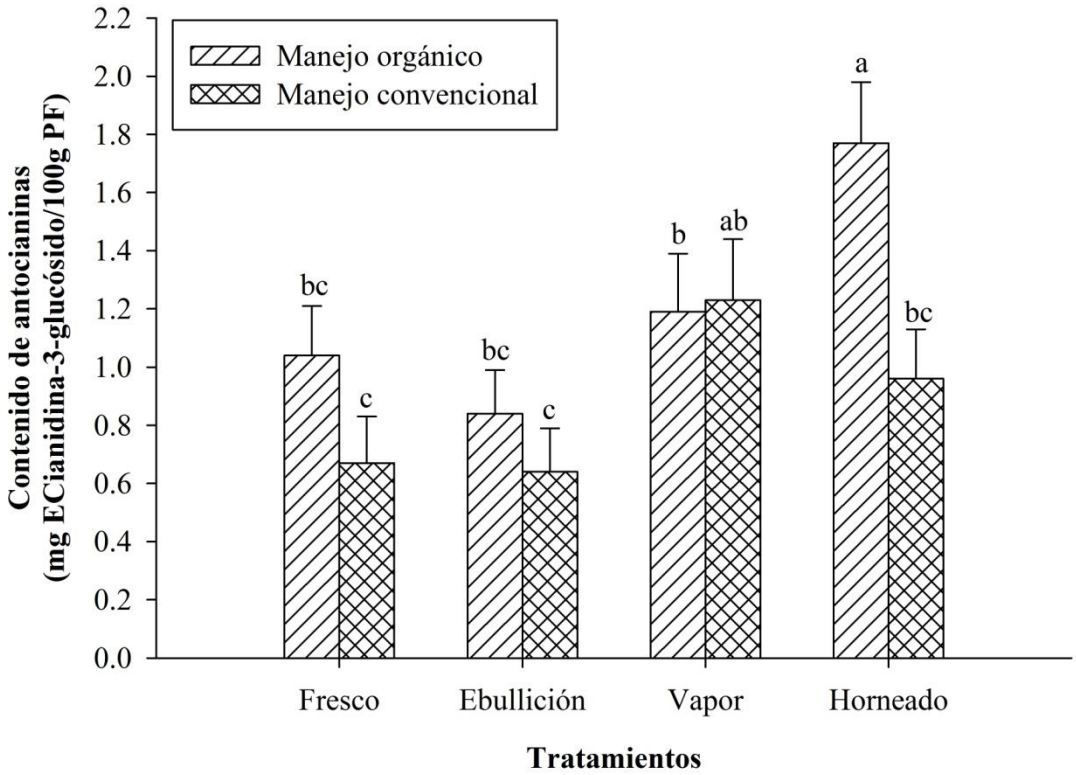


Figura 24. Contenido de antocianinas monoméricas totales con diferentes tratamientos de cocción en yautía.
[a, b, c] Letras diferentes corresponden a valores estadísticamente diferentes LSD (P<0.05).

5.2.7 Capacidad antioxidante por el método ORAC

La capacidad antioxidante de compuestos hidrosolubles por el método ORAC en yautía presentó interacción manejo*tratamiento (p=0.0001). En el manejo orgánico no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos de cocción (Figura 25). En el manejo convencional la capacidad disminuyó significativamente de 21.92±2.90 µmol ET/g de muestra en el control (fresco) a 13.27±2.81 µmol ET/g de muestra en horneado y a 12.87±2.80 µmol ET/g de muestra en ebullición (Figura 25). En general, la capacidad antioxidante no presentó diferencias significativas entre manejo orgánico y convencional.

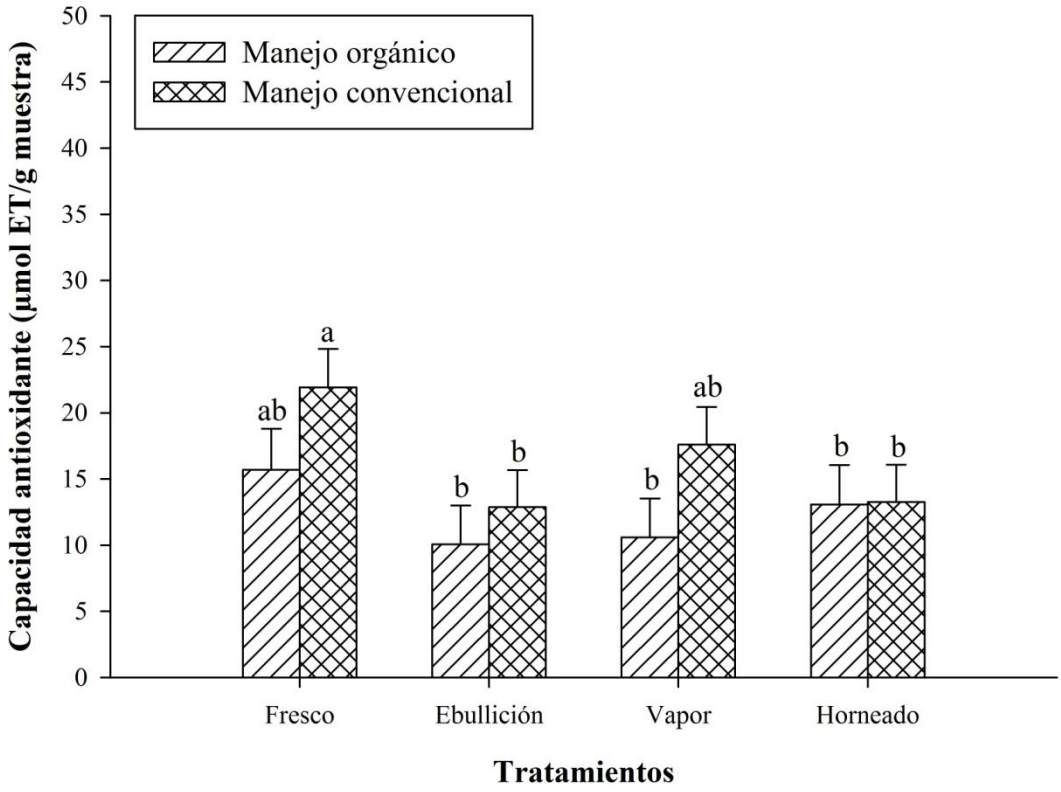


Figura 25. Capacidad antioxidante por el método ORAC de compuestos hidrosolubles con diferentes tratamientos de cocción en yautía.
[a, b] Letras diferentes corresponden a valores estadísticamente diferentes LSD (P<0.05).

La capacidad antioxidante de compuestos hidrolizables por el método ORAC en yautía presentó interacción manejo*tratamiento (p=0.0154). Los tratamientos control (fresco) y ebullición presentaron diferencias significativas entre manejo orgánico y convencional. En el manejo orgánico la capacidad antioxidante no presentó cambios significativos en los tratamientos de ebullición, vapor y horneado con respecto al tratamiento control (fresco). Sin embargo se puede observar un incremento parcial (p=0.0154) de 13.79±3.43 µmol ET/g de muestra en el control (fresco) a 19.02±3.54 µmol ET/g de muestra en vapor y a 22.42±4.56 µmol ET/g de muestra en horneado (p=0.0154) y una disminución parcial (p=0.0154) a 10.34±2.52 µmol ET/g de muestra (Figura 26). En el manejo convencional no se presentaron cambios significativos en el tratamiento de ebullición, vapor y horneado con respecto al tratamiento control (fresco), pero sí hubo una disminución parcial en su contenido de 24.80±2.69 µmol ET/g de muestra en el control (fresco) a 21.96±2.93 en horneado, a 20.76±2.83 en ebullición y a 20.45±3.87 µmol ET/g de muestra en vapor (Figura 26).

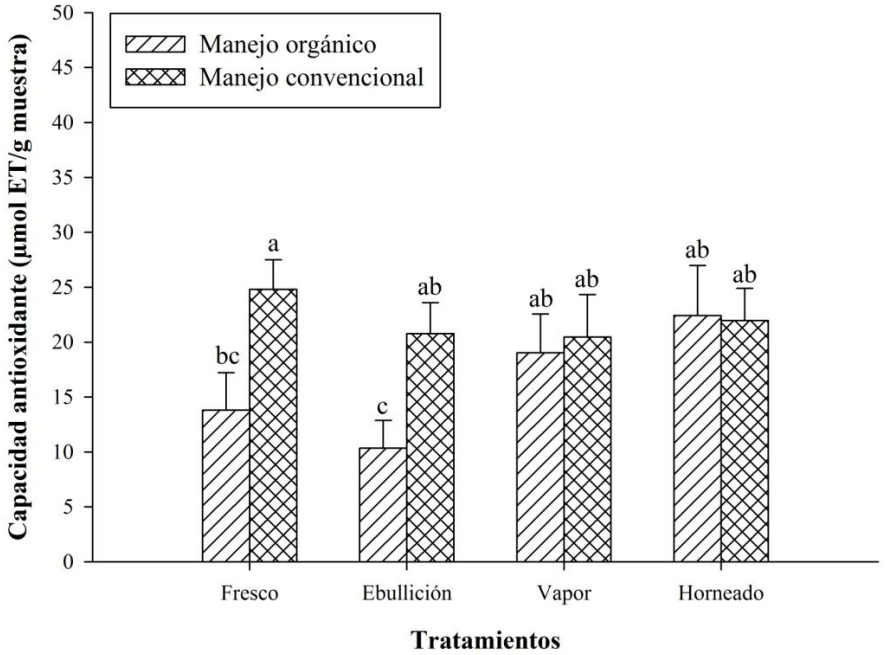


Figura 26. Capacidad antioxidante por el método ORAC de compuestos hidrolizables con diferentes tratamientos de cocción en yautía.
[a, b, c] Letras diferentes corresponden a valores estadísticamente diferentes LSD (P<0.05).

La capacidad antioxidante de antocianinas por el método ORAC en yautía presentó interacción manejo*tratamiento (p=0.0056). El tratamiento ebullición presentó diferencia significativa entre manejo orgánico y convencional. En el manejo orgánico la capacidad antioxidante disminuyó significativamente de 27.07±4.37 µmol ET/g de muestra en el control (fresco) a 19.58±3.27 µmol ET/g de muestra en ebullición (Figura 27). En el manejo convencional la capacidad antioxidante disminuyó significativamente de 35.57±3.36 µmol ET/g de muestra en el control (fresco) a 26.90±3.40 µmol ET/g de muestra en horneado (Figura 27).

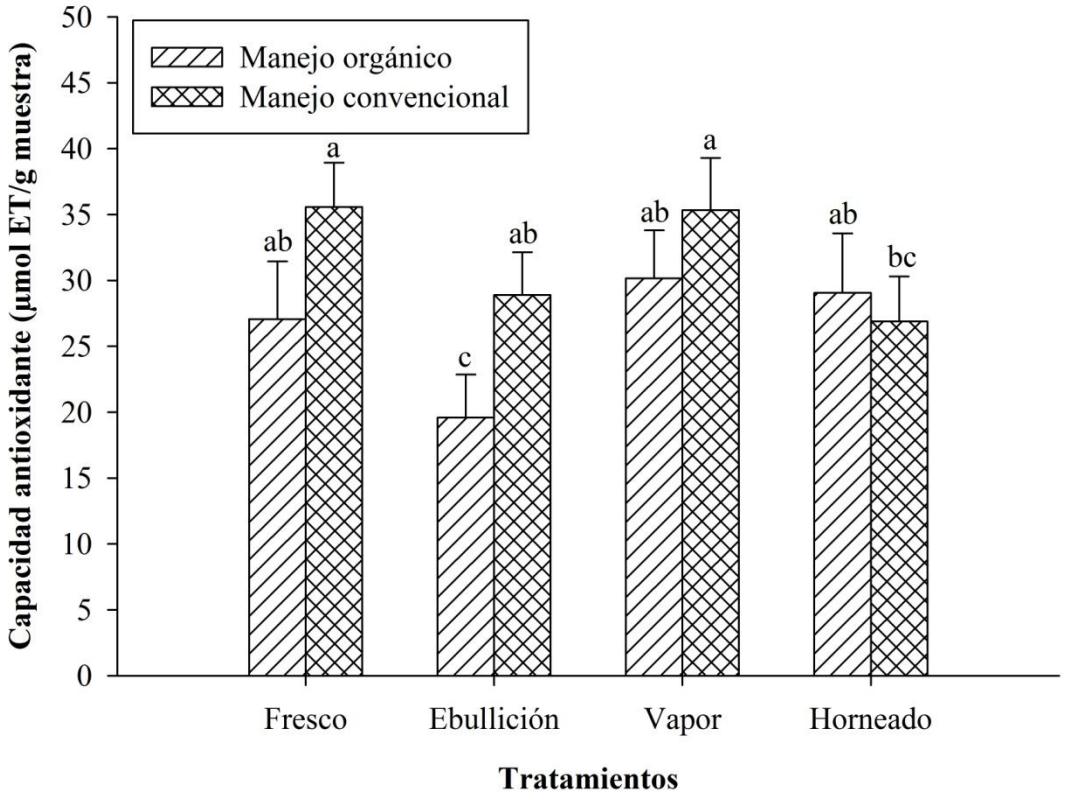


Figura 27. Capacidad antioxidante por el método ORAC de antocianinas con diferentes tratamientos de cocción en yautía.
[a, b, c] Letras diferentes corresponden a valores estadísticamente diferentes LSD (P<0.05).

5.2.8 Capacidad antioxidante por el método DPPH•

La capacidad antioxidante de compuestos hidrosolubles por el método DPPH• en yautía presentó interacción manejo*tratamiento ($p<0.0001$). El tratamiento horneado presentó diferencia significativa entre manejo orgánico y convencional. En el manejo orgánico la capacidad antioxidante aumentó significativamente de 27.00±4.59 µmol ET/g de muestra en el control (fresco) a 45.97±4.77 µmol ET/g de muestra en horneado (Figura 28). En el manejo convencional la capacidad antioxidante disminuyó significativamente de 39.94±4.66 µmol ET/g de muestra en el control (fresco) a 18.48±5.04 µmol ET/g de muestra en ebullición y 15.42±4.58 µmol ET/g de muestra en horneado (Figura 28).

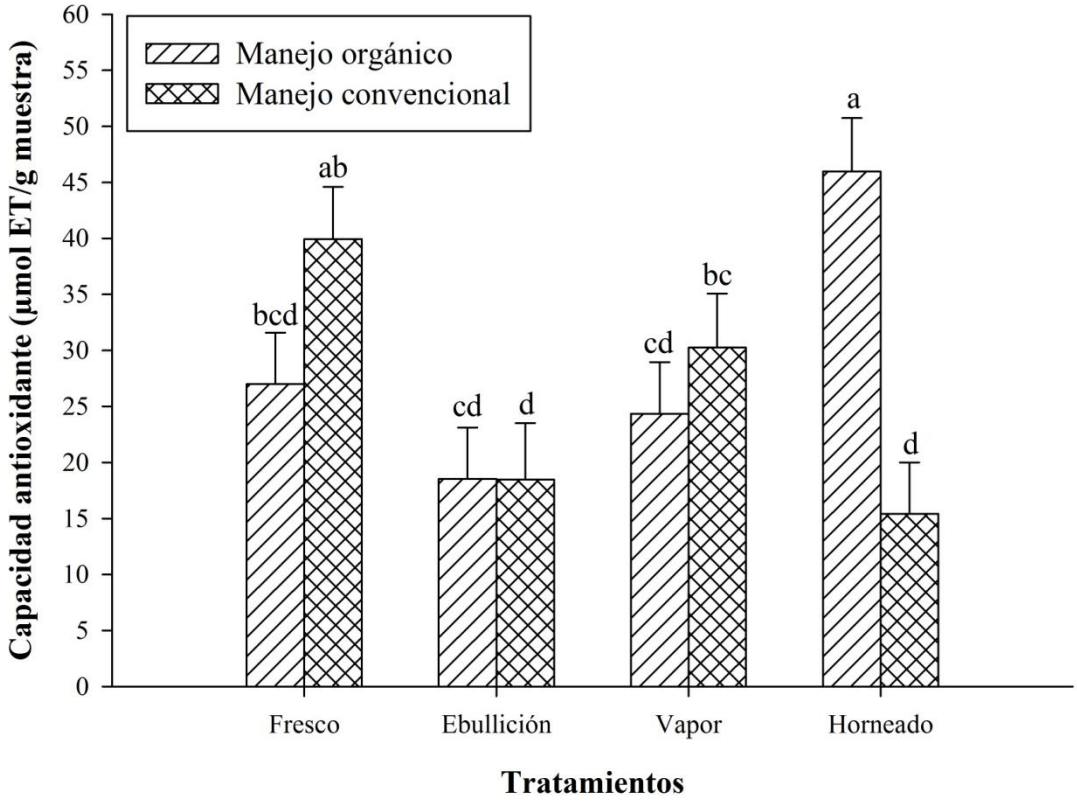


Figura 28. Capacidad antioxidante por DPPH• de compuestos hidrosolubles con diferentes tratamientos de cocción en yautía.
[a, b, c, d] Letras diferentes corresponden a valores estadísticamente diferentes LSD ($P<0.05$).

La capacidad antioxidante de antocianinas por el método DPPH• en yautía presentó interacción manejo*tratamiento (p=0.0014). El tratamiento control (fresco) presentó diferencia significativa entre manejo orgánico y convencional. En el manejo orgánico la capacidad antioxidante se mantuvo en un rango de 22.87±2.19 µmol ET/g de muestra en ebullición a 29.39±3.02 µmol ET/g de muestra en vapor, donde el tratamiento control (fresco) no presentó diferencia significativa con los demás tratamientos (Figura 29). En el manejo convencional la capacidad antioxidante disminuyó significativamente de 32.90±1.63 µmol ET/g de muestra en el control (fresco) a 27.43±1.74 µmol ET/g de muestra en ebullición y a 23.97±2.04 µmol ET/g de muestra en horneado (Figura 29).

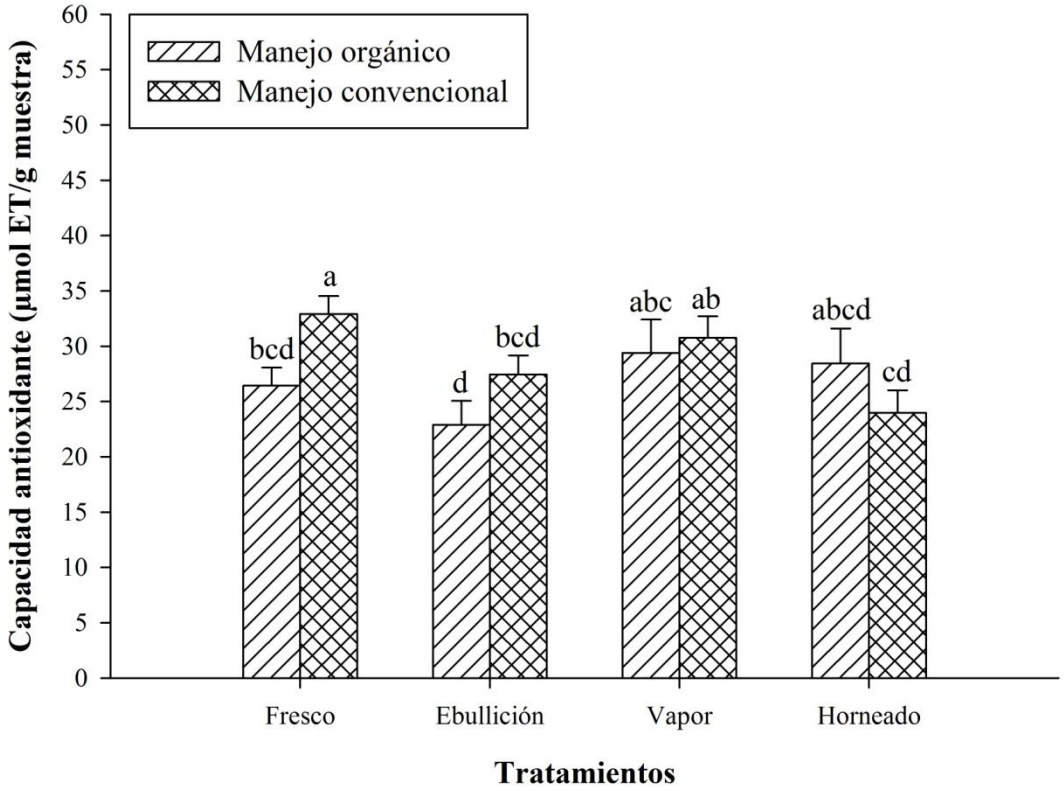


Figura 29. Capacidad antioxidante por DPPH• de antocianinas con diferentes tratamientos de cocción en yautía.

[a, b, c, d] Letras diferentes corresponden a valores estadísticamente diferentes LSD (P<0.05).

6. DISCUSIÓN

6.1 Berenjena

6.1.1 Análisis proximal

En berenjena el contenido de humedad y ceniza fueron muy similares a los reportados en la base de datos de la USDA (2006) de 92.3 y 0.66%, respectivamente. El contenido de grasa, fibra cruda y carbohidratos totales, fueron similares a lo reportado por Salunke y Kadam (1998) de 0.3%, 1.3% y 4.0%, respectivamente. El contenido de proteína en el manejo convencional fue similar al reportado por Raigón et al. (2010) de 0.49% (Tabla 3). La menor disponibilidad de nitrógeno en el manejo orgánico representa menor contenido de compuestos que contienen nitrógeno como proteínas y mayor contenido de compuestos que contienen carbono como azúcares o carbohidratos, lo cual explica el menor contenido de proteínas en el manejo orgánico y el mayor contenido de grasa en el manejo convencional (El-Mergawi y Al-Redhaiman, 2010). Según Stevenson y Ardakani (1972) citado por El-Mergawi y Al-Redhaiman (2010) apuntan que en un manejo orgánico hay mayor presencia de microorganismos los cuales producen sustancias como citratos y lactatos que al integrarse con los minerales del suelo aumentan su disponibilidad, lo cual explica el mayor contenido de ceniza en el manejo orgánico versus el manejo convencional (Tabla 3).

6.1.2 Color

En ambos manejos agrícolas (orgánico y convencional) el tono (h) en la berenjena se encontró dentro de un intervalo de 45-90º, entre rojizos y amarillos (Leyva, 2009). El tono rojizo (h) es debido a las antocianinas presentes en la cáscara de la berenjena y el tono (h) amarillo es debido al pardeamiento enzimático en el producto picado. El valor de luminosidad (L*) y saturación (C*) fue mayor en el manejo orgánico, por lo cual se evidenció que la berenjena en este manejo fue más oscura y más opaca que la berenjena en un manejo convencional (Tabla 4).

6.1.3 Medidas de pH

El pH en berenjena fresca de 5.44 fue un 1.8% más bajo que el reportado por Concellón et al. (2012) de 5.54. El pH fue un parámetro estable debido a que el cambio en pH (ΔpH) no es significativo con los tratamientos de cocción (Tabla 5).

6.1.4 Determinación de Polifenoles y Flavonoides totales

El contenido de polifenoles y flavonoides hidrosolubles totales en berenjena no presentó diferencias significativas entre manejo orgánico y convencional. Sin embargo su contenido tiende a ser menor en un manejo convencional que en un orgánico (Figura 10 y 12). Esto concuerda con lo reportado por Lima et al. (2008) y por Raigón et al. (2010). El contenido de polifenoles y flavonoides totales es más bajo en un manejo convencional debido a los niveles más altos de fertilización, en particular fertilización con nitrógeno, lo cual resulta en

una reducción del contenido de fenólicos (Raigón et al., 2010). Por otra parte, al ser mínimo o cero el uso de plaguicidas en la agricultura orgánica, la presencia de patógenos explica el mayor contenido de polifenoles como mecanismo de defensa de las plantas (Asami et al., 2003).

Los contenidos de polifenoles hidrosolubles totales en el control (fresco) en manejo orgánico y convencional (38.46±8.21 y 35.44±5.96 mg EAG/100g muestra, respectivamente) fueron un 20.3 y 26.6% menores a la media general de 48.26 mg EAG/100g peso fresco reportada por Raigón et al. (2008) en variedades comerciales y locales de berenjena (Figura 10). Con respecto al contenido de polifenoles hidrolizables totales en manejo orgánico y convencional (71.42 y 73.09 mg/100g muestra) los valores reportados en este estudio fueron un 20% más altos a los reportados por Concellón et al. (2012) de 60 mg/100g peso fresco en berenjena almacenada a 0.0 y 10.0 ºC (Figura 11).

Los contenido de flavonoides hidrosolubles e hidrolizables totales de 13.27 y 29.96 mg EC/100g muestra (Figura 12 y 13), fueron menores a lo reportado por Fategbe et al. (2012) de 141 mg EQ/100g en pulpa de berenjena madura y fueron mayores a los reportados por Yang et al. (2008) de 0.6 mg/100g peso fresco en la variedad de berenjena *Solanum aethiopicum* y Cao et al. (2010) de 8.2 mg/100g peso fresco en la variedad *Solanum incanum L.,* cuantificados por HPLC. La variabilidad en el contenido de flavonoides totales se debe a que su contenido depende de las variedades o cultivares analizados y del tipo de flavonoides predominantes (Cao et al., 2010).

El contenido de polifenoles hidrosolubles totales y flavonoides hidrosolubles e hidrolizables totales en manejo convencional y orgánico aumentaron con los tratamientos de cocción respecto al control (fresco) (Figura 10, 12 y 13). El contenido de polifenoles totales

aumentó un 61.0 y 79.2% con la ebullición, 74.2 y 132.4% con el horneado y 173.4 y 180.6% con el vapor. Estos incrementos son mayores a los reportados en tomate por Kim et al. (2006), donde los tratamientos a altas temperaturas incrementaron el contenido en un rango de 35.5-51.3%. El aumento con el tratamiento de cocción de ebullición es similar a lo reportado por Braga et al. (2011) de 76.8% en un estudio en berenjena cocida por ebullición. Estos aumentos pueden ser debido a la liberación de antioxidantes por la destrucción térmica de la pared celular y los compartimentos subcelulares o la suavización y desagregación de tejidos que incrementa la extracción de principios activos. También pueden deberse a la disminución de la oxidación de compuestos fenólicos por la inactivación térmica de enzimas oxidativas como la polifenoloxidasa (Jimenez et al., 2009; Braga et al., 2011; Mennella et al., 2012).

El contenido de flavonoides hidrosolubles totales en manejo organico incrementó con el horneado 418.1% en manejo orgánico y 214.7% en manejo convencional, con la ebullición incrementó en promedio 319.2% y con el vapor en promedio 514.0% y el contenido de flavonoides hidrolizables totales incremento con el horneado 30.3%, con la ebullición 51.6% y con el vapor 128.4% (Figura 12 y 13). Estos incrementos son comparables con lo reportado por Lombard et al. (2005), donde el horneado incrementó la concentración de flavonoles en cebolla en un 7-25% y con lo reportado por Grajek y Olejnik (2010) en un estudio en tomate secado por aire caliente donde el licopeno incrementó su contenido en un 152-197%. Los incrementos pueden ser ocasionados por el rompimiento de la pared celular y el debilitamiento de las fuerzas de enlace entre las sustancias antioxidantes y la matriz del tejido (Grajek y Olejnik, 2010).

Contrariamente el contenido de polifenoles hidrolizables totales en un manejo convencional disminuyó su contenido con los tratamientos de ebullición y horneado (19.8 y

18.8%, respectivamente) (Figura 11). Esta disminución pudo presentarse por reacciones químicas entre compuestos antioxidantes y diferentes compuestos del alimento o por un exceso de tiempo y temperatura durante la cocción.

6.1.5 Determinación de Antocianinas totales

El contenido de antocianinas monoméricas totales en manejo orgánico fue de 1.30 mg ECianidina-3-glucósido/100g muestra (Figura 14). Este valor se compara con lo reportado por Sadilova et al. (2006) de 1.65 mg EDelphinidina-3-glucosido/100g peso fresco. En el manejo convencional fue de 6.31±0.34 mg ECianidina-3-glucósido/100g muestra y este valor es próximo a lo reportado por Braga et al. (2011) y Koponen et al. (2007) de 7.0 a 7.5 mg ECianidina/100g peso fresco. El contenido en manejo convencional fue mayor que el contenido en manejo orgánico. La diferencia en su contenido con el manejo agrícola puede ser atribuida al tipo de antioxidantes presentes en el producto. En un manejo orgánico puede haber mayor presencia de compuestos hidrolizables que por medio del ácido clorhídrico causa su perdida en el agua y son mas suceptibles a hidrolizarse a altas temperaturas como el horneado.

En el manejo convencional y en el manejo orgánico el contenido de antocianinas monoméricas totales disminuyó con los tratamientos de cocción, excepto en el tratamiento a vapor en el manejo orgánico. En general en manejo convencional y orgánico el tratamiento de mayor pérdida fue el horneado (93.4%), seguido por ebullición (60.1%) y vapor (8.7%). La pérdida por ebullición de 60.1% fue mayor a la reportada por Braga et al. (2011) de 35.7% (Figura 14). La disminución en el contenido de antocianinas monoméricas totales se da por el contacto directo de la cáscara de la berenjena con el calor y su posterior descomposición, ya

que al estar las antocianinas localizadas en la cáscara de la berenjena son más susceptibles a descomponerse que otras sustancias fenólicas (Braga et al., 2011).

6.1.6 Capacidad antioxidante por el método ORAC y DPPH•

La capacidad antioxidante por el método ORAC de polifenoles y flavonoides hidrosolubles totales en manejo orgánico fue un 20.1% más alto y en manejo convencional fue un 23.1% menor a la reportada por Isabelle et al. (2010) (12.76 μmol ET/g PF); pero fueron entre un 151.5-292.8% mayores a la reportada por Cao et al. (1996) (3.9 μmol ET/g PF) (Figura 15).

La capacidad antioxidante de polifenoles y flavonoides hidrolizables totales en manejo convencional y orgánico fueron más altas (87.3 y 124.5%, respectivamente) a la reportada por Wu et al. (2004) de 25.09 μmol ET/g (Figura 16). Los resultados difieren de la literatura lo cual demuestra que las condiciones del cultivo afectan la capacidad antioxidante de vegetales (Huang et al., 2009).

En un manejo orgánico la capacidad antioxidante por el método ORAC fue mayor en compuestos hidrolizables, seguida por antocianinas y compuestos hidrosolubles. En un manejo convencional y por el método DPPH• en manejo orgánico y convencional fue más alta para antocianinas, seguida por compuestos hidrolizables y compuestos hidrosolubles (Figura 15-20), demostrando que los antioxidantes hidrolizables tienen mayor capacidad antioxidante. La capacidad antioxidante por los métodos ORAC y DPPH• presentó un comportamiento similar al contenido de polifenoles y flavonoides hidrosolubles e hidrolizables. Al aumentar el contenido de antioxidantes con los tratamientos de cocción, la capacidad antioxidante también aumentaba con los tratamientos de cocción y viceversa. Se ha reportado que este

comportamiento se presenta porque existe una correlación lineal entre el contenido de compuestos fenólicos totales y su capacidad antioxidante (Wu et al., 2004).

6.2 Yautía

6.2.1 Análisis proximal

El contenido de humedad (73.06%), ceniza (1.45%) y grasa (0.68%) en yautía fueron similares a los reportados en la base de datos de la USDA (1995) de 73.06, 1.45 y 0.40%, respectivamente (Tabla 6). El contenido de carbohidratos totales aunque presentó un alto contenido (14.82%) difiere de la literatura citada (23.63%), al igual que el contenido de fibra y proteína debido a que no se encontró literatura específica para la variedad de yautía *Xanthosoma violaceum* (USDA et al., 1995) (Tabla 6). El contenido de proteína presento diferencia significativa entre manejos debido al alto contenido de nitrógeno aplicado en un manejo convencional, el cual lleva a una mayor síntesis de proteínas (Tabla 6).

6.2.2 Medidas de color

En ambos manejos agrícolas (orgánico y convencional) el tono (h) en la yautía se encontró dentro de un intervalo de 45-90º, entre rojizos y amarillos (Leyva, 2009). El color de la yautía fue el mismo en ambos manejos debido a que no se presentó diferencia significativa entre los parámetros de color. El color obtenido se debe a las antocianinas presentes en la pulpa de la yautía (Tabla 7).

6.2.3 Medidas de pH

El pH de 6.08 en yautía fresca (control) demostró ser un parámetro estable con los tratamientos de cocción, por lo cual no se presentaron diferencias significativas después de los tratamientos (Tabla 8).

6.2.4 Contenido de Polifenoles y Flavonoides hidrosolubles totales

El contenido de polifenoles y flavonoides hidrosolubles totales en yautía en manejo orgánico y convencional disminuyó con los tratamientos de cocción respecto al control (fresco) (Figura 21 y 22). El porcentaje de perdida en los polifenoles hidrosolubles totales estuvo en un rango de 51.8-55.4% en ebullición, 38.4-49% en vapor y 26-62.1% en horneado. La perdida de flavonoides hidrosolubles totales estuvo en un rango de 47.8-61.2% en ebullición, 36.4-39.5% en vapor y 0.2-64.7% en horneado. Las pérdidas con el tratamiento a vapor son menores comparadas con ebullición y horneado debido a que durante la vaporización el alimento no entra en contacto directo con el agua como la ebullición. Las pérdidas del contenido de polifenoles y flavonoides totales en el horneado son ocasionadas por el incremento de temperatura en los tratamientos térmicos que conlleva a pérdidas de antioxidantes (Grajek y Olejnik, 2010).

6.2.5 Contenido de Polifenoles hidrolizables y Antocianinas monoméricas totales

En el manejo orgánico el contenido de polifenoles hidrolizables y de antocianinas monoméricas totales en yautía aumentó con el horneado (70.2 y 93.1%, respectivamente)

(Figura 22 y 24). Estos resultados coinciden con lo reportado por Dincer et al. (2011), donde el horneado incrementó entre un 60-70% el contenido de polifenoles totales en camote, debido a la liberación de fenólicos por la hidrólisis de los enlaces glicósidicos. En el manejo convencional el contenido de antocianinas monoméricas totales aumentó un 83.6% con el tratamiento a vapor (Figura 24). Según Jiménez et al. (2009) al estar los compuestos antioxidantes almacenados en la red de celulosa pueden ser liberados durante el procesamiento térmico.

6.2.6 Capacidad antioxidante por el método ORAC y DPPH•

La capacidad antioxidante depende del contenido de sustancias antioxidantes presentes en el producto, lo cual explica el comportamiento similar de la capacidad antioxidante por los métodos ORAC y DPPH• al contenido de polifenoles hidrosolubles e hidrolizables y flavonoides hidrolizables (Figura 25, 26 y 28). La capacidad antioxidante de antocianinas presentó un comportamiento inverso a su contenido. Un mayor contenido de antocianinas no representó una mayor capacidad antioxidante (Figura 27 y 29). Este comportamiento se explica porque la capacidad antioxidante no sólo es atribuible a compuestos fenólicos y en una matriz compleja pueden existir antioxidantes con diferentes mecanismos de acción (Donado-Pestana et al., 2012).

7. CONCLUSIONES

- El contenido de polifenoles y flavonoides y su capacidad antioxidante en berenjena y yautía no presentó diferencia significativa entre manejo orgánico y convencional.
- El contenido de polifenoles y flavonoides y su capacidad antioxidante en berenjena incrementó con los tratamientos de cocción, donde la cocción a vapor resultó ser más eficiente.
- El contenido de polifenoles y flavonoides hidrosolubles y su capacidad antioxidante en yautía disminuyó con los tratamientos de cocción, donde la cocción a vapor fue el tratamiento de menor perdida.
- El contenido de antocianinas en berenjena presentó diferencia significativa entre manejo orgánico y convencional. Su contenido disminuyó con los tratamientos de cocción al contrario de su capacidad antioxidante, la cual aumentó con los tratamientos.
- El contenido de antocianinas en yautía tendió a aumentar con los tratamientos de vapor y horneado.
- La berenjena y yautía presentaron diferente respuesta al manejo orgánico y convencional y a los tratamientos de cocción.

8. RECOMENDACIONES

En estudios posteriores se recomienda:

✓ Utilizar otros disolventes para la obtención de extractos de berenjena y yautía en diferentes condiciones de tiempo y temperatura de extracción.

✓ Identificar y aislar los compuestos fenólicos por técnicas analíticas como cromatografía liquida de alta resolución (HPLC) o cromatografía liquida acoplada a espectrometría de masas (LC-MS).

✓ Seguir realizando estudios con las diferentes variedades de yautía bajo manejo orgánico y convencional y profundizar en el contenido de fitoquímicos importantes para la salud humana.

✓ Promover el consumo de berenjena y yautía regional, dando a conocer su contenido en compuestos fenólicos que contiene así como los beneficios de preparación usando el tratamiento térmico a vapor. El vapor resultó ser el tratamiento más eficiente en la extracción de compuestos fenólicos en berenjena y en yautía fue el tratamiento de menor pérdida comparado con los tratamientos de ebullición y horneado.

✓ Incentivar a agricultores orgánicos y convencionales para cultivar yautía lila dando a conocer sus beneficios para la salud humana, tratando de rescatar su consumo el cual quedo relegado por la vulnerabilidad del cultivo.

LITERATURA CITADA

Akanitapichat, P., Phraibung, K., Nuchklang, K., y Prompitakkul, S. (2010). Antioxidant and hepatoprotective activities of five eggplant varieties. *Food and Chemical Toxicology*, *48*(10), 3017-3021.

AOAC (1990). *Official Methods of Analysis of AOAC International*. Gaithersburg, MD, Estados Unidos: AOAC International.

AOAC (1998). Official Method 981.12: pH de alimentos acidificados. *Official methods of analysis of AOAC international*. Gaithersburg, MD, Estados Unidos: AOAC international.

AOAC (2006). Official Method 37.1.68: Total Monomeric Anthocyanin Pigment Content of Fuit Juices, Beverages, Natural Colorants, and Wines. pH Differential Method. *Official methods of analysis of AOAC international*: AOAC international.

AOCS (2005). Official Method Am 5-04 y Ba 6-05. Urbana, Il, Estados Unidos: American Oil Chemist's Society.

Asami, D. K., Hong, Y.-J., Barrett, D. M., y Mitchell, A. E. (2003). Comparison of the total phenolic and ascorbic acid content of freeze-dried and air-dried marionberry, strawberry, and corn grown using conventional, organic, and sustainable agricultural practices. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *51*(5), 1237-1241.

Baruah, J. B. (2011). Chemistry of phenolic compounds: State of the art. Estados Unidos: Nova Science Publishers Inc.

Bondet, V., Brand-Williams, W., y Berset, C. (1997). Kinetics and mechanisms of antioxidant activity using the DPPH. Free radical method. *LWT-Food Science and Technology*, *30*(6), 609-615.

Braga, P. C., Wang, Y. Y., Sasso, M. D., Culici, M., Verducci, P., Fibiani, M., y Scalzo, R. L. (2011). Inhibitory effects on human neutrophil bursts of raw, grilled and boiled eggplant *(Solanum melongena L.). Spatula DD*, *1*(3), 129-135.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., y Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*, *28*(1), 25-30.

Brewer, M. S. (2011). Natural antioxidants: Sources, compounds, mechanisms of action, and potential applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, *10*(4), 221-247.

Candela, M., y Astiasarán, I. (1999). Alimentos cocinados. En: Astiasarán I., y Martínez J., Alimentos composición y propiedades, 317-318. Madrid, España: McGraw-Hill Interaméricana.

Cao, G., y Prior, R. L. (1999). Measurement of oxygen radical absorbance capacity in biological samples. *Methods in Enzymology*, *299*, 50-62.

Cao, G., Alessio, H. M., y Cutler, R. G. (1993). Oxygen-radical absorbance capacity assay for antioxidants. *Free Radical Biology and Medicine*, *14*(3), 303-311.

Cao, G., Sofic, E., y Prior, R. L. (1996). Antioxidant capacity of tea and common vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *44*(11), 3426-3431.

Cao, J., Chen, W., Zhang, Y., Zhang, Y., y Zhao, X. (2010). Content of selected flavonoids in 100 edible vegetables and fruits. *Food Science and Technology Research*, *16*(5), 395-402.

Cid, M. (1999). Hortalizas y verduras. En: Astiasarán I., y Martínez J., Alimentos composición y propiedades, 173. Madrid España: McGraw-Hill Interaméricana.

Cíz, M., Cízová, H., Denev, P., Kratchanova, M., Slavov, A., y Lojek, A. (2010). Different methods for control and comparison of the antioxidant properties of vegetables. *Food Control*, *21*(4), 518-523.

Codex Alimentarius (2007). Organically produced foods. Roma, Italia: WHO and FAO.

Concellón, A., Zaro, M. J., Chaves, A. R., y Vicente, A. R. (2012). Changes in quality and phenolic antioxidants in dark purple american eggplant *(Solanum melongena L. cv. Lucía)* as affected by storage at 0ºC and 10ºC. *Postharvest Biology and Technology*, *66*(0), 35-41.

Cools, K., Vicente, A., y Terry, L. A. (2011). Methodologies for extraction, isolation, characterization and quantification of bioactive compounds. En: Terry L. A., Health-promoting properties of fruit and vegetables, 371-377. Preston, UK: CAB International.

Cuenta Reto del Milenio, y Chemonics (s.a.). Proyecto de desarrollo de la cadena de valor y conglomerado agrícola: Guía tecnica para el cultivo del quequisque *(Xanthosoma Spp)*. Nicaragua. Disponible: 09/05/2013. http://biblioteca.idict.villaclara.cu/UserFiles/File/CI%20Malanga/1.pdf

Díaz, M. (1997). El cultivo de la yautía *(Xanthosoma Spp.)* en Puerto Rico. Servicio de Extensión Agrícola: Universidad de Puerto Rico.

Dincer, C., Karaoglan, M., Erden, F., Tetik, N., Topuz, A., y Ozdemir, F. (2011). Effects of baking and boiling on the nutritional and antioxidant properties of sweet potato *[Ipomoea batatas (L.) Lam.]* cultivars. *Plant Foods for Human Nutrition*, *66*(4), 341-347.

Di Rienzo, J. A., Macchiavelli, R., y Casanoves, F. (2009). Modelos Mixtos en InfoStat. Córdoba, Argentina: Universidad Nacional de Córdoba.

Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M., y Robledo, C. W. (2013). InfoStat versión 2013. En: Grupo InfoStat FCA: Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Disponible: 09/08/2013. http://www.infostat.com.ar/

Donado-Pestana, C., Salgado, J., Oliveira Rios, A., Santos, P., y Jablonski, A. (2012). Stability of carotenoids, total phenolics and In vitro antioxidant capacity in the thermal processing of orange-fleshed sweet potato *(Ipomoea batatas Lam.)* cultivars grown in Brazil. *Plant Foods for Human Nutrition*, *67*(3), 262-270.

El-Mergawi, R. A., y Al-Redhaiman, K. (2010). Effect of organic and conventional production practices on antioxidant activity, antioxidant constituents and nutritional value of tomatoes and carrots in Saudi Arabia markets. *International Journal of Food, Agriculture and Environment*, *8*(3-4), 253-258.

Erlund, I. (2004). Review of the flavonoids quercetin, hesperetin, and naringenin. Dietary sources, bioactivities, bioavailability, and epidemiology. *Nutrition research*, *24*(10), 851-874.

Estación Experimental Agrícola, y Universidad de Puerto Rico (1997). Conjunto tecnológico para la producción de Raíces y Tuberculos. Río Piedras, P.R.: Universidad de Puerto Rico., 12-13

Faller, A. L. K., y Fialho, E. (2009). The antioxidant capacity and polyphenol content of organic and conventional retail vegetables after domestic cooking. *Food Research International*, *42*(1), 210-215.

FAO (s.a.). Cultivos andinos. En: Raíces y Tuberculos. Disponible: 06/04/2013. http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro11/cap3.htm

FAO (2003). ¿Es la certificación algo para mí? Una guía práctica sobre por qué, cómo y con quién certificar productos agrícolas para la exportación. En: Andersen M., y Pazderka C, (p. 35). San José; C.R.: Series de Publicaciones RUTA.

FAO: El-Hage N (2007). Organic Agriculture and Food Security. Roma, Italia: FAO, 22.

FAOSTAT (2011). Production: Crops. Disponible: 09/08/2013. http://faostat3.fao.org/home/index.html#DOWNLOAD

Fategbe, M., Ibukun, E., Kade, I., y Rocha, J. (2012). A comparative study on ripe and unripe eggplant (Solanum melongena) as dietary antioxidant sources. *Journal of Medicinal Plants Research*, *7*(6), 209-218.

Fondo Integral de Desarrollo Agrícola FIDA, y Oficina de Marcas y Mercado Integrado (s.a.). Cosechas de Puerto Rico Berenjena. San Juan, P.R.: Departamento de Agricultura de Puerto Rico. Disponible: 06/04/2013. http://www.agricultura.gobierno.pr/

Fornaris, G. (2006). Características de la planta. Conjunto tecnológico para la producción de berenjena, 82. Río Piedras Puerto Rico: Estación Experimental Agrícola Universidad de Puerto Rico.

Giusti, M. M., y Wrolstad, R. E. (2001). Characterization and measurement of anthocyanins by UV-Visible spectroscopy. Current protocols in food analytical chemistry, 19-24: John Wiley & Sons, Inc.

Grajek, W., y Olejnik, A. (2010). The influence of food processing and home cooking on the antioxidant stability in foods. Functional Food Product Development, 178-205: Wiley-Blackwell.

Haminiuk, C. W. I., Maciel, G. M., Plata-Oviedo, M. S. V., y Peralta, R. M. (2012). Phenolic compounds in fruits – an overview. *International Journal of Food Science and Technology*, *47*(10), 2023-2044.

Helmja, K., Vaher, M., Gorbatsova, J., y Kaljurand, M. (2007). Characterization of bioactive compounds contained in vegetables of the Solanaceae family by capillary electrophoresis. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences, Chemistry*, *56*(4), 172-186.

Hernández, R. (1996). Cultivo de yautía. En: Fundación de desarrollo agropecuario Inc (p. 44). Republica Dominicana.

Huang, D., Ou, B., Hampsch-Woodill, M., Flanagan, J. A., y Prior, R. L. (2002). High-Throughput assay of Oxygen Radical Absorbance Capacity (ORAC) using a multichannel liquid handling system coupled with a microplate fluorescence reader in 96-well format. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *50*(16), 4437-4444.

Huang, Z., Baowu, W., Eaves, D. H., Shikany, J. M., y Pace, R. D. (2009). Total phenolics and antioxidant capacity of indigenous vegetables in the southeast United States: Alabama Collaboration for Cardiovascular Equality Project. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, *60*(2), 100-108.

Hughes, D. A. (2002). Antioxidant vitamins and immune function. En: P Calder, y University of Southampton UK, Nutrition and Immune Function, vol. 1, 171-173. Guildford and King's Lynn: CABI Publishing in association with The Nutrition Society.

Hunter, D., Foster, M., McArthur, J. O., Ojha, R., Petocz, P., y Samman, S. (2011). Evaluation of the micronutrient composition of plant foods produced by organic and conventional agricultural methods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *51*(6), 571-582.

Isabelle, M., Lee, B. L., Lim, M. T., Koh, W.-P., Huang, D., y Ong, C. N. (2010). Antioxidant activity and profiles of common vegetables in Singapore. *Food Chemistry*, *120*(4), 993-1003.

Jha, S. (2010). Colour measurements and modeling. En: Jha S. N., Nondestructive Evaluation of Food Quality, 17-40: Springer Berlin Heidelberg.

Jimenez, M. A. M., Garcia, D. L., Martinez, T. M., Mariscal, M., y Murcia, M. A. (2009). Influence of cooking methods on antioxidant activity of vegetables. *Journal of Food Science*, *74*(3), H97-H103.

Karakaya, S. (2004). Bioavailability of phenolic compounds. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *44*(6), 453-464.

Kim, S. Y., Jeong, S. M., Park, W. P., Nam, K. C., Ahn, D. U., y Lee, S. C. (2006). Effect of heating conditions of grape seeds on the antioxidant activity of grape seed extracts. *Food Chemistry*, *97*(3), 472-479.

Koponen, J. M., Happonen, A. M., Mattila, P. H., y Törrönen, A. R. (2007). Contents of anthocyanins and ellagitannins in selected foods consumed in Finland. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *55*(4), 1612-1619.

Kristiansen, P., Taji, A. M., y Reganold, J. P. (2006). Organic agriculture: A global perspective. CSIRO Publishing.

Leyva, D. E. (2009). Determinación de antocianinas, fenoles totales y actividad antioxidante. Ingeniero en Alimentos (p. 80). Huajuapan de León, Oaxaca, México: Universidad Tecnológica de la Mixteca.

Lima, G. P. P., y Vianello, F. (2011). Review on the main differences between organic and conventional plant-based foods. *International Journal of Food Science and Technology*, *46*(1), 1-13.

Lima, G. P. P., Da Rocha, S. A., Takaki, M., Ramos, P. R. R., y Ono, E. O. (2008). Comparison of polyamine, phenol and flavonoid contents in plants grown under conventional and organic methods. *International Journal of Food Science and Technology*, *43*(10), 1838-1843.

Lombard, K., Peffley, E., Geoffriau, E., Thompson, L., y Herring, A. (2005). Quercetin in onion *(Allium cepa L.)* after heat-treatment simulating home preparation. *Journal of Food Composition and Analysis*, *18*(6), 571-581.

Marinova, D., Ribarova, F., y Atanassova, M. (2005). Total phenolics and total flavonoids in Bulgarian fruits and vegetables. *Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy*, *40*(3), 255-260.

Martín, P. C. (2010). Restricción de metionina y de dieta en relación con el estrés oxidativo en mamiferos de laboratorio. *Facultad de Biología*. Doctora en Biología (p. 19). Madrid, España: Universidad Complutense de Madrid.

Martínez, A. (2012). Cobra adeptos la agricultura orgánica. El Nuevo Día. 06/07/2012. http://www.elnuevodia.com/cobraadeptoslaagriculturaorganica-1316889.html

McGuire, R. (1992). Reporting of objective color measurements. *HortScience*, *27*(12).

Mennella, G., Lo Scalzo, R., Fibiani, M., D'Alessandro, A., Francese, G., Toppino, L., Acciarri, N., de Almeida, A. E., y Rotino, G. L. (2012). Chemical and bioactive quality traits during fruit ripening in eggplant *(S. melongena L.)* and allied species. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *60*(47), 11821-11831.

Min, D. B., y Lee, J. H. (2005). Nutraceuticals, aging, and food oxidation. Handbook of functional lipids, 325-350: CRC Press.

Mukhopadhyay, M. (2000). Natural food colors. Natural extracts using supercritical carbon dioxide, 249-264: CRC Press.

Organización Mundial de la Salud (2013). Cáncer. En: Centro de prensa OMS. Geneva, Switzerland. Disponible: 05/27/2013. http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs297/es/index.html

Pastrana, A., y Willsey, E. M. (1941). La Berenjena: Modos para prepararla en la mesa. En: Servicio de Extensión Agrícola, Universidad de Puerto Rico, y USDA, 5-17. Río Piedras, P.R.

Quiñones, M., Miguel, M., y Aleixandre, A. (2012). Los polifenoles, compuestos de origen natural con efectos saludables sobre el sistema cardiovascular. *Nutrición Hospitalaria*, *27*(1), 76-89.

Raigón, M. D., Prohens, J., Muñoz-Falcón, J. E., y Nuez, F. (2008). Comparison of eggplant landraces and commercial varieties for fruit content of phenolics, minerals, dry matter and protein. *Journal of Food Composition and Analysis*, *21*(5), 370-376.

Raigón, M. D., Rodríguez-Burruezo, A., y Prohens, J. (2010). Effects of organic and conventional cultivation methods on composition of eggplant fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *58*(11), 6833-6840.

Reyes, C., G., Nyman, M., y Rönnberg, W., A. C. (2005). Agronomic performance of three cocoyam *(Xanthosoma violaceum Schott)* genotypes grown in Nicaragua. *Euphytica*, *142*(3), 265-272.

Rufino, M. d. S. M., Alves, R. E., de Brito, E. S., Pérez-Jiménez, J., Saura-Calixto, F., y Mancini-Filho, J. (2010). Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. *Food Chemistry*, *121*(4), 996-1002.

Sadilova, E., Stintzing, F. C., y Carle, R. (2006). Anthocyanins, colour and antioxidant properties of eggplant *(Solanum melongena L.)* and violet pepper *(Capsicum annuum L.)* peel extracts. *Zeitschrift fur Naturforschung C-Journal of Biosciences*, *61*(7-8), 527-535.

Salunkhe, D. K., y Kadam, S. S. (1998). Handbook of vegetable science and technology: Production, composition, storage and processing. New York, New york: Marcel Dekker, p. 721.

Shahidi, F., y Naczk, M. (2003). Biosynthesis, classification, and nomenclature of phenolics in food and nutraceuticals. Phenolics in food and nutraceuticals: CRC Press.

Shahidi, F., y Ho, C.-T. (2005). Phenolics in food and natural health products: an overview. *Phenolic Compounds in Foods and Natural Health Products*, *909*, 1-8.

Sies, H., y Stahl., W. (1995). Vitamins E and C, beta-carotene, and other carotenoids as antioxidants. *The American Journal of Clinical Nutrition*, *62*, 1315S-1321S.

Singh, A. P., Luthria, D., Wilson, T., Vorsa, N., Singh, V., Banuelos, G. S., y Pasakdee, S. (2009). Polyphenols content and antioxidant capacity of eggplant pulp. *Food Chemistry*, *114*(3), 955-961.

Solano Peláez, O. M. (2010). Estudio económico y perfil de los productores orgánicos en Puerto Rico, 2007. *Economía agrícola*. Maestro en ciencias (p. 128p.). Mayagüez, P.R.: Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez.

Stevenson, F., y Ardakani, M. (1972). Organic matter reactions involving micronutrients in soils. *Micronutrients in Agriculture* (p. 36'58). Madison, Wi: Soil Sci. Soc. Amer. Inc.

Straub, E. D. (2010). Organic food: Economics and issues. Nova Science Publishers.

Todaro, A., Cimino, F., Rapisarda, P., Catalano, A. E., Barbagallo, R. N., y Spagna, G. (2009). Recovery of anthocyanins from eggplant peel. *Food Chemistry*, *114*(2), 434-439.

Turkmen, N., Sari, F., y Velioglu, Y. S. (2005). The effect of cooking methods on total phenolics and antioxidant activity of selected green vegetables. *Food Chemistry*, *93*(4), 713-718.

United Nations (2003). Organic fruit and vegetables from the tropics: Market, certification and production information for producers and international trading companies. New York and Geneva: United Nations.

Uppu, R., Murthy, S., Pryor, W., y Parinandi, N. (2010). Free radicals and antioxidant protocols. Springer Protocols, Humana Press.

USDA (2012). Organic agriculture: Organic market overwiev. Disponible: 09/08/2013. http://www.ers.usda.gov/topics/natural-resources-environment/organic-agriculture/organic-market-overview.aspx#.UaNtUEA98W8

USDA, y National Agricultural Statistics Service (NASS) (2009). 2007 Census of Agriculture Puerto Rico Island and Municipio Data. En: 52 G. A. S. P., vol. I, 17. Washington, D.C. Disponible: 08/26/2013.

USDA, National Food and Nutrient Analysis Program Wave, ARS, y Nutrient Data Laboratory (1995). Nutrient data for 11991, Yautia *(tannier)*, raw. Southern Testing and Research Laboratories. Disponible: 06/04/2013.

http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/3581?qlookup=yautia&fg=&format=Full&man=&lfacet=&max=25&new=1

USDA, National Food and Nutrient Analysis Program Wave, ARS, y Nutrient Data Laboratory (2001). Nutrient data for 11352, Potato, flesh and skin, raw. Southern Testing and Research Laboratories. Disponible: 06/09/2013. http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/3065?fg=&man=&lfacet=&count=&max=25&sort=&qlookup=potatoes&offset=&format=Full&new=

USDA, National Food and Nutrient Analysis Program Wave, ARS, y Nutrient Data Laboratory (2006). Nutrient data for 11209, Eggplant, raw. Nutrient Data Laboratory y National Agricultural Library. Disponible: 06/04/2013. http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/2948?fg=&man=&lfacet=&count=&max=25&sort=&qlookup=eggplant&offset=&format=Full&new=http://www.agcensus.usda.gov/Publications/2007/Full_Report/Outlying_Areas/prv1.pdf

Vicente, A. R., Manganaris, G. A., Sozzi, G. O., y Crisosto, C. H. (2009). Nutritional quality of fruits and vegetables. *Postharvest handling: A system approach*, 58-93.

Waterhouse, A. L. (2002). Determination of total phenolics. Current protocols in food analytical chemistry: John Wiley & Sons, Inc.

Willer, H., Lernoud, J., y Home, R. (2013). Organic agriculture 2013: Key indicators and leading countries. The world of organic agriculture 2013 - Statistics and emerging trends, vol. II. Bonn, Alemania: Research Institute of Organic Agriculture (FiBL) and the International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM).

Williams, D. J., Edwards, D., Hamernig, I., Jian, L., James, A. P., Johnson, S. K., y Tapsell, L. C. (2013). Vegetables containing phytochemicals with potential anti-obesity properties: A review. *Food Research International*, *52*(1), 323-333.

Willsey, E. M., y Vilá, C. J. (1931). Vegetales tropicales: Yautía. En: Universidad de Puerto Rico, 12-21. Río Piedras, P.R.: Universidad de Puerto Rico.

Worthington, V. (2001). Nutritional quality of organic versus conventional fruits, vegetables, and grains. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, *7*(2), 161-173.

Wu, X., Beecher, G. R., Holden, J. M., Haytowitz, D. B., Gebhardt, S. E., y Prior, R. L. (2004). Lipophilic and hydrophilic antioxidant capacities of common foods in the United States. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *52*(12), 4026-4037.

Yang, R. Y., Lin, S., y Kuo, G. (2008). Content and distribution of flavonoids among 91 edible plant species. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, *17*(1), 275-279.

ANEXOS

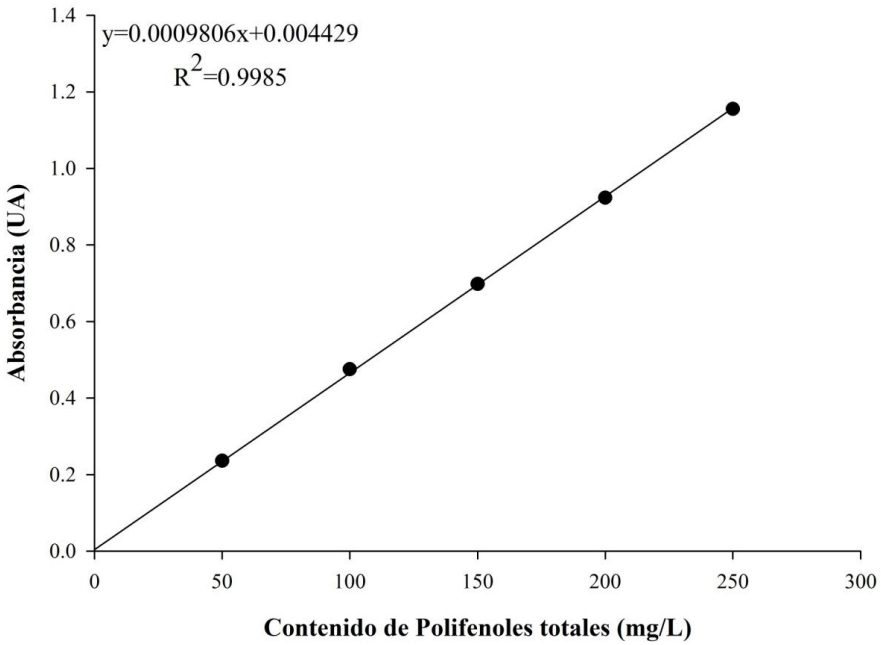
ANEXO A. Cálculos y curvas de calibración

Contenido de polifenoles totales

El contenido de polifenoles totales se calculó por medio de una curva de calibración de Absorbancia (Unidades de Absorbancia UA) versus Concentración (mg/L). Se utilizó una solución estándar de Ácido Gálico (5000mg/L).

Preparación de la curva de calibración de polifenoles totales.

Alícuota (ml)	Matraz (ml)	Concentración (mg/L)	Absorbancia (UA)
0	10	0	0.000
0.1	10	50	0.059
0.2	10	100	0.101
0.3	10	150	0.153
0.4	10	200	0.202
0.5	10	250	0.247



Curva de calibración para polifenoles totales.

Estimación del contenido de polifenoles totales (mg EAG/100g PF)

Datos: $A_{muestra}$ = 0.040; Masa $_{muestra}$= 5.0170g; Volumen $_{extracto}$ = 0.050L

Se despejó para x (Concentración de Polifenoles totales mg/L) y se remplazó en la ecuación:

$$x = \frac{y - 0.004429}{0.0009806}$$

$$x = \frac{0.040 - 0.004429}{0.0009806} = 36.28 \text{mg/L}$$

Se determinó el contenido de polifenoles en 100g de peso fresco:

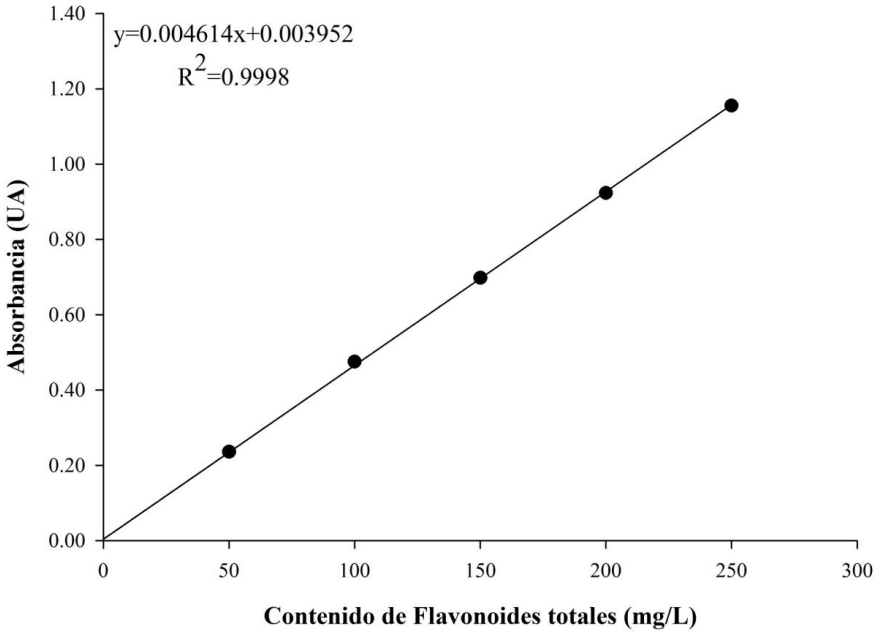
$$\frac{36.28 \text{mg}}{\text{L}} * \frac{0.050 \text{L}}{5.0170 \text{g}} * 100 = \frac{36.15 \text{mg EAG}}{100 \text{g PF}}$$

Contenido de flavonoides totales

El contenido de flavonoides totales se calculó por medio de una curva de calibración de Absorbancia (Unidades de Absorbancia UA) versus Concentración (mg/L). Se utilizó una solución estándar de (+)-Catequina (5000mg/L).

Preparación de la curva de calibración de flavonoides totales.

Alícuota (ml)	Matraz (ml)	Concentración mg/L	Absorbancia (UA)
0	10	0	-0.003
0.1	10	50	0.236
0.2	10	100	0.475
0.3	10	150	0.698
0.4	10	200	0.923
0.5	10	250	1.155



Curva de calibración para flavonoides totales.

Estimación del contenido de polifenoles totales (mg EAG/100g PF)

Datos: $A_{muestra}$ = 0.078; Masa $_{muestra}$= 5.1452g; Volumen $_{extracto}$ = 0.050L

Se despejó para x (Concentración de Flavonoides totales mg/L) y se remplazó en la ecuación:

$$x = \frac{y - 0.003952}{0.004614}$$

$$x = \frac{0.078 - 0.003952}{0.004614} = 16.00\text{mg/L}$$

Se determinó el contenido de flavonoides en 100g de peso fresco:

$$\frac{16.00\text{mg}}{\text{L}} * \frac{0.050\text{L}}{5.1452\text{g}} * 100 = \frac{15.54\text{mg EC}}{100\text{g PF}}$$

Contenido de antocianinas monoméricas totales

Para calcular el contenido de antocianinas monoméricas totales se empleó las siguientes ecuaciones:

$$A = (A_{530nm} - A_{700nm})_{pH\ 1.0} - (A_{530nm} - A_{700nm})_{pH\ 4.5}$$

$$\text{Antocianinas} = \frac{A * PM * FD * 100}{(\varepsilon * L)}$$

Datos:

$A_{530nm\ y\ pH\ 1.0} = 0.403$; $A_{700nm\ y\ pH\ 1.0} = 0.261$; $A_{530nm\ y\ pH\ 4.5} = 0.353$; $A_{700nm\ y\ pH\ 4.5} = 0.233$

$PM_{cianidina\text{-}3\text{-}glucósido} = 449.2$ g/mol

$$FD = \frac{V_{total}}{V_{extracto}} = \frac{2.0ml}{1.0ml} = 2$$

$\varepsilon_{cianidina\text{-}3\text{-}glucósido} = 34300$ L/mol*cm

L = 1 cm

$$A = (0.403 - 0.261) - (0.353 - 0.233) = 0.022$$

$$\text{Antocianinas} = \frac{0.022 * 449.2 \frac{g}{mol} * 2 * 1000}{(34300 \frac{L}{mol*cm} * 1cm)} = 0.568$$

Se determinó el contenido de antocianinas en 100g de peso fresco:

$$\frac{0.568mg}{L} * \frac{0.050L}{4.3496g} * 100 = \frac{0.6524mg\ ECianidina - 3 - glucósido}{100g\ PF}$$

Capacidad antioxidante por el método DPPH•

La capacidad antioxidante por el método DPPH• se calculó por medio de una curva de calibración de la Capacidad de secuestro de radicales (%) vs. Concentración (µM). Se utilizó una solución estándar de Trolox (800µM). La Capacidad de secuestro de radicales (%) se calculó con la siguiente ecuación:

$$\%\mathrm{CSR} = \frac{(\mathrm{A_0} - \mathrm{A_f})}{\mathrm{A_0}} * 100$$

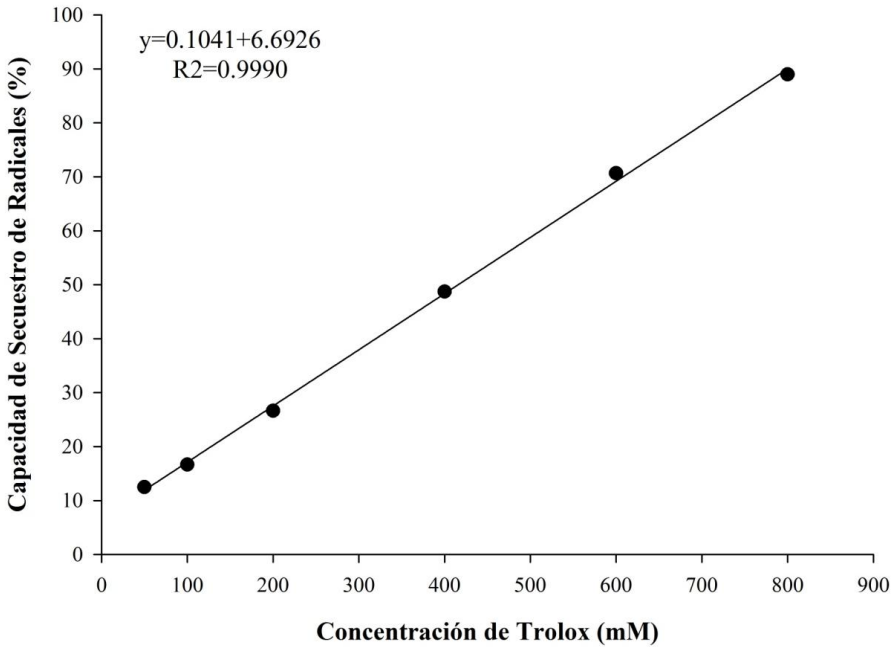
Datos de la curva:

$A_0 = 1.092$; $A_f = 0.956$

$$\%\mathrm{CSR} = \frac{(1.092 - 0.956)}{1.092} * 100 = 12.5\%$$

Preparación de la curva de calibración de la capacidad antioxidante.

Alícuota (ml)	Matraz (ml)	Concentración mg/L	%CSR
0.625	10	50	12.5
1.25	10	100	16.6
2.5	10	200	26.6
5.0	10	400	48.7
7.5	10	600	70.6
0	10	800	89.0



Curva de calibración para capacidad antioxidante por el método DPPH˙.

Estimación de la capacidad antioxidantes (*µ*mol ET/g PF)

Datos de la muestra:

$A_0 = 1.092$; $A_f = 0.681$

$$\text{FD} = \frac{\text{V}_{\text{total}}}{\text{V}_{\text{extracto}}} = \frac{3.0\text{ml}}{0.2\text{ml}} = 15$$

$$\%\text{CSR} = \frac{(1.092 - 0.681)}{1.092} * 100 = 37.6\%$$

Se despejó para x (Concentración de Trolox µM) y se remplazó en la ecuación:

$$x = \frac{y - 6.6926}{0.1041}$$

$$x = \frac{37.6 - 6.6926}{0.1041} = 298\mu M$$

Se determinó la capacidad antioxidante en µmol/g de peso fresco:

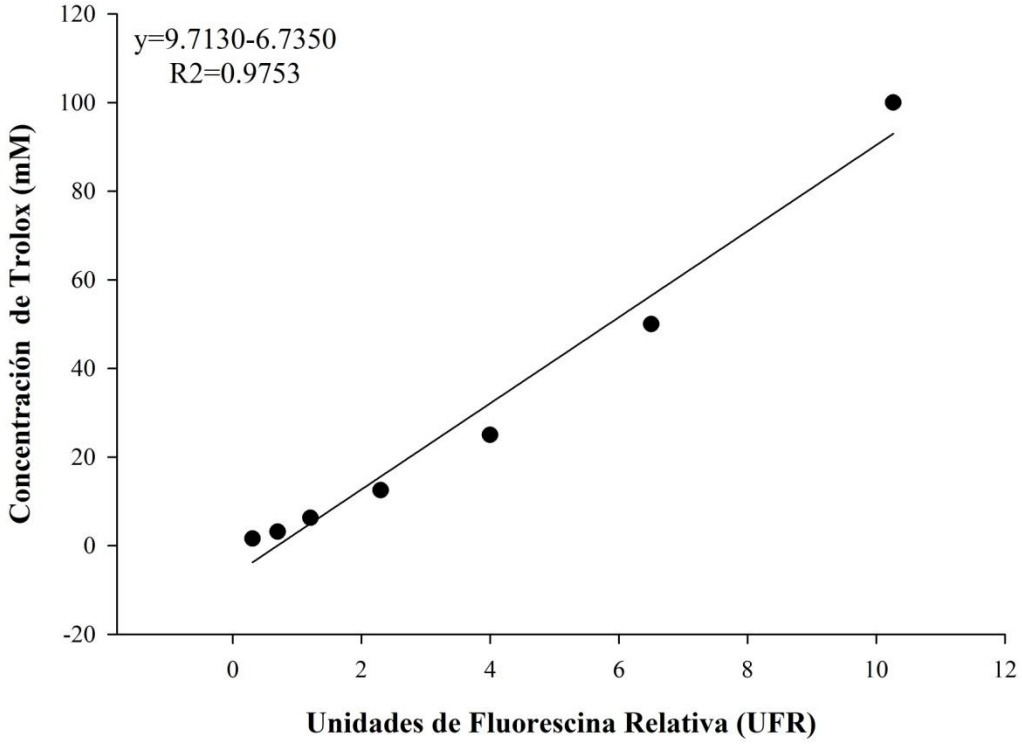
$$\frac{298\mu mol}{L} * \frac{0.050L}{4.0265g} * 15 = \frac{55.45\mu mol\ ET}{g\ PF}$$

Capacidad antioxidante por el método ORAC

La capacidad antioxidante por el método ORAC se calculó por medio de una curva de calibración de Trolox.

Preparación de la curva de calibración de flavonoides totales

Concentración mg/L	RFU
1.56	0.31
3.12	0.70
6.25	1.21
12.50	2.30
25.00	4.00
50.00	6.50
100.00	10.26



Curva de calibración para capacidad antioxidante por el método ORAC.

ANEXO B. Análisis de varianza en berenjena

Los tratamiento fueron designados como: 1 (Control o Fresco), 2 (Ebullición), 3 (Vapor) y 4 (Horneado).

Contenido de Polifenoles hidrosolubles totales

	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	92	242.50	<0.0001
Tratamiento	3	92	75.20	<0.0001
Manejo	1	6	2.25	0.1843
Tratamiento:Manejo	3	92	5.12	0.0025

Manejo	Tratamiento	Medias	E.E.					
Orgánico	3	107.92	7.36	A				
Convencional	3	96.91	8.00	A	B			
Orgánico	4	89.38	6.49		B			
Orgánico	2	68.93	10.55			C		
Convencional	4	61.74	6.26			C		
Convencional	2	57.05	6.00			C	D	
Orgánico	1	38.46	8.21				D	E
Convencional	1	35.44	5.96					E

Tratamiento	Medias	E.E.				
3	102.42	5.43	A			
4	75.56	4.51		B		
2	62.99	6.07			C	
1	36.95	5.07				D

Manejo	Medias	E.E.
Orgánico	76.16	6.55
Convencional	62.79	6.06

Contenido Polifenoles hidrolizables totales

	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	93	165.30	<0.0001
Manejo	1	6	6.02	0.0495
Tratamiento	3	93	9.70	<0.0001
Manejo: Tratamiento	3	93	16.66	<0.0001

Manejo	Tratamiento	Medias	E.E.			
Orgánico	3	136.34	15.60	A		
Orgánico	4	100.68	10.56		B	
Orgánico	2	96.60	10.29		B	
Convencional	3	84.12	10.04		B	C
Convencional	1	73.09	9.53		B	C
Orgánico	1	71.42	9.31			C D
Convencional	4	59.36	9.22			D
Convencional	2	58.65	9.21			D

Tratamiento	Medias	E.E.			
3	110.23	9.28	A		
4	80.02	7.01		B	
2	77.62	6.90		B	C
1	72.25	6.66			C

Manejo	Medias	E.E.		
Orgánico	101.26	9.61	A	
Convencional	68.81	9.09		B

Contenido de Flavonoides totales hidrosolubles

	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	94	1240.29	<0.0001
Manejo	1	6	0.61	0.4651
Tratamiento	3	94	344.42	<0.0001
Manejo: Tratamiento	3	94	5.26	0.0021

Manejo	Tratamiento	Medias	E.E.					
Orgánico	3	79.51	1.61	A				
Convencional	3	79.22	5.95	A				
Orgánico	4	58.08	2.99		B			
Orgánico	2	55.49	6.14		B	C		
Convencional	2	52.64	1.32		B	C		
Convencional	4	48.24	2.39			C		
Convencional	1	15.33	1.15				D	
Orgánico	1	11.21	1.68					E

Tratamiento	Medias	E.E.			
3	79.37	3.08	A		
2	54.06	3.14		B	
4	53.16	1.91		B	
1	13.27	1.02			C

Manejo	Medias	E.E.
Orgánico	51.07	2.07
Convencional	48.86	1.94

Contenido de Flavonoides totales hidrolizables

	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	94	389.76	<0.0001
Manejo	1	6	3.27	0.1205
Tratamiento	3	94	33.50	<0.0001
Manejo: Tratamiento	3	94	0.66	0.5774

Manejo	Tratamiento	Medias	E.E.						
Orgánico	3	69.98	4.66	A					
Convencional	3	66.86	6.49	A	B				
Orgánico	2	52.60	6.01		B	C			
Orgánico	4	43.86	4.23			C	D		
Convencional	2	38.23	4.04			C	D	E	
Convencional	4	34.20	2.70				D	E	
Orgánico	1	33.14	3.96					E	F
Convencional	1	26.78	3.38						F

Tratamiento	Medias	E.E.			
3	68.42	4.00	A		
2	45.41	3.62		B	
4	39.03	2.51		B	
1	29.96	2.60			C

Manejo	Medias	E.E.
Orgánico	49.89	3.34
Convencional	41.52	3.21

Concentración de Antocianinas totales

	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	94	373.48	<0.0001
Manejo	1	6	76.87	0.0001
Tratamiento	3	94	75.68	<0.0001
Manejo: Tratamiento	3	94	31.81	<0.0001

Manejo	Tratamiento	Medias	E.E.					
Convencional	1	6.31	0.34	A				
Convencional	3	4.20	0.34		B			
Orgánico	3	2.77	0.21			C		
Convencional	2	2.49	0.34			C		
Orgánico	1	1.30	0.21				D	
Orgánico	2	0.55	0.21					E
Orgánico	4	0.33	0.26					E
Convencional	4	0.17	0.34					E

Tratamiento	Medias	E.E.			
1	3.81	0.20	A		
3	3.48	0.20	A		
2	1.52	0.20		B	
4	0.25	0.21			C

Manejo	Medias	E.E.		
Convencional	3.39	0.19	A	
Orgánico	1.24	0.14		B

Capacidad antioxidante por ORAC de compuestos hidrosolubles

	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	82	295.00	<0.0001
Manejo	1	6	7.59	0.0331
Tratamiento	3	82	203.16	<0.0001
Manejo: Tratamiento	3	82	7.71	0.0001

Manejo	Tratamiento	Medias	E.E.				
Orgánico	3	83.61	4.68	A			
Convencional	3	54.16	4.68		B		
Orgánico	2	51.99	6.91		B	C	
Orgánico	4	51.50	4.89		B	C	
Convencional	2	46.66	6.91		B	C	
Convencional	4	35.82	4.89			C	
Orgánico	1	15.32	3.05				D
Convencional	1	9.81	3.05				D

Tratamiento	Medias	E.E.			
3	68.88	3.31	A		
2	49.32	4.89		B	
4	43.66	3.46		B	
1	12.56	2.16			C

Manejo	Medias	E.E.		
Orgánico	50.60	3.59	A	
Convencional	36.61	3.59		B

Capacidad antioxidante por ORAC de compuestos hidrolizables

	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	82	80.74	<0.0001
Manejo	1	6	3.63	0.1053
Tratamiento	3	82	45.15	<0.0001
Manejo: Tratamiento	3	82	5.03	0.0030

Manejo	Tratamiento	Medias	E.E.					
Orgánico	3	108.37	10.27	A				
Orgánico	2	84.92	13.39		B			
Convencional	3	73.78	10.72		B	C		
Orgánico	4	68.94	11.42		B	C	D	
Orgánico	1	56.32	11.29			C	D	E
Convencional	4	47.73	10.60				D	E
Convencional	1	47.00	11.10				D	E
Convencional	2	38.57	10.03					E

Tratamiento	Medias	E.E.			
3	91.08	7.42	A		
2	61.75	8.37		B	
4	58.33	7.79		B	
1	51.66	7.92		B	

Manejo	Medias	E.E.
Orgánico	79.64	10.50
Convencional	51.77	10.18

Capacidad antioxidante por ORAC de antocianinas

	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	82	389.02	<0.0001
Manejo	1	6	0.01	0.9332
Tratamiento	3	82	17.15	<0.0001
Manejo:Tratamiento	3	82	7.30	0.0002

Manejo	Tratamiento	Medias	E.E.				
Orgánico	3	106.52	5.93	A			
Convencional	3	82.78	10.20		B		
Orgánico	2	68.05	10.41		B	C	
Orgánico	4	66.06	5.77		B	C	
Convencional	2	65.43	4.01		B	C	
Convencional	1	63.54	7.34		B	C	
Convencional	4	60.98	4.29			C	
Orgánico	1	34.52	5.63				D

Tratamiento	Medias	E.E.			
3	94.65	5.90	A		
2	66.74	5.58		B	
4	63.52	3.60		B	
1	49.03	4.63			C

Manejo	Medias	E.E.
Orgánico	68.79	4.96
Convencional	68.18	4.86

Capacidad antioxidante por DPPH$^{\cdot}$ de compuestos hidrosolubles

	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	98	126.06	<0.0001
Manejo	1	6	1.99	0.2081
Tratamiento	3	98	234.16	<0.0001
Manejo: Tratamiento	3	98	22.19	<0.0001

Manejo	Tratamiento	Medias	E.E.				
Orgánico	3	89.06	6.89	A			
Orgánico	4	75.99	7.26	A	B		
Convencional	3	72.84	7.98	A	B		
Orgánico	2	62.12	9.78		B	C	
Convencional	2	52.98	6.89			C	
Convencional	4	44.45	7.25			C	D
Convencional	1	25.74	6.93				D
Orgánico	1	25.18	7.21				D

Tratamiento	Medias	E.E.			
3	80.95	5.27	A		
4	60.22	5.13		B	
2	57.55	5.98		B	
1	25.46	5.00			C

Manejo	Medias	E.E.
Orgánico	63.09	7.14
Convencional	49.01	6.98

Capacidad antioxidante por DPPH$^{\cdot}$ de compuestos hidrolizables

	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	98	80.49	<0.0001
Manejo	1	6	0.16	0.7048
Tratamiento	3	98	60.27	<0.0001
Manejo: Tratamiento	3	98	25.32	<0.0001

Manejo	Tratamiento	Medias	E.E.			
Convencional	3	81.64	10.47	A		
Orgánico	3	77.54	10.11	A	B	
Orgánico	2	66.63	10.07	A	B	
Convencional	1	65.54	10.21	A	B	C
Convencional	2	64.82	10.12	A	B	C
Orgánico	4	58.98	10.41	A	B	C
Convencional	4	56.11	10.24		B	C
Orgánico	1	42.21	10.32			C

Tratamiento	Medias	E.E.			
3	79.59	7.28	A		
2	65.73	7.14		B	
4	57.54	7.30			C
1	53.87	7.26			C

Manejo	Medias	E.E.
Convencional	67.03	10.13
Orgánico	61.34	10.11

Capacidad antioxidante por DPPH$^{\cdot}$ de antocianinas

	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	96	93.08	<0.0001
Manejo	1	6	1.93	0.2139
Tratamiento	3	96	39.38	<0.0001
Manejo: Tratamiento	3	96	6.08	0.0008

Manejo	Tratamiento	Medias	E.E.			
Convencional	3	164.76	27.04	A		
Orgánico	3	102.11	11.88		B	
Convencional	4	82.52	11.73		B	
Convencional	2	73.81	12.44		B	C
Orgánico	4	71.98	11.89		B	C
Orgánico	2	70.77	12.19		B	C
Convencional	1	70.56	11.96		B	C
Orgánico	1	48.14	11.89			C

Tratamiento	Medias	E.E.			
3	133.44	14.77	A		
4	77.25	8.35		B	
2	72.29	8.71		B	
1	59.35	8.43			C

Manejo	Medias	E.E.
Convencional	97.91	13.26
Orgánico	73.25	11.78

ANEXO C. Análisis de varianza en yautía

Los tratamiento fueron designados como: 1 (Control o Fresco), 2 (Ebullición), 3 (Vapor) y 4 (Horneado).

Contenido de polifenoles totales hidrosolubles

	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	74	63.24	<0.0001
Manejo	1	6	0.89	0.3808
Tratamiento	3	74	23.71	<0.0001
Manejo: Tratamiento	3	74	3.52	0.0192

Manejo	Tratamiento	Medias	E.E.				
Orgánico	1	64.82	10.31	A			
Convencional	1	62.06	7.51	A	B		
Orgánico	4	47.99	9.32	A	B	C	
Orgánico	3	39.94	8.26		B	C	D
Convencional	3	31.66	7.98			C	D
Orgánico	2	31.26	7.23			C	D
Convencional	2	27.67	7.04			C	D
Convencional	4	23.50	7.10				D

Tratamiento	Medias	E.E.			
1	63.44	6.38	A		
3	35.80	5.74		B	
4	35.75	5.86		B	C
2	29.47	5.04			C

Manejo	Medias	E.E.
Orgánico	46.00	7.51
Convencional	36.22	7.11

Contenido de polifenoles totales hidrolizables

	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	82	122.37	<0.0001
Manejo	1	6	0.13	0.7332
Tratamiento	3	82	6.92	0.0003
Manejo: Tratamiento	3	82	9.1	<0.0001

Manejo	Tratamiento	Medias	E.E.			
Orgánico	4	76.28	9.83	A		
Convencional	1	61.96	7.25	A	B	
Convencional	2	50.84	6.86		B	C
Convencional	4	49.79	6.32		B	C
Convencional	3	48.85	7.45		B	C
Orgánico	3	44.64	8.34		B	C
Orgánico	1	39.50	7.90			C
Orgánico	2	37.80	6.22			C

Tratamiento	Medias	E.E.		
4	63.04	5.85	A	
1	50.73	5.36		B
3	46.74	5.59		B
2	44.32	4.63		B

Manejo	Medias	E.E.
Convencional	52.86	6.37
Orgánico	49.55	6.72

Contenido de flavonoides totales hidrosolubles

	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	82	142.51	<0.0001
Manejo	1	6	0.01	0.9194
Tratamiento	3	82	54.13	<0.0001
Manejo: Tratamiento	3	82	17.57	<0.0001

Manejo	Tratamiento	Medias	E.E.				
Convencional	1	33.86	2.57	A			
Orgánico	1	24.71	2.99		B		
Orgánico	4	24.66	3.15		B		
Convencional	3	20.47	2.62		B	C	
Orgánico	3	15.72	2.65			C	D
Convencional	2	13.12	2.46				D
Orgánico	2	12.90	2.23				D
Convencional	4	11.94	2.22				D

Tratamiento	Medias	E.E.			
1	29.28	1.97	A		
4	18.30	1.93		B	
3	18.09	1.87		B	
2	13.01	1.66			C

Manejo	Medias	E.E.
Convencional	19.85	2.29
Orgánico	19.50	2.37

Contenido de flavonoides totales hidrolizables

	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	81	137.70	<0.0001
Manejo	1	6	0.06	0.8216
Tratamiento	3	81	1.33	0.2689
Manejo: Tratamiento	3	81	0.88	0.4549

Manejo	Tratamiento	Medias	E.E.
Orgánico	4	20.19	3.44
Orgánico	1	18.83	2.24
Convencional	4	17.42	3.44
Convencional	2	17.23	3.56
Orgánico	3	16.93	1.68
Convencional	1	16.04	2.24
Convencional	3	14.96	1.68
Orgánico	2	12.38	3.44

Tratamiento	Medias	E.E.
4	18.80	2.43
1	17.43	1.58
3	15.94	1.19
2	14.80	2.47

Manejo	Medias	E.E.
Orgánico	17.08	2.01
Convencional	16.41	2.02

Contenido de antocianinas totales

	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	82	87.21	<0.0001
Manejo	1	6	2.26	0.1833
Tratamiento	3	82	25.43	<0.0001
Manejo: Tratamiento	3	82	5.65	0.0014

Manejo	Tratamiento	Medias	E.E.			
Orgánico	4	1.77	0.21	A		
Convencional	3	1.23	0.21	A	B	
Orgánico	3	1.19	0.20		B	
Orgánico	1	1.04	0.17		B	C
Convencional	4	0.96	0.17		B	C
Orgánico	2	0.84	0.15		B	C
Convencional	1	0.67	0.16			C
Convencional	2	0.64	0.15			C

Tratamiento	Medias	E.E.			
4	1.37	0.13	A		
3	1.21	0.14	A		
1	0.86	0.12		B	
2	0.74	0.11			C

Manejo	Medias	E.E.
Orgánico	1.21	0.16
Convencional	0.88	0.16

Capacidad antioxidante por ORAC de compuestos hidrosolubles

	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	82	51.81	<0.0001
Manejo	1	6	1.03	0.3493
Tratamiento	3	82	23.34	<0.0001
Manejo: Tratamiento	3	82	8.13	0.0001

Manejo	Tratamiento	Medias	E.E.		
Convencional	1	21.92	2.90	A	
Convencional	3	17.59	2.84	A	B
Orgánico	1	15.69	3.10	A	B
Convencional	4	13.27	2.81		B
Orgánico	4	13.06	2.99		B
Convencional	2	12.87	2.80		B
Orgánico	3	10.59	2.93		B
Orgánico	2	10.07	2.92		B

Tratamiento	Medias	E.E.			
1	18.80	2.12	A		
3	14.09	2.04		B	
4	13.17	2.05		B	
2	11.47	2.03			C

Manejo	Medias	E.E.
Convencional	16.41	2.76
Orgánico	12.35	2.89

Capacidad antioxidante por ORAC de compuestos hidrolizables

	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	82	97.29	<0.0001
Manejo	1	6	2.07	0.2003
Tratamiento	3	82	5.56	0.0016
Manejo: Tratamiento	3	82	3.68	0.0154

Manejo	Tratamiento	Medias	E.E.			
Convencional	1	24.80	2.69	A		
Orgánico	4	22.42	4.56	A	B	
Convencional	4	21.96	2.93	A	B	
Convencional	2	20.76	2.83	A	B	
Convencional	3	20.45	3.87	A	B	
Orgánico	3	19.02	3.54	A	B	
Orgánico	1	13.79	3.43		B	C
Orgánico	2	10.34	2.52			C

Tratamiento	Medias	E.E.		
4	22.19	2.71	A	
3	19.74	2.62	A	
1	19.29	2.18	A	
2	15.55	1.90		B

Manejo	Medias	E.E.
Convencional	21.99	2.68
Orgánico	16.39	2.82

Capacidad antioxidante por ORAC de antocianinas

	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	82	148.35	<0.0001
Manejo	1	6	1.19	0.3171
Tratamiento	3	82	19.78	<0.0001
Manejo: Tratamiento	3	82	4.51	0.0056

Manejo	Tratamiento	Medias	E.E.			
Convencional	1	35.57	3.36	A		
Convencional	3	35.34	3.95	A		
Orgánico	3	30.17	3.62	A	B	
Orgánico	4	29.05	4.52	A	B	
Convencional	2	28.88	3.25	A	B	
Orgánico	1	27.07	4.37	A	B	
Convencional	4	26.90	3.40		B	C
Orgánico	2	19.58	3.27			C

Tratamiento	Medias	E.E.			
3	32.75	2.68	A		
1	31.32	2.75	A	B	
4	27.97	2.83		B	
2	24.23	2.31			C

Manejo	Medias	E.E.
Convencional	31.67	3.31
Orgánico	26.47	3.44

Capacidad antioxidante por DPPH$^{\cdot}$ de compuestos hidrosolubles

	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	82	71.24	<0.0001
Manejo	1	6	0.20	0.6672
Tratamiento	3	82	62.09	<0.0001
Manejo: Tratamiento	3	82	229.48	<0.0001

Manejo	Tratamiento	Medias	E.E.				
Orgánico	4	45.97	4.77	A			
Convencional	1	39.94	4.66	A	B		
Convencional	3	30.25	4.81		B	C	
Orgánico	1	27.00	4.59		B	C	D
Orgánico	3	24.36	4.58			C	D
Orgánico	2	18.54	4.57			C	D
Convencional	2	18.48	5.04				D
Convencional	4	15.42	4.58				D

Tratamiento	Medias	E.E.				
1	33.47	3.27	A			
4	30.69	3.31		B		
3	27.30	3.32			C	
2	18.51	3.40				D

Manejo	Medias	E.E.
Orgánico	28.96	4.59
Convencional	26.02	4.63

Capacidad antioxidante por DPPH$^{\cdot}$ de compuestos hidrolizables

	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	82	505.98	<0.0001
Manejo	1	6	1.50	0.2666
Tratamiento	3	82	0.98	0.4071
Manejo: Tratamiento	3	82	1.71	0.1721

Manejo	Tratamiento	Medias	E.E.
Convencional	2	43.00	2.64
Convencional	3	41.65	2.56
Convencional	1	41.15	2.54
Convencional	4	39.93	2.50
Orgánico	3	37.64	2.62
Orgánico	1	37.63	2.62
Orgánico	4	37.01	2.60
Orgánico	2	36.34	2.58

Tratamiento	Medias	E.E.
2	39.67	1.84
3	39.65	1.83
1	39.39	1.82
4	38.47	1.80

Manejo	Medias	E.E.
Convencional	41.43	2.42
Orgánico	37.16	2.52

Capacidad antioxidante por DPPH˙ de antocianinas

	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	82	480.04	<0.0001
Manejo	1	6	0.62	0.4625
Tratamiento	3	82	11.24	<0.0001
Manejo: Tratamiento	3	82	5.67	0.0014

Manejo	Tratamiento	Medias	E.E.				
Convencional	1	32.90	1.63	A			
Convencional	3	30.77	1.93	A	B		
Orgánico	3	29.39	3.02	A	B	C	
Orgánico	4	28.43	3.17	A	B	C	D
Convencional	2	27.43	1.74		B	C	D
Orgánico	1	26.42	1.66		B	C	D
Convencional	4	23.97	2.04			C	D
Orgánico	2	22.87	2.19				D

Tratamiento	Medias	E.E.		
3	30.08	1.79	A	
1	29.66	1.16	A	
4	26.20	1.88	A	B
2	25.15	1.40		B

Manejo	Medias	E.E.
Convencional	28.77	1.67
Orgánico	26.78	1.90