UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS

ESTUDIO DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE TOTAL Y CONTENIDO DE COMPUESTOS ANTIOXIDANTES EN MORTIÑO (*Vaccinium floribundum*) TRATADO CON LUZ UV-C.

TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO

DE INGENIERO DE ALIMENTOS

JUAN JESÚS ANDRADE CEVALLOS

DIRECTORA: BIOQ. MARÍA JOSÉ ANDRADE CUVI

Quito, Septiembre 2012

© Universidad Tecnológica Equinoccial. 2012
Reservados todos los derechos de reproducción

DECLARACIÓN

Yo **JUAN JESÚS ANDRADE CEVALLOS** declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Tecnológica Equinoccial puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

_____

Juan Jesús Andrade Cevallos

C.I. 1719249078

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo que lleva por título **"Estudio de la Capacidad Antioxidante Total y Contenido de Compuestos Antioxidante en Mortiño (*Vaccinium florobundum)* Tratada con Luz UV-C"**, que, para aspirar al título de **Ingeniero de Alimentos** fue desarrollado por **Juan Jesús Andrade Cevallos**, bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería; y cumple con las condiciones requeridas por el reglamento de Trabajos de Titulación artículos 18 y 25.

_____

Bioq. María José Andrade Cuvi.

DIRECTOR DEL TRABAJO

C.I. 1712338373

El presente trabajo de investigación forma parte del proyecto ¨Efecto de la radiación UV-C sobre la capacidad antioxidante y contenido de fenoles totales en frutos exóticos del Ecuador: naranjilla (*Solanum quitoense*) y mortiño (*Vaccinium floribundum*)¨.

DEDICATORIA

Esta trabajo de titulación es dedicado a mi familia, especialmente a mi hijo.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Ing. Jorge Viteri, Ing. Carlota Moreno y a los profesores de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería por su confianza y su apoyo incondicional durante mi vida universitaria.

A la Universidad Tecnológica Equinoccial por facilitarme el uso de los laboratorios para la realización de esta investigación.

A la Bioq. María José Andrade por guiarme para poder realizar el presente trabajo de titulación y tenerme paciencia.

A mis padres por estar a mi lado apoyándome, guiándome.

A mi hermana Lourdes que siempre ha estado a mi lado, por saberme escuchar, apoyar y contagiarme su buen humor cuando estaba de malas.

A Yadira y mi hijo Mateo por estar a mi lado.

A mis amigos y compañeros de laboratorio especialmente a Gustavo y Sofi por los gratos momentos.

A Dios por cuidar a mi familia, protegerme y hacer que estemos unidos.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PÁGINA

RESUMEN ……..…….…... v
ABSTRACT ……...…… vii

1. INTRODUCCIÓN ……..……..…….. 1
1.1 OBJETIVOS ……..…… 4
1.1.1 OBJETIVO GENERAL ……..…… 4
1.1.2 OBJETIVO ESPECÍFICO …… 4

2. MARCO TEÓRICO ……..……..……... 5
2.1 MORTIÑO (*Vaccinium floribundum)*……..…….. 5
2.1.1 TÉCNICAS POSCOSECHA DEL MORTIÑO……..…. 9
2.2 RADIACIÓN ULTRAVIOLETA ……..…. 10
2.2.1 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA RADIACIÓN UV-C ... 14
2.2.2 EFECTOS DE LA RADIACIÓN UV-C SOBRE LA
CALIDAD DE LOS ALIMENTOS …….. 16
2.3 ANTIOXIDANTES Y RADICALES LIBRES …… 17
2.3.1 LOS RADICALES LIBRES ……..…… 18
2.3.2 LOS ANTIOXIDANTES ……..……. 20
2.3.3.1 Vitamina c ……... 22
2.3.3.2 Antocianinas…….. 24
2.3.3.3 Fenoles …….. 25
2.3.3.4 Flavonoides ……... 27
2.3.3.5 Capacidad antioxidante …….…… 28

3. METODOLOGÍA ……..…….…..... 30

3.1 MATERIAL VEGETAL ……..……...… 30
3.2 TRATAMIENTO CON LUZ UV-C ……..… 30
3.3 CUANTIFICACIÓN DE ANTOCIANINAS …… 31

PÁGINA

3.4 CONTENIDO DE ÁCIDO ASCÓRBICO (ASA) ……..……..… 31

3.4.1 PREPARACIÓN DE LA MUESTRA …….. ……. 32

3.4.2 CUANTIFICACIÓN ……..... 34

3.5 CUANTIFICACIÓN DE FENOLES TOTALES, FLAVONOIDES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE …..……...…. 35

3.5.1 PREPARACIÓN DE EXTRACTOS ETANÓLICOS ……. 35

3.5.2 DETERMINACIÓN DE FENOLES TOTALES……. 35

3.5.3 DETERMINACIÓN DE FLAVONOIDES ……..……. 36

3.5.4 CAPACIDAD ANTIOXIDANTE ……... 36

3.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO ……..….. 37

4. ANALISIS RESULTADOS ……..……..……. 38

4.1 EFECTO DEL TRATAMIENTO UV-C SOBRE EL CONTENIDO DE ANTOCIANINAS ……..…… 38

4.2 EFECTO DEL TRATAMIENTO UV-C SOBRE EL CONTENIDO DE ÁCIDO ASCÓRBICO ……..…….. 40

4.3 EFECTO DEL TRATAMIENTO UV-C SOBRE EL CONTENIDO DE FENOLES TOTALES (FT) ……..……. 42

4.4 EFECTO DEL TRATAMIENTO UV-C SOBRE EL CONTENIDO DE FLAVONOIDES (FLAV) ……..…….. 44

4.5 EFECTO DEL TRATAMIENTO UV-C SOBRE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE …… 46

5 **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES** ……..……..….. 51

5.1 CONCLUSIONES ……..……..…….. 51

5.2 RECOMENDACIONES ……..…… 53

BIBLIOGRAFÍA ……..…… 54

ÍNDICE DE TABLAS

PÁGINA

Tabla 1. Ventajas y desventajas de la radiación UV-C ……..…….. 15

Tabla 2. Cantidad de miligramos (mg) de vitamina C presente en una porción de alimentos …… 24

Tabla 3. Diluciones de ácido ascórbico ……..…… 32

Tabla 4. Coeficientes de correlación (r) entre antocianinas, AsA, FT y FLAV con actividad antioxidante de mortiño control y tratado (12,5 kJ/m^2) ……. 48

ÍNDICE DE FIGURAS

PÁGINA

Figura 1. Flor del mortiño ……. 5
Figura 2. Frutos de mortiño ……. 6
Figura 3. Cosecha de mortiño …….. 7
Figura 4. Tipos de radiación UV …….. 11
Figura 5. Sistema continúo de radiación UV-C …… 14
Figura 6. Sistema de reparación de un antioxidante …….. 21
Figura 7. Estructura del ácido ascórbico …….. 23
Figura 8. Estructura de las antocianinas …..…… 25
Figura 9. Ácido vainíllico …….. 26
Figura 10. Estructura de flavanonas …….. 27
Figura 11. Contenido de antocianinas totales en mortiño control y tratado con UV-C (12,5 kJ/m^2) almacenado a 4°C …… 38
Figura 12. Contenido de ácido ascórbico totales en mortiño control y tratado con UV-C (12,5 kJ/m^2) almacenado a 4°C. ……... 41
Figura 13. Contenido de fenoles totales en mortiño control y tratado con UV-C (12,5 kJ/m^2) almacenado a 4°C…… 43
Figura 14. Contenido de flavonoides en mortiño control y tratado con UV-C (12,5 kJ/m^2) almacenado a 4°C. …….. 45
Figura 15. Capacidad antioxidante en mortiño control y tratado con UV-C (12,5 kJ/m^2) almacenado a 4°C. …… 47

RESUMEN

El mortiño (*Vaccinium floribundum*) se produce en la sierra ecuatoriana. Se conoce como “Andean blueberry”, no se sabe que existan cultivos comerciales, sino únicamente pequeñísimas parcelas de montaña de páramo en los que la fruta crece en forma silvestre. Se produce entre octubre y diciembre de cada año. En el Ecuador en fresco se consume elaborando la tradicional colada morada, un plato típico ecuatoriano de la época de fines de octubre hasta la primera semana de noviembre. Las especies de *Vaccinium* se caracterizan por su alto contenido de antocianinas y ácido ascórbico. La radiación UV-C se ha estudiado como un tratamiento alternativo o que combinado con la refrigeración contribuyen a la preservación de frutas y hortalizas, de conocida efectividad para el control de enfermedades en poscosecha. Conserva la calidad en productos y controla el desarrollo de hongos asociados con procesos de maduración, controla el daño por frío e induce la síntesis de compuestos antioxidantes; sin embargo pocos estudios se han realizado para elucidar el modo de acción de la radiación UV-C sobre estos sistemas. El objetivo del presente trabajo fue estudiar la Capacidad Antioxidante Total y Contenido de Compuestos Antioxidante en Mortiño (*Vaccinium florobundum)* Tratado con Luz UV-C. Los frutos de mortiño recién cosechados en el páramo El Pedregal (cantón Mejía, provincia de Pichincha) fueron divididos en dos grupos: control y tratados, estos últimos se colocaron bajo lámparas UV-C y bajo dosis de 12,5 kJ/m^2, los frutos se almacenaron a 4°C durante 28 días. A los 0, 7, 14, 21 y 28 días se realizó la determinación de ácido ascórbico por el método de Folin Ciocalteau (por diferencia del contenido de fenoles totales), antocianinas (extracción con metanol y HCl), flavonoides (método colorimétrico con $AlCl_3$ y $NaNO_2$), fenoles totales (método de Folin Ciocalteau) y la capacidad antioxidante se determinó usando el radical ABTS•+. Inmediatamente después del tratamiento con radiación UV-C se observó mayor concentración de ácido ascórbico, fenoles totales y flavonoides. Durante el almacenamiento se observó menor pérdida de ácido

ascórbico, el contenido de flavonoides se mantuvo constante y no se produjo ningún efecto de la radiación UV-C sobre el contenido de fenoles totales. La capacidad antioxidante se mantuvo constante durante 21 días de almacenamiento, igual comportamiento obtenido en la cuantificación de antocianinas. El análisis global de resultados sugiere que el uso de la radiación UV-C como tratamiento poscosecha en mortiño permitió mantener la capacidad antioxidante durante 21 días, esta respuesta del fruto probablemente esté relacionada a la resistencia del producto a la baja temperatura de almacenamiento logrando obtener un producto con un valor nutricional agregado.

ABSTRACT

Mortiño (*Vaccinium floribundum*) is a fruit produced in the mountains of Ecuador and it is known as "Andean blueberry". It is not known if crops for commercial purpose exist, but this type of blueberry only can be found in small plots in the moor of mountains, where the fruit grows wild. It is produced between October and December each year. In Ecuador it is used for the preparation of the traditional “colada morada”, a typical Ecuadorian dish commonly prepared between the last week of October and the first week of November. Vaccinium species are characterized by their high content of anthocyanins and ascorbic acid. UV-C radiation has been studied as an alternative treatment or if this fruit is cooled it can contribute to the preservation of fruits and vegetables, and it has great effectiveness in controlling postharvest diseases. It preserves the quality of products and controls the development of fungi associated with maturation processes, also it controls the injury produced by a cold environment and it induces the synthesis of antioxidant compounds; however few studies have been performed to explain the way UV-C radiation acts on these systems. The aim of this work is to study the Total Antioxidant Capacity and Content of Antioxidant Compounds in Mortiño (Vaccinium florobundum) Treated with UV-C light. The blueberry fruit ripened on the moor El Pedregal (Canton Mejia, Pichincha Province) were divided into two groups: control and treated, the latter were placed under UV-C lamps and treated with doses of 12.5 kJ/m^2 , the fruits were stored at 4 °C for 28 days. At 0, 7, 14, 21 and 28 days, it was made the determination of ascorbic acid by using the Folin Ciocalteau metod (by difference of total phenolic content), anthocyanins (extraction with methanol and HCl), flavonoids ($AlCl_3$ colorimetric method and $NaNO_2$), total phenols (Folin Ciocalteu metod) and antioxidant capacity was determined by using the ABTS•+ radical. Immediately after the treatment with the UV-C radiation, it was observed a higher concentration of ascorbic acid, total phenols and flavonoids. During the storage, a fewer loss of ascorbic acid was

observed, flavonoid content was kept constant and there was no effect of UV-C radiation on the total phenolic content. The antioxidant capacity remained constant for 21 days of storage; the same results were obtained in the quantification of anthocyanins. The overall analysis of results suggests that the use of UV-C radiation as a postharvest treatment in mortiño allowed .maintaining the antioxidant capacity for 21 days. This result is probably related to the fruit's resistance to low temperature storage, obtaining a product with an added nutritional value.

1. INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el estudio de los antioxidantes tiene mucha importancia no solo en el ámbito alimenticio sino también en la salud humana, ya que actúan sobre los radicales libres que son capaces de ocasionar, a lo largo de la vida, efectos negativos para la salud por su capacidad de alterar el ADN, las proteínas y los lípidos. Los antioxidantes son sustancias que se encuentran dentro de los alimentos y en el organismo en bajas concentraciones y retardan las reacciones de oxidación sobre diferentes sustratos. Debido a la creciente importancia de los antioxidantes en la industria farmacéutica y alimenticia es necesaria la búsqueda de moléculas alternativas de origen natural con gran actividad y que no tengan efectos citotóxicos ni genotóxicos (López et al., 2008; Rojano et al, 2008).

En los alimentos, los antioxidantes se presentan como constituyentes endógenos o actualmente son incorporados para mejorar la calidad del producto, controlando sus oxidaciones y sus consecuencias adversas (Norma; Pensel; Marina; Descalso y Rossetti, 2010).

En la industria alimenticia son muy utilizados los antioxidantes por su capacidad conservadora, porque retardan el proceso de rancidez, retardan la decoloración de los pigmentos, disminuyen la posibilidad de generación de compuestos tóxicos, disminuyen la pérdida de valor nutricional causada por la degradación de los ácidos grasos esenciales y por la destrucción de las vitaminas A, E y D; y su principal fuente son los productos vegetales, por lo que se constituyen en la mejor alternativa para utilizarlos como antioxidantes (Traber y Atkinson, 2007).

En productos naturales como las frutas de colores intensos se pueden encontrar compuestos como: antocianos, flavonoides, carotenoides, ácido ascórbico, entre otros, que pueden ser inocuos para la salud y que además, actúan a bajas concentraciones (Germex, 2006).

Un fruto de coloración intensa es el mortiño (*Vaccinium floribundum),* que es un producto muy atractivo para los investigadores por su alto contenido de compuestos polifenólicos tales como*:* flavonoles, antocianinas, ácido ascórbico, entre otros de gran interés (Pérez y Valdivieso, 2007).

Según Echeverry Gómez y Toro (2009), la distribución geográfica del mortiño comprende las zonas andinas de Suramérica, desde Ecuador hasta Venezuela. También está presente en los bosques de montaña en Jamaica, a alturas entre 1.800 – 3.100 msnm.

El mortiño se puede consumir crudo directamente como fruta o se puede usar para la elaboración de diferentes productos como jugos, mermeladas, dulces, flanes, tortas, helados y vinos, entre otros (Pérez 2007). Presenta la ventaja de que se puede congelar sin que se alteren sus características organolépticas y nutricionales, ni que ocurran variaciones en su peso o volumen; esto facilita su almacenamiento para mantener una oferta permanente aún fuera de las épocas de cosecha, así como la elaboración de productos a partir del mortiño congelado.

Según la National Resources Institute (1994), en el Ecuador la manipulación del mortiño en postcosecha sigue siendo poco cuidadosa, el manejo del producto y la falta de sistemas para el enfriamiento y el mantenimiento de la temperatura son inadecuados. A estos problemas se suman la falta de selección del producto antes de su almacenaje y el uso de materiales inapropiados de empaque, hacen que se pierda mucho producto.

Por esta razón se trata de mejorar el manejo en postcosecha, para alargar el tiempo de vida del producto sin alterar sus propiedades; y en la actualidad, se está probando el uso de nuevas tecnologías, como la radiación UV-C.

La capacidad de la radiación ultravioleta para la destrucción de microorganismos es bien conocida; posee la propiedad de afectar, entre otras estructuras, el material genético de los microorganismos, lo que impide la multiplicación y la viabilidad de sus células. De modo general, puede decirse que afecta tanto a las bacterias como a sus esporas, así como a los virus (Knave, 2003).

Al aplicar radiación UV en frutas y vegetales, adicionalmente a la reducción de la carga microbiana inicial en la superficie, se produce un fenómeno denominado efecto hormético (Stevens et al., 1997, 1999). Dicho efecto puede mejorar la resistencia al ataque de ciertos microorganismos como mohos y levaduras, ya que puede estimular la producción de fenilialanina amonia-liasa que induce la formación de compuestos fenólicos (fitoalexinas), tóxicos para los microorganismos.

Las radiaciones no ionizantes inducen cambios en los alimentos, los mismos que pueden ser aprovechados con los distintos fines comerciales. Con el uso de dosis apropiadas, se puede inhibir el crecimiento de brotes en la cebolla o en los tubérculos de papa, para extender su tiempo de vida útil; se pueden inhibir procesos enzimáticos de maduración especialmente en frutas climatéricas, como el mango o la papaya. Además, la estimulación de las acciones ionizantes sobre microorganismos, permite disminuir la presencia de éstos en los alimentos y mejorar la calidad de los productos, también contribuyendo a aumentar el tiempo de vida útil y la inocuidad (Domínguez y Parzanese, s.f.).

Una de las principales aplicaciones de esta tecnología se relaciona con el uso como tratamiento fitosanitario, que asegura la no proliferación de mosca de la fruta, para mejorar las posibilidades de exportación de ciertos productos agrícolas (Liltved y Landfald, 2000).

En el Ecuador, no se registran estudios sobre el efecto de la radiación UV-C sobre el contenido de antioxidantes del mortiño (*Vaccinium floribundum)*, por lo que se busca una tecnología de poscosecha de bajo costo que dé al fruto un tiempo mayor de vida útil y que permita mantenerla y/o mejorar sus propiedades antioxidantes.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GENERAL

Estudiar la capacidad antioxidante total y el contenido de compuestos antioxidantes en mortiño (*Vaccinium floribundum)* tratado con UV-C.

1.1.2 OBJETIVO ESPECIFICO

- Analizar el efecto de la radiación UV-C sobre el contenido de los compuestos antioxidantes no enzimáticos: fenoles totales, flavonoides, antocianinas y ácido ascórbico, en mortiño refrigerado tratado con luz UV-C.

- Relacionar la capacidad antioxidante total y el contenido de compuestos antioxidantes no enzimáticos en mortiño refrigerado tratado con luz UV-C.

2. MARCO TEÓRICO

2. MARCO TEÓRICO

2.1 MORTIÑO (*Vaccinium floribundum)*

El mortiño es un fruto climatérico, es una especie endémica la cual ha permanecido de manera silvestre en los páramos del Ecuador. Al ser el páramo un ecosistema muy sensible esta especie se encuentra en peligro de extinción (Rodríguez H.; Cuspoca J.; Fischer G.; Moreno L.; Quicazán M.; 2012; Pérez y Valdivieso, 2007).

Luteyn (1996), describe las características de las tres especies presentes en el Ecuador: *Vaccinium distichum, Vaccinium crenatum y Vaccinium floribundum.*

El mortiño (*Vaccinium floribundum)* es un arbusto enano de crecimiento vertical, que pertenece a la familia Ericaceae, puede medir desde 0.2m hasta 2.5m de alto. Las hojas son alternas miden hasta 2 cm de largo, son duras, lanceoladas, con el borde aserrado, su base es cuneada a redonda, su ápice es ligeramente redondeado acuminado. La inflorescencia se presenta en racimos de 6 a 10 flores, miden hasta 1,5 cm de largo. Las flores de hasta 8 mm de largo son rosadas y de follaje verde oscuro dando una apariencia agradable (figura 1), la corola es cilíndrica con 4 ó 5 dientes, de color blanco o rosado a rojizo.

Figura 1. Flor del mortiño

Los frutos (figura 2) son redondeados, miden desde 5 mm hasta 8 mm de diámetro, carnosos, de color negro-azul, a veces con una cubierta cerosa. Las semillas son numerosas y muy pequeñas muy difícil de detectarlas.

Figura 2. Frutos de mortiño

Esta baya florece dos veces al año y se encuentra principalmente en el norte de Sudamérica, se lo puede encontrar en altitudes entre 1.000 m.s.n.m. hasta 4.500 m.s.n.m., pero debido a la expansión de las áreas agrícolas se ha limitado a los páramos comprendidos entre 1800 a 3800 m.s.n.m. En Ecuador, las comunidades locales han utilizado esta planta para el tratamiento de varias condiciones médicas como la diabetes e inflamaciones (Schreckinger 2010).

Este fruto en las cordilleras se lo considera como endémico y ha sido utilizado desde tiempos inmemoriales. Un claro ejemplo es el uso en la tradicional colada morada infaltable para la celebración del día de los difuntos (2 de noviembre) y tiene otros usos en la actualidad como es la elaboración de jugos, mermeladas, dulces, flanes, helados, tortas, vinos, entre otros, ya que tiene gran cantidad de azúcares, antioxidantes, vitaminas del complejo B y C, minerales como el fósforo, calcio y potasio (Pérez 2007).

Esta planta en el Ecuador no es cultivada, pero la fruta es recolectada de los arbustos que estos crecen de manera silvestre en los páramos desde el Ángel en el Carchi hasta El Tambo en Cañar, para posteriormente ser vendidos en mercados de pueblos y ciudades (figura 3). En especial esta fruta se la encuentra en el mercado en el mes de noviembre para la tradicional colada morada (Asturizaga, Ollgcapacidad antioxidanterd y Balslev; 2006).

Figura 3. Cosecha de mortiño. Páramo el Pedregal (provincia de Pichincha)

La distribución geográfica del mortiño comprende las zonas andinas de Suramérica, desde Ecuador hasta Venezuela. También está presente en los bosques de montaña en Jamaica (Echeverry y Toro, 2009).

Según investigadores de la Universidad Nacional en Medellín (2009), el mortiño crece bien en suelos ácidos; es decir con un pH menor o igual a 5,0; húmedos pero bien drenados ya que su sistema radicular es superficial y por lo tanto no soporta encharcamientos.

Las observaciones de campo indican que las plantas con mayor producción de frutas se encuentran a una exposición solar del 75%. Es importante que la recolección de frutos se lleve a cabo manual e individualmente para no quebrar las ramas o dañar el follaje; tomando solo los frutos maduros con el fin de permitir la maduración y posterior recolección de los frutos verdes, los cuales no tienen buen sabor y por lo tanto se perderían al recolectarlos.

En las regiones donde crece el mortiño es una fuente importante como alimento para la fauna silvestre, tales como ardillas, tórtolas, mirlos, pavas, guacharacas, palomas, carriquíes y tucanes, entre otros. Estos animales actúan como dispersores naturales de la especie (especialmente algunas aves) ya que transportan las semillas a otros lugares después de consumir los frutos. Por esta razón es necesario proteger estas especies animales para que la dispersión natural del mortiño se mantenga.

Según Rojano (2009), "este es uno de los frutos con mayor potencial antioxidante, comparativamentente el mortiño tendría más presencia de polifenoles que otros frutos como: fresa, taxo, mora y gran mayoría de frutas tropicales ecuatorianas".

La presencia de antioxidantes en los alimentos retarda y previene la oxidación de otras moléculas; constituye un factor determinante para aprovechar en otros usos farmacológicos como el tratamiento para accidentes cerebro-vasculares y enfermedades neurodegenerativas (Montoya, Ochoa, Sanchez, Cano, Arias, Garcia, Mosquera, Tamayo, Lopera, Royano, 2009).

Expertos aseguran que las personas que consumen altas cantidades de polifenoles y antocianinas en los alimentos tienen un riesgo más bajo de contraer cáncer, enfermedades cardíacas y algunas otras neurológicas.

En la parte medicinal no solo se consume el fruto, también se utiliza las hojas como astringentes, diuréticas, contra el vómito, dolor estomacal, infecciones de la vejiga, antiinflamatorios por estos motivos los campesinos lo usan para calmar el reumatismo, fiebres, cólicos, gripes y dolencias de hígado y riñones, lo utilizan además para dolencias pulmonares y debilidad (Pérez, 2007).

El consumo crudo de los frutos del mortiño ayuda a restablecer los niveles normales de azúcar en la sangre en personas con problemas de hipoglicemia y diabetes. También sirve para problemas digestivos (Echeverry, 2009).

Por su gran aporte nutricional, ya que el mortiño tiene gran cantidad de antioxidantes como son las antocianinas y vitamina C se lo asocia a muchas propiedades benéficas para la salud. El fruto al ser rico en antioxidantes, contiene un alto contenido de vitamina C y vitaminas del complejo B, también minerales como potasio (K), calcio (Ca), fósforo (P) y magnesio (Mg); proteínas, fibra, un alto contenido de agua y es de buen sabor.

El mortiño presenta la ventaja de que se puede congelar sin que se alteren sus características organolépticas y nutricionales, ni que ocurran variaciones en su peso o volumen, esto facilita su almacenamiento para mantener una oferta permanente aún fuera de las épocas de cosecha, así como la elaboración de productos a partir del mortiño congelado (Ochoa, 2009). El mal manejo poscosecha del fruto hace que su tiempo de vida útil se reduzca.

2.1.1 TÉCNICAS POSCOSECHA DEL MORTIÑO

Según la National Resources Institute (1994), a pesar de décadas de esfuerzos educacionales, las causas más comunes de pérdidas poscosecha en los países en vías de desarrollo siguen siendo la manipulación poco cuidadosa del producto y la falta de sistemas adecuados para el enfriamiento

y el mantenimiento de la temperatura. A estos problemas se suman la falta de selección del producto antes de su almacenaje y el uso de materiales inadecuados de empaque. En general, si se minimiza el manejo brusco, se realiza una selección para eliminar el producto dañado y/o podrido y existe un manejo efectivo de la temperatura, esto ayudará considerablemente a mantener la calidad del producto y a reducir las pérdidas en almacenamiento.

La poscosecha de mortiño es de manera artesanal que consite en un lavado y eliminación de pedúnculos. La fruta que está destinada a los mercados solo se la coloca a granel, en cestos de carrizo, mimbre o en cajones de madera mientras que la fruta que es destinada a micromercados, supermercados, tiendas, entre otros, se realiza un pesado y enfundado y se lo mantiene en refrigeración. Actualmente se busca tecnologías alternativas para incrementar el tiempo de vida útil de frutos y hortalizas, entre estos están el uso de atmósferas modificadas, tratamientos térmicos, usos de radiación UV-C, aplicación de oxido nítrico, entre otros.

2.2 RADIACIÓN ULTRAVIOLETA

Radiación ultravioleta (UV) es la radiación electromagnética cuya longitud de onda está comprendida aproximadamente entre los 400 nm ($4x10^{-7}$ m) y los 15 nm ($1,5x10^{-8}$ m). Su nombre proviene de que su rango empieza de longitudes de onda más cortas que el humano identifica como color violeta. Esta radiación puede ser producida por los rayos solares y produce varios efectos en la salud (Hockberger, 2002).

La radiación ultravioleta se subdivide en UV-A, UV-B y UV-C (figura 4), dependiendo de su longitud de onda que se expresa en nanómetros (nm). La UV-A (315–400 nm) es la de mayor longitud de onda y se encuentra normalmente en la mayoría de las lámparas. La radiación ultravioleta A es la radiación más intensa que llega a la tierra y afecta básicamente a la

epidermis, alterando su vascularización y el tejido del colágeno; también induce reacciones de fotosensibilidad y deshidratación. Aunque esta radiación puede penetrar en los tejidos, no es tan perjudicial biológicamente como la UV-B (Guerrero, 2004).

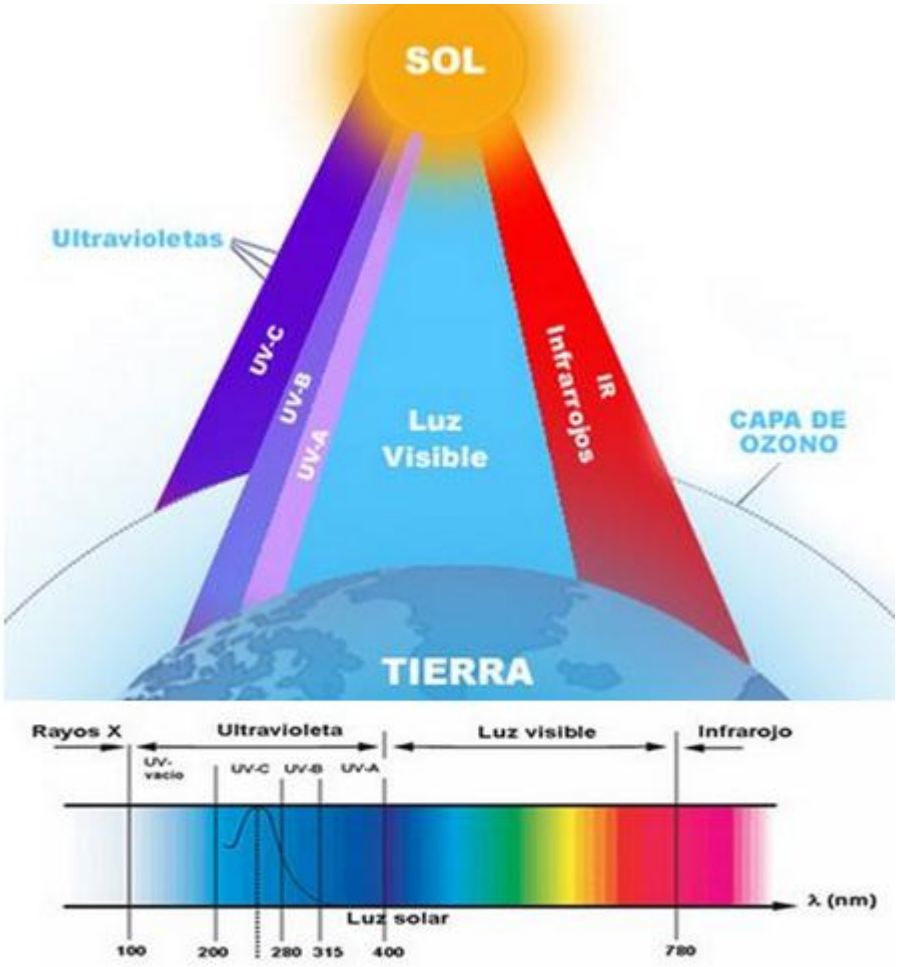

Figura 4. Tipos de radiación UV
(Aquaflash, 2009)

La UV-B (280 – 315 nm) tiene acciones melanogénicas y eritematogénicas. Su poder de penetración le permite alterar el ADN celular, por lo que puede resultar cancerígena. Su incidencia aumenta a raíz de la disminución de la capa de ozono, afecta a la piel y a los ojos y aunque la mayor parte de esta

energía que comúnmente es la luz solar es absorbida por la atmósfera, produce quemaduras y otros efectos biológicos (Perez y Girón, 2008).

La UV-C (<280nm) solo se obtiene de fuentes artificiales, tales como lámparas germicidas, que emiten la mayor parte de su energía a una longitud de onda de 254 nm. Es muy eficaz para matar bacterias y virus sobre la superficie o en el aire ya que tiene poder germicida y eritematógeno, provocando la descamación que elimina las capas protectoras ya melanizadas, también puede ser cancerígena (Aquaflash, 2009).

La principal fuente de radiación ultravioleta, conocida por la mayoría de los consumidores, es el sol. Es conocido que por la exposición a la luz del sol directa, la piel suele cambiar de color, oscureciéndose, es decir, bronceándose (Germex S.A., 2006).

Debido a sus características y a su acción sobre las células, esta radiación natural podría emplearse para desinfectar la superficie de una gran cantidad de superficies. No obstante, la intensidad y la cantidad de rayos ultravioletas no son suficientes para asegurar un uso rutinario en la industria alimenticia. Para poder utilizarlo se requieren equipos específicos que permitan incrementar la cantidad e intensidad de la radiación; para lograrlo, se han utilizado a lo largo del tiempo diversos sistemas. El primero de ellos fue el secado de los productos al sol, método que actualmente se sigue empleando en países tropicales; evidentemente, este sistema es el más barato, puesto que no implica ningún costo económico, pero requiere días, incluso semanas, para incrementar la durabilidad del producto (Guerrero, 2004; Pérez, 1998).

Por este motivo los microbiólogos, conociendo que los microorganismos tienen máxima absorción de luz UV a 260 nm, construyeron en Suiza en 1910, el primer prototipo de lámpara de radiación ultravioleta que resultó

muy eficaz al eliminar bacterias, levaduras y mohos. A partir de los años 40 se perfeccionó la elaboración de estas lámparas y para 1955 se obtuvieron las primeras elaboradas en cuarzo con longitud de onda de 254 nm, las cuales fueron muy efectivas y de aquí se diseñaron lámparas muy parecidas a las fluorescentes con luz UV emitida como resultado de flujo de corriente (arco fotovoltaico) a través de vapor de mercurio a baja presión, entre los electrones de la lámpara, produciendo la mayor parte de su emisión a 253,7 nm. La lámpara germicida tiene un envoltorio de cuarzo puro y por este envoltorio es diferente a una lámpara fluorescente normal (Knave, 2003).

La capacidad de la radiación ultravioleta (UV) para la destrucción de microorganismos es universalmente conocida, pero sus efectos pueden variar según la especie o las cepas de la misma especie, según el medio de cultivo o su estado, la densidad de los microorganismos y otras características como el tipo y composición del alimento; los hongos y levaduras son los más resistentes. Esta tecnología moderna posee la propiedad de afectar, entre otras estructuras, el material genético de los microorganismos, lo que impide la multiplicación y la viabilidad de sus células; de modo general puede decirse que afecta tanto a las bacterias como a las esporas de los hongos y a los virus (Guerrero, 2004).

La radiación ultravioleta afecta el material genético de los microorganismos ya que la luz UV-C que absorbe el material genético, causa un cambio físico de electrones que provoca la ruptura de los enlaces del DNA, lo que impide la multiplicación y la viabilidad de sus células; pese a ello, su aplicación efectiva ha estado limitada hasta hace poco tiempo (Snowball y Hornsey, 1988; Sastry et al., 2000).

Figura 5. Sistema continúo de radiación UV-C
(INGELEC S.A. 2011)

El que más frecuentemente se aplica en la actualidad es un sistema continuo (figura 5), donde unos emisores de radiación, que se encuentran encendidos permanentemente, aplican radiación ultravioleta sobre agua o un alimento líquido o en polvo. En este caso, según la velocidad de paso, se consigue la intensidad de tratamiento. No obstante, tampoco en todos los casos se consigue una eficacia adecuada, sobre todo en alimentos sólidos.

2.2.1 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA RADIACIÓN UV-C

En la tabla 1 se indican las principales ventajas y desventajas de uso de la radiación UV-C.

Tabla 1. Ventajas y desventajas de la radiación UV-C

Ventajas	Desventajas
➢ No produce alteraciones organolépticas en la mayor parte de los alimentos. ➢ Método físico en el cual la energía es el medio germicida, sin generar productos secundarios indeseables. ➢ El tratamiento no produce residuos químicos ni radiación. ➢ Es efectivo para desinfección de diversas superficies. ➢ Es eficaz para la inactivación de muchos microorganismos. ➢ Es de fácil aplicación. ➢ Bajo costo y mantenimiento.	➢ Los organismos protegidos por sólidos (partículas, polvo o cubiertas) no son afectados. ➢ Poca penetración en materiales sólidos y en líquidos no transparentes. ➢ La exposición prolongada a la radiación UV puede causar quemaduras. ➢ La unidad o equipo de UV se debe colocar tan cerca como sea posible al producto a tratar. ➢ Los microorganismos pueden reparar los efectos destructivos de la radiación UV mediante un "mecanismo de reparación", también conocido como foto- reactivación o, en ausencia de radiación.

(Dominguez, s.f.)

Para los alimentos, aparte del agua, se ha utilizado en un intento de conseguir la desinfección de la superficie de canales y de carne, sobre todo por su facilidad de uso, su escasa toxicidad para los manipuladores y su precio normalmente bajo. Sin embargo, se ha demostrado que induce la generación de componentes que inician la oxidación del alimento. Esto implica un problema muy serio, puesto que no sólo se produce una modificación de las características organolépticas del producto, sino que además implica una alteración del alimento. Ante esta situación, parecería que el tratamiento no fuese lo suficientemente interesante; no obstante, cuando se aplica de forma pulsada, el escaso tiempo de exposición limita la presencia de los elementos oxidantes en mención, lo que permite evitar el efecto secundario indeseable (Epa, 1999).

Tras el análisis de los alimentos tratados con pulsos de elevada intensidad, no se detectan modificaciones químicas del producto, lo que indudablemente permite que el alimento sea estable durante más tiempo, no manifestando cambios en sus características y manteniendo su poder nutritivo.

2.2.2 Efectos de la radiación UV-C sobre la calidad de los alimentos

En la actualidad, la radiación UV-C es muy utilizada en diferentes sectores de la industria de alimentos por su efecto letal sobre el ADN de muchos microorganismos. También se la utiliza porque no altera las propiedades organolépticas de los productos y reduce el uso de sustancias químicas.

Tiene como ventajas que no produce residuos químicos como subproductos de la radiación, es un proceso en frío seco y el equipo de bajo costo que requiere, necesita poco mantenimiento (Anónimo, 2002).

Uno de los principales usos que tiene este tipo de desinfección con UV-C es la de desinfectar agua, ya sea para ser comercializada como tal o en la industria de bebidas. Asimismo se emplea para desinfectar agua de proceso, por ejemplo en transporte de peces a criaderos, en la desinfección del agua que resulta de la depuración de moluscos, ya que no deja residuos químicos que puedan afectar la vida de los animales, asegurando una elevada reducción de microorganismos, sin alterar olor, color o pH. También, se utiliza para desinfectar y aumentar la vida útil de jugos de frutas y verduras. Cabe destacar que el poder de penetración disminuye cuando se tratan líquidos que no son transparentes y/o con sólidos en suspensión ya que se ha demostrado que la penetración de radiación en éstos es aproximadamente de 1mm por absorción de 90% de luz, es decir es muy baja (Guerrero, 2009).

Por este motivo los líquidos con buena transmitancia de luz no presentan inconvenientes en el tratamiento con radiación UV-C, la baja transmitancia

está asociada a la concentración inicial de microorganismos, partículas en suspensión, color y composición del producto. El agua por ser un líquido transparente tiene el mayor índice de transmisividad.

Cabe resaltar que el poder germicida de la radiación disminuye al aumentar la distancia desde la fuente de luz. Por esto, el tiempo de exposición, la dosis y el perfil de flujo son claves para lograr la reducción microbiana (Domínguez, s.f.).

Otro uso es en los alimentos sólidos como frutas y hortalizas, la luz UV-C se la utiliza para reducir la carga microbiana inicial en la superficie del producto y también inducir la resistencia a los microorganismos. El efecto benéfico de la luz UV-C en alimentos frescos se denomina 'hormesis' y el agente (luz UV) se llama 'hormetina' o 'efecto hormético' (Stevens, 1997, 1999). Dicho efecto puede mejorar la resistencia al ataque de ciertos microorganismos como mohos y levaduras, ya que puede estimular la producción de fenilialanina amonia-liasa que induce a la formación de compuestos fenólicos (fitoalexinas), tóxicos para ellos.

Una de las principales aplicaciones de esta tecnología se relaciona con el uso como tratamiento fitosanitario, que asegura la no proliferación de mosca de la fruta, para mejorar las posibilidades de exportación de ciertos productos agrícolas (Liltved y Landfald, 2000).

Se ha asociado la aplicación de la radiación UV-C con la síntesis de compuestos antioxidantes en frutos como mango (Gonzáles-Aguilar *et. al.*, 2007), pimientos (Andrade-Cuvi *et. al.*, 2010), entre otros.

2.3 ANTIOXIDANTES Y RADICALES LIBRES

El envejecimiento celular es un proceso inevitable que es caracterizado por la disminución en las funciones fisiológicas lo que produce morbilidad y la

muerte ya que es un proceso multifactorial controlado por una combinación de factores genéticos y ambientales.

En 1956 el Dr. Denhan Harman de la Universidad de Nebraska se convirtió en el primer investigador en sugerir que los radicales libres son una causa importante del envejecimiento celular. Su teoría decía así: “El envejecimiento resulta de los efectos nocivos generados por los radicales libres que se producen en el curso del metabolismo celular normal y que son acumulados a lo largo de toda la vida del organismo”. Esta hipótesis, fue muy cuestionada inicialmente, pero en la actualidad cuenta con una amplia aceptación, con mucha evidencia experimental que la apoya, y se ha convertido en uno de los principales focos de interés en la investigación científica sobre el envejecimiento y las enfermedades degenerativas.

Cuando existen condiciones normales hay un equilibrio entre la generación de radicales libres y su neutralización por los sistemas de defensa que son los antioxidantes, pero cuando este equilibrio se rompe, sea por la sobreproducción de radicales libres, o bien por la deficiencia de los sistemas antioxidantes o por ambas razones, se produce un daño conocido como ¨estrés oxidativo¨ o ¨daño oxidativo¨, que es un mecanismo de daño celular que conduce a una alteración en el funcionamiento celular, el cual se encuentra directamente relacionada con la patogénesis en muchas enfermedades y finalmente con la muerte celular (Criado y Moya, 2009).

2.3.1 LOS RADICALES LIBRES

Los radicales libres se producen por la respiración en presencia de oxígeno, siendo capaces de ocasionar efectos nocivos en la salud por su capacidad de alterar el ADN (los genes), también las proteínas y los lípidos o grasas (Anónimo, 2002).

Se llaman radicales libres a aquellas moléculas que en su estructura atómica presentan un electrón desapareado o impar en el orbital externo. Por esta configuración espacial son muy inestables, extraordinariamente reactivos y de vida efímera, poseyendo una enorme capacidad para combinarse con la mayoría de las biomoléculas celulares (carbohidratos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos y derivados de cada uno de ellos) provocando un gran daño en ellas y en las membranas celulares (Gilca, Staian, Atanasiu y Virgolici, 2007).

Al metabolizar el alimento para producir energía el metabolismo celular produce radicales libres, pero también son producidos por influencias externas como cuando el cuerpo recibe el impacto de diversos contaminantes tales como los gases provenientes de los escapes de los automóviles, la contaminación ambiental y el humo del cigarrillo, algunos productos de limpieza, pesticidas, algunos fármacos, el ejercicio físico excesivo o los rayos ultravioleta del sol.

Los radicales libres en su totalidad no son malos, ya que cumplen numerosas funciones útiles en el organismo como es la defensa contra las infecciones, por lo que el cuerpo fabrica estos radicales libres pero en cantidades moderadas; en cambio, en cantidades excesivas tienen la capacidad de dañar las células y el material genético. La principal fuente de radicales libres son las mitocondrias (Criado, 2009).

Estos radicales libres son altamente peligrosos por su inestabilidad atómica que colisionan con una biomolécula y le sustraen un electrón, oxidándola, perdiendo de esta manera su función específica en la célula. Aquí se altera la permeabilidad conduciendo a la muerte celular.
Los radicales libres en el caso de los lípidos (ácidos grasos poliinsaturados), dañan las estructuras ricas en ellos como las membranas celulares y las lipoproteínas.

En las proteínas los que se oxidan frecuentemente son los aminoácidos (fenilalanina, tirosina, triptofano, histidina y metionina) y como consecuencia se forman entrecruzamientos de cadenas peptídicas, fragmentación de la proteína y formación de grupos carbonilos e impiden el normal desarrollo de sus funciones (transportadores iónicos de membranas, receptores y mensajeros celulares, enzimas que regulan el metabolismo celular, entre otras (Gilca et al, 2007).

En el ADN los radicales libres provocan el daño a los ácidos nucleicos produciendo bases modificadas, lo que tiene serias consecuencias en el desarrollo de mutaciones y carcinogénesis por una parte o la pérdida de expresión por daño al gen específico (Halliwell, 1999).

2.3.2 LOS ANTIOXIDANTES

Los antioxidantes pueden ser definidos como sustancias cuya acción consistiría en inhibir la tasa de oxidación de los nocivos radicales libres, pero a costa de destruirse ellos mismos ya que cuando el antioxidante reacciona con los radicales libres cede un electrón y éste a su vez se pueden convertir en un radical libre pero débil con efectos tóxicos escasos o nulos y en algunos casos pueden regenerarse a su forma primitiva por acción de otros antioxidantes. Esto retarda la alteración oxidativa, pero no la evita de forma permanente (Anónimo, 2002).

No todos los antioxidantes son iguales ya que existen diferentes acciones; unos impiden la formación de los radicales libres, otros inhiben la acción (sistema barredor) y otros reparan y reconstruyen las estructuras biológicas dañadas (sistema de reparación), según se observa en la figura 6.

Cada antioxidante actúa sobre un radical libre, ya que poseen afinidad hacia uno o varios radicales libres actuando en diferentes procesos de la

secuencia oxidativa por tener más de un mecanismo de acción (Criado, 2009).

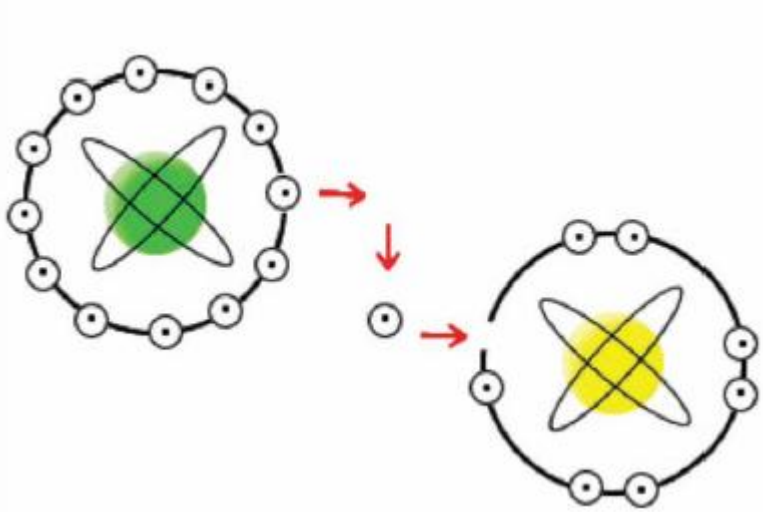

Figura 6. Sistema de reparación de un antioxidante
(Criado, 2009)

Los antioxidantes se clasifican en endógenos, fabricados por la propia célula y exógenos, que ingresan en el organismo a través de la dieta o de suplementos con formulaciones antioxidantes (Gómez, 2005).

Estos compuestos son un grupo de vitaminas, minerales y enzimas que protegen el cuerpo de la formación de estos radicales: cuatro enzimas los neutralizan en el organismo naturalmente son la superóxido dismutasa, metionina reductasa, catalasa y glutation peroxidasa. El cuerpo las produce pero, la acción de estas enzimas barredoras, pueden ser suplementadas por una dieta rica en antioxidantes como las vitaminas A, E y C, el selenio, el zinc, entre otros nutrientes (Halliwell, 1999).

Los antioxidantes se encuentran en muchos alimentos. Como, las frutas y los vegetales y algunas carnes, aves y pescados (Rojano, 2009).

Según Gross (2007), algunas de las fuentes más importantes de antioxidantes son los frutos rojos o frutas del bosque son un tipo de frutas pequeñas y comestibles que tradicionalmente no se cultivaban sino que crecen como arbustos silvestres.

En lenguaje común, se llaman frutas del bosque a las frutitas pequeñas, dulces (o ácidas), jugosas e intensamente coloreadas sacadas de arbustos silvestres. Por el contraste con los colores de fondo, las frutas del bosque son más atractivas a los animales que las ven, ayudando a la dispersión de las semillas de la planta. La mayoría de las bayas silvestres son frutas comestibles del bosque, pero se debe tener cuidado porque algunas son venenosas; sus fuertes colores e deben a pigmentos sintetizados por la planta.

Algunas investigaciones han descubierto propiedades medicinales de los polifenoles pigmentados, como flavonoides, antocianinas, taninos y otros fitoquímicos localizados principalmente en la piel y semillas. Muchas frutas del bosque tienen pigmentos antioxidantes y una alta capacidad de absorción de radicales de oxígeno entre los alimentos vegetales (Germex S.A., 2006).

Se puede encontrar una gran variedad de frutos del bosque entre ellos: arándano, frutillas o fresas, moras, zarzamoras, frambuesas, mortiños, entre otras. Son considerados fuentes de compuestos con poder antioxidante como la vitamina C, compuestos fenólicos, antocianinas, vitamina E, vitamina A, entre otras.

2.3.3.1 Vitamina C

Perteneciente al grupo de las vitaminas hidrosolubles junto con las vitaminas B, la vitamina C (figura 7), interviene en el mantenimiento de huesos, dientes y vasos sanguíneos por ser buena para la formación y

mantenimiento del colágeno. Protege de la oxidación a la vitamina A y vitamina E, como así también a algunos compuestos del complejo B (tiamina, riboflavina, ácido fólico y ácido pantoténico). Desarrolla acciones anti-infecciosas y antitóxicas y ayuda a la absorción del hierro no hémico en el organismo (Licata, 2012).

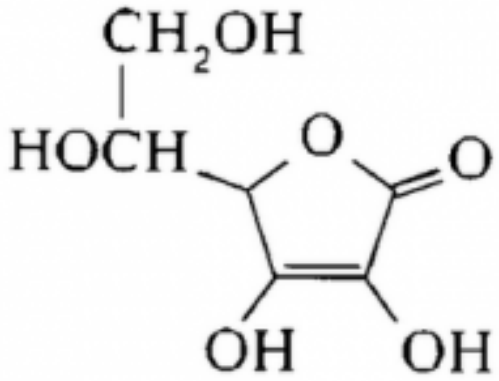

Figura 7. Estructura del acido ascórbico

La vitamina C o ácido ascórbico fue descubierta en 1912 por los noruegos A. Hoist y T. Froelich; de gran importancia para el normal crecimiento y desarrollo del organismo. La identificación de su necesidad se remonta a 1747 cuando el cirujano naval escocés James Lind detectara que los cítricos combatían el escorbuto. Es soluble en agua y extremadamente sensible a la acción de la luz, el oxígeno y el calor. Se absorbe en el intestino pasando de forma rápida a la corriente sanguínea. Los niveles máximos en el organismo se alcanzan a las dos o tres horas siguientes a su ingestión, siendo posteriormente eliminada por la orina a las cuatro o seis horas. El cuerpo no produce vitamina C, se debe incorporarla a través de los alimentos (Tabla 2).

Tabla 2. Cantidad de miligramos (mg) de vitamina C presente en una porción de alimentos

Alimento	Porción	Vitamina C mg.(miligramos)
Jugo de naranja	1 copa (220 ml)	124
Pimiento rojo	1 pimiento	225
Pimiento verde	1 pimiento	120
Frutillas	1 copa	105
Cranberry - arándano rojo - Jugo	1 copa (220 ml)	107
Coles de bruselas	1 copa	95
Broccoli (hervido, colado y sin sal)	1 taza	90
Kiwi	1 fruto (75 gr.)	70
Coliflor (hervido, colado y sin sal)	100 gr.	50
Moras (crudas)	1 taza (180 g.)	30
Tomate (rojo, crudo)	180 g.	23

(Licata, 2012)

2.3.3.2 Antocianinas

El término antocianina fue propuesto en 1835 por el farmacéutico alemán Ludwig Clamor Marquart (1804-1881) para describir el pigmento azul de la col lombarda (*Brassica oleracea*). Actualmente las antocianinas no solo incluyen a los pigmentos azules de las plantas sino también a los rojos y violetas.

Las antocianinas han demostrado capacidad antioxidante potente (Seeram y Muraleedharam, 2001), debido a sus propiedades como verdaderos pigmentos vegetales ya que son fácilmente degradados en el intestino, se utilizan principalmente como colorantes de medicamentos y alimentos. Se extraen de plantas comestibles como las uvas negras, mora, fresa, repollo morado, pericarpio del rábano rojo, grosellero negro, entre otros. Las antocianinas de los frutos y hojas del arándano (*Vaccinium myrtillus)*,

presentan propiedades vasoprotectoras y contra desórdenes oftalmológicos (López, 2006).

La cianidina-3-glucósido es un tipo de antocianina (figura 8) que pueden ayudar al cuerpo en la producción de óxido nítrico, el que brinda a las paredes de los vasos sanguíneos mayor flexibilidad, reduciendo así el estrés en el corazón y aumentando el flujo sanguíneo, lo cual reduce el riesgo de obstrucción de los vasos, por formación de trombos, se encuentra en bayas como el mortiño (Cuevas, Antezana y Winterhalter, 2008).

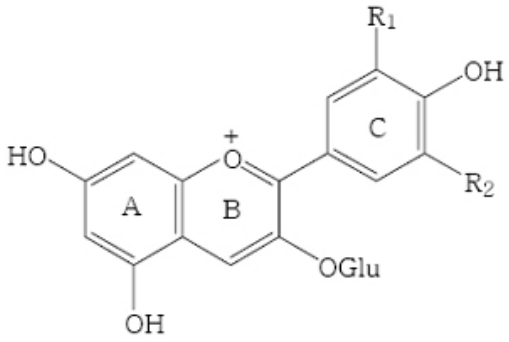

Figura 8. Estructura de las antocianianas

2.3.3.3 Fenoles

Los fenoles son compuestos orgánicos aromáticos que contienen el grupo hidroxilo (OH^-) como grupo funcional, ya que cuando uno de los hidrógenos del benceno se sustituye por un grupo hidroxilo se obtiene el fenol. La débil acidez del grupo fenólico ha determinado que estas sustancias sean agrupadas químicamente junto a los ácidos carboxílicos y a los taninos, conformando así el grupo de los ácidos orgánicos. Las concentraciones naturales de compuestos fenólicos son usualmente inferiores a 1 µg/l y los más habituales son los fenoles, cresoles y los ácidos siríngico, vainíllico (figura 9) y p-hidroxibenzoico.

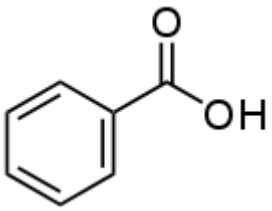

Figura 9. Ácido vainíllico

En la dieta diaria se ingieren entre 50 y 800 mg de polifenoles y se cree que superando este último valor, se puede alcanzar un nivel interesante de antioxidantes que ejercen acción positiva en el organismo al neutralizar los radicales libres del oxígeno. Entre los alimentos ricos en polifenoles se encuentran:

- Legumbres como lentejas, judías, guisantes y soya que poseen polifenoles como los flavonoides.
- Té y vino tinto que poseen catequinas.
- Frutas y verduras de color rojizo y morado: uvas, fresas, frambuesas, granada, mortiño, la remolacha y berenjena que poseen quercetina, kaempherol y hesperetina.
- Tomate, cebolla, ajos y pimientos contienen quercetina y miricetina.
- El trigo sarraceno y otros cereales integrales, así como los frutos secos y semillas contienen ligninas y lignanos, también de naturaleza polifenólica.
- Chocolate, cacao, yerba mate, cerveza y aceite de oliva, también contienen polifenoles antioxidantes de diferentes tipos, entre ellos, taninos, galocatequinas y resveratrol.

Son muchos los alimentos que pueden ofrecer polifenoles y enriquecer la dieta con antioxidantes que alejan de enfermedades neurológicas, cardiovasculares, metabólicas y degenerativas (Gottau, 2011).

2.3.3.4 Flavonoides

La primera vez que la ciencia describió a los flavonoides fue cuando Robert Boyle en 1664 hizo una primera descripción de los efectos de los pigmentos de las flores en medio ácido y en medio básico (Rosario y Pozuelo, 2004).

Los flavonoides se encuentran en la pulpa comestible de frutos como los cítricos, cerezas, uvas, albaricoques, grosellas negras, entre otros. La pimienta verde, el brócoli, las cebollas y los tomates son buenas fuentes vegetales. El té verde y el vino tinto también contienen varios flavonoides (figura 10).

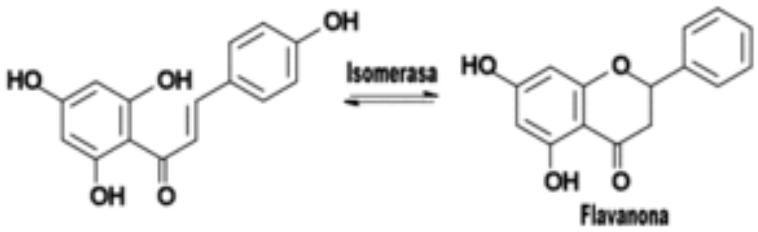

Figura 10. Estructura de flavanonas

Las funciones de los flavonoides se puede ver en las plantas ya que estos interactúan de varias maneras como son:

- Para la polinización: Muchos flavonoides son componentes de pigmentos de las flores y hojas que confieren coloraciones atrayentes de insectos (Balz, 2007).
- Contra hongos: La pisatina es un isoflavonoide producido por el guisante en respuesta a la infección por hongos. La pisatina y el eriodictiol inducen la germinación de las esporas de ciertos hongos.
- Protección UV: Los flavonoides incoloros suelen acumularse en las capas más superficiales de las plantas y captan hasta el 90% de las radiaciones UV, impidiendo los efectos nocivos de estas radiaciones en los tejidos internos.

- Defensa ante el herbivorismo: Algunos flavonoides como los taninos, protegen a las plantas generando sabores desagradables para los herbívoros, principalmente amargos, o texturas que pueden resultar desagradables estimulándolos a elegir otras plantas (Palazón, S.F).
- Atracción de presas: Las plantas carnívoras poseen antocianinas en sus flores y hojas, que cumplen una función de atracción de los insectos que les sirven de alimento.

En la acción antioxidante el creciente interés en los flavonoides se debe a la apreciación de su amplia actividad farmacológica. Pueden unirse a los polímeros biológicos, tales como enzimas, transportadores de hormonas, y ADN; quelar iones metálicos transitorios, tales como Fe, Cu, Zn, catalizar el transporte de electrones y depurar radicales libres (Martínez, Flórez, González, Culebras y Tuñón, 2002).

2.3.3.5 Capacidad antioxidante

El conjunto de la respuesta antioxidante ante cada agresor oxidativo en cada sistema ya que cada uno de los ambientes tiene diferentes sistemas antioxidantes y una conjunción o integración diferente. Asímismo, el tipo de sistema antioxidante predominante es heterogéneo y se debe de considerar para saber efectivamente que se está evaluando.

Las técnicas desarrolladas para medir la capacidad antioxidante total de las muestras biológicas valoran la habilidad de los compuestos antioxidantes (donantes de un hidrógeno o un electrón) presentes en el fluido o célula (Quintanar y Calderón, 2009).

En los últimos años se ha incrementado la importancia de cuantificar la cantidad de antioxidantes que se encuentra en los alimentos; ya que hay personas o situaciones fisiológicas que van a necesitar más cantidad de antioxidantes ya que la generación de radicales libres se produce en mayor

proporción y esto implica mayor actividad de los procesos de envejecimiento celular, aparición de enfermedades crónicas y en el peor de los casos carcinogénesis.

Las personas sometidas a mucho estrés: como fumadores los deportistas, que fisiológicamente hablando son personas que por su actividad están continuamente estresados y utilizando los procesos de oxidación constantemente; personas con ingesta excesiva de calorías conlleva mayor cantidad de radicales libres. Lo mismo sucede con el consumo abusivo de aceites sometidos a altas temperaturas (Lara, 2011).

El mortiño es una buena fuente de fibra y vitamina C. Estudios realizados por Mertz y et. al., 2009 demuestran que el contenido de compuestos fenólicos es mayor que el encontrado en tomate de árbol (tamarillo) y naranjilla, representando una buena fuente de compuestos antioxidantes, compuestos que aportan para la actividad antioxidante de un producto.

Por otro lado, el arándano, perteneciente al género *Vaccinium* (al igual que el mortiño) ha sido más estudiado, aplicando radiación UV-C para evaluar su influencia sobre el contenido de flavonoides (Wang y et. al., 2009), antocianinas y capacidad antioxidante (Perkins y et. al., 2008) y sobre el color y estructura (Fava et al., 2007). A diferencia de esta especie, no se encuentran estudios de la aplicación de radiación UV-C en mortiño.

3. METODOLOGÍA

3. METODOLOGÍA

3.1 MATERIAL VEGETAL

Los análisis se llevaron a cabo empleando mortiño (*Vaccinium floribundum)* cosechado en el páramo El Pedregal, cantón Mejía, provincia de Pichincha.

La fruta fue cosechada manualmente e inmediatamente trasladada al Laboratorio de Química de Alimentos de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Tecnológica Equinoccial. Los frutos se ordenaron para eliminar dañados, arrugados e inmaduros y fueron seleccionados por ausencia de defectos, tamaño y color uniforme.

3.2 TRATAMIENTO CON LUZ UV-C

Los frutos seleccionados se dividieron en 2 grupos: control (no irradiados) y tratados (irradiados). Estos últimos se colocaron bajo 4 lámparas UV-C (lámparas UV Germicidal G30T8), a una distancia de 20 cm y fueron irradiados con una dosis de 12.5 kJ/m^2 medida con un radiómetro marca UVP. La fruta se colocó en una bandeja de agitación (Microplate Shaker VWR) para que reciba radiación uniforme en toda la superficie de la fruta. Al finalizar el tratamiento los frutos se coloraron en envases perforados de PET (polietileno tereftalato) y posteriormente se almacenaron a una temperatura de 4°C, durante 28 días. Los frutos control se almacenaron directamente a 4°C. Los frutos se retiraron de la cámara de refrigeración a los 7, 14, 21 y 28 días de almacenamiento, En cada día de muestreo los envases fueron retirados de la cámara de refrigeración y se congelaron a -20°C hasta su posterior análisis (cuantificación de antocianinas, ácido ascórbico, fenoles, flavonoides y capacidad antioxidante).

3.3 CUANTIFICACIÓN DE ANTOCIANINAS

Se cuantificó el contenido de antocianinas según el método de Beas et. Al. (2011), con ligeras modificaciones.

En un tubo de centrífuga se pesó aproximadamente 0.1 g de tejido congelado con N_2 líquido y se trituró en un mortero; se agregó 10 ml de una mezcla de 1% de HCl en metanol, se tapó el tubo y se conservó en semipenumbra. Se centrifugó a 5000 rpm durante 5 min para posteriormente retirar el sobrenadante y guardarlo en otro tubo de centrífuga en semipenumbra; se colocó nuevamente solvente al pellet, se dejó 15 min, esta operación se realizó por triplicado. Se midió la absorbancia del sobrenadante a 540nm.

Se expresó el contenido de antocianinas totales/Kg (como equivalentes de cianidina-3-glucósido), según la ecuación 1.

$$C = \left(\frac{A}{\varepsilon}\right)\left(\frac{Vol}{1000}\right)(PM)\left(\frac{1}{pesomuesta}\right)\left(10^6\right) \qquad [1]$$

Donde

C = conc. Antocianinas totales (mg/kg)

A = Absorbancia máxima

Ɛ = Absortividad actividad molar cianidina-3-glicósido (25955/cmM)

Vol= volumen total de extracto

PM= peso molecular cianidina-3-glicósido (449Da)

3.4 CONTENIDO DE ÁCIDO ASCÓRBICO (AsA)

El contenido de ácido ascórbico (AsA) se determinó según el procedimiento descrito por Stephane *et. al*., (2005) con ligeras modificaciones. Se basa en el uso del reactivo de Folin-Ciocalteu utilizado en cuantificación de polifenoles, este interactúa con otras sustancias diferentes llevando a una

estimación del contenido de polifenoles, por lo que por diferencia, es decir eliminando la interferencia que produce la vitamina C en la reacción, puede determinarse su contenido.

Se preparó una solución concentrada de ácido ascórbico (AsA) pesando 100 mg de AsA y se disolvió en 100 ml de agua bidestilada. A partir de esta se realizaron diluciones seriadas en balones aforados de 10 ml, usando agua bidestilada como solvente (tabla 3).

Tabla 3. Diluciones de ácido ascórbico

Alícuotas de solución de AsA (ml)	**Concentración (mg/L)**
0,200	10
0,400	20
0,800	40
1,200	60
1,600	80

De cada dilución se tomó 500 µL se añadió 2,5 ml de reactivo de Folin, se homogenizó y se dejó en reposo por 2 min. Se añadieron 2 ml de solución de Na_2CO_3 y se agitó, luego se llevó a un baño térmico a 50ºC por 15 min. Se enfrió rápidamente en un baño de hielo y se midió la absorbancia a 760 nm. Para el blanco se utilizó 500 µL de agua y se procedió según se indicó anteriormente.

Por otro lado, para el acondicionamiento de cartuchos OASIS se realizaron lavados por gravedad para el uso de los cartuchos. Para iniciar el análisis se añadieron, en orden, 3 ml de metanol puro, 3 ml de agua destilada y 3 ml de agua destilada. El reacondicionamiento de cartucho después de usarlo se realizaron los lavados por gravedad utilizando cuatro veces 3 ml de metanol y dos veces 2 ml de agua destilada.

3.4.1 PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

Se tomó 1 g de tejido congelado y se trituraron con un miniprocesador de alimentos Magic Bullet, se añadieron a 10ml de solución acetona/agua en proporción (70/30). La mezcla se agitó durante 20 min y por último se dejó en un baño ultrasónico durante 10 min. Se filtró utilizando un papel filtro Watman 41, se realizaron lavados con la solución acetona/agua (70/30) hasta un volumen de 20 ml. El filtrado se colocó en botellas ámbar y se lo conservó en el congelador hasta su análisis.

Para cada tratamiento y tiempo de almacenamiento se realizaron dos moliendas, efectuando dos extractos para cada una. Los extractos obtenidos se trataron según se describe a continuación:

Se tomó 2 ml del extracto y se añadieron 2 ml de agua bidestilada y se homogenizó, de esta disolución se tomaron 2 ml y se colocaron el cartucho acondicionado, el filtrado se recogió en una probeta, se lavó el cartucho con 2 ml de agua bidestilada. El filtrado que se obtuvo se trasvasó a tubos de ensayo con tapa. Se tomó 500µL de filtrado y se agregó 2,5 ml de reactivo de Folin, los tubos se homogenizaron y se dejaron en reposo por 2 min. Se añadió 2ml de solución de Na_2CO_3, se homogenizó y luego se colocó en un baño térmico a 50 ^{0}C por 15min. Se enfrió rápidamente en un baño de hielo y se obtuvo la absorbancia a 760 nm, a ésta medida se denominó Muestra A.

El sobrante de la muestra A se calentó a 85 ^{0}C durante 2h, se enfrió en un baño de agua helada. Se precedió a tomar 500 µL y se agregó 2,5 ml de Folin se homogenizó y se dejó en reposo por 2 min. Se añadió 2 ml de solución de Na_2CO_3, se homogenizó y luego se colocó en un baño térmico a 50 ^{0}C por 15min. Se enfrió rápidamente en un baño de hielo y se obtuvo la absorbancia a 760 nm, a ésta medida se denominó Muestra B.

3.4.2 CUANTIFICACIÓN

Se elaboró una curva de calibración desde 10 hasta 80 mg/mL de AsA y se interpolaron los valores de la absorbancia de las muestras (A y B) y se obtuvo las concentraciones, según la ecuación 2:

$$Y = mx + b \quad [2]$$

Donde:

Y = absorbancia de A y B

x = concentración de ácido ascórbico (mg/L)

b = intercepto en el eje y

Posteriormente se aplicó las ecuaciones 3 y 4:

$$\mathrm{Cn_A} = \frac{\mathrm{y-b}}{\mathrm{m}} \times \mathrm{fd} \times \frac{\mathrm{V_{extractante}\,(L)}}{\mathrm{masa\ de\ la\ muestra\,(g)}} \quad [3]$$

$$\mathrm{Cn_B} = \frac{\mathrm{y-b}}{\mathrm{m}} \times \mathrm{fd} \times \frac{\mathrm{V_{extractante}\,(L)}}{\mathrm{masa\ de\ la\ muestra\,(g)}} \quad [4]$$

Donde:

Cn_A= concentración muestra A

Cn_B= concentración muestra B

fd= factor de dilución

Una vez calculados los valores de Cn_A y Cn_B, se utilizó la ecuación 5 para calcular la concentración de vitamina C en el extracto.

$$\mathrm{Cn_{VitC}} = \mathrm{Cn_A} - \mathrm{Cn_B} \quad [5]$$

Donde:

$Cn_{Vit.\ C}$= concentración de Vitamina C como equivalente de ácido ascórbico (mg/g de muestra).

3.5 CUANTIFICACIÓN DE FENOLES TOTALES, FLAVONOIDES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

3.5.1 PREPARACIÓN DE EXTRACTOS ETANÓLICOS

Se tomaron 0.18 g de tejido congelado, se trituró con un miniprocesador de alimentos (Magic Bullet) y se homogenizó en 6 mL de etanol. La suspensión obtenida se sometió a agitación durante 30 min, se centrifugó a 6000 rpm durante 60 min y a 4 °C en una centrífuga refrigerada Hermle Z323, se separó el sobrenadante y se almacenó a -20°C hasta su análisis.

Los extractos fueron empleados para la determinación de flavonoides, fenoles totales y capacidad antioxidante. Para cada tratamiento y tiempo de almacenamiento ensayado se realizaron dos moliendas y un triplicado de extractos de cada una de ellas.

3.5.2 DETERMINACIÓN DE FENOLES TOTALES

El contenido de fenoles totales fue medido usando el método colorimétrico con el reactivo de Folin-Ciocalteau (Singleton y Rossi, 1965) con ligeras modificaciones. Una muestra de 100 µL de extracto fue transferido a un tubo que contenía 2300 µL de agua bidestilada, luego fueron añadidos a la mezcla 200 µL de reactivo Folin-Ciocalteau (1N), se homogenizó, tapó y mantuvo a temperatura ambiente durante 3 min. Se adicionaron 400 µL de Na_2CO_3 2% $^{p}/_{v}$ en NaOH 0,1N completando un volumen final de 3 mL con agua bidestilada. La absorbancia de la solución a 760 nm fue medida al completar 60 min de reacción en un espectrofotómetro Evolution 60S.

La concentración de fenoles totales fue calculada empleando una curva de calibración con catequina de 5 a 25 µg en el volumen final de reacción. Los resultados se expresaron como mg catequina por gramo de tejido. Las medidas se realizaron por triplicado.

3.5.3 DETERMINACIÓN DE FLAVONOIDES

El contenido total de flavonoides fue determinado mediante un ensayo espectrofotométrico según Shin et al., (2007) con ligeras modificaciones. Una alícuota de 300 µL de extracto fue transferida a un tubo que contenía 400 µL de agua bidestilada, se añadieron 38 µL de $NaNO_2$ al 5% $^{p}/_{v}$, manteniéndose en reposo a temperatura ambiente durante 5 min, luego se agregaron 38 µL de $AlCl_3$ al 10% $^{p}/_{v}$, manteniéndose en reposo durante 6 min, entonces se añadieron 250 µL de NaOH 1 M y se completó un volumen de 1250 µL con agua bidestilada. La absorbancia de la solución a 510 nm fue medida inmediatamente en un espectrofotómetro Evolution 60S.

La concentración de flavonoides fue calculada usando una curva de calibración con catequina de 5 a 30 µg en el volumen final de reacción. Los resultados se expresaron como µg catequina por gramo de tejido. Las medidas se realizaron por triplicado.

3.5.4 CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

La capacidad antioxidante se determinó por espectrofotometría, basándose en la decoloración del radical ABTS•+ según la metodología desarrollada por Re (1999) y descrita por Kuskoski (2005) con ligeras modificaciones.

El radical ABTS•+ se obtuvo tras la reacción de ABTS•+ (7mM) con persulfato potásico (2,45mM) incubados a temperatura ambiente, sin agitación y en oscuridad durante 16h. Una vez formado el radical ABTS•+ se diluyó con etanol hasta obtener un valor de absorbancia de 0,700 ± 0,050 a 734nm. A 1000 µL de la dilución del radical ABTS•+ se añadieron 10 µL de extracto y se dejó reposar 6 minutos, se midió la absorbancia a 734nm. La capacidad antioxidante se expresó como equivalentes de trolox, con una curva de calibración. Las medidas se realizaron por triplicado.

3.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El presente trabajo de investigación se desarrolló como un diseño experimental por bloques al azar, en donde se plantearon como variables independientes: dosis de radiación UV-C (12,5 kJ/m^2) y el tiempo de almacenamiento (días). Las variables dependientes fueron: ácido ascórbico, antocianinas, fenoles totales, flavonoides y capacidad antioxidante. Los resultados se procesaron mediante un análisis de varianza y las medidas comparadas por el test de Tukey con una significancia 0,05 usando el software SYSTAT versión 13.

Un análisis de regresión bivariada se utilizó para determinar la correlación entre los resultados de antocianinas, fenoles totales, flavonoides, ácido ascórbico y capacidad antioxidante. Se utilizó el software SPSS versión 20.

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 EFECTO DEL TRATAMIENTO UV-C SOBRE EL CONTENIDO DE ANTOCIANINAS.

Inmediatamente después del tratamiento no se observaron diferencias significativas entre las muestras control y tratadas (12,5 kJ/m^2). A diferencia de lo encontrado en este estudio, la aplicación de dosis de 4,3 kJ/m^2 en arándano produjo un incremento en la concentración de antocianinas (Wang, Chen y Wang, 2009).

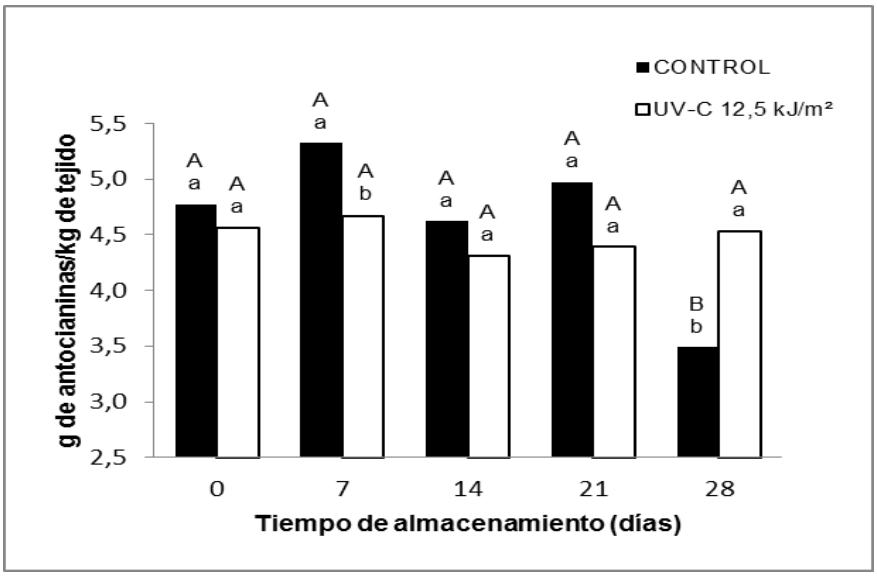

Figura 11. Contenido de antocianinas en mortiño control y tratadas con dosis de 12,5 kJ/m^2 de radiación UV-C almacenadas a 4^{0}C. Los resultados se expresan como g de Antocianinas / g de tejido.
Letras mayúculas distintas indican que el valor es significativamente diferente entre tratamientos para un mismo día de almacenamiento.
Letras minúscula distintas indican que el valor es significativamente diferente entre los dias de almacenamientos para un mismo tratamiento con una p<0,05
LSD = 0.75454.

Durante el almacenamiento el contenido de antocianinas se mantuvo prácticamente constante en frutos tratados y controles (figura 11). Únicamente en el día 7 se observó mayor contenido de antocianinas en los frutos control en comparación con los frutos tratados, diferencia de dos variedades de arándanos (*Vaccinium corymbosum L*.) tratados con radiación

UV-C se incrementó el contenido de antocianinas hasta 4 días luego del tratamiento con 2 y 4 kJ/m^2, posteriormente estos valores se mantuvieron constantes (Perkins-Veazie, Collins y Howard, 2008). En los frutos control el contenido de antocianinas se mantuvo contante hasta el día 21 y no se encontró diferencia significativa entre los días de almacenamiento, excepto el día 28 en el cual los frutos controles presentaron una reducción del 23% con respecto al día inicial.

En los frutos tratados (12,5 kJ/m^2) no se encontraron diferencias significativas entre los días de almacenamiento; en el día 28 se obtuvo una concentración semejante al día 0 y 26% mayor concentración de antocianinas que los frutos control. Resultados similares han sido reportados por Beltrán (2010) en fresas donde no se encontró cambios en el contenido de antocianinas entre frutos tratados y controles.

El tratamiento con radiación UV-C redujo la pérdida de antocianinas con actividad antioxidante favoreciendo en mantener las caracteristicas nutricionales del fruto por más tiempo. En arándano tratado con radiación UV-C (4,3 kJ/m^2) el contenido de antocianinas disminuyó durante el almacenamiento (Wang et al, 2009), a diferencia de frutos como cerezas (Kataoka, Beppu, Sugiyama y Taira, 1996) y frutillas (Baka, Mercier, Corcuff, Castigne y Arul, 1999) donde se ha reportado que la aplicación luz UV-C favorece a la acumulación de antocianinas durante el almacenamiento.

La aplicación de un tratamiento poscosecha que permita mantener un contenido de antocianinas elevado puede permitir el secuestro adicional de especies reactivas de oxígeno (Wang et al 2009); frutas tratadas con radiación UV-C en combinación con tratamientos térmicos (45°C) un incremento en el contenido de antocianinas produciría la retención de la calidad y actividad antioxidante (Vicente, Recipe, Martinez, Chaves, Civello y Zozzi, 2004). Sin embargo, debe considerarse que el presente estudio utilizó frutos de mortiño que no pertenen a un cultivo sino de crecimiento silvestre

se tendrá efecto de la luz, temperatura, estrés precosecha, entre otros factores ambientales (Kalt et al, 1999) que influirán sobre la formación de antocianinas.

Varios autores sugieren (Wang, et al 2009; Vicente et al, 2004, Kataoka et al 1996 y Baka et al 1999) que futuras investigaciones dediquen esfuerzos para estudiar el efecto combinado de la radiación UV-C con otras tecnologías con el fin de incrementar y/o mantener los niveles de antioxidantes y promover el consumo de compuestos nutraceúticos como las antocianinas.

4.2 EFECTO DEL TRATAMIENTO UV-C SOBRE EL CONTENIDO DE EL ÁCIDO ASCÓRBICO.

Generalmente los frutos y vegetales presentan una reducción del contenido de AsA según la temperatura o el período de almacenamiento (Lee y Kader, 2000). Inmediatamente después del tratamiento con radiación UV-C (12,5 kJ/m^2), los frutos tratados presentaron mayor concentración de AsA que los controles (figura 12). A lo largo del almacenamiento se observó la pérdida progresiva de AsA tanto para frutos tratados como controles. Hasta el día 7 los frutos tratados conservaron mayor contenido de AsA con respecto a los controles, a partir del día 14 se observó una reducción de 53% en los control y 58% en los tratados en relación al día inicial para las muestras tratadas y control, respectivamente. Al final del almacenamiento se obtuvo una reducción aproximada de 86% para las 2 muestras.

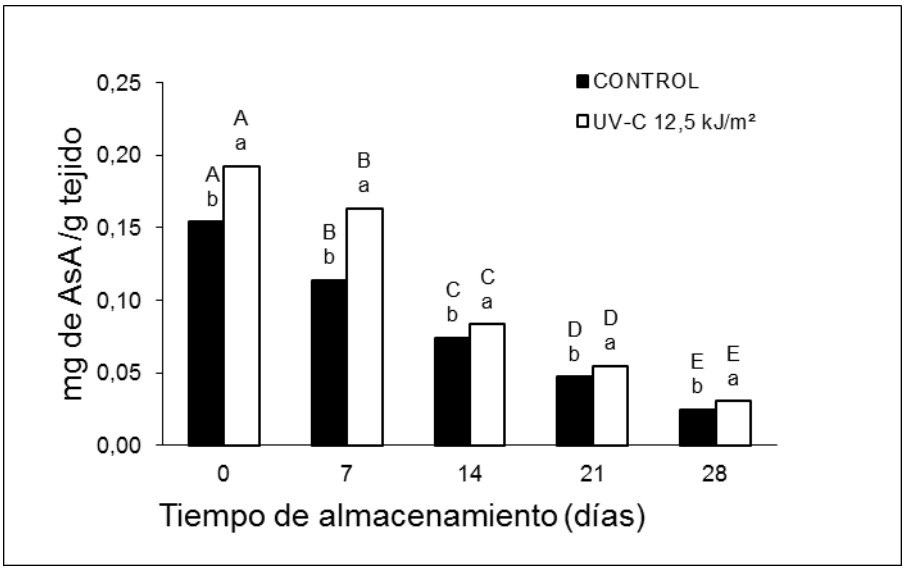

Figura 12. Contenido de Ácido Ascorbico en mortiño control y tratadas con dosis de 12,5 kJ/m^2 de radiación UV-C almacenadas a 4^{0}C.
Los resultados se expresan como mg de AsA/g de tejido.
Letras mayúculas distintas indican que el valor es significativamente diferente entre tratamientos para un mismo día de almacenamiento.
Letras minúscula distintas indican que el valor es significativamente diferente entre los dias de almacenamientos para un mismo tratamiento con una p<0,05. LSD = 0.00578.

El tratamiento con luz UV-C permitió conservar mayor cantidad de AsA durante 7 días de almacenamiento a 4 °C. Similar comportamiento fue reportado por González Aguilar et. al., (2007) en cuanto a la disminución de AsA en mango a diferencia de mandarinas tratadas con luz UV-C (Rojas y Argudo, 2007) donde se observó un incremento de vitamina C después de 7 dias de almacenamiento. La relativa estabilidad de AsA en el mortiño puede estar relacionado con la compartimentalización intracelular; en frutos con alta concentración de AsA, éste se encuentra ubicado en la vacuola (Kalt, Forney, Martin y Prior, 1999) y probablemente estaría protegido por compuestos fenólicos que mantienen el pH en este compartimento. Podría suponerse entonces que, la aplicación de la radiación UV-C al permitir retrasar la aparición de síntomas de daño (De la Cruz, 2012), relacionado con el mantenimiento de la integridad de membranas (Andrade, 2008), provocaría también la menor pérdida de AsA observada en los frutos de mortiño tratados.

Por lo tanto, es de suponerse que el comportamiento de cada sistema biológico frente a la radiación UV-C es diferente; y depende del tipo de fruto, cultivar, estado de madurez, entre otros. Debe considerarse también que la pérdida de peso del mortiño (reportada en estudios precedentes a esta investigación) según reportó De la Cruz (2012) está relacionada con la pérdida de agua y ésta puede reforzar la pérdida de AsA por incremento de reacciones de oxidación (Shin et al., 2007) y condiciones de almacenamiento. Por ejemplo, en arándano (*Vaccinium corymbosum*) no varió la concentración de AsA durante los primeros 8 días de almacenamiento a 0, 10 y 20 °C (Kalt et al, 1999) disminuyendo luego de este período, estos autores resaltan el análisis de sustancias como el AsA debido a su rol fisiológico de prevenir daño del ADN por especies reactivas de oxígeno, capturar oxidantes relacionados con la aparición de cataratas y reducción de LDL colesterol, entre otros.

Varios autores sugieren el desarrollo de estudios dirigidos a conocer el efecto del procesamiento sobre el contenido de antioxidantes en frutos poco conocidos además faltan estudios sobre el almacenamiento y la retención de antioxidantes como AsA y polifenoles (Kalt et.al, 1999).

4.3 FECTO DEL TRATAMIENTO UV-C SOBRE EL CONTENIDO DE FENOLES TOTALES (FT).

Inmediatamente después del tratamiento los frutos tratados presentaron mayor contenido de fenoles totales que los frutos control (figura 13), resultados similares fueron encontrados por Wang et. Al. (2009) en arándanos luego de la irradiación UV-C con dosis de 0,43 y 2,15 kJ/m^2, el incremento tuvo una relación directa con la dosis aplicada; resultados opuestos a los reportados en el presente estudio fueron encontrados por Andrade (2008) donde una dosis de radiación UV-C de 7 kJ/m^2 en pimiento rojo redujo el contenido de estos compuestos.

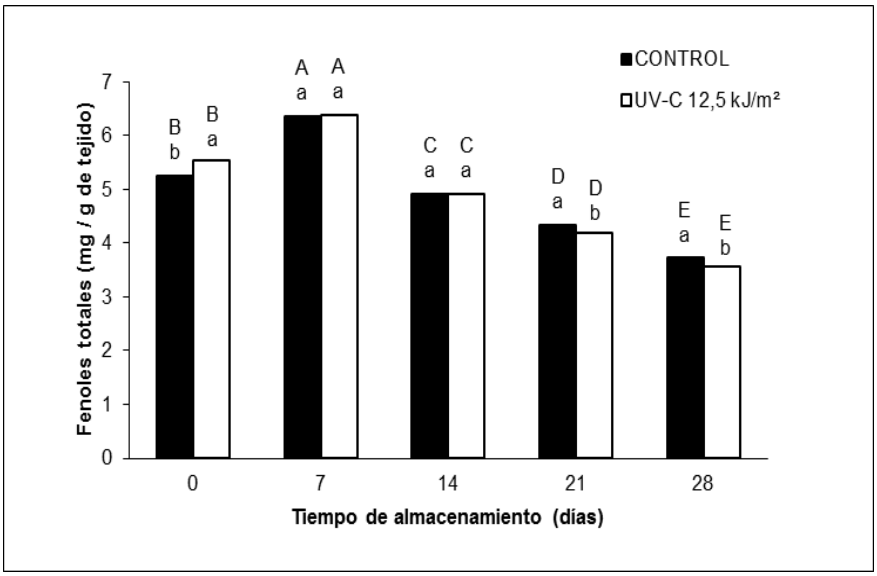

Figura 13. Contenido de Fenoles totales en mortiño control y tratadas con dosis de 12,5 kJ/m^2 de radiación UV-C almacenadas a 4^{0}C. Los resultados se expresan como mg de Fenoles totales / g de tejido.
Letras mayúculas distintas indican que el valor es significativamente diferente entre tratamientos para un mismo día de almacenamiento. Letras minúscula distintas indican que el valor es significativamente diferente entre los dias de almacenamientos para un mismo tratamiento con una p<0,05, LSD = 0.11518.

A lo largo del almacenamiento los frutos tratados y controles presentaron un comportamiento similar. Se observó un incremento del contenido de fenoles en el día 7 (para frutos tratados y controles), a partir del cual se produjo una disminución gradual hasta el día 28. Se encontró menor contenido de Fenoles totales en las muestras tratadas en el día 21 y 28, con valores aproximadamente 5% mayor en los frutos control que en los tratados, no obstante se encontraron diferencias significativas entre las muestras. Al final del almacenamiento la reducción del contenido de Fenoles totales fue de 35% y 28% para frutos tratados y control, respectivamente.

Probablemente el incremento inicial (día 0) de Fenoles totales en los frutos tratados influiría en mantener el tejido con mejores características visuales que los frutos control (De la Cruz, 2012) durante el almacenamiento refrigerado, según proponen Charles, Goulet y Arul (2008) la radiación UV-C al estimular la biosíntesis de Fenoles totales en mesocarpo y epicarpo de tomate refuerza la lignificación de la pared celular permitiendo mantener mejores características del fruto y alargar su vida útil.

La respuesta de cada sistema biológico será diferente según las condiciones a las que éste haya sido expuesto, es así que la aplicación de soluciones salinas en pimiento rojo produjo un incremento de FT (Martínez-Solano et al, 2005); por otro lado, Zhen, Wang, Wang y Zheng (2003) reportaron un incremento incluso 1, 2 veces más que los controles en el contenido de FT en arándanos almacenados en atmósferas con alto contenido de oxígeno.

En el presente estudio, en general no se observó efecto de la radiación UV-C sobre el contenido de FT, resultados similares fueron reportados en frutilla (Shin et al, 2007); lo que sugeriría que la producción de EROs generada por estos tratamientos estaría siendo controlada por el sistema primario antioxidante (enzimas antioxidantes) sin requerir de la intervención del sistema antioxidante secundario (que incluye compuestos fenólicos, flavonoides, vitaminas A y C) (Rodarje Castrejón, Eichholz, Rohn, Kroh, Huyskens-Keil, 2008), razón por la cual no se observarían cambios en el contenido de fenoles durante el almcenamiento de mortiño tratado con radiación UV-C (12,5 kJ/m^2).

4.4 EFECTO DEL TRATAMIENTO UV-C SOBRE EL CONTENIDO DE FLAVONOIDES (FLAV).

Inmediatamente después del tratamiento con UV-C (12,5 kJ/m^2) los frutos tratados presentaron 7% mayor al contenido de FLAV que los frutos control, a diferencia del tratamiento UV-C sobre arándanos (Wang et al, 2009) expuestos entre 1 y 15 minutos donde el contenido de FLAV no se afectó por esta tecnología.

En el día 7 se observó una reducción en la concentración de FLAV tanto en frutos control como en tratados. Los frutos tratados mostraron mayor concentración de FLAV con respecto a los controles en los días 14 y 21. Al final del almacenamiento (día 28) disminuyó el contenido de FLAV (figura 14)

en un 23% en las muestras control y 36% en las muestras tratadas con respecto al día inicial (día 0).

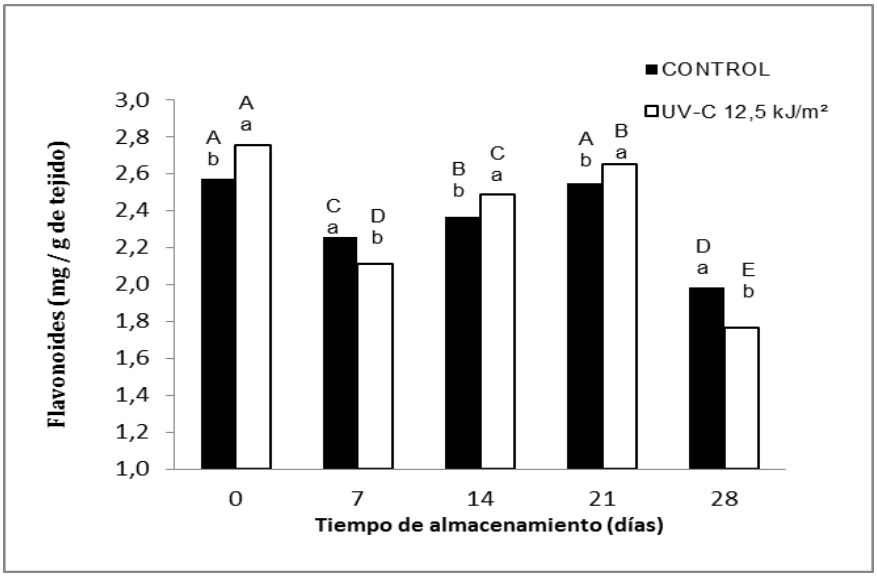

Figura 14. Contenido de Flavonoides en mortiño control y tratadas con dosis de 12,5 kJ/m^2 de radiación UV-C almacenadas a 4^{0}C. Los resultados se expresan como mg de Flavonoides / g de tejido.
Letras mayúculas distintas indican que el valor es significativamente diferente entre tratamientos para un mismo día de almacenamiento. Letras minúscula distintas indican que el valor es significativamente diferente entre los dias de almacenamientos para un mismo tratamiento con una p<0,05,.
LSD = 0.0536.

El aumento en el contenido de FLAV está considerado como una respuesta de aclimatación específica (González-Aguilar et al, 2007), esto podría explicar el comportamiento observado en los frutos durante el almacenamiento. Los flavonoides tienen importancia por su capacidad de secuestra EROs por lo que el consumo de mortiño irradiado potenciaría los beneficios del consumo de este fruto. En los últimos años se han realizado numerosos estudios dirigidos a conocer el efecto del procesamiento sobre el contenid ode antioxidantes, sin embargo hacen falta estudios sobre el almacenamiento y la retención de antioxidantes dietarios como FLAV y AsA (Schotsmans, Molan y MacKay, 2007) principalmente por la conocida actividad antioxidante de estos compuestos, por otro lado se debe tomar en cuenta que los FLAV son estructuras con mayor estabilidad que AsA (Kalt et al, 1999), característica que puede ser aprovechada para realizar estudios en frutos como el mortiño.

La variación en el contenido de FLAV durante el periodo de almacenamiento observada en el mortiño (*Vaccinium floribumdum*) podría relacionarse con el mecanismo de defensa producido en respuesta al estrés inducido por la iluminación UV-C, como sugiere Wang et al (2009), quienes además reportan que un altas dodis de radación UV-C podrían suprimir el incremento de la síntesis de estos compuestos.

Existe poca información disponible sobre cómo el régimen postcosecha afecta a los perfiles de FLAV y FT de arándanos (V. corybosum y V. oxycoccus), por lo que sería útil conocer cómo varían los niveles de FLAV de año a año según las condiciones climáticas anuales, estación, entre otros (Borges, Degeneve, Mullen y Crozier, 2010); siendo necesario entonces profundizar en estudios que permitan generar información sobre siendo el mortiño un fruto con un alto contenido de compuestos antioxidantes.

4.5 EFECTO DEL TRATAMIENTO UV-C SOBRE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

Una vez aplicado el tratamiento con luz UV-C (12,5 kJ/m^2) no se observaron diferencias con los frutos control (figura 15), a diferencia de arándanos tratados con luz UV-C (Perkins-Veazie et. al., 2008) donde se produjo un incremento de la capacidad antioxidante luego del tratamiento.

En los frutos control la capacidad antioxidante se mantuvo constante hasta el día 7 en el cual presentó valores 12% mayores que los frutos tratados, a partir de este día la capcidad antioxidanate disminuyó hasta el día 21 y posteriormente presentó un incremento en el día 28 con valores 23% mayores a los frutos tratados.

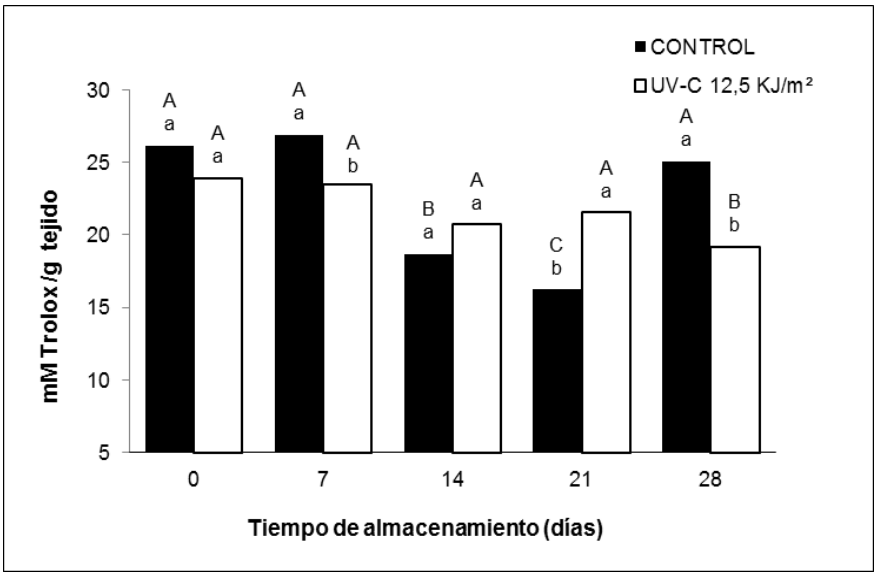

Figura 15. Contenido de Capacidad antioxidante en mortiño control y tratadas con dosis de 12,5 kJ/m^2 de radiación UV-C almacenadas a 4^{0}C.
Los resultados se expresan como mM de trolox / g de tejido.
Letras mayúculas distintas indican que el valor es significativamente diferente entre tratamientos para un mismo día de almacenamiento. Letras minúscula distintas indican que el valor es significativamente diferente entre los dias de almacenamientos para un mismo tratamiento con una p<0,05,
LSD = 0.15734.

La capacidad antioxidante de los frutos tratados se mantuvo constante durante 21 días de almacenamiento, en los días 14 y 21 éstos frutos presentaron mayores valores que los controles; posteriormente la capacidad antioxidante de los frutos tratados se redujo en el día 28 alcanzado un 19% menos que en el día inicial. Para los frutos control la reducción de la capacidad antioxidante fue del 6% con respecto al día 0.

La capacidad antioxidante de un producto depende de la naturaleza y concentración de los antioxidantes naturales presentes en él (Cao *et al*., 1995; Pieri *et al*., 1994). Desde hace varios años se realizan numerosos estudios sobre la capacidad antioxidante de frutos y vegetales; Borges et al (2010) reportaron que arándanos que no han sido sometidos a ningún tratamiento poscosecha, la baja concentración de AsA no contribuyó a la capacidad antioxidante del fruto, mientras que en arándanos, cerezas y frambuesas almacenados a 5°C durante 3-7 semanas no se presentó disminución significativa de la actividad antioxidante (Connor, Luby, Hancock, Berkheimer y Hanson, 2002).

Se realizó un análisis de regresión bivariado (tabla 4) para conocer la correlación entre antocianinas, AsA, FT, FLAV con la capacidad antioxidante de mortiño.

En el presente estudio, se encontró una correlación de FT con capacidad antioxidante de 0,72 para controles y -0,16 para frutos tratados, resultados similares fueron reportados por Kalt et al (2003) en arándanos maduros donde también se encontró una alta correlación entre FT y la capacidad antioxidante.

	Acido ascórbico (AsA)		Fenoles totales (FT)		Flavonoides (FLAV)		Capacidad antioxidante	
Muestra	C	T	C	T	C	T	C	T
Antocianinas	0,73	0,15	0,72	-0,16	-0,09	-0,40	-0,35	-0,40
Acido ascórbico (AsA)	--	--	0,76	0,23	0,49	0,77	-0,59	0,40
Fenoles totales (FT)			--	--	0,42	0,29	0,05	0,76
Flavonoides (FLAV)					--	--	-0,09	0,79

C= control, T = tratados (12,5 kJ/m^2)

Tabla 4: Coeficientes de correlación (r) entre antocianinas, AsA, FT y FLAV con actividad antioxidante de mortiño control y tratado (12,5 kJ/m^2).

En arándano tratado con radiación UV-C (Perkins y et. al., 2008) se encontró una correlación débil (r<0,5) entre antocianinas con capacidad antioxidante, al igual que en el presente estudio donde se encontró un r=-0,40 entre antocianinas y capacidad antioxidante en los frutos tratados. Rodarte-Castrejón et al (2008) relacionan un alto contenido de antocianinas con una alta capacidad antioxidante. Los resultados encontrados en el presente estudio podrían indicar que bajo las condiciones de almacenamiento, en los

frutos control podrían haber ocurrido reacción de conversión de precursosres fenólicos no antociánicos a antocianinas (Kalt et al 2003) que forman parte del grupo de compuestos fenóilcos, mientras que en los frutos tratados este tipo de metabolismo no estaría ocurriendo; debe tomarse en cuenta además que entre las diferentes especies de *Vaccinium* existirá diferente composición de compuestos fenólicos (Rodarte-Castrejón et al, 2008) por lo tanto diferente actividad antioxidante.

No se encontró correlación entre el contenido de antocianinas con la capacidad antioxidante del mortiño, esta relación negativa indicaría deterioro del fruto en lugar de favorecer a mantener su calidad, a diferencia de berries almacenados a distintas temperaturas (0, 10, 20 y 30 °C) por más de 8 días en los que se encontró una correlación de la actividad antioxidante de 0,83 con FT y 0,90 con antocianinas (Kalt et al, 1999).

Según se observa en la tabla 4, los compuestos que mayor contribución tendrían sobre la capacidad antioxidante fueron FT y FLAV (r = 0,76 y 0,79, respectivamente); probablemente durante el almacenamienteo prolongado podría produrcise oxidación de compuestos fenólicos (Schotsmans et al, 2007), que no fueron detectados por el método de Folin, y de los demás compuestos analizados, sugieriendo que sus productos de oxidación podrían aún tener capacidad antioxidante lo que produciría los mayores valores de capacidad antioxidante hasta el día 21 en los frutos tratados.

Se encontró mayor correlación entre AsA y capacidad antioxidante en los frutos de mortiño tratados (12,5 kJ/m^2) que en controles; Kalt et al (1999) reportaron que el AsA y actividad antioxidante fue correlacionada negativamente ya que AsA disminuyó y la actividad antioxidante aumentó en el almacenamiento, mientras que antocianinas tuvieron una correlación 0,90 con actividad antioxidante, a diferencia de lo encontrado en el presente estudio.

El análisis global de resultados sugiere que el uso de radiación UV-C (12,5 kJ/m^2) como tratamiento poscosecha en mortiño permite mantener la capacidad antioxidante del fruto durante 21 días. Esta respuesta del fruto a la radiación UV-C probablemente esté relacionada con la resistencia del tejido a la temperatura de almacenamiento permitiendo obtener un producto con un valor nutricional agregado para el consumidor.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Inmediatamente despúes de la aplicación de la dosis de 12,5 kJ/m^2 de radiación UV-C los frutos mostraron mayor cantidad de ácido ascórbico, fenoles totales y flavonoides. La síntesis de antioxidantes se asocia con la mayor resistencia de tejidos vegetales a bajas temperaturas. Probablemente este comportamiento contribuiría en el fruto a mantener mejores condiciones en cuanto al contenido de antioxidantes durante el almacenamiento con respecto a los frutos control.

- Durante el almacenamiento, el tratamiento con luz UV-C permitió reducir las perdidas de ácido ascórbico. Si bien se observó la disminución de vitamina C en muestras control y tratadas (12,5 kJ/m^2), en éstas ultimas la pérdida fue menor.

- No se produjo ningun efecto de la radiación UV-C sobre el contenido de fenoles totales a lo largo del almacenamiento ya que los valores obtenidos fueron similares en los frutos control y tratados; mientras que a tiempos intermedios de almacenamiento los frutos tratos presentaron mayor contenido de flavonoides que los controles.

- El mortiño es una fruta que tiene un contenido alto de antocianinas, compuestos con conocida capacidad antioxidante. El tratamiento de mortiño con luz UV-C (12,5 kJ/m^2) permitió mantener estable el contenido de antocianinas a lo largo del almacenamiento alcanzado en el día 28 valores mayores a los frutos control.

- Durante el período de almacenamiento la capacidad antioxidante de los frutos tratados (12,5 kJ/m^2) se mantuvo constante durante 21 días. Se encontró que los compuestos que mayoritariamente estarían contribuyendo a la capacidad antioxidante fueron los compuestos fenólicos y flavonoides, en menor medida el ácido ascórbido y no se encontró correlación entre el contenido de antocianinas y la actividad antioxidante (probablemente por las condiciones en las que se realizó la cuantificación de estos compuestos, ya que se utilizó tejido liofilizado).

- Se ha acumulado evidencia científica que indica que el consumo de frutas y vegetales con alta concentración de antioxidantes juega un rol muy importante en la reducción de riesgo de padecer enfermedades degenerativas, cardíacas, cáncer y enfermedades neurológicas lo que permitiría potenciar el consumo de frutos como el mortiño que además de sus características antioxidantes han sido poco estudiados.

5.2 RECOMENDACIONES

- Utilizar el mortiño tratado con luz UV-C (dosis de 12,5 kJ/m^2) para la elaboración de nuevas propuestas gastronómicas ecuatorianas con el fin de ofrecer al consumidor un producto con buenas características antioxidantes.

- Realizar un estudio que evalúe el efecto de procesos tecnológicos como temperaturas altas (cocción u horneadas) sobre la capacidad antioxidante de propuestas gastronómicas elaboradas a base de mortiño.

- Diseñar un equipo de radiación UV-C que permita optimizar las condiciones de aplicación de la luz UV-C en el mortiño.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

Andrade-Cuvi, M. J. (2008). Relación entre la capacidad antioxidante y el desarrollo del daño por frío en pimientos. Efecto de la radiación UV-C. Universidad Nacional de La Plata. La Plata–Argentina

Ann G. (1994). Agricultural Marketing in Developing Countries: The Role on NGOs and CBOs, National Resources Institute.

Anónimo (2002). Procesamiento de alimentos con UV. Panorama.7-14

Aquaflash (2009). Consultado el 12 de febrero de 2012. Tipos de radiación UV. (en línea). http://aquaflash.blogspot.com/2009/04/34-luz-ultravioleta.html

Baka, M.; Mercier, J.; Corcuff, R.; Castaigne, F.; y Arul, J. (1999). Photochemical treatment to improve storability of fresh strawberries. Journal of Food Science, 64, 1068–1072.

Beltrán A.; Ramos M.; Alvares M. (2010). Estudio de vida útil de fresa (Fragaria vesca) mediante tratamiento con radiación ultavioleta de onda corta (UV-C). Universidad Técnica de Ambato.

Biblioteca Nacional de Medicina de E.E.U.U. (2010). Consultado el 16 de Junio de 2010. Antioxidantes. (en línea) http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/antioxidants.html

Charles, M. T.; Goulet, A.; y Arul, J. (2008). Physiological basis of UV-C induced resistance to Botrytis cinerea in tomato fruit. IV. Biochemical modification of structural barriers. Postharvest Biology Technology, 47, 41–53.

Criado C. y Moya M. (2009). Vitaminas y antioxidantes. Actualizaciones el medico. Departamento de Medicina de la Universidad Autónoma de Madrid. p 4-34

Connor, A.; Luby, J.; Hancock, J.; Berkheimer, S. y Hanson E. (2002). Changes in Fruit Antioxidant Activity among Blueberry Cultivars during Cold-Temperature Storage. J. Agric. Food Chem. 50, 893-898

De la Cruz A. (2012). Uso combinado de la radiación UV-C y almacenamiento refrigerado sobre el tiempo de vida útil del mortiño. Universidad Tecnológica Equinoccial

Domínguez L. y Parzanese M. (s.f.). Luz ultravioleta en la conservación de los alimentos. Tecnologías para la industria alimenticia. 2, 1-4

Echeverry A. y Toro J. (2009). Conozcamos y usemos el mortiño. 3ra edición. Medellín.

FAO (2009). Consultado el 17 de Junio de 2009. Principales causas de baja calidad y pérdidas postcosecha. (en línea).
http://www.fao.org/inpho/content/documents/vlibrary/ae075s/ htm

Fava, J.; Guerrero, S.; Castro, M.A. y Alzamora, S.M. (2007). Efecto de la dosis de irradiación ultravioleta en el color y la estructura de frutos de arándano. Memorias del XI Congreso Argentino de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Buenos Aires, Argentina

Gilca M.; Staian I.; Atanasiu V. y Virgolici B. (2007). The oxídative hypotethesis of senescence. Journal Postgrad-Med

Gómes A. (2005). Antioxidantes: una respuesta natural. Medicina naturista, 8

González-Aguilar, G.; Zavaleta-Gatica, R. y Tiznado-Hernández, M.E. (2007). Improving postharvest quality of mango 'Haden' by UV-C treatment. Postharv Biol. Technol. 45, 108-116.

González G.; Villegas M.; Cruz M.; Vásquez F y Ayala J. (2007). Irradiación (UV-C) de mango fresco cortado y su efecto en la capacidad antioxidante. Coordinación de Tecnología de Alimentos de Origen Vegetal, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo. 277-281. Mexico.

Guerrero-Beltrán, J.; Barbosa-Cánovas G. (2004). Ventajas y limitaciones del procesamiento de alimentos con luz ultravioleta. Panorama. Universidad del Estado de Washington. 10-16

Halliwell B. (1999). Antioxidant defense mechanisms. From the beginning to the end.

Hockberger, P. (2002). A history of ultraviolet photobiology for humans animals and microorganisms. Photochem. Photobiol. 561-579.

INGELEC S.A. (2011). Consultado el 2 de abril del 2012. Sistema continúo de radiación UV-C. (en línea).
http://www.goldpoint.com.ar/empresa.php

Kalt, W.; Forney, C.; Martin, A. y Prior, R. (1999). Antioxidant Capacity, Vitamin C, Phenolics, and Anthocyanins after Fresh Storage of Small Fruits. J. Agric. Food Chem. 47, 4638-4644

Kalt, W.; Lawand, C.; Ryan, D.; McDonald, J.;Donner, H. y Forney, C. (2003). Oxygen Radical Absorbing Capacity, Anthocyanin and Phenolic

Content of Highbush Blueberries (Vaccinium corimbosum L.) during Ripening And Storage, J. Amer. Soc. Hort. Sci. 128 (6): 917-923

Kataoka, I.; Sugiyama, A.; y Beppu, K. (2003). Role of ultraviolet radiation in accumulation of anthocyanin in berries of 'Gros Colman' grapes (Vitis viniferaL.). Journal of the Japanese Society for Horticultural Science, 72, 1–6.

Knave B. y Sliney D. (2003). Radiaciones no ionizantes. Riesgos generales. 49.

Lee, K. y Kader, A. A. (2000). Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. Postharvest. Biol. Technol. 20, 207-220.

Licata M. (2012). Consultado el 10 de febrero del 2012. Vitamina c. (en línea) http://www.zonadiet.com/nutricion/vit-c.htm

Liltved H. y Landfald B. (2000), Effects of high intensity light on ultraviolet-irradiated and non-irradiated fish pathogenic bacteria. Journal of Food Engineering

López M.; Pardo F.; López J.; Gómez E. (2006). XII Congreso Nacional de Enólogos. Departamento de Tecnología de Alimentos, Nutrición y Bromatología. Facultad de Veterinaria, Universidad de Murcia.

Martínez G. (2006). Consultado el 16 de Junio de 2010. Control de la incidencia de daño por frío en pimientos mediante tratamientos cortos con luz ultravioleta. (en línea) J:\paper UV-C treatment\Control de la incidencia de daño por frío en pimientos mediante tratamientos cortos con luz ultra.htm

Martínez S.; González J.; Culebras M. y Tuñón M. (2002). Los flavonoides: propiedades y acciones antioxidantes. Departamento de Fisiología, Universidad de León y Hospital de León. España. 271-278

Martínez-Solano, J.; Sánchez-Bel, P.; Egea, I.; Olmos, E.; Hellin, E. y Romojaro, F. (2005). Electron beam ionization induced oxidative enzymatic activities in pepper (Capsicum annuum L.), associated with ultrastructure cellular damages. J. Agric. Food Chem. 53, 8593-8599.

Mertz, C., Gancel, A. L., Gunata, Z. Alter, P., Dhuique-Mayer, C., Vaillant, F., Perez, A. M., Ruales, J. y Brat, P. (2009). Phenolic compounds, carotenoids and antioxidant activity of three tropical fruits. Journal of Food Composition and Analysis.

Montoya C.; Ocha C.; Sánchez M.; Medina C.; Lobo M.; Galeano P.; Mosquera P.; Tamayo A.; Lopera Y.; Rojano B. (2009). Actividad antioxidante e inhibición de la peroxidación lipídica de extractos de frutos de mortiño (Vaccinium meridionale SW). Boletin Latinoamericano y del Caribe de plantas medicinales y aromáticas. 8. 519-528

Norma A.; Pensel E.; Marina I. Descalso y Rossetti L. (2010) Instituto Tecnología de Alimentos. INTA

Pérez J. y Valdivieso C. (2007). Colección y caracterización morfológica insitu del mortiño (Vaccinium fluribundum kunt) en la sierra norte del Ecuador. Escuela Politécnica del Ejército.

Perkins-Veazie, P., Collins, J. K. y Howard, L. (2008). Blueberry fruit response to postharvest application of ultraviolet radiation. Postharvest Biology and Technology 47, 280–285.

Quintanar M. y Calderón J. (2009). La capacidad antioxidante total. Bases y aplicaciones. Revista de Educación Bioquímica. 28. 3. 89-101. Universidad Nacional Autónoma de México.

Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Biol. Med, 26, 1231-1237.

Rodarte, A.; Eichholz, I.; Rohn, S.; Kroh, L. y Huyskens-Keil, S. (2008). Phenolic profile and antioxidant activity of highbush blueberry (Vaccinium corymbosum L.) during fruit maturation and ripening. Food Chemistry 109, 564–572

Rodríguez H.; Cuspoca J.; Fischer G.; Moreno L. y Quicazán M. (2012). Caracterización fisicoquímica y organoléptica del fruto de agraz (Vaccinium meridionale Swartz) almacenado a 2ºC. Universidad Nacional de Colombia

Rosario M. y Pozuelo J. (2004). Flavonoides, isoflavonoides y salud. , Centro de Ciencias Medioambientales (CSIC).

Ruiz G.; Questa A.; Rodríguez S. (2010). Efecto de luz uv-c sobre las propiedades antioxidantes y calidad sensorial de repollo mínimamente procesado. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, 11, 1. 101-108. México.

Sanjinés, A. (2006). Ollgcapacidad antioxidanterd B.; Balslev H. Frutos comestibles. Herbario Nacional de Bolivia, Instituto de Ecología, Universidad Mayor de San Andrés.

Schotsmans, W.; Molana, A. y MacKay, B. (2007). Controlled atmosphere storage of rabbiteye blueberries enhances postharvest quality aspects. Postharvest Biology and Technology 44 (2007) 277–285

Shin, Y.; Hai Liu, R.; Nock, J.F.; Holliday, D. y Watkins, C. (2007). Temperature and relative humidity effects on quality, total ascorbic acid, phenolics and flavonoid concentrations, and antioxidant activity of strawberry. Postharvest Biol. Technol 45, 349–357.

Stephane, G; Pierre, B.; Pascailne, A. y Marie, J.A. (2005) Rapid Determination of polyphenols and vitamin C in plant-derived products. Journal of Agricultural and Food Chemistry. (53) 1370-1373

Traber M. y Atkinson J. (2007). Vitamin E, antioxidante and nothing more. 4-15

Trujillo (2009). Consultado el 15 de Junio de 2010. El mortiño es una de las frutas con mayor cantidad de antioxidantes. (en línea). http://www.mineducacion.gov.co/cvn/1665/article-184637.html

Vicente, A. R.; Repice, B.; Martinez, G. A.; Chaves, A. R.; Civello, P. M., y Zozzi, G. O. (2004). Maintenance of fresh boysenberry fruit quality with UV-C light and heat treatments combined with low storage temperature. Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 79, 246.

Wagner G. (1982). Cellular and Subcellular Location in Plant Metabolism. In: Creazy L, Hrazdina G. (ed) Recent advances in Phytochemistry. New York, Plenum Press, 1-45.

Wang, C. Y., Chen, C. y Wang, S. Y. (2009). Changes of flavonoid content and antioxidant capacity in blueberries after illumination with UV-C. Food Chemistry 117, 426–431.

Zheng Y.; Wang C.; Shiow, Y. Wang, S. y ZHENG, W. (2003). Effect of High-Oxygen Atmospheres on Blueberry Phenolics, Anthocyanins, and Antioxidant Capacity. J. Agric. Food Chem. 51, 7162-7169