



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS

**CAMBIOS EN LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE
CARAMBOLA (*Averrhoa carambola* L.) MÍNIMAMENTE
PROCESADA TRATADA CON RADIACIÓN UV-C**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA DE
ALIMENTOS**

ALEJANDRA MARÍA HENRÍQUEZ BUCHELI

DIRECTORA: BIOQ. MARÍA JOSÉ ANDRADE CUVI

Quito, Abril 2012

© Universidad Tecnológica Equinoccial. 2011

Reservados todos los derechos de reproducción

DECLARACIÓN

Yo, **ALEJANDRA MARÍA HENRÍQUEZ BUCHELI**, 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.

.....

Alejandra María Henríquez Bucheli

C.I: 172265008-0

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo de investigación que lleva por título “**Cambios en la capacidad antioxidante de carambola (*Averrhoa Carambola L.*) mínimamente procesada tratada con radiación UV-C**”, que, para aspirar al título de Ingeniera de Alimentos fue desarrollado por **Alejandra Henríquez**, bajo mi dirección y supervisión, en los laboratorios de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Tecnológica Equinoccial; y cumple con las condiciones requeridas por el reglamento de Trabajos de Titulación artículos 18 y 25.

.....

María José Andrade Cuvi

DIRECTORA DEL TRABAJO

C.I: 1712338373

El presente estudio se realizó como parte del proyecto de investigación: “Influencia del Tratamiento UV-C sobre el tiempo de vida útil y propiedades antioxidantes de productos de IV GAMA (mínimamente procesados) de Carambola (*Averrhoa carambola* L.)”.

AGRADECIMIENTO

- *A la Universidad Tecnológica Equinoccial, por permitirme al igual que a muchos, realizar mi formación de grado y aportarme las herramientas básicas para ser una excelente profesional.*
- *A mi directora María José Andrade por su apoyo incondicional, comprensión, conocimientos impartidos y en especial por la amistad forjada durante este arduo trabajo.*
- *A la Ingeniera Carlota Moreno, quien con mucho cariño y paciencia colaboró conmigo para culminar la presente investigación.*
- *A mis padres, Giovanna y José Luis, quienes con mucho sacrificio y esfuerzo han hecho de mí, la persona que soy, inculcándome valores y dándome la oportunidad de ser una profesional.*
- *A Roberto, mi compañero, por creer en mí, enseñarme lo hermosa que es la vida, a ser cada día una mejor persona y emprender juntos nuestros sueños y objetivos.*
- *A Sofía, Norma y Alejandra, por su colaboración y por las largas horas de trabajo en el laboratorio, haciendo ameno el momento y fomentando una linda amistad.*
- *A mi hermana María Fernanda, por simplemente ser como es, apoyarme en todo momento y ser más que una hermana una amiga.*
- *A Johanna, mi mejor amiga, quien con su ánimo, apoyo y bendiciones me impulsaron hasta la meta final.*
- *A mi hija Victoria, por ser buena, tranquila y regalarme su tiempo y atención en la elaboración de mi tesis.*

DEDICATORIA

A ti Victoria, por ser la fuente que genera en mí la fuerza, ganas y energía suficiente para lograr mis metas y encaminarme a un futuro exitoso lleno de alegrías y triunfos que sé, compartiremos juntas.

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | PÁGINA |
|---|---------------|
| RESUMEN | ix |
| ABSTRACT | xi |
| | |
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1 OBJETIVOS..... | 6 |
| 1.1.1 OBJETIVO GENERAL..... | 6 |
| 1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 6 |
| | |
| 2. MARCO TEÓRICO | 7 |
| 2.1 GENERALIDADES DE CARAMBOLA (<i>Averrhoa carambola</i> L.)..... | 7 |
| 2.1.1 COMPOSICIÓN NUTRICIONAL..... | 9 |
| 2.1.2 COSECHA Y CONSERVACIÓN DE CARAMBOLA..... | 10 |
| 2.1.3 USOS..... | 12 |
| 2.1.4 POSCOSECHA DE CARAMBOLA..... | 13 |
| 2.2 PRODUCTOS MÍNIMAMENTE PROCESADOS O DE IV GAMA... | 15 |
| 2.2.1 BENEFICIOS DEL CONSUMO DE PRODUCTOS MÍNIMAMENTE PROCESADOS..... | 16 |
| 2.2.2 DESVENTAJAS DEL CONSUMO DE PRODUCTOS MÍNIMAMENTE PROCESADOS..... | 17 |
| 2.3 RADIACIÓN ULTRAVIOLETA..... | 19 |
| 2.3.1 RADIACIÓN UV-C..... | 22 |
| 2.3.2 INACTIVACIÓN DE MICROORGANISMOS POR UV-C..... | 24 |
| 2.3.3 EFECTO HÓRMICO Y RETRASO DE MADURACIÓN POR UV-C..... | 25 |
| 2.3.4 VALOR NUTRICIONAL AGREGADO..... | 26 |
| 2.4 ANTIOXIDANTES..... | 27 |

| | PÁGINA |
|--|---------------|
| 2.4.1 RADICALES LIBRES..... | 31 |
| 2.4.2 ESTRÉS OXIDATIVO..... | 33 |
| 2.4.3 COMPUESTOS FENÓLICOS..... | 34 |
| 2.4.4 FLAVONOIDES..... | 35 |
| 2.4.5 VITAMINA C (ÁCIDO ASCÓRBICO)..... | 38 |
| 3. METODOLOGÍA..... | 41 |
| 3.1 MATERIAL VEGETAL..... | 41 |
| 3.2 TRATAMIENTO CON RADIACIÓN UV-C..... | 41 |
| 3.3 PÉRDIDA DE PESO..... | 42 |
| 3.4 COLOR SUPERFICIAL..... | 42 |
| 3.5 PÉRDIDA DE ELECTROLITOS..... | 43 |
| 3.6 CONTENIDO DE AZÚCARES TOTALES..... | 43 |
| 3.7 DETERMINACIÓN DE ANTIOXIDANTES..... | 44 |
| 3.7.1 PREPARACIÓN DEL EXTRACTO..... | 44 |
| 3.7.2 DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE FENOLES TOTALES | 45 |
| 3.7.3 DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE FLAVONOIDES..... | 45 |
| 3.7.4 CONTENIDO DE VITAMINA C..... | 46 |
| 3.7.5 DETERMINACIÓN DEL PODER ANTI-RADICAL..... | 46 |
| 3.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICO..... | 47 |
| 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS..... | 48 |
| 4.1 EFECTO DEL TRATAMIENTO UV-C SOBRE LA PÉRDIDA DE PESO..... | 48 |

| | PÁGINA |
|---|---------------|
| 4.2 EFECTO DEL TRATAMIENTO UV-C SOBRE EL COLOR SUPERFICIAL..... | 49 |
| 4.3 EFECTO DEL TRATAMIENTO UV-C SOBRE LA PÉRDIDA DE ELECTROLITOS..... | 54 |
| 4.4 EFECTO DEL TRATAMIENTO UV-C SOBRE EL CONTENIDO DE AZÚCARES TOTALES..... | 55 |
| 4.5 EFECTO DEL TRATAMIENTO UV-C SOBRE COMPUESTOS ANTIOXIDANTES..... | 57 |
| 4.5.1 CONTENIDO DE FENOLES TOTALES..... | 57 |
| 4.5.2 CONTENIDO DE FLAVONOIDES..... | 59 |
| 4.5.3 EFECTO DEL TRATAMIENTO UV-C SOBRE EL CONTENIDO DE VITAMINA C..... | 60 |
| 4.5.4 EFECTO DEL TRATAMIENTO UV-C SOBRE EL PODER ANTI RADICAL..... | 62 |
| 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 65 |
| 5.1 CONCLUSIONES..... | 65 |
| 5.2 RECOMENDACIONES..... | 67 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 68 |
| ANEXOS..... | 81 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | PÁGINA |
|--|---------------|
| Tabla 1. Composición nutricional de carambola..... | 10 |
| Tabla 2. Función de los antioxidantes enzimáticos..... | 29 |
| Tabla 3. Función de antioxidantes no enzimáticos..... | 30 |
| Tabla 4. Clasificación de los compuestos fenólicos..... | 45 |
| Tabla 5. Variación del color superficial..... | 50 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | PÁGINA |
|---|---------------|
| Figura 1. Fruto de carambola..... | 7 |
| Figura 2. Árbol, hojas, flores y semillas de carambola..... | 8 |
| Figura 3. Carambola cosechada de color verde..... | 11 |
| Figura 4. Jugo casero de carambola..... | 12 |
| Figura 5. Decoración de platos con carambola..... | 13 |
| Figura 6. Pardeamiento de las aristas..... | 13 |
| Figura 7. Daños mecánicos..... | 14 |
| Figura 8. Clasificación de carambola según su calidad..... | 14 |
| Figura 9. Carambola en forma de estrella al corte..... | 15 |
| Figura 10. Carambola mínimamente procesada almacenada..... | 16 |
| Figura 11. Carambola mínimamente procesada pardeada..... | 19 |
| Figura 12. Radiación ultravioleta producida por los rayos solares..... | 20 |
| Figura 13. Espectro electromagnético..... | 21 |
| Figura 14. Espectro de la radiación..... | 22 |
| Figura 15. Función de un antioxidante..... | 28 |
| Figura 16. Radicales libres..... | 32 |
| Figura 17. Estructura básica del esqueleto flavólico..... | 35 |
| Figura 18. Tipos de flavonoides..... | 36 |
| Figura 19. Estructura química de la vitamina C..... | 39 |
| Figura 20. Pérdida de peso..... | 48 |
| Figura 21. Ángulo hue..... | 51 |
| Figura 22. Saturación..... | 52 |
| Figura 23. Luminosidad..... | 53 |
| Figura 24. Pérdida de electrolitos..... | 54 |
| Figura 25. Azúcares totales..... | 56 |
| Figura 26. Fenoles totales..... | 58 |

| | PÁGINA |
|---|---------------|
| Figura 27. Flavonoides..... | 59 |
| Figura 28. Vitamina C..... | 61 |
| Figura 29. Poder anti radical..... | 63 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | PÁGINA |
|---|---------------|
| ANEXO 1 | |
| Cosecha de Carambola en el cantón Flavio Alfaro, parroquia Pavón. Provincia de Manabí..... | 81 |
| ANEXO 2 | |
| Elaboración de carambola mínimamente procesada..... | 82 |
| ANEXO 3 | |
| Radiación de carambola mínimamente procesada con lámparas UV-C..... | 83 |
| ANEXO 4 | |
| Congelación de tejido de carambola a -18°C con Nitrógeno líquido..... | 84 |
| ANEXO 5 | |
| Almacenamiento a 5°C de carambola mínimamente procesada tratada con luz UV-C..... | 85 |
| ANEXO 6 | |
| Análisis de pérdida de electrolitos en carambola..... | 85 |
| ANEXO 7 | |
| Realización del Análisis de Antioxidantes por espectrofotometría..... | 86 |
| ANEXO 8 | |
| Informe de resultados de los análisis de azúcares totales y vitamina C..... | 87 |
| ANEXO 9 | |
| Norma del Codex para la Carambola (CODEX 187-1993)..... | 88 |

RESUMEN

La carambola (*Averrhoa carambola* L.) es una fruta exótica, subtropical, de origen asiático, perteneciente a la familia de las oxalidáceas, introducida en el Ecuador hace 30 años. Nutricionalmente es fuente de antioxidantes, agua, vitaminas y minerales, es apetecida por su forma de estrella de cinco puntas para la decoración de platos y cocina gourmet. Se caracteriza por ser altamente perecedera y susceptible a sufrir pardeamiento y daños en el tejido. No se recomienda su almacenamiento a temperaturas menores a 5°C. Por otro lado, los alimentos mínimamente procesados son aquellos que estando en estado fresco, presentan procesos previos de selección, elección, clasificación, pelado, cortado, lavado, desinfectado y envasado; sin embargo estas operaciones aceleran el metabolismo del producto pudiendo provocar mayor oxidación, deterioro de características sensoriales, pérdida de nutrientes, así como el desarrollo de microorganismos. La aplicación de radiación UV-C en frutas y hortalizas como tecnología poscosecha ha resultado un sistema efectivo que prolonga su tiempo de vida útil y se ha comprobado que induce la acumulación de sustancias con capacidad antioxidante como compuestos fenólicos en varios frutos. El objetivo del presente trabajo fue estudiar los cambios en la capacidad antioxidante de carambola (*Averrhoa carambola* L.) mínimamente procesada tratada con radiación UV-C durante el almacenamiento refrigerado. Frutos recién cosechados, lavados y seleccionados, se cortaron en rodajas de 5 mm de ancho, se dividieron en dos grupos: frutos tratados (13 kJ/m^2) y no tratados (controles) y se almacenaron en bandejas plásticas cubiertas con film PVC durante 21 días. A los 0,7, 14 y 21 días se determinó la pérdida de peso, pérdida de electrolitos, azúcares totales, color superficial, se cuantificó contenido de fenoles totales, flavonoides, vitamina C y el poder anti radical. No se observó diferencias significativas en la pérdida de peso. El tratamiento con radiación UV-C redujo la pérdida de electrolitos que podría relacionarse con

menor deterioro en la integridad de membranas y en consecuencia el retraso en la aparición de síntomas de daño. Los frutos tratados mantuvieron una mejor apariencia visual según los parámetros de color analizados; además el contenido de azúcares totales aumentó, lo cual indica que la fruta tratada podría ser más dulce y blanda que la fruta control. En los frutos tratados, se observó una acumulación del contenido de fenoles totales, disminución de flavonoides y mayor poder anti radical, no obstante se produjo pérdida de vitamina C a lo largo del almacenamiento. Los resultados sugieren que el tratamiento UV-C induce una acumulación de fenoles totales y poder anti radical que podría relacionarse con el incremento del tiempo de vida útil del producto, sin embargo son necesarios más estudios que permitan conocer el comportamiento del fruto frente a la radiación UV-C.

ABSTRACT

Star fruit (*Averroha carambola* L.) is an exotic fruit, subtropical, of Asian origin, belonging to the family of oxalidáceas, introduced in Ecuador 30 years ago. Nutritionally it is a source of antioxidants, water, vitamins and minerals, as desired by the five-pointed star for the decoration of dishes and gourmet cuisine. It is characterized by being highly perishable and susceptible to browning and tissue damage. Not recommended for storage at temperatures below 5 ° C. On the other hand, minimally processed foods are those that still fresh, have a prior process of selection, classification, peeled, cut, washed, disinfected and packaged but these operations accelerates the metabolism of the product may cause increased oxidation, deterioration of sensory characteristics, loss of nutrients and the growth of microorganisms. The application of UV-C in fruits and vegetables such as post-harvest technology has proved an effective system that prolongs its shelf life and has been shown to induce the accumulation of substances with antioxidant capacity like phenolic compounds in various fruits. The aim of this study was to examine changes in the antioxidant capacity of star fruit (*Averroha carambola* L.) treated with minimally processed UV-C radiation during refrigerated storage. Freshly harvested fruits, washed and selected, cut into slices 5 mm wide, divided into two groups: treated fruits (13 kJ/m²) and untreated (control) and stored in plastic trays covered with PVC film for 21 days. At 0.7, 14 and 21 days was determined by weight loss, loss of electrolytes, total sugars, surface color, we quantified the content of total phenols, flavonoids, vitamin C and anti-radical power. There was no significant difference in weight loss. Treatment with UV-C reduced the loss of electrolytes that may be related to less deterioration of membrane integrity and therefore the delayed onset of symptoms of damage. The treated fruits maintained a better visual appearance as color parameters analyzed, plus the total sugar content increased, which

indicates that the treated fruit could be sweeter and softer than the control fruit. In the fruits treated, there was an accumulation of total phenolic content, flavonoid decreased and increased anti radical power, however there was loss of vitamin C throughout the storage. The results suggest that UV-C treatment induces an accumulation of total phenols and anti-radical power that could be related to the increased lifespan of the product, but we need more studies to understand the behavior of the fruit against radiation UV-C.

1. INTRODUCCIÓN

La carambola (*Averrhoa carambola* L.) pertenece a la familia de las oxalidáceas, es una fruta exótica cotizada en los mercados internacionales, conocida popularmente como “fruta estrella” o “star fruit”. Es originaria de Indonesia y Malasia y sus cultivos se han extendido a otros países tropicales de Asia y América. Actualmente los principales productores de carambola son Tailandia, Brasil, Colombia y Bolivia. Recibe distintos nombres: en la República Dominicana, “cinco dedos”; en Costa Rica, “tiriguro”; en Brasil, “caramboleiro” y en Venezuela, “tamarindo chino” o “tamarindo dulce”. Es una fruta con una forma muy atractiva, de gran empleo en la decoración de diversos platos exquisitos (Zudaire & Yoldi, 2001).

El cultivo de carambola fue introducido hace aproximadamente unos treinta años en el Ecuador, siendo de consumo interno limitado. Sin embargo, los mercados de exportación para la carambola son interesantes y el Ecuador tiene condiciones apropiadas para desarrollar este producto (SICA, 2001).

Estudios en la carambola demuestran que es extraordinariamente rica en vitaminas A y C, oxalato de calcio, fibra soluble y potasio, por lo que su consumo es muy recomendable para niños, jóvenes, adultos, deportistas, mujeres embarazadas o madres lactantes y adultos mayores. Sin embargo, son escasos los estudios realizados sobre los compuestos antioxidantes de este fruto (Zudaire & Yoldi, 2001).

Las frutas y hortalizas pueden consumirse enteras, procesadas o mínimamente procesadas en fresco (denominados comercialmente de la IV Gama), estas últimas constituyen un sector de rápido crecimiento en la industria de los alimentos y tratándose de productos muy perecederos, deben ser manipulados siguiendo estrictas normas de control de calidad (Lobo & González, s.f).

Por lo general, los alimentos mínimamente procesados se mantienen en buenas condiciones para ser consumidos entre siete y diez días. Las pérdidas de calidad más importantes que sufren se deben a la presencia de superficies cortadas y tejidos vegetales dañados, ya que dicho proceso no puede asegurar la esterilización o la estabilidad microbiológica del producto debido a que su metabolismo sigue estando activo. Así, las reacciones de degradación que se producen afectan a cualidades organolépticas tales como el color, firmeza, aroma, sabor y valor nutricional haciéndolo más susceptibles a perder su calidad higiénico-sanitaria (Lobo & González, s.f).

Es necesario conocer sobre todos los cambios fisiológicos de la maduración de los frutos para de esta forma poder mejorar la calidad de las mismas y evitar las grandes pérdidas poscosecha durante el transporte almacenamiento y distribución del producto, buscando nuevas alternativas que eviten su deterioro (Buitrago & Escobar, 2009).

Entre los métodos que ayudan a evitar y reducir el envejecimiento de las frutas, encontramos las atmósferas modificadas, atmósferas controladas, almacenamiento refrigerado, pre-enfriamiento utilizando aire forzado, tratamientos térmicos, desinfectantes y radiación UV-C. Esta última es una excelente iniciativa debido a que, por su efecto inhibitor sin dejar residuos

químicos y sus bajos costos, logra ser aplicable en nuestro medio (González, Wang, Buta & Krizek, 2001).

La tecnología UV-C a más de conservar y prolongar la vida útil de frutas y vegetales reduce la cantidad de microorganismos presentes en los mismos (Mercier, 1997). La luz ultravioleta induce un estrés biológico que resulta un mecanismo de defensa de los tejidos mediante la producción de fitoalexinas relacionadas con la tolerancia inducida contra los procesos del deterioro (Douillel, Jeandet, Adrian & Bessis, 1999).

La acumulación de fitoalexinas podría desencadenar otras reacciones de defensa como las modificaciones de la pared celular y la actividad antioxidante, la misma que ha reportado altos beneficios para la salud.

Se ha comprobado en mangos y duraznos (González, Ayala, Rivera, Zavaleta, Villegas & Tejedor, 2004) que la aplicación de la tecnología UV-C impidió la oxidación de estos productos, protegiéndolos contra daños en las membranas, así como una reducción contaminante de los síntomas de daño por frío y decaimiento.

Adicionalmente, algunos estudios sugieren que la UV-C puede alterar la composición nutricional de algunas frutas y hortalizas, revelando su uso potencial en “alimentos funcionales” (aportan beneficios para la salud más allá de la nutrición básica), bajo un sistema patentado por investigadores españoles se puede obtener 10 veces más contenido de resveratrol (compuesto asociado con propiedades anticancerígenas) en uvas (Cantos, Espin, Fernandez, Olivia &

Tomas, 2003), cuando se exponen a la luz UV-C después de cosechadas. Además se estima que las uvas producen resveratrol en cantidad similar a la obtenida en siete vasos de vino tinto (Rivera, Gardea, Martínez, Rivera & González, 2007). Estas recientes investigaciones sobre los radicales libres han confirmado que los alimentos ricos en antioxidantes juegan un papel esencial en la prevención de enfermedades neurodegenerativas, cardiovasculares y cancerígenas, alteraciones neurológicas como el Parkinson y Alzheimer, así como también inflamaciones y problemas ocasionados por el envejecimiento celular. En los últimos años, la búsqueda de nuevos antioxidantes naturales para el control de enfermedades ha crecido notablemente. En este sentido, los extractos de plantas y diferentes clases de fitoquímicos han demostrado ser una fuente importante de compuestos con marcada actividad antioxidante, permitiendo el crecimiento acelerado de investigaciones en esta área (Álvarez, Jiménez, Posada, Rojano, Gil, García & Durango, 2008).

La investigación sobre la radiación ultravioleta en frutas cosechadas toma importancia, ya que al someterlas a este tratamiento se puede inducir un tipo de estrés que, según resultados reportados en otros productos como mango (González et al., 2001), mandarina (Stevens, Wilson, Khan, Chalutz, Droby, Kabwe, Haung, Adeyeye, Pusey, Wisniewsky & West, 1996) y pimiento (Vicente, Pineda, Lemoine, Civello, Martínez & Chaves, 2005), entre otros, aumentan o mantienen su capacidad antioxidante, prolongando su tiempo de vida útil y características organolépticas (Ayala, Wang, Wang & González, 2005).

Además por ahorrar espacio físico, fácil aplicación, poco mantenimiento y bajos costos la irradiación UV-C es considerada por Rivera et al., (2007); Guerrero &

Barbosa (2004) y Pombo, (2009) como una atractiva opción de tratamiento poscosecha para la conservación de frutas y hortalizas.

De igual manera es relevante conocer la concentración de componentes funcionales presentes en la carambola una vez sometida a la radiación UV-C con el fin de promover su consumo, asegurar el suministro de sustancias antioxidantes en la dieta e incentivar el consumo de la fruta, ya sea por un tiempo de vida útil prolongado o por mejor presentación visual del mismo, favoreciendo la promoción de cultivos no tradicionales en el Ecuador (Andrade et al., 2010).

En nuestro país son escasos los estudios del uso de la radiación UV-C como una tecnología poscosecha en frutos, así como su influencia sobre el contenido de antioxidantes, por lo que es necesario aportar en futuras investigaciones en este campo.

El presente trabajo de investigación forma parte del proyecto: “Influencia del tratamiento UV-C sobre el tiempo de vida útil y propiedades antioxidantes de productos de IV gama (mínimamente procesados) de carambola (*Averrhoa carambola L.*)”, desarrollado en los laboratorios de Microbiología y Química de Alimentos de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Tecnológica Equinoccial.

Los resultados obtenidos permitirán conocer la concentración de componentes funcionales presentes en la carambola sometida a radiación UV-C con el fin de promover su consumo y prolongar su tiempo de vida útil. Al mismo tiempo se generará información que será utilizada como antecedente para futuras

investigaciones, así como dar a conocer a la comunidad el valor nutricional agregado del producto.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de la radiación UV-C sobre la capacidad antioxidante de carambola (*Averroha carambola* L.) mínimamente procesada.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar el efecto de la radiación UV-C sobre la pérdida de peso, color superficial, azúcares totales y pérdida de electrolitos de carambola (*Averroha carambola* L.) mínimamente procesada.
- Analizar el efecto de la radiación UV-C sobre el contenido de compuestos fenólicos (fenoles totales y flavonoides) de carambola (*Averroha carambola* L.) mínimamente procesada.
- Analizar el efecto de la radiación UV-C sobre el contenido de vitamina C de carambola (*Averroha carambola* L.) mínimamente procesada.
- Analizar el efecto de la radiación UV-C sobre el poder anti radical de carambola (*Averroha carambola* L.) mínimamente procesada.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 GENERALIDADES DE LA CARAMBOLA

La fruta china, como comúnmente se la conoce en el Ecuador; es originaria de Indonesia y se ha introducido con excelentes resultados en regiones tropicales. Se cultiva en Malasia, Israel, China, Tailandia, India, Filipinas y Australia entre otras. Algunas especies son cultivadas en las islas del Caribe, Centroamérica, la parte tropical de Sudamérica (Colombia, Ecuador, Bolivia y Brasil), en el este tropical de África y en el estado de la Florida (Estados Unidos) (FAO, 2006).

En Ecuador, la carambola se siembra a pequeña escala específicamente en las zonas subtropicales del país, donde se cultiva de manera silvestre y bastante rústica (SICA, 2001). Tiene una forma muy curiosa, ovalada, alargada, con cinco aristas o alas y, al corte, de estrella de cinco puntas (Figura 1) es de pequeño tamaño, con una longitud que oscila entre 7 y 12 centímetros. Posee una piel fina, lustrosa y comestible, de color entre verde o dorado y amarillo-anaranjado cuando está madura. Su peso oscila entre 100 y 200 gramos (Zudaire & Yoldi, 2001).



Figura 1. Fruto de carambola
(Arroyo et al., 2010)

La Figura 2 muestra claramente que el árbol de la carambola es de hoja perenne, su altura varía de 6 a 9 m, el área media de la copa (0.9 a 2.1 m) es la zona de mayor producción de frutos. Las hojas son compuestas con una longitud de 15 a 30 cm. Las flores se disponen en inflorescencias, son agraciadas, perfumadas, pequeñas (1 cm de diámetro), de color rosado-azul y tienen 5 sépalos y 5 pétalos. Usualmente no hay más de 10 a 12 semillas por fruto. Las semillas son comestibles, delgadas, de color carmelita claro, tienen una longitud de 0.6 a 1.3 cm y están encerradas en un arilo gelatinoso. (Crane & Balerdi, 2009).



Figura 2. Árbol, hojas, flores y semillas de carambola

(Crane, 1994; Sánchez de Lorenzo, 2003; Bora, 2011)

La carambola es considerada como una fruta exótica, bastante apetecida por el mercado internacional, comercializada de manera interna en el país debido a su corta vida útil y por malas prácticas de manejo poscosecha, pero con intenciones de profundizar sus volúmenes de producción y exportación (SICA, 2001).

2.1.1 COMPOSICIÓN NUTRICIONAL

El fruto de carambola aporta pocas calorías (alrededor de 31 calorías por cada 100 gramos de fruta) esto se debe a que contiene gran cantidad de agua y poco contenido de hidratos de carbono, grasas y proteínas (Crane & Balerdi, 2009).

Se recomienda el consumo de carambola por su gran aporte de provitamina A (90 mg) y vitamina C (35 mg), ya que la provitamina A (o beta caroteno) se transforma en Vitamina A en el organismo conforme este lo necesita. Esta vitamina es esencial para la visión, el buen estado de la piel, el cabello las mucosas, los huesos y para el buen funcionamiento del sistema inmunológico. Por otro lado, la vitamina C interviene en la formación de colágeno, huesos, dientes, glóbulos rojos y favorece la absorción del hierro de los alimentos, además de combatir infecciones (Zudaire & Yoldi, 2001).

Ambas vitaminas, cumplen además una función antioxidante ya que contribuyen a reducir el riesgo de múltiples enfermedades, entre ellas, las cardiovasculares, las neurodegenerativas e incluso el cáncer; enfermedades que se conoce son originadas por radicales libres, de manera que el sistema nervioso y sistema inmunológico son los principales beneficiados con su ingesta (SICA, 2001).

En cuanto a minerales, se destaca el potasio, que en pequeñas cantidades es el principal encargado de la transmisión y generación del impulso nervioso, de la actividad muscular, y de la hidratación y regulación celular. Además este fruto es rico en oxalato de calcio y fibra soluble (Zudaire & Yoldi, 2001), según se indica en la Tabla 1.

Tabla 1. Composición Nutricional de carambola en 100 g de la parte comestible

| Componentes mayores (g) | | Minerales (mg) | | Vitaminas (mg) | |
|--------------------------------|------|-----------------------|-------|-----------------------|-------|
| Agua | 90.0 | Calcio | 5.0 | Tiamina | 0.04 |
| Carbohidratos | 9.0 | Fosforo | 18.0 | Riboflavina | 0.02 |
| Grasas | 0.3 | Hierro | 0.4 | Niacina | 0.30 |
| Proteínas | 0.5 | Potasio | 133.0 | Ácido ascórbico | 35.00 |
| Fibra | 0.6 | | | Carotenno | 90.00 |
| Cenizas | 0.4 | | | | |

(Tello, García & Vásquez, 2002)

2.1.2 COSECHA Y CONSERVACIÓN DE CARAMBOLA

Para verificar que el fruto de carambola se encuentra en buen estado se examinan los siguientes parámetros; firmeza, color, ausencia de manchas verdes, ligeros visos de color café en los bordes, pulpa jugosa y crocante. Por el contrario si no cumple lo establecido en la norma del Codex para la Carambola (CODEX STAN 187-1993), o el producto está suave, golpeado, con picaduras de insectos o pájaros, cicatrices de viento o marchitamiento, será rechazado o castigado en el precio (FAO, 2006).

Según la FAO la carambola es una fruta no climatérica, por esta razón se considera idónea la cosecha de 40 a 50 días de aparición de la fruta, ya que en este intervalo de tiempo comienza a madurar; cambia su color de verde pálido a ligeramente amarillo. El índice de madurez comercial es de $\frac{1}{2}$ o $\frac{3}{4}$ coloración

amarilla total del futo, reflejando buena firmeza. Se la recoge cuidadosamente a mano, con guantes y se las coloca en canastillas (FAO, 2006).

Si su destino son mercados cercanos, entonces, la cosecha se realiza cuando los frutos están amarillos, por el contrario si su destino es lejano la fruta se cosecha de color verde (Figura 3) o con ligero tinte amarillo; colocándolas en cajas con la base del pedúnculo hacia abajo (Casaca, 2005).



Figura 3. Carambola de color verde

(Sánchez de Lorenzo Cáceres, 2003)

El consumidor es bastante exigente; por lo que el color de los frutos puede ser un factor decisivo en la aceptación o rechazo del producto. Una vez cosechada es preferible conservarla en un lugar fresco, lejos del contacto directo con la luz del sol. Si al comprarla aún está verde, se debe dejar a temperatura ambiente (20°C). Una vez madura, se recomienda guardar la carambola en la nevera, donde se conserva en óptimas condiciones hasta dos o tres semanas a una temperatura no inferior a 5°C (SICA, 2001).

2.1.3 USOS

El fruto se puede consumir en fresco, entero, rebanado y en ensaladas. Se cocina o asa y se sirve en diferentes platos, pasteles, tortas, estofados, bebidas, mermeladas, ensaladas, puré, compota, frutas combinadas, almíbar y se deshidrata. La Figura 4 muestra un jugo casero de carambola.



Figura 4. Jugo casero de carambola

(Hidalgo, 2009)

Es una buena combinación en platos de cocina gourmet y un excelente ingrediente en charoles de quesos y ensaladas de frutas rociadas con limón. No es necesario cortar la cáscara o las semillas que ocasionalmente aparecen (Morton, 1987).

Debido a su forma inusual, uno de los principales usos de la fruta es en la decoración de postres y pastelería y platos en general (Figura 5). La fruta es muy vistosa, ya sea completa o en rodajas (FAO, 2006).



Figura 5. Decoración de platos con carambola

(Gallegos, 2010)

2.1.4 POSCOSECHA DE CARAMBOLA

El fruto debe ser manipulado cuidadosamente, ya que es muy susceptible a daños por golpes y roces. Se evidencian daños tales como pardeamiento de las aristas (Figura 6), aparición de manchas superficiales de color café, agrietamientos de la corteza y aparición de hongos; asimismo en frutos refrigerados se presenta disminución del aroma característico y alteración del color, observándose frutos de color café oscuro al final del almacenamiento (PRONATTA, 2000).



Figura 6. Pardeamiento de las aristas

(PRONATTA, 2000)

Además la carambola tiende a presentar magulladuras o daños mecánicos (Figura 7), daños de insectos, daños de pájaros, cicatrices a causa del viento y pudriciones, debido a su mal manejo durante el transporte y almacenamiento.



Figura 7. Daños mecánicos

(PRONATTA, 2000)

En el mercado se evitan productos blandos, manchados o excesivamente pardeados en las aristas, para evaluar estos daños Palacios & Rodríguez (2001) proponen una escala para la evaluación de la calidad general de los frutos como se puede observar en la Figura 8.



Figura 8. Clasificación de carambola según su calidad

(Palacios & Rodríguez, 2001)

2.2 PRODUCTOS MÍNIMAMENTE PROCESADOS O DE IV GAMA

Se consideran alimentos de IV GAMA aquellos que se encuentran en estado fresco, mínimamente procesados y conservados bajo cadena de frío listos para ser consumidos; abarcando procesos previos como selección, elección óptima, clasificación, pelado, cortado, lavado, desinfectado y envasado (Arroyo, 2010).

Los productos mínimamente procesados que pertenecen a la IV GAMA se pueden clasificar dentro de cinco diferentes categorías; la primera se refiere únicamente a alimentos frescos enteros, la segunda incluye conservas, la tercera encierra alimentos congelados, la cuarta ya mencionada y la quinta se refiere a productos cocidos o platos preparados (Rotondo, Ferratto,& Firpo, 2008).

El interés de consumir carambola mínimamente procesada ha aumentado debido a que presentan una atractiva forma de estrella al corte, como muestra la Figura 9, que se utiliza en diversos platos o como garnish en cuanto al arte culinario (De Almeida, Durigan, Mattiuz, Alves, O´ Hare, 2005).



Figura 9. Carambola en forma de estrella al corte

(Zudaire & Yoldi, 2001).

2.2.1 BENEFICIOS DEL CONSUMO DE PRODUCTOS MÍNIMAMENTE PROCESADOS

El alimento mínimamente procesado proporciona al consumidor un producto muy parecido al fresco con una vida útil de siete a diez días, listos para ser consumidos, manteniendo su calidad nutritiva y sensorial (Rotondo et al., 2008).

Además reduce el espacio durante su transporte y almacenamiento como se observa en la Figura 10, ayuda a disminuir el tiempo de preparación de las comidas, (que es muy escaso), proporcionando calidad uniforme y constante del producto durante todo el año; siendo más asequibles y económicos para el usuario debido a la reducción de desperdicios.



Figura 10. Carambola mínimamente procesada almacenada.

(Sánchez, Rivera & Tobar, s.f)

Según Rotondo et al. (2008), en la actualidad se ha incrementado el consumo de frutas y verduras debido a una concientización global sobre las afecciones

que se puede sufrir con la ingesta de dietas ricas en grasas saturadas y calóricas; además el estilo de vida y los hábitos familiares han cambiado en los últimos años, lo que favorece significativamente a la introducción de productos hortofrutícolas pre cortados, llegando a representar del 8 al 10% del total de frutas y hortalizas frescas comercializadas.

Con este antecedente, se deduce que la tendencia del mercado actual es la siguiente: aumento de la demanda de productos de calidad, de productos mínimamente procesados y del consumo de frutas y hortalizas.

2.2.2 DESVENTAJAS DEL CONSUMO DE PRODUCTOS MÍNIMAMENTE PROCESADOS

Pese a la evidencia del crecimiento en la demanda de productos frescos, el consumidor medio no considera criterios de inocuidad de los alimentos que consume. Más bien el criterio habitual son los parámetros físicos y el precio; desgraciadamente si un alimento está contaminado normalmente no se aprecia directamente por los sentidos; y al ser mínimamente procesados, el producto es fresco y por lo tanto crudo. Lo que implica que pueden contener microorganismos alterantes y patógenos si no se ha realizado un tratamiento de desinfección previo adecuado (Rodríguez & Rodríguez, 2007).

Además el proceso de cortado hace que los vegetales sean más susceptibles al deterioro químico y microbiológico debido a que durante este proceso las células son destruidas y se liberan exudados ricos en minerales, azúcares, vitaminas, y otros compuestos. Estos nutrientes pueden permitir el crecimiento

de los microorganismos que han sobrevivido a las operaciones previas, lo que obliga a extremar las buenas condiciones de manipulación (Rodríguez & Rodríguez, 2007).

El agua de riego, el suelo y los fertilizantes orgánicos son algunas de las fuentes posibles de la contaminación en los campos. La estacionalidad también influye en la microflora presente en el producto. La contaminación puede ocurrir durante la cosecha, el transporte, el proceso, o el almacenaje. Por lo tanto, los productos mínimamente procesados deben ser almacenados en refrigeración, usar agua tratada o aplicar productos químicos esterilizantes compatibles con el producto y con la salud, como el hipoclorito o ácidos orgánicos (Rodríguez & Rodríguez, 2007).

Se debe mencionar también que son más caros que el producto a granel, por lo que requieren una gran rotación, una logística muy especializada, y un sector de población con un poder adquisitivo medio (Rotondo et al., 2008).

Otro de los problemas de la utilización de rebanadas frescas de carambola es su susceptibilidad al pardeamiento (Figura 11), resultante de la oxidación de sustratos fenólicos (De Almeida et al., 2005), la explicación a este fenómeno señala que se debe a la oxidación catalizada por la enzima polifenol oxidasa (PPO) sobre los fenoles transformándolos en quinonas que se polimerizan o reaccionan con grupos amino de diferentes compuestos formando compuestos coloridos (Aquino & Mercado, 2002).



Figura 11. Carambola mínimamente procesada pardeada

(Arroyo, Andrade & Moreno, 2011)

Rotondo et al. (2008), aseguran que estos daños aceleran el metabolismo, provocando deterioro de características sensoriales deseables, pérdida de nutrientes, así como desarrollo de microorganismos, que llevan a un rápido decaimiento de la calidad y pérdidas económicas.

Razón por la que varios investigadores que proponen la aplicación de radiación UV-C en estos alimentos como una solución a la contaminación microbiana. Este tratamiento físico es similar a la aplicación del calor, sólo que en lugar de aplicar energía en forma de calor, lo hace mediante radiaciones no ionizantes a través de lámparas. Es importante destacar que al aplicar la radiación, no se aplican partículas, sino sólo energía, por lo que los alimentos no se vuelven radiactivos (Rodríguez & Rodríguez, 2007).

2.3 RADIACIÓN ULTRAVIOLETA

La luz ultravioleta es una radiación no ionizante con una longitud de onda de 100 a 400 nm. Su nombre se origina por su rango inicial, ya que empieza con longitudes de onda cortas; lo que los humanos identificamos como el color

violeta. Esta radiación puede ser producida por los rayos solares (Figura 12) y produce varios efectos en la salud. Fue descubierta en 1800 por el físico alemán Johann Wilhelm Ritter (Hermans & Bicay, 2000).



Figura 12. Radiación Ultravioleta producida por los rayos solares
(Verástegui, 2010)

Se clasifica en tres tipos: UV-A llamada “luz negra” u onda larga de rayos UV, que no es absorbida por la capa de ozono, con longitud de onda de 315-400 nm. UV-B conocida como onda mediana, absorbida en su mayor parte por la capa de ozono, pero una parte llega a la superficie terrestre, longitud de onda desde 280 hasta 315 nm y UV-C el “germicida” u onda corta, completamente absorbida por la capa de ozono y el oxígeno, que oscila entre 200 y 280 nm, según se observa en la Figura 13 (Rivera et al., 2007).

La radiación UV-A y UV-B que llega a la superficie de la tierra contribuye a los trastornos graves de salud tales como cáncer de piel, inhibición del sistema

inmunitario, cataratas y envejecimiento prematuro de la piel (Rivera et al., 2007).

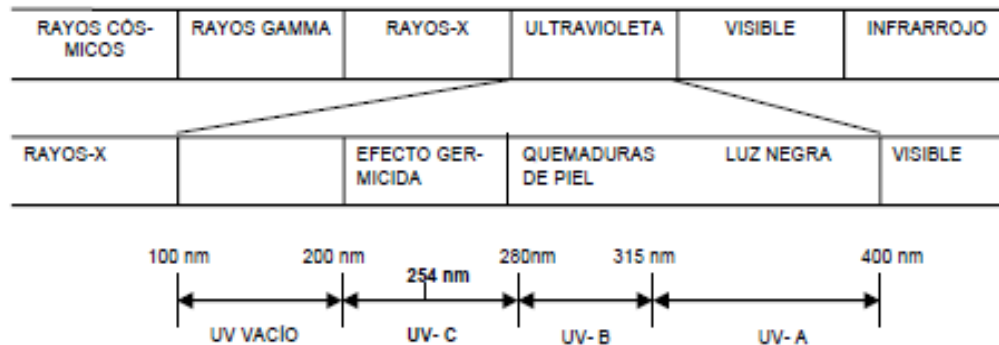


Figura 13. Espectro electromagnético

(Snowball & Hornsey, 1988)

Gral & Pasotti (2006) explican que la luz que se recibe del sol es radiación electromagnética que se desplaza a 300.000 km/s, en su totalidad, pero la longitud de onda no es la misma en todos los fotones luminosos, sino que varía entre los 400 nm y los 700 nm. La luz blanca se descompone, en definitiva, en un espectro de diferentes bandas coloreadas, cada una definida por una longitud de onda distinta.

Las radiaciones que van desde el violeta al rojo se dice que forman el espectro visible, pues proceden de la descomposición de la luz blanca, como muestra la Figura 14, las radiaciones de longitud de onda inferior al violeta se llaman radiaciones ultravioletas, rayos X y rayos gamma, por orden decreciente en la longitud de onda y las radiaciones de longitud de onda superior al rojo son las

denominadas infrarrojas, microondas y ondas de radio, por orden creciente en longitud de onda (Gral & Pasotti, 2006).

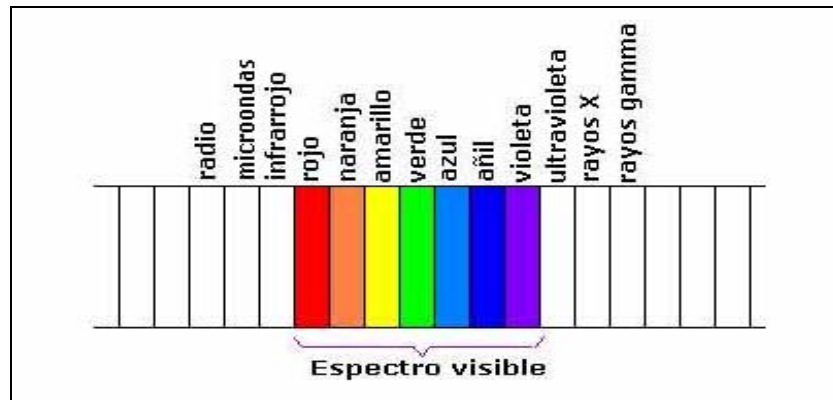


Figura 14. Espectro de la radiación

(Gral & Pasotti, 2006)

2.3.1 RADIACIÓN UV-C

La irradiación UV-C tiene su máximo pico de emisión a 254 nm y se ha comprobado que es en esta longitud de onda donde presenta su mayor acción germicida, por lo que ha sido ampliamente estudiada en varios tejidos vegetales como un tratamiento poscosecha alternativo para su preservación (Rivera et al., 2007).

Es importante tener en cuenta que el grado de destrucción o inactivación de los microorganismos es altamente dependiente de la dosis de UV-C utilizada. La misma se expresa en el Sistema Internacional (SI) de unidades en Joules por metro cuadrado ($J m^{-2}$) (Pombo, 2009)

Según Rivera et al. (2007), al aplicar determinada intensidad y longitud de onda de radiación ultravioleta, puede inducir un estrés biológico en plantas y activar algunos mecanismos de defensa de los tejidos vegetales, produciendo fitoalexinas como consecuencia. La acumulación de estos compuestos podría estar acompañada por otros sistemas de defensa inducidos como son la modificación de las paredes celulares, la síntesis de enzimas de defensa e inclusive la muerte celular.

La dosis de aplicación de UV-C oscila entre 1 y 5 minutos, tiempo que no incrementa significativamente la temperatura del tejido (alrededor de 1 a 3 °C) y tampoco produce alteraciones; por el contrario, favorece los procesos deteriorativos del producto sin dejar residuos ni afectar las características sensoriales del alimento. La sensibilidad de los tejidos difiere del genotipo del mismo; ya que en ocasiones una alta exposición al tratamiento con UV-C puede oxidar los compuestos bioactivos del fruto como por ejemplo la vitamina C, carotenos y fenoles oscureciendo la superficie el tejido (Rivera et al., 2007).

Los tratamientos con UV-C han demostrado su capacidad para extender la vida postcosecha, reducir las pérdidas, mantener e inclusive en algunos casos mejor la calidad de los productos (Pombo, 2009).

Por ejemplo al irradiar floretes de brócoli a dosis de 10 y 14 KJ/m², produjo un retraso en el desarrollo del color, menor índice de daño, y aumento en la capacidad antioxidante (Costa et al., 2006). Además de retasar el desarrollo de maduración y retener la firmeza inicial en tomate sometido a radiación UV-C de 8 KJ/m² (Robles, De campos, Gómez, Calderón, Ferrer & Artés, 2007)

2.3.2 INACTIVACIÓN DE MICROORGANISMO POR UV-C

El efecto germicida de la radiación con UV-C es conocido desde hace mucho tiempo. Se la ha utilizado principalmente para el tratamiento de enfermedades, esterilización de materiales de uso en medicina y en diferentes industrias donde la contaminación microbiológica es un problema (Guerrero & Barbosa, 2004).

Numerosos estudios demuestran que la irradiación UV-C reduce el crecimiento de microorganismos en superficies inertes y en frutos, debido a que su mecanismo directo de acción reside en el daño que causa al ADN, generando mutaciones que bloquean la reproducción celular, la cual si no se repara conduce a la muerte celular. La radiación UV-C también actúa de manera indirecta al inducir mecanismos de resistencia por acumulación de compuestos fungicidas como fenoles, flavonoides y poliaminas (Rivera et al., 2007).

Profundas investigaciones indican que la irradiación UV-C inactiva varios tipos de microorganismos, tales como *Botrytis cinerea* que causa pudrición en fresa (Baka, Mercier, Corcuff, Castaigne & Arul, 1999), *Penicillium digitatum* en mandarina, *Monilinia fructicola* en durazno, *Rhizopus stolonifer* en tomate (Stevens et al., 1996; Stevens et al., 1998; Stevens et al., 1997; Stevens et al., 2004), *Salmonella spp.* y *Escherichia coli* en manzana (Yaun, Summer, Eifert & Marcy, 2004), y levaduras, hongos y *Pseudomona spp.* en melón cortado (Lamikanra, Kueneman, Ukuku & Bett, 2005).

Por ser letal para la mayoría de microorganismos, la aplicación de luz UV-C en frutas y hortalizas ha resultado un sistema efectivo para prolongar su tiempo de vida útil, siempre y cuando se lleve a cabo un estricto control de las prácticas de seguridad e higiene. Por lo que se deberá tomar en cuenta que la mayoría de

reportes sugieren que la matriz (composición química y ordenamiento estructural) propia del alimento, juega un papel importante en el daño causado por la irradiación UV-C en el ADN de los microorganismos, ya que dosis similares de UV-C tienen efectos diferentes en el crecimiento de una misma especie microbiana (Shama & Alderson, 2005); por ello es imprescindible evaluar esta tecnología en cada producto en particular para poder definir las condiciones óptimas de aplicación.

2.3.3 EFECTO HÓRMICO Y RETRASO DE MADURACIÓN POR UV-C

La luz UV-C, puede inducir resistencia a varios factores en tejidos vía “hormesis” que se refiere a la utilización de un agente que normalmente es perjudicial para los seres vivos, pero que en bajas dosis permite obtener un efecto benéfico (Pombo, 2009).

La exposición de los tejidos a dosis bajas de irradiación UV-C puede inducir la producción de compuestos fungicidas como fitoalexinas y retrasar procesos de maduración y senescencia. En el sector hortícola eso permite reducir las pérdidas poscosecha ocasionadas por desórdenes fisiológicos, como daño por frío, susceptibilidad al ataque de fitopatógenos, daños mecánicos, pérdida de firmeza y otros (Rivera et al., 2007).

La exposición a UV-C reduce la pérdida de firmeza en frutillas (Pan, Vicente, Martínez, Chaves & Civello, 2004); un factor determinante de la vida poscosecha de éste y otros frutos está relacionado con una baja conductividad de la membrana, lo que indica un estado de senescencia menos avanzada.

Estudios anteriores atribuyen el retraso de la maduración de futas y hortalizas tratadas con UV-C a los altos niveles de putrecina y espermina encontrados en tejido de tomate (Maharaj, Arul & Nadeau, 1999); y en trozos de melón procesados bajo este tratamiento presentaron mejor firmeza al parecer por un mecanismo similar encontrado en el tomate (Lamikanra et al., 2005) pues se dice que la actividad antisenescente de las poliaminas radica en su alta capacidad para secuestrar radicales libres que suprimen la degradación de la pared celular, ya que los componentes de la membrana (fosfolípidos y glicolípidos) y de la pared (proteínas y ligninas) absorben energía en el rango ultravioleta; al mismo tiempo la UV-C genera especies reactivas de oxígeno que causan estrés oxidativo que afecta la estabilidad de la pared y de la membrana celular. Una respuesta de defensa a este efecto involucra el aumento o activación de compuestos antioxidantes y la inactivación de enzimas en algunos sistemas vegetales (Rivera et al., 2007).

2.3.4 VALOR NUTRICIONAL AGREGADO

La irradiación con UV-C es una tecnología capaz de aumentar las propiedades benéficas de los frutos, debido a que activa distintas vías metabólicas involucradas en la síntesis y acumulación de metabolitos secundarios, algunos de los cuales están bien caracterizados por su impacto positivo sobre diversos aspectos de la salud humana (Pombo, 2009).

Se han reportado casos en los que la irradiación UV-C modifica las propiedades nutricionales de frutas y hortalizas, como la acumulación de fitoalexinas y el incremento de algunas vitaminas y antioxidantes (Rivera et al., 2007).

Tal es el caso de uvas para mesa y vino (Cantos, Espin & Tomas, 2001; Cantos, Espin & Tomas, 2002; Cantos et al, 2003) en los que al someterlos a este tratamiento aumentó su cantidad de compuestos fenólicos en especial de resveratrol y piceatanol, por otro lado, frutos de pimiento rojo irradiados con UV-C mostraron un aumento inmediato en la capacidad antioxidante durante su almacenamiento a 10°C y a partir del día 18 los frutos marcaron diferencias significativas frente a los frutos control (Vicente et al., 2005).

En mango fresco cortado e irradiado, se notó incremento de la capacidad antioxidante relacionado con aumentos en los contenidos de fenoles y flavonoides totales (González, Villegas, Martínez, Gardea & Ayala, 2007). Y en frutos de fresa y manzana la radiación UV-C indujo la síntesis de antocianinas, mejorando su calidad nutricional (Baka et al., 1999).

2.4 ANTIOXIDANTES

Se trata de un grupo de vitaminas, minerales, colorantes naturales y otros compuestos existentes en frutas, legumbres, verduras, hortalizas y cereales integrales, que secuestran a los radicales libres para impedir el daño en los tejidos. Como se observa en la Figura 15, tienen como función principal proteger a las sustancias de la oxidación, oxidándose ellas mismas; ya que donan electrones para que éstos no los roben de nuestras células y así retrasar el proceso de envejecimiento y aparición de enfermedades degenerativas (Garrido, 2004).

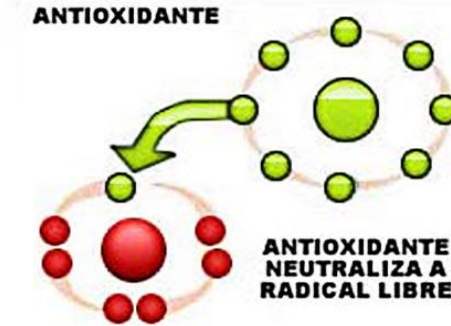


Figura 15. Función de un Antioxidante

(Evoy, 2011)

Algunas investigaciones recientes han confirmado que los alimentos ricos en antioxidantes juegan un papel esencial en la prevención de enfermedades neurodegenerativas, cardiovasculares y cancerígenas, males como el de Parkinson y Alzheimer e inflamaciones y problemas ocasionados por el envejecimiento celular como las cataratas o las alteraciones del sistema nervioso (Álvarez et al., 2008).

Estos estudios se centran principalmente en el efecto benéfico del consumo de vitamina C, vitamina E, carotenos, flavonoides, compuestos fenólicos o polifenoles, selenio y zinc; sustancias consideradas como antioxidantes naturales, que se las utiliza para el control de enfermedades neurodegenerativas, en las cuales está implicado el daño oxidativo (Murillo, 2002).

Actualmente el contenido de antioxidantes es considerado un parámetro importante de la calidad de frutas y hortalizas, razón por la que es de gran

interés evaluar los cambios en el estado de éstos después de aplicar nuevas tecnologías emergentes de conservación como tratamientos con UV-C (González et al., 2001).

Las sustancias antioxidantes se han clasificado en dos principales sistemas; el enzimático (Tabla 2) y no enzimático (Tabla 3); también conocidos como endógeno y exógeno respectivamente; los cuales pueden actuar tanto en el espacio intracelular como en el extracelular.

El primer sistema de defensa está basado en un complejo enzimático que puede incluir la superóxido dismutasa, catalasa y glutatión peroxidasa. Las mismas que impiden la formación de radicales libres a partir de otras moléculas. Si los radicales libres ya existen, estos antioxidantes se encargan de convertirlos en moléculas menos dañinas para el organismo (Zamora, 2007).

Tabla 2. Función de los antioxidantes enzimáticos

| Antioxidante enzimático | Función Fisiológica |
|--------------------------------|---|
| Superóxido Dismutasa | Dismuta radicales superóxido |
| Glutation Peroxidasa | Elimina en peróxido de hidrógeno y los hidroperóxidos orgánicos |
| Catalasa | Elimina el peróxido de hidrógeno |

(Zamora, 2007)

El segundo sistema es paralelo al primero y especialmente útil cuando el sistema endógeno se satura. Está determinado por una serie de compuestos llamados depuradores de radicales libres; los cuales intervienen logrando retrasar la producción de los radicales libres.

Ejemplos de este grupo son el glutati6n, 6cido lipoico, la bilirrubina, las ubiquinosas, los bioflavonoides, la vitamina E, la vitamina C, la vitamina A y los carotenoides; mientras que los minerales selenio, cobre, zinc y magnesio forman parte de la estructura molecular de algunas de las enzimas antioxidantes (Zamora, 2007).

Tabla 3. Funci6n de antioxidantes no enzim6ticos

| Antioxidante no enzim6tico | Funci6n Fisiol6gica |
|-----------------------------------|---|
| Vitamina E | Principal antioxidante presente en la membrana celular |
| Vitamina C | Efecto eliminador de radicales libres y recicla la vitamina E |
| 6cido 6rico | Elimina los radicales hidroxilo |
| Glutati6n | Varios efectos en la defensa antioxidante celular |
| 6cido lipoico | Antioxidante eficaz, sustituto eficaz de glutati6n |
| Carotenoides | Antioxidante de l6pidos |
| Bilirrubina | Producto del metabolismo del grupo hem de la hemoglobina y efecto a nivel extracelular |
| Ubiquinonas | Derivad de quinonas lip6dicas solubles, cuyas formas reducidas tienen efectos eficaces como antioxidantes |

(Zamora, 2007)

Según Zamora (2007), cuando los anteriores sistemas fisiológicos se saturan, ya sea por producción excesiva de radicales (radiaciones ionizantes, radiación ultravioleta, ejercicio físico extenuante, entre otros), o por descenso de la capacidad de los sistemas endógenos antioxidantes (alteración enzimática), la neutralización de los radicales libres involucra otros sistemas celulares como las membranas (peroxidación lipídica), ácidos nucleicos y proteínas lo que en última instancia conlleva a la muerte celular.

Estudios demuestran que en frutilla (Erkan, Wang & Wang, 2008), zuquinis (Erkan, Wang & Krizek, 2001) y brócoli mínimamente procesadas (Lemoine, Civello, Martínez & Chávez, 2007) la irradiación con UV-C puede causar un aumento de la capacidad antioxidante de los frutos. Además al irradiar arándanos, se observó que la capacidad antioxidante fue significativamente más elevada en los frutos tratados con respecto a los controles (Wang, Chen & Wang, 2009).

2.4.1 RADICALES LIBRES

Los radicales libres son átomos o grupos de átomos que tienen un electrón (e^-) separado, que recorre el organismo con el fin de aparearse a otro electrón que se encuentre estable y así alcanzar su estabilidad electroquímica (Figura 16). Los radicales libres son muy reactivos, ya que una vez que ha conseguido aparearse, la molécula estable que se lo cede se convierte a su vez en radical libre, formándose así una reacción en cadena que destruye las células. La vida biológica media del radical libre es de microsegundos; pero tiene la capacidad de reaccionar con todo lo que esté a su alrededor provocando un gran daño a las moléculas y a las membranas celulares (Salas, 2007).

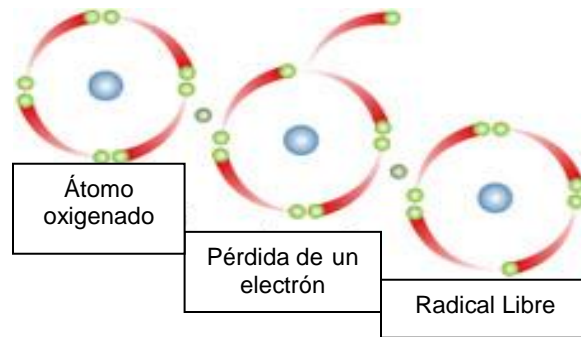


Figura 16. Formación de radicales Libres

(Boreyko, 2010)

Los radicales libres no son intrínsecamente perjudiciales. De hecho, el propio cuerpo los fabrica en cantidades moderadas para llevar a cabo determinadas funciones. Así mismo el cuerpo también produce enzimas encargadas de neutralizarlos. Estas enzimas tienen la capacidad de desarmar los radicales libres sin desestabilizar su propio estado (Salas, 2007).

Zamora (2007), manifiesta que los radicales libres son producidos fundamentalmente por células fagocíticas activadas como los monocitos, macrófagos y neutrófilos; incluyendo diversos compuestos oxidados como el peróxido de hidrógeno (H_2O_2), el anión superóxido (O_2^-) y el óxido nítrico (NO). Otras fuentes muy importantes en la producción de radicales libres son: la exposición a ciertos compuestos químicos, el estrés oxidativo típico del ejercicio físico intenso, contaminantes del aire, humo del cigarrillo, radiaciones ionizantes y no ionizantes, drogas, ciertos fármacos como el acetaminofeno, bacterias, virus, el consumo de aceites vegetales hidrogenados tales como la margarina y el consumo de ácidos grasos trans como los de las grasas de la carne y de la leche.

Además estos radicales pueden encontrarse en el interior o en el exterior de las células o incluso diseminados por todo el organismo, manteniendo actividad biológica al oxidarse, dañando principalmente el tejido conjuntivo, proteínas, enzimas, lípidos, membranas celulares, fibras de colágeno, ADN y ARN, entre otros; y su acción también la pueden ejercer sobre los leucocitos favoreciendo su activación anómala, por lo cual están implicados en la producción de enfermedades degenerativas como el cáncer, enfermedades cardiovasculares y cerebrovasculares (Zamora, 2007).

2.4.2 ESTRÉS OXIDATIVO

En determinadas circunstancias, la producción de radicales libres puede aumentar en forma descontrolada, cuando sobrepasa la concentración de antioxidantes daña lípidos, carbohidratos, proteínas y ADN, lo que provoca daño irreversible a la célula y la conduce a la muerte. A este proceso se lo conoce como estrés oxidativo (Mundo, 2005).

Se ha estimado que el estrés oxidativo contribuye al desarrollo de más de sesenta enfermedades degenerativas tales como: artritis, cataratas, cáncer, condiciones cardíacas, problemas del sistema inmunológico y del sistema nervioso (Mundo, 2005).

Ante el estrés oxidativo, el organismo debe responder con una defensa antioxidante extra. En las frutas y las legumbres se encuentran muchas

sustancias capaces de atrapar radicales libres, mejorando la defensa antioxidante. Entre estas sustancias se encuentran los compuestos fenólicos, los flavonoides y el ácido ascórbico (vitamina C), entre otros (Murillo, 2002).

2.4.3 COMPUESTOS FENÓLICOS

Los compuestos fenólicos constituyen uno de los grupos de micronutrientes presentes en el reino vegetal, siendo parte importante de la dieta tanto humana como animal. Constituyen un amplio grupo de sustancias químicas, considerados metabolitos secundarios de las plantas, con diferentes estructuras químicas y actividad, englobando más de 8.000 compuestos distintos. Estos compuestos tradicionalmente han sido considerados como antinutrientes, debido al efecto adverso de uno de sus componentes mayoritarios, los taninos, sobre la digestibilidad de la proteína. Sin embargo, actualmente se ha despertado un reciente interés por estos compuestos debido a sus propiedades antioxidantes y sus posibles implicaciones beneficiosas en la salud humana, tales como en el tratamiento y prevención del cáncer, enfermedad cardiovascular y otras patologías de carácter inflamatorio (Martínez, Perigao & Ros, 2000).

Estos compuestos son muy importantes en bioquímica vegetal, donde tienen funciones diversas: desde la coloración de flores y frutos hasta la impregnación de lignina de las paredes pecto-celulósicas. El incremento de compuestos con actividad antioxidante se asocia con la tolerancia o retraso en la aparición de daño en los tejidos (Wang et al., 1995).

Desde un punto de vista químico, los compuestos fenólicos constan de un anillo bencénico que contiene uno o diversos grupos hidroxilo (Valls, Lampreave, Nadal & Arola, s.f).

Esta estructura química está especialmente adecuada para ejercer una acción antioxidante actuando como captosres de radicales libres neutralizando peligrosas especies reactivas de oxígeno e iones metálicos quelantes. Además, debido a su reactividad, se encuentran en la mayoría de los casos combinadas con un ácido orgánico, un azúcar o bien, con ellas mismas para formar un polímero. Los compuestos fenólicos presentan un numeroso grupo ampliamente distribuido en la naturaleza. Son componentes importantes en la dieta humana, el consumo promedio de fenoles en los países europeos se estima en 23 mg/día (Gracia, s.f).

Según su estructura química, estos compuestos se pueden subdividir en flavonoides o no flavonoides como se observa en la Tabla 4, caracterizada por un esqueleto de 2 anillos bencénicos unidos por una cadena de 3 átomos de carbono ciclada en un heterociclo oxigenado.

Tabla 4. Clasificación de los compuestos fenólicos

| Fenoles Complejos | Fenoles Simples |
|--------------------------|------------------------------|
| <u>Lignan</u> os. | Fenilpropanoides simples |
| | Lactonas fenilpropanoides |
| <u>Flavonoid</u> es. | Derivados del ácido benzoico |

(Valls et al., s.f)

2.4.4 FLAVONOIDES

Los flavonoides son una clasificación dentro de los fenoles totales, fueron descubiertos por el Dr. Albert Szent-Gyorgi, quien les denominó como "vitamina P". Descubrió que los flavonoides favorecen la función de la vitamina C, mejorando su absorción y protegiéndola de la oxidación y que el color amarillo, naranja, rojo, violeta y azul de muchas flores, hojas y frutos se debe principalmente a los flavonoides (Martínez, 2005).

En su estructura química muestra que son moléculas que tienen dos anillos bencénicos (ó aromáticos) unidos a través de una cadena de tres átomos de carbono, tal como indica la Figura 17.

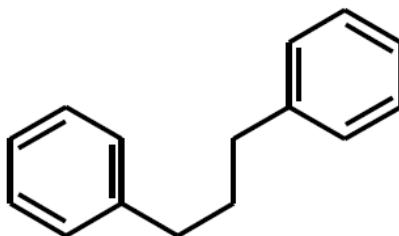


Figura 17. Estructura básica de los flavonoides.

(Martínez, 2005)

Dependiendo del grado de oxidación y de sustitución del anillo pirano central pueden subdividirse en flavonas, flavonoles, flavononas, isoflavonas, flavanos y antocianinas, véase en la Figura 18. El anillo pirano puede ser abierto (chalconas) y reciclado en un anillo furano (auronas) (Gracia, s.f).

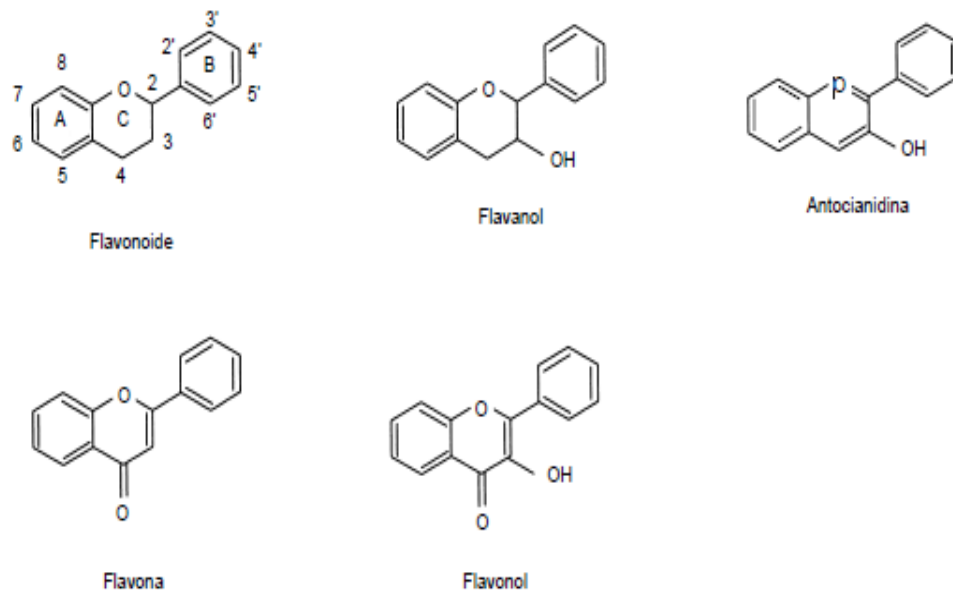


Figura 18. Tipos de Flavonoides.

(Martínez, González, Culebras & Tuñón, 2002)

Los flavonoides son importantes para el organismo debido a que logran secuestrar iones metálicos transitorios como el hierro, el cobre y el zinc, cataliza el transporte de electrones y depurar los radicales libres. Además posee acciones antivirales, antifúngicas, antialérgicas, propiedades antitrombóticas, antiinflamatorias e inclusive anticancerígenas ya que estadísticamente las poblaciones que consumen productos ricos en flavonoides presentan menos riesgos de afecciones cardiovasculares (Martínez, 2005).

Al mismo tiempo pueden aumentar la disponibilidad de antioxidantes endógenos así como la actividad de enzimas antioxidantes (Martínez et al., 2002).

Según Gracia, otra de las propiedades de los flavonoides es su capacidad para contribuir a las propiedades de los alimentos, como el sabor o la dulzura.

Utilizados en la industria de los cosméticos por su actividad desodorante y reductora de la hiperpigmentación causada por la vejez.

En el 2007, Gonzales et al., al irradiar mangos con dosis de 2,46 y 4,93 KJ m², la cantidad de fenoles totales y flavonoides aumentó. Y en el 2008, Perkins Veazie, Collins & Howard, demostraron que en arándanos tratados con radiación UV-C, diferentes flavonoides incrementaron sus niveles de concentración.

2.4.5 VITAMINA C (ÁCIDO ASCÓRBICO)

El ácido ascórbico conocido popularmente como vitamina C es hidrosoluble y es requerida para varias reacciones metabólicas en todos los animales y plantas. Es creada internamente por casi todos los organismos, siendo los humanos una notable excepción; razón por la cual la debemos consumir directamente de los alimentos, siendo las frutas y hortalizas fuente rica en vitamina C (Calvo, s.f).

Por sus propiedades antioxidantes juega un importante papel en la prevención de las cataratas, algunos tipos de cáncer y otras enfermedades neurodegenerativas. Según la Canela (2010) actualmente se recomienda una ingesta de 90 mg al día de vitamina C para hombres adultos y de 75 mg para mujeres adultas; sin embargo la ingesta para mujeres embarazadas, lactantes, personas con algún tipo de enfermedad inmunológica y personas que fumen tendrá que ser mayor.

El ácido ascórbico (Figura 19) tiene una estructura de lactona (compuesto orgánico del tipo éster cíclico). Es extraordinariamente termosensible y lábil a la acción del oxígeno y a las radiaciones ultravioletas, por lo que las pérdidas durante los procesos culinarios son importantes. Es la más lábil de todas las vitaminas hidrosolubles (Garrido, 2004), es por ello que debido a su alta sensibilidad, generalmente se utilizan las variaciones en su contenido como un índice de evaluación de estabilidad de otras vitaminas (King & De Pablo, 1987).

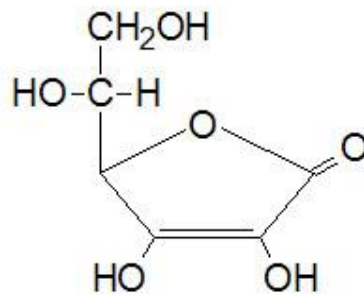


Figura 19. Estructura química de la Vitamina C

(King, 2011)

Además fortalece notablemente el sistema inmune, estimulando la producción de leucocitos y anticuerpos que a su vez combaten las enfermedades infecciosas, células cancerosas y materias extrañas. Aumenta la tolerancia al estrés y a las sustancias tóxicas lo que incrementa la capacidad y la actividad de desintoxicación del organismo humano para ayudar a neutralizar y expulsar microorganismos, toxinas y metales pesados (Alvarado, 2009).

Existen pocos estudios en los que se analiza el efecto que tienen los tratamientos con UV-C sobre el contenido de esta vitamina. En uno de ellos, realizado en tomates tratados con UV-C y almacenados a 13 °C, mostraron mayor acumulación de ácido ascórbico en el pericarpio con respecto a los frutos no irradiados (Jagadeesh, Gariepy, Goyette, Raghavan & Vigneault, 2009). Mientras que en zuquinis, se encontró que la enzima ascorbato oxidasa, participante del catabolismo del ácido ascórbico, fue inactivada después de la exposición del fruto a la radiación UV-C durante 8,5 min (Maccarrone, D'andrea, Salucci, Avigliano & Finazzi Agro, 1993).

El consumo de alimentos ricos en antioxidantes (frutas y verduras) contribuye a una buena salud, reduce la incidencia de enfermedades crónicas y neurodegenerativas, protegiendo al organismo de toxinas y radicales libres (Murillo, 2002). Para conocer el potencial benéfico de la radiación UV-C en productos como carambola mínimamente procesada es importante cuantificar el contenido de antioxidantes presentes en el fruto. No existen aún estudios publicados que relacionen la aplicación de radiación UV-C en carambola y la concentración de compuestos antioxidantes, con su capacidad antioxidante.

3. METODOLOGÍA

3.1 MATERIAL VEGETAL

El experimento se llevó a cabo empleando frutos recién cosechados de carambola (*Averrhoa carambola L.*), cultivados en la parroquia Pavón, cantón Flavio Alfaro, provincia de Manabí. Los frutos se cosecharon con 45-60% de color superficial amarillo y se trasladaron inmediatamente al Laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Tecnológica Equinoccial, donde se clasificaron por tamaño, apariencia, grado de madurez y ausencia de defectos. Una vez seleccionados los frutos se lavaron con hipoclorito de sodio (10 ppm) y se dejaron secar, se cortaron manualmente con un cuchillo en rebanadas transversales de un grosor de 5mm.

3.2 TRATAMIENTO CON LUZ UV-C

Una vez cortados los frutos en rodajas, se dividieron en dos grupos: control (no irradiados) y tratados (irradiados). Estos últimos se colocaron bajo cuatro lámparas UV-C (lámpara UV Germicidal G30T8) a una distancia de 30 cm y fueron irradiados de 13 kJ/m². La intensidad de la radiación fue medida con un radiómetro digital UV (UCX Radiometer UVP). Cada rodaja fue girada manualmente una vez para asegurar una exposición uniforme a la luz UV-C en ambas caras. Una vez culminado el tratamiento, se colocaron las rebanadas en bandejas de poliuretano recubiertas con un film de PVC para posteriormente almacenarlas a una temperatura de refrigeración de 5°C durante 21 días. Se

retiraron de la cámara de refrigeración a los 0, 7, 14 y 21 días para evaluar el efecto de cada tratamiento según el avance del daño. De igual manera se procedió con los controles.

Luego de determinar la pérdida de peso, pérdida de electrolitos y color superficial, se retiraron las semillas y la cáscara, la pulpa se cortó en cubos pequeños y se congeló en nitrógeno líquido para finalmente conservarlos a -18°C hasta su posterior análisis.

3.3 PÉRDIDA DE PESO

A fin de determinar la pérdida de peso producida durante el tratamiento se procedió a pesar cada bandeja al inicio y al término de cada período de almacenamiento. Se utilizó una balanza marca Metler Toledo. Los resultados se expresaron como porcentaje de pérdida de peso relativa al peso inicial.

3.4 COLOR SUPERFICIAL

El color superficial se evaluó utilizando un colorímetro de superficie (modelo RGB-1002 Color Analyzer CTLuton marca TMP[®]-México), a través de la escala de color HSL, un modelo basado en la percepción humana en donde, H indica el tono del color (Ángulo Hue), S revela el grado de separación del gris neutral (Saturación) y L significa el porcentaje de blanco a negro (Luminosidad).

Las determinaciones se hicieron en la parte media de ambas caras de dieciséis rodajas transversales de carambola; estos datos fueron promediados para obtener un valor de cada tratamiento y tiempo de almacenamiento.

3.5 PÉRDIDA DE ELECTROLITOS

Se evaluó la pérdida de electrolitos utilizando el método de Vicente (2004) con ligeras modificaciones; se cortaron diez discos de las rodajas de carambola de 5mm de espesor que se incubaron en 25 ml de una solución de manitol 6 M y fosfato de calcio $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ 10 mM (pH=7). La conductividad eléctrica de la solución se midió con un conductímetro (marca Thermo-Orion) al comienzo de la incubación (*a*) y luego de 3 horas (*b*). Pasado este tiempo, en un mortero se trituraron los discos, se dejó decantar aproximadamente 5 minutos y se filtró a través de una gasa estéril para tomar la última medición de conductividad en el sobrenadante (*c*). Se realizaron triplicados para cada tratamiento y tiempo de almacenamiento analizado. Los resultados se expresaron como porcentaje de decaimiento de electrolitos de acuerdo a la Ecuación 1:

$$\text{Conductividad } (C) = \left[\frac{(b-a)}{b+c-a} \right] \times 100 \quad [1]$$

3.6 CONTENIDO DE AZÚCARES TOTALES

El ensayo de azúcares totales se evaluó en tejido congelado a -18°C descrito en la sección 3.2, posteriormente muestras de tejido de los frutos control y

tratados, de cada tiempo de almacenamiento, se trasladaron hasta las instalaciones del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP - Santa Catalina Quito - Ecuador) para determinar el contenido de azúcares totales que fue expresado como porcentaje, mediante espectrofotometría según el método MO-L-SAIA-2T, de Dubois publicado en 1996.

3.7 DETERMINACIÓN DE ANTIOXIDANTES

3.7.1 PREPARACIÓN DEL EXTRACTO

Se tomaron aproximadamente 5g de tejido congelado, se trituraron en una licuadora Oster y homogenizaron con 15 ml de etanol. La suspensión obtenida se sometió a agitación durante 1 hora a 4°C, se centrifugó a 6000 x g durante 1 hora, se filtró y el sobrenadante se almacenó en microviales a -18°C hasta su análisis.

Los extractos fueron empleados para la determinación de fenoles totales, flavonoides y poder anti-radical. Para cada tratamiento y tiempo de almacenamiento ensayado se realizó una molienda y un triplicado de extractos de cada una de las muestras.

3.7.2 DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE FENOLES TOTALES

El contenido de fenoles totales fue medido usando el método colorimétrico con el reactivo de Folin-Ciocalteu (Singleton & Rossi, 1965) con ligeras modificaciones. Una muestra de 125 μL de extracto fue transferido a un tubo que contenía 1675 μL de agua destilada, luego se agregó 200 μL de reactivo Folin Ciocalteu (1N), se homogenizó y luego de 3 minutos a temperatura ambiente se añadió 400 μL de Na_2CO_3 al 20 % P/V en NaOH 0,1N completando un volumen final de 3 ml con agua destilada. La mezcla de reacción se incubó durante una hora a temperatura ambiente. Se midió la absorbancia de la solución a 765 nm en un espectrofotómetro Thermo Spectronic Modelo Genesys 20. La concentración de fenoles totales fue calculada empleando una curva de calibración con catequina de 3,4 a 13,6 μg en el volumen final de reacción. Las medidas se realizaron por triplicado y los resultados se expresaron como mg de catequina por gramo de tejido.

3.7.3 DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE FLAVONOIDES

El contenido total de flavonoides fue determinado mediante un ensayo espectrofotométrico según Shin, Hai Liu, Nock, holliday & Watkins, (2007) con ligeras modificaciones. Una alícuota de 700 μL de extracto se transfirió a un tubo que contenía 400 μL de agua bidestilada, se añadió 38 μL de NaNO_2 al 5 % P/V se homogenizó y luego de 5 minutos a temperatura ambiente se agregó 38 μL de AlCl_3 al 10 % P/V que se homogenizó y reposó durante 6 minutos, en seguida se añadió 250 μL de NaOH 1 M y se completó un volumen de 1250 μL con agua bidestilada. La mezcla de reacción fue mediada inmediatamente a 550 nm en un espectrofotómetro Thermo Spectronic Modelo

Genesys 20. La concentración de flavonoides fue calculada empleando una curva de calibración con catequina de 17 a 76,5 μg en el volumen final de reacción. Las medidas se realizaron por triplicado y los resultados se expresaron como mg de catequina por gramo de tejido.

3.7.4 CONTENIDO DE VITAMINA C

Se evaluó el efecto de la radiación UV-C sobre el contenido de Vitamina C en jugo de carambola. Inmediatamente después del tratamiento se procedió a licuar el tejido del fruto y filtrarlo con ayuda de una gasa, luego se lo congeló a -18°C en envases estériles para trasladar ambas muestras, control y tratadas, hasta las instalaciones del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP - Santa Catalina Quito - Ecuador) para determinar la Vitamina C según el método reflectométrico MO-L-SAIA-10; los resultados se expresaron como mg de Vitamina C por litro de jugo congelado.

3.7.5 DETERMINACIÓN DEL PODER ANTI-RADICAL

Este ensayo se determinó por reacción con el radical estable 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH) en etanol, según el procedimiento descrito por Brand Williams, Cuvelier & Berset, (1995) con ligeras modificaciones. Alícuotas de diferentes volúmenes de muestra (volumen final 250 μL) se añadieron a 1 ml de una solución de DPPH 14, 79 mg/L en etanol (volumen final de reacción 1250 μL). Se homogenizó, y la absorbancia a 515 nm fue medida después de 3 horas empleando un espectrofotómetro Thermo Scientific Modelo Evolution

60S UV-Visible-Spectrophotometer. Se realizó la cinética de consumo de (DPPH) con diferentes cantidades de extracto para determinar el tiempo de reacción y se encontró que a este tiempo (3 horas) la reacción alcanza un plateau o estado estacionario. El consumo de (DPPH) fue calculado usando una curva de calibración con trolox de 2,5 a 7,5 µg en el volumen final de reacción. Los resultados se expresaron como mg de trolox por gramo de tejido. El ensayo se realizó por triplicado.

3.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

En todos los ensayos se empleó un diseño de bloques al azar unifactorial. Siendo el factor principal o variable independiente la radiación UV-C (tratados y controles) y los factores secundarios o variables independiente los días de almacenamiento y cada uno de los análisis. Los resultados fueron procesados mediante un Análisis de Varianza y las medidas comparadas por el test de LSD con un nivel de significancia de 0.05 usando el software StatGraphcs versión 5.1

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 EFECTO DEL TRATAMIENTO UV-C SOBRE LA PÉRDIDA DE PESO

La pérdida de peso se evaluó durante el período de almacenamiento y se expresó como el porcentaje de pérdida de masa en relación a la masa inicial.

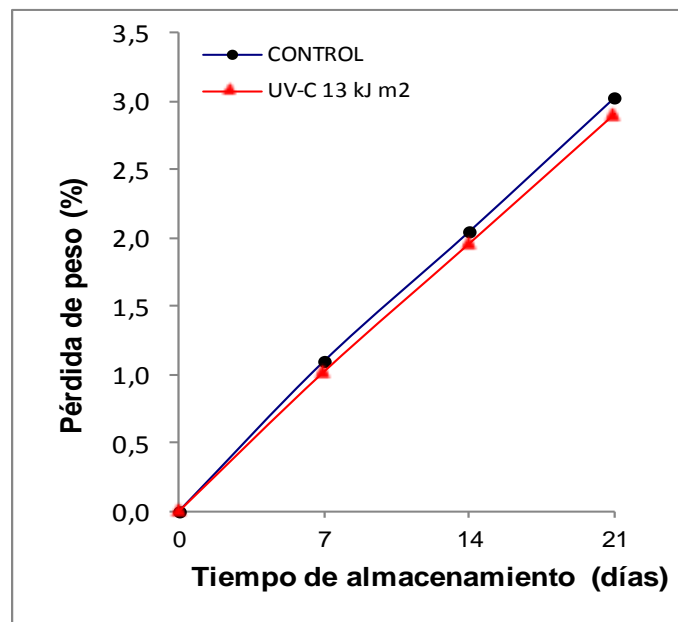


Figura 20. Porcentaje de pérdida de peso en carambola fresca cortada en función del tiempo de almacenamiento a 5°C. $LSD_{0,05} = 0.12$

Durante el almacenamiento se observó pérdida de peso tanto en frutos control como en tratados. Estos últimos presentaron una pérdida de peso de 1.02 % en

el día 7 de almacenamiento que se incrementó hasta obtener un valor de 2.8 % luego de 21 días, mientras que los frutos controles alcanzaron un valor de 1.10 % (día 7) y tuvieron una pérdida de peso de 3.03 % al final del almacenamiento, según se puede observar en la figura 20. El tratamiento UV-C provocó menor pérdida de peso, sin embargo no se observó diferencia significativa entre las muestras.

Los resultados obtenidos en la presente investigación concuerdan con Lemoine et al., 2007, quienes demostraron que el efecto de la radiación UV-C a 8 KJ/m² permite reducir la pérdida de peso en cabezas de brócoli mínimamente procesadas sin observarse diferencias significativas entre las muestras; resultados similares reportó el estudio de Vicente et al. (2005) en pimientos irradiados.

4.2 EFECTO DEL TRATAMIENTO UV-C SOBRE EL COLOR SUPERFICIAL

Durante la maduración, los frutos cambian su color debido a la pérdida de clorofilas seguido de la acumulación de otros pigmentos coloreados (Pombo, 2009).

La radiación UV-C mantuvo la calidad en cuanto al color de carambola mínimamente procesada y mostró menor oscurecimiento del tejido. La tabla 5 muestra los resultados obtenidos de los tres parámetros analizados en el ensayo de color en muestras tratadas y control durante el almacenamiento.

Tabla 5. Variación del color superficial

| Parámetros de color | Muestra | Tiempo de almacenamiento (días) | | | |
|---------------------|---------|---------------------------------|--------|--------|--------|
| | | 0 | 7 | 14 | 21 |
| H (LSD = 1,37) | C | 37 | 30,22 | 27,72 | 14,5 |
| | T | 33,34* | 26,94* | 29,09 | 26,50* |
| S (LSD = 2,17) | C | 13,46 | 25,91 | 30,37 | 45,55 |
| | T | 20,39* | 29,68 | 26,48* | 32,63* |
| L (LSD = 1,42) | C | 29,43 | 25,93 | 17,07 | 17,23 |
| | T | 32,42 | 21,93* | 22,35* | 21,20* |

Parámetros de color H, S y L en frutos control y tratados durante el tiempo de almacenamiento. El asterisco indica que el valor es significativamente diferente del correspondiente control con una $p < 0.05$. Para cada caso se presenta el valor de la diferencia mínima significativa (LSD) con un $p < 0.05$.

En los frutos control, la tonalidad del color (H) disminuyó gradualmente durante el almacenamiento (día 21), mientras que los frutos tratados presentaron estabilidad durante el almacenamiento, tal como se aprecia en la figura 21; esta modificación podría traducirse como un cambio de amarillo verdoso a amarillo que indica el desarrollo del color durante la maduración del fruto (FAO, 2006).

Similares resultados fueron reportados en floretes de brócoli irradiado por Costa et al., (2006) quienes sugieren que los frutos expuestos a la luz ultravioleta presentan retraso visible en el desarrollo final del color amarillo y por consiguiente mejor apariencia de los frutos.

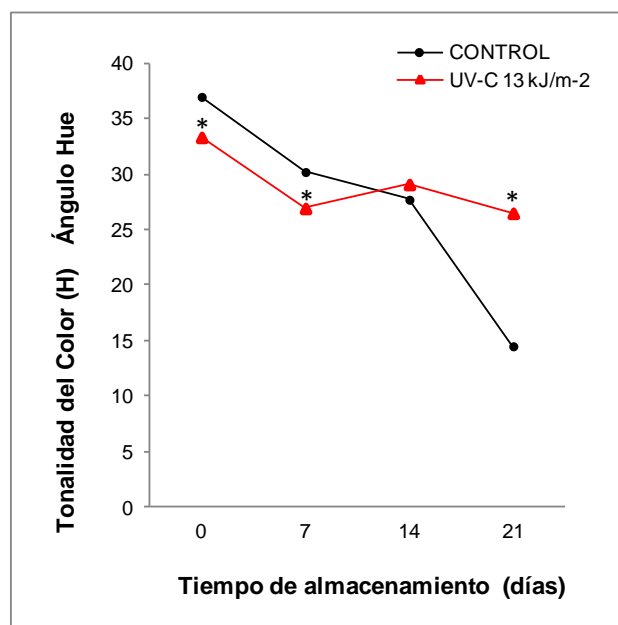


Figura 21. Variación del todo de color H (Ángulo Hue), en frutos control y tratado durante el tiempo de almacenamiento.

El * indica que el valor es significativamente diferente del correspondiente control con una $p < 0.05$. $LSD_{0,05} = 16,4$

Con respecto a la Saturación (S), como se puede observar en la figura 22, en los frutos control el valor de saturación del color incrementó a lo largo del almacenamiento. Los frutos tratados aumentaron la saturación ligeramente hasta el día 7, posteriormente en el día 14 se produjo una reducción del valor sin llegar a ser menor que el valor de inicio del almacenamiento (día 0) y al final del almacenamiento (día 21) la saturación aumentó sin llegar a ser mayor que el valor de los frutos control.

Es decir que el tratamiento UV-C en carambola mínimamente procesada habría provocado menor saturación que se traduce como menor viveza o pureza del

color; en este caso del color amarillo propio de la maduración del fruto que no está intensificado sino mas bien mezclado aún con el color verde desde su cosecha.

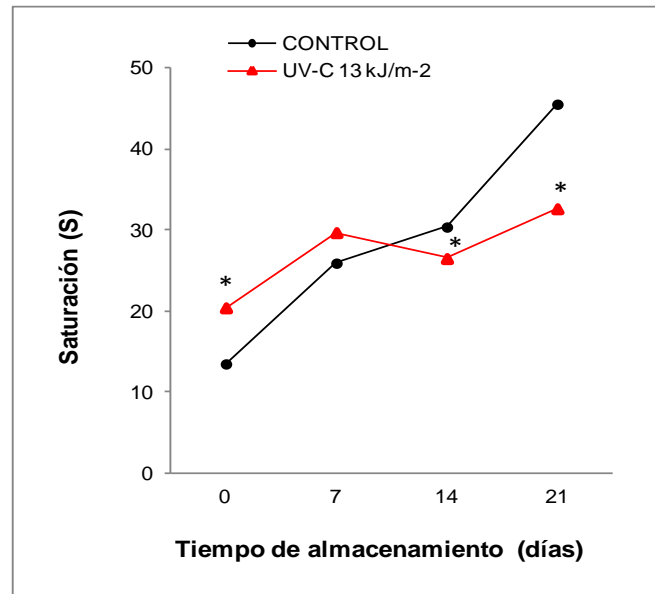


Figura 22. Variación de la Saturación (S), en frutos control y tratado durante el tiempo de almacenamiento.

El * indica que el valor es significativamente diferente del correspondiente control con una $p < 0.05$. $LSD_{0,05} = 20.65$

Resultados afines fueron logrados por Robles et al., (2007) al combinar la radiación UV-C con atmósfera controlada en tomate; en donde frutos sometidos al tratamiento compuesto, reflejaron menor saturación del color.

En cuanto a los valores de Luminosidad (L), tanto en frutos tratados como controles, disminuyó durante el período de almacenamiento; se observó que los frutos tratados mantuvieron el color del tejido más claro que los controles (excepto el día 7). Debido a que valores mayores de L revelan mayor brillo del tejido, la figura 23 expresa que las muestras control presentaron oscurecimiento

(dando el aspecto de tejido pardeado) a partir del día 14. Estos resultados indicarían que la radiación UV-C permitió mantener la claridad del tejido por más tiempo, manteniendo una mejor apariencia del producto frente a las muestras control.

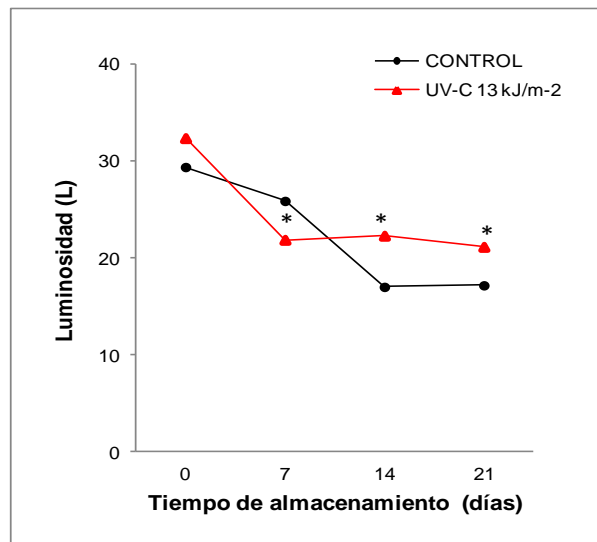


Figura 23. Variación de la Luminosidad (L), en frutos control y tratado durante el tiempo de almacenamiento.

El * indica que el valor es significativamente diferente del correspondiente control con una $p < 0.05$. $LSD_{0,05} = 76.3$

La tendencia de los resultados obtenidos concuerdan con el trabajo de Vicente et al., (2005), en donde pese a no existir diferencias significativas en valores de L entre muestras irradiadas y no irradiadas, se indica que los frutos tratados sufren menor daño y oscurecimiento del tejido a lo largo del almacenamiento.

4.3 EFECTO DEL TRATAMIENTO UV-C SOBRE LA PÉRDIDA DE ELECTROLITOS

La pérdida de electrolitos se traduce como una medida indirecta de descomposición o desintegración del tejido y por lo tanto se considera importante la cuantificación de este parámetro de calidad, ya que como se ha reportado en frutos como la berenjena (Concellón et al., 2005) la pérdida de electrolitos se incrementa en forma paralela con la aparición de síntomas de daño.

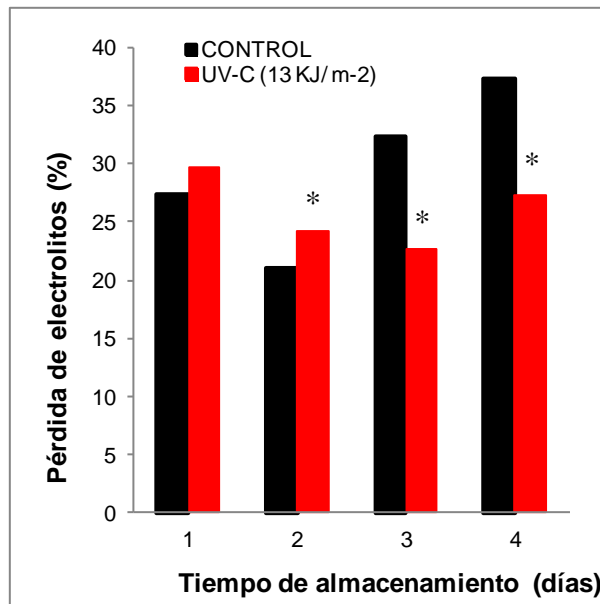


Figura 24. Pérdida de electrolitos (%) en frutos controles y tratados en función del tiempo de almacenamiento.

El * indica que el valor es significativamente diferente del correspondiente control con una $p < 0.05$. $LSD_{0,05} = 13.9$

En la figura 24 se puede observar que en los frutos control la pérdida de electrolitos aumentó al término del almacenamiento (día 21), mientras que los frutos tratados presentaron menor pérdida de electrolitos para este mismo tiempo de almacenamiento. Estos resultados indican que la radiación UV-C en carambola mínimamente procesada permitiría mantener la integridad del tejido por más tiempo.

El resultado de Vicente (2004) corrobora con los resultados obtenidos en esta investigación; al someter frutillas a tratamientos térmicos poscosecha, en donde reporta el efecto positivo de la baja pérdida de electrolitos, la misma que se relaciona con una menor disrupción de tejidos y daño de membranas en los frutos tratados.

4.4 EFECTO DEL TRATAMIENTO UV-C SOBRE EL CONTENIDO DE AZÚCARES TOTALES

El sabor del fruto es un factor que se encuentra directamente asociado al contenido de azúcares totales; a mayor contenido de este mayor es el dulzor de la fruta (Andrade et al., 2010).

Al aplicar la radiación UV-C sobre carambola se observó que en un comienzo, disminuyó el contenido de azúcares totales, pero se incrementó a lo largo del almacenamiento; mientras que los azúcares totales de la muestra control se mantuvieron estables durante el almacenamiento; es decir que la fruta sin ningún tratamiento a lo largo de su maduración, se demora en degradar sus carbohidratos, almidones o hemicelulosa en azúcar simple, debido a que la

carambola es un fruto no climatérico, y la hidrólisis del almidón es uno de los cambios característicos de muchos frutos climatéricos (Buitrago & Escobar, 2009).

Así, la luz ultravioleta estaría facilitando la degradación de los almidones en azúcar simple e incentivando mejor aceptación de la fruta debido a su sabor más dulce. El aumento de azúcares totales también se asocia con el ablandamiento de la textura del fruto, ya que la degradación de los polímeros en especial de la pectina y la hemicelulosa debilita las paredes celulares.

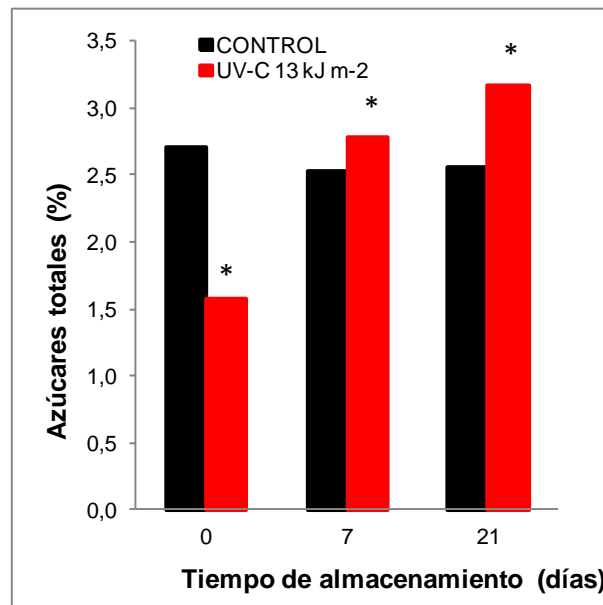


Figura 25. Contenido de azúcares totales (%) en frutos control y tratados en función del tiempo de almacenamiento.

El * indica que el valor es significativamente diferente del correspondiente control con una $p < 0.05$. . $LSD_{0,05} = 0.85$

En los frutos tratados se observó un 19,24 % más de azúcares totales que la muestra control al final del almacenamiento (día 21), según se observa en la Figura 25.

A diferencia, la mayoría de los trabajos realizados como en frutillas (Pan et al., 2004), rodajas de zuquinis (Erkan et al., 2001) y cabezas de brócoli mínimamente procesadas (Lemoine et al., 2007), concluyen que el tratamiento con UV-C tiene un efecto leve sobre el contenido de azúcares, ya que el cambio observado es generalmente una consecuencia normal durante la maduración o almacenamiento pos cosecha.

4.5 EFECTO DEL TRATAMIENTO UV-C SOBRE COMPUESTOS ANTIOXIDANTES EN CARAMBOLA MÍNIMAMENTE PROCESADA

4.5.1 CONTENIDO DE FENOLES TOTALES

Una vez aplicada la luz ultravioleta los frutos tratados mostraron una disminución del contenido de fenoles totales durante los primeros días de almacenamiento respecto a los frutos control (9.34 y 4.80 % en los días 0 y 7 respectivamente). Explicándose que el tratamiento UV-C podría generar EROs capaces de oxidar una fracción de los componentes fenólicos (Vicente et al., 2005). Luego el contenido de fenoles totales en los frutos tratados fue mayor en los últimos días de almacenamiento, como se puede observar en la figura 26, el aumento de estos compuestos en el día 21 alcanzó un 11.98 % más con respecto al control.

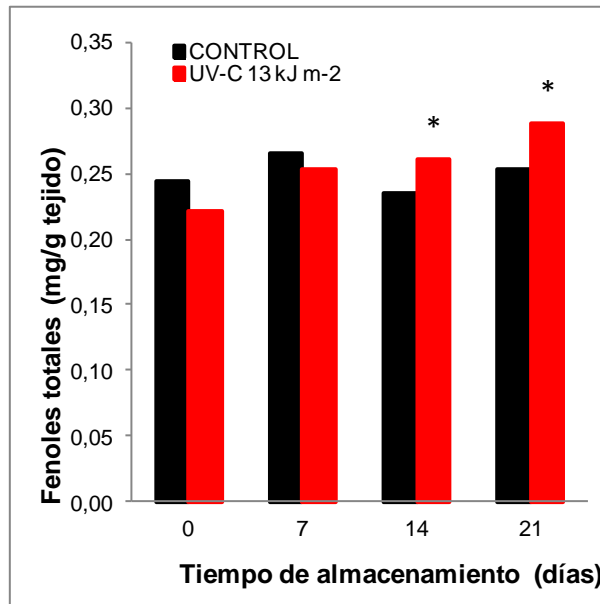


Figura 26. Contenido de fenoles totales en carambola mínimamente procesada control y tratada durante 21 días de almacenamiento a 5°C.

El * indica que el valor es significativamente diferente del correspondiente control con una $p < 0.05$. $LSD_{0,05} = 0.02$

El aumento de fenoles totales en los últimos días de almacenamiento podría asociarse con mayor actividad de enzimas regulatorias en la biosíntesis de componentes fenólicos como se ha observado en los estudios ya mencionados. Además la acumulación de fenoles totales en frutos tratados implicaría mayor concentración de componentes con capacidad antioxidante; considerando que no se conoce con exactitud la contribución de los compuestos fenólicos al poder anti radical en carambola.

Estudios en pimiento (Vicente et al., 2005) y floretes de brócoli (Costa et al., 2006) tratados con una dosis de UV-C de 7 y 10 kJ/m² respectivamente; se observó un incremento del contenido de fenoles totales al igual que en mangos enteros y mango fresco cortado expuestos a luz UV-C (González et al., 2007).

4.5.2 CONTENIDO DE FLAVONOIDES

Al evaluar el contenido de flavonoides en carambola mínimamente procesada irradiada con luz UV-C (13 kJ/m²), se pudo observar que los frutos tratados mostraron un aumento de flavonoides en un 9.35 % con respecto al control en el día 0 y un 12.26 % en el día 14. Sin embargo, en los días 7 y 21 este compuesto disminuyó; en la figura 27 se puede observar que la concentración de flavonoides se redujo 19.65 % en el día 7, y 10 % en el día 21 con respecto a los frutos control.

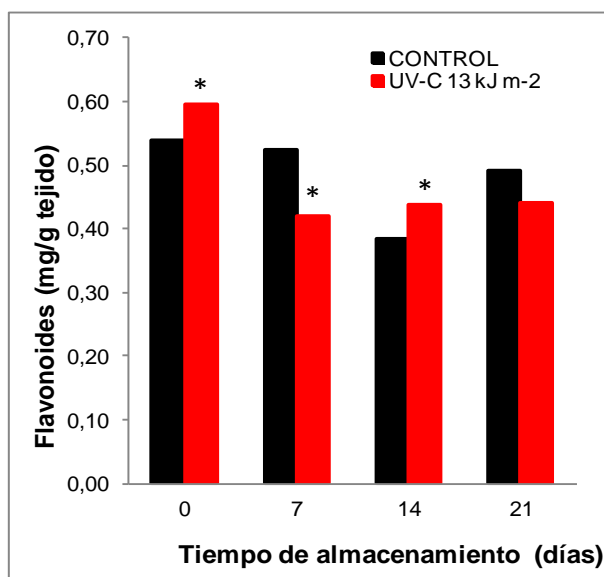


Figura 27. Contenido de flavonoides en carambola mínimamente procesada control y tratada durante 21 días de almacenamiento a 5°C.

El * indica que el valor es significativamente diferente del correspondiente control con una $p < 0.05$. $LSD_{0,05} = 0.06$

Por lo tanto, el incremento observado en fenoles totales no parece deberse a un aumento de flavonoides, sino más bien a otros compuestos fenólicos como los fenoles simples o los lignanos que deberán estudiarse con mayor profundidad.

Resultados similares se encontraron en estudios de pimiento tratado con 10 kJ/m² (Andrade, 2008) y en arándanos tratados a 2 y 4 KJ/ m². (Perkins et al., 2007). Los mismos que sugieren realizar estudios más detallados sobre flavonoides para entender mejor su comportamiento y los resultados obtenidos.

4.5.3 EFECTO DEL TRATAMIENTO UV-C SOBRE EL CONTENIDO DE VITAMINA C

Si bien la aplicación de la radiación UV-C induce la acumulación de sustancias con capacidad antioxidante, es poco conocido el efecto de esta tecnología sobre la retención de ácido ascórbico (González et al., 2007; Erkan et al., 2001).

Recordando que este análisis se realizó en jugo de carambola, se produjo un efecto negativo debido a la pérdida de vitamina C a partir del día 7 en frutos tratados con radiación UV.C. En la figura 28 se observa que los frutos control presentaron igual comportamiento a los tratados, manteniendo mayores valores de vitamina C en el día 14 y 21, ya que en el día 7 ambas muestras presentaron la misma cantidad de vitamina. Al final del almacenamiento los frutos tratados presentaron 9.72 % menos de vitamina C que en los frutos control.

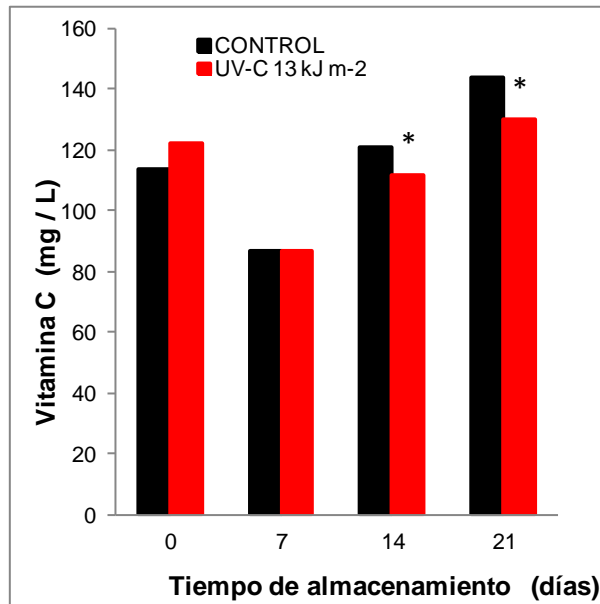


Figura 28. Contenido de Vitamina C en carambola mínimamente procesada control y tratada durante 21 días de almacenamiento a 5°C.

El * indica que el valor es significativamente diferente del correspondiente control con una $p < 0.05$. $LSD_{0,05} = 11.3$

El incremento observado a partir del día 7, puede ser consecuencia del balance entre los procesos de biosíntesis, regeneración y degradación química que ocurren en la célula; además la inestabilidad observada podría estar asociada al propio comportamiento de la vitamina C, ya que es la más sensible e inestable a los diferentes métodos de conservación (King & De Pablo, 1987).

Resultados similares fueron reportados por González et al., (2007) en mango mínimamente procesado. Este comportamiento puede atribuirse a la oxidación de una porción del ácido ascórbico total por efecto de la luz UV-C con el incremento de la dosis de radiación; propiciando el estrés oxidativo del tejido; sin embargo los autores sugieren que el impacto nutricional es mínimo comparado con otros métodos de conservación poscosecha.

Al finalizar el almacenamiento el jugo de carambola tratado con radiación UV-C logró obtener 130 mg/L de vitamina C, lo que significa que al tomar un vaso de jugo de carambola nos aporta 32,5 mg de vitamina; lo que representa el 36,1 % para hombres y el 43,3 % para mujeres de la ingesta diaria recomendada.

4.5.4 PODER ANTI-RADICAL

Los frutos de carambola mínimamente procesados tratados con radiación UV-C presentaron mayor poder anti radical durante el almacenamiento que en los frutos no irradiados. En la figura 29 se observa que el comportamiento de ambas muestras es similar en cuanto a la disminución de la capacidad antioxidante del tejido en el período de almacenamiento refrigerado; sin embargo esta fue menor en los frutos tratados que en los controles.

La capacidad antioxidante está influenciada principalmente por el contenido de fenoles totales, flavonoides y vitamina C; al ser la capacidad antioxidante de un fruto un parámetro interesante desde el punto de vista nutricional, los resultados obtenidos indican que la aplicación de la radiación UV-C como tratamiento poscosecha produjo un efecto positivo al mantener mayor contenido de fenoles totales y poder anti radical de la carambola mínimamente procesada durante 21 días, destacando que la pérdida de vitamina C fue mínima. Es decir que la aplicación de la radiación UV-C permitió mantener por más tiempo la capacidad antioxidante total del fruto.

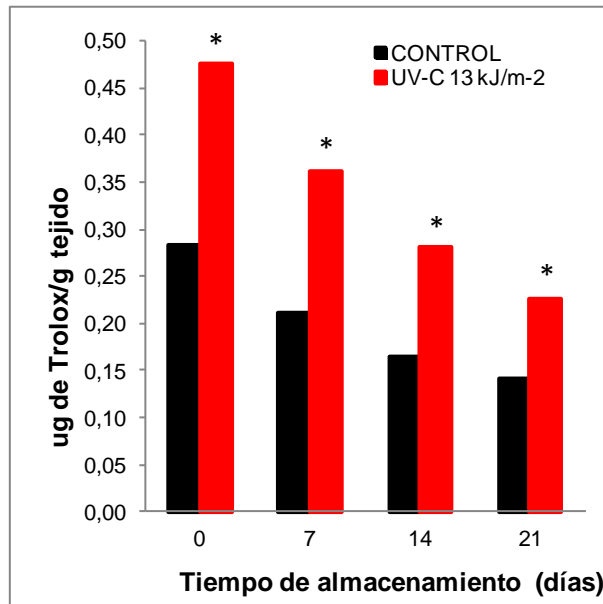


Figura 29. Variación de la capacidad antioxidante total en carambola mínimamente procesada control y tratada durante 21 días de almacenamiento a 5°C.

El * indica que el valor es significativamente diferente del correspondiente control con una $p < 0.05$. $LSD_{0,05} = 0.00$

En el 2008, Erkan et al., demostraron que al irradiar frutillas se puede causar un aumento de la capacidad antioxidante de los frutos y de enzimas que participan en la respuesta antioxidante.

En resumen, la aplicación de la radiación UV-C (13 kJ/m^2) en carambola mínimamente procesada produjo menor pérdida de peso y de electrolitos (indicando que se mantendría la integridad del tejido por más tiempo). En cuanto a los parámetros de color H, S y L, retrasó el desarrollo de color, redujo la saturación del color de los tejidos y los mantuvo más claro con respecto a los frutos no tratados. El tratamiento UV-C produjo un incremento en la cantidad de

azúcares totales y favoreció a la acumulación de fenoles totales, pese a que los flavonoides disminuyeron al final del almacenamiento y el contenido de vitamina C fue menor en los frutos no tratados, la capacidad antioxidante total de carambola fue mayor en los frutos tratados.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- La radiación UV-C no produjo diferencia significativa sobre la pérdida de peso de carambola mínimamente procesada almacenada en refrigeración entre frutos controles y tratados. Probablemente la luz UV-C (13 kJ/m^2) estaría influyendo sobre el tejido a nivel subcelular, razón por la cual no se aprecian cambios con respecto a este índice de calidad.
- El tratamiento UV-C retrasó el desarrollo de color superficial (de verde a amarillo) del tejido de carambola mínimamente procesada produjo además menor pérdida de electrolitos lo cual estaría relacionado con la desintegración del tejido, retrasando síntomas de daño en el fruto. Al mismo tiempo, aumentó el contenido de azúcares totales provocando más dulzor y ablandamiento del fruto. Parámetros de calidad que son muy importantes en el mercado nacional e internacional, como requisito de exportación y exigencias del consumidor.
- La radiación UV-C aumentó positivamente la capacidad antioxidante de carambola mínimamente procesada, incrementó el contenido de fenoles totales y disminuyó la cantidad de flavonoides al final del almacenamiento. Sin embargo, es necesario realizar mayores estudios sobre antioxidantes en carambola para comprender el comportamiento de los mismos.
- En carambola mínimamente procesada tratada con 13 KJ/m^2 almacenada en refrigeración durante 21 días, se produjo pérdidas de vitamina C, considerando que al incrementar la dosis de radiación se promueve la oxidación del ácido ascórbico; probablemente la aplicación de dosis más

bajas reduciría la pérdida de esta vitamina, sin embargo, el impacto nutricional es mínimo.

- La radiación UV-C como tratamiento poscosecha aplicada en carambola mínimamente procesada almacenada en refrigeración a 5°C mantuvo su calidad y prolongó su tiempo de vida útil. Sumado a que es fácilmente incorporada a una línea de procesamiento, requerir bajos costos para su implementación y que no existen, en general, restricciones legales para su aplicación, se convierte en una excelente alternativa de tratamiento poscosecha.

5.2 RECOMENDACIONES

- Aplicar la radiación UV-C en las diferentes gamas alimenticias como por ejemplo en frutos enteros, mínimamente procesados, conservas, congelados y preparados, con el objetivo de conocer su efecto sobre la vida útil del producto.
- Diseñar equipos o instalaciones adecuadas a nivel industrial para aplicar la radiación UV-C como alternativa poscosecha, reducir pérdidas físicas y económicas de los productos hortofrutícolas mínimamente procesados o enteros, y en un futuro poder competir con el mercado internacional.
- Realizar estudios en frutos exóticos producidos en Ecuador que expliquen el efecto de la radiación UV-C sobre el contenido de vitamina C, fenoles totales y flavonoides y su aporte a la capacidad antioxidante total, con la finalidad de comparar resultados y profundizar el comportamiento del fruto frente a la aplicación de esta nueva tecnología.
- Consumir carambola mínimamente procesada tratada con luz UV-C como tratamiento poscosecha, ya que desde el punto de vista nutricional aporta un valor agregado, debido a que la gran cantidad de antioxidantes naturales actúan como protectores de enfermedades cardiovasculares, cáncer y envejecimiento celular.
- Implementar medidas de seguridad como utilizar equipos de protección (guantes, mascarilla, gafas, mandil) en el caso de industrializar esta alternativa poscosecha, ya que la exposición de radiación UV-C en humanos puede provocar efectos adversos en especial la inflamación de córnea y problemas en la piel, por lo que se recomienda impartir charlas de capacitación en el personal quien lo opere.

Alvarado Saldaña, M.L. (2009). Propiedades Profilácticas y Terapéuticas de la Vitamina C III Parte. Serie Nutriología Ortomolecular. Recuperad el 29 de octubre del 2011, de http://www.nutriologiaortomolecular.org/Articulos/A03_vitamina_c/Vitamina_C03.htm

Álvarez, E., Jiménez, O.J., Posada, C.M., Rojano, B.A., Gil, J.H., García, C.M. & Durango, D.L. (2008). Actividad Antioxidante y contenido fenólico de los extractos provenientes de las bayas de dos especies del género *Vismia* (Guttiferae). *Revista de la Facultad de Química Farmacéutica*, 15, 165-172.

Andrade Cuvi, M.J. (2008). Relación entre la capacidad antioxidante y el desarrollo del daño por frío en pimientos. Tesis de maestría no publicada, Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Exactas, Argentina.

Andrade Cuvi, M.J., Moreno Guerrero, C. & Concellón, A. (2010). Influencia del tratamiento UV-C sobre el tiempo de vida útil y propiedades antioxidantes de productos de IV GAMA (mínimamente procesados) de Carambola (*Averrhoa carambola L.*). *Concurso Interno de Proyectos de Investigación Científica*. Universidad Tecnológica Equinoccial, Centro de Investigación Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Laboratorios de Química y Microbiología de Alimentos. Ecuador.

Andrade Cuvi, M.J., Moreno Guerrero, C., Henríquez Bucheli, A., Gómez Gordillo, A. & Concellón, A. (2010). Influencia de la radiación V-C como tratamiento poscosecha sobre Carambola (*Averrhoa carambola L.*) mínimamente procesada almacenada en refrigeración. *Revista Iberoamericana de Tecnología Poscosecha*, 11, (1), 18-27.

- Aquino Bolaños, E.N. & Mercado Silva, E. (2002). La lignificación como mecanismo para explicar el oscurecimiento de jícama mínimamente procesada". Recuperado el 13 de Febrero del 2011, de http://www.pncta.com.mx/pages/pncta_investigaciones_02c.asp
- Arroyo Almeida, D.H (2010). Uso de la radiación UV-C para reducir el decaimiento y mantener la calidad de carambola (*Averrhoa carambola* L.) mínimamente procesada. Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero de Alimentos, Universidad Tecnológica Equinoccial, Facultad Ciencias de la Ingeniería, Quito, Ecuador.
- Arroyo Almeida, D.H., Andrade Cuvi, M. J. & Moreno Guerrero, C.M. (Marzo, 2010). Uso de la radiación UV-C para reducir el decaimiento y mantener la calidad de carambola (*Averrhoa carambola* L.) mínimamente procesada. *Congreso de Inocuidad Alimentaria, SEBIOCLI*. Quito-Ecuador.
- Ayala Zavala, J. F., Wang, S.Y, Wang, C.Y & González Aguilar, G.A. (2005). Methyl jasmonate in conjunction with ethanol treatment increases antioxidant capacity, volatile compounds and postharvest life of strawberry fruit. *European Food Research and Technolog*, 22, 731-738.
- Baka, M., Mercier, J., Corcuff, F., Castaigne, F. & Arul, J. (1999). Photochemical treatment to improve storability of fresh strawberries. Food Engineering and Physical Properties. Institute of Food Technologists. *Journal of Food Science*, 64, (6), 1068-1072.
- Bora, N.(2011). Carambola Semillas (ajwain). Recuperado el 27 de julio del 2011, de Grupo Alibaba: en <http://spanish.alibaba.com/product-tp/carom-seeds-ajwain--112419339.html>
- Boreyko, B.K. (2010). Radicales Libres. Recuperado el 12 de http://www.vemmagermany.de/espana/radicales_libres.php

- Brand Williams, W., Cuvelier, M.E. & Berset, C. (1995). Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, 28, 25-30.
- Buitrago Estrada, J. & Escobar Romero, A.M. (2009). Aplicación de la levadura *Candida spp.* Como una alternativa viable para el retraso en la pudrición del banano (*Musa acuminata*). Tesis previa a la obtención del título de Microbiólogo Industrial, Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias, Bogotá, Colombia. Recuperado el 22 de octubre del 2011, de <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis211.pdf>
- Calvo, M. (s.f). Ácido Ascórbico. *Bioquímica de los Alimentos*. Recuperado el 30 de marzo del 2011, de <http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/vitamins/-ascorbico.html>
- Cancela, M.P. (2010). Determinación de la dosis diaria de vitamina C. recuperado el 30 de marzo del 2011, de <http://www.plantasparacurar.com/como-tomar-vitamina-c/>
- Cantos, E., Espín, J.C. & Tomas Barberan, F.A. (2001). Postharvest induction modeling method using UV irradiation pulses for obtaining resveratrol-enriched table grapes: A new 'functional' fruit? *Journal Agricola Food Chemistry*, 49, 5052-5058.
- Cantos, E., Espin, J.C. & Tomas-Barberan, F.A. (2002). Postharvest stilbene enrichment of red and white table grape varieties using UVC irradiation pulses. *Journal Agricola Food Chemistry*, 50, 6322-6329.
- Cantos, E., Espin, J.C., Fernandez, M.J., Olivia, J. & Tomas Barberan, F.A. (2003). Postharvest UV-C irradiation grapes as a potential source for producing stilbene-enriched red wines. *Journal Agricola Food Chemistry*, 5, (1), 1208-1214.

- Casaca, A.D. (2005). El cultivo de la Carambola (*Averrhoa carambola* L.) 2. Guías Tecnológicas de Frutas y Vegetales. Proyecto de Modernización de los servicios de Tecnología Agrícola. Promosta. Costa Rica. 1-11. Recuperado el 23 de julio del 2010, de <http://www.sag.gob.hn/files/Infoagro/Cadenas%20Agro/Hortofruticola/Otralnfo/GuiaFrutas/Carambola.pdf>
- Concellón, A., Añón, M.C. & Chaves, A.R. (2005). Effect of chilling on ethylen production in eggplant fruit. *Food Chemistry*, 92, 63-69.
- Costa, L., Vicente, A., Civello. P., Chaves, A. & Martínez, G. (2006). UV-C treatment delays postharvest senescence in broccoli florets. *Postharvest Biology and Technology*. 39, (2), 204-210.
- Crane, J.H. & Balerdi, C.F. (2009). La Carambola en Florida. Recuperado el 28 de julio del 2011 de University of Florida, IFAS extensión, Departamento de Ciencias Hortícolas: <http://edis.ifas.ufl.edu/hs278>
- Crane, J.H. (1994). The Carambola (Star Fruit). Horticultural Sciences Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida.
- Douillet Breuil, A., Jeandet, P., Adrian, M. & Bessis, R. (1999). Changes in the phytoalexin content of various vitis spp. in response to ultraviolet C elicitation. *Journal. Agric. Food Chem*, 47, 4456-4461.
- Erkan, M., Wang, S.Y. & Wang, C.Y. (2008) Effect of UV treatment on antioxidant capacity, antioxidant enzyme activity and decay in strawberry fruit. *Postharvest Biology and Technology* 48, (2), 163-171.
- Erkan, M., Yi Wang, C. & Krizek, D.T. (2001). UV-C irradiation reduces microbial populations and deterioration in Cucurbita pepo fruit tissue. *Environmental and Experimental Botany*, 45, 1-9.

- Evoy, K. (2011). ¿Qué son radicales libres? Recuperado el 20 de Septiembre del 2011 de <http://www.amazing-glutathione.com/que-son-radicales-libres.html>
- FAO (2006). Fichas Técnicas productos frescos y procesados. Carambola (*Averrhoa carambola*). Recuperado el 27 de febrero del 2011, de http://www.fao.org/inpho_archive/content/documents/vlibrary/AE620s/Pfrescos/CARAMBOLA.HTM
- Garrido Chamorro, R.P. (2004). Vitamina C & Antioxidantes. Web personal de doctor Garrido. Recuperado el 29 de octubre del 2011, de <http://galeon.com/medicinadeportiva1/01nutri.htm>
- González Aguilar, G.A., Ayala-Zavala, J.F., Rivera López, J., Zavaleta Gatica, R., Villegas-Ochoa, M.A. & Tejedor-Espinosa, W. (2004). Reducción de deterioro en frutos de mango, durazno y nectarina utilizando irradiación ultravioleta (UV-C). *Ciencia de la Frontera: Revista de Ciencias y Tecnología de la UNCJ*, 3, 49-57.
- González Aguilar, G.A., Villegas-Ochoa, M.A., Martínez Téllez, M.A., Gardea, A.A. & Ayala-Zavala, J.F. (2007). Improving Antioxidant Capacity of Fresh-Cut Mangoes Treated with UV-C. *Journal Food Science: Sensory Nutritive Qualities of food*, 72, (3), 197-202.
- González-Aguilar, G.A., Wang, C.Y., Buta, J.G. y Krizek, D.T. (2001). Use of UV-C irradiation to prevent decay and maintain postharvest quality of ripe “Tommy Atkins” mangoes. *Int. Journl Food Science: Technology*. 36, 767–773.
- Gracia Navia, M.A. (s.f). Cuantificación de Fenoles y Flavonoides Totales en Extractos Naturales, Recuperado el 24 de mayo del 2011, de http://www.uaq.mx/investigacion/difusion/veranos/memorias-2007/56_1UAQGarciaNava.pdf

- Gral, C.R. & Pasotti, N.S. (2006). Espectrofotometría Visible-Ultravioleta. Química Analítica. Facultad de Ciencias Exactas, Naturales y Agrimensuras. UNNE. Recuperado el 24 de mayo del 2011 de, <http://www.scribd.com/doc/8553130/Espectrofotometria>
- Guerrero Beltrán, J.A. & G.V. Barbosa Cánovas, G.V. (2004). Review: Advantages and Limitations on Processing Foods by UV Light. Department of Biological Systems Engineering, Washington State University, Pullman, WA 99164-6120, USA. *Food Science and Technology International*, 10, 137.
- Hermans Killam, L. & Bicay, M. (2000). Ritter descubre la luz ultravioleta. Recuperado el 24 de mayo del 2011, de Spitzer: http://legacy.spitzer.caltech.edu/espanol//edu/ritter/ritter_bio.html
- Hidalgo, M. (2011). La Carambola. Recuperado el 10 de Agosto del 2011, de <http://carambolution.blogspot.com/>
- Jagadeesh, S., Charles, M., Garipey, Y., Goyette, B., Raghavan, G. & Vigneault, C. (2009) Influence of Postharvest UV-C Hormesis on the Bioactive Components of Tomato during Post-treatment Handling. *Food and Bioprocess Technology*.
- King, J. & De Pablo, S. (1987). Pérdidas de Vitaminas Durante el Procesamiento de los alimentos. *Revista Chilena de Nutrición*, 15, (3), 143-152.
- King, M. (2011). Introducción a Vitaminas y Minerales. Recuperado el 10 de agosto del 2011, de <http://themedicalbiochemistrypage.org/spanish/vitamins-sp.html>
- Lamikanra, O., Kueneman, D., Ukuku, D. & Bett-Garber, K.L. (2005). Effect of Processing Under Ultraviolet Light on the Shelf Life of Fresh-Cut Cantaloupe Melon. *Journal Food Science: Food Chemistry and Toxicology*, 70, (15), 534-539.

- Lemoine, L.M., Civello, P.M., Martínez, G. & Chaves, A.R. (2007). Influence of postharvest UV-C treatment processed broccoli (*Brassica oleracea* var.) *Journal Science Food Agric.* 87, 1132–1139
- Lobo, M. & González, M. (s.f). Estado actual de los productos mínimamente procesados en España. Laboratorio de Fisiología Vegetal. Dpto. Fruticultura Tropical., Instituto Canario de Investigaciones Agrarias, La Laguna, Tenerife .Islas Canarias., España. Recuperado el 20 de mayo del 2011, de <http://www.icia.es/icia/download/postcosecha/procesado%20minimo%20en%20espa%F1a.pdf>
- Maccarrone, M., D'andrea, G., Salucci, M.L., Avigliano, L. & Finazzi Agro, A. (1993) Temperature, pH and UV irradiation effects on ascorbate oxidase. *Phytochemistry*, 32, (4), 795-798.
- Maharaj, R., Arul, J. & Nadeau, P. (1999). Effect of photochemical treatment in the preservation of fresh tomato (*Lycopersicon esculentum* cv. Capello) by delaying senescence. *Postharvest Biology and Technology*, 15, 13–23.
- Martínez Flórez, S., González Gallego, J., Culebras, J.M. & Tuñón, M.J. (2002). Los flavonoides: propiedades y acciones antioxidantes. Universidad de León y Hospital de León. España. *Revista Nutrición Hospitalaria*, 17, 271-278.
- Martínez M, A. (2005). Flavonoides. Universidad de Antioquia. Químico M. Sc., Doctor en Ciencias, Facultad de Química Farmacéutica. Recuperado el 29 de septiembre del 2011, de <http://farmacia.udea.edu.co/~ff/flavonoides2001.pdf>
- Martínez Valverde, I., Perigao, M.J. & Ros, G. (2000). Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. *ALAN*, 50, (1), 5-18.

- Mercier, J. (1997). Role of phytoalexins and other antimicrobial compounds from fruits and vegetables in postharvest disease resistance. *Photochemistry of fruit and vegetables*. C.H.I.P.S, 221-241.
- Morton, J. (1987). Carambola. En *Fruits of warm climates*. Recuperado el 3 de marzo del 2011, de Purdue University: <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/morton/carambola.html>
- Mundo Ayala, J. N. 2005. Evaluación del estrés oxidativo en células hepáticas de rata durante un proceso de obstrucción biliar. Tesis Licenciatura. Quimicofarmacobiología. Departamento de Química y Biología, Escuela de Ciencias, Universidad de las Américas Puebla. Recuperado el 24 de mayo del 2011, de http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lqf/mundo_a_jn/capitulo1.pdf
- Murillo Franco, E. (2002). Actividad Antioxidante de bebidas de frutas y de té comercializadas en Costa Rica. Estudio Antioxidantes de Bebidas. Universidad de Panamá. Instituto de Alimentos y Nutrición (IANUT). Laboratorio Bioquímica de Alimentos y Nutrición. Recuperado el 25 de febrero del 2011, de http://www.florida.co.cr/docs/productos/estudio_antioxidantes.pdf
- Palacios, C.A. & Rodríguez, E. (2001). Evaluación de la aplicación de atmósfera modificada en la conservación de carambola (*Averrhoa carambola* L.). Tesis (pregrado). Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas 'SINCHI'. Bogotá. Recuperado el 24 de mayo del 2011, de http://www.agronet.gov.co/www/docs_si2/Aspectos%20generales%20de%20la%20carambola.pdf

- Pan, J., Vicente, A.R., Martínez, G.A., Chaves, A.R. & Civello, P.M. (2004). Combined used of UV-C irradiation and heat treatment to improve postharvest life of strawberry fruit. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84, 1-9.
- Perez Trueba, G. (2003). Los flavonoides: Antioxidantes o Prooxidantes. Centro de Investigaciones Biomédicas. Instituto de Ciencias Básicas y Preclínicas "Victoria de Girón". *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 22, (1).
- Perkins Veazie, P., Collins, J.K. & Howard, L. (2008) Blueberry fruit response to postharvest application of ultraviolet radiation. *Postharvest Biology and Technology*, 47, (3), 280-285.
- Pombo, M.A. (2009). Irradiación de frutillas con UV-C: efecto sobre la síntesis de proteínas, degradación de la pared celular y mecanismos de defensa. Tesis doctoral. Universidad Nacional de General San Martín. Laboratorio de Bioquímica y Fisiología de la Maduración y Senescencia. Buenos Aires, Argentina. Recuperado el 23 de febrero del 2011, de <http://www.iib.unsam.edu.ar/php/docencia/tesis/archivos/MarinaPombo.pdf>
- PRONATTA. (2000). Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria. Generalidades de la carambola. Colombia. Recuperado el 9 de marzo del 2011, de http://webmail.radiomaranon.org.pe/radiomaranon--/archivos/carambola_aspectos_generales.pdf.
- Rivera Pastrana, D.M., Gardea Béjar, A.A., Martínez Téllez, M.A. Rivera Domínguez, M. & González Aguilar, G.A. (2007). Efectos Bioquímicos Poscosecha de la Irradiación UV-C en frutas y hortalizas. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 30, (4), 361-372.
- Robles, P.A., De campos, A., Gómez, P., Calderón, A., Ferrer, M.A. & Artés, F. (2007). Acción combinada de la radiación uv-c y la atmósfera controlada

para optimizar la calidad del tomate. *V Congreso Iberoamericano de Tecnología Postcosecha y Agroexportaciones*

Rodríguez Jerez, J.J. & Rodríguez Montoya, M.C. (2007). Alimentos mínimamente procesados. Recuperado el 2 de Febrero del 2011, de Fundación Grupo Erosky: <http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/ciencia-y-tecnologia/2007/06/27/28057.php>

Rotondo, R., Ferratto, J.A. & Firpo, T.I. (2008). Hortalizas mínimamente Procesadas o de IV Gama. Cátedra de Cultivos Intensivos. Área Horticultura. Facultad de ciencias Agrarias. *Revista Agromensajes de la Facultad*, 26. Recuperado el 2 de febrero del 2011, de <http://www.fcagr.unr.edu.ar--/Extension/Agromensajes/26/3AM26.htm>

Salas, C., (2007). Artículo: Radicales Libres. Instituto Pedagógico de Caracas Recuperado el 12 de marzo del 2011, de <http://profesorcarlossalas.blogspot.com/2007/08/qu-son-los-radicales-libres.html>

Sánchez de Lorenzo Cáceres, J.M. (1995). La flora ornamental de la región de Murcia. Ediciones Mundi-Prensa. [En línea]. Publicado con la ayuda del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Agrícolas de la Región de Murcia. Recuperado el 30 de junio del 2011, de <http://www.arbolesornamentales.es/Averrhoacarambola.htm>

Sánchez, E.F., Rivera Castro, L.A. & Tobar Mesa, J.M. (s.f). Comercialización de productos vegetales en la plaza de mercado del barrio bolívar de la ciudad de Popayán-cauca (Colombia)". Recuperado el 24 de mayo del 2011, de <http://vegetalespopayan.jimdo.com/prod-vegetales/carambolo/>

Shama, G. & Alderson, P. (2005). UV hormesis in fruits: a concept ripe for commercialization. *Trends Food Science Technology*, 16, 128–136.

- Shin, Y., Hai Liu, R., Nock, J.F., Holliday, D. & Watkins, C. (2007). Temperature and relative humidity effects on quality, total ascorbic acid, phenolics and flavonoid concentrations, and antioxidant activity of strawberry. *Posth. Biol. and Techn.*, (45), 349–357.
- SICA. (2005). Carambola (*Averrhoa carambola* L.). SERVICIOS DE INFORMACION DE CENSOS AGROPECUARIOS. Estimación de la Producción. Región costa, Oriente y Galápagos: frutas, oleaginosas, fibras, cabuya, bebidas, té, y otros. Recuperado el 2 de diciembre del 2010, de http://www.sica.gov.ec/agro/docs/CUADRO8%20ecuador_estimaci%C3%B3n_de_la_produccion%202005.htm
- Singleton, V.L. & Rossi, Jr. J.A. (1995). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am. J.Enol.Vitic.*, 16, 144-158.
- Snowball M., R. & Hornsey, I.S. (1998). Purifications of water supplies using ultraviolet light. *Developments in Food Microbiology*. Science Publishers. London, 171-191.
- Stevens, C., Khan, V.A., Lu, J.Y., Wilson, C.L., Pusey, P.L., Kabwe, M.K., Igwegbe E.C.K.; Chalutz, E. & Droby, S. (1998). The germicidal and hormetic effects of UV-C light on reducing brown rot disease and yeast microflora of peaches. *Crop Protection*, 17, (1), 75-84.
- Stevens, C., Liu, J., Khan, V.A., Lu, J.Y., Kabwe, M.K., Wilson, C.L., Igwegbe, E.C.K., Chalutz, E. & Droby, S. (2004) The effects of low-dose ultraviolet light-C treatment on polygalacturonase activity, delay ripening and Rhizopus soft rot development of tomatoes. *Crop Protection*, 23.
- Stevens, C., Wilson, C.L., Lu, J.Y., Khan, V.A., Chalutz, E., Droby, S.; Kabwe, M.K., Haung, Z., Adeyeye, O., Pusey, L.P., Wisniewski, M.E. & West, M.

- (1996). "Plant hormesis induced by ultraviolet light-C for controlling postharvest diseases of tree fruits". *Crop Protection*, 15, (2) 551-554.
- Stevens, C.; Wilson, C.L.; Lu, J.Y.; Khan, V.A.; Chalutz, E.; Droby, S.; Kabwe, M.K.; Mafolo, Y.; Pusey, L.P. (1997). "Integration of Ultraviolet (UV-C) Light with Yeast Treatment for Control of Postharvest Storage Rots of Fruits and Vegetables". *Crop Protection*, (10), 98-103.
- Tello, O.; García, R. & Vásquez, O. (2002). Conservación de Averrhoa carambola "Carambola" por azúcar y calor. *Revista Amazónica de Investigación Alimentaria.*, 2, (1), 49-58. Recuperado el 13 de diciembre del 2012, de <http://www.unapiquitos.edu.pe/links/facultades/alimentarias/v21/5.pdf>
- Texeira, G.H., Durigan, J.F., Mattiuz, B.H., Alves, R.E. & O´ Hare, T.J. (2006). Cultivar Affects Browning susceptibility of fresh cut star fruit slices. *Sci. Agri.*, 63, (1), 1-4.
- Valls, J.; Lampreave, M.; Nadal, M. & Arola. L. (s.f). "Importancia de los compuestos fenólicos en la calidad de los vinos tintos de crianza". Unidad de Enología. Dpto. de Bioquímica y Biotecnología. Universidad Rovira i Virgili (Tarragona). *Alimentación y Equipos de Tecnología*. 119-124, recuperado el 3 de marzo del 2011, de <http://www.alcion.es/download/articulospdf/al/gratis/11articulo.pdf>
- Verástegui, R. (2010). "Radiación ultravioleta ¿qué es? Y ¿cómo puede dañar a nuestros ojos?". Recuperado el 24 de mayo del 2011, de <http://ozesn2.blogspot.com/2010/09/radiacion-ultravioleta-que-es-y-como.html>
- Vicente, A., Pineda, C., Lemoine, L., Civello, P., Martínez, G. & Chaves, A. (2005). "UV-C treatments reduce decay, retain quality and alleviate chilling injury in pepper". *Postharvest Biology and Technology*, (35), 69-79.

- Vicente, A.R. (2004). "Efecto de tratamientos térmicos de alta temperatura sobre calidad y fisiología poscosecha de frutillas (*Fragaria x ananassa* Duch.)". Tesis doctoral. Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Ciencias Exactas. Departamento de Química.
- Wang CY, Chen CT, Wang SY (2009) Changes of flavonoid content and antioxidant capacity in blueberries after illumination with UV-C. *Food Chemistry*, 117, (3), 426-431.
- Wang, C.Y. (1995). "Effect of temperature preconditioning on catalase, on refrigerated storage of minimally peroxidase, and superoxide dismutase in chilled zucchini squash". *Postharvest Biology and Technology*, (5), 67-76.
- Yaun, B.R.; Summer, S.S.; Eifert, J.D. y Marcy, J.E. (2004). "Inhibition of pathogens on fresh produce by ultraviolet energy. Internatl. *Journal Food Microbiology*. (90), 1-8.
- Zamora S. (2007). "Antioxidantes: Micronutrientes en lucha por la salud". Programa de Maestría en Nutrición Humana. Universidad de Costa Rica. *Rev Chil Nutr*, 34, (1).
- Zudaire, M. & Yoldi, G. (2001). Guías Prácticas. Frutas, verduras y hortalizas. Carambola. Las frutas una a una. Recuperado el 23 de junio del 2010., de Fundación Grupo Erosky <http://frutas.consumer.es/documentos/tropicales/carambola/ntro.php>

ANEXO 1

Cosecha de Carambola en el Cantón Flavio Alfaro, parroquia Pavón. Provincia de Manabí.



ANEXO 2

Elaboración de Carambola mínimamente procesada



ANEXO 3

Radiación de Carambola mínimamente procesada con lámparas UV-C.



ANEXO 4

Congelación de tejido de Carambola a -18°C con Nitrógeno líquido.



ANEXO 5

Almacenamiento a 5°C de carambola mínimamente procesada tratada con luz UV-C.



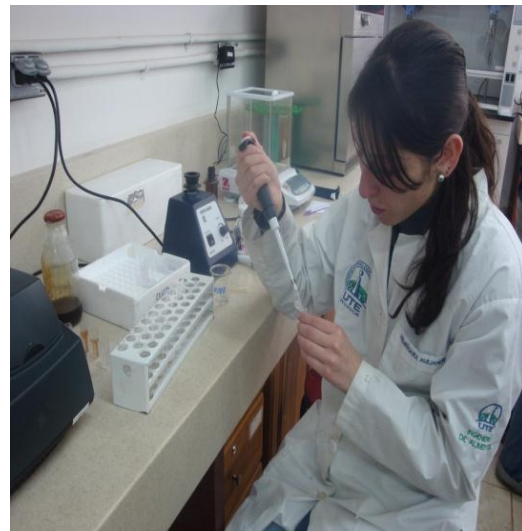
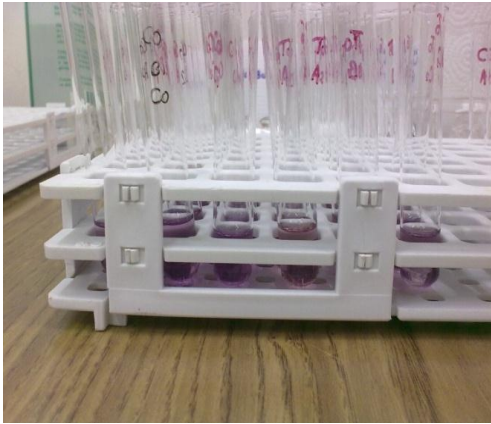
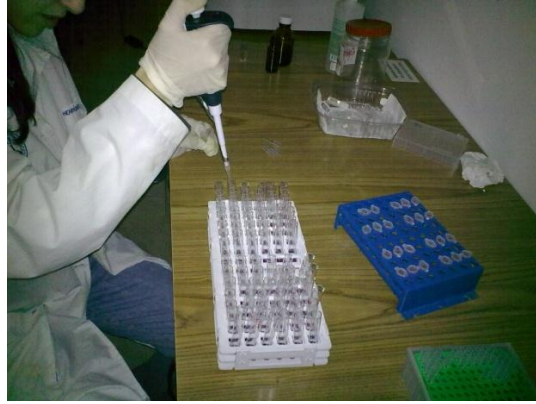
ANEXO 6

Análisis de pérdida de electrolitos en carambola



ANEXO 7


Realización del Análisis de Antioxidantes por espectrofotometría.




ANEXO 8

Informe de los resultados de los análisis de azúcares totales y vitamina C.

MO-LSAIA-2201-03



INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA
DEPARTAMENTO DE NUTRICION Y CALIDAD
LABORATORIO DE SERVICIO DE ANALISIS E INVESTIGACION EN ALIMENTOS
Panamericana Sur Km. 1 Catugua, Tarma 2690691-3007134 Fax 3007134
Castilla postal: 17-01-340



INFORME DE ENSAYO No: 10-336

| | | |
|--|--|--|
| NOMBRE PETICIONARIO: Srta. María José Andrade | INSTITUCION: UTE | |
| DIRECCION: Jardín del Valle | ATENCIÓN: Srta. María José Andrade | |
| FECHA DE EMISION: Octubre 04 del 2010 | FECHA DE RECEPCION: Septiembre 10 del 2010 | |
| FECHA DE ANALISIS: Septiembre 10 al 20 del 2010 | HORA DE RECEPCION: 9h11 | |
| | ANALISIS SOLICITADO: VITAMINA C, AZUCARES TOTALES | |

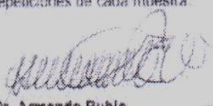
| ANALISIS | AZUCARES TOT. | | IDENTIFICACIÓN |
|-------------|---------------|------|---------------------------------------|
| METODO | MO-LSAIA-21 | | |
| METODO REF. | DUBOIS 1998 | | |
| REPETICION | R1 | R2 | |
| UNIDAD | % | | |
| 10-1331 | 2.53 | 2.62 | TEJIDO CONGELADO DE FRUTA CHINA L6 7 |
| 10-1331 | 2.70 | 2.65 | TEJIDO CONGELADO DE FRUTA CHINA G6 9 |
| 10-1332 | 0.92 | 1.42 | TEJIDO CONGELADO DE FRUTA CHINA G6 14 |
| 10-1333 | 2.50 | 2.57 | TEJIDO CONGELADO DE FRUTA CHINA G6 21 |
| 10-1334 | 1.61 | 1.33 | TEJIDO CONGELADO DE FRUTA CHINA G6 3 |
| 10-1335 | 2.74 | 2.82 | TEJIDO CONGELADO DE FRUTA CHINA G6 7 |
| 10-1336 | 2.22 | 2.21 | TEJIDO CONGELADO DE FRUTA CHINA G6 11 |
| 10-1337 | 3.32 | 3.27 | TEJIDO CONGELADO DE FRUTA CHINA G6 21 |

| ANALISIS | VITAMINA C | | IDENTIFICACIÓN |
|-------------|-----------------|-----|---|
| METODO | BO-LSAIA-10 | | |
| METODO REF. | REFLECTOMETRICO | | |
| REPETICION | R1 | R2 | |
| UNIDAD | mg/l | | |
| 10-1335 | 119 | 100 | JUICO CONGELADO DE FRUTA CHINA CONTROL DIA 0 |
| 10-1330 | 131 | 118 | JUICO CONGELADO DE FRUTA CHINA TRATADA DIA 0 |
| 10-1340 | 94 | 90 | JUICO CONGELADO DE FRUTA CHINA TRATADA DIA 7 |
| 10-1341 | 92 | 88 | JUICO CONGELADO DE FRUTA CHINA CONTROL DIA 7 |
| 10-1342 | 112 | 112 | JUICO CONGELADO DE FRUTA CHINA TRATADA DIA 14 |
| 10-1343 | 121 | 121 | JUICO CONGELADO DE FRUTA CHINA CONTROL DIA 14 |
| 10-1344 | 130 | 130 | JUICO CONGELADO DE FRUTA CHINA TRATADA DIA 21 |
| 10-1345 | 106 | 150 | JUICO CONGELADO DE FRUTA CHINA CONTROL DIA 21 |

Los ensayos marcados con Ω se reportan en base seca

OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente


Cliente solicita se reporten las repeticiones de cada muestra



Dr. Armando Rubio
RESPONSABLE DE CALIDAD

RESPONSABLES DEL INFORME

LABORATORIO LSAIA
I.N.I.A.P.
EST. EXP. SANTA CATALINA



Dr. Iván Samaniego
RESPONSABLE TÉCNICO

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio

Los resultados están indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo

NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por dicho destinatario electrónico o fax no es el destinatario del mismo, por lo notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted es el receptor de este informe por favor notificar inmediatamente al remitente por este mismo medio y eliminar la información.

Página 1 de 1

ANEXO 9

Norma de Codex para la Carambola (CODEX 187-1993).

NORMA DEL CODEX PARA LA CARAMBOLA (CODEX STAN 187-1993)

1. DEFINICIÓN DEL PRODUCTO

Esta Norma se aplica a las variedades comerciales de carambolas obtenidas de *Averrhoa carambola* L., de la familia *Oxalidaceae*, que habrán de suministrarse frescas al consumidor, después de su acondicionamiento y envasado. Se excluyen las carambolas destinadas a la elaboración industrial.

2. DISPOSICIONES RELATIVAS A LA CALIDAD

2.1 REQUISITOS MÍNIMOS

En todas las categorías, a reserva de las disposiciones especiales para cada categoría y las tolerancias permitidas, las carambolas deberán:

- estar enteras;
- estar sanas, deberán excluirse los productos afectados por podredumbre o deterioro que hagan que no sean aptos para el consumo;
- estar limpias, y prácticamente exentas de cualquier materia extraña visible;
- estar prácticamente exentas de daños causados por plagas;
- estar exentas de humedad externa anormal, salvo la condensación consiguiente a su remoción de una cámara frigorífica;
- estar exentas de cualquier olor y/o sabor extraños;
- ser de consistencia firme;
- tener un aspecto fresco;
- estar exentas de daños causados por bajas temperaturas;
- estar exentas de manchas pronunciadas;
- estar suficientemente desarrolladas y presentar un grado de madurez satisfactorio según la naturaleza del producto.

2.1.1 El desarrollo y condición de las carambolas deberán ser tales que les permitan:

- soportar el transporte y la manipulación; y
- llegar en estado satisfactorio al lugar de destino.

2.2 CLASIFICACIÓN

Las carambolas se clasifican en tres categorías, según se definen a continuación:

2.2.1 Categoría "Extra"

Las carambolas de esta categoría deberán ser de calidad superior y características de la variedad, bien formadas y exentas de manchas. Podrán permitirse defectos muy leves de la piel y nervaduras debidos a rozaduras y magulladuras, siempre y cuando no afecten al aspecto general del producto, su calidad, estado de conservación y presentación en el envase.

2.22 Categoría I

Las carambolas de esta categoría deberán ser de buena calidad y características de la variedad, estar suficientemente bien formadas y suficientemente exentas de manchas. Podrán permitirse, sin embargo, defectos leves en la piel y nervaduras debidos a rozaduras y magulladuras, siempre y cuando no afecten al aspecto general del producto, su calidad, estado de conservación y presentación en el envase. La superficie total afectada no deberá superar el 5%.

2.23 Categoría II

Esta categoría comprende las carambolas que no puedan clasificarse en las categorías superiores, pero satisfacen los requisitos mínimos especificados en la Sección 2.1. Deberá estar razonablemente bien formadas y razonablemente exentas de manchas. Podrán permitirse, sin embargo, defectos leves en la piel y nervaduras debidos a rozaduras y magulladuras, siempre y cuando las carambolas conserven sus características esenciales en lo que respecta a su calidad, estado de conservación y presentación. La superficie total afectada no deberá superar el 10%.

3. DISPOSICIONES RELATIVAS A LA CLASIFICACIÓN POR CALIBRES

El calibre se determina por el peso de la carambola, de acuerdo con el siguiente cuadro:

| Código de calibre | Peso (en gramos) |
|-------------------|---------------------|
| A | 80 - 129 |
| B | 130 - 190 |
| C | > 190 |

4. DISPOSICIONES RELATIVAS A LAS TOLERANCIAS

En cada envase (o en cada lote para productos presentados a granel) se permitirán tolerancias de calidad y calibre para los productos que no satisfagan los requisitos de la categoría indicada.

4.1 TOLERANCIAS DE CALIDAD

4.1.1 Categoría "Extra"

El 5%, en número o en peso, de las carambolas que no satisfagan los requisitos de esta categoría pero satisfagan los de la Categoría I o, excepcionalmente, que no superen las tolerancias establecidas para esta última.

4.1.2 Categoría I

El 10%, en número o en peso, de las carambolas que no satisfagan los requisitos de esta categoría pero satisfagan los de la Categoría II o, excepcionalmente, que no superen las tolerancias establecidas para esta última.

4.1.3 Categoría II

El 10%, en número o en peso, de las carambolas que no satisfagan los requisitos de esta categoría ni los requisitos mínimos, con excepción de los productos afectados por podredumbre o cualquier otro tipo de deterioro que haga que no sean aptos para el consumo.

4.2 TOLERANCIAS DE CALIBRE

Para la Categoría "Extra", el 5%, y para las Categorías I y II el 10%, en número o en peso, de las carambolas que no satisfagan los requisitos relativos al calibre, pero que entren en la categoría inmediatamente superior o inferior a las indicadas en la Sección 3.

5. DISPOSICIONES RELATIVAS A LA PRESENTACIÓN

5.1 HOMOGENEIDAD

El contenido de cada envase (o lote, para productos presentados a granel) deberá ser homogéneo y estar constituido únicamente por carambolas del mismo origen, variedad, calidad y calibre. Para la Categoría "Extra", el color y la madurez deberán ser homogéneos. La parte visible del contenido del envase (o lote, para productos presentados a granel) deberá ser representativa de todo el contenido.

5.2 ENVASADO

Las carambolas deberán envasarse de tal manera que el producto quede debidamente protegido. Los materiales utilizados en el interior del envase deberán ser nuevos¹, estar limpios y ser de calidad tal que evite cualquier daño externo o interno al producto. Se permite el uso de materiales, en particular papel o sellos, con indicaciones comerciales, siempre y cuando estén impresos o etiquetados con tinta o pegamento no tóxico.

Las carambolas deberán disponerse en envases que se ajusten al Código Internacional de Prácticas Recomendado para el Envasado y Transporte de Frutas y Hortalizas Frescas (CAC/RCP 44-1995).

5.2.1 Descripción de los Envases

Los envases deberán satisfacer las características de calidad, higiene, ventilación y resistencia necesarias para asegurar la manipulación, el transporte y la conservación apropiados de las carambolas. Los envases (o lote, para productos presentados a granel) deberán estar exentos de cualquier materia y olor extraños.

6. MARCADO O ETIQUETADO

6.1 ENVASES DESTINADOS AL CONSUMIDOR

Además de los requisitos de la Norma General del Codex para el Etiquetado de Alimentos Preenvasados (CODEX STAN 1-1985), se aplicarán las siguientes disposiciones específicas:

6.1.1 Naturaleza del Producto

Si el producto no es visible desde el exterior, cada envase deberá etiquetarse con el nombre del producto y, facultativamente, con el de la variedad.

6.2 ENVASES NO DESTINADOS A LA VENTA AL POR MENOR

Cada envase deberá llevar las siguientes indicaciones en letras agrupadas en el mismo lado, marcadas de forma legible e indeleble y visibles desde el exterior, o bien en los documentos que acompañan el envío. Para los productos transportados a granel, estas indicaciones deberán aparecer en el documento que acompaña a la mercancía.

6.2.1 Identificación

Nombre y dirección del exportador, envasador y/o expedidor. Código de identificación (facultativo)².

6.2.2 Naturaleza del Producto

Nombre del producto si el contenido no es visible desde el exterior. Nombre de la variedad o tipo comercial (facultativo).

6.2.3 Origen del Producto

País de origen y, facultativamente, nombre del lugar, distrito o región de producción.

¹ Para los fines de esta Norma, esto incluye el material recuperado de calidad alimentaria.

² La legislación nacional de algunos países requiere una declaración expresa del nombre y la dirección. Sin embargo, en caso de que se utilice una marca en clave, habrá de consignarse muy cerca de ella la referencia al "envasador y/o expedidor" (o a las siglas correspondientes).

6.2.4 Especificaciones Comerciales

- Categoría;
- Calibre (código de calibre o gama de pesos en gramos);
- Número de unidades (facultativo);
- Peso neto (facultativo).

6.2.5 Marca de Inspección Oficial (facultativa)

7. CONTAMINANTES

7.1 El producto al que se aplica las disposiciones de la presente Norma deberán cumplir con los niveles máximos de la Norma General del Codex para los Contaminantes y las Toxinas presentes en los Alimentos y Piensos (CODEX STAN 193-1995).

7.2 El producto al que se aplica las disposiciones de la presente Norma deberán cumplir con los límites máximos de residuos de plaguicidas establecidos por la Comisión del Codex Alimentarius.

8. HIGIENE

8.1 Se recomienda que el producto regulado por las disposiciones de la presente Norma se prepare y manipule de conformidad con las secciones apropiadas del Código Internacional Recomendado de Prácticas - Principios Generales de Higiene de los Alimentos (CAC/RCP 1-1969), Código de Prácticas de Higiene para Frutas y Hortalizas Frescas (CAC/RCP 53-2003) y otros textos pertinentes del Codex, tales como códigos de prácticas y códigos de prácticas de higiene.

8.2 El producto deberá ajustarse a los criterios microbiológicos establecidos de conformidad con los Principios para el Establecimiento y la Aplicación de Criterios Microbiológicos a los Alimentos (CAC/GL 21-1997).