

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
INSTITUTO DE CIENCIAS AGRÍCOLAS



**POSCOSECHA DE RÁBANO TRATADO CON CUBIERTA
COMESTIBLE Y ANTIOXIDANTE QUELATANTE**

TESIS

**QUE COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE:
INGENIERO AGRÓNOMO**

PRESENTA:

AURA NATALIA VALENZUELA SOLORIO

MEXICALI, BAJA CALIFORNIA. SEPTIEMBRE DE 2013

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

INSTITUTO DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

La presente tesis titulada: **Poscosecha de rábano tratado con cubierta comestible y antioxidante quelatante**, fue realizada por Aura Natalia Valenzuela Solorio, bajo la dirección del comité particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

INGENIERO AGRÓNOMO

COMITÉ PARTICULAR

Dr. ALEJANDRO MANELIK GARCÍA LÓPEZ

DIRECTOR

Dr. MANUEL CRUZ VILLEGAS

ASESOR

Dr. CARLOS ENRIQUE AIL CATZIM

ASESOR

Dr. LEOPOLDO PARTIDA RUVALCABA

ASESOR

ÍNDICE

Índice de figuras	III
Índice de cuadros	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTOS.....	VI
RESUMEN	VII
ABSTRACT	VIII
INTRODUCCIÓN	1
Objetivo general	2
Objetivos específicos	2
Meta	2
Hipótesis	2
REVISION DE LITERATURA	3
Historia del rábano	3
Importancia económica y comercialización	3
Manejo del cultivo del rábano	4
Descripción botánica y taxonómica	6
Composición nutritiva del rábano	6
Componentes de calidad poscosecha	7
Manejo poscosecha del rábano	10
Cambios bioquímicos de rábano en poscosecha	12
Alternativas para prolongar vida en poscosecha	16
MATERIALES Y MÉTODOS	19
Material vegetal y tratamientos	19
Apariencia visual	19
Pérdida de peso	19
Color	20
Sabor	20

Clorofila y carotenoides totales en hoja	20
pH, acidez y sólidos solubles totales	21
Antocianinas totales	22
Flavonoides totales	22
Ácido ascórbico	22
Diseño experimental y análisis estadístico	23
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
Apariencia visual	24
Pérdida de peso	26
Color de hoja	28
Color externo de raíz	30
Color interno de raíz	32
Sabor	34
Clorofila y carotenoides totales en hoja	36
pH, sólidos solubles totales y acidez titulable	38
Antocianinas y flavonoides	40
Ácido ascórbico	42
CONCLUSIONES	44
LITERATURA CITADA	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Actividad de la mirosina y concentración de glucosinolatos totales en diferentes partes de rábano.	16
Figura 2	Comportamiento de la apariencia visual en mazos de rábano tratados con quitosano + ácido acético y ácido cítrico + EDTA bajo condiciones de almacenamiento a 5 °C. La línea punteada indica el límite de mercadeo.	25
Figura 3	Pérdida de peso acumulada en mazos de rábano tratados con quitosano + ácido acético y ácido cítrico + EDTA bajo condiciones de almacenamiento a 5 °C.	27
Figura 4	Tono de hojas en mazos de rábano tratados con quitosano + ácido acético y ácido cítrico + EDTA bajo condiciones de almacenamiento a 5 °C.	29
Figura 5	Tono externo de raíz en mazos de rábano tratados con quitosano + ácido acético y ácido cítrico + EDTA bajo condiciones de almacenamiento a 5 °C.	31
Figura 6	Tono interno de raíz en mazos de rábano tratados con quitosano + ácido acético y ácido cítrico + EDTA bajo condiciones de almacenamiento a 5 °C.	33
Figura 7	Sabor en mazos de rábano tratados con quitosano + ácido acético y ácido cítrico + EDTA bajo condiciones de almacenamiento a 5 °C.	35

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1	Comportamiento de clorofila y carotenoides en hoja de mazos de rábano tratados con quitosano + ácido acético y ácido cítrico + EDTA bajo condiciones de almacenamiento a 5 °C.	37
Cuadro 2	Comportamiento de pH, sólidos solubles totales y acidez titulable en la parte comestible de mazos de rábano tratados con quitosano + ácido acético y ácido cítrico + EDTA bajo condiciones de almacenamiento a 5 °C.	39
Cuadro 3	Comportamiento de antocianinas totales y flavonoides totales en la parte comestible de mazos de rábano tratados con quitosano + ácido acético y ácido cítrico + EDTA bajo condiciones de almacenamiento a 5 °C.	41
Cuadro 4	Comportamiento de ácido ascórbico en la parte comestible de mazos de rábano tratados con quitosano + ácido acético y ácido cítrico + EDTA bajo condiciones de almacenamiento a 5 °C.	43

DEDICATORIA

A Dios, por ponerme en este camino que nunca imagine cruzar.

A mi Mamá, la persona con la que he pasado los mejores momentos de mi vida y que nunca estuvo de acuerdo en que eligiera esta carrera. Mamá siéntete orgullosa de que ahora estoy culminando mis estudios enamorada de lo que estudié y que a pesar de las dificultades de la vida salí adelante. Te amo. Felicidades y gracias, porque para mí tú eres la mejor.

A mis amigos y amigas que me apoyaron en esto a lo que llamaron locura.

A la familia Fernández Barrón, que siempre tuvieron la amabilidad de abrirme las puertas de su casa después de escuela, brindándome incondicionalmente su amor, ayudándome en varias ocasiones con mis tareas y muchas veces dándome un plato de comida. Gracias.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto de Ciencias Agrícolas, por darme la oportunidad de seguir mis estudios en sus instalaciones.

Al Dr. Alejandro Manelik García López, por ser un gran profesor, por apoyarme siempre, desde el raite hasta sus infinitas asesorías, por darme ánimos, por creer en mí, y sobre todo por ser un verdadero amigo.

A mis compañeros Andrés Gonzales, Román Villanueva, Margarita García, Felipe Menchaca, los cuales me apoyaron mucho con su sabiduría, sus palabras de ánimo y su mano de obra, ya que sin su apoyo me hubiese sido más difícil mi experimento.

Al Empaque Río Colorado, el cual aportó la parte más importante de este experimento, los rábanos, en especial a la **IQ. Daniela López** la cual siempre nos atendió muy amablemente.

A mi profesor, **Dr. Manuel Cruz Villegas**, recuerde que la excelencia no existe.

A los otros miembros de mi comité, **Dr. Carlos Enrique Ail Catzim y Dr. Leopoldo Partida Ruvalcaba**, por su apoyo.

RESUMEN

Se realizó un estudio con cubiertas comestibles en mazos de rábanos almacenados a 5 °C y una humedad relativa de 95% durante 9 días. Los tratamientos fueron los siguientes: testigo, quitosano 2% + ácido acético 1%, quitosano 2% + ácido acético 2% y ácido cítrico 1% + EDTA 0.2%. Las variables a analizar fueron las siguientes: apariencia visual, pérdida de peso, sabor, clorofila y carotenoides totales en hoja, antocianinas totales, flavonoides totales, ácido ascórbico, pH, acidez y sólidos solubles totales. El estudio se realizó bajo un diseño experimental completamente al azar con cuatro tratamientos y con 10 repeticiones. Los resultados del estudio fueron los siguientes: el aditivo ácido cítrico + EDTA, como cubierta comestible, aumenta la vida de anaquel en mazos de rábano. El uso de cubiertas comestibles en mazos de rábano reduce la pérdida de peso. El uso de ácido cítrico + EDTA y quitosano 2% + ácido acético 2% lograron mantener el color verde por más tiempo en hojas de mazo de rábano. La cubierta comestible de ácido cítrico + EDTA mantiene un mejor sabor y disminuye la concentración de ácido ascórbico durante los días de almacenamiento. El uso de cubiertas comestible mantiene la calidad química en poscosecha. El uso de cubiertas comestibles no tuvo efecto en la concentración de antocianinas.

ABSTRACT

A research using edible coating on bunching radishes at 5 °C and 95% relative humidity by 9 days was performed. The treatments were control; chitosan 2% + acetic acid 1%; chitosan 2% + acetic acid 2% and citric acid 1% + EDTA 0.2%. Visual appearance, weight loss, flavor, leaf total chlorophyll and carotenoids, total anthocyanins, flavonoids, ascorbic acid content, pH, acidity and total soluble solids were analyzed. Random completely design with four treatments and 10 repetitions were used. The principal results were: citric acid + EDTA, like edible coating, enhance shelf life of bunching radishes. The use of edible coatings on bunching radishes reduces weight loss. Retention of leaf green color with citric acid + EDTA and chitosan 2% + acetic acid % was obtained. Citric acid + EDTA additive maintained better flavor and decrease ascorbic acid content during storage. Chemical quality were retained when use edible coatings. The use of edible coatings did not have effect in anthocyanin content.

I. INTRODUCCIÓN

El rábano es una hortaliza de la familia de las *Brassicaceae* originaria de Japón o china. En 2011 en el estado de Baja California se sembraron 409 hectáreas con un valor de 31 710.00 miles de pesos. El rábano que se produce en el Valle de Mexicali y San Luis Río Colorado se comercializa principalmente en el mercado Norteamericano. Esta hortaliza se siembra a finales de invierno e inicio de primavera; la cosecha se realiza manualmente, siendo el tiempo el único indicador, que es entre los 28 y 35 días. Deben de ser uniformes, bien formados, crujientes, frescos en apariencia, turgentes y libre de cualquier daño; para muestra buenos índices de calidad. En cuanto a su manejo es poscosecha, las condiciones ideales de almacenamiento son a una temperatura de 0 °C y una humedad relativa de 95 %.

Existen varias alternativas para prolongar la vida de anaquel en los vegetales, tales como los agentes reductores, agentes quelantes, acidulantes, inhibidores enzimáticos, tratamientos enzimáticos y agentes complejantes. Recientemente se han utilizado compuestos como la quitina, el quitosano y derivados en películas comestibles que tienen como objetivo principal proteger productos alimenticios perecederos, prolongando vida de anaquel y su calidad mediante el retardo de la deshidratación, disminución de la respiración, mejoramiento de la textura, retención de compuestos volátiles y reducción del desarrollo bacteriano. Estos filmes crean una atmósfera modificada dentro de las frutas y hortalizas, debido al control del intercambio de los gases respiratorios.

1.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la calidad poscosecha y vida de anaquel de rábano tratado con dos concentraciones de quitosano, y ácido cítrico + EDTA bajo condiciones de almacenamiento.

1.1.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Evaluar la calidad física como apariencia visual, pérdida de peso y color, en rábano tratado con dos concentraciones de quitosano, y ácido cítrico + EDTA bajo condiciones de almacenamiento.

Evaluar la calidad química como pH, acidez titulable y sólidos solubles totales en rábano tratado con dos concentraciones de quitosano y ácido cítrico + EDTA bajo condiciones de almacenamiento.

Evaluar la concentración de clorofila y carotenoides totales en hoja, antocianinas y flavonoides totales en rábano tratado con dos concentraciones de quitosano y ácido cítrico + EDTA bajo condiciones de almacenamiento.

1.2. META

Determinar si alguna de las concentraciones evaluadas ofrece una mejor calidad poscosecha y extiende vida de anaquel en rábano.

1.3. HIPÓTESIS

La calidad y vida de anaquel del rábano estará en función de la concentración de quitosano o ácido cítrico + EDTA que se utilice.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Historia del rábano.

El origen del rábano no se ha determinado de forma concluyente, aunque parece ser que las variedades de rábanos de pequeño tamaño se originaron en la región mediterránea, mientras que los grandes rábanos pudieron originarse en Japón o China (Infoagro, 2013). En inscripciones encontradas en pirámides egipcias, datadas 2.000 años A.C. ya se hacía referencia a su uso culinario (Infoagro, 2013).

2.2. Importancia económica y comercialización.

En 2011 a nivel nacional se sembraron 2,760.04 hectáreas con rábano. En Baja California 409 y a nivel regional 185.; posicionando a este cultivo en el 60vo lugar a nivel nacional y 22 a nivel estatal (SIAP, 2011).

El valor de la producción nacional, estatal y regional para el 2011 fue de 85 284.88, 31 710.00 y 11 098.00 miles de pesos, respectivamente (SIAP, 2011).

El rábano que se produce en el Valle de Mexicali y San Luis Río Colorado se comercializa principalmente al mercado Norteamericano, en presentación de mazos sencillos o dobles de 4-5 pulgadas de longitud, 21 mm a 25 mm de diámetro; de 11 a 13 piezas por mazo con una longitud máxima de raíz de 2 – 2½ pulgadas.

Las presentaciones de embalaje utilizadas son a) cajas de cartón encerado con dos docenas de mazos sencillos, colocadas en una tarima de 80 cajas; b) cajas de cartón encerado con cuatro docenas de mazos sencillos, colocadas en una tarima de 48 cajas; c) cajas de cartón encerado con dos docenas de mazos dobles, colocadas en una tarima de 48 cajas (Quevedo, 2005).

2.3. Manejo del cultivo de rábano.

Para lograr obtener una producción de calidad se deben realizar algunas labores, tales como:

Preparación del terreno.

La mejor textura que se considera para un mejor desarrollo de la raíz es la franco-arenosa, aunque se adapta a cualquier tipo de suelo, pero prefiere los suelos profundos, arcillosos y neutros. El pH debe de oscilar entre 5.5 y 6.8. Es una hortaliza que en teoría no tolera salinidad y es propio de los climas templados, muy tolerante al frío. La temperatura del suelo para germinación debe ser de 7–33 °C. Las temperaturas para su desarrollo deben de oscilar de entre 18–20 °C. El barbecho debe de ser con una penetración del arado de 30–40 cm. El rastreo con una profundidad de 25–30 cm, después se realiza el floteo y surcado, con camas de 80 pulgadas y finalmente el planchado (Quevedo, 2005).

Fecha de siembra y densidad de siembra.

La fecha de siembra en el Valle de Mexicali y San Luis R.C. es de finales de invierno e inicio de primavera, se siembra a 12 hilos con una profundidad de ½ pulgada. La densidad de siembra es de 9 semillas por pie (Quevedo, 2005).

Manejo agronómico.

Se realizan aplicaciones pre-siembra de triple 15 con dosis de 200 kg·ha⁻¹ aplicado en banda. Una vez emergido el cultivo, aproximadamente a los 15 días, se aplica nitrato de calcio en dosis de 100 a 200 kg·ha⁻¹ haciéndose estas aplicaciones semanalmente, aproximadamente. Cuando el rábano comienza a formar la bola, se realiza una aplicación de nitrato de calcio entre 100 y 200 kg·ha⁻¹, dependiendo de la apariencia de la planta (Quevedo, 2005).

Control de plagas y enfermedades.

Dentro del ciclo del cultivo de rábano se pueden presentar algunas plagas y enfermedades que pueden ser controlados con los siguientes productos y su respectiva dosis (Quevedo, 2005):

Control	Producto	Dosis
Pulgones	Dimetoato 400	800 mL·ha ⁻¹
Trips	Diazinon	1 l·ha ⁻¹
Zacates		
Mancha foliar (<i>Alternaria brassicae</i>)	Mancozeb 80	1.5 kg·ha ⁻¹
Pudrición radicular (<i>Rhizoctonia solani</i>)	Tecto 60	120 g·l ⁻¹ de agua
Cenicilla vellosa (<i>Peronospora parasitica</i>)	Mezcla de: 17.5 % de Mancozeb + 22 % de Oxiclورو de Cobre	400–600 g·ha ⁻¹

Cosecha.

Esta actividad se realiza manualmente, el único indicador es el tiempo y puede hacerse entre los 28 y 35 días (Quevedo, 2005). El tamaño del mazo varía según las exigencias del mercado, el largo es de 4 y 5 pulgadas. Los mazos pueden ser dobles o sencillos, para el primero son de 11- 13 rábanos y para el doble son de 22-26 rábanos. En el empaque se recibe el producto que viene de campo, donde se toman las medidas de color de hoja y raíz, y se cuentan el número de rábanos que hay por mazo. Se colocan en agua con 200 ppm de cloro para su lavado por gravedad. Al finalizar este proceso los mazos se colocan en cajas de cartón encerado, con papel separador y se le coloca hielo molido (Quevedo, 2005).

2.4. Descripción botánica y taxonómica.

Descripción botánica.

El rábano es una planta que pertenece a la familia de las *Brassicaceae*, cuya raíz es comestible. Es una raíz gruesa, carnosa, de piel roja o rosada; el tallo, breve antes de la floración, con una roseta de hojas; las hojas basales, pecioladas; las flores dispuestas sobre pedicelos delgados, ascendentes, en racimos grandes y abiertos, sépalos erguidos; pétalos casi siempre blancos, a veces rosados o amarillentos, con nervios violáceos o púrpura (Infoagro, 2013).

Descripción taxonómica.

El rábano taxonómicamente se describe como (Infoagro, 2013):

Reino: *Plantae*

División: *Tracheophyta*

Clase: *Magnoliopsida*

Orden: *Brassicales*

Familia: *Brassicaceae*

Género: *Raphanus*

Especie: *sativus*

2.5. Composición nutritiva del rábano.

El valor nutricional en 100 gr de producto fresco es el siguiente (Infoagro, 2013):

COMPUESTO	CANTIDAD
Agua	94 g
Carbohidratos	3.59 g
Grasas	0.54 g
Proteínas	0.6 g
Fibra	1.6 g
Cenizas	0.54 g
Calorías	20

Calcio	21 mg
Magnesio	9 mg
Potasio	232 mg
Fósforo	18 mg
Sodio	24 mg
Hierro	0.29 mg
Tiamina	0.005 mg
Riboflavina	0.045 mg
Niacina	0.3 mg
Ácido ascórbico	22 mg

2.6. Componentes de calidad poscosecha.

Calidad es un término que denota un grado de excelencia o un alto valor. Según Kramer (1965) la calidad de los alimentos puede ser definida por la composición de aquellas características que diferencian unidades individuales de un producto y tienen importancia en determinar el grado de aceptabilidad de dicha unidad por el consumidor.

Con respecto a frutas y hortalizas, las características que describen calidad son los siguientes atributos: 1) color y apariencia, 2) flavor (sabor y aroma), 3) textura y 4) valor nutricional (Barrett *et al.*, 2010).

a) Color. Se deriva de pigmentos naturales en frutas y vegetales, muchos de los cuales cambian como proceso de maduración. Los pigmentos principales que dan calidad del color son las clorofilas (color verde), los carotenoides (colores amarillo, naranja y rojo), las antocianinas (colores rojo y azul), los flavonoides (color amarillo) y las betalaínas (color rojo). Y la formación de los colores café, gris y negro se obtienen de reacciones enzimáticas o no enzimáticas. Las enzimas que participan en las reacciones de pardeamiento incluye a la polifenol oxidasa, la cual cataliza la oxidación de compuestos fenólicos, y la fenilalanina amonio-liasa, la cual cataliza la síntesis de precursores a sustratos fenólicos (Barrett *et al.*, 2010).

b) Apariencia. Se determina por factores físicos que incluyen el tamaño, la

forma, la integridad, la presencia de defectos (manchas y magulladuras, etc.), el brillo y la consistencia. El tamaño y la forma están influenciados por el cultivar, la madurez, el manejo del cultivo y el ambiente donde se desarrolló. La integridad y la ausencia de defectos pueden ser afectadas por la exposición a enfermedades e insectos durante el periodo de crecimiento y en las operaciones de cosecha y poscosecha. En frutas y vegetales el brillo se relaciona con la habilidad de reflejar la luz en su superficie y generalmente productos frescos cosechados son más brillantes (Mitcham *et al.*, 1996). El brillo es afectado por el contenido de humedad, la deposición de cera sobre la superficie y por las prácticas de manejo poscosecha. La consistencia o suavidad se utiliza como un término de la apariencia, pero se aplica a productos semi-sólidos, donde se indica la delgadez del producto (Barrett *et al.*, 2010).

c) Flavor. Se define como una experiencia única que incluye sensaciones de sabor, olor, presión y en ocasiones sensaciones cutáneas como calor, color y dolor (Anónimo, 1959). El flavor es descrito por el aroma (olor) y el sabor. Los compuestos que dan aroma son volátiles, percibidos principalmente con la nariz, mientras que los receptores del sabor están en la boca. Mientras que el color y la apariencia son los atributos iniciales de la calidad que nos atraen de las frutas y vegetales, el flavor tiene un gran impacto en la aceptabilidad y deseo de ser consumido nuevamente. El sabor está dividido en cinco sabores primarios: dulce, ácido, salado, amargo y umami. Los olores son mucho más diversos y difíciles de clasificar, que incluyen a especias, florales, frutales, resinas o balsámicos, quemado, etc. Stevens (1985) fijó que es posible clasificar a los vegetales en dos grandes grupos, dependiendo de sus características de flavor. El primer grupo de frutas y vegetales que tienen flavor fuerte que puede ser atribuido a un compuesto simple o grupo de compuestos relacionados, ejemplo: los plátanos con isoamilacetato, las cebollas con compuestos azufrados y el apio con los ftálicos. El segundo grupo incluye a todos aquellos sabores determinados por un número de volátiles, ejemplo: frijol, melón, tomate.

d) Textura. Los parámetros de textura en frutas y vegetales son percibidos con el sentido del tacto, también cuando es tomado por la mano o puesto en la boca y masticado. En contraste con el flavor, las características de textura se miden fácilmente usando diferentes métodos instrumentales. La mayoría de las plantas contienen una suficiente cantidad de agua y otros materiales líquido-solubles rodeados por una membrana semi-permeable y la pared celular. La textura se deriva de la presión de turgencia y de la composición individual de las paredes celulares y de la lámina media que mantiene a células individuales juntas. Las paredes celulares se componen de celulosa, hemicelulosa, sustancias pécticas, proteínas y en el caso de vegetales, lignina. Según Bourne (1982) las propiedades de textura de un alimento son un grupo de características físicas que resultan de los elementos estructurales del alimento, y son detectadas por el sentido del tacto, que está relacionada con la deformación, desintegración y flujo del alimento expuesto a una fuerza, y es medida objetivamente por funciones de masa, tiempo y distancia.

e) Valor nutricional. Las frutas y vegetales son la mayor fuente de macronutrientes como fibra y carbohidratos, y micro-nutrientes como la vitamina C, complejo B (tiamina, riboflavina, B₆, niacina, folato), A, E, minerales y los menos estudiados polifenoles, carotenoides y glucosinolatos (Barrett *et al.*, 2010). Los nutrientes pueden ser clasificados como hidro o liposolubles. Los nutrientes hidrosolubles incluyen a la vitamina C, complejo B, polifenoles y glucosinolatos. Los nutrientes liposolubles incluyen a la vitamina A, E y carotenoides como licopeno y β -caroteno. La vitamina C es una de las vitaminas más sensibles, siendo degradada rápidamente por exposición al calor, luz y oxígeno. Por esta razón se utiliza como índice nutrimental del Departamento de Salud y Servicios Humanos de los Estados Unidos.

2.7. Manejo poscosecha del rábano.

Se almacena manteniendo un control apropiado de la temperatura, la humedad relativa y una adecuada ventilación. La condición atmosférica se puede mejorar con el uso de ventiladores. Se deben almacenar en ausencia de luz. Las condiciones ideales de almacenamiento son a una temperatura de 0 °C y una humedad relativa de 95 % (Suslow, 2013). De esta manera se puede conservar el producto sano entre dos y cuatro semanas. Se puede almacenar en atmósferas controladas con niveles de 1 a 2 % de O₂ + 2-3 % de CO₂ a 5 ó 10 °C (Suslow, 2013).

Índice de calidad.

Deben ser idealmente uniformes y con una forma característica de la variedad, bien formada, lisa, firme pero con textura crujiente, frescos en apariencia, turgentes, libre de daños, amarillamiento o cualquier otra decoloración, enfermedades, pudriciones e insectos (Suslow, 2013).

Temperatura óptima.

Es de 0 °C (32 °F); el enfriamiento debe de ser rápido para alcanzar el máximo potencial de almacenamiento. Los rábanos son a menudo empacados con hielo en la parte superior de la caja para mantener la baja temperatura y la humedad relativa alta, la cual retiene la textura crujiente. Bajo estas condiciones debería esperarse para el rábano rojo común una calidad aceptable por 7-14 días cuando se empaqueta con hoja y de 21-28 días sin hojas (Suslow, 2013).

Tasa de respiración y producción de etileno.

La tasa de respiración del rábano rojo dependerá de la temperatura de almacenamiento (Suslow, 2013):

Temperatura	0°C (32°F)	5°C (41°F)	10°C (50°F)	20°C (68°F)
	mL de CO ₂ ·kg ⁻¹ ·hr ⁻¹			
Con hojas	6-7	8-9	14-16	58-62
Sin hojas	2-4	3-5	6-7	19-26

Mientras que su tasa de producción de etileno es muy baja, considerándose un producto no climatérico: $< 0.1 \mu\text{L}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{hr}^{-1}$ a 20 °C (Suslow, 2013).

Atmosferas controladas (AC)

Con el uso de atmosferas controladas de 1-2 % de O₂ y 2-3 % de CO₂ puede para mantener la calidad de rábanos con hojas cuando se almacenan a temperaturas entre 5-7 °C (41-45 °F). Las atmosferas controladas ayudan a retardar el continuo crecimiento de las raíces. No obstante, la exposición a temperaturas por encima de 7 °C, aunque sea a cortos intervalos de tiempo, resultan en el desarrollo de sabores no deseados, oscurecimiento y ablandamiento de la raíz (Suslow, 2013).

Fisiopatía.

Los mazos de rábano pueden presentar daño por congelamiento, debido a que el rábano es, idealmente, almacenado y transportado a temperaturas un poco superiores al punto de congelamiento (- 1° C / 30.5° F). Los tallos se tornan acuosos, marchitos y negros. Las raíces también se tornan acuosas y traslucidas, a menudo en la parte externa de la raíz si la temperatura congelante no fue muy baja. Las raíces se ablandan y pierden pigmento rápidamente cuando se incrementa la temperatura (Suslow, 2013).

Enfermedades.

Dentro de las enfermedades que se pueden presentar en rábano durante poscosecha son las siguientes: a) Mancha negra bacteriana, provocada por *Xanthomonas campestris*, causando un problema en algunas áreas y generalmente se desarrolla durante el almacenamiento poscosecha a temperaturas más altas de las óptimas. El mantenimiento de una temperatura adecuada es la primera medida de prevención. Adicionalmente, el lavado de las raíces con agua clorada se ha reportado como un tratamiento que controla significativamente esta enfermedad. b) Lesiones causadas por *Rhizoctonia spp.*

Se pueden desarrollar a temperaturas más altas de las recomendadas; no obstante, este hongo se puede controlar más efectivamente en el campo. c) *Botrytis* (moho gris) y *Sclerotinia* pueden desarrollarse, especialmente alrededor de heridas de cosecha, incluso a temperaturas por debajo de 5 °C (41 °F) (Suslow, 2013).

2.8. Cambios bioquímicos de rábano en poscosecha.

Carbohidratos.

Durante la maduración de los frutos aumentan la concentración de azúcares y disminuye la acidez. Wills *et al.* (1998), mencionan que cuantitativamente el cambio más importante asociado a la maduración de las frutas es la degradación de los carbohidratos poliméricos; frecuentemente ocurre la conversión casi total del almidón a azúcares aumentando la concentración de sólidos solubles. Esta concentración se cuantifica con un refractómetro y se puede expresar en porcentaje de sólidos solubles totales o como °Brix. En un estudio realizado en rábano Giant Crimson almacenado a 5 °C por 10 días se encontró que la concentración de sólidos solubles totales disminuye de 3.5 a 1.47 °Brix (Saavedra del Águila *et al.*, 2008). En otro estudio realizado con rábano rallado, rebanados y enteros, se encontró que hubo una mayor disminución de los sólidos solubles totales en rábano rallado perdiendo 2.2 % en 10 días en almacenamiento A 10 °C; mientras que en rábano rebanado fue de 1.1 % y en entero de .43 % (Saavedra del Águila *et al.*, 2006). Schereiner *et al.* (2003) mostraron que un aumento en la temperatura acumulada llevó a la pérdida de sustancias pépticas insolubles y un aumento en sustancias pépticas solubles en rábanos Nevadar.

Ácidos orgánicos.

Comúnmente, durante la maduración, los ácidos orgánicos son respirados o transformados en azúcares. Los ácidos se consideran como una reserva de energía más de la fruta, por lo que se espera que el contenido de ácido disminuya en el periodo de actividad metabólica durante la maduración (Wills *et al.*, 1998). La acidez de la fruta se expresa comúnmente en términos del ácido presente en

mayor concentración, para este caso es el ácido málico (Nagy y Shaw, 1980). Saavedra del Águila *et al.* (2008) reportaron que la concentración de ácido málico en rábano Giant Crimson almacenado a 5 °C por 10 días disminuyó de 0.05 % a 0.03 %.

Clorofila y carotenoides.

Las clorofilas son porfirinas, es decir, están constituidas por un anillo tetrapirrólico formado por cuatro pirroles asociados en posición α . En estas moléculas, los dobles enlaces se presentan prácticamente conjugados, de donde su entidad como pigmentos. En las posiciones β , las porfirinas poseen diversos sustituyentes según su naturaleza y en el centro presentan un átomo de metálico con distinto grado de coordinación. La asociación de los cuatro pirroles se verifica por grupos metínicos (-CH=). Las porfirinas fisiológicas suelen poseer el pirrol IV (D) invertido, aunque existen formas sin esta inversión, generalmente patológicas (Gil-Martínez, 1995). Los carotenoides junto con las clorofilas y otros compuestos pertenecen al grupo de los lípidos isoprenoides. Los carotenoides son compuestos de cuarenta átomos de carbono con una estructura principal lineal con grupos metilo laterales cada cuatro carbonos, donde los principales están presentes en el cloroplasto del tejido vegetal fotosintético son α -caroteno, β -caroteno y 5 xantofilas: luteína, violaxantina, anteraxantina, zeaxantina y neoxantina. En tejido vegetal no fotosintético ocurre en cromoplastos (Azcón-Bieto y Talón, 2000; Fraser *et al.*, 2001). Estos pigmentos son sintetizados por todas las plantas superiores, algas y algunas bacterias y hongos (Fraser *et al.*, 2001). De acuerdo con una evaluación realizada por Schouten *et al.*, (1997) la fluorescencia de la clorofila caracteriza el estado fisiológico de un producto cosechado que corresponde a la edad fisiológica. Esto está asociado con cambios en la expresión de la fluorescencia de la clorofila. Los rábanos de mayor edad revelaron una disminución de la fluorescencia máxima, lo que indica la senescencia, mientras que los rábanos más jóvenes revelaron un máximo de fluorescencia creciente o constante, y por lo tanto no mostraron síntomas de senescencia.

Antocianinas.

Estos compuestos son el grupo más importante de pigmentos hidrosolubles en plantas (Strack y Wray, 1994; Kong *et al.*, 2003). Pertenecen a un gran grupo de compuestos conocido como flavonoides (Harborne, 1994; Kong *et al.*, 2003). En muchas flores así como en la raíz del rábano, son los pigmentos principales responsables de su coloración, en este caso es la pelargonidina. Las antocianinas generalmente se encuentran como glucósidos, es decir, se pueden hidrolizar por la acción de enzimas o de ácidos en uno o más azúcares y en otra proporción de diferente naturaleza llamada aglicón o antocianidina (Salisbury y Ross, 1994). En un estudio realizado se encontraron niveles de antocianinas de 4.69 y 4.39 mg/g de peso seco en rábanos Man Tang Hong flesh y Hong Feng No.1 skin, respectivamente (Park *et al.*, 2011).

Flavonoides.

Los flavonoides son un grupo de metabolitos secundarios de las plantas que desde el punto de vista biológico tiene una gran capacidad antioxidante (Jafari y Bourouni, 2009). En rábano rojo no se tiene reportado el comportamiento de la concentración de flavonoides totales interna en raíz a través del almacenamiento.

Ácido Ascórbico.

Es la molécula antioxidante más importante en plantas, tiene un papel importante en la eliminación de H_2O_2 a través del ciclo glutatión–ascorbato (Saavedra del Águila *et al.*, 2006). El contenido de ácido ascórbico disminuye en la mayoría de los vegetales cuando son cortados o tienen contusiones (Saavedra del Águila *et al.*, 2006). El ácido ascórbico disminuye en rábano rallado almacenado a 10 °C después de 10 días de almacenamiento, mientras que para rábano cortado y entero no se mostró reducción en la concentración de ácido ascórbico a 1 °C, 5 °C y 10 °C (Saavedra del Águila *et al.*, 2006).

Glucosinolatos.

Son metabolitos secundarios de las plantas que se producen principalmente en las *Brassicaceae*. Debido principalmente a la bioactividad de sus productos de la hidrólisis, a los glucosinolatos se les acredita actividad fungicida, bactericida, nematocida y alelopáticos (Fahey *et al.*, 2001). Un estudio realizado con rábanos Nevadar mostró que la fuerte disminución de glucosinolatos y croma en los días 3 y 4 (en 5 a 8 °C), fue causada por la alta tasa de crecimiento, en contraste, los rábanos con una tasa de crecimiento más baja tuvieron valores más bajos en croma. Por lo tanto se supone que las altas tasas de crecimiento pueden haber acelerado la degradación de los glucosinolatos y color de antocianinas que son determinadas después de la cosecha (Schreiner *et al.*, 2003).

Mirosinasa.

La mirosinasa (EC 3.2.3.1) es la enzima encargada de catabolizar los glucosinolatos produciendo productos de la degradación como: isotiocianatos, tiocianatos, nitrilo, epitionitros y oxazolidina 2-tionas (Rosa *et al.*, 1974). En un estudio realizado con rábano se reportó que la cascara de la raíz del rábano es el principal tejido donde se acumula el sistema mirosinasa-glucosinolatos (Figura 1) (Hara *et al.*, 2000).

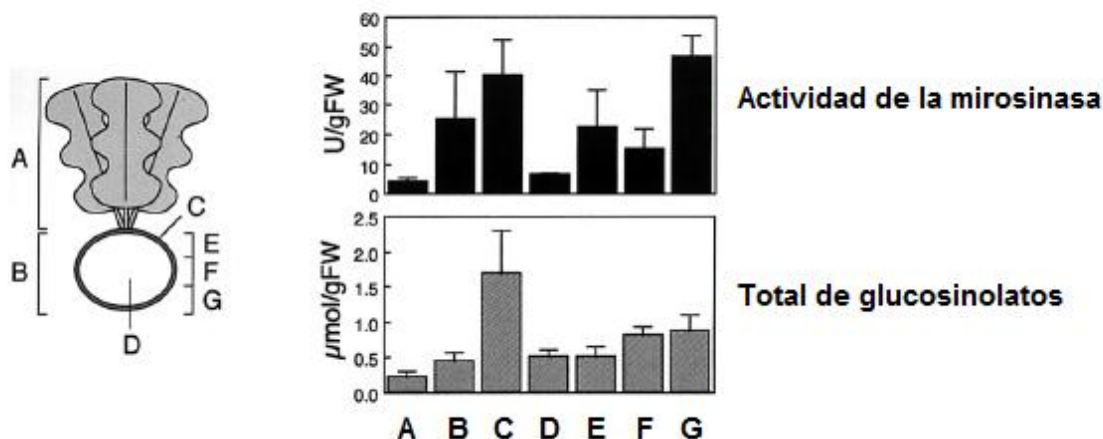


Figura 1. Actividad de la mirosinasa y concentración de glucosinolatos totales en diferentes partes de rábano. (A) hoja, (B) raíz, (C) epidermis, (D) raíz sin epidermis, (E) raíz parte superior, (F) raíz parte media, (G) raíz parte inferior (Hara *et al.*, 2000).

Los valores de mirosinasa y glucosinolatos fueron mayores en raíz que en hoja. En raíz fueron detectados en la epidermis. En la epidermis la actividad de la mirosinasa fue 6 veces mayor y los glucosinolatos 3 veces mayor que en la raíz sin epidermis (Hara *et al.*, 2000).

2.9. Alternativas para prolongar vida en poscosecha.

La calidad de los productos vegetales está dada por una combinación de atributos. Dicha calidad depende de las características propias del vegetal, del método de elaboración y de las condiciones de procesamiento. La extensión de la vida útil de los productos vegetales enfrenta un problema básico: el tejido vegetal es un tejido que vive y respira, en el cual actúan muchos procesos de deterioro. Algunas de estas reacciones si no son controladas, pueden conducir a la rápida pérdida de la calidad (Watada *et al.*, 1996).

Dentro de las alternativas que hay para mantener la calidad y prolongar la vida de anaquel en productos vegetales existen inhibidores del oscurecimiento

enzimático como los agentes reductores (sulfitos, ácido ascórbico, cisteína, glutatión), agentes quelantes (ácidos orgánicos, fosfatos, EDTA), acidulantes(ácido cítrico, ácido fosfórico), inhibidores enzimáticos (4-hexilresorcinol, alcoholes alifáticos, ácidos carboxílicos aromáticos), tratamientos enzimáticos (proteasas, oxigenasas) y agentes complejantes (ciclodextrinas) (Ruíz-Cruz *et al.*, 2005).

Otro grupo que se utiliza como alternativa para conservar productos vegetales son los compuestos volátiles de origen natural como algunos terpenoides (limoneno, citral), aceites esenciales (aceite de limón y naranja), compuestos azufrados (extractos de cebolla, ajo y brassicas), metil jasmonatos, etanol, ácido acético y benzaldehído (Ayala-Zavala *et al.*, 2005).

También existen recubrimientos comestibles que se han utilizado para conservar vegetales como la carboximetilcelulosa, caseína, carragenato, la metilcelulosa, almidón, zeína, alginato, amilosa, cera de carnauba, goma de xantano, etc. (Martín-Belloso *et al.*, 2005).

Recientemente se han utilizado compuestos como la quitina, el quitosano y derivados en películas comestibles que tienen como objetivo principal proteger productos alimenticios perecederos, prolongando vida de anaquel y su calidad mediante el retardo de la deshidratación, disminución de la respiración, mejoramiento de la textura, retención de compuestos volátiles y reducción del desarrollo bacteriano (Debeaufort *et al.*, 1998). Estos filmes crean una atmósfera modificada dentro de las frutas y hortalizas, debido al control del intercambio de los gases respiratorios (Tasdelen-Bayindirli, 1998).

El quitosano se encuentra entre los materiales utilizados debido a sus propiedades filmogénicas, de buena biocompatibilidad, biodegradabilidad, inocuidad y bajo costo (García *et al.*, 2004).

Se han realizado algunos trabajos con la utilización de quitosano al 1 y 2 % en tomate y frutillas, donde se demostró que hay una disminución en la velocidad de respiración y producción de etileno (El-Ghaouth, 1992). Además, detalla que los niveles internos de anhídrido carbónico aumentan mientras que los de oxígeno disminuyen.

Múltiples estudios corroboran que los alimentos de origen vegetal tratados con quitosano mejoran su calidad, retardan su maduración y tiempo de deterioro, prolongando su vida de anaquel. Además, la experiencia adquirida en todos los estudios realizados indica que para lograr mejores resultados, el recubrimiento debe realizarse antes del inicio de la maduración del fruto (Rodríguez *et al.*, 2000).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Material vegetal y tratamientos.

Para llevar a cabo este estudio, Empaque Río Colorado, ubicado en San Luis Río Colorado, proporcionó el producto en estudio. Se utilizaron mazos de rábano variedad Red Satin F1 (Harris Moran) en madurez hortícola, posteriormente se aplicaron las siguientes dosis de quitosano y ácido cítrico más EDTA (como aditivo) con un aspersor manual para después ser almacenados a 5 °C (96 % HR) por 9 días.

Tratamiento	Dosis
1	Testigo
2	Ácido cítrico 1% + EDTA 0.2 %
3	Quitosano 2 % disuelto en ácido acético al 1 %
4	Quitosano 2 % disuelto en ácido acético al 2 %

Las variables evaluadas fueron:

3.2. Apariencia visual.

Se utilizó una escala visual del 9-1, donde 9 fue excelente; 7 bueno; 5 razonable; 3 malo y 1 inutilizable. El límite de mercadeo fue el 5, lo anterior según Kader y Cantwell (2010).

3.3. Pérdida de peso.

Se utilizó una balanza digital Ohaus, en la cual se pesaron diariamente diez mazos de cada tratamiento que fueron colocados en una cámara de almacenamiento a 5 °C (95 % HR). Los resultados se expresaron en porcentaje de pérdida de peso relativa, para lo cual se empleó el siguiente modelo (Díaz-Pérez, 1998):

$$\% \text{ de pérdida de peso} = \left[\frac{(P_i - P_f)}{P_i} \right] \times 100$$

en donde: P_i = peso inicial P_f = peso final

3.4. Color

El color de hojas, externo de raíz e interno se evaluó en dos sitios de cada mazo, empleándose los mismos sitios en las mediciones posteriores al día 0. Esta variable se evaluó con un colorímetro espectrofotómetro X-Rite modelo SP-62, se reportaron los valores de ángulo de matiz o tono ($^{\circ}$ Hue) (Little, 1975).

3.5. Sabor

Se utilizó una escala hedónica del 9- 1, donde 9 fue excelente; 7 bueno, 5 regular y 1 pésimo.

3.6. Clorofila y carotenoides totales en hoja

Se determinó el contenido de clorofila y carotenoides totales de las hojas de 10 mazos por tratamiento siguiendo la metodología de la AOAC (1998). Se pesó 0.1 g de tejido vegetal fresco de diversas partes de la hoja o bráctea, posteriormente se colocó el tejido en tubos de vidrio donde se le agrego primeramente 5 mL de acetona fría al 80% v/v y se trituro la muestra en un homogenizador de tejidos. Después se le agrego nuevamente otros 5 mL de acetona para posterior homogenización. A continuación se centrifugó a 4 $^{\circ}$ C la muestra a 5 400 x g durante 10 minutos. Una vez clarificadas las muestras se determinó la absorbancia a 645 (clorofila a), 663 (clorofila b) y 470 nm (carotenoides totales) en un espectrofotómetro Thermo Scientific Genesys 10S UV-VIS, donde como blanco fue la acetona 80%. Todo esto se hizo en oscuridad.

La cantidad de clorofila que se encuentra en el extracto se calculó de acuerdo con los siguientes modelos matemáticos:

$$\text{mg de clorofila total} \cdot \text{g}^{-1} \text{ de peso fresco} = [7.15 (A_{663}) + 18.71 (A_{645})] \times V / (1000 \times W)$$

Dónde:

A = Lectura de absorbancia

V = Volumen final del extracto clorofila – acetona 80%

W = peso fresco en g del tejido

La cantidad de carotenoides totales presentes en el extracto se calculó de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\text{mg de carotenoides totales} \cdot \text{g}^{-1} \text{ de peso fresco} = (1000 \times A_{470}) - (1.82 \times \text{CCa}) - (85.02 \times \text{CCb}) / 198$$

Dónde:

A = Lectura de absorbancia

CCa = Contenido de clorofila a

CCb = contenido de clorofila b

3.6. pH, acidez y sólidos solubles totales.

Las variables químicas de calidad se determinaron en 10 mazos por tratamiento por fecha de muestreo, según el método de la AOAC (1998). Se usaron 10 g de raíz y se homogeneizaron en una licuadora comercial Osterizer con 50 mL de agua destilada (pH= 7.0). Posteriormente, el extracto se filtró a través de un colador y se registró el pH, después se tomó una alícuota de 10 mL para la determinación de acidez adicionando NaOH 0.1 N hasta lograr la neutralización de los ácidos presente en la muestra y se reportó en % de ácido málico. La concentración de sólidos solubles totales (SST) se determinó en una gota del extracto de raíz colocada en un refractómetro digital Abbe Leika Mark II calibrado con agua destilada y se expresó en °Brix, tomando en cuenta el factor de dilución (6).

3.7. Antocianinas totales.

Se determinó el contenido de antocianinas totales de la raíz en 10 mazos por tratamiento por fecha de muestreo, siguiendo la metodología utilizada por Kannangara y Hansson (1998), donde se pesó 0.1 g de tejido fresco, después se colocó en tubos de cristal donde se le adicionó primeramente 5 mL de HCl 0.1N frío y se trituró la muestra en un homogeneizador de tejidos. Después se le agregó nuevamente 5 mL de HCl para su posterior homogenización. A continuación se centrifugó la muestra a 2,500 x g por 15 minutos. Una vez clarificadas las muestras se les determinó la absorbancia a 516 nm en un espectrofotómetro Thermo Scientific Genesys 10S UV-VIS, donde el blanco fue el HCl 0.1N. Todo este procedimiento se llevó a cabo bajo condiciones de oscuridad. La concentración de antocianinas totales presentes en el extracto se calculó de acuerdo a Eder (1996) y se expresaron en mM·g⁻¹ de peso fresco.

$$mM \cdot g^{-1} \text{ de peso fresco} = \left[\frac{\left[\frac{Abs_{516}}{\varepsilon (4.48)} \right] \cdot 10^3}{\text{peso de muestra}} \right] \cdot \text{factor de dilución}$$

3.6. Flavonoides totales.

Se determinó en 10 mazos por tratamiento por fecha de muestreo, según Lombard *et al.* (2002). Se usó 1 g de tejido fresco interno (parte blanca) y se homogenizó en 4 mL de etanol al 80 % frío, después se centrifugó a 3,000 x g por 5 min a 4 °C. Finalmente se registró el valor de absorbancia a 362 nm y se calculó mediante una curva patrón de isoquercitrina.

3.7. Ácido ascórbico.

Se determinó con base en el método del 2, 6 diclorofenol indofenol (AOAC, 1998). Se tomaron 3 muestras por tratamiento por muestreo (5 g de tejido fresco), se homogeneizaron con 50 mL de ácido oxálico al 5%, posteriormente se tomó una alícuota de 5 mL que se tituló con solución de Tillman hasta que el color rosa

permaneció visible por 1 minuto. La cantidad de ácido ascórbico se calculó por referencia con soluciones de ácido ascórbico de concentración conocida.

3.8. Diseño experimental y análisis estadístico.

El estudio se realizó bajo un diseño experimental completamente al azar con cuatro tratamientos y con 10 repeticiones para las variables de apariencia visual, pérdida de peso, color de hoja, color de raíz externo e interno y sabor; y 3 repeticiones para el resto de las variables; la unidad experimental fue un mazo. Se realizó análisis de varianza y prueba de Tukey ($p \leq 0.05$), mediante el programa estadístico STATISTIX 8 (2004).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Apariencia visual.

Los mazos de rábano tratados con quitosano 2 % + ácido acético 2 % llegaron a su límite de mercadeo a los 4 días de almacenamiento, mientras que quitosano 2 % + ácido acético 1 % a los 5 días; por su parte el testigo logró mantener una mejor apariencia que los tratados con quitosano, llegando a casi 6 días, dado que es posible que la concentración de ácido acético con la que se diluye el quitosano sea alta y llegue a quemar las hojas de los mazos. Finalmente, el mejor tratamiento fue el ácido cítrico 1 % + EDTA 0.2 % con 7 días (Figura 2).

Saavedra del Águila *et al.* (2008) encontraron que el uso de ácido cítrico, ácido ascórbico y en combinación retrasaron la oxidación en rábano rallado almacenado a 5 °C por 10 días, sin embargo ninguno de los tratamientos incrementó la vida de anaquel, caso contrario a lo que se reporta en el presente estudio con el tratamiento de ácido cítrico + EDTA en mazos de rábano que logró extender su vida de anaquel por 3 días más que el tratado con quitosano 2 % en ácido acético 2 %.

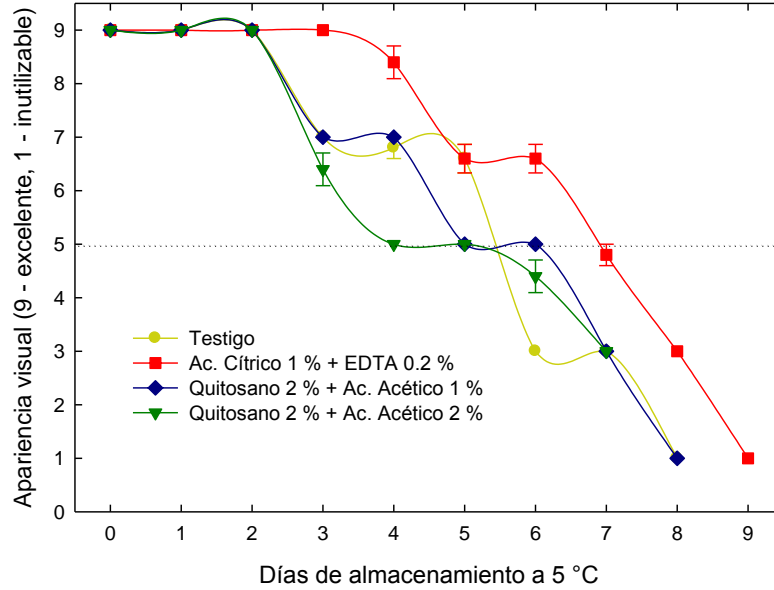


Figura 2. Comportamiento de la apariencia visual en mazos de rábano tratados con quitosano + ácido acético y ácido cítrico + EDTA bajo condiciones de almacenamiento a 5 °C. La línea punteada indica el límite de mercadeo.

4.2. Pérdida de peso.

Los cuatro tratamientos se observaron similares con un 4% de pérdida de peso hasta el día 5, donde se comenzó a notar la diferencia; el testigo tuvo una pérdida de peso de casi 9 %, seguido del ácido cítrico + EDTA; los tratados con quitosano y ácido acético terminaron entre 5 y 6 % (Figura 3).

La pérdida de agua de los productos hortícolas cultivados es la mayor causa de deterioro en el almacenamiento. Todos los productos hortícolas continúan perdiendo agua en forma de vapor aun después de ser cosechados. Si la pérdida de agua o transpiración no es reducida o detenida, el producto rápidamente se marchita, se lignifica o toma una consistencia marchita y virtualmente estará en condiciones no comestibles. Estos síntomas se hacen evidentes cuando el producto ha perdido entre el 5 y 10 % de su peso debido a la transpiración (Kader, 2002). Un estudio realizado con rábano rallado, rebanado y entero mostró que la pérdida de peso incremento en función al tiempo de almacenamiento y temperatura, pero no en función en los diferentes cortes en mínimos procesados. De 1 y 5 °C, la pérdida de peso fue de 2-5% al final de los diez días de almacenamiento, cuando a 10 °C la pérdida de peso fue de 5% (Saavedra del Águila, 2006). Tómese en cuenta que este estudio se realizó solamente con raíz, a diferencia del nuestro que fue realizado en mazos con hoja. Martín-Belloso *et al.* (2005) mencionan que la naturaleza del recubrimiento desempeña un papel fundamental: a mayor hidrofiliidad de los materiales empleados, mayor permeabilidad al vapor de agua. Asociado a las pérdidas de agua va la migración de un conjunto diverso de sustancias hidrosolubles como: azúcares, ácidos orgánicos, algunas vitaminas, enzimas y compuestos orgánicos diversos que pueden actuar como sustratos de éstas. La afinidad de un determinado recubrimiento por cada una de estas sustancias definirá la capacidad de evitar su migración.

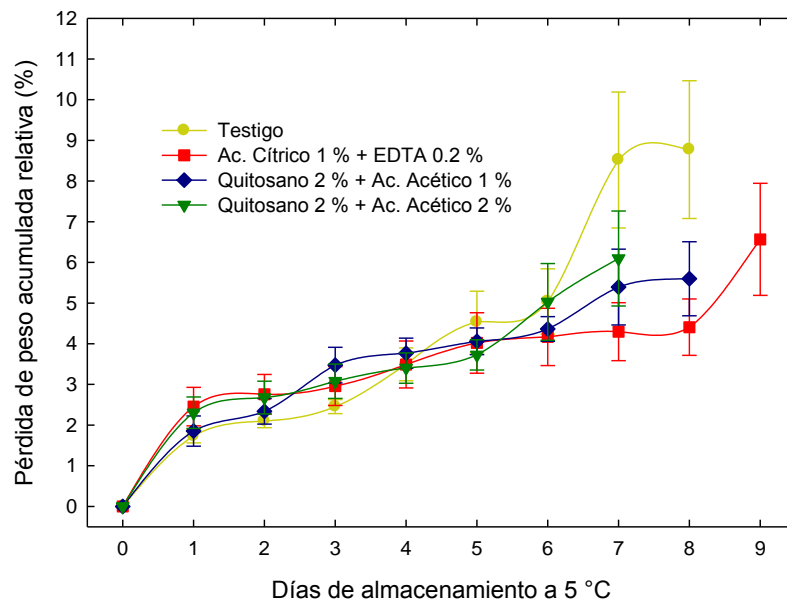


Figura 3. Pérdida de peso acumulada en mazos de rábano tratados con quitosano + ácido acético y ácido cítrico + EDTA bajo condiciones de almacenamiento a 5 °C.

4.3. Color de hoja.

De manera general se observó que todos los tratamientos pasaron de un verde más intenso a uno de menor intensidad a través de los días de almacenamiento. Solamente al día 6 se observó diferencia significativa entre ellos, y todos los tratamiento tuvieron un menor °Hue, o sea un menor color verde. Al día 9, ya sin calidad comercial se observó que todos tienen un tono similar (Figura 4).

En apoyo con el disco de color del equipo de medición X-Rite 62, se puede citar que las hojas de los mazos de rábano en todos los tratamientos se inclinaron de un color verde hacia el desarrollo de color amarillo (Minolta, 1993).

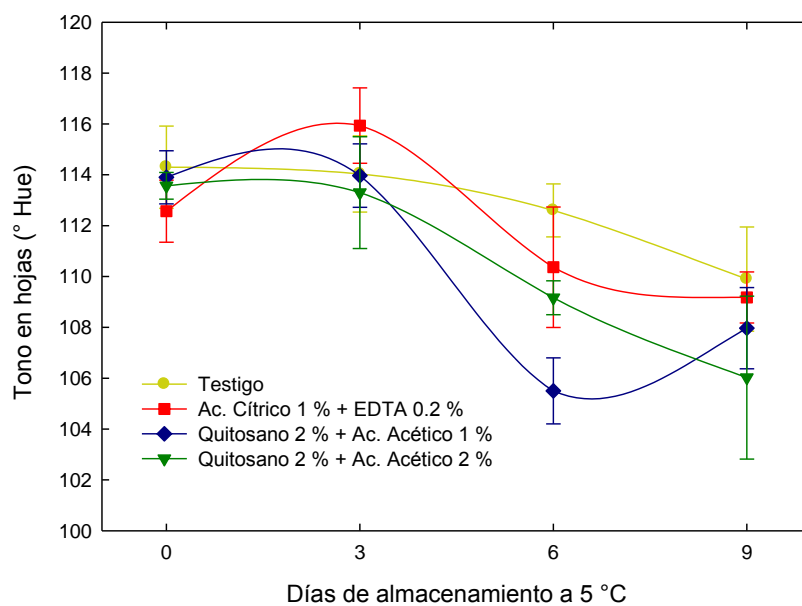


Figura 4. Tono de hojas en mazos de rábano tratados con quitosano + ácido acético y ácido cítrico + EDTA bajo condiciones de almacenamiento a 5 °C.

4.4. Color externo de raíz.

Los cuatro tratamientos tendieron a ir de un tono rojo fuerte a uno más claro. A partir del día 3 se observó como fueron cambiando las tendencias, siendo el quitosano 2% + ácido acético 1% el que tuvo mayor decoloración, seguido del testigo; quitosano 2% + ácido acético 2% y ácido cítrico + EDTA tampoco tuvieron mucha diferencia entre ellos; en comparación con los otros dos tratamientos, estos fueron lo que mostraron valores más bajos (Figura 5).

El cambio de color en poscosecha en raíz de rábanos, esta descrito por el tono ($^{\circ}$ Hue), correlacionado con la acumulación y pérdida de pectinas solubles e insolubles, respectivamente. Una acumulación de las pectinas insolubles corresponde con un cambio en el tono, disminuyendo el rojo (naranja-rojo), mientras que la pérdida de pectinas insolubles esta correlacionado con el incremento de rojo (rojo-morado) (Park *et al.*, 2011). Esto también coincide con lo descrito por Saavedra del Águila *et al.* (2008) donde utilizaron el índice de Mazzuz y encontraron que con el uso de ácido cítrico en rábano rallado, este índice se mantuvo por más tiempo.

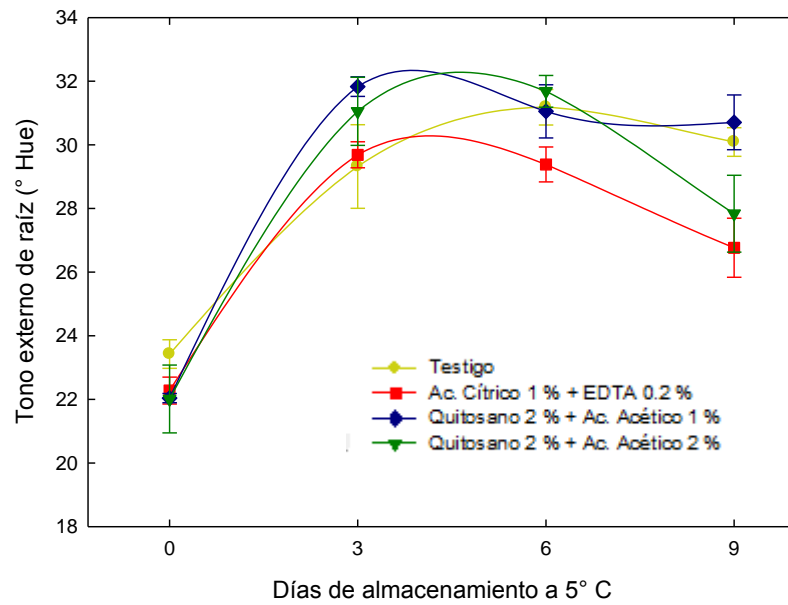


Figura 5. Tono externo de raíz en mazos de rábano tratados con quitosano + ácido acético y ácido cítrico + EDTA bajo condiciones de almacenamiento a 5 °C.

4.5. Color interno de raíz.

Los tratamientos con quitosano mostraron un color más amarillo con respecto a los demás al comienzo de los días; el testigo se mostró un poco menos amarillo que los anteriores y los tratados con ácido cítrico + EDTA mostraron valores entre 60 y 80, siendo este el más claro al inicio. Al día tres, usando ácido cítrico + EDTA tendió a incrementar, al contrario de los demás tratamientos que disminuyeron. Al día seis, la mayoría de los tratamientos tendieron a aumentar un poco, con excepción de quitosano 2% + ácido acético 1% que disminuyó solamente un poco. Finalmente el tratamiento con ácido cítrico + EDTA fue el que mostró menor tono interno (Figura 6).

En apoyo con el disco de color del equipo de medición X-Rite 62, se puede citar que la parte interna de raíz de los mazos de rábano en todos los tratamientos se inclinaron de un color amarillo hacia el desarrollo de color naranja (Minolta, 1993).

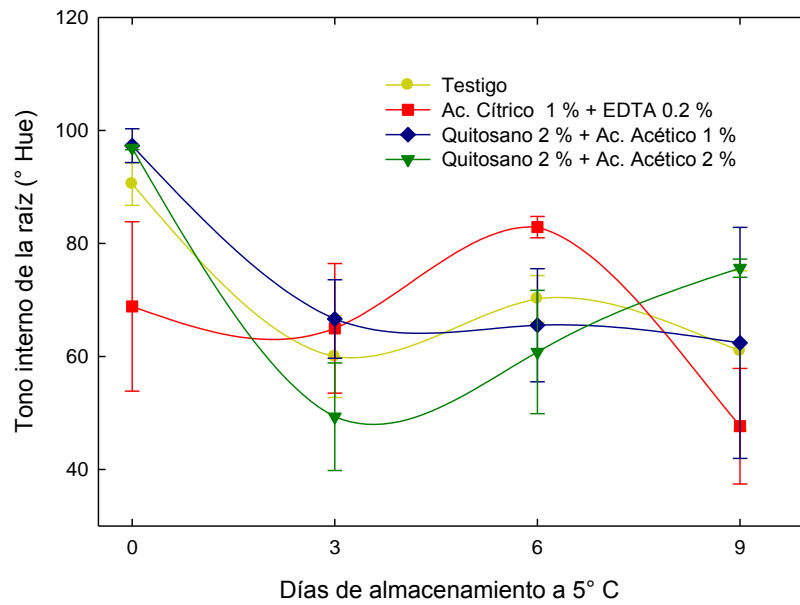


Figura 6. Tono interno de raíz en mazos de rábano tratados con quitosano + ácido acético y ácido cítrico + EDTA bajo condiciones de almacenamiento a 5 °C.

4.6. Sabor.

El tratamiento con ácido cítrico + EDTA mantuvo un sabor excelente hasta el día 6, llegando hasta el último día con un sabor bueno, mientras que el quitosano 2% + ácido acético 1% y el testigo tuvieron el mismo comportamiento, donde al día final en general tuvieron un sabor malo; por otra parte el tratamiento con quitosano 2 % + ácido acético 2 % fue el único que llegó a un sabor pésimo (Figura 7).

Las investigaciones en este campo han determinado que gran número de compuestos importantes en el aroma y sabor de los productos hortícolas se sintetizan durante el desarrollo de la planta o parte de ella y, posteriormente, se unen a una molécula de carbohidrato para dar su forma glicosilada, bajo esta forma, los compuestos no son volátiles y por lo tanto los productos no presentan características de aroma (Ruiz- Cruz et al., 2005).

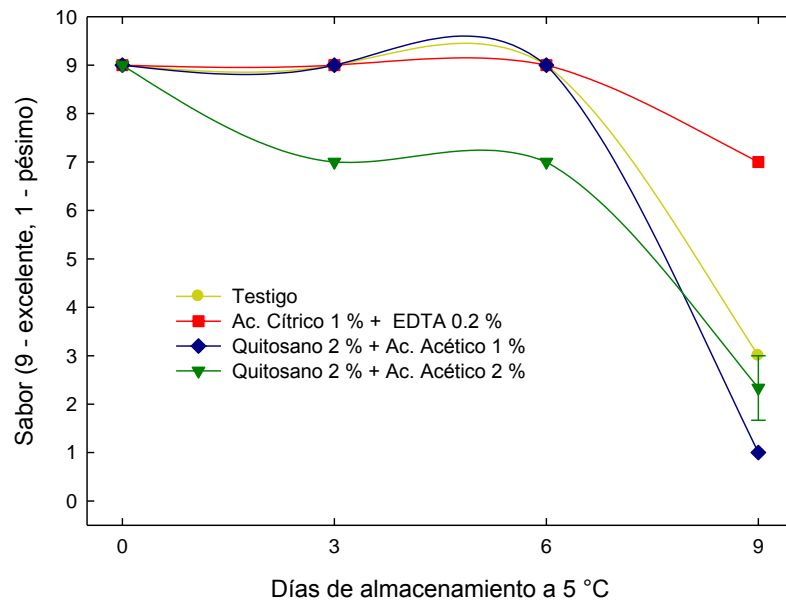


Figura 7. Sabor en mazos de rábano tratados con quitosano + ácido acético y ácido cítrico + EDTA bajo condiciones de almacenamiento a 5 °C.

4.8. Clorofila y carotenoides totales en hoja.

Se observó que al tratar los mazos de rábano con ácido cítrico + EDTA mantuvieron su concentración de clorofila en las hojas, mientras que en el resto de los tratamientos utilizados este pigmento disminuyó a través de los días de almacenamiento (Cuadro 1).

Por otra parte, la concentración de carotenoides totales en las hojas de los mazos tratados con quitosano y el testigo disminuyó a través de los días de almacenamiento, mientras que los mazos tratados con ácido cítrico + EDTA tuvo efecto contrario (Cuadro 1).

Las inmersiones de los productos en soluciones de ácido cítrico dan un ambiente de baja acidez que limita la actividad de la enzima clorofilasa, lo cual ayuda a mantener el color verde de los productos (Poovaiah, 1993; Ferguson *et al.*, 1995).

Cuadro 1. Comportamiento de clorofila y carotenoides en hoja de mazos de rábano tratados con quitosano + ácido acético y ácido cítrico + EDTA bajo condiciones de almacenamiento a 5 °C.

TRATAMIENTO	Clorofila total (mg·g ⁻¹ de peso fresco) [£]			Carotenoides totales (mg·g ⁻¹ de peso fresco) [¶]		
	DÍA 3	DÍA 6	DÍA 9	DÍA 3	DÍA 6	DÍA 9
Testigo	1.04 ^{a‡}	1.12 ^a	0.79 ^a	4.04 ^a	4.14 ^a	3.46 ^a
Ac. Cítrico 1 % + EDTA 0.2 %	1.12 ^a	1.26 ^a	1.31 ^a	4.56 ^a	5.11 ^a	5.32 ^a
Quitosano 2 % + Ac. Acético 1 %	1.59 ^a	1.03 ^a	0.99 ^a	6.08 ^a	4.25 ^a	3.79 ^a
Quitosano 2 % + Ac. Acético 2 %	1.71 ^a	0.99 ^a	1.16 ^a	6.74 ^a	3.70 ^a	4.4 ^a
CV (%)	31.2	24.13	26.74	28.85	20.90	21.06

£ Valor promedio de clorofila total al día 0 = 1.30 mg·g⁻¹ de peso fresco.

¶ Valor promedio de carotenoides totales al día 0 = 3.20 mg·g⁻¹ de peso fresco.

‡ Diferencia de medias dentro de columnas con prueba de Tukey, P≤0.05

4.9. pH, sólidos solubles totales y acidez titulable.

En cuanto al valor de pH en la parte comestible de los mazos, se observó de manera general que este valor pasó de una condición básica a una ácida y se encontraron diferencias significativas. No fue sino hasta el noveno día donde quitosano 2 % + ácido acético 2 % fue estadísticamente diferente con respecto a los demás tratamientos, siendo el que registró mayor pH (Cuadro 2).

El pH de la savia celular de las frutas comúnmente está por debajo de valores de 7.0 y puede ser tan bajo como 3.0 en células de limón. De manera natural en muchas frutas y hortalizas se espera que el pH aumente debido a la utilización de los ácidos orgánicos. Sin embargo, hay excepciones como el caso de la piña y el plátano, en el cual el pH disminuye de 5.4 a 4.5 durante la maduración, esto asociado con un incremento en el contenido de ácidos orgánicos (Siller, 1998).

De manera general se observó que la concentración de sólidos solubles totales en la parte comestible de los rábanos tratados con cualquiera de las cubiertas comestibles disminuyó a través de los días de almacenamiento. Esto nos indica que los tratamientos no tuvieron efecto alguno sobre esta variable (Cuadro 2). En un estudio realizado con rábanos rallados tratados con ácido cítrico se observó que los sólidos solubles totales disminuyeron de 3.50 a 2.27, posiblemente debido a la variedad. Esto es ocasionado por el consumo de carbohidratos durante la respiración (Saavedra del Águila *et al.*, 2008).

Con respecto al contenido de acidez titulable en mazos de rábano, se mantuvieron los niveles de ácido málico en todos los tratamientos (Cuadro 2). En un estudio tratado con rábanos rallados y ácido cítrico se observó un incremento en la acidez titulable; esto puede ser debido al rápido consumo de este ácido durante las reacciones oxidativas al paso de los días de almacenamiento (Saavedra del Águila *et al.*, 2008).

Cuadro 2. Comportamiento de pH, sólidos solubles totales y acidez titulable en la parte comestible de mazos de rábano tratados con quitosano + ácido acético y ácido cítrico + EDTA bajo condiciones de almacenamiento a 5 °C.

TRATAMIENTO	pH*			Sólidos solubles totales (° Brix) [‡]			Acidez titulable (% Ac. Málico) [§]		
	DÍA 3	DÍA 6	DÍA 9	DÍA 3	DÍA 6	DÍA 9	DÍA3	DÍA 6	DÍA 9
Testigo	6.38 ^{a‡}	6.39 ^a	6.33 ^b	4.2 ^a	4.2 ^a	4.6 ^a	0.0335 ^a	0.0335 ^a	0.0335 ^a
Ac. Cítrico 1 % + EDTA 0.2 %	6.41 ^a	6.44 ^a	6.35 ^b	4.4 ^a	3.8 ^a	3.8 ^a	0.0335 ^a	0.0391 ^a	0.0335 ^a
Quitosano 2 % + Ac. Acético 1 %	6.41 ^a	6.40 ^a	6.28 ^b	4.4 ^a	4.4 ^a	4.0 ^a	0.0335 ^a	0.0335 ^a	0.0335 ^a
Quitosano 2 % + Ac. Acético 2 %	6.46 ^a	6.36 ^a	6.69 ^a	4.4 ^a	4.2 ^a	4.2 ^a	0.0391 ^a	0.0503 ^a	0.0447 ^a
CV (%)	1.31	0.96	1.48	13.79	11.80	12.52	13.86	24.74	13.32

*Valor promedio de pH al día 0 = 6.43

‡Valor promedio de sólidos solubles totales al día 0 = 4.4 °Brix

§Valor promedio de acidez titulable al día 0 = 0.0371 %

‡Diferencia de medias dentro de columnas con prueba de Tukey, P≤0.05

4.10. Antocianinas y flavonoides totales.

Las antocianinas en la parte comestible en mazos de rábano tuvieron un comportamiento similar, incrementando el contenido de antocianinas en todos los tratamientos a través de los días de almacenamiento (Cuadro 3). Martínez-Villaluenga *et al.*, (2010) han informado sobre los compuestos bioactivos y la capacidad antioxidante en los cultivos de brócoli y rábano durante la germinación. Recientemente, este grupo observó que la duración y la cantidad de luz que aplican durante la brotación afecta fuertemente los mecanismos de la biosíntesis de flavonoides y antocianinas. En un estudio realizado se encontraron niveles de antocianinas de 4.69 y 4.39 mg/g de peso seco en rábanos Man Tang Hong flesh y Hong Feng No.1 skin, respectivamente (Park *et al.*, 2011).

Con respecto a los flavonoides en la parte comestible en mazos de rábano, todos los tratamientos tendieron a disminuir a través de los días de almacenamiento (Cuadro 3). Jahangir *et al.*, (2010) mostraron en un estudio realizado con rábanos a diferentes temperaturas, que los flavonoides disminuyen a través del almacenamiento a 20 °C y 4 °C, y para las temperaturas más bajas, -20 °C y -80 °C, incrementa al inicio del almacenamiento y va disminuyendo al final de este.

Cuadro 3. Comportamiento de antocianinas totales y flavonoides totales en la parte comestible de mazos de rábano tratados con quitosano + ácido acético y ácido cítrico + EDTA bajo condiciones de almacenamiento a 5 °C.

TRATAMIENTO	Antocianinas totales (mM·g ⁻¹ de peso fresco) ^Ω			Flavonoides Totales (μg·g ⁻¹ de peso fresco) [Ⓣ]		
	DÍA 3	DÍA 6	DÍA 9	DÍA 3	DÍA 6	DÍA 9
Testigo	4.3304 ^{a‡}	5.4092 ^a	7.8720 ^a	10.864 ^{ab}	12.057 ^a	15.875 ^a
Ac. Cítrico 1 % + EDTA 0.2 %	5.0670 ^a	5.7143 ^a	7.3586 ^a	10.032 ^b	9.4262 ^a	14.394 ^a
Quitosano 2 % + Ac. Acético 1 %	3.9062 ^a	5.9970 ^a	5.3497 ^a	11.981 ^{ab}	10.931 ^a	14.217 ^a
Quitosano 2 % + Ac. Acético 2 %	3.9062 ^a	4.4643 ^a	5.8482 ^a	13.376 ^a	13.786 ^a	14.350 ^a
CV (%)	28.21	25.73	33.42	9.43	19.97	32.31

Ω Valor promedio de antocianinas totales al día 0= 4.54 mM·g⁻¹ de peso fresco.

Ⓣ Valor promedio de flavonoides totales al día 0= 16.63 μg·g⁻¹ de peso fresco.

‡Diferencia de medias dentro de columnas con prueba de Tukey, P≤0.05.

4.11. Ácido ascórbico.

La concentración de ácido ascórbico en la parte comestible de los mazos tratados con las diferentes cubiertas comestibles se incrementó al día 6 de almacenamiento, para posteriormente disminuir al día final. Cabe aclarar que el tratamiento con ácido cítrico + EDTA fue el único que disminuyó en su concentración al día 6 y 9 (Cuadro 4).

En un estudio realizado con rábanos mínimamente procesados se observó una disminución del ácido ascórbico, esto repercutió en la disminución de éste antioxidante, debido a la severidad del daño. El contenido de ácido ascórbico en productos frescos cortados almacenados, es afectado por ambas biosíntesis y la degradación de reacciones. Por lo tanto, la disminución de ácido ascórbico en rábanos rallados no significa necesariamente una falta de la biosíntesis de este antioxidante (Saavedra del Águila *et al.*, 2008). También se han observado incrementos en la cantidad de ácido ascórbico poco después de ser tratados con cubiertas comestibles en experimentos con productos mínimamente procesados como piña (Antoniolli, 2004), kiwi (Carvalho y Lima, 2002) y papaya (Miranda, 2001).

Cuadro 4. Comportamiento de ácido ascórbico en la parte comestible de mazos de rábano tratados con quitosano + ácido acético y ácido cítrico + EDTA bajo condiciones de almacenamiento a 5 °C.

TRATAMIENTO	Ácido ascórbico (mg·100 g ⁻¹ de peso fresco) ^{CE}		
	DÍA 3	DÍA 6	DÍA 9
Testigo	397.67 ^{a±}	531.00 ^a	428.91 ^a
Ac. Cítrico 1 % + EDTA 0.2 %	499.77 ^a	374.82 ^b	312.08 ^a
Quitosano 2 % + Ac. Acético 1 %	531.00 ^a	437.29 ^{ab}	437.29 ^a
Quitosano 2 % + Ac. Acético 2 %	468.53 ^a	531.00 ^a	406.06 ^a
CV (%)	15.25	10.00	23.08

^{CE} Valor promedio de ácido ascórbico al día 0= 388.88 mg·100 g⁻¹ de peso fresco.

± Diferencia de medias dentro de columnas con prueba de Tukey, P≤0.05

V. CONCLUSIONES

- El aditivo ácido cítrico + EDTA, como cubierta comestible, aumenta la vida de anaquel en mazos de rábano.
- El uso de cubiertas comestibles en mazos de rábano reduce la pérdida de peso.
- El uso de ácido cítrico + EDTA y quitosano 2% ácido acético 2% lograron mantener el color verde por más tiempo en hojas de mazo de rábano.
- La cubierta comestible de ácido cítrico + EDTA mantiene un mejor sabor durante los días de almacenamiento.
- El uso de cubiertas comestible mantiene la calidad química en poscosecha.
- Ácido cítrico + EDTA disminuye la concentración de ácido ascórbico en mazos de rábano.
- El uso de cubiertas comestibles no tuvo efecto en la concentración de antocianinas.

VI. LITERATURA CITADA

- Anónimo. 1959. Glossary of some terms used in the sensory (panel) evaluation of foods and beverages. *Food Technol.* 13:733–736.
- Antoniolli, L. R. 2004. *Processamento Mínimo de Abacaxi “Pérola”*. Tese Doutorado, Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas.
- AOAC. 1998. *Official Methods of Analysis*. Association of Official Analytical Chemists, CD. Washington D.C.
- Ayala-Zavala, J., M. Villegas-Ochoa, F. Cuamea-Navarro, y G. González-Aguilar. 2005. *Compuestos Volátiles de Origen Natural. Nueva Alternativa para la Conservación*. En: *Nuevas Tecnologías de Conservación de Productos Vegetales Frescos Cortados*. González-Aguilar G., A. Gardea y F. Cuamea-Navarro (eds.). CIAD. Hermosillo, Sonora, México. 314-338 pp.
- Azcón-Bieto, M. Talón. 2000. *Fundamentos de Fisiología Vegetal*. Editions University of Barcelona. Editorial McGraw-Hill interamericana.
- Barrett, D., J. Beaulieu, and R. Shewfelt. 2010. *Color, Flavor, Texture, and Nutritional Quality of Fresh Cut Fruits and Vegetables: Desirable Levels, Instrumental and Sensory Measurement, and the Effects of Processing*.

Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 50:369-389.

Bourne, M. C. 1982. Food Texture and Viscosity, 1st edition. Academic Press, New York.

Carvalho, A. V. y Lima, L. C. O. 2002. Qualidade de Kiwis Minimamente Processados e Submetidos a Tratamento Com Ácido Ascórbico, Ácido Cítrico e Cloreto de Cálcio. Pesquisa Agropecuária Brasileira 37: 679-685.

Debeaufort, F., J. Quezada-Gallo, and A. Voilley. 1998. Edible Films and Coatings: Tomorrow's Packaging: A Review. Crit. Rev. Food Sci. 38:299-313.

Díaz-Pérez J. 1998. Transpiration Rates in Eggplant Fruit as Affected by Fruit and Calyx Size. Postharvest Biology and Technology 13:45-49.

Eder, R. 1996. Pigments. In: Handbook of Food Analysis, Nollet, L. M. L. (ed.). Marcel Dekker, New York, USA. 973-1014 pp.

El-Ghaouth, A. 1992. Chitosan Coating to Extend the Storage Life of Tomatoes. HortSci. 27:1016-1018.

Fahey, J. W., Zalcmann A. T., and Talalay P. 2001. The Chemical Diversity and Distribution of Glucosinolates and Isothiocyanates Among Plant. Phytochemistry 56:5-51.

Fraser P. D., P. Bramley, and G. B. Seymour. 2001. Effect of the *Cnr* Mutation on Carotenoid Formation During Tomato Fruit Ripening. *Phytochemistry* 58:75-79.

Ferguson I. B., Volz R. K., Harker F. R., Watkins C. B. and Brookfield P. L. 1995. Regulation of Postharvest Fruit Physiology by Calcium. *Acta Horticulturae*. 398:23-30.

García M. 2004. Barrier, Mechanical and Optical Properties of Plasticized Yam Starch films. *Carb. Pol.* 56:339-345.

Gil-Martinez, F. 1995. *Elementos de Fisiología Vegetal*- Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. p. 411-442.

Hara M., Fujii Y., Sasada Y., and Kuboi T. 2000. cDNA Cloning of Radish (*Raphanus sativus*) Myrosinase and Tissue-Specific Expression in Root. *Plant Cell Physiol.* 41: 1102-1109.

Harbone J. B. 1994. *The Flavonoids: Advances in Research Since 1986*. 1st Edition. Chapman & Hall. Great Britain. 335 p.

Infoagro. 2013. Producción de Rábano. Página Web Consultada el 19 de mayo de

2013.<http://www.infoagro.com/hortalizas/rabano.htm>

Jafari, M., and A. Bourouni. 2009. Amelioration of Some Secondary Metabolites in Onions Bulbs Grown Under Sea Water Stress by Using Alpha-Tocopherol. *Research Journal of Cell and Molecular Biology*. 3:49-55.

Jahangir M., Abdel-Farid I., Choi Y. and Verpoorte R. 2010. Postharvest Storage Stability of Red Radish (*Raphanus sativus* L.) at Different Temperatures. *In: Stress Response and Health Affecting Compound in Brassicaceae*. Smart Printing Solutions. The Netherlands. 105-120 pp.

Kader, A. 2002. Postharvest Technology of Horticultural Crops. University of California. Agriculture and Natural Resources. USA. Third Edition. p. 34, 39-46, 57-60, 73, 78, 88-94, 99, 107, 115, 139, 149-162, 279-285, 294, 407-420, 513.

Kader, A. and M. Cantwell. 2010. Produce Quality Rating Scales and Color Charts. Postharvest horticultural Series No. 23-CD. Second Edition. Davis, California, USA.

Kannangara C., and M. Hansson. 1998. Arrest of Chlorophyll Accumulation Prior to Anthocyanin Formation in *Euphorbia Pulcherrima*. *Plant Physiol. Biochem.* 36:843-848.

- Kong J. M., L. S. Chia, N. k. khang, T. f. chia, and R. Brouillard. 2003. Analysis and Biological Activities of Anthocianins. *Phytochemistry* 64:923-933.
- Kramer, A. 1965. Evaluation of Quality of Fruits and Vegetables. In: Food Quality. G. W. Irving, Jr. and S. R. Hoover (Eds.). American Association for the Advancement of Science. Washington, DC. pp. 9–18.
- Little, A. C. 1975. Off on Tangent. A Research Note. *J. Food Science*. 40. p. 410-411.
- Lombard, K., E. Geoffriau, and E. Peffley. 2002. Flavonoid Quantification in Onion by Spectrophotometric and High Performance Liquid Chromatography Analysis. *HortScience* 37:682-685.
- Martín-Belloso, O., R. Soliva-Fortuny, y E. Baldwin. 2005. Conservación Mediante Recubrimientos Comestibles. Nueva Alternativa para la Conservación. *In: Nuevas Tecnologías de Conservación de Productos Vegetales Frescos Cortados*. González-Aguilar G., A. Gardea y F. Cuamea-Navarro (eds.). CIAD. Hermosillo, Sonora, México. 340-356 pp.
- Martinez-Villaluenga, C., Peñas, E., Ciska, E., Piskula, M. K., Kozłowska, H., Vidal-Valverde, C., Frias, J. 2010. Time dependence of bioactive compounds and antioxidant capacity during germination of different cultivars of broccoli and

radish seeds. *Food Chem.* 120: 710–716.

Mercado-Silva y Aquino-Bolaños. 2005. Enzimas Involucradas en el Deterioro. Nueva Alternativa para la Conservación. *In: Nuevas Tecnologías de Conservación de Productos Vegetales Frescos Cortados.* González-Aguilar G., A. Gardea y F. Cuamea-Navarro (eds.). CIAD. Hermosillo, Sonora, México. p. 207.

Milnolta. 1993. Caracterizacion Precisa de Color (Control del Color Desde la Percepcion Sensorial a la Instrumentacion). E. 537205. Alemania. 1-21 pp.

Miranda, R. B. 2001. Avalicao da Qualidade do Mamac (*Carica papaya L.*) Minimamente Processado. Dissertacao Maestrado, Universidade Federal de Lavras.

Mitcham, B., M. Cantwell, and A. Kader. 1996. Methods for Determining Quality of Fresh Commodities. *Perishables Handling Quarterly* No. 85. Division of Agricultural and Natural Resources, University of California.

Nagy S. and Shaw P. E. 1980. *Tropical and Subtropical Fruits* Avi. Publ. Co West Port, Sonn., E. U. A. Capítulo 4. p. 184;257.

Park, N., Xu H., Li X., Jang I., Park S., Ahn G., Lim Y., Kim S., and Park S. 2011. Anthocyanin Accumulation and Expression of Anthocyanin Biosynthetic

Genes in Radish (*Raphanus sativus*). J. Agric. Food Chem. 59:6034-6039.

Poovaiah B. W. 1993. Biochemical and Molecular Aspects of Calcium Action. Acta Horticulturae. 326:139-147.

Quevedo E. 2004. Producción de Rábano en el Valle de Mexicali. CD. Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Baja California.

Rodríguez, M., V. Ramos, V. Stanic, A. Heras, and E. Agulló. 2000. A New Chitosan Containing Phosphonic Group With Chelating Properties. Advan. Chitin Sci. 4:200-205.

Rosa E. A. S., Heaney R. K., Fenwick G. R. and Portas C. A. M. 1997. Glucosinolates in Crop Plants. Horticultural Reviews, John Wiley & Sons, New York. p. 99-215.

Ruiz-Cruz, S., A. Gardea, y G. González-Aguilar. 2005. Uso de Antioxidantes para Mantener la Calidad y Prolongar la Vida de Anaquel. In: Nuevas Tecnologías de Conservación de Productos Vegetales Frescos Cortados. González-Aguilar G., A. Gardea y F. Cuamea-Navarro (eds.). CIAD. Hermosillo, Sonora, México. 207,312 pp.

Saavedra del Aguila J., Sasaki F., Heiffiga L., Ortega E., Jacomino A., and Kluge

- R. 2006. Fresh-Cut Radish Using Different Cut Types and Storage Temperatures. *Postharvest Biology and Technology*. 40:149-154
- Saavedra del Aguila, J., Sasaki, F. F., Heiffig L., Ortega E., Trevisan M., and Kluge A. 2008. Effect of Antioxidants in Fresh Cut Radishes During the Cold Storage. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 51(6):1217-1223.
- Salisbury F. B. y Ross C. W. 1992. *Fisiología Vegetal*. Grupo editorial Iberoamericana, México. p. 250, 293-317, 436-442.
- Schreiner M., Krumbein A., Schonhof I., Widell S., and Huyskens-Keil S. 2003. Quality Determination of Red Radish by Nondestructive Root Color Measurement. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 128: 397-402.
- SIAP. 2013. Producción Agrícola. Página Consultada el 19 de Mayo de 2013.http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=351
- Siller, C. J., 1998. Relaciones de Maduración y Calidad. Diplomado Manejo Poscosecha Frutas y Hortalizas. Módulo II. CIAD, A. C. Unidad Culiacán. Culiacán, Sinaloa. p. 52-62, 290-312.
- Stevens, M. A. 1985. Tomato flavor: Effects of genotype, Cultural Practices and

Maturity at Picking. In: Evaluation of Quality of Fruits and Vegetables. AVI Publishing Company, Westport, CN. 410 pp.

Strack D., and R. Wray. 1994. The Anthocyanins. p. 1-22. In: The Flavonoids: Advances in Research Since 1986. J. B. Harborne (editor). 1st edition. Chapman & Hall. Great Britain.

Suslow, T. 2013. Calidad Postcosecha en Rábano. Página consultada 19 de mayo de 2013.<http://www.tecnicoagricola.es/calidad-postcosecha-en-rabano/>

Tasdelen-Bayindirli, O. 1998. Controlled Atmosphere Storage and Edible Coating Effects on Storage Life and Quality of Tomatoes. J. Food Proc. Pres. 22:303-320.

Watada, A., N. Po, and D. Minott. 1996. Factors Affecting Quality of Fresh-Cut Horticultural Products. Postharvest Biology and Technology. 9:115-125.

Wills, Ron, McGlasson Barry Graham Doug and Joyce Daryl. 1998. An introduction to the Physiology & Handling of Fruits, Vegetables & Ornamentals. CAB International. Hyde Park Press, Adelaide, South Australia. p. 29-50, 58-66, 69-82,95, 110-124, 144-163, 169, 189-197.