

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL.



**USO DE COMPUESTOS SEÑALIZADORES DEL ESTRÉS, PARA
MODIFICAR LA VIDA POSTCOSECHA DEL TOMATE (*Lycopersicum
esculentum*).**

Por:

CRISTINA VÁSQUEZ SANTIAGO.

TESIS

Presentada Como Requisito Parcial Para Obtener el Título de:

**INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE
ALIMENTOS.**

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO, SEPTIEMBRE, 2003.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL.
DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y ALIMENTOS.
USO DE COMPUESTOS SEÑALIZADORES DEL ESTRÉS, PARA
MODIFICAR LA VIDA POSTCOSECHA DEL TOMATE (*Lycopersicum esculentum*).

Por:

Cristina Vásquez Santiago.

Tesis

**Que somete a Consideración del H. Jurado Examinador Como Requisito Parcial
Para**

Obtener el Título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS.

APROBADA

LIC. LAURA OLIVIA FUENTES LARA

PRESIDENTE

D.R. ADALBERTO BENAVIDES MENDOZA

VOCAL

c.M.C. ANTONIO AGUILERA CARBO

VOCAL

M.C. LOURDES MORALES CABALLERO.

VOCAL SUPLENTE.

ING. JOSE RODOLFO PEÑA ORANDAY.

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO, AGOSTO, 2003.

AGRADECIMIENTOS.

A **Dios** todo poderoso por darme salud, entendimiento y sabiduría, para lograr todas mis metas y llegar a una de las más importantes en mi vida.

A mi “**ALMA MATER**” . Gracias a la Universidad Autónoma Agraria “ Antonio Narro” por haberme dado las facilidades necesarias para la culminación de mi carrera y las bases suficientes para abrirme paso en la vida.

Al **Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología (COECYT)**, por otorgarme la beca para que se llevara a cabo este proyecto y por preocuparse por dar un impulso a la investigación, muy especialmente al **M.C. Mario Dávila Flores** y **Lic. Gabriela Azucena Torres Valdés** por su amabilidad y disponibilidad con los estudiantes.

A mis **Maestros** por haberme emitido sus conocimientos de una manera muy eficiente y por sus consejos brindados, especialmente a la **M.C. Xochilt Ruelas, M.C. Humberto Quijano, M.C. Oscar N. Reboloso, M.C. María Hernández, M.C. Lourdes Morales y Profa. Carmen Pérez.**

A Mis asesores **Lic. Laura Olivia Fuentes Lara** y el **Dr. Adalberto Benavides**, por haber sido una guía para la realización de este trabajo y por su disponibilidad, confianza y apoyo brindado. Gracias.

Al **M.C. Antonio Aguilera Carbo**, por su gran apoyo y confianza depositada durante toda la carrera, por su sencillez que muestra a todos los estudiantes.

A l **laboratorio de Postcosecha, Ciencias Básicas y Nutrición y alimentos** por las facilidades otorgadas para la culminación de esta investigación.

A los laboratoristas **M.C. Mildred Flores, T.L.Q. Carlos, T.L.Q María de Jesús (Chacha)** y a la **Dra. Rosalinda Mendoza** por su apoyo y confianza brindada.

A **Carmelita Aguirre** por hacerme sentir parte de su familia, por sus consejos, atenciones y por preocuparse siempre por mi bienestar, ganándose siempre a pulso el cariño de las personas.

A las Familias: **García Aguirre, Aguirre Martínez, López García, Fernández García, Antonia Dávila y Guadalupe Aguirre.**

Al **M.C. Juan José López González** por su amabilidad y apoyo brindado durante mi carrera.

DEDICATORIAS.

A MIS PADRES:

Sr. José Vásquez Gonzáles y Sra. Ma. Francisca Santiago Olivera lo que mas quiero en la vida, por haber confiado en mi y sobre todo por darme la mejor de las herencias y haber hecho un esfuerzo sobre humano para salir adelante. Los amo.

A MIS HERMANOS:

José, Ramiro y Maria de Jesús por apoyarme en mis momentos difíciles y por cuidarme siempre. Los quiero mucho.

A MIS SOBRINOS:

Diana Laura, José Luis y La bebe por ser mi alegría y la unión de mi familia.

A MIS CUÑADAS:

Tony y Juana por formar parte integral de mi familia y por cuidar de mis padres durante mi ausencia.

A MI TIA:

Socorro Santiago Olivera por darme siempre todo su apoyo, tanto moral como económico y porque para mi es un ejemplo a seguir, siempre contando con sus buenos consejos, al igual que su familia.

A MI MADRE:

Sra. Soledad Olivera Ruiz por ser una gran mujer y enseñarme a enfrentar los retos de la vida. Te quiero mucho.

A MIS PRIMOS:

Cesar, Ricardo, Víctor, Nancy, Claudia, Elena, Dulce, Eira, Arely, Myr, Lupe , Norma, Angel, Maury y a todos los demás.

A MIS FAMILIAS:

Con mucho cariño para todos los Vásquez González y Santiago Olivera.

A MIS AMIGOS DE TODA LA VIDA:

Gabriel García (Ponce), Everardo García (Güero), Francisco Avila (Chino), Rosy, Luis David, Julián, Alexander, Juan Miguel, Miguel C, Juan Carlos, Omar, Francisco y Esperanza por haber estado siempre conmigo y contar en todo momento con ustedes.

A MIS AMIGAS:

Maritza, Heidi, Silvia, Lupe, Hilda, Bere, Rosenda, Kary, Chayito por su apoyo y convivencia durante mi estancia en el internado.

A MI AGROBIOLOGO:

Nestor Daniel Gómez por contar contigo siempre y por formar parte de mi presente y futuro. Te quiero Mucho.

A MIS AMIGOS DE LA II GENERACION DE ICTA.

INDICE GENERAL.

| | |
|--|-----------|
| Agradecimientos..... | i |
| Dedicatorias..... | iii |
| Índice de figuras..... | v |
| Índice de tablas..... | vi |
| Capítulo I..... | 1 |
| 1. introducción..... | 1 |
| 1.1 Justificación..... | 3 |
| 1.2 Objetivos..... | 4 |
| 1.3 Hipótesis | 5 |
| Capítulo II..... | 6 |
| 2 REVISIÓN DE LITERATURA..... | 6 |
| 2.1 Postcosecha en Tomate..... | 6 |
| 2.2 Calidad del tomate | 9 |
| 2.3 Fisiología del deterioro de los frutos..... | 12 |
| 2.4 Inductores de tolerancia al estrés..... | 16 |
| Capítulo III..... | 22 |
| 3 MATERIALES Y MÉTODOS..... | 22 |
| 3.1 Selección de la materia prima..... | 22 |
| 3.2 Materiales y equipo..... | 24 |
| 3.3 Determinación de pesos del fruto..... | 26 |
| 3.4 Evaluación de firmeza..... | 26 |
| 3.5 Determinación de Sólidos solubles (°Brix)..... | 26 |
| 3.6 Determinación de pH..... | 26 |
| 3.7 Determinación de Oxidación – reducción..... | 27 |
| 3.8 Determinación de color..... | 27 |
| 3.9 Diseños experimentales..... | 27 |
| | 28 |
| Capítulo IV..... | |

| | |
|---|-----------|
| 4. RESULTADOS Y DISCUSIONES..... | 28 |
| 4.1 Resultados del experimento 1 con respecto al efecto de los tratamientos en los parámetros de calidad del tomate..... | 28 |
| 4.2 Resultados del experimento 1 en relación al tiempo transcurrido en el tomate..... | 30 |
| 4.3 Resultados del experimento 2 con respecto al efecto de los tratamientos en los parámetros de calidad del tomate..... | 31 |
| 4.4 Resultados del experimento 2 con respecto al efecto de los tratamientos en la variable color..... | 33 |
| 4.5 Resultado del experimento 2 en relación al tiempo transcurrido en el tomate..... | 34 |
| Capítulo V..... | 45 |
| 5. CONCLUSIONES..... | 45 |
| Capítulo VI..... | 47 |
| 6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS..... | 47 |
| ANEXO | 52 |

INDICE DE FIGURAS.

| Figura | | Pagina |
|--------|--|--------|
| 1 | Valores promedio de los tratamientos con respecto al tiempo en la variable sólidos solubles (°Brix) en el fruto de tomate. | 36 |
| 2 | Valores promedio de los tratamientos con respecto al tiempo en la variable pH. | 37 |
| 3 | Valores promedio de los tratamientos con respecto al tiempo sobre la variable Redox. | 38 |
| 4 | Valores promedio de los tratamientos con respecto al tiempo sobre la variable color en fruto. | 39 |
| 5 | Valores promedio de los tratamientos con respecto al tiempo sobre la variable perdida de peso. | 40 |
| 6 | Valores promedio de los tratamientos con respecto al tiempo sobre la variable pérdida de peso en el experimento 2. | 41 |
| 7 | Valores promedio del % de la pérdida de peso en un blanco. | 42 |
| 8 | Valores promedio de la pérdida de firmeza con respecto al Tiempo | 43 |
| 9 | Valor promedio de la pérdida de firmeza con respecto a un blanco. | 44 |

INDICE DE TABLAS.

| Tabla | | Pagina |
|-------|---|--------|
| 1 | Valor nutritivo del Tomate | 12 |
| 2 | Tratamientos aplicados y parámetros evaluados en el experimento 1 | 25 |
| 3 | Tratamientos aplicados y parámetros evaluados en el experimento 2 | 25 |
| 4 | Concentrado de resultados finales del experimento 1 con respecto al efecto de los tratamientos en los parámetros de calidad del tomate. | 28 |
| 5 | Concentrado de resultados finales del experimento 1 en relación a los días en los parámetros de calidad del tomate | 30 |
| 6 | Concentrado de resultados finales del experimento 2 con respecto al efecto de los tratamientos en los parámetros de calidad del tomate. | 31 |
| 7 | Concentrado de resultados finales del experimento 2 con respecto al efecto de los tratamientos en la variable color. | 33 |
| 8 | Concentrado de resultados finales del experimento 2 con respecto a los días transcurridos en los parámetros de calidad | 34 |

I. INTRODUCCIÓN.

USO DE COMPUESTOS SEÑALIZADORES DEL ESTRÉS, PARA MODIFICAR LA VIDA POSTCOSECHA DEL TOMATE.

En México el tomate (*Lycopersicon esculentum*) esta considerado la segunda especie hortícola mas importante, por la superficie sembrada que ocupa y la primera por su valor económico de producción. A esta hortaliza de fruto se le encuentra en los mercados durante todo el año y se consume tanto fresca, como procesada; siendo una fuente rica en vitaminas.

Cada año se dedican alrededor de 90,000 has., de las cuales aproximadamente el 33 por ciento se sitúa en el estado de Sinaloa.

En los últimos diez años, se han logrado sustanciales reducciones de las perdidas en postcosecha de granos básicos, carnes, productos lácteos y otros, pero los daños de frutas y hortalizas escasamente se han reducido.

Según estimaciones de la FAO estas son debido a pudriciones, sobre maduración, daños mecánicos, pérdida de peso, presentándose un 28.1 % en frutas y del 42.2 % para los vegetales. Así este trabajo de investigación surge por la necesidad de conservar por más tiempo los productos cosechados y así mismo que sigan manteniendo sus características de calidad y su apariencia.

El propósito de este trabajo es documentar el efecto de diferentes compuestos señalizadores al aplicarse sobre frutos de tomate sometidos a cosecha y

proceso postcosecha de tipo comercial. En diversos trabajos se ha encontrado que los señalizadores del estrés modifican la tolerancia de semillas, plántulas, plantas y flores al estrés biótico y abiótico, por lo cual se espera que modifiquen la vida postcosecha de los frutos.

1.1 JUSTIFICACIÓN.

Controlar el deterioro de los productos cosechados en etapa de postcosecha debido a las condiciones de estrés a que están sometidos, representa una importante área de oportunidad, ya que a partir de los conocimientos que existen tanto en la investigación básica en Resistencia sistémica inducida (RSI) así como respuesta al estrés, nos permitirá transferir este conocimiento a través de practicas de sencilla aplicación.

1.2 OBJETIVOS.

Objetivo general:

Estudiar el impacto de las aplicaciones de los señalizadores, salicilatos y quitosan los cuales se sabe son inductores de tolerancia al estrés, para evaluar su efecto en cuanto a los parámetros de calidad como: firmeza, color, por ciento de sólidos solubles, pH y pérdida de peso.

Objetivos específicos:

- Determinar la respuesta fisiológica en frutos de tomate mediante la aplicación exógena de los señalizadores.
- Verificar el incremento de la vida postcosecha de los frutos bajo las aplicaciones de diferentes tratamientos.
- Determinar el rango de dosis adecuado para los frutos.

1.3 HIPÓTESIS.

La aplicación exógena de señalizadores, aumentara la vida postcosecha del fruto de tomate y conservara sus parámetros de calidad.

II. REVISIÓN DE LITERATURA.

2.1 Postcosecha en tomate.

La comercialización del tomate exige gran número de operaciones para hacer llegar los frutos desde el campo de cultivo hasta la mesa del consumidor, es por eso que se llevan a cabo una serie de operaciones de recolección y acondicionamiento para mantener la calidad inicial al nivel mas elevado posible.

(Kader, 1985) señala que la tecnología postcosecha necesaria para reducir perdidas se basa fundamentalmente en el conocimiento de los factores ambientales y biológicos relacionados con este deterioro y en la aplicación de procedimientos que permitan demorar el proceso de senescencia, manteniendo la máxima calidad posible.

El acondicionamiento que se realiza es el siguiente:

- **Recolección.**

Es de forma manual o mecánica, cuando el fruto ha alcanzado la apropiada madurez comercial, que se determina en función de las exigencias del mercado de destino y del tiempo estimado para su comercialización.

Según (Rico, 1982) la cosecha a altas temperaturas provoca que los frutos evolucionen mas rápidamente, mientras que en épocas frías es necesario recolectar en estado avanzado de madurez.

Los tomates se depositan inicialmente en cestos o en cubos de goma que se vacían en las cajas de transporte, las cuales son apiladas sobre palets en los vehículos y son llevadas hasta el almacén de envasado (Nuez, 1995).

- **Recepción en el almacén de manipulación.**

Se realiza la descarga del vehículo mediante el empleo de carretillas elevadoras o con transpalets.

- **Alimentación de la línea de procesado.**

Esta actividad consiste en el vaciado de los envases de campo en la mesa o tolva de recepción, evitando que el producto se golpee, puede ser de forma manual o mecanizada para grandes escalas; la descarga representa también un punto en el que se provocan importantes pérdidas por daños mecánicos en los frutos.(Hatton y Reeder,1963).

- **Preselección y precalibrado.**

El objetivo es eliminar los frutos de pequeño tamaño y los verdes, malformados o dañados, así como hojas, tallos y elementos que acompañan a los tomates en los envases de campo.

- **Limpieza.**

Su función primordial es la eliminación de todo tipo de material, que mezclado o adherido desmejora la presentación o altera el peso y volumen real del producto.

El empleo de agua clorada controla la proliferación de microorganismos, se agrega en forma de hipoclorito sódico, en concentraciones que oscilan entre 50 y 250 ppm (Laencina *et al.*, 1973). Posteriormente se someten a un secado.

- **Selección.**

Esta operación consiste en separar los frutos aptos para el consumo de aquellos que no lo son por presentar deformaciones, magulladuras, heridas, pudriciones, etc.

- **Clasificación.**

Tiene como finalidad purificar la calidad de acuerdo con una o varias características. Las más usuales son: tamaño, forma, color y sanidad.

- **Encerado.**

Protege al fruto contra la transpiración y la retarda, una capa discontinua extra aplicada artificialmente, sirve para impedir condiciones anaerobias, proporcionando protección necesaria contra los organismos que causan la pudrición (Pantastico, 1984).

Por otra parte (Hardenburg *et al.*, 1988) menciona que un recubrimiento demasiado delgado de cera puede dar una protección insuficiente frente a la pérdida de humedad, y una capa gruesa puede favorecer la descomposición.

- **Empaque.**

Puede reducir las pérdidas de humedad y así impedir la deshidratación, que afecta el aspecto, textura y comercialización. (Devia, 1986).

- **Transporte.**

Durante esta operación se propician daños por vibración, impacto y compresión de la carga en el vehículo, causando una disminución de calidad del producto. Pantastico(1979) reporta que el transporte de carga mixta ocasiona daños por posible infestación, debido al intercambio de temperaturas, olores, sustancias etc.

2.2 Calidad del tomate.

El consumidor de frutas y hortalizas establece como criterios más importantes de selección en la aceptación para el consumo la madurez, frescura, sabor y aspecto, relegando a un segundo plano el valor nutritivo y el precio (Shewfelt, 1990).

Según (Beattie et al., 1983; Wolters y Gemert, 1990), las características de calidad que inciden en la compra del tomate son fundamentalmente: color y firmeza y los atributos para el consumo que corresponden al equilibrio entre azúcares y acidez y el contenido de aromas volátiles (Jones y Scott, 1983; Buttery *et al.*, 1989).

(Martens y Baadseth, 1987; Jen 1989) menciona que los índices o parámetros de calidad representativos se dividen en externo e internos del fruto. En la primera se incluyen los atributos relacionados con la apariencia, color, tamaño,

forma y están sujetos a propiedades físicas y ópticas y en las internas se consideran al sabor y textura.

Apariencia.

Esta muy influenciada por la presencia y magnitud de los defectos debe de ser lisa y con las cicatrices correspondientes a la punta floral y al pedúnculo (Suslow V. T y Marita Cantwell, 2002).

Color.

Los cambios en los frutos se deben principalmente a la degradación de clorofilas, proceso que permite la percepción de otros pigmentos, los cuales se sintetizan de nuevo durante el proceso de maduración, adquiriendo el color amarillo, rojo, naranja etc. Estas coloraciones se deben a la presencia de carotenoides, compuestos flavonoides y antocianinas (Romujaro *et al.*, 1996).

(Reina, 1998) menciona que el color es considerado un factor crítico en los frutos por doble motivo; es decisivo en la apariencia del fruto e indicativo casi siempre del grado de madurez del fruto y de la lozanía del mismo.

Firmeza.

Desde el punto de vista bioquímico la textura puede considerarse simplemente como la expresión de las biomoléculas implicadas en la estructura de la pared celular.

El conjunto de sustancias responsables de la dureza de los frutos (pectinas, celulosa, hemicelulosa, lignina, proteínas, cationes, etc) en la fase de crecimiento sufre modificaciones importantes y durante la maduración conduce

al ablandamiento de tejidos y a su comestibilidad (Costell y Duran, 1975; Peris, 1983).

Mientras que (Baron 1999) menciona que la pérdida de firmeza es una consecuencia de la enzima poligalacturonasa (PG) sobre las pectinas y las paredes celulares conduciendo al ablandamiento.

Sabor.

Esta en función de la percepción del degustador, influenciada por los aromas de constituyentes químicos.

Los azúcares, ácidos y sus relaciones son importantes para la dulzura, acidez y la intensidad de sabor (Romujaro, 1996).

(Souty y Andre, 1975) resalta que la relación entre el ácido málico y cítrico influye sobre la calidad sensorial y la degradación de la pared celular.

Tamaño.

Según (Yahia, 1992) es definido por las dimensiones, el peso y el volumen y varían entre consumidores porque depende de la intención de uso en las frutas.

Forma.

Bien formado (redondo, forma globosa, globosa aplanada u ovalada), dependiendo del tipo. (Suslow V. T y Marita Cantwell, 2002).

Valor nutritivo.

(Valadez et al., 1998) reportó el contenido nutricional del tomate maduro listo para consumo en base a 100g.

Cuadro 1 valor nutritivo del tomate en base a 100 g.

| | |
|------------------|----------|
| Agua | 95% |
| Proteínas | 1.1g |
| Carbohidratos | 4.7 g |
| Ca | 13mg |
| P | 27mg |
| Fe | 0.5mg |
| Na | 3.0mg |
| K | 244mg |
| Ac. Ascórbico | 23 mg |
| Tiamina (B1) | 0.06mg |
| Riboflavina (B2) | 0.04mg |
| Vitamina A | 900 U.I* |

*una unidad internacional (U.I) de Vit A es equivalente a 0.3 mg de Vit A en alcohol.

Fuente 1) P.L White y N.Selvey; 2) B.K Watty A.L Merill.

El fruto aporta un balance adecuado de minerales y vitaminas (A, B1, B2) (Valadez *et al*, 1998).

(Baron, 1999) reporto que el contenido de vitamina es afectado por el grado de madurez en cosecha y por el tipo de material genético. Es así que la diferencia en contenido de vitamina C entre tomate verde maduro y rojo maduro es del 10 a 15%.

2.3 Fisiología del deterioro de los frutos.

Todas las frutas, hortalizas y raíces son partes de las plantas vivas que contienen de un 65 a un 95% de agua y cuyos procesos están sujetos a continuos cambios algunos beneficiosos y deseables, pero la mayor parte son no deseables.

Su vida después de la cosecha dependen del ritmo que se consumen sus reservas almacenadas de alimentos y de pérdida de agua (FAO, 1985).

Desde un punto de vista fisiológico la recolección equivale a un trauma, a una separación del fruto del árbol, ya que se le somete a un estrés que determina

modificaciones esenciales en su metabolismo que se traducirán en importantes cambios biológicos y fisiológicos que afectaran su calidad (Romujaro *et al.*, 1996).

Mientras tanto (Ramos ,1999) menciona que los procesos fisiológicos que continúan después de la cosecha son los principales responsables del envejecimiento y senescencia de los tejidos entre los cuales esta la respiración y transpiración.

Respiración.

Es una reacción básica de toda la materia vegetal tanto en campo como después de la cosecha, en donde las plantas absorben oxígeno y desprenden dióxido de carbono.

Los productos frescos no pueden seguir reponiendo los hidratos de carbono ni el agua recolectada, por lo que se utiliza el almidón o el azúcar almacenado y al agotarse las reservas de esas sustancias; se inicia un proceso de envejecimiento que conduce a la muerte y putrefacción del producto.

Cuando hay una disminución en la disponibilidad de aire y la proporción de oxígeno se reduce a alrededor del dos por ciento, esta reacción es sustituida por fermentación que descompone los azúcares en alcohol y dióxido de carbono este proceso causa sabor desagradable y promueve el envejecimiento prematuro.

Un aumento de dióxido de carbono en la atmósfera hasta valores comprendidos entre el 1 y 5 % estropea el producto, causando sabores desagradables, descomposición interna, detención del proceso de maduración (Ramos 1999).

(Pantastico 1979) señala que los factores externos que afectan la respiración son: temperatura, etileno, oxígeno disponible, dióxido de carbono, reguladores

del crecimiento y lesiones, la composición química del tejido, tamaño del producto, cubiertas naturales y tipo de tejido.

Transpiración.

Es el proceso mediante el cual el vapor de agua de los tejidos es transferido al aire y que contribuye al deterioro fisiológico de los productos poscosecha.

Los productos frescos siguen perdiendo agua después de la cosecha y varían en función del tipo de producto, los cuales tienen que recurrir a sus reservas en el momento de la recolección; estas pérdidas constituyen un grave problema que da lugar a mermas y disminuciones de peso.

Cuando el producto recolectado pierde de un 5 a un 10 por ciento de su peso original, empieza a secarse y pronto resulta inutilizable (Ramos 1999).

Los factores que influyen en la pérdida de agua de un producto cosechado son: La humedad del aire, la ventilación del producto y tipo de producto (FAO, 1993).

Producción de etileno.

El etileno es una fitohormona que coordina y regula numerosos procesos de crecimiento, desarrollo y senescencia de los tejidos vegetales y constituye un factor desencadenante del proceso de maduración.

(Dunlop *et al*, 1996) señala que la síntesis de etileno es inducida durante ciertos estadios del desarrollo por situaciones de estrés y por acción de hormonas vegetales y se produce en diferentes partes de las plantas.

(Azcon – Bieto 1993) cita algunos cambios que propicia el etileno: acelera la senescencia y la pérdida de color verde en frutas y hortalizas de hojas, así como también la maduración de los frutos en almacenaje.

La producción de etileno aumenta cuando los frutos sufren daños o son atacados por los mohos de la putrefacción.

Cambios en la composición química del producto.

(Kader et al., 1985) menciona que después de la cosecha, se presentan una serie de cambios entre los cuales se encuentran: la pérdida de clorofila, cambios en el contenido y composición de los carbohidratos, descomposición de las pectinas y polisacáridos estructurales, cambio en su contenido nutricional y disminución de peso por transpiración.

Ataque por microorganismos.

Las frutas y los vegetales son susceptibles a enfermedades causadas por gran variedad de hongos y bacterias. Sin embargo las frutas son mas susceptibles al ataque de hongos por su contenido de acidez y conforme maduran se vuelven mas dulces, lo cual provoca que sus barreras naturales disminuyan y se vuelvan vulnerables al ataque por patógenos. Los vegetales son igualmente susceptibles a ambos tipos de patógenos (Carmona, 2001).

Daños sufridos por los productos frescos después de la cosecha.

Lesión mecánica.

El elevado contenido en humedad y la consistencia blanda de las frutas, las hortalizas y raíces las hacen mas propicias al daño mecánico, induciendo a la

perdida de agua a través de las heridas en la superficie, facilita el ingreso de patógenos, acelera la respiración, la producción de etileno, lo que causa mayor liberación de calor, maduración rápida y vida útil reducida (FAO 1985).

Daño por frío.

Los tomates son sensibles al daño por frío a temperaturas inferiores a 10 °C. Los síntomas que se presentan son: alteración de la maduración (incapacidad para desarrollar completo color y sabor, aparición irregular del color o manchado, suavización prematura), picado (depresiones en la superficie), pardeamiento de las semillas e incremento de pudriciones (pudrición negra, causada por *Alternaria* spp.). El daño es acumulativo y puede iniciarse en el campo hasta la cosecha. (Suslow y Marita 2002).

2.4 Inductores de tolerancia al estrés.

El proceso por medio del cual las plantas perciben las señales de factores ambientales estresantes y las transmiten a la maquinaria celular para activar respuestas adaptativas y de defensa se le llama traducción de señales, requiriendo de la acción de una vía o cascada de señalización, que transfiera un estímulo desde la molécula preceptora primaria (la que percibe el estímulo), a través de un conjunto de moléculas que se llama señalizadores, cuya función es transmitir la señal por medio de un evento químico hasta las moléculas o genes que se encargan de la respuesta al estímulo (llamados efectores). (Benavides – Mendoza *et al.*, 2002).

La resistencia sistémica inducida (RSI) permite la adaptación de las plantas a diversos tipos de estrés incluyendo la presencia de patógenos.

(Buchel et al., 1999; Knoester et al., 1999) mencionan que depende de un sistema de señalización que involucra a los salicilatos y posiblemente a los oligómeros de la quitina.

El aumento fenotípico en la resistencia al estrés oxidativo puede lograrse utilizando señalizadores del estrés aplicados de manera exógena.

Ácido salicílico.

El ácido Salicílico (AS), el nombre proviene de Salix, el árbol cuyas hojas y corteza tradicionalmente se utilizaban como cura para dolor y fiebre de donde Johann Burchner en 1828 aisló la salicina.

En 1874 se inició la producción en Alemania, mientras que el nombre comercial de aspirina, aplicado al ácido acetil salicílico fue introducido en 1898 por la Bayer Company (Raskin, 1992), el cual pertenece a un grupo muy diverso de sustancias conocidas como fenólicos.

En las plantas estos compuestos, están relacionados con el metabolismo secundario e involucrados en grandes cantidades de actividades de regulación en las plantas.

Su concentración se eleva cuando las células, órganos o plantas completas, cuando son sometidas a la acción de una clase de estrés; sea de tipo biótico o abiótico.

Efecto del ácido salicílico en las plantas.

El ácido salicílico aplicado de forma exógena en concentración de 10^{-2} a 10^{-8} M aumentó la biomasa de plantas de soya (Gutiérrez - Coronado *et al.*, 1998), el

rendimiento de trigo (López Tejeda *et al.*, 1998) al igual que el rendimiento y la calidad de diversas hortalizas según se desprende de los resultados de diferentes trabajos experimentales del grupo de Gutiérrez Coronado adscrito al Instituto Tecnológico de Sonora.

Existe un trabajo experimental acerca del papel de este compuesto en las respuestas celulares relacionado con el daño oxidativo, respuesta bioquímica que parece ser un factor común en las plantas sometidas a diversos tipos de estrés.

El AS comenzó a sobresalir como molécula señalizadora en plantas, cuando se descubrió su papel como inductor de la termogénesis en planta de la familia Araceae (Raskin 1987), poco después se demostró su importancia en las reacciones de defensa contra los patógenos (Malamy *et al.*, 1990; M etraux *et al.*, 1990).

Así parece relacionarse con la adaptación de las plantas a los ambientes extremos y esto pudiera convertir a este compuesto y sus derivados en herramientas para el manejo agronómico del estrés.

López Delgado *et al.*, (1998) obtuvieron termo tolerancia en micro plantas de papa desarrolladas en medio de cultivo con ácido acetilsalicílico en concentración de 10^{-3} M y 10^{-5} M.

La aplicación de AS como pre tratamiento de la semilla (10^{-4} por 6 horas) aumento el éxito de germinación de la semilla en solución de NaCl (Benavides) datos no publicados.

Ácido salicílico y daño oxidativo.

El daño o estrés oxidativo se presenta cuando la producción de especies activas de oxígeno (EAO) rebasa la capacidad de los sistemas antioxidantes y de captura de radicales libres en la célula.

Normalmente el nivel de especies activas de oxígeno (EAO) es alto cuando la planta se ve sometida a alguna condición de estrés biótico o abiótico.

En esta actividad el AS participa en forma importante como señalizador de las plantas, que da lugar a las respuestas en la adaptación de ambientes extremos, y esto pudiera convertir a este compuesto y sus derivados en herramientas para el manejo agronómico del estrés, como una expresión de los sistemas de control y daño oxidativo. (Raskin, 1992).

Quitosan.

El quitosano es un derivado de la quitina (Poli - D glucosamina) (Rathke *et al*, 1994; Saito *et al*, 1987) obtenido del exoesqueleto de crustáceos marinos, insectos y algunos hongos.

Presenta características importantes entre las que destacan la biocompatibilidad (Patente, 1991), el alto poder quelante (Kaplan *et al*, 1989) y la biodegradabilidad (Sawayanagy, *et al*, 1982).

Este polímero se puede utilizar para múltiples fines como son el recubrimiento de frutas, el empaque de alimentos, la purificación de aguas, la diálisis, recuperación de metales preciosos, cosmetología y otros.

Uno de los métodos para la obtención del quitosan es mediante tratamiento químico por la desacetilación alcalina de la quitina (Saito H, 1982).

Este compuesto es soluble en ácidos débiles y puede utilizarse directamente como agente antifúngico o bien como inductor de respuestas de defensa en las plantas (No y Meyers 1995).

(Vincendon, 1994) menciona que en forma de hojuelas de color café claro es fácilmente soluble en soluciones de ácido acético, fórmico, fosfórico, etc.

Roller y Covill (1999) reportaron la aplicación para prevenir el crecimiento de microorganismos en jugos no pasteurizados.

(Salvador *et al.*, 1999) incorporo una cubierta que aumento la vida postcosecha del aguacate.

(Dubery *et al.*, 2000) realizo un trabajo de investigación en donde aplico directamente a los tejidos de la planta el quitosano el cual indujo la peroxidación de lípidos y la producción de especies reactivas de oxígeno (Orozco - Cárdenas y Ryan, 1999), causando el cierre de estomas, promoviendo de esa forma la activación de respuestas de defensa contra los patógenos y probablemente contra el estrés abiótico (Lee *et al.*, 1999).

En cambio al aplicarlo en el sustrato (Ohta *et al.*, 1999) es probable que en quitosano actué como un efectivo agente quelante (Rathke y Hudson 1994).

Raigoza aplico foliarmente en plantas de lechuga preparaciones de quitosano disuelto con ácido acético. El autor encontró que indujo respuestas positivas sobre el crecimiento notable a corto (5-6 días) y largo plazo (30-40 días) mientras que el ácido acético indujo respuestas positivas diferenciales solo a largo plazo (30 -40 días)

(Yueming Jiang *et al.*, 2001) realizó una investigación de los efectos de una cubierta de quitosan ampliando la vida poscosecha de frutas y manteniendo su calidad.

La aplicación de la cubierta de quitosan redujo la velocidad de la respiración y pérdida de peso, retrasó el incremento de la actividad en PPO y los cambios en color, la calidad para el consumo y parcialmente inhibe la descomposición en frutas durante el almacenamiento.

Ácido acético.

El ácido acético puede modificar el metabolismo de cloroplastos (Roughan *et al.*, 1979) o leucoplastos (Gupta y Singh 1996) aislados funcionando como sustrato, preferido sobre la glucosa, para la síntesis de ácidos grasos, permitiendo probablemente una mayor utilización de la glucosa en la respiración.

III. MATERIALES Y METODOS.

Localización geográfica:

El experimento se realizó en el Laboratorio de Postcosecha del Departamento de Horticultura de la " U.A.A.A.N", que se ubica al sur de la ciudad de Saltillo, Coahuila, comprendido entre las coordenadas 101° 1' 33" de longitud Oeste y de 25° 20' 57" latitud Norte del meridiano de Greenwich, con una altura de 1800 msnm, siendo su clima predominante y de acuerdo a la clasificación de Kopen es de tipo B W ho (x') (e) que equivale a un clima semi cálido seco con invierno fresco, extremoso y verano cálido; la temperatura media anual es de 16.6 °C con régimen de lluvias intermedio entre verano e invierno, con una precipitación media anual alrededor de 443 mm y una evaporación promedio de 2167 mm.

La fecha del primer experimento fue del 23 de septiembre al 04 de octubre del 2002.

La segunda parte se realizó del 19 de marzo al 11 de abril en el 2003.

Selección de la materia prima.

Para la selección de la materia prima se hizo un muestreo en el centro comercial De las fuentes de la ciudad de Saltillo, Coahuila, México. Con la

finalidad de obtener frutos de igual tamaño y que se encontraran en la misma etapa de madurez.

Se utilizó tomate bola comercial, procedente del Valle de Arista, San Luis Potosí.

Los tratamientos utilizados fueron: quitosan, ácido salicílico, ácido benzoico, acético y como testigo agua destilada, aplicándose de forma exógena por inmersión en bandejas de plástico, cada tercer día.

Las concentraciones utilizadas se describen a continuación:

Concentración del ácido salicílico.

$1 \times 10^{-4} \text{ M} = 0.0138 \text{ g / lt de agua .}$

Ácido benzoico.

$1 \times 10^{-4} \text{ M} = 0.0122 \text{ g/ lt de agua .}$

Solución de quitosan al 0.1% v/v solubilizando quitosano grado reactivo (Sigma chemical Co. St Louis Mo. USA) en ácido acético al 1%.

Solución de ácido acético al 1%.

Agua destilada.

Preparación del material.

Se preparó una solución madre para cada tratamiento, con sus respectivos pesos, para la dosis a manejar y se hacían diluciones.

Cada uno de los frutos se registro con un numero, teniendo 50 muestras por tratamiento, las cuales fueron colocadas en una tarima en la cámara de refrigeración, posteriormente se sacaban para realizarles sus respectivas inmersiones, llevando un registro de temperatura máximas y mínimas.

Material y equipo.

Se utilizó el siguiente material y equipo:

Tomate bola comercial

Bandejas de plástico, vasos de precipitado, matraz erlen meyer, soporte universal, probeta, embudos, piseta, pipetas.

El equipo empleado fue:

Extractor de jugo Marca Tur mix.

Penetrómetro manual EFFEGI Modelo FT 327 Marca Fruit Pressure Tester, con puntilla de 8 mm de diámetro.

Penetrómetro manual EFFEGI Modelo FT011 con puntilla de 8 mm de diámetro.

Soporte para penetrómetro Marca IRC.

Balanza semi analítica digital, marca AND Cap 200 Mag. EK = 200 g, d = 0.01 g, de 12 v 100 mA.

Refractómetro manual Marca ATTAGO.

Colorímetro Minolta, modelo CR300.

Potenciómetro manual Marca Corning Modelo Ph - 40

Cámara de refrigeración

Termómetro.

Evaluación.

El experimento 1 consta:

Cuadro 2. Tratamientos aplicados y parámetros evaluados.

| Tratamientos | Parámetros evaluados. |
|------------------|-----------------------------|
| Agua destilada | Brix, pH y Pérdida de peso. |
| Ácido benzoico | Brix, pH y Pérdida de peso. |
| Ácido salicílico | Brix, pH y Pérdida de peso. |
| Ácido acético | Brix, pH y Pérdida de peso. |
| Quitosan. | Brix, pH y Pérdida de peso. |

El experimento 2 consta:

Cuadro 3. Tratamientos aplicados y parámetros evaluados.

| Tratamientos | Parámetros evaluados. |
|-----------------|---|
| Agua destilada | Brix, pH, Redox, Pérdida de peso, Firmeza, Color en fruto y jugo. |
| Ácido benzoico. | Brix, pH, Redox, Pérdida de peso, Firmeza, Color en fruto y jugo. |
| Ácido acético | Brix, pH, Redox, Pérdida de peso, Firmeza, Color en fruto y jugo. |
| Quitosan. | Brix, pH, Redox, Pérdida de peso, Firmeza, Color en fruto y jugo. |

Variables evaluadas.

Peso del fruto.

La toma de pesos en los frutos de tomate se realizaba cada tercer día con una balanza semi analítica, con el objeto de determinar la pérdida de peso con relación al tiempo para obtener un porcentaje ponderado.

Evaluación de la firmeza.

Esta es una de las técnicas mas utilizadas en el control de la maduración de la fruta; el método que se utilizó para determinar la firmeza de la pulpa fue un penetrómetro manual, cortando con una cuchilla la piel del fruto en dos puntos opuestos de la parte ecuatorial y verificando que la aguja indicadora de presión del aparato estuviera en cero e introduciendo la puntilla hasta un limite, anotando los valores y realizando el mismo procedimiento para el otro trozo de pieza cortado con anterioridad.

Sólidos solubles (°Brix).

El porcentaje de sólidos solubles (SS) fue determinado con un refractómetro utilizando el jugo fresco sin diluir obtenido con un extractor, el cual se depositó en un vaso de precipitado y se tomó una muestra con una pipeta, para agregarlo en forma de gotas sobre el prisma del refractómetro.

La medición es a través del ocular y el valor leído se anota en grados brix.

pH

Para medir la acidez de la fruta se utilizó el jugo obtenido en el índice de refractometría.

Se calibro y se limpio con agua destilada el electrodo del pHmetro; introduciéndolo en un vaso de precipitado que contenía el material a analizar, posteriormente se tomó la lectura y se registro.

Oxidación – reducción.

Para la determinación de esta variable (redox), el electrodo del aparato se limpio con agua destilada y se colocó en el jugo y se registraron las lecturas.

Colorimetría.

Es el único de los métodos físico – químicos que no requiere la destrucción de la muestra. Para realizar la medición se utiliza un aparato calibrado denominado colorímetro, cuya función es describir la coloración de la epidermis de la fruta.

La luminosidad viene descrita por L^* y los parámetros a^* y b^* para evaluar la saturación y el tono; para ello es necesario colocar el cabezal de la medida sobre el plato de calibración, poniendo el sistema modo medida sobre la superficie y anotando los valores de los parámetros.

En el jugo se llevó a cabo la misma secuencia, a diferencia que se utilizó una caja forrada como blanco para evitar contrastes.

Diseño experimental.

Modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + \sigma_i + \varepsilon_{ij} \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, 3, \dots, t \\ j = 1, 2, 3, \dots, r_i \text{ (número desigual de repeticiones).} \\ j = 1, 2, 3, \dots, r \text{ (número igual de repeticiones).} \end{array}$$

Se uso un diseño completamente al azar para la evaluación de las variables °brix, pH, pérdida de peso, firmeza y color en el tomate. Cada muestra se trato con diferente número de repeticiones y la unidad experimental fue un fruto.

Se utilizó el paquete de diseños experimentales SPSS Versión 10, para el análisis de varianza.

Para la comparación de medias se uso la prueba de Duncan, (Montgomery, 1991).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.

La presente investigación se realizó en dos etapas, los resultados obtenidos en cada una de ellas se muestran a continuación.

Cuadro 4. Concentrado de resultados finales del experimento 1 con respecto al efecto de los tratamientos en los parámetros de calidad del tomate.

| Tratamiento | pH | SS (°Brix) | Pérdida de peso (g) |
|------------------|---------------------|--------------------|---------------------|
| Agua | 4.3750 ^a | 4.025 ^a | 1.602 ^{ab} |
| Ácido benzoico | 4.3775 ^a | 3.850 ^a | 1.252 ^{ab} |
| Ácido salicílico | 4.2625 ^a | 4.262 ^a | 1.458 ^{ab} |
| Ácido acético | 4.3225 ^a | 4.225 ^a | 1.09 ^b |
| Quitosan | 4.3033 ^a | 4.500 ^a | 1.755 ^a |

^a Literales iguales no presentan diferencia significativa (Duncan, $P \leq 0.05$).

Los resultados obtenidos del análisis de varianza (ANVA) y comparación de medias (DMS), para las variables sólidos solubles y pH, no mostraron diferencia significativa entre los tratamientos, comportándose de la misma manera; sin embargo el quitosan modificó significativamente la pérdida de peso obteniendo los niveles mas altos con una media de 1.75 g, aumentando tanto los niveles de sólidos solubles con un porcentaje de 4.50 y un pH de 4.30.

Los mejores resultados se encontraron con tratamiento con ácido acético al 1% ya que fue el que registró los valores mas bajo de pérdida de peso con una media de 1.09 g, un valor de 4.22 % de sólidos solubles y un pH de 4.32; posiblemente este tratamiento disminuyó la pérdida de agua evitando la transpiración e inhibió la concentración de azúcares.

El testigo, el ácido benzoico y el salicílico demostraron la misma tendencia encontrándose en los niveles intermedios.

Esto quiere decir que a partir de la cosecha los frutos al ser desprendidos de las plantas suelen sufrir un estrés el cual los lleva a cambios fisiológicos y bioquímicos. En el caso del tomate los puntos que deben tomarse en cuenta los cuales afectan su calidad son: la sensibilidad al etileno, la tasa de respiración y el tipo de exocarpio que presenta.

Los valores de pH del tomate en el experimento (4.26 a 4.37) fueron menores que lo reportado por Hong *et al.*, (2000) quienes encontraron un rango de pH del fruto de 4.38 a 4.5.

Se considera que las frutas con valores bajos de pH, son de mayor calidad ya que la acidez dificulta el ataque de microorganismos patógenos.

En relación a los sólidos solubles se encontró que entre mayor es la concentración; el índice de madurez reflejado es también más alto, volviéndolo inservible para el consumo.

Esto concuerda con Reina (1998) quien menciona que la degradación de los polisacáridos de las membranas celulares ejercen una contribución importante sobre el aumento en contenido de azúcares.

Los resultados coinciden con lo citado por Manrique (2002) quien encontró que el almidón representa en promedio del 2% a 40% del peso seco de los productos agrícolas y durante el proceso de respiración la degradación trae como consecuencia una substancial pérdida de peso de los mismos.

Cuadro 5. Concentrado de resultados finales del experimento 1 en relación a los días en los parámetros de calidad del tomate.

| Días | pH | SS (°Brix) | Pérdida de peso. (g) |
|------|--------------------|---------------------|----------------------|
| | 4.412 ^a | 3.860 ^b | |
| 3 | 4.320 ^a | 4.280 ^{ab} | 1.664 ^a |
| 6 | 4.216 ^a | 3.960 ^{ab} | 1.541 ^a |
| 9 | 4.240 ^a | 4.613 ^a | .896 ^b |

^a Literales iguales no presentan diferencia significativa (Duncan, $P \leq 0.05$).

Los resultados obtenidos del ANVA y DMS, para el pH no muestran diferencia significativa con respecto al tiempo, registrando desde el inicio valores altos.

En la variable sólidos solubles en los dos primeros días se encuentran los niveles mas bajos con una media de 3.86 % y al noveno día, su contenido se incrementa a un porcentaje de 4.61.

En cuanto a la pérdida de peso con respecto al tiempo de almacenamiento, en los primeros seis días se presentan los valores más altos con medias entre 1.66 g y 1.54 g, después en el noveno día se observa una disminución de esta pérdida, posiblemente debido a que las reservas almacenadas se están agotando.

La relación que guarda el tiempo de almacenamiento con respecto a los parámetros de calidad, nos sirven de referencia para saber cuando el fruto se encuentra en la fase de senescencia.

Por lo tanto podemos observar que con un aumento de la concentración de sólidos solubles y pH trae como consecuencia una significativa pérdida de peso.

Esto coincide con lo citado por Carmona (2002), en el cual menciona que la respiración trae como consecuencia pérdida de energía y menor capacidad para mantener su vida útil, reducción del valor alimenticio, pérdida de peso debida a la eliminación de dióxido de carbono y en peso fresco por la eliminación de agua.

Hernández (2003) realizó un trabajo de investigación en tomates en estado Pintón maduro estudiando los efectos de algunos tratamientos químicos para preservar calidad y encontró que al realizar los lavados con cloruro de calcio (CaCl_2) conservaron sabores iniciales y al usar lactato calcico al 1%, se mantuvo la firmeza.

No se observaron cambios en los sólidos solubles y pH en los tratamientos, y todos mostraron disminución de la acidez total y un aumento en el índice de madurez.

En las variables sólidos solubles y pH de este trabajo de investigación coinciden con los resultados obtenidos por el citado autor, ya que los cambios bioquímicos que se presentan no pueden ser controlados de una manera significativa.

Cuadro 6. Concentrado de resultados finales del experimento 2 con respecto al efecto de los tratamientos en los parámetros de calidad del tomate.

| Tratamientos. | Redox | pH | SS (°Brix) | Firmeza (Kg) | Pérdida de peso. (g) |
|----------------------|--------------------|-------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------------------|
| Sin aplicación. | -.190 ^a | 4.80 ^a | 5.04 ^b | 1.40 ^b | 1.50 ^a |
| Agua | -.164 ^a | 4.62 ^a | 5.40 ^{ab} | 1.70 ^a | 1.18 ^b |
| Benzoico | -.098 ^a | 4.61 ^a | 5.22 ^{ab} | 1.50 ^{ab} | 1.35 ^{abc} |
| Acético | -.161 ^a | 4.67 ^a | 5.33 ^{ab} | 1.51 ^{ab} | 1.29 ^{bc} |
| Quitosan | -.175 ^a | 4.67 ^a | 5.74 ^a | 1.24 ^b | 1.49 ^{ab} |

^a Literales iguales no presentan diferencia significativa (Duncan, $P \leq 0.05$).

Los resultados obtenidos del ANVA y DMS en la variable redox y pH no muestran diferencia significativa, mientras que el tratamiento con quitosan obtuvo la mayor concentración de sólidos solubles con una media de 5.74, trayendo como consecuencia una pérdida de firmeza necesitando una fuerza de 1.24 kg. para penetrar el fruto y presentando una pérdida de peso de 1.49 g, el

cual se encuentra entre los valores mas altos, esto quiere decir que este tratamiento no fue efectivo para preservar la calidad del tomate.

Los tratamientos con ácido acético y benzoico no presentaron alguna diferencia significativa.

El testigo (agua) fue el que modificó significativamente la variable firmeza necesitando una fuerza de 1.70 Kg., para penetrar el fruto y también se obtuvo una pérdida de peso menor con una media de 1.18 g, esto posiblemente se debe a que el agua penetra a través de los estomas y permite que se lleve a cabo el intercambio de gases para proporcionarle una atmósfera agradable, evitando que las reservas sean oxidadas y conservándolas por mas tiempo, para que el fruto aumente su vida de anaquel.

En los tomates sin aplicación se obtuvo la mayor pérdida de peso con una media de 1.50 g y en la variable firmeza se mantuvo en los niveles intermedios, mientras que en la concentración de sólidos fue el que tuvo menor resultado con un porcentaje de 5.04.

Las correlaciones múltiples obtenidas por Sterling y Beherthelm (1955) mostraron que el 92% de las diferencias en textura podían ser explicadas por correlaciones en el contenido de almidón, sustancias pépticas, calcio y pectinato de calcio.

En un trabajo de investigación realizado por Martínez (2000) señala que el tomate con una aplicación de una capa de cera se obtiene mayor firmeza. Aunque con este tratamiento también no queda exento de pérdidas, logra controlarse el proceso de transpiración, pero el fruto u hortaliza llega también a un rango a su fase de senescencia.

Thompson *et al.*, (1999) encontró que la perdida de peso máxima (peso fresco) en tomate es de 4 g y la principal razón es el encogimiento.

Este margen nos sirve de referencia para decir que los tratamientos aplicados han logrado reducir en un 62% las disminuciones de peso actuando de una manera eficiente.

Cuadro 7. Concentrado de resultados finales del experimento 2 con respecto al efecto de los tratamientos en la variable color.

| Tratamiento | Índice de luminosidad | Índice de cromaticidad | | Índice de luminosidad | Índice de cromaticidad | |
|----------------|-----------------------|------------------------|--------------------|-----------------------|------------------------|---------------------|
| | L | a | b | L | a | b |
| Sin aplicación | 39.43 ^a | 25.45 ^a | 18.73 ^a | 9.15 ^a | -5.17 ^b | -5.07 ^{ab} |
| Agua | 39.53 ^a | 25.25 ^a | 19.11 ^a | 3.66 ^a | -.556 ^a | -6.13 ^{ab} |
| Ácido benzoico | 38.96 ^a | 23.32 ^a | 16.84 ^a | 4.84 ^a | -1.51 ^{ab} | -6.91 ^a |
| Ácido acético | 38.61 ^a | 21.63 ^a | 16.89 ^a | 6.92 ^a | -3.82 ^{ab} | -8.61 ^b |
| Quitosan | 38.93 ^a | 21.52 ^a | 16.36 ^a | 3.56 ^a | -1.83 ^{ab} | -3.79 ^a |

^a Literales iguales no presentan diferencia significativa (Duncan, $P \leq 0.05$).

Los resultados obtenidos del ANVA y DMS en la variable color en fruto no muestran diferencia significativa en los índices de luminosidad y cromaticidad entre los tratamientos. Aunque el color en el jugo de tomate en luminosidad no presenta diferencia pero en cromaticidad si, teniendo una menor degradación de color en el testigo (agua) con una media de .556 en a*, aunque en b* se comporta igual que el tratamiento sin aplicación.

Los tratamientos con ácido benzoico, acético y quitosan no muestran diferencia significativa en a*, aunque en b* el acético tuvo mayor concentración de color con una media de - 8.61.

El color es un indicador de la madurez del fruto de tomate, presentándose una concentración mayor a medida que transcurre el tiempo, este cambio se debe a la degradación de la clorofila que es transformada en licopeno, el cual es considerado un antioxidante. (Baron, 1999)

Aunque Baron (1999) también señala que el cambio en tomate de verde a rojo, se debe a la descomposición de clorofila y la síntesis de licopeno y

carotenoides, el segundo signo característico de maduración es el ablandamiento que acompaña el cambio de color causado por la enzima poligalacturonasa degradando la pared celular.

Cuadro 8. Concentrado de resultados finales del experimento 2 con respecto a los días transcurridos en los parámetros de calidad.

| Días | pH | Redox (mV) | SS ° Brix | Firmeza (Kg) | Pérdida de peso. (g) |
|------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|----------------------|
| 1 | | | | 1.00 ^a | |
| 3 | 4.55 ^b | -.29 ^b | 4.77 ^b | 2.40 ^a | 1.3 ^{cd} |
| 5 | 4.54 ^b | -.12 ^a | 5.60 ^{ab} | 2.07 ^a | 1.19 ^{cd} |
| 7 | 4.59 ^b | -0.07 ^a | 5.07 ^{ab} | 2.09 ^a | 1.12 ^{cd} |
| 9 | 4.64 ^b | -.13 ^a | 4.95 ^{ab} | 2.12 ^a | 1.02 ^d |
| 11 | 4.64 ^b | | 5.32 ^{ab} | 1.42 ^a | 1.06 ^{cd} |
| 13 | 4.69 ^{ab} | | 5.70 ^{ab} | 1.38 ^a | 1.91 ^b |
| 15 | 4.67 ^{ab} | -.17 ^a | 5.74 ^a | 1.18 ^a | 1.45 ^c |
| 17 | 4.72 ^{ab} | -.10 ^a | 5.56 ^{ab} | 1.16 ^a | 2.67 ^a |
| 22 | 4.92 ^a | | 5.58 ^{ab} | 1.19 ^a | 1.45 ^c |

^a Literales iguales no presentan diferencia significativa (Duncan, $P \leq 0.05$).

Los resultados obtenidos por el ANVA y DMS, con respecto a los días, la variable del pH se mantiene en valores bajos e iguales hasta el día 11, registrando hasta el día 22 con niveles mas altos.

En la variable potencial reducción solo el tercer día se encontró bajo este parámetro y a partir del 5 día en adelante siguió aumentando presentándose la oxidación de las reservas sometiéndolo a la presencia de un estrés oxidativo y así modificar las características fenotípicas del fruto.

Con respecto a pérdida de peso, hasta el día 11 se obtuvieron valores bajos e incrementándose estos valores según transcurre el tiempo. El porcentaje de

pérdida de peso del fruto es un indicador de la velocidad de cambio de la calidad de la fruta una vez separada de la planta.

El por ciento de sólidos solubles solo el tercer día estuvo dentro de los rangos establecidos para el fruto de tomate, teniendo una concentración mayor en el día 15.

En la variable firmeza no hubo diferencia significativa entre los tratamientos con respecto al tiempo de almacenamiento.

Khalifah y Kuydenhall (1965) mencionan que el lavado de los tomates trae un aumento en la pérdida de peso.

Esto nos permite suponer que posiblemente las inmersiones en los tratamientos promueven un incremento en la disminución de peso, debido al tiempo que permanecieron en dicha solución.

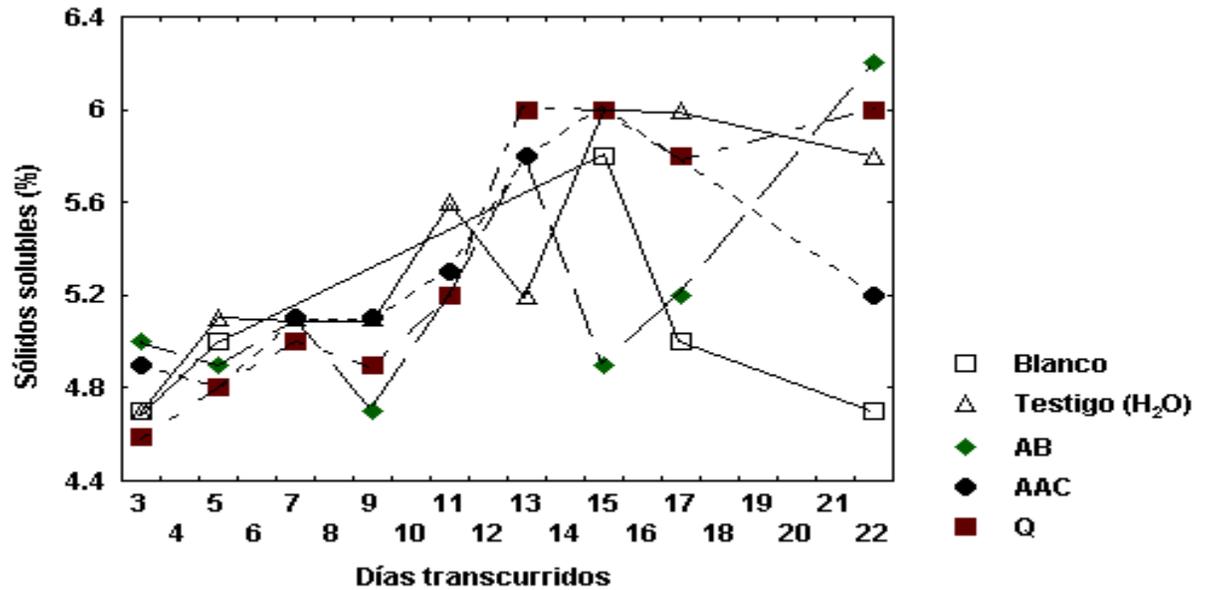


Fig. 1 Valores promedio de los tratamientos con respecto a los días en la variable sólidos solubles (°Brix) en el fruto de tomate.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la figura 1, para el % de sólidos solubles, nos muestra que los tratamientos tienen el mismo comportamiento hasta el día 9, después tienden a tener variaciones y descienden en los últimos días, aunque el blanco muestra cierto aumento, tienden a disminuir sus valores al final.

Souty y Andre (1975) mencionan que durante la maduración el aumento de dulzor es debido a la liberación de azúcares simples de almidón y de otros carbohidratos de reserva y una disminución de los ácidos orgánicos por su participación en los procesos respiratorios.

Es por esta razón el incremento del porcentaje de sólidos solubles con respecto al tiempo de almacenamiento y cuando desciende es posiblemente porque las reservas se agotan.

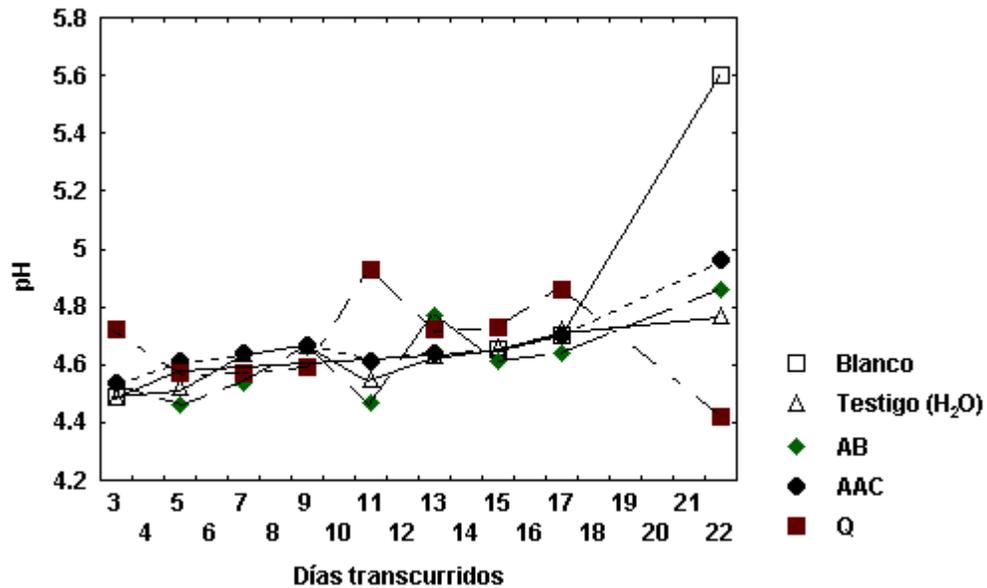


Fig.2. Valores promedio de los tratamientos con respecto a los días en cuanto a la variable pH.

En la figura 2 se presentan los resultados del comportamiento de potencial hidrogeno (pH) con respecto al tiempo de almacenamiento. Podemos observar que hasta el noveno día los diferentes tratamientos tienen un comportamiento similar en cuanto al rango de pH, que se encuentra entre 4.5 y 4.7. Después de este día se aprecian ligeras variaciones entre las que podemos destacar el comportamiento del blanco que en la etapa final del experimento presenta un súbito incremento del valor de pH y el tratamiento con quitosán muestra un comportamiento contrario disminuyendo el pH en la etapa final.

Andrich y Florentini (1986) señalan la probabilidad de que el dióxido de carbono (CO₂) tienda a inhibir la desaparición de ácidos en los frutos posiblemente este comportamiento se este llevando a cabo al aplicar el quitosán. El resto de los tratamientos tienen un ligero incremento con respecto a la fase inicial, en cuanto al blanco, el incremento del pH se puede atribuir a la utilización de los ácidos orgánicos en las diferentes rutas metabólicas para la síntesis de otros compuestos de naturaleza menos ácida.

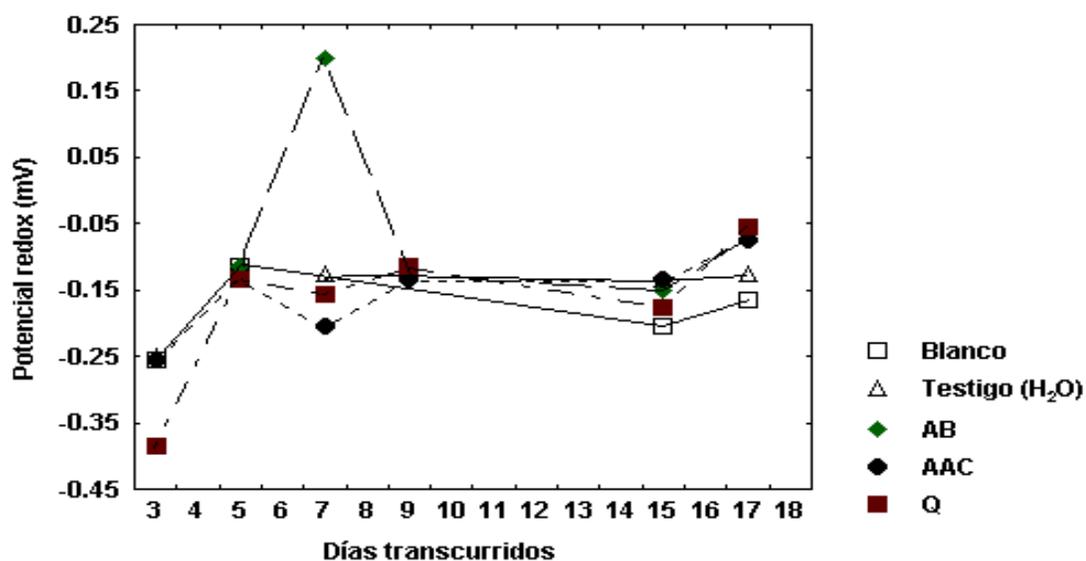


Fig. 3 Valores promedio de los tratamientos con respecto a los días sobre la variable Redox.

En la figura 3 se muestran los resultados con respecto al potencial redox se observa que los tratamientos funcionaron de forma similar con respecto al tiempo transcurrido, a excepción del tratamiento con ácido benzoico que tiene un cierto incremento entre el quinto y noveno, descendiendo en la última fase.

Mientras que en investigaciones realizadas por Benavides (2002), hace mención que las plantas se ven modificadas por sus actividades metabólicas dependiendo del estrés oxidativo alcanzado, esto ocurre por que el balance de oxidación – reducción, además de cambiar la eficiencia de muchas enzimas, también modifica el perfil de genes expresados en la planta, generando fenotipos que pueden propiciar condiciones de estrés

Normalmente un alto índice de oxidación resulta en poca producción o en poca calidad de la cosecha.

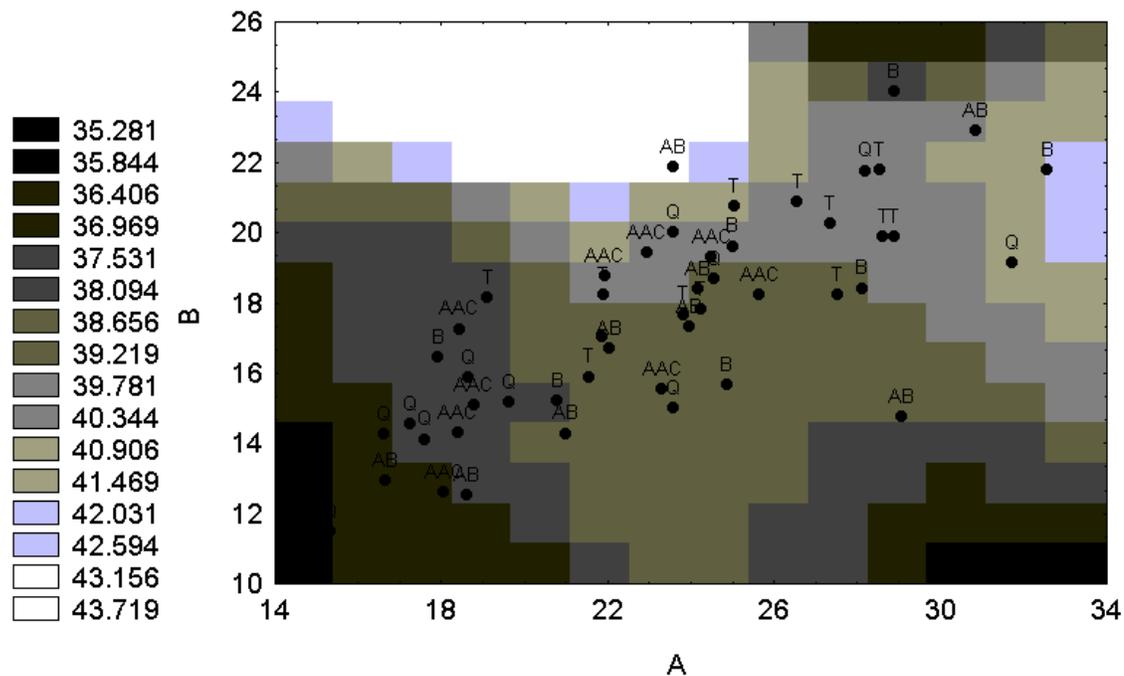


Fig. 4 Valores promedio de los tratamientos con respecto a los días sobre la variable color en fruto.

En la figura 4, se muestra la gráfica de los valores promedio con respecto a la variable color de fruto, donde podemos observar que los tratamientos con ácido benzoico y acético iniciaron con niveles bajos de color, mientras que el tratamiento con quitosán presenta valores altos en los primeros días.

Un incremento de color con respecto al tiempo transcurrido trae como consecuencia una pérdida de brillo en el fruto y una maduración excesiva haciéndolo inservible para el consumo.

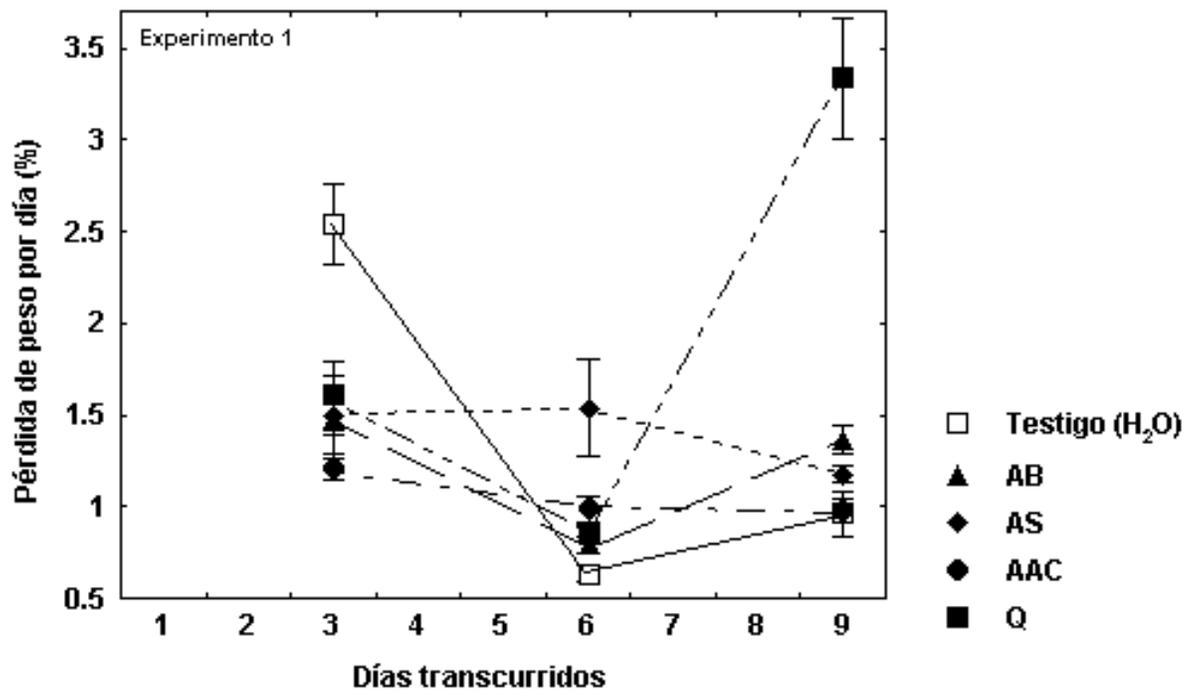


Fig. 5 Valores promedio de los tratamientos con respecto a los días sobre la variable pérdida de peso.

Los resultados obtenidos con respecto al tiempo transcurrido, los primeros tres presentan un porcentaje alto entre 1 y 1.5 g en todos los tratamientos, sin embargo en el sexto día, el tratamiento con quitosan tuvo mayor pérdida de peso con respecto al testigo.

En el noveno día el tratamiento con ácido salicílico, benzoico y acético mostraron cierto incremento pero con pérdidas no muy marcadas.

En un trabajo de investigación Simmond (1966) reporta que en el plátano la disminución de peso puede ser debida a la presencia de la corteza de celulosa y hemicelulosa que en la maduración se convierte en almidón.

Esto quiere decir que entre mayor sea la degradación de almidón en el proceso respiratorio, también será mayor la pérdida de peso.

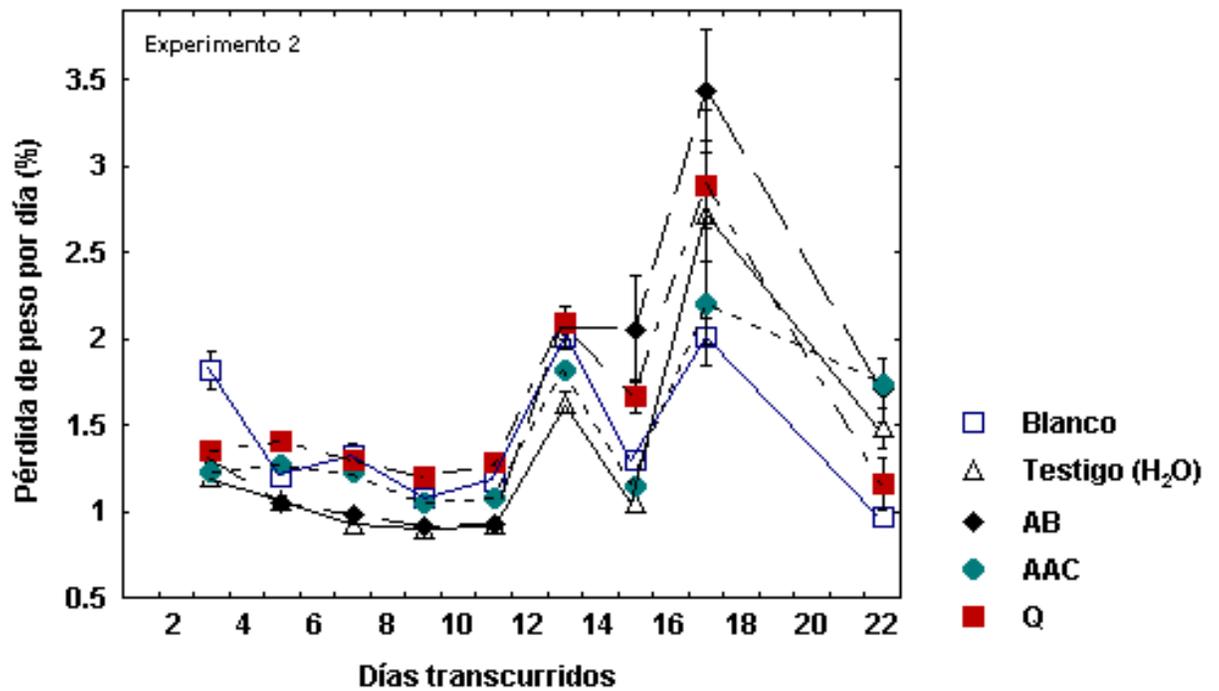


Fig. 6 Valores promedio de los tratamientos con respecto a los días sobre la variable pérdida de peso en el experimento 2.

Según la figura 6, se observa que se obtuvieron los mejores resultados con la aplicación de agua, con un comportamiento similar mostrado por el ácido acético encontrándose dentro de los valores más bajos.

Los demás tratamientos tuvieron aumento de este parámetro todos los días.

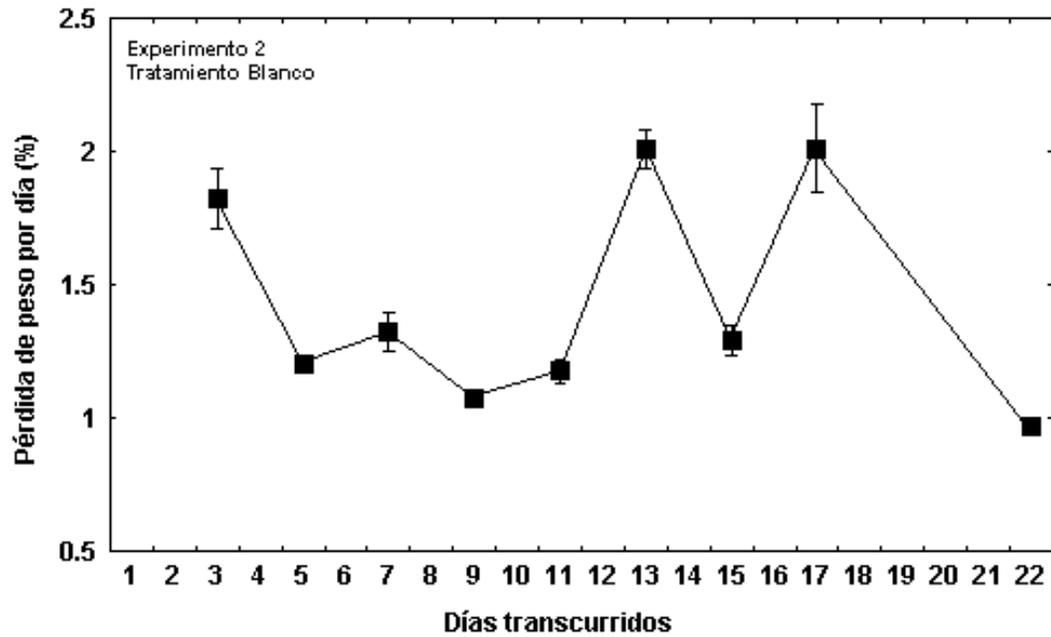


Fig. 7 Valores promedio del % de la pérdida de peso en un blanco.

En los resultados obtenidos en los valores promedio para el blanco, durante los primeros tres días se indujo la mayor pérdida de peso, declinando hasta el día 12, tendiendo a aumentar en los demás días y decreciendo en el día 22.

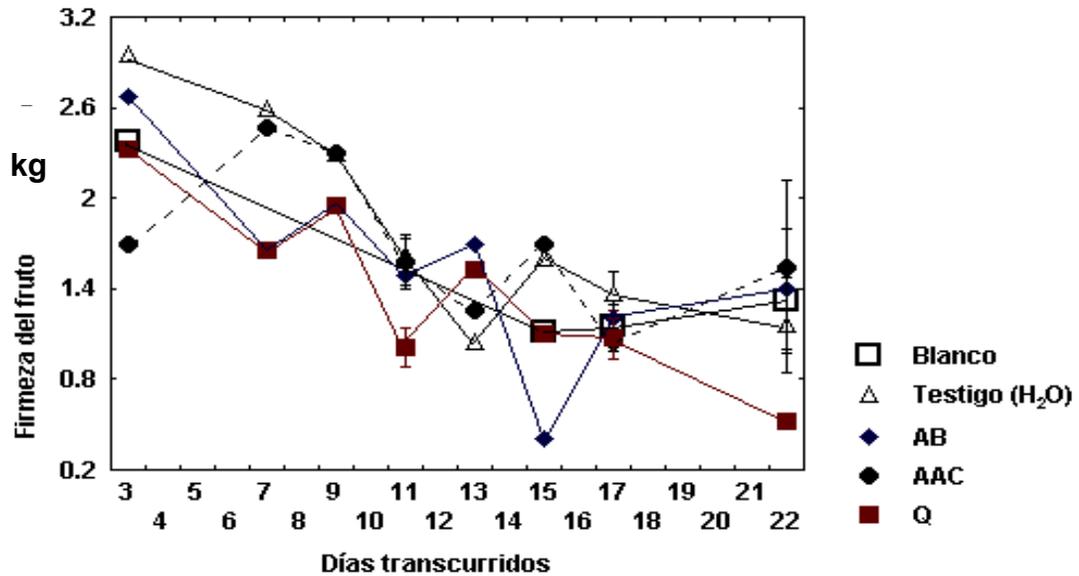


Figura 8. Valores promedio de los tratamientos con respecto a los días sobre la pérdida de firmeza.

En la figura 8, se observan los resultados de firmeza, estos muestran que el tratamiento con quitosan no modificó significativamente esta variable, es decir la fuerza que se necesita para penetrar el fruto es menor traduciéndose esto en una disminución de turgencia.

El ácido acético modificó esta variable teniendo un aumento en el transcurso de los días necesitando una mayor fuerza, sin embargo el tratamiento con agua estuvo dentro de los valores más altos, comportándose mejor que los demás tratamientos.

El testigo, el ácido benzoico y el blanco fueron disminuyendo su valor con relación al tiempo.

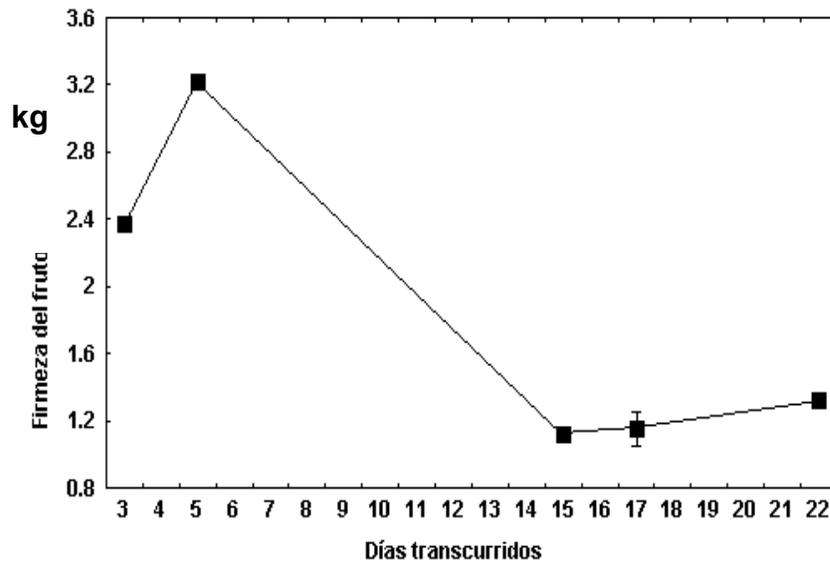


Figura 9. Valores promedio del blanco en la variable firmeza con respecto a los días.

En los resultados de firmeza para el blanco muestra un incremento de 3.2 Kg. de fuerza para penetrar y descende en los últimos días hasta 1.4 Kg. (Fig. 9) El comportamiento nos muestra la forma en que los frutos van perdiendo sus características de calidad y así mismo como modifica el estrés su fisiología.

V. CONCLUSIONES.

Al término de este trabajo pudo observarse que la aplicación de los tratamientos en el fruto de tomate ayuda a mantener su calidad y conservarlos en vida de anaquel por más tiempo.

Tomando en cuenta lo anterior se puede llegar a concluir que:

En general el tratamiento con ácido acético y el testigo (agua) supero a los demás tratamientos por que tuvieron mejor comportamiento durante el experimento. Impartiendo mejor calidad a los frutos ya que al conservar más tiempo su peso y firmeza le proporcionan a los frutos buenas características de almacenamiento y aceptación.

1.- Para la pérdida de peso en el fruto de tomate el mejor tratamiento fue el ácido acético ya que conservo esta variable por más tiempo en valores menores ya que disminuyó la concentración de azúcares y mantuvo los índices de acidez bajos.

Siendo este uno de los parámetros de calidad más importante para el consumidor, por que refleja en que condiciones se encuentra el fruto.

2.- Para la firmeza en el tomate la aplicación de agua fue la que modificó significativamente, obteniéndose la mayor consistencia, ya que a partir de la entrada de agua a través de los estomas logra mantener un buen intercambio de gases y se inhibe la solubilización de la pared celular.

3. – En cuanto a los sólidos solubles (°Brix) el tratamiento con ácido acético fue el que tuvo menor concentración de azúcares ya que este también actúa como un agente conservador en alimentos. En los demás tratamientos la degradación

de almidón durante su metabolismo fue causa de una maduración y descomposición del fruto.

4.- Para las variables Redox y pH en la aplicación de los tratamientos no hubo diferencias entre ellos, pues los niveles de acidez tienden a bajar con una concentración mayor de azúcares como consecuencia en la maduración y en el redox el fruto sufre la oxidación de sus reservas, causas que lo llevan a someterse a un estrés oxidativo.

5.- En el color con respecto a los índices de cromaticidad el tratamiento con agua fue el que detuvo por mayor tiempo su degradación, para que se llevara a cabo la síntesis de licopeno, aunque en luminosidad conforme transcurre el tiempo, el fruto va perdiendo brillo.

VI. LITERATURA CITADA.

Azcón – Bieto, J.; Tolón M. 1993. Fisiología y Bioquímica vegetal interamericana. MC. Crow – Hill. Primera edición. España.

Baron G. Claudio, Bares Carlos, Maradey Francisco 2000. Manejo postcosecha del tomate.

Beatti, B.B.; Kavanagh, E.E. ; Mc Grasson, W.B.; Adams, K.H.; Smith, E.F. ; Best, D.J. 1983. Fresh Market tomatoes. A study of consumer attitudes and quality of fruit offered for sale in Sidney 1981 – 82. Food Technol in Austral 35: 450.

Benavides M., A.2002. Ecofisiología y bioquímica del estrés de las plantas. Ed. UAAAN. Buenavista, Saltillo, México. Pp 220.

Costell, E., Duran, L. 1975: Rev. Agro Tec. Alim 13 : 154 – 159.

Dubery, I.A., L.G. Teadarozuk, A.E. Lauw. Mall. Call Biol. Ree. Commun, S (2000) 105.

Dupille, E., Sister, E.C 1994: Effect of ethylene receptor antagonist on carnations and other plant material.

FAO. 1985. Prevención de pérdidas de alimentos poscosecha: Frutas, hortalizas, raíces y tubérculos. <http://www.Fao.Org/inphvlibrary/too735/ t00735.Htm> – 23 k.

FAO. 1993. Prevención de pérdidas de alimentos poscosecha frutas, hortalizas, raíces y tubérculos N 17/2.

Gil, M.i., Hernández S., Conesa, M. A., Artés, F. Lab. Refrigeración y postrecolección. Depto. Ciencia y Tecnología de los Alimentos. CEBAS. CSIC. <http://www.larural.es/congresocch/trabajo/od74.htm>

Gutierrez – Coronado, M.A., C. Trejo – Lopez, and Larque – Saavedra. 1998. Effects of salicylic acid on the growth of roots and shoots in soybean. Plant physiol. Biochem. 36:563 – 65.

Hardenburg, R.E., Watada, A.E., Wang, C. Y. 1998. Almacenamiento comercial de frutas, legumbres y existencias de floristerías y viveros. Pp 30 –31.

Harris, W. M. Y Spurr A. R. (1969). Chromoplasts of tomato fruit II thhe red tomato. Amer. J. Bot. 56, 380.

Hatton, T. T., Reeder, W. F (1963). Effect of field and packing house handling on bruising of Florida Tomatoes. Proc. Fla. State Hort. Soc. 76: 301 –04.
Hong, J.H, D.J. Mills, C.B. Coffman, J.D. Anderson, M.J. Camp, K.C. Gross. 2000. Tomate cultivation system affect subsequent quality of fresh. Cut fruit slices. J. Amer. Soc. Hort.Sci. 125: 729 – 735.

Jones, R.A., Scott, S.J. (1983) improvement of tomato flavor by genetically increasing sugar and acid contents. Euphytica 32: 845.

Kader, A.A.; Morris, L.L.; Stevens, M.A.; Albright Holton, M. (1978b). Composition and flavor quality of fresh market tomatoes as influenced by some postharvest hadling procedures. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 103 (1): 6 – 13.

Kader, A. A. (1992). Modified atmosphere during transport and storage of fresh fruits. In Culture Natural Resources. Univ California. Oakland. California 149-157.

Kaplan L, D., J. Mayer S. Lambardi. 1989. Biodegradable Polymers for Material Appllications chitosan and pullulan Polym. Prep 30: 509.

Laencina, J.; Riquelme, F.; Ruiz, J.A; Guzmán, G. (1973). Tratamientos post – recolección en la comercialización del tomate fresco. A.T.A. 13 (4): 609 – 616.

Laencina, J., Riquelme, F.; Ruiz, J. A.; Guzman (1975). Tratamientos post – recoleccion en la comercializacion de tomates frescos.

Lee, S., H, Chol, S. Suh. IS. Doo, K. Y. Oh, Ed Chol, A.T. Sahraeder, P.S. Low, Y. Lee. Plant Phycial.121 (1999) 147.

López – Delgado, H., j. Dat, C. Foyer, and. I.M. Scott. 1998. Inductiob of thermotolerance in potato microplnats by acetylsalicylic acid and H₂O₂. J. Exp. Bot. 49: 713 – 720.

López Tejeda, R., V. Camacho Rodríguez y M. A. Gutiérrez Coronado. 1998. Aplicación de ácido Salicílico para incrementar el rendimiento agronómico en tres variedades de trigo. Terra 16: 43- 48.

Malamy, J., J. P. Carr, D.F. Klessing, and I. Raskin 1990. Salicylic acid; a likely endogenous signal in the resistance response of tobacco to viral infection. Science 250 : 1002 – 1004.

Martens, M., Baadseth, P. 1987: Sensory quality postharvest physiology of vegetables Ed. Marcel Dekker inc pp 472-484.

Martínez, C., J.C. Baccou, E. Breson, Y. Balssac, J.F. Daniel, A. Jalloul, J.L. Montilled, J.P. Gelger, K. Assigbetse and M. Nicole 2000. Salicylic acid mediated by the oxidative burst is a key molecule in local and systemic responses of cotton challenged by an avirulent race of *Xanthomonas campestris* pv. *Malvacearum* plant physiol. 122: 757 – 766.

Martinez Cortes Ricardo 2000. Utilización de ceras sobre tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) y Limón Mexicano (*Citrus aurantifolia* Swingle) en postcosecha. Ingeniero Agronomo en Horticultura. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”.

Métraux, J.P., H. Signer, J. Ryals, E. Ward, M. Wyss Benz, J. Gaudin, K. Raschdorf, E. Schmid, W. Blum, B. Inverardi 1990. Increase in salicylic acid at the onset of systemic acquired resistance in cucumber. Science 20: 1004-1006.

Morrison, W.W. 1962. Preparing fresh tomatoes for market. USDA Mktg Bull No.19.

No, H. K. And S.P, Meyers J. Preparation and characterization of chitin and chitosan a review. J. Aquation Food Product tecn. 4 (1995) 27.

Nuez, F. 1995. El cultivo de tomate. Ed. Mundi prensa, Barcelona (España).

Orozco – Cárdenas, M. And C.A. Ryan. Prop. Natl Acad Sci. Hydrogen peroxide is generated systemically in plant leaves by wounding and systemin via the octadecanoid pathway. USA 96 (1999) 85-53.

Pantastico, E.R.B., Pantastico, J.B, Cosico, U.B, Vidal, E. 1973. The epidermis of fruits.

Pantastico, E.R.B.1979. Fisiología de la Post – recolección Manejo y utilización de frutas, hortalizas tropicales y subtropicales. Segunda Edición en español. Editorial Continental S.A. México, D.F. p 25.

Pantastico, E. B., 1984. Fisiología de la Post – recolección Manejo y utilización de frutas, hortalizas tropicales y subtropicales. Segunda Edición en español. Editorial Continental S.A. México, D.F . Pp 663.

Ramos Ferres, Asela (1999). Bioquímica y Fisiología de la postcosecha. <http://www.isch.edu.cu/biblioteca/anuario1999/asela.htm>. 18/07/03

Raskin, I. 1992. Role of Salicylic acid in plants. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 43: 439 – 463.

Rathke T. D, S.M. Hundson.1994. Review of chitin and chitosan as fiber and film formers. Rev Makromol. Chem Phys. 34 c (3): 375.

Raygoza, J.M 2001. Efecto de la aplicación foliar de quitosano y ácido acético en la biomasa de lechuga (*Lactuca Sativa*). Ingeniero Agrónomo en Horticultura. Universidad Autónoma Agraria “ Antonio Narro “.

Reeve, R.M 1953 y Neufeld, C.C. 1959. Observations on the histology and texture of “Elberta” Peaches from nitrogen nutrition. Food Res 24 , 552.

Reyna Carlos E. 1998. Manejo de postcosecha y evaluación de la calidad del tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) que se comercializa en la ciudad de Neiva.

Rico, J. (1982). Estudio sectorial hortícola: Tomate, Murcia, diciembre 1982.

Romujaro, *et al* ., 1996. Nuevas tecnologías de conservación de frutas y hortalizas. Ediciones Mundi prensa Barcelona (España).

Roller, S., and N. Covill.1999. The antifungal properties of chitosan in laboratory media and apple juice Int. J. Food Microbiol. 47: 67 –77 .

Salvador, L., S.P. Miranda, N. Aragón y V. Lara. 1999. Recubrimiento de quitosán en aguacate. Rev. Soc. Quím. Méx. 43: 18 – 23.

Sacher, J.A 1967. Studies on permeability, RNA and protein turnover during ageing of fruit and leaf tissues. Symp Soc. Exp Biol 21, 269.

Saitó H, R. Tabeta. 1987. Resolution solid state ¹³ C Nmr Study of chitosan and its salts with acid: conformational characterization of polymorphs and helical structures as viewed from the conformation dependent ¹³ c chemical shifts. Macromolecules. 20: 2424.

Salvador, L., S.P. Miranda, N. Aragón y V. Lara. 1999. Recubrimiento de quitosán en aguacate. Rev. Soc. Quím. Méx. 43: 18 – 23.

Sawayang, Y., n. Nambu, T. Naga; 1982. Chem Pharm Bull 30: 2413.

Shewfelt, R.L. (1990). Quality of fruits and vegetables. Food Technology 44 : 99 – 106.

Simmond, N.W. 1966. Banana. 2^a. Ed. Long Mans grenn, Inc. NEW York Pag 22.

Sterling, C. Y Bettelhelm, F.R. 1955. Factors associated with potato textute III physical attributes and general conclusions. Food Res. 20, 130.

Suslow T and Cantwell M 2000. Recomendaciones para mantener la calidad post cosecha. Departament of vegetables crops. University of California, Davis, CA 95616.

Thompson, J.F., Mitchell, F.G.; F.G.; Rumisey, T.R.; Kaaamile, R.F. ; Crisosto, C,H, 1998. Commercial cooling of fruits, vegetables and flowers. Divis de Agricult y Recursos Nat. Universidad de California, Davis, Estado, Undos, Publication 21567, 59 p.

Trevor V. Suslow y Marita Cantwell 2002. Recomendaciones para mantener la calidad postcosecha del tomate. <http://www.Produce/producefacts/español/Tomate.Shtml> updated June 10, 2002.

Valadez López Artemio 1998. Producción de hortalizas. Editorial Limusa, S.A de C.V. México. D.F.

Villarreal, R.L. et al. 1972. Cucumber, musk melon and watermelon. Philippines Recom. Veg. 1972 – 73 en prensa.

Yahia. Elhadi M. Fisiología y Tecnología Postcosecha de productos hortícolas. Centro de investigaciones en alimentos y desarrollo. México: s.n; 1992 p 49.

Yueming Jiang (2000). Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of longan fruit. Elsevier Science Ltd. All right reserved. Vol. 73 (2) (2001) pp. 139 – 143.

ANEXO.

Cuadro 9. Análisis de Varianza para los Grados Brix del Tomate en el experimento 1 referente a los tratamientos.

| FV | GL | S.C | CM | F | Sig. |
|---------------------|-----------|------------|-----------|----------|-------------|
| Tratamientos | 4 | 1.256 | .314 | 1.428* | .289 |
| Error | 11 | 2.418 | .220 | | |
| Total | 15 | 3.674 | | | |

*Significativo al 0.05.

Cuadro 10. Análisis de Varianza para los Grados Brix del Tomate en el experimento 1 en relación con los días.

| FV | GL | S.C | CM | F | Sig. |
|--------------|-----------|------------|-----------|----------|-------------|
| Días | 3 | 1.934 | .645 | 2.933* | .081 |
| Error | 11 | 2.418 | .220 | | |
| Total | 14 | 4.352 | | | |

* Significativo al 0.05.

Cuadro 11 Análisis de Varianza para el pH del tomate con respecto a los tratamientos.

| FV | GL | SC | CM | F | Sig. |
|---------------------|-----------|-----------|-----------|----------|-------------|
| Tratamientos | 4 | 0.046 | 0.011 | .532 | .715 |
| Error | 11 | .231 | 0.020 | | |
| Total | 15 | 0.277 | | | |

* Significativo al 0.05

Cuadro 12 Análisis de Varianza para el pH del tomate en el experimento 1 en relación al tiempo.

| FV | GL | SC | CM | F | Sig. |
|--------------|-----------|-----------|-----------|----------|-------------|
| Días | 3 | .190 | 0.063 | 3.020* | .076 |
| Error | 11 | .231 | 0.020 | | |
| Total | 14 | 0.421 | | | |

* Significativo al 0.05

Cuadro 13 Análisis de Varianza para la pérdida de peso en tomate En el experimento 1 con respecto a los tratamientos.

| FV | GL | SC | CM | F | Sig. |
|---------------------|-----------|-----------|-----------|----------|-------------|
| Tratamientos | 4 | 16.89 | 4.22 | 2.35* | .055 |
| Error | 201 | 361.02 | 1.79 | | |
| Total | 205 | 377.91 | | | |

* Significativo al 0.05.

Cuadro 14 Análisis de Varianza para la pérdida de peso en tomate en relación al tiempo transcurrido.

| FV | GL | SC | CM | F | Sig. |
|--------------|-----------|-----------|-----------|----------|-------------|
| Días | 2 | 18.00 | 9.00 | 5.01** | 0.08 |
| Error | 201 | 361.0 | 1.79 | | |
| Total | 203 | 379.0 | | | |

** Altamente significativo.

Cuadro 15 Análisis de Varianza para los Grados Brix del tomate en el experimento 2 con respecto a los tratamientos.

| FV | GL | SC | CM | F | Sig. |
|---------------------|-----------|-----------|-----------|----------|-------------|
| Tratamientos | 4 | 2.422 | .606 | 1.701 | .178 |
| Error | 28 | 9.966 | .356 | | |
| Total | 32 | 12.38 | | | |

* Significativo al 0.05

Cuadro 16 Análisis de Varianza para los Grados Brix del tomate en el experimento 2 en relación al tiempo transcurrido.

| FV | GL | SC | CM | F | Sig. |
|--------------|-----------|-----------|-----------|----------|-------------|
| Días. | 8 | 5.006 | .626 | 1.758* | .129 |
| Error | 28 | 9.966 | .356 | | |
| Total | 36 | 14.972 | | | |

*Significativo al 0.05

Cuadro 17 Análisis de Varianza para el pH del tomate con respecto a los tratamientos en el experimento 2.

| FV | GL | SC | CM | F | Sig. |
|---------------------|-----------|-----------|-----------|----------|-------------|
| Tratamientos | 4 | .115 | 0.028 | .934* | .459 |
| Error | 28 | .860 | 0.030 | | |
| Total | 32 | 0.975 | | | |

*Significativo al 0.05

Cuadro 18 Análisis de Varianza para el pH del tomate en relación a los días en el experimento 2.

| FV | GL | SC | CM | F | Sig. |
|--------------|-----------|-----------|-----------|----------|-------------|
| Días. | 8 | .487 | 0.060 | 1.982* | .086 |
| Error | 28 | .860 | 0.030 | | |
| Total | 32 | 1.347 | | | |

*Significativo al 0.05

Cuadro 19 Análisis de Varianza para el Redox del tomate con respecto a los tratamientos en el experimento 2.

| FV | GL | SC | CM | F | Sig. |
|---------------------|-----------|-----------|-----------|----------|-------------|
| Tratamientos | 4 | 0.022 | 0.005 | .877* | .498 |
| Error | 17 | .108 | 0.006 | | |
| Total | 21 | 0.13 | | | |

* Significativo al 0.05

Cuadro 20 Análisis de Varianza para el Redox del tomate en relación a los días en el experimento 2.

| FV | GL | SC | CM | F | Sig. |
|--------------|-----------|-----------|-----------|----------|-------------|
| Días | 5 | .138 | 0.027 | 4.340** | .010 |
| Error | 17 | .108 | 0.006 | | |
| Total | 22 | 0.246 | | | |

** Altamente significativo.

Cuadro 21. Análisis de Varianza para color en el tomate L*, con respecto a los tratamientos en el experimento 2.

| FV | GL | SC | CM | F | Sig. |
|--------------|-----------|-----------|-----------|----------|-------------|
| TRATA | 5 | 76388.682 | 15277.73 | 5444.890 | .000 |
| Error | 45 | 126.265 | 2.806 | | |
| Total | 50 | 76514.947 | | | |

** Altamente significativo.

Cuadro 22 Análisis de Varianza para color en el tomate a* con respecto a los tratamientos en el experimento 2.

| FV | GL | SC | CM | F | Sig. |
|--------------|-----------|-----------|-----------|----------|-------------|
| TRATA | 4 | 143.81 | 35.95 | 2.084* | 0.99 |
| Error | 45 | 776.34 | 17.25 | | |
| Total | 50 | 920.15 | | | |

* Significativo al 0.05.

Cuadro 23 Análisis de Varianza para color en el tomate b* con respecto a los tratamientos en el experimento 2.

| FV | GL | SC | CM | F | Sig. |
|--------------|-----------|-----------|-----------|----------|-------------|
| TRATA | 4 | 63.82 | 15.97 | 2.04* | .105 |
| Error | 45 | 351.90 | 7.82 | | |
| Total | 50 | 415.72 | | | |

* Significativo al 0.05

Cuadro 24 Análisis de Varianza para el jugo de tomate L* con respecto a los tratamientos en el experimento 2.

| FV | GL | SC | CM | F | Sig. |
|--------------|-----------|-----------|-----------|----------|-------------|
| TRATA | 4 | 55.16 | 13.79 | 1.71* | .229 |
| Error | 9 | 72.23 | | | |
| Total | 13 | 127.39 | | | |

* Significativo al 0.05

Cuadro 25 Análisis de Varianza para el jugo de tomate a* con respecto a los tratamientos en el experimento 2.

| FV | GL | SC | CM | F | Sig. |
|--------------|-----------|-----------|-----------|----------|-------------|
| TRATA | 4 | 34.92 | 8.73 | 2.41* | .125 |
| Error | 9 | 32.53 | 3.61 | | |
| Total | 13 | 67.45 | | | |

*Significativo al 0.05

Cuadro 26 Análisis de Varianza para el jugo de tomate b* con respecto a los tratamientos en el experimento 2.

| FV | GL | SC | CM | F | Sig. |
|--------------|-----------|-----------|-----------|----------|-------------|
| TRATA | 4 | 38.97 | 9.74 | 2.61* | .106 |
| Error | 9 | 33.50 | 3.72 | | |
| Total | 13 | 72.47 | | | |

*Significativo al 0.05

Cuadro 27 Análisis de Varianza para la firmeza en el tomate Respecto a los tratamientos en el experimento 2.

| FV | GL | SC | CM | F | Sig. |
|--------------|-----------|-----------|-----------|----------|-------------|
| TRATA | 4 | 1.46 | .366 | 1.48* | .211 |
| Error | 13 0 | 32.06 | .247 | | |
| Total | 13 4 | | | | |

* Significativo al 0.05

Cuadro 28 Análisis de Varianza para la firmeza en el tomate en relación a los días en el experimento 2.

| FV | GL | SC | CM | F | Sig. |
|--------------|-----------|-----------|-----------|----------|-------------|
| Días. | 9 | 20.36 | 2.26 | 9.17** | .000 |
| Error | 13 0 | 32.06 | .247 | | |
| Total | 13 9 | | | | |

** Altamente significativo.

Cuadro 29 Análisis de Varianza para la pérdida de peso en tomate con respecto a los tratamientos en el experimento 2.

| FV | GL | SC | CM | F | Sig. |
|--------------|-----------|------------|-----------|----------|-------------|
| Días. | 4 | 5.34 | 1.33 | 1.62* | .167 |
| Error | 91 4 | 753.3 9 | .824 | | |
| Total | 91 8 | 758.7 3 | | | |

* Significativo al 0.05

Cuadro 30 Análisis de Varianza para la pérdida de peso en tomate con respecto a los días en el experimento 2.

| FV | GL | SC | CM | F | Sig. |
|--------------|-----------|------------|-----------|----------|-------------|
| Días. | 8 | 152.1 0 | 19.01 | 23.06 ** | .000 |
| Error | 91 4 | 753.3 9 | .824 | | |
| Total | 92 2 | 905.4 9 | | | |

** Altamente significativo.