

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL



Comportamiento de frutos de chile (*Capsicum annuum*) tipo jalapeño a la desinfección con diferentes sanitizantes en Poscosecha

Por

HENRY LÓPEZ LÓPEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Saltillo, Coahuila, México

Abril de 2013

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Comportamiento de frutos de chile (*Capsicum annuum*) tipo jalapeño a la
desinfección con diferentes sanitizantes en Poscosecha

Por

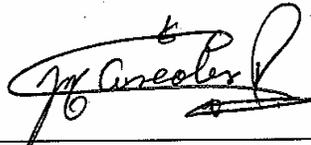
HENRY LÓPEZ LÓPEZ

Tesis

Presentada como requisito parcial para obtener el título de

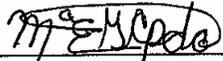
INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Aprobada



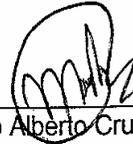
Dra. Fabiola Aureoles Rodríguez

Asesor Principal



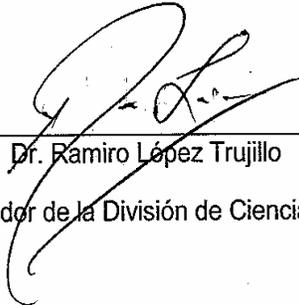
Dra. Ma. Elizabeth Galindo Cepeda

Coasesor



Dr. Mario Alberto Cruz Hernández

Coasesor



Dr. Ramiro López Trujillo

Coordinador de la División de Ciencia Animal



Saltillo, Coahuila, México

Abril de 2013

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Comportamiento de frutos de chile (*Capsicum annuum*) tipo jalapeño a la desinfección con diferentes sanitizantes en Poscosecha

Por

HENRY LÓPEZ LÓPEZ

Tesis

Presentada como requisito parcial para obtener el título de

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Participación en la ejecución técnica de este proyecto de investigación

María Guadalupe Pérez Ovalle

T.L.Q. María Guadalupe Pérez Ovalle

Saltillo, Coahuila, México

AGRADECIMIENTOS

Quiero en esta oportunidad agradecer en primer lugar a Dios todo poderoso que me ha conservado con vida, con salud, que me dio inteligencia, me ha guiado y cuidado hasta hoy. Por tener una familia a quien amar y por darme la capacidad de ser útil a mis semejantes. Te doy gracias Dios por dejarme trazar estas líneas.

A mi familia Porque gracias a su apoyo y consejos he llegado a realizar la más grande de mis metas: la cual constituye la herencia más valiosa que pudiera recibir. Hoy termina una larga jornada de sacrificios y desvelos, hoy quiero que sepan que mi principal motivación a lo largo de todo este tiempo han sido ustedes que confiaron en mí y me animaron a seguir adelante. Con cariño, admiración y respeto. ¡Gracias!.

A mis hermanos, que me apoyaron en todos estos años que pase en la UAAAN y en el transcurso de mi vida gracias.

A mis abuelitos por darme su bendición para efectuar este sueño.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por abrirme sus puertas y brindarme la oportunidad de ampliar mis conocimientos en pro de mi superación personal y profesional. Mi segunda casa mi Alma Terra Mater.

A la Dra. Fabiola Aureoles Rodríguez, quien ha sabido guiar mis pasos hacia el conocimiento y ha sembrado en mí la vocación de servir y de ser cada día mejor en todos los aspectos. Para quien la principal satisfacción ha sido verme convertido en un profesionista y apoyarme a realizar el presente trabajo con las adversidades que se presentaron.

A la Dra. Ma. Elizabeth Galindo Cepeda por el apoyo y comprensión en el laboratorio de parasitología, por sus conocimientos transmitidos, gracias.

Al Dr. Mario Alberto Cruz Hernández por su amistad y ayuda en el transcurso de mi carrera, por ser parte del jurado examinador, gracias.

A T.A. T.L.Q. María Guadalupe Pérez Ovalle (LUPITA), quien siempre me apoyo en el transcurso del trabajo de tesis, siempre tan carismática y comprensiva, gracias.

A ti Yadira por haberme llenado de dicha y amor cada día de mi vida; es por ello que al haber concluido con éxito mi carrera profesional, quiero que sepas que es para ti y que siempre estarás en mi corazón.

A mis Tíos, que Al término de esta etapa de mi vida quiero expresar un profundo agradecimiento a quienes con su ayuda, apoyo y comprensión; me alentaron a lograr esta hermosa realidad.

A mi primo Edwin Ross que siempre estuvo en las buenas y las malas, Al término de esta etapa de mi vida quiero expresar un profundo agradecimiento por su ayuda, apoyo, comprensión y sobre todo esos buenos momentos de diversión que pasamos en la Narro. Marbin y Wider mis primos que aunque se encuentran lejos conté con su apoyo echándome ánimos gracias.

Agradezco a todos mis amigos ya que No hay palabras para describir lo que una amistad representa; es la base de todo. Por su apoyo y estímulo que me brindaron desde siempre, contribuyendo enormemente en mi formación profesional. Gracias por tu amistad que conservo como el tesoro más valioso: Ale (guera), Charys, Laura, amigos de Horti: Martín, Obed, y todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron para poder terminar mi carrera. ¡Mil Gracias!

DEDICATORIA

Quiero agradecer a Dios por darme unos padres que tanto los quiero y los admiro por sus sacrificios, que ellos me dan y me dieron cuando yo más lo necesitaba desde el primer día de mi vida. Con mucho cariño, amor y respeto. Que Dios me los cuide siempre en donde quiera que ellos se encuentren.

A mis padres:

Virgilio López Hernández

Arely López Luna

*Les agradezco con amor y cariño que sin escatimar esfuerzo alguno me brindaron su apoyo, consejos y en los momentos más difíciles me alentaron a seguir adelante, anhelando que siempre me prepararán para enfrentarme a la vida. Hoy se ven **culminados nuestros esfuerzos** y mis deseos, iniciándose así una etapa en mi vida en la que siempre estarán en mi corazón sé que es la mejor herencia que me han dejado. Deseo de todo corazón que mi triunfo como hombre y profesionista lo sientan como suyo propio: ¡gracias!*

A mis hermanos:

Marleny de Lourdes López López Gilberth Fresh López López

Con cariño y gratitud eterna porque gracias a su apoyo brindado y consejos he llegado a realizar una de mis metas. Que son una base y unos pilares para mí, por todo el amor que me han dado y por sus sacrificios para que consiguiera culminar mi carrera.

A mi sobrina:

María Fernanda

Que tanto quiero y que has llevado felicidad a la familia y mi corazón.

A Ana Yadira Ballinas Hernández:

Por permitirme formar parte de tu vida, por tu interminable amor que en todo momento ha sido apoyo y fuerza, por la paciencia y ternura con que respondías en mis momentos de enojo y desesperación. Gracias amor por ser la compañera que siempre ha estado conmigo y por hacerme feliz. Por apoyarme en el trabajo de investigación para lograr culminar este sueño de ser profesionistas.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	iv
DEDICATORIAS	vi
ÍNDICE DE CUADROS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
RESUMEN	xv
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO GENERAL	3
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
HIPÓTESIS	3
REVISIÓN DE LITERATURA	4
Chile jalapeño.....	4
Importancia del chile jalapeño	5
Cosecha y manejo de poscosecha del chile jalapeño.....	7
Temperatura optima	7
Humedad relativa optima.....	8
Tasa de producción de etileno	8
Fisiopatías	8
Enfermedades	8
Consideraciones especiales.....	9
Inocuidad.....	10
Concepto de peligro en inocuidad	10
Concepto de riesgo en inocuidad	10
Buenas prácticas agrícolas (BPA).....	11
Buenas prácticas de manufactura (BPM).....	11
Trazabilidad o rastreabilidad	11
Políticas de inocuidad alimentaria en México	13
Manejo de poscosecha	15
Problemática en la poscosecha.....	16
Respiración y transpiración	17
Maduración	18

Influencia del etileno	18
Métodos de conservación de frutas y hortalizas	19
Tratamientos físicos	19
Refrigeración	20
Atmosfera controlada.....	20
Irradiación	20
Impulsos de luz.....	20
Tratamientos químicos	21
Tratamientos con fungicidas.....	21
Agentes desinfectantes	21
Desinfección.....	22
Desinfectante químico	22
Compuestos del oxígeno activo.....	23
Peróxido de hidrógeno	23
Ácido peracético (APA)	24
Compuestos amoníacos cuaternarios (Quats)	26
Full-gro (sanitizante líquido de amplio espectro).....	27
Compuestos clorados.....	28
Materia orgánica	29
Tiempo de exposición.....	30
Hipoclorito de sodio (NaClO).....	30
Exposición	32
Hipoclorito de calcio (CaCl ₂ O)	33
MATERIALES Y MÉTODOS.....	34
Ubicación del experimento	34
Material vegetativo	34
Descripción de los tratamientos	34
Metodología experimental	35
Aplicación de los tratamientos.....	35
Grado de infección en cámaras húmedas.....	36
Obtención de la carga microbiana y siembra in vitro	37
Variables evaluadas.....	37

Pérdida de peso	38
Firmeza.....	38
Color	38
Contenido de clorofila	39
Carga microbiana presente	40
Cámaras húmedas	40
Obtención de la carga microbiana y siembra in vitro	40
Vida de anaquel.....	41
Diseño experimental	41
Análisis estadístico.....	41
Modelo estadístico	41
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
Pérdida de peso	42
Firmeza	44
Contenido de clorofila	46
Clorofila total.....	46
Clorofila a.....	47
Clorofila b.....	48
Color.....	50
Luminosidad (L*)	50
Cromaticidad (C*)	51
Angulo de matiz (h*)	53
Vida de anaquel	54
Carga microbiana presente.....	56
Grado de infección en cámaras húmedas.....	56
Obtención de la carga microbiana y siembra in vitro	61
CONCLUSIONES.....	67
LITERATURA CITADA	68
APÉNDICE	76

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Consumo Nacional Aparente de chile en Toneladas.	6
Cuadro 2. Consumo per Cápita de chile en kilogramos	6
Cuadro 3. Flujo de proceso e información para frutas.	12
Cuadro 4. Ventajas y desventajas Cloro como agente desinfectante.	30
Cuadro 5. Ventajas y desventajas del hipoclorito de sodio.	32
Cuadro 6. Descripción de los tratamientos.	35
Cuadro 7. Análisis de varianza para la variable pérdida de peso en chile jalapeño en la primera evaluación durante su Poscosecha.....	76
Cuadro 8. Análisis de varianza para la variable pérdida de peso en chile jalapeño en la segunda evaluación durante su Poscosecha.	76
Cuadro 9. Análisis de varianza para la variable pérdida de peso en chile jalapeño en la tercera evaluación durante su Poscosecha.	76
Cuadro 10. Análisis de varianza para la variable firmeza en chile jalapeño en la primera evaluación durante su Poscosecha.	77
Cuadro 11. Análisis de varianza para la variable firmeza en chile jalapeño en la segunda evaluación durante su Poscosecha.	77
Cuadro 12. Análisis de varianza para la variable firmeza en chile jalapeño en la tercera evaluación durante su Poscosecha.	77
Cuadro 13. Análisis de varianza para la variable clorofila total en chile jalapeño en la primera evaluación durante su Poscosecha.	78
Cuadro 14. Análisis de varianza para la variable clorofila total en chile jalapeño en la segunda evaluación durante su Poscosecha.	78
Cuadro 15. Análisis de varianza para la variable clorofila total en chile jalapeño en la tercera evaluación durante su Poscosecha.	78
Cuadro 16 Análisis de varianza para la variable clorofila A en chile jalapeño en la primera evaluación durante su Poscosecha.	79
Cuadro 17. Análisis de varianza para la variable clorofila A en chile jalapeño en la segunda evaluación durante su Poscosecha.	79
Cuadro 18. Análisis de varianza para la variable clorofila A en chile jalapeño en la tercera evaluación durante su Poscosecha.	79

Cuadro 19. Análisis de varianza para la variable clorofila B en chile jalapeño en la primera evaluación durante su Poscosecha.	80
Cuadro 20. Análisis de varianza para la variable clorofila B en chile jalapeño en la segunda evaluación durante su Poscosecha.	80
Cuadro 21. Análisis de varianza para la variable clorofila B en chile jalapeño en la tercera evaluación durante su Poscosecha.	80
Cuadro 22. Análisis de varianza para la variable luminosidad L* en chile jalapeño en la primera evaluación durante su Poscosecha.	81
Cuadro 23. Análisis de varianza para la variable luminosidad L* en chile jalapeño en la segunda evaluación durante su Poscosecha.	81
Cuadro 24. Análisis de varianza para la variable luminosidad L* en chile jalapeño en la primera evaluación durante su Poscosecha.	81
Cuadro 25. Análisis de varianza para la variable valor C* en chile jalapeño en la primera evaluación durante su Poscosecha.	82
Cuadro 26. Análisis de varianza para la variable valor C* en chile jalapeño en la segunda evaluación durante su Poscosecha.	82
Cuadro 27. Análisis de varianza para la variable valor C* en chile jalapeño en la tercera evaluación durante su Poscosecha.	82
Cuadro 28. Análisis de varianza para la variable valor h* en chile jalapeño en la primera evaluación durante su Poscosecha.	83
Cuadro 29. Análisis de varianza para la variable valor h* en chile jalapeño en la segunda evaluación durante su Poscosecha.	83
Cuadro 30. Análisis de varianza para la variable valor h* en chile jalapeño en la tercera evaluación durante su Poscosecha.	83
Cuadro 31. Análisis de varianza para la variable por ciento de infección en chile jalapeño en la primera evaluación durante su Poscosecha.	84
Cuadro 32. Análisis de varianza para la variable por ciento de infección en chile jalapeño en la segunda evaluación durante su Poscosecha.	84
Cuadro 33. Análisis de varianza para la variable por ciento de infección en chile jalapeño en la tercera evaluación durante su Poscosecha.	84
Cuadro 34. Análisis de varianza para la variable por ciento de infección en chile jalapeño en la cuarta evaluación durante su Poscosecha.	85

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Chile jalapeño	4
Figura 2. Niveles de picor unidades Scoville en diferentes tipos de chile	5
Figura 3. Mecanismos mediante los cuales se pueden contaminar las frutas y hortalizas con microorganismos patógenos.	17
Figura 4. Formula química del ácido peracético.	24
Figura 5. Reacción química del hipoclorito de sodio en el agua.	31
Figura 6. Reacción química del hipoclorito de calcio en el agua.	33
Figura 7. Establecimiento de cámaras húmedas con cuatro frutos por tratamiento para los diferentes desinfectantes en la poscosecha del chile jalapeño.	36
Figura 8. Comportamiento de pérdida de peso en chile jalapeño por efecto de aplicación de los diferentes sanitizantes a lo largo de su periodo poscosecha.	43
Figura 9. Comportamiento de firmeza en chile jalapeño por efecto de aplicación de diferentes sanitizantes durante de su periodo poscosecha.	45
Figura 10. Comportamiento de la clorofila Total presente en los frutos de chile jalapeño por efecto de los diferentes sanitizantes a lo largo de su periodo poscosecha.	46
Figura 11. Comportamiento de la clorofila a presente en los frutos de chile jalapeño por efecto de los diferentes sanitizantes a lo largo de su periodo poscosecha.	48
Figura 12. Comportamiento de la clorofila b presente en los frutos de chile jalapeño por efecto de los diferentes sanitizantes a lo largo de su periodo poscosecha.	49
Figura 13. Comportamiento de la luminosidad de frutos de chile jalapeño por efecto de los diferentes sanitizantes a lo largo de su periodo poscosecha.	50
Figura 14. Comportamiento de la cromaticidad C* presente en los frutos de chile jalapeño por efecto de los diferentes sanitizantes a lo largo de su periodo poscosecha.	52

Figura 15. Comportamiento de la coordenada de cromaticidad h^* presente en los frutos de chile jalapeño por efecto de los diferentes sanitizantes a lo largo de su fase poscosecha.	53
Figura 16. Comparación de medias de la vida de anaquel en días por consecuencia de los diferentes sanitizantes en chile jalapeño.	55
Figura 17. Frutos de chile jalapeño. a) A los 4 días después de la cosecha y b) A los 24 días después de la cosecha.....	55
Figura 18. Comportamiento del grado de infección en chile jalapeño por efecto de los diferentes sanitizantes a lo largo de su fase poscosecha	57
Figura 19. <i>Alternaria alternata</i> presente en chile jalapeño. a) 10x y b) 40x.	58
Figura 20. <i>Fusarium solani</i> presente en chile jalapeño. a) 40x y b) 40x	59
Figura 21. <i>Rhizopus stolonifer</i> presente en chile jalapeño. a) micelio 10x, b) espora 10x, c) espora inmadura 40x y d) espora madura 40x.....	59
Figura 22. Comportamiento del crecimiento microbiano en UFC:g ⁻¹ en agar PDA y agar bacteriológico, en los diferentes sanitizantes en chile jalapeño a los 7 días después de la cosecha.....	62
Figura 23. Comportamiento del crecimiento microbiano en UFC:g ⁻¹ en agar PDA y agar bacteriológico, en los diferentes sanitizantes en chile jalapeño a los 20 días después de la cosecha.	63
Figura 24. <i>Aspergillus flavus</i> presente en chile jalapeño a 40x.....	64
Figura 25. <i>Amblyosporium spongiosum</i> presente en chile jalapeño, a) 15x y b) 40x.	65
Figura 26. <i>Rhizopus stolonifer</i> presente en chile jalapeño, a) 5x, c) 10x y d) 40x.	65
Figura 27. <i>Penicillium expansum</i> presente en chile jalapeño a 40x.....	66
Figura 28. a) Diplococos a 100x con aceite de inmersión, b) Diplobacilos esporulados y c) esporas de Diplobacilos. En chile jalapeño.	66

RESUMEN

Con el propósito de evaluar los efectos de los diferentes sanitizantes en la poscosecha de chile jalapeño se aplicaron 0.83 ml de Hipoclorito de sodio, 100 mg de Hipoclorito de calcio, 166.6 ml de Peróxido de hidrogeno, 100 ml de Acido peroxiacético y 2 ml de Full-gro. Se evaluó la pérdida de peso, firmeza, contenido de clorofila, color, vida de anaquel y carga microbiana presente.

Los resultados mostraron que para la variable pérdida de peso el mejor tratamiento a los 19 días después de la cosecha fue el de 100 ml de Acido peroxiacético, mientras el que presento mayor contenido de clorofila total, clorofila a y clorofila b fue el tratamiento con 0.83 ml de hipoclorito de sodio. Por su parte el tratamiento con 100 mg de hipoclorito de calcio fue el que mostro el valor más alto de cromaticidad (C*).

En las cámaras húmedas el tratamiento con 2 ml de Full Gro fue el más efectivo para proteger a los frutos de chile jalapeño ante el ataque de *Alternaria alternata*, *Fusarium solani* y *Rhizopus stolonifer*. En los chiles establecidos en condiciones naturales el tratamiento con 100 ml de ácido peroxiacético fue el mejor ya que no presento crecimiento de bacterias y hongos a los 20 días después de la cosecha.

Palabras clave: Chile jalapeño, sanitizantes, poscosecha.

INTRODUCCIÓN

El cultivo del chile (*Capsicum spp.*) es importante en la historia, tradición y cultura de México y es, además, un producto agrícola con alta demanda mundial, ya que se ubica entre las siete hortalizas más cultivadas del mundo, con una producción mundial estimada de 24 millones de toneladas (Pérez *et al.*, 2008).

México cuenta con la mayor variabilidad genética de *Capsicum annum var. annum* y de sus parientes silvestres *C. annum var. aviculare* y *C. annum var. glabriusculum*, representada por numerosos tipos (Serranos, Jalapeños, Pasillas, Guajillos, de Árbol, y otros.) adaptados a diferentes condiciones agroecológicas y ampliamente usados en el país. Asimismo, cuenta con otras especies importantes de chile como *C. chinense* y *C. pubescens*, mejor conocidos como chiles Habanero y Manzano, respectivamente (Vázquez *et al.*, 2010).

Durante el tiempo que transcurre entre la cosecha de frutas y hortalizas y el consumo de estas puede producirse sobre los productos la pérdida de su calidad debido a cambios físicos, químicos, enzimáticos o microbiológicos (Kyanko *et al.*, 2010).

La contaminación superficial de frutas y hortalizas varía en número y tipo, dependiendo del producto y del manejo previo y posterior a la cosecha, que dicho producto haya recibido. Muchos de estos microorganismos están asociados a partículas de tierra u otro tipo de suciedad adherida a la fruta, en cuyo caso la remoción es relativamente sencilla. Sin embargo existe flora asociada cuya remoción es difícil ya que se encuentran formando biofilms superficiales o están ocupando lugares poco accesibles como aberturas naturales o heridas.

Para asegurar la calidad e inocuidad de las frutas y hortalizas es necesario minimizar la contaminación de los productos con microorganismos patógenos que puedan afectar la salud del consumidor. A su vez, es de suma importancia, reducir al máximo el inóculo de patógenos vegetales que puedan afectar la calidad del producto durante el almacenamiento postcosecha.

Existen varios métodos para reducir la flora superficial de frutas y hortalizas, cada método tiene ventajas y desventajas dependiendo del tipo de producto y del proceso.

Cuando se evalúa la acción de un método desinfectante en general se determina la reducción de la carga microbiana alcanzada con el tratamiento (Garmendia y Méndez, 2006).

La desinfección de ningún modo garantiza la eliminación de los microorganismos, más aun, un producto ya contaminado es prácticamente imposible reducir a la mínima expresión su carga microbiológica contenida en la superficie, por lo tanto el objetivo principal de la desinfección es evitar la introducción de mas patógenos y de manera secundaria ayudar a reducir su carga contenida (CESAVEBC, 2013).

El manejo Poscosecha busca el mantenimiento de la calidad que un producto trae desde el campo, esto debido a que la calidad de un producto no se puede mejorar una vez que este ha sido cosechado, por lo tanto todas las practicas poscosecha se enfocan hacia el mantenimiento de la calidad (Meléndez y Umaña, 2005).

El tratamiento poscosecha se ha convertido en una etapa esencial de la comercialización de frutas y hortalizas en fresco. Incluye toda una serie de técnicas de limpieza, desinfección, encerado, conservación y maduración que prolongan la vida del producto y permiten su llegada al consumidor en las mejores condiciones (Coop *et al.* 2011).

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el comportamiento de frutos de chile jalapeño (*Capsicum annuum*) a la desinfección con cinco sanitizantes en poscosecha.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Encontrar un desinfectante que permita mantener la calidad y extender el mayor tiempo posible la vida de anaquel en chile jalapeño.
- Determinar el efecto ocasionado por la aplicación de los tratamientos en las variables de calidad: peso, firmeza, color y vida de anaquel.
- Determinar la carga microbiana y la efectividad de los sanitizantes para reduce la contaminación microbiológica.
- Buscar una alternativa de desinfección en poscosecha que sustituya a los compuestos a base de cloro.

HIPÓTESIS

H0 Ninguno de los tratamientos conservará la calidad y extenderán la vida de anaquel en la poscosecha de chile jalapeño (*Capsicum annuum*).

HA Al menos uno de los tratamientos con sanitizantes será efectivo para mantener la calidad, incrementar la vida de anaquel y disminuir enfermedades de la poscosecha en chile jalapeño (*Capsicum annuum*).

REVISIÓN DE LITERATURA

Chile Jalapeño

El chile jalapeño tiene su centro de origen en México. Pertenece al género *Capsicum* y la especie *annuum* es considerada como la más conocida y difundida en el mundo (García y Nava, 2009).

El chile fresco es de color verde o verde oscuro, de forma cónica alargada, a veces terminan en puntiagudo o aplanado, es carnoso con piel brillante. Mide en promedio unos 6 cm de largo y 2.5 cm de ancho. Se considera picoso o muy picoso (Figura 1).



Figura 1. Chile Jalapeño

El nombre de Chile Jalapeño es el más usado en todo el país, se le da este nombre porque se dice que antiguamente se cultivaba en Jalapa, Veracruz desde donde se comercializaba a otras partes, actualmente ya no se cultiva ahí, pero es un Chile muy famoso y utilizado en la Gastronomía Veracruzana. En la Capital también se le llama Chile Cuaresmeño porque antiguamente sólo lo

llevaban durante la época de cuaresma, era un Chile especial para rellenar con queso o con atún (INFO RURAL, 2012a).

Lo que estimula el gusto es la *capsicina*, químico cien veces más picante que la pimienta y que estimula la liberación de neurotransmisores e incentiva los puntos receptores de dolor de la lengua y el paladar. El cerebro responde con endorfinas que incrementan el metabolismo liberando más saliva y sudor. El nivel de picante puede variar de una planta a otra, debido a las condiciones medioambientales y del suelo en que se encuentra la planta (Figura 2).

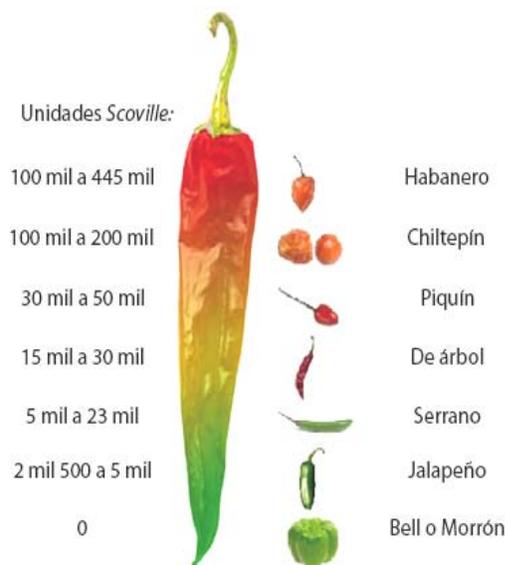


Figura 2. Niveles de picor unidades Scoville en diferentes tipos de chile (SIAP, 2010b).

Importancia económica del chile jalapeño

México reporta un área sembrada de 158,446 hectáreas de chiles, donde el tipo jalapeño ocupa el primer lugar con 34, 831 hectáreas, es decir el 22% del total. El 55% de la producción de chiles se destina al consumo en verde o fresco; 40% para la industria y el 5% restante para deshidratado o secado (García y Nava, 2009).

El SIAP en 2010 menciona que entre los años 2000 y 2009, el consumo aparente promedió un millón 584 mil toneladas; no obstante, en 2008 y 2009 se situó por debajo del promedio (Cuadro 1).

Cuadro 1. Consumo Nacional Aparente de Chile en Toneladas.

Consumo Nacional Aparente									
2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1,538,904	1,677,009	1,552,817	1,501,698	1,562,573	1,673,099	1,691,479	1,833,708	1,443,526	1,366,782

Fuente: **SIAP** con datos del Sistema de Información Comercial de México de la Secretaría de Economía.

De lo anterior se traduce que en el periodo señalado, cada mexicano consume en promedio 15 kilogramos de Chile al año (Cuadro 2).

Cuadro 2. Consumo per cápita de Chile en kilogramos

Consumo per cápita									
2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009^p
16	17	15	15	15	16	16	17	14	13

^p Preliminar.

Fuente: **SIAP** con datos del Sistema de Información Comercial de México de la Secretaría de Economía y proyecciones de la población de México 2005-2050 del CONAPO.

De acuerdo con a las cifras del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera SIAP en 2010, se sembró una superficie total de 148,758.88 hectáreas, de las cuales se obtuvieron 2, 335,560.31 toneladas de Chile verde (INFO RURAL, 2012b).

Los estados productores de Chile jalapeño son: Baja California, Baja California Sur, Campeche, Chiapas, Chihuahua, Colima, Durango, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Querétaro, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz, Yucatán y Zacatecas.

México es el primer exportador de chile verde a nivel mundial y el sexto de chile seco; nuestros principales clientes Estados Unidos, Japón, Canadá, Reino Unido y Alemania. Además de un producto con presencia mundial, éste es un cultivo originario de nuestro país (SIAP, 2010a).

Cosecha y manejo de poscosecha del chile jalapeño

El manejo poscosecha de chile jalapeño es importante debido a que las pérdidas pueden llegar a 100% del cultivo dentro de 12 a 24 horas de la cosecha por problemas de pudrición por bacteria. Con el manejo correcto y condiciones de transporte y almacenamiento adecuadas, se puede almacenar el chile jalapeño por 3 a 4 días (USAID, 2006).

Las recomendaciones para mantener la calidad poscosecha de chiles verdes son (Cantwell, 2012):

Índices de madurez

- Chiles verde-maduros; tamaño, firmeza y color del fruto
- Chiles de Color: un mínimo de 50% de coloración para que puedan completar la coloración durante el período poscosecha.

Índices de Calidad

- Forma, tamaño y color uniforme y típico del cultivar
- Firmeza
- Ausencia de defectos, tales como grietas, pudrición y quemaduras solares

Temperatura Óptima. Los chiles se deben enfriar lo más rápido posible para reducir las pérdidas de agua. Si la temperatura de conservación es superior a 7.5°C (45°F) aumenta la pérdida de agua, arrugamiento, cambio de color, y

podrición. La conservación a 7.5°C (45°F) se considera la mejor herramienta para alargar la vida postcosecha (sobre 3 a 5 semanas).

Los chiles se pueden conservar a 5°C (41°F) por 2 semanas sin síntomas visibles de daño por frío. La conservación a 5°C (41°F) reduce la pérdida de agua y la deshidratación, pero después de 2 a 3 semanas, se puede manifestar el daño por frío como un pardeamiento de las semillas como síntoma principal. Entre los síntomas de daño por frío están las depresiones de la piel (picado), pudrición, pardeamiento anormal de las semillas y de la cavidad interna y el ablandamiento excesivo. Los chiles maduros o los que han desarrollado su color son menos sensibles al daño por frío que los chiles verde-maduros.

Humedad Relativa Óptima. La humedad relativa óptima debe ser mayor a 95% dado que la firmeza de los chiles se relaciona directamente con la pérdida de agua.

Tasa de Producción de Etileno. Durante la maduración los chiles jalapeños son frutos de patrón fisiológico no-climatérico y producen niveles muy bajos de etileno: 0.1-0.2 µL/kg-h a 20-25°C (68-77°F).

Fisiopatías (Cantwell, 2012).

- *Podrición apical.* Este defecto aparece como una leve coloración atípica o como una herida más grave, oscura y hundida, en la punta apical del fruto. Se debe a insuficiencias transitorias de calcio debido al estrés de agua, y puede suceder a temperaturas altas cuando los chiles están creciendo con rapidez.
- *Daño por frío.* Entre los síntomas del daño por frío están las depresiones en la superficie de la fruta (picado), zonas acuosas, pudrición (especialmente por *Alternaria*) y pardeamiento de las semillas y de la cavidad interna.

Enfermedades

Velázquez *et al.* (2008) nos mencionan que los organismos más comunes que causan pudrición en los chiles son *Rhizopus*, *Botrytis*, *Alternaria*, pudriciones de mohos y bacterias.

- *Rhizopus stolonifer* es un hongo fitopatógeno versátil que puede crecer y desarrollarse en una amplia gama de temperaturas y humedades relativas. Su rápida velocidad de crecimiento le permite colonizar la superficie de los productos agrícolas y causar la enfermedad conocida como pudrición blanda que ocasiona importantes pérdidas económicas. Este proceso se desarrolla mediante la excreción de enzimas pépticas del hongo que degradan y disuelven las pectinas de la lámina media de las células vegetales.
- *Botrytis* o *Moho Gris* es un microorganismo de pudrición común en los chiles, se puede reducir su presencia manteniendo la higiene en el campo y evitando los daños en el manejo. *Botrytis* crece a las temperaturas de conservación recomendadas. *Botrytis* se puede controlar efectivamente, sin dañar a los frutos, mediante inmersiones de los chiles en agua caliente (55°C [130°F]) durante 4 minutos.
- *Pudrición bacteriana blanda*. Hay diversas bacterias que pueden atacar los tejidos dañados y causar zonas de pudrición blanda. Las pudriciones blandas pueden encontrarse comúnmente en chiles lavados o enfriados con agua, cuando la desinfección del agua no ha sido adecuada.

Otros defectos comunes de postcosecha. El daño mecánico es muy común en los chiles (aplastamiento, perforaciones causadas por astillas, raspaduras, etc.); el daño físico no sólo afecta a la calidad visual de los chiles sino que conlleva una mayor pérdida de peso y pudriciones.

Consideraciones Especiales. La pungencia o “picor” de los chiles picantes es debido al contenido en capsaicinoides (el principal la capsaicina) y la pungencia varía según el cultivar y las diferencias genéticas. Los factores ambientales y el

estado de madurez pueden también afectar a las concentraciones de capsaicinoides. Si los chiles son conservados en un rango de temperaturas adecuado para mantener la calidad comercial, también mantienen el contenido en capsaicina.

Para los mercados de Estados Unidos, las grietas de la superficie del fruto son consideradas como defectos. Sin embargo, en otros mercados, el “corchado” es una característica conocida de ciertos cultivares y generalmente asociado con los chiles jalapeños que son curados en escabeche (Cantwell, 2012).

Los principales problemas en poscosecha son pudriciones por *Erwinia*, daño mecánico fresco, deshidratación y maduración prematura. Todos son causados por los manejos inapropiados (USAID, 2006).

Inocuidad

Por inocuidad puede entenderse la condición de los alimentos que garantiza que no causarán daño al consumidor cuando se preparan y/o consumen de acuerdo con el uso al que se destinan. La inocuidad es uno de los cuatro grupos básicos que componen la calidad de los alimentos, comprende la identificación y determinación de los peligros asociados con el cultivo y la cosecha hasta llegar a la comercialización y el consumo (Meléndez y Umaña, 2005).

Concepto de peligro en inocuidad

Un peligro es cualquier agente biológico, químico o físico presente en un producto, o bien la condición en que éste se halla que puede causar un efecto adverso para la salud, los tipos de peligros son: biológicos, químicos y físicos.

Concepto de riesgo en inocuidad

El riesgo en inocuidad es la estimación de la probabilidad de que un agente contaminante, presente en un alimento, cause daño a la salud humana. El grado o nivel de riesgo (alto, medio, bajo) mide, con anterioridad a su

ocurrencia, la probabilidad de un resultado futuro no deseado, de acuerdo a la experiencia. El riesgo que un alimento afecte la salud variará entre una probabilidad cero (que no se presente nunca) y la probabilidad uno (que se presente siempre). En rigor la probabilidad no es ni cero ni uno, sino que se encuentra en valores intermedios. Los riesgos tan solo sugieren lo que no debería hacerse (Osuna *et al.*, 2011).

Buenas Prácticas Agrícolas (BPA)

Las BPA son un conjunto de recomendaciones establecidas para asegurar un ambiente limpio y seguro para los trabajadores, así como para minimizar el potencial de contaminación de los productos frescos. Las BPA incluyen métodos de cultivo, cosecha, selección, almacenamiento y transporte de productos agrícolas, desarrolladas y aplicadas para asegurar su buena condición sanitaria, mediante la reducción de los peligros de contaminación biológica, química y física (SAGARPA/SENASICA, 2006).

Buenas Prácticas de Manejo (BPM)

Las BPM son el conjunto de procedimientos, condiciones y controles que se aplican en las plantas de empaque, las cuales incluyen limpieza y desinfección de equipo, utensilios, instalaciones físicas y sanitarias, así como higiene y salud del personal, antes y durante dichos procesos con el objeto de disminuir los riesgos de contaminación de los productos empacados (SAGARPA/SENASICA, 2006).

Trazabilidad o rastreabilidad

La norma ISO 8402 dice que «trazabilidad es la capacidad de encontrar el proceso histórico, la utilización o la localización de un artículo o de una actividad, o de artículos o actividades semejantes, mediante identificaciones registradas (Juste y Moltó, 2013).

Juste y Moltó mencionan que esta trazabilidad aplicada a productos hortofrutícolas se puede detallar como el conjunto de procedimientos que permiten la identificación de la materia prima con la que se ha producido determinado producto y la identificación de las características relevantes del proceso productivo utilizado (Cuadro 3).

Cuadro 3. Flujo de proceso e información para frutas.

PROCESO	INFORMACIÓN	IDENTIFICACIÓN
Campo	Identificación de parcela Sistema de producción	Datos de campo
Entrada almacén	Unidad de producción Recolección (fecha) Variedad y producción Calibre y calidad	Código de entrada
Desplazamiento en almacén	Almacén, cámara de desverdización, cámara fría, etc.	Lectura de códigos de barras/cámaras
Vaciado en línea	Captura de información	Lectura de código de barras
Calibrado y selección	Seguimiento de la fruta por partidas y según velocidad	Estudio de tiempos y velocidades
Envasado	Marcado del envase final SSCC (00) clave de trazabilidad	Código de barras EAN 128
carga	Códigos seriados 00 en palés Permite reconocer el destino de las unidades del mismo lote	

La trazabilidad o rastreabilidad de los productos alimentarios, desde el punto de vista técnico es un conjunto de procedimientos preestablecidos que permite conocer el historial, la ubicación y la trayectoria de un producto o lote de productos a lo largo de la cadena agroalimentaria y en cualquier fase de la misma.

La trazabilidad o rastreabilidad permite informar en un momento de crisis, a los consumidores, a los medios de comunicación o a las agencias gubernamentales correspondientes, sobre el origen, etapas y personas que han tenido relación con un determinado producto alimenticio, lo que facilita el rastreo

y la investigación sobre fuentes de inseguridad potencial de ese producto (Infoagro, 2013).

Políticas de inocuidad alimentaria en México

México por su situación geográfica, suelos y variedad agroclimáticas tiene una posición de ventaja ante otros países como país exportador a Norteamérica de frutas y hortalizas, que son productos frescos perecederos y frágiles implicando altos costos en tecnología de enfriamiento, comunicación y transporte. Esta situación ha provocado que se prevea un mayor dinamismo en el crecimiento de las exportaciones de frutas y hortalizas al mercado estadounidense en años futuros (Osuna *et al.*, 2011).

El cuidado de la inocuidad de los alimentos, por sus implicaciones para la salud de la población, es un compromiso de los gobiernos de los países. En México la SAGARPA aplica políticas encaminadas a la inocuidad de los alimentos frescos no procesados mediante lineamientos para la reducción de la contaminación biológica, física y química en los productos agroalimentarios, compartiendo la responsabilidad con los productores. Sin embargo, estos esfuerzos no tienen un enfoque de salud pública, sino que están orientados a favorecer la comercialización de los productos mexicanos en los mercados internacionales.

Por su parte, en las entidades federativas las políticas o lineamientos orientados a la inocuidad de los alimentos se encuentran ausentes; aplicando solo aquellos que el Gobierno Federal lleva a cabo mediante la aplicación del Programa de Sanidad e Inocuidad Alimentaria (PSIA) de la Alianza para el Campo (FAO, 2005).

En México, para promover en los agricultores la adopción de las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) y de las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM)

para reducir la contaminación biológica, química y física de los productos agrícolas frescos, el Gobierno Federal ha conferido la competencia en materia de inocuidad alimentaria a la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), a partir del 10 de julio de 2001, al ser expresado en su Reglamento Interior y posteriormente en la Ley de Desarrollo Rural Sustentable. Estableciéndose de esta forma una política oficial respecto a la inocuidad agroalimentaria. En este contexto, se crea el Programa Nacional para promover, difundir y capacitar a los productores hortofrutícolas nacionales en materia de Buenas Prácticas Agrícolas y Buenas Prácticas de Manejo. Asimismo, se establecieron atribuciones específicas al Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) a través de la Dirección General de Inocuidad Agroalimentaria, Acuícola y Pesquera (DGIAAP) para el manejo de dicho Programa Nacional (SENASICA, 2013).

Existen en México alrededor de 25 normas obligatorias y voluntarias, las cuales regulan aspectos específicos para la disminución de los riesgos de contaminación química, física y biológica en la producción y manejo poscosecha de frutas y hortalizas frescas, emitidas por seis dependencias federales. Sin embargo, se ha detectado que aún y cuando existe una excesiva regulación en el tema, existen también carencias para ejercer la obligatoriedad de dichos estándares, en parte debido a la falta de personal capacitado para su correcta interpretación y de los sistemas de calidad e inocuidad correspondientes

En respuesta a la necesidad de reducir los peligros de contaminación asociados a la inocuidad de los alimentos, especialmente en las frutas y hortalizas frescas, y a fin de mejorar las oportunidades para su comercio, se está haciendo un esfuerzo mundial en todos los niveles del gobierno y en la industria agroalimentaria para desarrollar e implementar prácticas inocuas en el manejo de alimentos a lo largo de la cadena productiva. Estos esfuerzos enfatizan la aplicación de las buenas prácticas agrícolas en todas las fases de la producción, y de las buenas prácticas de manufactura o de manejo en el

empaque; así como la utilización del sistema de análisis de peligros y puntos críticos de control como herramientas para asegurar la reducción, al mínimo, de la contaminación de las frutas y hortalizas en el campo de cultivo, el empaque y el transporte (FAO, 2005).

Manejo de poscosecha

La poscosecha es entendida como todas las operaciones que se realizan después de la cosecha de un producto buscando dar valor agregado o al menos disminuir las pérdidas en los procesos de manipulación transporte y almacenamiento (Castellano *et al.*, 2005).

Las prácticas poscosecha están directamente relacionadas con el manejo y control de variables como: la temperatura y la humedad relativa, la selección y el uso de empaques, y la aplicación de tratamientos suplementarios, como fungicidas y recubrimientos (Infoagro, 2013).

El papel de la tecnología es esencial en las fases de producción, cosecha y poscosecha de un producto. La tecnología que se aplica a los procesos productivos tiene como objetivo fundamental dar lugar a un producto de una determinada calidad, y todas las acciones colaterales realizadas se limitan a conservar, mantener y realzar/maximizar los atributos de la calidad del producto.

En respuesta a la necesidad de reducir los riesgos de contaminación asociados con la producción y comercialización de las frutas y hortalizas frescas, como mecanismo para generar mayores oportunidades de mercado, se han hecho grandes esfuerzos a todos los niveles gubernamentales y de la industria alimentaria para desarrollar y aplicar prácticas seguras para el manejo de las frutas y hortalizas en toda la cadena alimentaria.

Estos esfuerzos hacen hincapié en la aplicación de buenas prácticas agrícolas (BPA) durante las fases de producción y cosecha, buenas prácticas de manufactura o de fabricación (BPM/BPF) durante la fase de adecuación de producto y en general durante el manejo poscosecha, y de los sistemas de aseguramiento de la calidad e inocuidad, como el Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (APPCC), para la prevención y control de los peligros en toda la cadena (FAO, 2004).

Problemática en la poscosecha

Todas las frutas, hortalizas y raíces son partes de plantas vivas que contienen de un 65% a un 95% de agua y cuyos procesos vitales continúan después de la recolección. Su vida después de la cosecha depende del ritmo al que consumen sus reservas almacenadas de alimentos y del ritmo de pérdida de agua. Cuando se agotan las reservas de alimentos y de agua, el producto muere y se descompone. Cualquier factor que acelere el proceso puede hacer que el producto se vuelva incomedible antes de que llegue al consumidor (FAO, 2013)

Un factor determinante para disminuir las pérdidas poscosecha de frutas y hortalizas, es el proceso de desinfección; sin embargo, en muchos casos y particularmente en las áreas rurales, esta labor presenta dificultades debido a la ausencia de fuentes de agua de buena calidad en los centros de producción y/o poscosecha (Navia y Zambrana, 2010).

El mal manejo poscosecha es un problema que afecta gravemente a la economía de los productores, los comercializadores y los consumidores. En los países desarrollados se estima que las pérdidas poscosecha de los productos hortofrutícolas alcanzan del 5 al 25 %, del volumen producido; en tanto que en los países en vías de desarrollo, éstas alcanzan del 20 al 50 %, y en algunos casos más (Polit, 2013).

Perdidas en cantidad y calidad afectan los productos hortícolas entre la cosecha y el consumo. Para reducir estas pérdidas, productores y comerciantes deben

de: 1) entender los factores ambientales y biológicos que están involucrados en el deterioro y 2) el uso de tecnologías poscosecha para retardar la senescencia y mantener el producto en su mejor calidad posible (Kader, 1992).

Toda materia viva está expuesta a ataques de parásitos. El producto fresco puede quedar infectado, antes o después de la cosecha, por enfermedades difundidas por el aire, el suelo y el agua. Algunas enfermedades pueden atravesar la piel intacta del producto, mientras que otras sólo pueden producir infecciones cuando ya existe una lesión. Ese tipo de daños es probablemente la causa principal de pérdidas del producto fresco (FAO, 2013).

Existen muchos factores que contribuyen a la contaminación de frutas y hortalizas por microorganismos causantes de enfermedades en los humanos como se muestra en la Figura. Algunos de los factores que pueden considerarse de riesgo en la calidad microbiológica de los productos frescos son: el uso de agua de riego contaminada con heces fecales tanto de humanos como animales; uso de estiércol y materia orgánica no tratada adecuadamente; prácticas deficientes de desinfección; condiciones inapropiadas durante la cosecha y empaque; higiene deficiente de los trabajadores y el mal manejo durante el almacenamiento y transporte (Osuna *et al.*, 2011) (Figura 3).

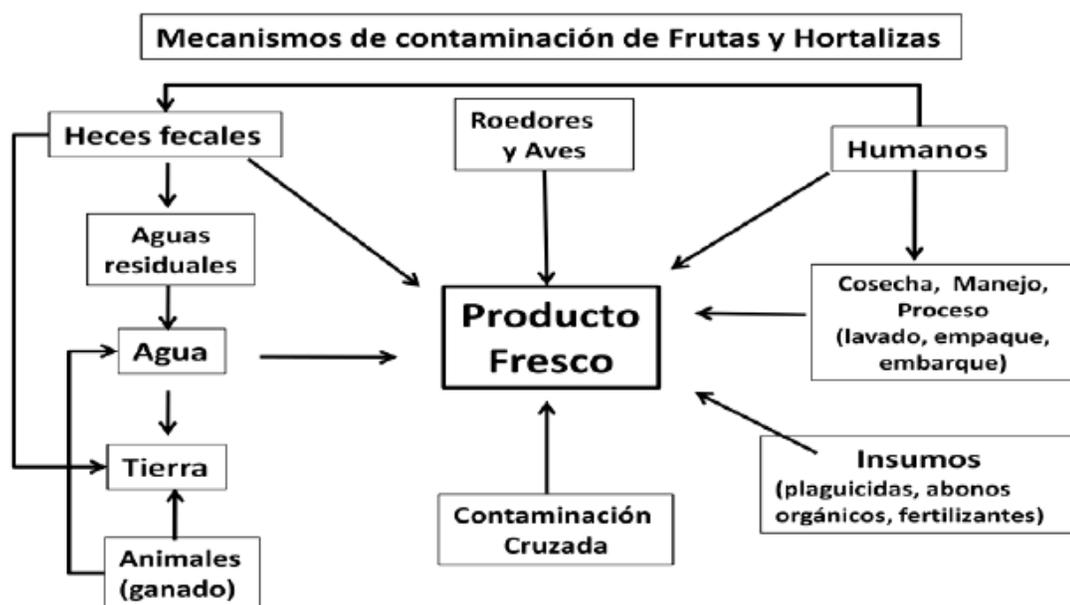


Figura 3. Mecanismos mediante los cuales se pueden contaminar las frutas y hortalizas con microorganismos patógenos (Osuna *et al.*, 2011).

Respiración y transpiración. La respiración es un proceso básico que se produce tanto en el campo como después de la cosecha, implica mecanismos complejos que permiten tener la energía necesaria para mantener los procesos vitales.

Los productos frescos no pueden seguir reponiendo los nutrientes ni el agua una vez que han sido cosechados, por lo que la respiración utiliza el almidón o el azúcar almacenados para obtener la energía necesaria y continuar con los procesos fisiológicos, en el proceso de respiración se libera CO_2 H_2O y parte de la energía producida (calor de respiración) la respiración se detiene cuando se agotan las reservas de esas sustancias; es entonces en este momento que se inicia el proceso de senescencia que conduce a la muerte de producto. La mayoría de los productos frescos contienen, en el momento de la cosecha alrededor de 65% a 95% de agua.

Los productos frescos siguen perdiendo agua después de la cosecha, pero, a diferencia de las plantas en crecimientos, ya no pueden reponer el agua por lo que tienen que recurrir al contenido de agua existente en el momento de la recolección. Por lo tanto es importante tener en cuenta que para prolongar la vida útil de un producto, el nivel de pérdida de agua debe ser lo más bajo posible, ya que la pérdida de agua implica pérdida de peso la cual puede suponer importantes pérdidas económicas, así como alteraciones importantes en los atributos de calidad (textura, color, etc.) (Meléndez y Umaña, 2005).

Maduración. Después del crecimiento de los frutos ocurre el proceso de maduración el cual se caracteriza por una secuencia de cambios físicos, químicos, bioquímicos y metabólicos que permiten al fruto alcanzar los atributos sensoriales característicos a la especie y lo vuelven atractivo para su consumo. Una vez concluido el proceso de maduración inicia la etapa de senescencia o envejecimiento la cual acaba con la descomposición y pérdida total del fruto.

Existen dos tipos característicos de maduración que corresponden a formas de respiración distintas y en base a estas formas los frutos se pueden dividir en frutos climatéricos y no climatéricos.

Influencia del etileno. El etileno que se produce en la mayor parte de los tejidos vegetales, constituye un importante factor desencadenante del proceso de maduración de los frutos. El etileno puede utilizarse comercialmente para la maduración artificial de los frutos climatéricos, lo que permite la cosecha de frutos verdes (aunque fisiológicamente maduros). La producción natural de etileno por los frutos puede causar problemas en instalaciones de almacenamiento.

El etileno actúa sobre la enzima clorofilasa, de manera que contribuye a la degradación del color verde de la planta, esto toma especial importancia en algunas hortalizas verdes. La producción de etileno aumenta cuando los frutos sufren daños o son atacados por patógenos, estas condiciones pueden provocar que se desencadene la maduración prematura de frutos climatéricos durante el transporte.

El etileno es utilizado comercialmente para eliminar el color verde de frutos no climatéricos, como es el caso de cítricos, los cuales en la mayoría de los casos, únicamente adquieren su color definitivo si se tratan con etileno, existen algunos mercados en los cuales se aceptan frutos no climatéricos madurados aunque su color externo sea verde, ya que como se menciono anteriormente la aplicación de este se realiza con fines estéticos, es decir para lograr una mejor apariencia del producto (Calvo, 2005).

Métodos de conservación de frutas y hortalizas

Tratamientos físicos

El empleo de temperaturas bajas o refrigeración es el tratamiento físico más generalizado para disminuir el desarrollo de las pudriciones en poscosecha. También se incluyen dentro de este tipo de tratamiento el empleo de agua

caliente, con el que se logra afectar las estructuras de patógenos tanto superficiales como las que han logrado penetrar la cáscara. El agua caliente no es un tratamiento que se puede aplicar a todos los productos agrícolas, sino que es recomendable para algunos de ellos y para que no afecte al fruto pero si al patógeno, se deben de emplear las temperaturas específicas para cada variedad de producto y patógeno (Meléndez y Umaña, 2005).

Refrigeración. La refrigeración es la técnica comercial más adecuada con que cuenta en la actualidad para prolongar la vida de las frutas y hortalizas después de la cosecha. La refrigeración del almacén tiene como objetivo eliminar el calor generado por la respiración de los productos almacenados y mantener una buena circulación del aire mediante la instalación de ventiladores, así como, eliminar el calor que penetre en el local a través de sus paredes.

Atmosfera Controlada. Es una técnica frigorífica de conservación en la que se interviene modificando la composición gaseosa de la atmósfera en una cámara en frigoconservación, en la que se realiza un control de regulación de las variables físicas del ambiente (temperatura, humedad y circulación del aire). Se entiende como atmósfera controlada (AC) la conservación de un producto hortofrutícola, generalmente, en una atmósfera empobrecida en oxígeno (O₂) y enriquecida en carbónico (CO₂). En este caso, la composición del aire se ajusta de forma precisa a los requerimientos del producto envasado, manteniéndose constante durante todo el proceso (López, 2007).

Irradiación. Puede aplicarse un tratamiento con radiación ionizante a dosis de hasta 1 kGy a las frutas y hortalizas frescas. La irradiación se aplica normalmente para inhibir los patógenos de poscosecha y para proteger la calidad del producto. La irradiación puede ser eficaz para eliminar microorganismos patogénicos de las superficies de los productos. Una dosis de irradiación de 1 kGy ha demostrado su eficacia en la destrucción de *Listeria monocytogenes* en pimientos cortados. Por desgracia, son necesarias dosis muchos mayores que 1 kGy para destruir esporas, virus, levaduras y mohos.

Estas dosis elevadas pueden provocar ablandamiento y el desarrollo de sabores extraños en los productos frescos.

Impulsos de luz. Los tratamientos por impulsos de luz (es decir, una combinación de un 25% de luz ultravioleta, un 45% de luz visible y un 30% de luz de infrarroja) son eficaces cuando la luz puede penetrar en las superficies de los alimentos o en medios transparentes como jugos claros. Para algunas frutas y hortalizas frescas se ha observado una ampliación de la vida útil de almacenamiento después del tratamiento con impulsos de luz, sin embargo, la eficacia del tratamiento es limitada en productos con superficies opacas y / o irregulares (UM FDA, 2002).

Tratamientos químicos

La tendencia actual es a utilizar el mínimo de tratamientos químicos en poscosecha. Si por el tipo de cultivo, solicitud del cliente, plagas y riesgo es obligado el empleo de una sustancia o tratamiento para asegurar el mantenimiento de una buena calidad del producto.

Tratamientos con fungicidas. Para la aplicación en poscosecha de fungicidas se deben considerar únicamente a aquellos autorizados y se deben aplicar en las condiciones en las que fueron homologados (dosis, métodos de aplicación) y debe de responder al tratamiento propio de comercialización para cada producto. Existen pocas posibilidades de transformación de los plaguicidas antes de que lleguen al consumidor final y pocas probabilidades de descomposición o lavado, por lo que las dosis que se deben aplicar deben de ser muy exactas para que al final el producto agrícola llegue con los límites de residuos permitidos por los mercados (Meléndez y Umaña, 2005).

Agentes desinfectantes. La desinfección, higienización o sanitización consiste en la reducción de los microorganismos presentes en el medio ambiente, por medio de agentes químicos y/o físicos, hasta un nivel en que no se comprometa la inocuidad del alimento. El agua es el principal agente de limpieza que se

utiliza, pero se debe tener especial cuidado que no esté contaminada y las temperaturas en que se utiliza, ya que pueden propiciar condiciones para el desarrollo de los microorganismos (Osuna *et al.*, 2011).

Los agentes desinfectantes son sustancias químicas que pueden destruir o reducir substancialmente las cantidades de microorganismos presentes en el agua de lavado y enfriamiento, reduciendo así la contaminación cruzada. También pueden reducir pero no eliminar los patógenos en la superficie del producto. Los agentes desinfectantes y sustancias químicas no son eficaces si los patógenos se han introducido en el producto (UM FDA, 2002).

Desinfección

Reducción, por medio de agentes químicos y/o métodos físicos, de una cantidad de microorganismos en el medio ambiente, a un nivel que no comprometa la inocuidad ni la calidad de los alimentos.

También Meléndez y Umaña 2005 nos mencionan que la desinfección es el proceso mediante el cual al aplicar una sustancia al agua que entra en contacto con la superficie del producto agrícola, se puede lograr una disminución en las poblaciones de microorganismos que pueden causar enfermedades en las personas reduciendo también el número de otros microorganismos, como por ejemplo, los que pueden causar pudriciones, bajando de esta forma la probabilidad de transmisión de estos organismos por medio de las aguas de lavado a heridas o cortes, o la transmisión de estos organismos a partir de un producto infestado a la superficie no infestado de otro, o de un lote de producto a otro durante su manejo poscosecha.

Desinfectante químico. Agente químico que se aplica a materiales no vivos para eliminar microorganismos. El desinfectante ideal debe destruir rápidamente bacterias, hongos, virus y protozoos, no debe corroer el material sobre el que se aplica ni provocar decoloraciones. Tanto los desinfectantes como los antisépticos son germicidas (Betelgeux, 2013).

Existen muchas sustancias desinfectantes como el alcohol, el agua oxigenada, las formalinas, el amonio cuaternario, los fenoles, el cloro, los iodóforos y los glutaraldehídos. Cada uno tiene diferentes niveles de desinfección, corrosividad, efecto residual, se inactivan por microorganismos, irritabilidad y toxicidad; por lo que es importante valorar la efectividad del desinfectante con respecto al principal problema que se quiere reducir al nivel de inocuidad (Osuna *et al.* 2011).

Compuestos del oxígeno activo

Peróxido de hidrógeno. Es un fuerte oxidante. Los productos de reacción con materia orgánica son oxígeno y agua, los cuales son totalmente inocuos. Su actividad antimicrobiana está basada en su poder oxidante. De esta forma reacciona con grupos sulfhidrilo y dobles enlaces en proteínas, lípidos y afectando por lo tanto la membrana citoplasmática. Puede además inducir la formación de radicales libres que actúan contra ADN, lípidos de membrana y otros componentes celulares esenciales (Block, 1991).

La descomposición del peróxido en productos inocuos para el medio ambiente y las personas es una de las ventajas de la utilización de este producto con respecto al hipoclorito sódico o lejía comercial, el cual genera vapores de cloro y trihalometanos (estos últimos considerados agentes cancerígenos). Por ello, se considera un producto adecuado e idóneo para garantizar la higiene y desinfección de frutas y hortalizas en los procesos de lavado de las centrales hortofrutícolas, eliminando o destruyendo los microorganismos, presente en las superficies (CEBE Agricultura, 2011).

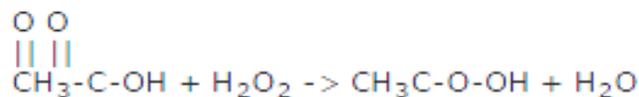
El uso de peróxido de hidrógeno como agente desinfectante está limitado a algunas frutas y hortalizas. No es aconsejable su uso sobre fresas y frambuesas, debido al blanqueamiento de pigmentos. También produce efectos negativos en hongos comestibles debido a que la oxidación de compuestos fenólicos ocasiona pérdida de color (Sapers, 2001).

Existen trabajos demostrando su acción antimicrobiana sobre frutas y hortalizas. Ukuku (2004) demostró que el tratamiento de melones contaminados artificialmente, con solución de peróxido de hidrogeno al 5 % durante 2 minutos causaba una reducción de 3 ordenes en la carga de *salmonella sp.* Los trabajos de Sapers 2001 demostraron que soluciones de peróxidos de hidrogeno al 1% eran capaces de reducir la población de *E. coli* en la superficie de manzanas inoculadas igual o mejor que 200 ppm de hipoclorito, llegando a una reducción de hasta 3 ordenes.

El ácido peracético (APA)

Es considerado un peróxido orgánico que contiene al menos un par de átomos de oxígeno unidos por un enlace covalente sencillo (King, 2001).

El ácido peracético (C₂H₄O₃) es una mezcla de ácido acético (CH₃COOH) y peróxido de hidrogeno (H₂O₂) en soluciones acuosas. Es un líquido brillante, sin color con olor punzante característico y un PH de valor 2.8. Como se muestra en la Figura 4 el ácido peracético se produce mediante la reacción de peróxido de hidrogeno con ácido acético (Lenntech, 2013a).



Acido acético + peroxido de hidrogeno -> acido paracético

Figura 4. Formula química del ácido peracético.

La solución de APA es producida en la reacción de ácido acético o anhídrido acético con peróxido de hidrógeno en presencia de ácido sulfúrico que actúa como catalizador. El APA es un agente sanitizante que no reacciona con las proteínas para producir compuestos tóxicos o carcinogénicos y los únicos productos de su descomposición reportados, han sido ácido acético y oxígeno.

El APA tiene buenas propiedades antimicrobianas a bajas temperaturas en el rango de pH de 3 a 7.5 (Van de Velde *et al.*, 2010).

El ácido peracético también se puede producir mediante la oxidación de acetaldehído. Normalmente se produce en concentración de entre 5 a 15% (Lenntech, 2013b).

Es un fuerte agente oxidante, comercialmente se consigue como una mezcla de ácido peracético y peróxido de hidrógeno. Los productos de reacción con materia orgánica son ácido acético y oxígeno, los cuales no son tóxicos (Garmendia y Méndez, 2006).

Este actúa de una manera similar a la de los clorógenos, es decir, con un amplio poder oxidante, pero, a diferencia de los primeros, su acción es mucho menos corrosiva, posee un mayor espectro de acción y es efectivo en presencia de materia orgánica y de aguas duras. Asimismo, el ácido peracético no afecta al medio ambiente y se descompone en poco tiempo dejando como residuo agua, oxígeno y ácido acético. Además, por requerir bajas concentraciones su costo es moderado. El APA no mancha y si se almacena concentrado resulta estable durante largo tiempo (Kyanko *et al.*, 2010).

Su actividad se mantiene en un amplio rango de pH, disminuyendo en forma importante por encima de pH 9, su acción antimicrobiana se basa en su capacidad oxidante. Se plantea que los grupos sulfhidrilo en proteínas, enzimas y otros metabolitos son oxidados. De esta forma se pierde la funcionalidad de muchas de estas macromoléculas, lo cual trae como consecuencia la ruptura celular por pérdida de funcionalidad de la membrana citoplasmática (Garmendia y Méndez, 2006).

King en 2001 menciona que el ácido peracético también altera la pared celular bacteriana, que conduce a la alteración de la función quimiosmótica de la membrana celular y la oxidación de las enzimas que conducen a un deterioro de las vías bioquímicas celulares. La destrucción de la célula microbiana por el

ácido peracético se agrupan en tres mecanismos diferentes: (1) la desnaturalización de las proteínas celulares y la interrupción del transporte de células, (2) inactivación de las enzimas necesarias para el metabolismo celular, y (3) la interrupción de las membranas celulares y su permeabilidad.

La FDA (Food and Drug Administration) en 2001 aprueba su uso para desinfección directa de frutas y hortalizas. La concentración recomendada es de 40-80 ppm.

Rodgers *et al.* (2004) determinaron la eficiencia *in vitro* de ácido peracético 80 ppm sobre *Escherichia coli* O157:H7 y *Listeria monocytogenes*. En las condiciones del ensayo ambos patógenos fueron disminuidos en aproximadamente 5 ordenes, en 70 a 75 segundos su uso como desinfectante de frutas y hortalizas esta documentados en varios trabajos.

Compuestos amónicos cuaternarios (Quats)

Son surfactantes catiónicos utilizados para la desinfección de paredes, suelos, equipos y superficies en contacto con los alimentos en las plantas de procesamiento de frutas y hortalizas. En el caso de alimentos la FDA no aprueba su uso, a menos que el producto sea pelado antes de su consumo (FDA, 2001).

Compuestos de amonio cuaternario son un grupo de sustancias químicas consideradas de superficie activa cationes. La estructura química básica del catión se compone de una molécula de nitrógeno con cuatro unidos covalentemente grupos alquilo de diversos tamaños y estructuras. El anión es generalmente de cloruro o bromuro. Estos compuestos se dividen en ocho clasificaciones basadas en la estructura de los grupos alquilo. Compuestos de amonio cuaternario se unen irreversiblemente a los fosfolípidos cargados negativamente y proteínas de las membranas celulares de los microorganismos, impidiendo permeabilidad de la membrana.

La presencia de lipopolisacáridos y lípidos en las membranas celulares son fundamentales para la penetración de moléculas hidrófobas, tales como compuestos cuaternarios de amonio. Agregados iónicos forman en la superficie celular después de la unión causando cambios en la tensión superficial, conductividad y solubilidad. Los Quats más eficaces son aquellos compuestos que contienen grupos alquilo en el intervalo de C₁₂ a C₁₆, con actividad máxima en C₁₄. Debido a que los Quats reaccionan con los lípidos y lipopolisacáridos, la presencia de altas cantidades de lípidos en material inorgánico puede inactivar a los Quats (King, 2001).

Presentan algunas ventajas sobre otros desinfectantes, ya que no son corrosivos y son estables a altas temperaturas. Sin embargo su espectro de acción antimicrobiana es menor que la de los sanitizantes clorados. Son muy eficaces frente hongos, levaduras y bacterias Gram positivas como *L. monocytogenes*, mientras que su acción es menor frente a bacterias Gram negativos como *Coliformes* o *salmonella spp.* Sin embargo, debe tenerse en cuenta que la actividad antimicrobiana varía según el amonio cuaternario utilizado (Marriott, 1999).

Algunos factores ambientales afectan a la actividad bactericida de los compuestos de amonio cuaternario. Un factor significativo es el efecto de la temperatura. Las temperaturas más altas aumentan la actividad de los Quats, y este efecto parece ser más pronunciado para los Quats de otros desinfectantes tradicionales, tales como hipocloritos y yodóforos (Cords y Dychdala, 1993).

El modo de acción antimicrobiana se puede resumir en una adsorción del compuesto a la superficie microbiana, una posterior difusión al interior de la célula, unión a la membrana citoplasmática y ruptura de la misma con liberación de contenido citoplasmático (Garmendia y Méndez, 2006).

Debido a su actividad surfactante, tienen buena capacidad penetrante y pueden formar films antimicrobianos sobre la superficie del producto. No se

descompone en su acción frente a microorganismos, dejando residuos sobre el producto aplicado (Parish *et al.*, 2003).

Son relativamente estables en presencia de materia orgánica. El rango de pH óptimo para acción antimicrobiana, es de 6 a 10, no son compatibles con detergentes aniónicos (Garmendia y Méndez, 2006).

Full-Gro (sanitizante líquido de amplio espectro). Es un complejo bacteriostático, el cual es un poderoso aliado para el desarrollo de frutos de gran valor y gran calidad, mejorando además su vida de anaquel. Es un desinfectante y sanitizante, germicida de amplio espectro. Se puede utilizar como preventivo dentro de cualquier aplicación foliar.

Es una combinación de sales cuaternarias de amonio de segunda y cuarta generación de doble cadena que potencializan su actividad bactericida, viricida, fungicida, alguicida, nematocida y sanitizante. Estos compuestos son generalmente los más eficaces contra bacterias en gamas alcalinas de pH. Se cargan y enlazan positivamente a los sitios negativamente cargados en la pared bacteriana de la célula. Estos enlaces electrostáticos causarán en las bacterias tensiones en la pared de la célula y daño al flujo normal de compuestos que sostienen la vida a través de la pared de la célula, paralizándolas y disminuyendo su permeabilidad. Es biodegradable en un periodo no mayor a 3 semanas, por lo que no causa daños a los seres vivos ni a la naturaleza. No es corrosivo de metales, actúa dentro de un rango de soluciones que tengan un pH entre 3 y 11, y puede aplicarse en períodos de 15 y 21 días en los cultivos manejando dosis preventivas (dosis baja).

Favorece los procesos enzimáticos de la planta a través de mejorar la resistencia a las enfermedades, prolonga la vida en anaquel del fruto, así como su resistencia al manejo y transporte post-cosecha. Puede combinarse con la mayoría de los agroquímicos, para potencializar sus resultados.

Se recomienda para lavado de frutas post-cosecha de 1 a 3.5 ml · L⁻¹ de agua y lavado de legumbres post-cosecha de 0.75 a 1.5 ml · L⁻¹ de agua (Agroscience, 2013).

Compuestos clorados

En la actualidad, la cloración es una de las opciones de la química pocas disponibles para ayudar a controlar las enfermedades de postcosecha. Cuando se utiliza en conexión con otras prácticas adecuadas de manejo postcosecha, la cloración es eficaz y relativamente barato. Se plantea poca amenaza para la salud o el medio ambiente. Esta publicación ha sido elaborada para dar a conocer los productores, empacadores y transportistas con el uso adecuado de cloración (Bae, 2013).

El cloro es el desinfectante más utilizado en la industria alimentaria. Debido a su bajo costo, se ha utilizado ampliamente para desinfección de superficies en contacto con alimentos y también para reducir la carga microbiana del agua utilizada en diferentes operaciones. En general se utilizan soluciones acuosas de hipocloritos o de cloro gas. Cuando el cloro se disuelve en agua se forma ácido hipocloroso y ácido clorhídrico estableciéndose un equilibrio entre las distintas sustancias (Garmendia y Méndez, 2006).

El cloro en su forma elemental es un gas amarillo-verdoso formado por moléculas diatómicas, Cl₂, unas 2.5 veces más pesado que el aire, de olor desagradable y venenoso. Sin embargo la industria química lo ofrece combinado con otros elementos y en una amplia variedad de presentaciones gracias a su facilidad para combinarse con casi todo los elementos (CESAVEBC, 2013).

El cloro libre es muy reactivo, que combina con cualquier producto químico que va a reaccionar con el oxígeno, y nunca se encuentra en la naturaleza sin combinar. El cloro en forma gaseosa es un desinfectante muy potente, aunque rara vez se usa en esa forma. Es mucho más seguro y más fácil de usar cuando

se disuelve en agua. Desinfección de productos por medio de cloro o algún otro producto químico casi siempre se realiza durante hidrogenfrío o durante el proceso de lavado de los productos para eliminar la suciedad. El Cloro para la desinfección se puede obtener de una de tres fuentes: de gas cloro a presión, hipoclorito de calcio (un sólido soluble), o una solución de hipoclorito de sodio.

Materia orgánica. Cloro tiene una afinidad particular por las partículas del suelo y la materia orgánica. Cloración productos sucio por lo tanto reduce el suministro de cloro mucho más rápido que los productos relativamente limpio. La cantidad de cloro disminuye constantemente con reacciones de cloración. El más materia orgánica (como la fruta, las hojas, o el suelo) en el tanque, el cloro más se perderá. Como resultado, el nivel de cloro debe ser controlado y regulado por hora, especialmente cuando las cargas grandes de producto se están procesando.

Tiempo de exposición. La efectividad de la cloración depende en gran medida de la longitud de tiempo que se expone el producto a la solución de cloro. Caídas rápidas son mucho menos eficaces que exposiciones más largas. Sin embargo, la mayor parte de la acción desinfectante del cloro se lleva a cabo dentro de los primeros minutos de exposición. La exposición prolongada a las soluciones de cloro fuertes ha sido conocido por causar superficie de blanqueo (Bae, 2013). El Cuadro 4 muestra las ventajas y desventajas del cloro como agente desinfectante.

Cuadro 4. Ventajas y desventajas Cloro como agente desinfectante.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
• Relativamente barato	• Inestable durante el almacenamiento
• Acción rápida	• Afectado por el contenido de materia orgánica (pérdida del efecto germicida)
• Amplia acción contra muchos microorganismos	• Los virus tienden a ser resistentes
• Incoloro	• Corrosivo

• Fácil preparación y uso	• La eficacia desciende cuando aumenta el pH de la solución
• Fácil determinar la concentración	• Tóxico a altos niveles

FUENTE. UM FDA 2002

Hipoclorito de sodio (NaClO). Es un compuesto que puede ser utilizado para desinfección del agua. Se usa a gran escala para la purificación de superficies, blanqueamiento, eliminación de olores y desinfección del agua.

El hipoclorito de sodio es una solución clara de ligero color amarillento y un olor característico. El hipoclorito de sodio tiene una densidad relativa de 1,1 (5,5% solución acuosa). Como agente blanqueante de uso domestico normalmente contiene 5% de hipoclorito de sodio (con un PH de alrededor de 11, es irritante). Si esta a mayor concentración, contiene un 10 a 15% de hipoclorito de sodio (con un PH alrededor de 13, se quema y es corrosivo) (Lenntech, 2013b).

Contiene el cloro en estado de oxidación y por lo tanto es un oxidante fuerte pero económico. Es un líquido amarillo-verdoso, y comúnmente lo encontramos en concentraciones de 5.25% y 12.75. Es obtenido a partir de la absorción del gas cloro en una solución de sosa cáustica. Se utiliza mas en operaciones a pequeña escala o en sistemas de clorinación automatizados. Su costo es un poco mayor que el hipoclorito de calcio (CESAVEBC, 2013).

El hipoclorito de sodio es de amplio espectro con actividad germicida contra virus, bacterias ácido-alcohol resistentes y no acidas, esporas, hongos, algas y protozoos, al tiempo que presenta un riesgo ambiental mínimo. Sin embargo, la toxicidad del cloro para los microorganismos varía ampliamente, y depende de las condiciones del agua, la temperatura y las especies de organismo objetivo (King, 2001). La Figura 5 muestra la reacción que se presenta entre el hipoclorito de sodio y el agua.



Figura 5. Reacción química del hipoclorito de sodio en el agua.

El hipoclorito de sodio se disocia en agua, formando el ión hipoclorito (OCl⁻) o ácido hipocloroso (HOCl). Estos compuestos son agentes oxidantes fuertes y reaccionan con una variedad de sustancias orgánicas e inorgánicas, incluyendo microorganismos. El mecanismo de acción contra los microorganismos es la oxidación de enlaces peptídicos, desnaturalización de proteínas, y permitiendo la acumulación intracelular, que inhibe aún más los sistemas de enzimas esenciales.

Dos importantes factores ambientales afectan a la actividad biocida de cloro, son el pH y la concentración de material orgánico. Un aumento de la carga orgánica puede agotar cloro disponible antes de que los microorganismos mueran, disminuyendo su actividad bactericida (King, 2001).

El hipoclorito de sodio se puede utilizar de dos maneras:

- Mediante la disolución de sales en agua blanda, generado una solución salina. La solución es electrolizada y genera una solución de hipoclorito de sodio en agua. Esta solución contiene 150 gr de cloro activo por litro. Durante la reacción se genera hidrogeno gas explosivo.
- Mediante la adición de cloro gas (Cl₂) a soda cáustica (NaOH). Cuando se hace esto, el hipoclorito de sodio, agua y sal se producen de acuerdo a la siguiente reacción: $\text{Cl}_2 + 2\text{NaOH} + \rightarrow \text{NaClO} + \text{NaClO} + \text{H}_2\text{O}$

Cuadro 5. Ventajas y desventajas del hipoclorito de sodio.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Puede ser fácilmente transportado y almacenado cuando se produce en el sitio.	Hipoclorito de sodio es una sustancia peligrosa y corrosiva.

El almacenamiento y transporte del hipoclorito de sodio es seguro.	
El hipoclorito de sodio es tan efectivo como el gas cloro para la desinfección.	Cuando se trabaja con hipoclorito de sodio, se deben tomar medidas de seguridad para proteger a los trabajadores y al medio ambiente.
El hipoclorito de sodio produce desinfección residual.	El hipoclorito de sodio no debería entrar en contacto con el aire, porque provoca su desintegración. Tanto el hipoclorito de sodio como el cloro no provocan la desactivación de <i>Giardia Lambia</i> o <i>Cryptosporidium</i> .

Exposición. Existen valores límite de exposición al hipoclorito de sodio. La exposición al hipoclorito de sodio tiene varios efectos. La exposición se genera normalmente por la inhalación de aerosoles, que produce tos y dolor de garganta. Si se traga el hipoclorito de sodio provoca dolor de estómago, sensación de quemazón, tos, diarrea, dolor de garganta y vómitos. En los ojos y en la piel causa enrojecimiento y daños. Después de una exposición prolongada, la piel se vuelve sensible. El hipoclorito de sodio es veneno para los organismos existentes en el agua. Es un mutágeno muy tóxico cuando se combina con sales de amonio (Lenntech, 2013b).

Hipoclorito de Calcio (CaCl₂O). La fuente más común de cloro utilizado en la desinfección después de la cosecha es el hipoclorito de calcio. Se encuentra disponible comercialmente en la forma de un polvo granulado o tabletas grandes. Mayoría de las formulaciones comerciales son 65 por ciento de hipoclorito de calcio, consistiendo el resto de los estabilizadores y materiales inertes. El hipoclorito de calcio es relativamente estable, siempre y cuando se mantenga seco, y se puede almacenar durante períodos prolongados (Bae, 2013).

Es la forma más utilizada del cloro por su facilidad de uso, precio y estabilidad al almacenarse. Se encuentra en presentaciones del 65% y 68% en forma

solida (CESAVEBC, 2013). La Figura 6 muestra la reacción que se presenta entre el hipoclorito de calcio y el agua.



Figura 6. Reacción química del hipoclorito de calcio en el agua.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del experimento

El trabajo de investigación se realizó en los laboratorios de poscosecha y Fitopatología. El primero se ubica en el Departamento de Horticultura y el segundo en el Departamento de Parasitología en la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” que se sitúa al sur de la ciudad en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, comprendido entre las coordenadas geográficas 101° 1’ 33’’

de longitud Oeste y 25° 20' 57'' latitud Norte del meridiano de Greenwich, con una altitud de 1743 m.s.n.m.

Material vegetativo

El experimento se realizó con chile jalapeño (*Capsicum annuum*) cultivado en el estado de Tamaulipas el cual fue adquirido en la Central de Abastos de la Ciudad de Saltillo, Coahuila donde se tuvo la precaución de buscar los frutos de mejor calidad y sin tratamiento alguno.

Descripción de los tratamientos

Los tratamientos se conformaron con cinco diferentes sanitizantes y un testigo absoluto como se observa en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Descripción de los tratamientos.

Número de Tratamiento	Descripción
1	Testigo absoluto
2	0.83 ml de hipoclorito de sodio
3	100 mg de hipoclorito de calcio
4	166.6 ml de peróxido de hidrogeno

5	100 ml de ácido peroxiacético
6	2 ml de Full-Gro

El hipoclorito de sodio utilizado para el tratamiento dos fue un producto comercial a una concentración del 6% del cual se aplicó 50 ppm o 0.83 ml. Del hipoclorito de calcio para el tratamiento tres se utilizó 100 mg del producto comercial. Mientras que el peróxido de hidrógeno utilizado se encontró a una concentración de 30% comercialmente y se maneja para el tratamiento el 5% o 166.6 ml. En relación al ácido peroxiacético este se encontró a una concentración del 15% y se aplicó 1.5% o 100 ml para el tratamiento cinco y para el tratamiento seis se utilizó 2 ml del producto comercial Full-Gro.

Metodología experimental

Aplicación de los tratamientos

El día 19 de febrero del 2013 se obtuvieron y seleccionaron 210 frutos que no presentaran sin ningún daño físico, sin daño biológico y sin tratamiento alguno. Posteriormente se clasificaron en seis grupos de 30 chiles cada uno, luego se etiquetaron y se marcaron con la ayuda de un plumón y cinta masking tape. Seguidamente se tomaron y registraron los pesos de cada fruto, al término de esto se les aplicaron los tratamientos por medio de inmersión con una duración de 10 segundos, a continuación se almacenaron en el laboratorio a una temperatura ambiente entre 18 ± 2 °C y a una humedad relativa promedio a 34 % durante 20 días.

En el experimento se realizaron tres evaluaciones, una inicial a los cuatro días después de la cosecha cuando se montó el experimento, 2 posteriores a los 10 y 19 días después de la cosecha.

Establecimiento de cámaras húmedas

Para determinar la protección que le proporcionaron los tratamientos a los frutos de chile jalapeño se realizó una inoculación con una solución elaborada con chiles contaminados. Para ello se maceraron chiles contaminados hasta obtener una mezcla homogénea a la cual se le añadió 100 ml de agua destilada, posteriormente con la ayuda de una brocha se aplicó una ligera capa de dicha mezcla a cuatro frutos de cada tratamiento los que se colocaron en charolas de plástico con toallas de papel empapadas de agua destilada para recrear condiciones de humedad (Figura 7). El grado de infección en los frutos se determinó en porcentaje a los 11, 14, 18 y 24 días después de montar el experimento. Por último se realizó una tinción diferencial a los 24 días después de la cosecha para identificar el tipo microorganismos presentes.



Fuente: L.L.H.¹

Figura 7. Establecimiento de cámaras húmedas con chiles jalapeños tratados en su poscosecha con diferentes sanitizantes e infectados artificialmente.

Obtención de la carga microbiana y siembra in vitro

Para determinar la carga microbiana presente en los chiles tratados con los diferentes sanitizantes se realizó un análisis microbiológico el cual se efectuó en el Laboratorio del Departamento de Parasitología a los 7 días de haber iniciado el experimento. Para esto se tomó un fruto de cada tratamiento (6 frutos), se pesó un gramo de la epidermis de cada chile en una balanza analítica estándar marca OHAUS, se depositó en una bolsa Ziploc con 4 ml de agua destilada esterilizada y se maceró obteniendo así la solución madre, se prepararon 7

tubos con 9 ml de agua destilada esterilizada. De la solución madre se extrajo 100 µl con una micropipeta de 100 µl, se depositó en el primer tubo de ensayo que correspondió al tubo N° 1 de la dilución de 10^{-1} , se efectuó el mismo procedimiento hasta el tubo N° 7 (dilución 10^{-7}). Se prepararon cajas petri para siembra en medio sólido con agar bacteriológico y agar papa dextrosa (PDA), seguidamente se tomó 10 µl de los tubos 10^{-3} , 10^{-5} y 10^{-7} y se agregaron a las cajas petri extendiendo uniformemente sobre la superficie con un asa de vidrio con forma de bastón, se incubaron a una temperatura de 35 °C en una incubadora. Esto se realizó para cada uno de los tratamientos.

Posteriormente se resembraron las cepas de hongos y bacterias que se presentaron en las cajas que se incubaron a las 96 horas. En cajas petri con agar PDA y bacteriológico se incubaron a 24 horas para realizar frotis e identificar las bacterias y hongos presentes, con la ayuda de un microscopio compuesto.

Variables evaluadas

Con el propósito de estudiar la calidad del chile jalapeño en la poscosecha, en relación a los diferentes sanitizantes, se realizaron evaluaciones de las variables: pérdida de peso, pérdida de firmeza, color, clorofila, carga microbiana presente y vida de anaquel.

Pérdida de peso

Para la evaluación de esta variable se tomó el peso de cada fruto al inicio del experimento. Posteriormente en cada evaluación se evaluaron 10 frutos por tratamiento (60 frutos totales por evaluación). Para ello el peso se determinó con ayuda de una balanza eléctrica de presión (OHAUS SCOUT) con

capacidad de 400 g y utilizando el método gravimétrico. Se obtuvo una lectura al inicio del experimento y 2 lecturas posteriores a los 10 y 19 días después de la cosecha. Finalmente se obtuvo la diferencia en gramos entre el peso inicial y el peso final en cada una de las evaluaciones.

Firmeza

Para determinar la firmeza se utilizó un penetrómetro manual en kg marca EFFGI modelo FT 327 con una capacidad de 13 kg y una puntilla de 8 milímetros. Para ello se evaluaron inicialmente 10 frutos y se obtuvo un valor promedio. Dicho valor se consideró como valor inicial. Posteriormente se obtuvo la firmeza de 10 frutos por tratamiento en cada evaluación para ello se tomaron 2 lecturas de cada fruto y se realizó un promedio. Las evaluaciones se efectuaron a los 4, 10 y 19 días después de la cosecha. Después de cada evaluación se desecharon los frutos.

Determinación de color

Para la variable color se utilizaron los mismos 10 primeros frutos de cada tratamiento (60 frutos totales por evaluación), y se utilizó un colorímetro marca Minolta CR300 para obtener el cambio de color en cada evaluación, ya que determina la aceptación en el mercado de la mayoría de las frutas así como también su apariencia. Las evaluaciones se realizaron en las mismas fechas que en el caso anterior. Después de cada evaluación se desecharon los frutos.

Para la interpretación de los resultados se usó un diagrama de cromaticidad L^*a^*b (MacDougall, 1988), donde L^* representa la luminosidad y representa una escala de valores de 0 a 100 donde 0 es una oscuridad total u opacidad y 100 corresponde al blanco o máxima brillantez. Por su parte los valores a^* y b^* son coordenadas donde a^* (+) indica el color rojo, a^* (-) indica el color verde, b^* (+) indica el color amarillo, b^* (-) indica el color azul. Con los valores de a^* y b^*

se obtuvo el ángulo de matiz (h^*) y la cromaticidad (C^*) con ayuda de las siguientes fórmulas:

$$h^* = 180 + \left(\left[\tan^{-1} \left(-\frac{b}{a} \right) \right] (180 / \square) \right)$$

$$C^* = (a^2 + b^2)^{1/2}$$

Contenido de clorofila

Para obtener esta variable en la primera evaluación se utilizaron 10 primeros frutos, para la segunda y tercera evaluación se utilizaron 2 frutos por cada tratamiento. Se pesaron 2 g de cada muestra y se colocaron en vasos de precipitado de 25 ml con acetona (al 85 %) los cuales se cubrieron con papel aluminio y se almacenaron por 24 horas a una temperatura de 5 °C. Transcurrido el tiempo se maceraron las muestras en un mortero con 20 ml de acetona (esto se realizó 3 veces) y se agregó el líquido obtenido en un matraz de aforación de 100 ml. Se realizaron dos lecturas por cada muestra en un espectrofotómetro marca Jenway 6320D a 643 y 660 nanómetros (nm).

Para el cálculo de clorofila total, α y β se utilizaron las siguientes formulas:

$$\text{Clorofila Total } \left(\frac{\text{mg}}{\text{g}} \right) = \frac{(7.12 * \% \text{ Abs } 660\text{nm}) + (16.8 * \% \text{ Abs } 643\text{nm})}{10 * P}$$

$$\text{Clorofila } \alpha \left(\frac{\text{mg}}{\text{g}} \right) = \frac{(9.93 * \% \text{ Abs } 660\text{nm}) - (0.777 * \% \text{ Abs } 643\text{nm})}{10 * P}$$

$$\text{Clorofila } \beta \left(\frac{\text{mg}}{\text{g}} \right) = \frac{(17.6 * \% \text{ Abs } 643\text{nm}) - (2.81 * \% \text{ Abs } 660\text{nm})}{10 * P}$$

Donde:

% de Abs. 643 nm= a la lectura obtenida en el espectrofotómetro a dicha absorbancia (643 nm).

% de Abs 660 nm= a la lectura obtenida en el espectrofotómetro a dicha absorbancia (660 nm).
P= peso de la muestra en gramos.

Carga microbiana presente

Grado de infección en cámaras húmedas. Visualmente se determinó el grado de infección de los frutos de chile inoculados artificialmente en porcentaje a los 11, 14, 18 y 24 días después de montado el experimento. Transcurridos 24 días se obtuvieron muestras de los patógenos presentes en los frutos, las cuales se colocaron en laminillas a las que se les efectuaron una tinción diferencial y tinción para hongos con la finalidad de identificar el tipo de microorganismo presente. Para ello se utilizó un microscopio compuesto y claves de identificación.

Obtención de la carga microbiana y siembra in vitro. Se realizaron dos siembras, una al inicio del experimento (7 días después de la cosecha) y una al final del experimento (20 días después de la cosecha). Se realizó un conteo del crecimiento de colonias de bacterias y hongos en las diferentes cajas con agar bacteriológico y PDA. Posteriormente se identificó morfológicamente a los microorganismos con frotis y se tomaron fotografías en un microscopio compuesto con cámara integrada.

Vida de Anaquel

Esta variable se determinó con un conteo de los días en los cuales el fruto se encontraba apto para su consumo.

Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue el diseño completamente al azar con seis tratamientos y 10 repeticiones donde la unidad experimental fue un fruto de chile jalapeño.

Análisis estadísticos

Los análisis estadísticos realizados fue un análisis de varianza (ANVA) y una comparación de medias por el Método de Tukey (P=0.05) con la ayuda del paquete computacional SAS versión 6.12. Además para la variable cromaticidad se realizó una transformación por raíz cuadrada para bajar el coeficiente de variación.

Modelo estadístico

El modelo lineal propuesto para este diseño fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = variable observada

μ = media general

T_i = efecto de tratamiento

E_{ij} = error experimental

i = 1, 2,... n tratamientos

j = 1, 2,... n repeticiones

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a la metodología antes mencionada y con la realización de los análisis de varianza (P≤0.05) y la comparación de medias por el método de Tukey (P=0.05), se obtuvieron los siguientes resultados:

Pérdida de peso

De los análisis de varianza realizados y la comparación de medias por Tukey (P=0.05) se obtuvo que la aplicación de los sanitizantes afectó de forma significativa la pérdida de peso en frutos de chile jalapeño a lo largo del periodo de poscosecha. En las evaluaciones realizadas a los 4 y 10 días después de la cosecha no se observaron diferencias estadísticas, sin embargo a los 19 días se apreciaron diferencias estadísticas entre los tratamientos lo cual indica que la aplicación de sanitizantes redujo de alguna manera la pérdida de agua y otras reservas del fruto.

A los diecinueve días después de realizada la cosecha, se observó que el tratamiento que mostró la menor pérdida de peso fue aquel donde se aplicó 100 ml de ácido peroxiacético (APA).

En la **Figura 8** se puede observar el comportamiento de la pérdida de peso del chile jalapeño a lo largo de su periodo poscosecha. Además se observa que el tratamiento con 100 ml de APA redujo 17.49% la pérdida de peso comparado con el testigo.

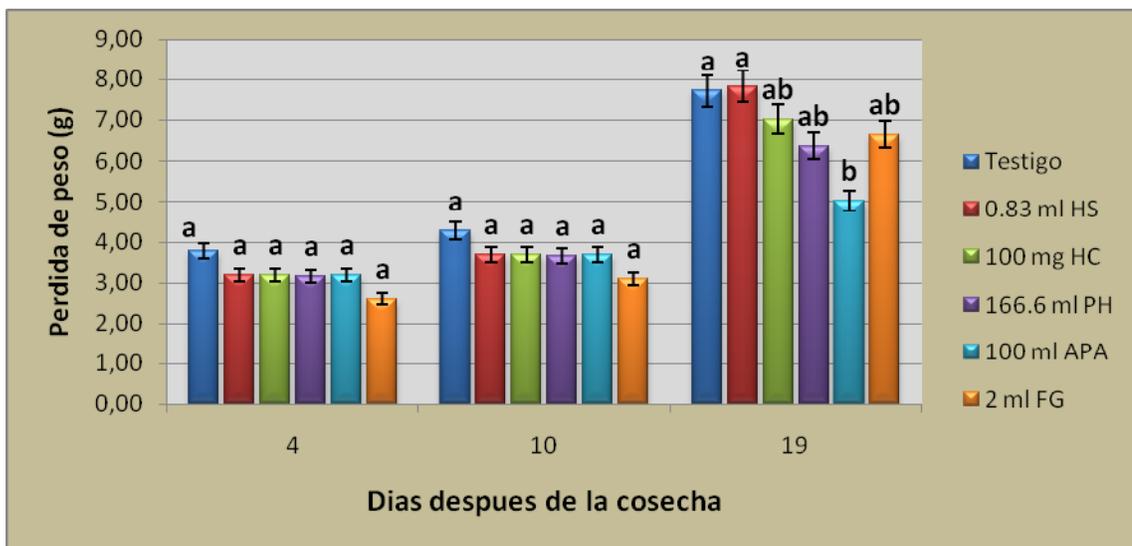


Figura 8. Comportamiento de pérdida de peso en chile jalapeño por efecto de aplicación de los diferentes sanitizantes a lo largo de su periodo poscosecha. HS=Hipoclorito de Sodio; HC=Hipoclorito de Calcio; PH=Peróxido de Hidrogeno; APA=Acido Peroxiacético; FG=Full-Gro.

Teles de Sousa (2006) menciona que la correcta manipulación poscosecha de la fruta exige que se tenga en cuenta que se trata de estructuras vivas que tras la recolección siguen desarrollando los procesos metabólicos y manteniendo sus sistemas fisiológicos. Continúan respirando y transpirando y, como han perdido la fuente de agua y otras sustancias, dependen de sus reservas y de su propio contenido en agua; siendo, por lo tanto, productos perecederos. La velocidad de deterioro de los productos hortofrutícolas es generalmente proporcional a su actividad respiratoria.

Los principales factores que demeritan la calidad y vida de anaquel de los diversos tipos de chiles son la pérdida fisiológica de peso y los cambios de color del epicarpio. Esto explica el porqué en este experimento se obtuvieron dichos resultados.

Coop *et al.* (2011) mencionan que la transpiración, deshidratación o pérdida de agua de los frutos en poscosecha constituye el principal problema que demerita la calidad de consumo. Se ha observado que cuando los frutos pierden 6 a 7% de su peso, la firmeza y la apariencia disminuyen y por consecuencia la calidad y vida de anaquel. También Vázquez *et al.* (2010) evaluaron 19 variedades de chile serrano y encontraron que las variedades “Bandido” y “HMX-5651” (12.2 Y 11.8 g/fruto) destacaron por su mayor peso. Por su parte Díaz *et al.* (2006) encontraron en frutos de *C. annuum* una pérdida de peso del 26 % debió a pérdida de agua a través del cáliz.

De lo anterior se concluye que la aplicación de desinfectantes es efectiva para mantener la vida de anaquel en frutas y hortalizas como sucedió en este experimento.

Firmeza

De los análisis de varianza realizados y la comparación de medias por Tukey ($P=0.05$) se obtuvo que la aplicación de los diferentes sanitizantes no afectó de forma significativa la firmeza a lo largo del periodo de poscosecha en frutos de chile jalapeño. Sin embargo se observaron diferencias numéricas.

En la **Figura 9** se logra observar que a los cuatro días después de la cosecha el tratamiento con 100 ml de APA obtuvo una firmeza de $5.54 \text{ kg}\cdot\text{cm}^{-2}$ en comparación con el testigo que presenta una media de $6.19 \text{ kg}\cdot\text{cm}^{-2}$ lo cual representa una pérdida del 10.5%. A los diecinueve días después de la cosecha todos los tratamientos tuvieron una firmeza similar esta en promedio fue $6.64 \text{ kg}\cdot\text{cm}^{-2}$.

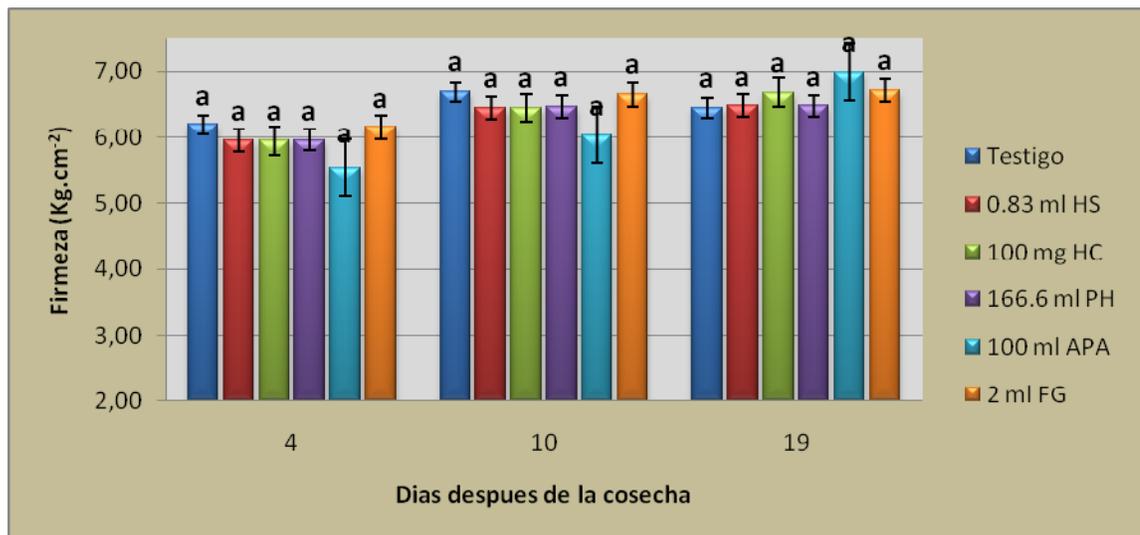


Figura 9. Comportamiento de firmeza en chile jalapeño por efecto de aplicación de diferentes sanitizantes durante de su periodo poscosecha. HS=Hipoclorito de Sodio; HC=Hipoclorito de Calcio; PH=Peróxido de Hidrogeno; APA=Acido Peroxiacético; FG=Full-Gro.

El ablandamiento excesivo es uno de los procesos de deterioro de los frutos que limitan su transporte y vida poscosecha (Bernadac *et al.*, 2003).

Vázquez *et al.* (2010) evaluaron 19 variedades de chile serrano y encontraron que cinco de las variedades se ubicaron entre las de mayor valor firmeza con respecto a las demás, siendo estas Centauro ($159 \text{ N} \cdot \text{cm}^{-2}$), HS-49, HS-51, 21-20-1 y 74-5-5.

Silveira *et al.* (2008) demostraron que el lavado con 80 ppm de ácido peracético demoró el ablandamiento, no afectó la velocidad de respiración, los sólidos solubles ni la acidez titulable de melones frescos cortados variedad Galia durante 10 días a 5°C .

La firmeza interesa al consumidor porque habitualmente está relacionada con la madurez de las frutas y hortalizas, con el tiempo de conservación en cámara o con la vida útil del producto. Asimismo puede indicar si la fruta ha experimentado cualquier tipo de deterioro físico, y se trata de uno de los aspectos más trascendentales en el que los consumidores establecen su decisión de compra.

Contenido de clorofila

Clorofila Total

De los análisis de varianza realizados y la comparación de medias por Tukey ($P=0.05$) se obtuvo que la aplicación de sanitizantes no afectó el contenido de clorofila total después de ser aplicados a frutos de chile jalapeño en la poscosecha y durante el transcurso de los siguientes 6 días. Sin embargo a los 19 días se lograron apreciar diferencias estadísticas entre los tratamientos. Se observó que el tratamiento con mayor contenido de clorofila total fue aquel donde se aplicó 0.83 ml de hipoclorito de sodio.

En la **Figura 10** se puede apreciar el comportamiento de la pérdida de clorofila total a lo largo del periodo poscosecha en chile jalapeño. Además se aprecia que el tratamiento con 0.83 ml de hipoclorito de sodio logró mantener un 50.64% de clorofila total, comparado con el tratamiento con ácido peroxiacético.

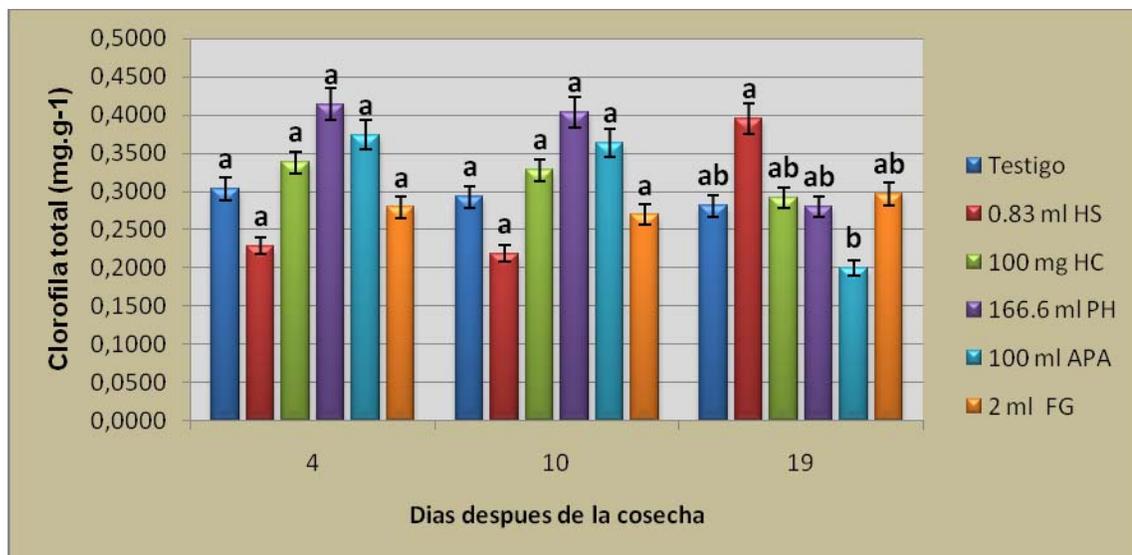


Figura 10. Comportamiento de la clorofila Total presente en los frutos de chile jalapeño por efecto de los diferentes sanitizantes a lo largo de su periodo poscosecha. HS=Hipoclorito de Sodio; HC=Hipoclorito de Calcio; PH=Peróxido de Hidrogeno; APA=Acido Peroxiacético; FG=Full-Gro.

Desde el punto de vista de la tecnología de los alimentos, el interés por clorofilas se centra en las reacciones poscosecha que degradan a estos pigmentos, incluso los que ocurren durante el procesamiento y almacenamiento. Esto nos indica el porqué en este experimento se obtuvieron dichos resultados

Datos análogos obtuvo Moreno *et al.* (2010) Al efectuar un estudio de determinación de carotenoides y clorofila en frutos de cuatro variedades de chile (*Capsicum sp*) observaron que en clorofila las muestras secas de chile de la variedad chilaca en su última evaluación (4 horas) obtuvo hasta $8.3 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ de muestra siendo esta la mejor en comparación de las muestras frescas sometidas a diferentes procesos y diferentes tiempos de extracción con acetona.

Clorofila a

De los análisis de varianza realizados y la comparación de medias por Tukey ($\alpha=0.05$) se obtuvo que la aplicación de los sanitizantes no afectó

estadísticamente el contenido de clorofila A presente en frutos de chile jalapeño a los 4 y 10 días después de la cosecha. Sin embargo a los 19 días se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos lo cual indica que la aplicación de sanitizantes de alguna forma afectó la pérdida de clorofila **a**. Se observó que el tratamiento que menos afectó la presencia de clorofila **a** fue aquel donde se le aplicó 0.83 ml de hipoclorito de sodio.

En la **Figura 11** se puede apreciar el comportamiento de la pérdida de clorofila **a** durante el periodo poscosecha en chile jalapeño. Se observa además que a los diecinueve días después de la cosecha el tratamiento con 0.83 ml de hipoclorito de sodio mantuvo hasta un 66.02% el contenido de clorofila **a**, comparado con el testigo.

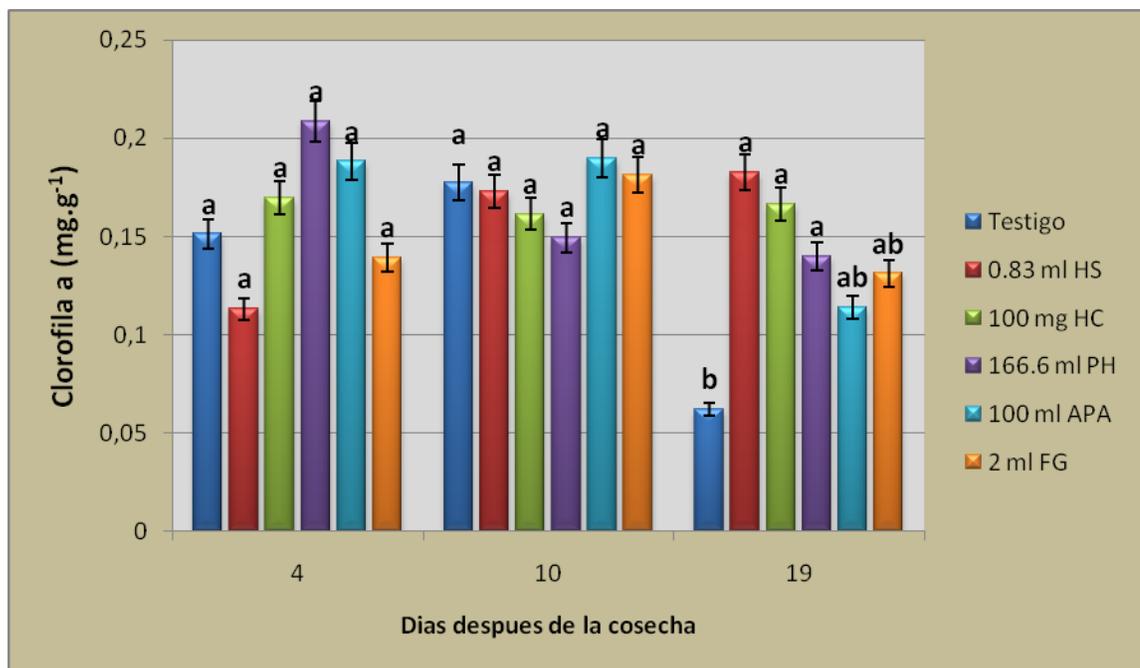


Figura 11. Comportamiento de la clorofila **a** presente en los frutos de chile jalapeño por efecto de los diferentes sanitizantes a lo largo de su periodo poscosecha. HS=Hipoclorito de Sodio; HC=Hipoclorito de Calcio; PH=Peróxido de Hidrogeno; APA=Acido Peroxiacético; FG=Full-Gro.

Moreno *et al.* (2010) menciona que existen varias clorofilas reportadas, las clorofilas **a** y **b** están presentes en el tejido fotosintético en una relación 3:1. El

conocer el contenido de pigmentos en frutos frescos y secos, es de gran importancia ya que debido a los efectos antitumorales que se le atribuyen a los pigmentos podrá recomendarse su consumo.

Clorofila b

De los análisis de varianza realizados y la comparación de medias por Tukey ($\alpha=0.05$) se obtuvo que la aplicación de sanitizantes afectó de forma significativa el contenido de clorofila **b** en frutos de chile jalapeño a lo largo del periodo de poscosecha. En la evaluación realizada a los 4 días después de la cosecha no se observó diferencia estadística, sin embargo a los 10 y 19 días se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos lo cual indica que la aplicación de sanitizantes de alguna forma incidió en la pérdida de clorofila **b**.

A los diez días después de la cosecha, se observó que el tratamiento que menos afectó la presencia de clorofila **b** fue aquel donde se le aplicó 166.6 ml de peróxido de hidrógeno con una media de $0.2544 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$. A los diecinueve días de la cosecha se puede observar que el testigo fue el mejor, seguido del tratamiento con 0.83 ml de hipoclorito de sodio con una media de $0.2120 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$.

En la **Figura 12** se puede observar el comportamiento del contenido de clorofila **b** en los días de evaluación después de la cosecha de chile jalapeño. Se observa que el tratamiento con 166.6 ml de peróxido de hidrógeno a los 10 días después de la cosecha del fruto mejor conservó el contenido de clorofila **b** con un 82.03% en comparación con el tratamiento con 0.83 ml de hipoclorito de sodio y a los 19 días el testigo obtuvo un 60.81% de clorofila **b**, comparado con el tratamiento con 0.83 ml de HS.

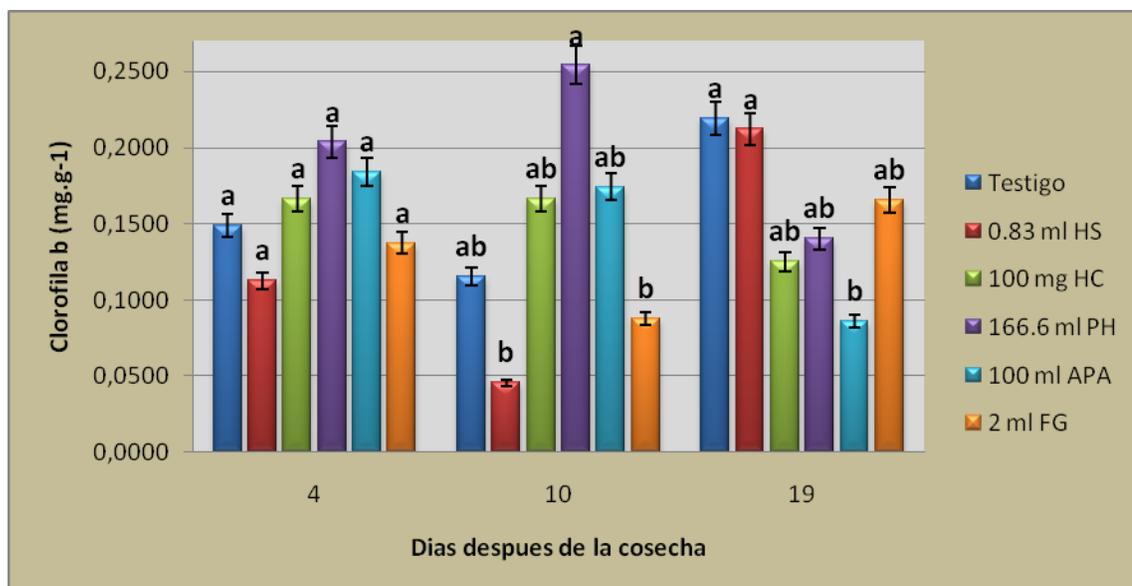


Figura 12. Comportamiento de la clorofila b presente en los frutos de chile jalapeño por efecto de los diferentes sanitizantes a lo largo de su periodo poscosecha. HS=Hipoclorito de Sodio; HC=Hipoclorito de Calcio; PH=Peróxido de Hidrogeno; APA=Acido Peroxiacético; FG=Full-Gro.

Color

Luminosidad (L*)

De los análisis de varianza realizados y la comparación de medias por Tukey ($\alpha=0.05$) se obtuvo que la aplicación de los diferentes sanitizantes no afectó de forma estadística la luminosidad a lo largo del periodo de poscosecha en frutos de chile jalapeño.

En la **Figura 13** se logra observar que los valores de luminosidad que presentaron los frutos de chile a los 4 y 10 días después de la cosecha oscilaron entre los 32 a 34. Mientras que los valores de luminosidad a los 19 días después de realizada la cosecha oscilaron entre 32 a 37.

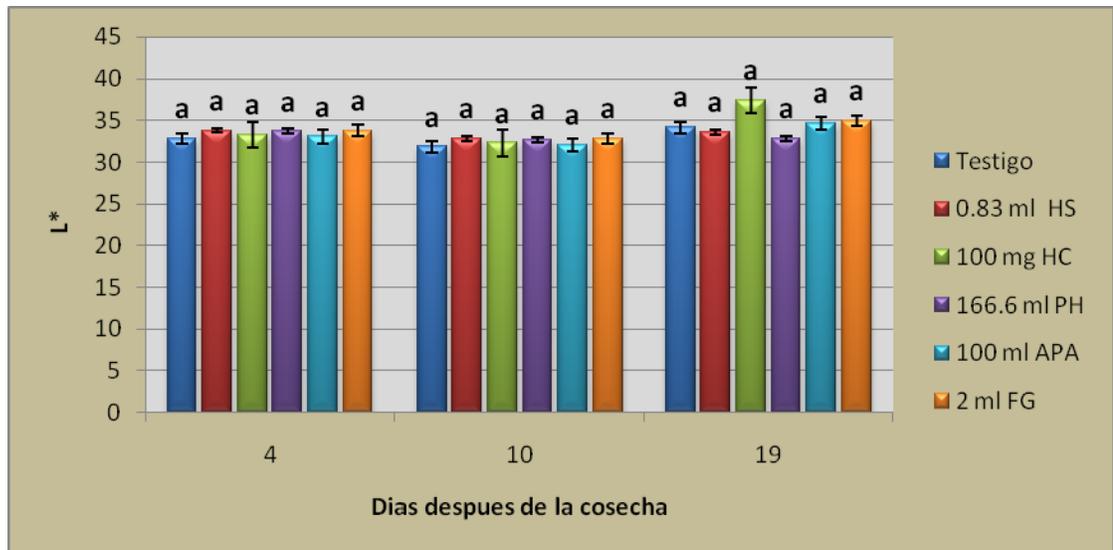


Figura 13. Comportamiento de la luminosidad de frutos de chile jalapeño por efecto de los diferentes sanitizantes a lo largo de su periodo poscosecha. HS=Hipoclorito de Sodio; HC=Hipoclorito de Calcio; PH=Peróxido de Hidrogeno; APA=Acido Peroxiacético; FG=Full-Gro.

Estos resultados difieren a los encontrados con Van de velde *et al.* (2010) quienes encontraron que la luminosidad para los diferentes concentraciones de ácido peroxiacético (0-80 ppm), tiempo (10-60 segundos) y temperatura (4-40 °C) obtuvo menos del 10 % de pérdida del color original. Si bien la evaluación instrumental de color no presentó cambios significativos en ninguno de los parámetros evaluados en función de las variables del proceso, se produjo un ligero oscurecimiento (disminución de L*) con respecto a la materia prima.

Sin embargo dichos resultados coinciden con lo encontrado por Vázquez *et al.* (2010) quienes obtuvieron en ocho de 19 variedades un color verde intenso ('Bandido', 'HMX-5651', 'HMX-6671', 'HMX-6661', 'Blakie', 'Nazas', 'Tuxtlas y HS-44') a diferencia del resto de los materiales evaluados. También López (2010) en una investigación donde se evaluó del desarrollo del chile jalapeño en salmuera, no encontró diferencia significativa para el valor L* ($P > 0.05$) en los diferentes tratamientos, mostrando todos una luminosidad baja. Probablemente se debe a la falta de oxígeno en el tejido vegetal durante la fermentación ya que

según Salunkhe (2004), esto hace que se retrase el proceso de respiración. Calvo M. (2001) menciona que también afecta la pérdida de fotosíntesis y con esto la pérdida de la clorofila, tomando tendencia al color oscuro, en este caso pasan de un verde intenso a un verde oliva.

Cromaticidad (C*)

Para este valor en los análisis de varianza y la comparación de medias por Tukey ($\alpha=0.05$) no se encontró diferencia estadística en las evaluaciones efectuadas a los 4 y 10 días después de la cosecha. Los valores de cromaticidad encontrados en dichas evaluaciones en los frutos de chile jalapeño oscilaron entre 7 y 11 donde se ubica en el diagrama de cromaticidad una coloración verde con baja saturación o pureza de color. Por su parte en la evaluación realizada a los 19 días después de la cosecha se identificó diferencia estadística siendo el tratamiento que mostro el valor más alto aquel donde se aplicó 100 mg de hipoclorito de calcio. Además se observó que los valores de cromaticidad se incrementaron y oscilando entre 10 a 23 donde se ubica en el diagrama de cromaticidad un color verde más saturado o más puro, es decir que cuando maduró el fruto el color se hizo más puro o menos grisáceo (Figura 14).

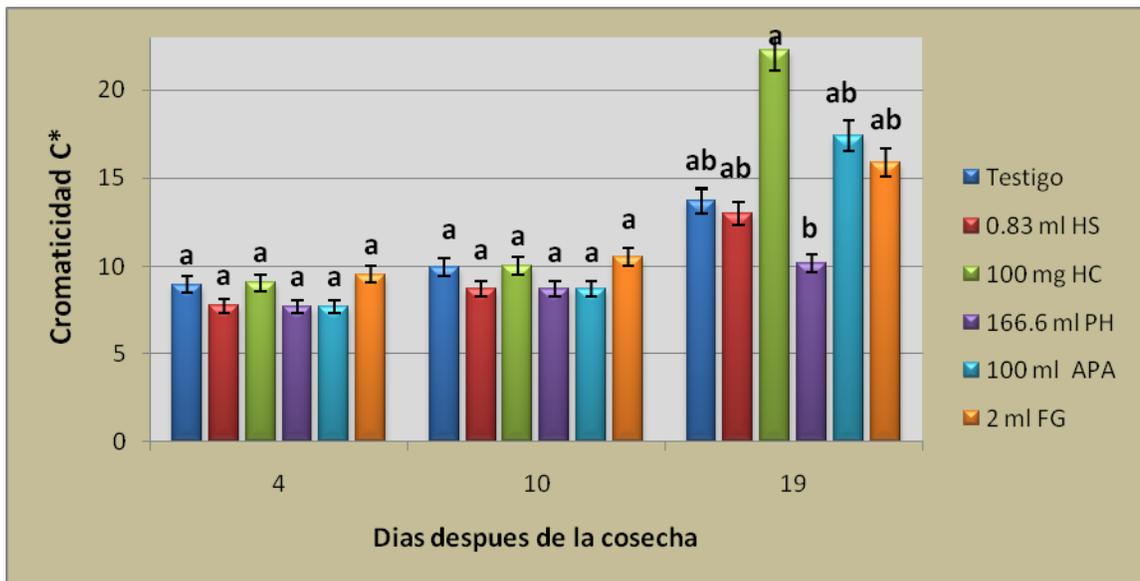


Figura 14. Comportamiento de la cromaticidad (C^*) presente en los frutos de chile jalapeño por efecto de los diferentes sanitizantes a lo largo de su periodo poscosecha. HS=Hipoclorito de Sodio; HC=Hipoclorito de Calcio; PH=Peróxido de Hidrogeno; APA=Acido Peroxiacético; FG=Full-Gro.

Quintero *et al.* (1998) optimizaron la pérdida de color en chiles jalapeños congelados para diferentes tiempos y temperaturas, encontraron que ambas variables influyen significativamente en el parámetro a^* y no influyen en los parámetros L^* y b^* .

Coop *et al.* (2011) sugiere que los efectos sobre el color obtenidos en el chile habanero con el paso del tiempo inciden de igual manera en el parámetro a^* (valor C^*) y aunque no existe diferencia significativa entre los sistemas de almacenamiento y los sistemas de riego; de acuerdo con el análisis realizado, que no existe diferencia estadísticamente significativa, en cambios de coloración del chile durante su almacenamiento de ninguno de los sistemas de riego, bajo las dos maneras de almacenamiento aplicadas; por lo que se concluyen que ni la refrigeración, ni el uso de atmósferas modificadas tienen algún efecto sobre el cambio de coloración de los chiles. Calvo (2001) señala que probablemente esto se explica porque en los chiles se detiene el proceso de fotosíntesis y con esto la pérdida de clorofila en el chile. Lo que provoca esto es el cambio en color de un verde intenso a un verde olivo con tonos marrones.

Angulo de matiz (h^*)

En esta variable tampoco se encontraron diferencias estadísticas. Únicamente se logro identificar que a medida que fue madurando el fruto de chile jalapeño fue perdiendo la coloración verde tendiendo a una coloración amarilla y roja.

En la **Figura 15** se observa este comportamiento semejante en todos los tratamientos evaluados de principio a fin en el experimento. Los valores

obtenidos a los 4 y 10 días después de la cosecha oscilaron entre 129° a 138°. Mientras que a los 19 días los valores oscilaron entre los 123° a 134°. Dichos valores se ubicaron en el segundo cuadrante del diagrama de cromaticidad donde se ubican los tonos verde y verde-amarillo.

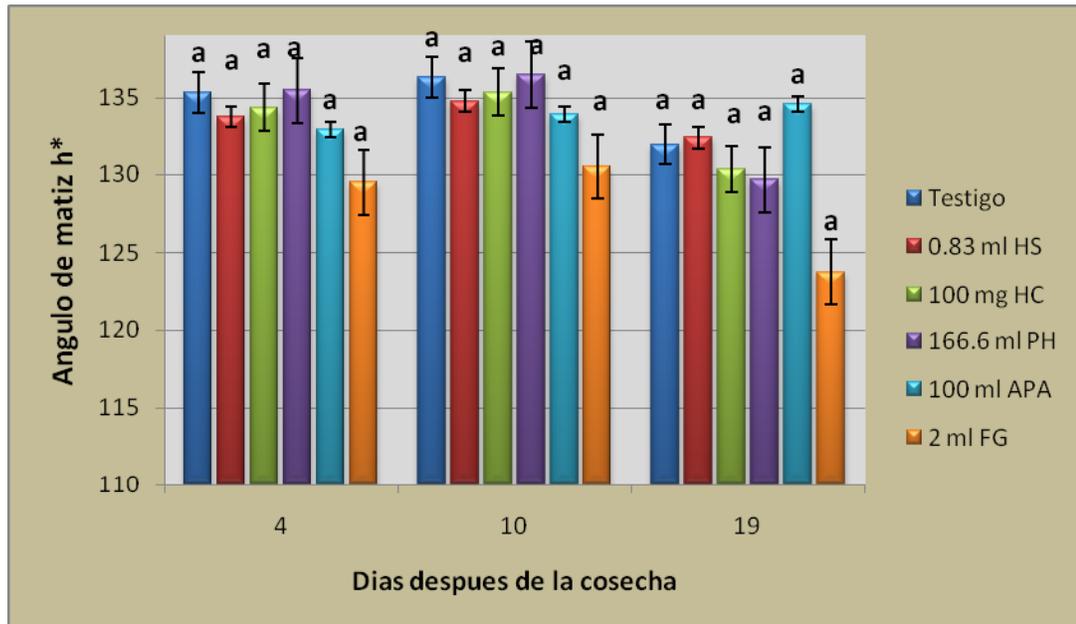


Figura 15. Comportamiento de la coordenada de cromaticidad h^* presente en los frutos de chile jalapeño por efecto de los diferentes sanitizantes a lo largo de su fase poscosecha. HS=Hipoclorito de Sodio; HC=Hipoclorito de Calcio; PH=Peróxido de Hidrogeno; APA=Acido Peroxiacético; FG=Full-Gro.

Barrera *et al.* (2005) determinaron valores de tono en *Capsicum annuum* de $h^* = 104^\circ$ en estado de madurez fisiológica, con un cambio a $h^* = 79^\circ$ al llegar al estado de madurez senescente. Según Martínez *et al.* (2003), el color de fruto de *C. annuum* está influenciado por la fertilización, ya que bajos niveles de potasio resultan en valores bajos de croma y tono, y los bajos niveles de nitrógeno resultan en altos valores de croma y tono.

López (2010) en la evaluación del desarrollo del chile jalapeño en salmuera, no encontró diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los tratamientos para el valor b^* , mostrando una tendencia al color. Calvo (2001) menciona que en la pérdida

de clorofila se pierden los átomos de magnesio, formando el compuesto feofitina, la cual ocurre por lo general en medios ácidos, y provocando la disminución del color verde intenso a un verde olivo, con tonalidades amarillentas.

Vida de anaquel

Con relación a la vida de anaquel se observó que la aplicación de los diferentes sanitizantes no afectó esta variable en chile jalapeño.

En la **Figura 16** se observa el comportamiento uniforme en la vida de anaquel de los chiles jalapeños. Se observa que todos los frutos se encontraron aptos para su consumo desde el día 4 hasta el día 24 después de la cosecha.

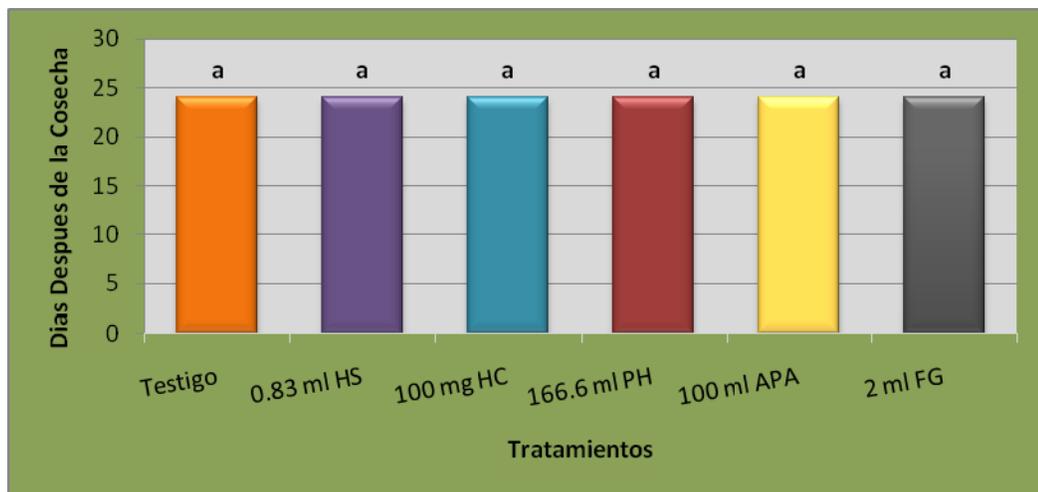
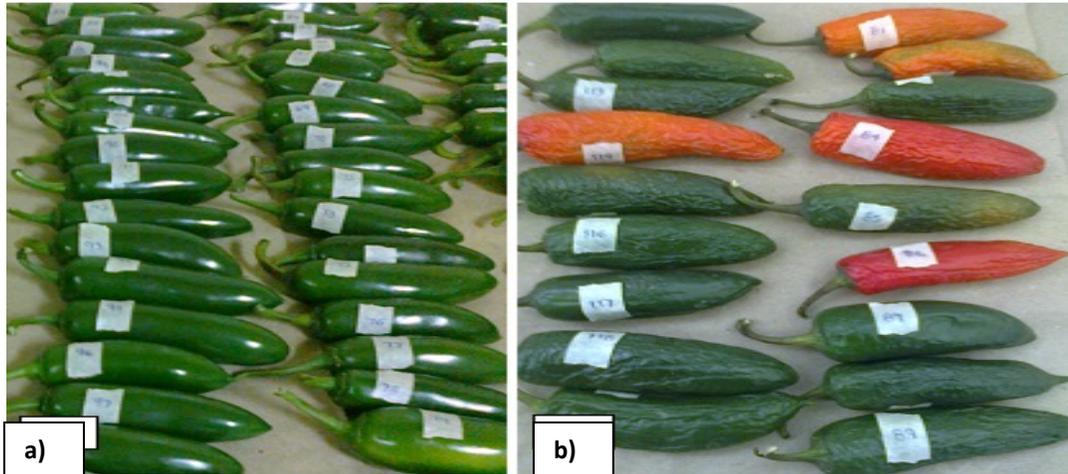


Figura 16. Comparación de medias de la vida de anaquel en días por consecuencia de los diferentes sanitizantes en chile jalapeño. HS=Hipoclorito de Sodio; HC=Hipoclorito de Calcio; PH=Peróxido de Hidrogeno; APA=Acido Peroxiacético; FG=Full-Gro.

Además en la **Figura 17** se observa la apariencia de los chiles jalapeños a iniciar el experimento y al final del experimento. Si bien se presentó arrugamiento conforme transcurrieron los días lo cual es una muestra palpable de la pérdida de calidad esta fue uniforme para todos los tratamientos.



Fuente: L.L.H.¹

Figura 17. Frutos de chile jalapeño. a) A los 4 días después de la cosecha y b) A los 24 días después de la cosecha.

Vázquez *et al.* 2010 mencionan que los principales factores que demeriten la calidad y vida de anaquel de los diversos tipos de chiles son la pérdida fisiológica de peso y los cambios de color del epicarpio.

Coop *et al.* (2011) concluyen que mediante atmosferas modificadas (MAP) bajo refrigeración, para el chile habanero es una opción para la conservación en vida de anaquel del producto sin perder calidad, el cual presentó mejor adaptación con los chiles regados gravitacionalmente que los de fertirriego y el método de refrigeración únicamente los mantiene por un periodo de tiempo de 16 días a partir de los cuales comienza el decremento de su calidad, teniendo el mismo comportamiento de adaptación para los sistemas productivos.

Carga microbiana presente

Grado de infección en cámaras húmedas

De los análisis de varianza realizados y la comparación de medias por Tukey ($\alpha=0.05$) se obtuvo que la aplicación de los sanitizantes en los diferentes

tratamientos afecto de forma significativa el grado de infección a lo largo del periodo de poscosecha en frutos de chile jalapeño.

En la **Figura 18** se puede observar que el tratamiento con menor porcentaje de infección fue el tratamiento con 2 ml·L⁻¹ de Full-Gro ya que presento un porcentaje menor al 10% durante los 24 días después de la cosecha del chile jalapeño, en comparación a los tratamientos con Peróxido de Hidrógeno y Acido Peroxiacético quienes alcanzaron un rápido desarrollo de la infección conforme transcurrieron los días.

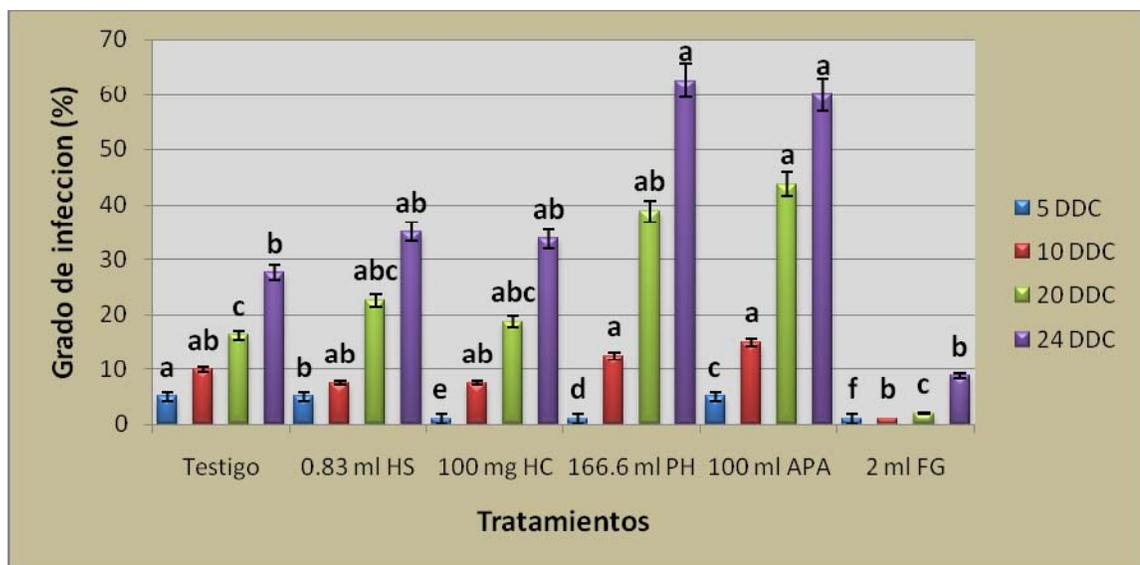


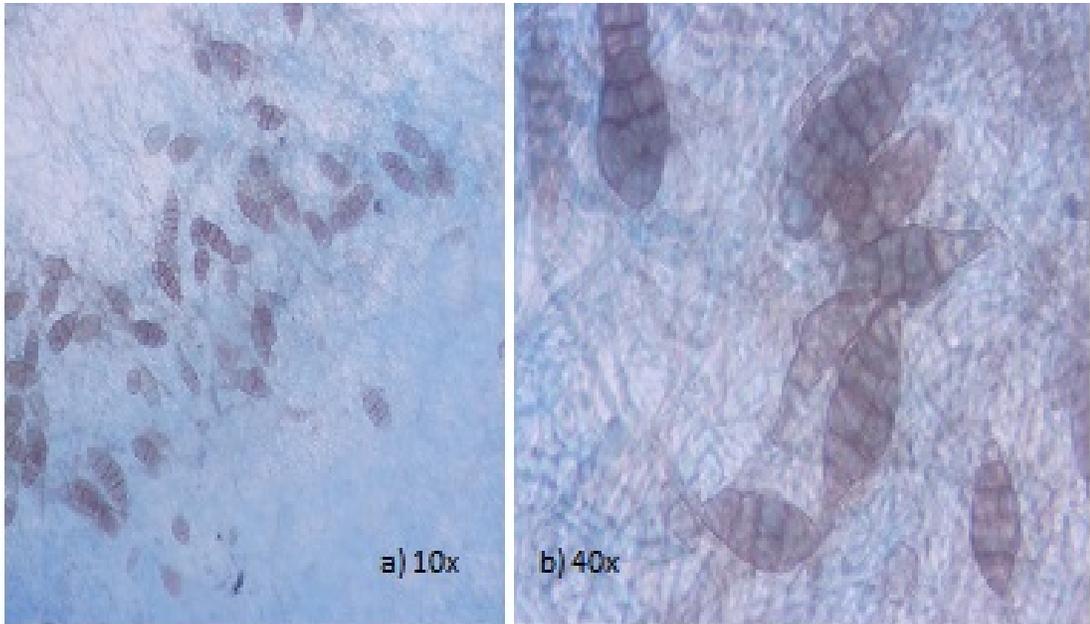
Figura 18. Comportamiento del grado de infección en chile jalapeño por efecto de los diferentes sanitizantes a lo largo de su poscosecha en cámaras húmedas. HS=Hipoclorito de Sodio; HC=Hipoclorito de Calcio; PH=Peróxido de Hidrogeno; APA=Acido Peroxiacético; FG=Full-Gro; DDC= Días Después de la Cosecha.

Después de transcurridos 20 días se obtuvo un frotis de los microorganismos presentes en las cámaras húmedas para realizar una identificación por morfología y se encontró que los microorganismos presentes fueron los hongos que se describen a continuación:

Alternaria alternata. Hongo superior de la subdivisión *Deuteromycotina*, clase *Hyphomycetes*, orden *Hyphales*, genero *Alternaria* y especie *A. alternata*. **Figura 19** a) *A. alternata* conidios oscuros, b) apreciación de los conidios multicelulares y en forma de pera y presentan sepias tanto transversales como longitudinales (Barnett y Hunter, 1998) (Agris, 1995).

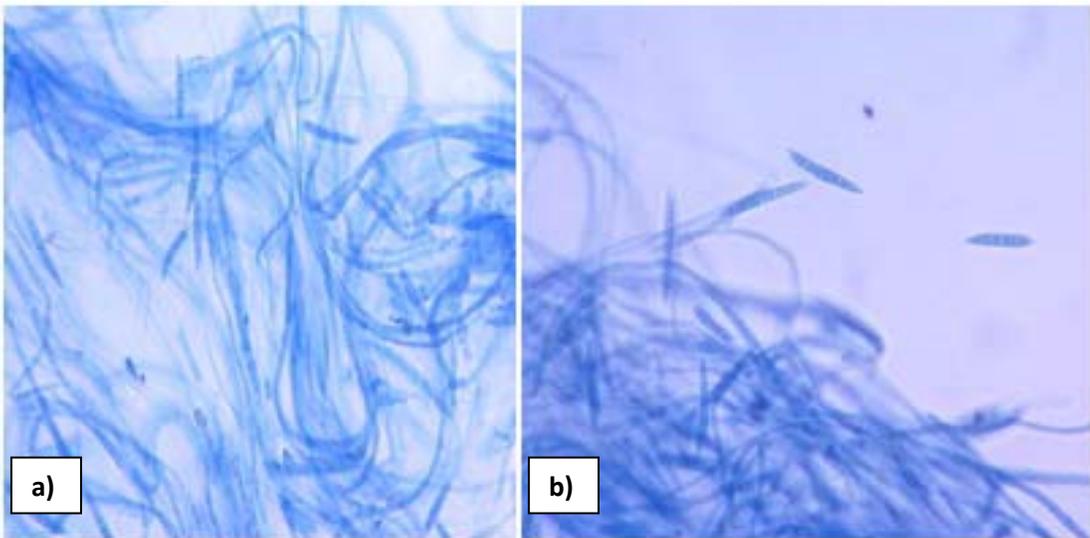
Fusarium solani. Hongo superior de la subdivisión *Deuteromycotina*, clase *Hyphomycetes*, orden *Hyphales*, genero *Fusarium* y especie *F. solani*. **Figura 20** a) microconidios con falsas cabezas formados por una o dos células y b) macroconidios con 3 a 7 septos, levemente curvados y con extremos más o menos puntiagudos (Barnett y Hunter, 1998) (Abad, 2002).

Rhizopus stolonifer. Hongo inferior de la división *Mixomycota*, subdivisión *Zygomycotina*, clase *Zygomycetes*, orden *Mucorales*, genero *Rhizopus* y especie *R. stolonifer*. En la **Figura 21** se observan a) hifas en forma de raíz (rizoides) sin septas en estado maduro (color violeta) e inmaduro (color azul), b) esporangióforo, esporangio y esporangiosporas, c) esporangio inmaduro y d) esporangio y esporangiosporas color café (maduras) (Barnett y Hunter, 1998) (Agris, 1995).



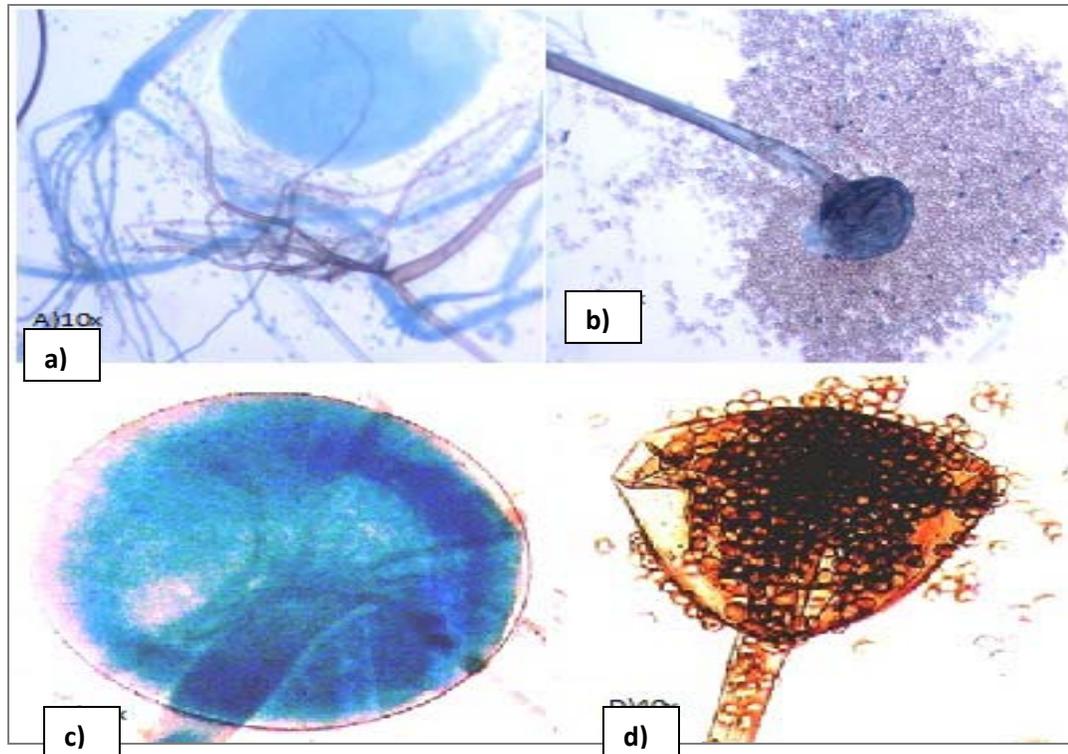
Fuente: L.L.H.¹

Figura 19. *Alternaria alternata* presente en chile jalapeño. a) 10x y b) 40x.



Fuente: L.L.H.¹

Figura 20. *Fusarium solani* presente en chile jalapeño. a) 40x y b) 40x.



Fuente: L.L.H.¹

Figura 21. *Rhizopus stolonifer* presente en chile jalapeño. a) micelio 10x, b) espora 10x, c) espora inmadura 40x y d) espora madura 40x.

Bottalico y Logrieco (1992) mencionan que los mohos del género *Alternaria* están ampliamente distribuidos en la naturaleza. Este incluye tanto especies patógenas de plantas como saprobias, capaces de dañar los cultivos a campo como también de causar un deterioro importante durante el almacenamiento y transporte, aún refrigerado. Las especies de *Alternaria* son capaces de producir al menos 70 metabolitos secundarios tóxicos (King y Schade, 1984).

Agrios (1995) describe que los conidios se desprenden con facilidad y son diseminados por las corrientes de aire. *Alternaria* infecta a varias especies vegetales en todo el mundo. Muchas de las especies de *Alternaria* son principalmente saprofitas, es decir, no pueden infectar a los tejidos vivos de plantas y sólo se desarrollan sobre tejidos vegetales muertos o en proceso de descomposición y, a lo más, sobre tejidos viejos o senescentes, como hojas y

pétalos viejos y frutos maduros. Mientras que el hongo *F. solani* vive en los tejidos vegetales muertos e inverna en forma de micelio o esporas en las semillas o en los tejidos muertos o infectados. Las esporas son fácilmente diseminadas por el viento, el equipo agrícola, el agua, por contacto, etc., de ahí que el hongo se encuentre ya en forma de micelio o esporas en muchos suelos.

La pudrición blanda de frutos y hortalizas ocasionadas por *Rhizopus* se encuentra ampliamente distribuida en todo el mundo y aparece en órganos carnosos de hortalizas, en plantas florales y en frutos que han sido cosechados, y es importante sólo durante el almacenamiento, transporte y venta en el mercado de estos productos. Entre las plantas de cultivo que son atacadas con mayor frecuencia por esta enfermedad se encuentran las fresas, camotes, todas las cucurbitáceas, los duraznos, cerezas, cacahuates y varios otros frutos y hortalizas. Cuando las condiciones son favorables, la enfermedad avanza con gran rapidez en los recipientes, de ahí que las pérdidas sean considerables en tan sólo un corto período de tiempo.

Logrieco *et al.* (2003) mencionan que los mohos responsables del deterioro poscosecha de frutas y hortalizas son las especies están asociadas a los géneros *Alternaria*, *Penicillium*, *Aspergillus* y *Fusarium*. Este último es uno de los géneros más importantes de hongos patógenos de plantas, con un elevado número de infecciones devastadoras en muchos cultivos importantes económicamente, especialmente de cereales, y también verduras y frutas. Es capaz de causar importante deterioro poscosecha, particularmente de estas últimas. El género *Fusarium* contiene especies importantes productoras de micotoxinas que han sido asociadas a enfermedades humanas y animales.

Obtención de la carga microbiana y siembra in vitro

En la **Figura 22** es posible apreciar que en agar PDA el crecimiento máximo de bacterias se alcanzo en el tratamiento con 2 ml de FG ($3.3E+07$ ufc·g⁻¹)

mientras que para el crecimiento de hongos el máximo crecimiento fue en el tratamiento con 100 ml de APA ($6.6E+04$ ufc·g⁻¹).

Cabe mencionar que el testigo fue contaminado por completo y todos los tratamientos sembrados en agar bacteriológico también presentaron contaminación.

Los tratamientos con 166.6 ml de PH y 2 ml de FG fueron los mejores, ya que no mostraron presencia de hongos.

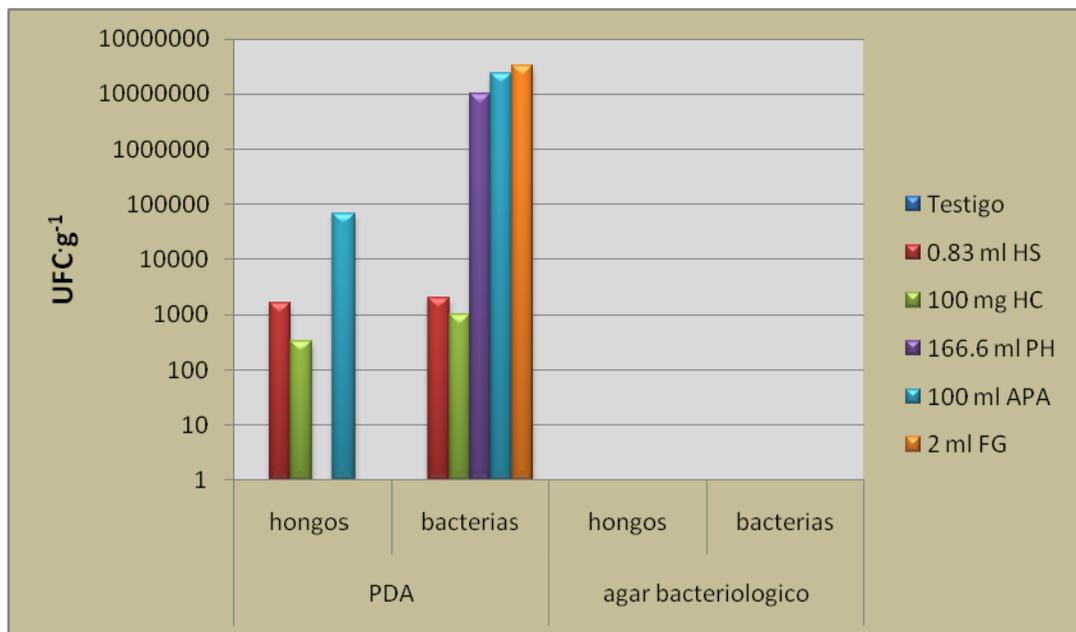


Figura 22. Comportamiento del crecimiento microbiano en UFC·g⁻¹ en agar PDA y agar bacteriológico, en los diferentes sanitizantes en chile jalapeño a los 7 días después de la cosecha. HS=Hipoclorito de Sodio; HC=Hipoclorito de Calcio; PH=Peróxido de Hidrogeno; APA=Acido Peroxiacético; FG=Full-Gro.

En la **Figura 23** se observa que en agar PDA el mayor crecimiento de bacterias se obtuvo en el tratamiento con 0.83 ml de HS ($1.3E+07$ ufc·g⁻¹), mientras que el máximo crecimiento de hongos fue en el tratamiento con 100 mg de HC ($3.3E+06$ ufc·g⁻¹).

En Agar Bacteriológico el crecimiento máximo de hongos y bacterias se obtuvo en el tratamiento con 100 mg de HC ($1.3E+07$ ufc·g⁻¹) ($4.0E+05$ ufc·g⁻¹) respectivamente.

En agar PDA el tratamiento con 0.83 ml de HS y 100 ml de APA presentaron inhibición al crecimiento de hongos. El efecto inhibitorio para bacterias se observa en el tratamiento con 100 ml de APA.

En agar bacteriológico el tratamiento con 0.83 ml de HS y 100 ml de APA presentan nuevamente inhibición al crecimiento de hongos. Los tratamientos que inhibieron el crecimiento de bacterias fueron; 0.83 ml de HS, 166.6 ml de PH, 100 ml de APA y 2 ml de FG.

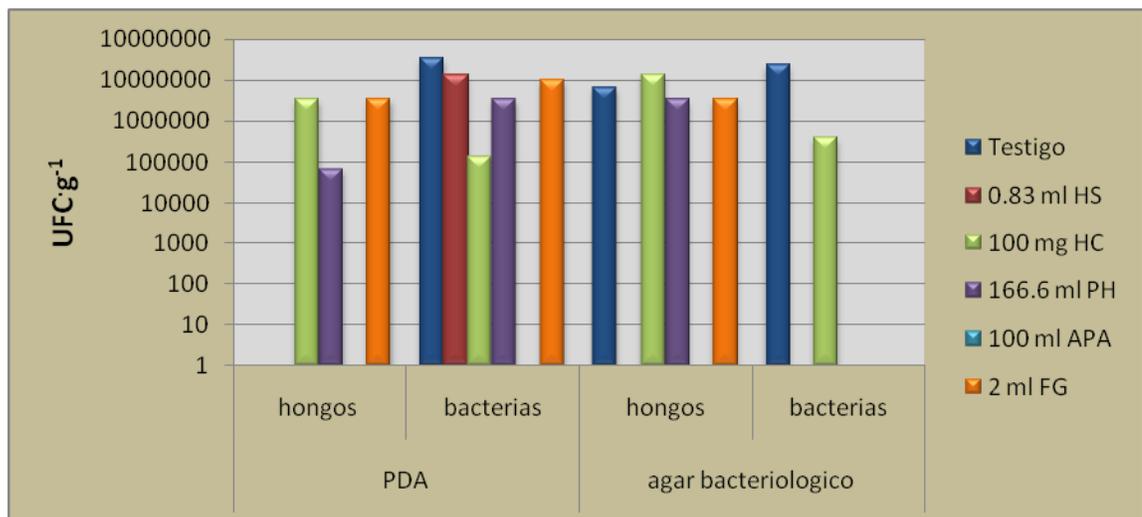


Figura 23. Comportamiento del crecimiento microbiano en UFC·g⁻¹ en agar PDA y agar bacteriológico, en los diferentes sanitizantes en chile jalapeño a los 20 días después de la cosecha. HS=Hipoclorito de Sodio; HC=Hipoclorito de Calcio; PH=Peróxido de Hidrogeno; APA=Acido Peroxiacético; FG=Full-Gro.

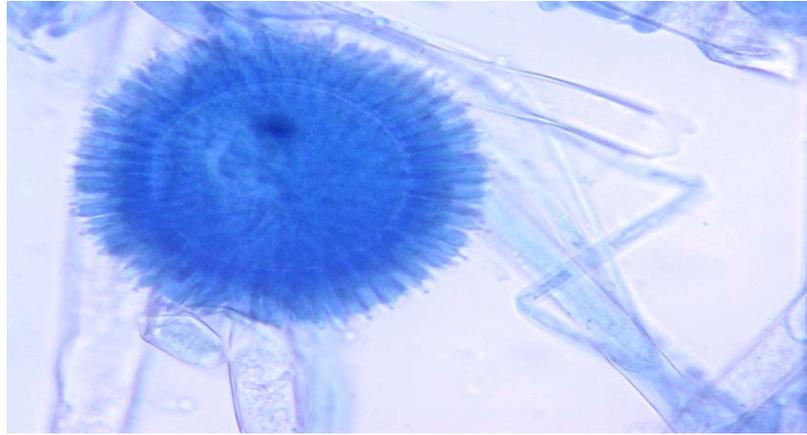
Aspergillus flavus de los hongos superiores, subdivisión *Deuteromycotina*, clase *Hyphomycetes*, orden *Hyphales*, genero *Aspergillus* y especie *A. flavus*. **Figura 24** conidióforo vertical, simple, terminando en una globosa cabeza, irradiando desde el ápice fiálides, conidios unicelulares (Barnett y Hunter, 1998) (Agrios, 1995).

Amblyosporium de los hongos imperfectos, phylum *Ascomycota*, clase *Deuteromycetes*, orden *Hyphomycetes*, orden *Moniliales*, familia *Moniliaceae*, genero *Amblyosporium* y especie *A. Spongiosum*. **Figura 25** a) micelio pálido amarillo-naranja y b) conidióforo erecto, parte septado, ramificado inferior. Con un número de ramas irregulares cerca del ápice, de la que las cadenas de conidios se forman mediante segmentación; en forma de barril (Barnett y Hunter, 1998) (Alexopoulos y Mims, 1996).

Rhizopus stolonifer de los hongos inferiores, división *Mixomycota*, subdivisión *Zygomycotina*, clase *Zygomycetes*, orden *Mucorales*, genero *Rhizopus* y especie *R. stolonifer*. **Figura 26** a) hifas en forma de raíz (rizoides) sin septas maduro (color violeta) e inmaduro (color azul), b) rizoides, esporangióforo, esporangio y esporangiosporas, c) esporangio maduro e inmaduro y d) esporangióforo de *Rhizopus stolonifer* (Barnett y Hunter, 1998) (Agrios, 1995).

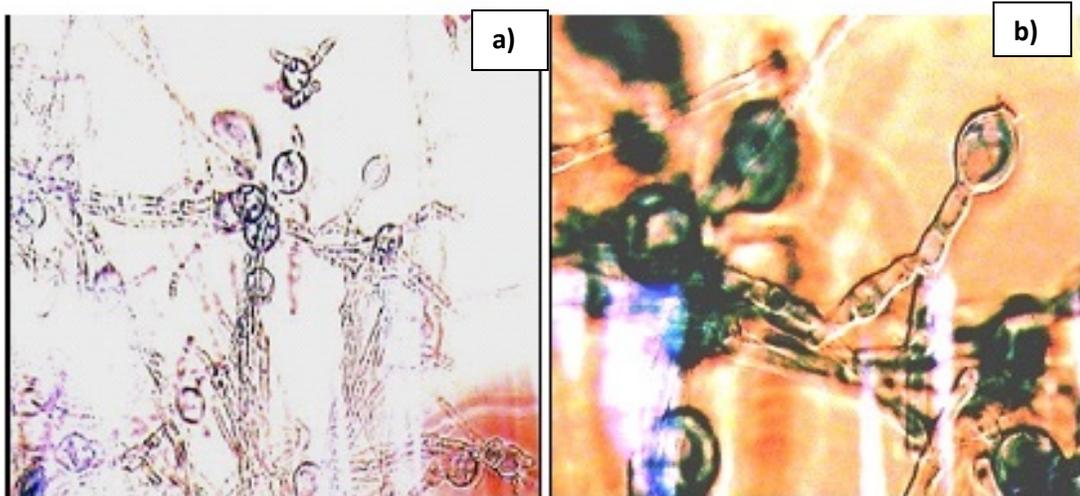
Penicillium expansum de los hongos superiores, subdivisión *Deuteromycotina*, clase *Hyphomycetes*, orden *Hyphales*, genero *Penicillium* y especie *P. expansum*. **Figura 27** conidióforos que surgen a partir del micelio por separado, ramificado cerca del ápice, conidios color brillante, unicelulares, principalmente globosos (Barnett y Hunter, 1998) (Agrios, 1995).

Bacteria procariotas del reino *Prokaryotae*, bacterias, según por su forma se agrupa en los cocos, diplococos gram positivos y no producen espora y Diplobacilos esporulados gram positivos, bacterias no fitopatógenos pero contaminantes del medio ambiente (Agrios, 1995). **Figura 28** a) presencia de diplococos a 100x con aceite de inmersión y diplobacilos esporulados a 100x (b y c).



Fuente: L.L.H.¹

Figura 24. *Aspergillus flavus* presente en chile jalapeño a 40x.



Fuente: L.L.H.¹

Figura 25. *Amblyosporium spongiosum* presente en chile jalapeño, a) 15x y b) 40x.

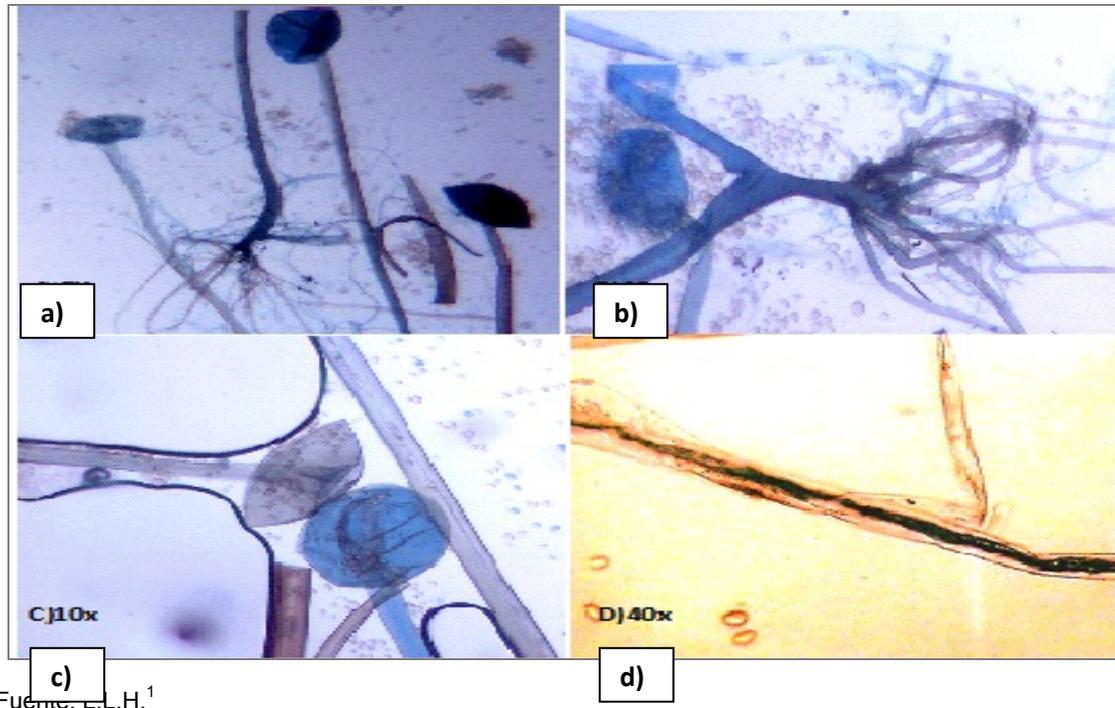
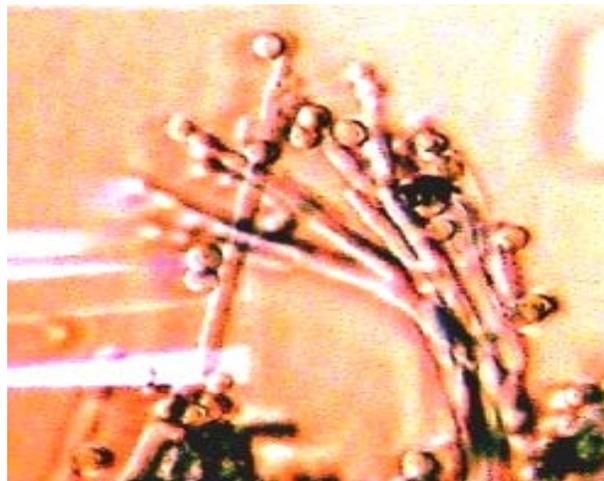
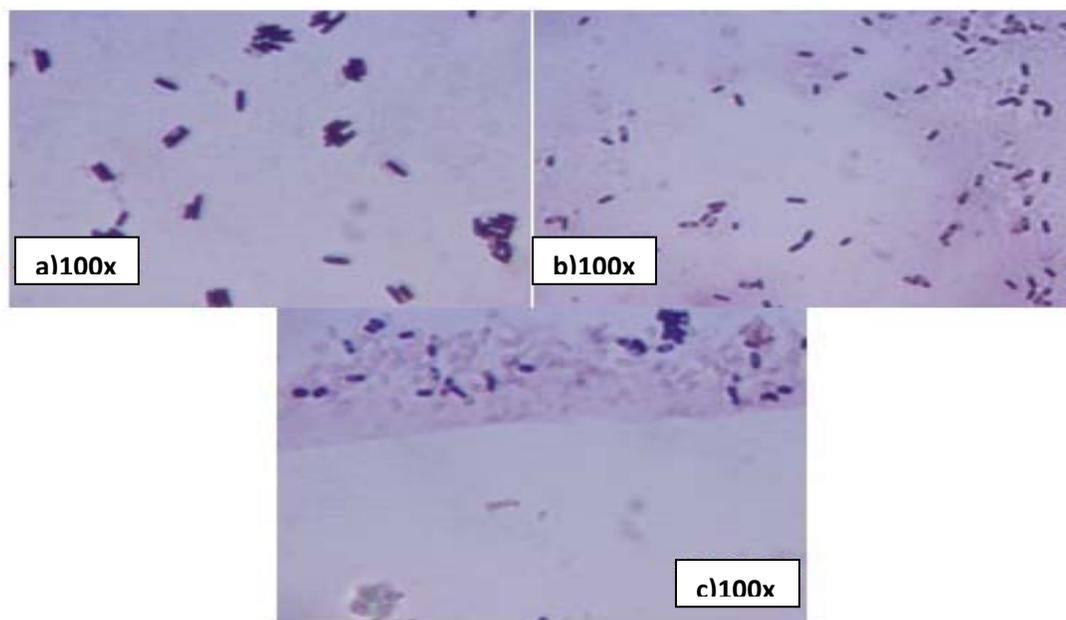


Figura 26. *Rhizopus stolonifer* presente en chile jalapeño, a) 5x, c) 10x y d) 40x.



Fuente: L.L.H¹

Figura 27. *Penicillium expansum* presente en chile jalapeño a 40x.



Fuente: L.L.H.¹

Figura 28. a) Diplococos a 100x con aceite de inmersión, b) Diplobacilos esporulados y c) esporas de Diplobacilos. En chile jalapeño.¹

CONCLUSIONES

- La aplicación de 0.83 ml de hipoclorito de sodio, 100 mg de hipoclorito de calcio, 166.6 ml de peróxido de hidrógeno, 100 ml de ácido peroxiacético y 2 ml de Full Gro durante la poscosecha en chile tipo jalapeño no afectó la vida de anaquel pero sí la calidad y la protección al ataque de microorganismos.
- Los sanitizantes probados no afectaron la pérdida de peso, firmeza, contenido de clorofila total, clorofila a y la coloración en los frutos de chile durante los primeros 10 días después de la cosecha. Sin embargo a los 19 días los chiles mostraron diferencias en las variables pérdida de peso; contenido de clorofila total, clorofila a y clorofila b, así como en el valor de cromaticidad.

¹ L.L.H.= López López Henry.

- La aplicación de 100 ml de ácido peroxiacético fue el más efectivo para reducir la pérdida de peso, mientras que la de 0.83 ml de hipoclorito de sodio mostró el mayor contenido de clorofila total, clorofila a y clorofila b. Por su parte el tratamiento con 100 mg de hipoclorito de calcio fue el que mostro el valor más alto de cromaticidad.
- En las cámaras húmedas el tratamiento con 2 ml de Full Gro fue el más efectivo para proteger a los frutos de chile jalapeño ante el ataque de *Alternaria alternata*, *Fusarium solani* y *Rhizopus stolonifer*. Mientras que los tratamientos menos efectivos fueron los de peróxido de hidrógeno y ácido peroxiacético.
- En los chiles establecidos en condiciones naturales el tratamiento con 100 ml de ácido peroxiacético fue el que presento menor carga microbiana a los 20 días después de la cosecha ya que no mostro crecimiento alguno de bacterias y hongos tanto en el medio con agar-papa-dextrosa ni en el medio con agar bacteriológico.

LITERATURA CITADA

- Abad G. Ph. D. 2002.** Revisión del genero *Fusarium*. Primer taller internacional sobre identificación de hongos y *stramenopilas* transmitidos por semilla. North Carolina State University.
- Agrios G. N. 1995.** Fitopatología. Edición Limusa. Segunda edición. México. 756 p.
- Agroscience. 2013.** Ficha Técnica.
<http://agroscience.cosechamayoresganancias.com/cont/Productos/5/Sanitizantes>. Consultado 06 Febrero 2013.
- Alexopoulos C.J. y Mims C.W. 1996.** Introductory Mycology. Cuarta edición. John Wiley & Sons, New York. Inc. Editorial.

- Bae. 2013.** AG-414-6 cloración y Control de Enfermedades Postcosecha. <http://www.bae.ncsu.edu/programs/extension/publicat/postharv/ag-414-6/index.html>. Consultado 05 Febrero 2013.
- Barnett H. L. y Hunter B. B. 1998.** Illustrated genera of imperfecti fungí. Cuarta edición. pp. 196.
- Barrera J. A., Hernández M. S., Melgarejo L. M. y Fernández J. P. T. 2005.** Physiological changes in amazonic hot pepper accessions during growth, ripening and storage. *Acta Hort.* 682:302-303.
- Bernadac, A., A. Latché, Z. Li, M. Bouzayen y J-C Pech. 2003.** Genetic Engineering for Postharvest Quality. En: Denis Murphy, Brian Thomas, Brian Murray (eds.). *Encyclopedia of Applied Plant Sciences*. 2000 p. Wellesbourne, UK.
- Betelgeux. 2013.** Catálogo de Desinfección: Productos y Equipos para la Desinfección en Industrias Alimentarias. <http://www.betelgeux.es>. Consultado 01 Febrero 2013.
- Block S.S. 1991.** Peroxygen compounds. En: Block SS (ed.) *Disinfection, Sterilization and Preservation*. 4th ed. Lea and Febiger. Philadelphia. pp. 167-181.
- Bottalico A. y Logrieco A. 1992.** *Alternaria Plant diseases in Mediterranean Countries and Associated Mycotoxins*, En: Chelkowski, J.; Visconti A. (Eds), *Alternaria, Biology, Plant Disease and Metabolites*, Amsterdam, Elsevier, volumen 3, 209-232.
- Calvo B. P. 2005.** Sistemas Poscosecha: Generalidades. *In: Memorias de Curso de Capacitación*. PP. 1-20.
- Calvo M. 2001.** Bioquímica de los alimentos: clorofila: <http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/pigmentos/clorofila.html>. Consultado 15 marzo 2013.
- Cantwell M. 2012.** Chiles: Recomendaciones para Mantener la Calidad Postcosecha. Postharvest Technology Center. UC Davis. University of California. <http://postharvest.ucdavis.edu/Hortalizas/Chiles/>. Consultado 20 Febrero 2013.

- Castellano G., Quijada O., Ramírez R y Sayago E. 2005.** Efecto de Tratamientos Poscosecha Sobre la Calidad de las Frutas de Guayaba (*Psidium guajava L.*). Proc. Interamer. Soc. Trop. Hort. 48:111-114.
- Cebe Agricultura. 2011.** <http://www.cebe.es/agricultura.html>. Consultado 29 Enero 2013.
- CESAVEBC (Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Baja California). 2013.** Manual Técnico de Desinfección Poscosecha, Programa de Inocuidad Alimentaria. <http://www.cesavebc.com/PIA/documentos/Manual%20de%20desinfeccion.pdf>. Consultado 11 Febrero 2013
- Coop G. F. Y., Corona C. A. I., Rodríguez R. R. y Herrera R. F. J. 2011.** Conservación de la Calidad Poscosecha en chile habanero (*Capsicum chinense J.*) mediante atmósferas modificadas. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, vol. 12, núm. 1. PP. 80-86. Asociación Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, S.C. Hermosillo, México.
- Cords B. R. y Dychdala G. R. 1993.** Sanitizers: Halogens, Surface-Active Agents and Peroxides. In: Davidson P. M., Branen A. L. Editors. Antimicrobials in Foods. 2Ed. New York, NY: Marcel Dekker Inc. pp. 469-537.
- Díaz P. J. C., Rangel M. D. M. y Gaytán A. 2006.** Fruit size and stage of ripeness affect postharvest water loss in bell pepper fruit (*Capsicum annuum L.*). HortScience 41:504-505.
- FAO. 2004.** Manual para Multiplicadores, Mejoramiento de la Calidad e Inocuidad de las Frutas y Hortalizas Frescas: un Enfoque Practico. Organización de las Naciones Unidas Para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia.
- FAO. 2005.** Informe de Evaluación Nacional, Subprograma de Inocuidad de Alimentos. <https://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:cwTYHAnVwAMJ:ww>

w.senasica.gob.mx/includes/asp/download.asp%3FIdDocumento%3D818%26IdUrl%3D1423+FAO.+2005.+Informe+de+Evaluaci%C3%B3n+Nacional,+Subprograma+de+Inocuidad+de+Alimentos.&hl=en&gl=mx&pid=bl&srcid=ADGEESiiPwehE_7uJj8_KRyl_Hi7ONKuyDIZFtA8t_yDwSA-K5JBnoV7JbTuCNEFH2srhacfhMun7wE4BLgwkKhKrqlJAhc2dUhjC5bT2Lns65yLm4KIE-OjUvBGxpu6FsftzvWNOpn8&sig=AHIEtbRqAHIDbLEMH3v92Y1Sf83NWdP_ZA. Consultado 14 Febrero 2013.

FAO. 2013. La importancia de las pérdidas de Poscosecha. [Http://www.fao.org/docrep/T0073S/T0073S01.htm](http://www.fao.org/docrep/T0073S/T0073S01.htm). Consultado 12 Febrero 2013.

FDA. 2001. Methods to Reduce/ Eliminate Pathogens from Fresh and Fresh-cut Produce en: Analysis and Evaluation of Preventive Control Measures for the Control and Reduction/ Elimination of Microbial Hazards on Fresh and Fresh-cut Produce. <http://www.cfsan.fda.gov/~comm/ift3-5.html>. Consultado 01 Febrero 2013.

García S. J. A. y Nava P. R. J. 2009. El chile jalapeño: su cultivo de temporal en Quintana Roo. Centro de investigación Regional Sureste. Folleto Técnico N°2. Ed. Grupo Impresor Unicornio. Mérida, Yucatán, México.

Garmendia G. y Méndez S. V. 2006. Métodos para la desinfección de frutas y hortalizas, horticultura N° 197. pp. 18-22.

INFO RURAL. 2012 a. Chile, producción Nacional. Info Rural Noticias Agrarias Info Rural <http://www.inforural.com.mx/spip.php?article738>. Consultado 22 Febrero 2013.

INFO RURAL. 2012 b. Chiles, variedades. Info Rural Noticias Agrarias Info Rural. <http://www.inforural.com.mx/spip.php?article7102>. Consultado 22 Febrero 2013.

Infoagro. 2013. Poscosecha y servicios de apoyo a la comercialización. Cursos de Gestión de Agronegocios en Empresas Asociativas Rurales en América Latina. Modulo 4.

http://infoagro.net/programas/agronegocios/pages/cursoGestion/Modulo_IV/Modu04_pdf/Modulo_04.pdf. Consultado 12 Febrero 2013.

Juste F. y Moltó E. 2013. Tecnología de Poscosecha, Calidad de los Productos, Trazabilidad.

<http://publicacions.iec.cat/repository/pdf/00000037/00000046.pdf>. Consultado 15 Febrero 2013.

Kader A. A. 1992. Biología y Tecnología de Postcosecha: Una Revisión General. Postharvest Technology of Horticultural Crops. Curso de invernaderos INCAPA. Univ. Publ. 3311. Pp. 311- 324.

King K. R. 2001. The Presence of Bacterial Pathogens in Recirculating Aquaculture System Biofilms and Their Response to Various Sanitizers, Doctor of Philosophy in Food Science and Technology, Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University. Blacksburg, Virginia.

King, A.D. Jr. y Schade J.E. 1984. *Alternaria* toxins and their importance in food. Journal of Food Protection, 47(11), 886-901.

Kyanko M. V., Russo M. L., Fernández M. y Pose G. 2010. Efectividad del Acido Peracético sobre la reducción de la carga de Esporas de Mohos causantes de Pudrición Poscosecha de Frutas y Hortalizas. Información tecnológica Vol. 21 N° 4, pp. 125-130.

Lenntech. 2013 a. Paracetic Acid as a Disinfectant. <http://www.lenntech.es/procesos/desinfeccion/quimica/desinfectantes-acido-paracético.htm>. Consultado 05 Febrero 2013.

Lenntech. 2013 b. Sodium hypochlorite as a Disinfectant. <http://www.lenntech.es/procesos/desinfeccion/quimica/desinfectantes-hipoclorito-de-sodio.htm>. Consultado 05 Febrero 2013.

Logrieco A. y otros 4 autores. 2003. Epidemiology of Toxigenic Fungi and their Associated Mycotoxins for some Mediterranean Crops. European Journal of Plant Pathology 109, 645.

López P. O. 2007. Manejo Poscosecha de Flor de Calabaza a Diferentes Condiciones de Almacenamiento. Tesis licenciatura en ingeniero

Agroindustrial. Universidad Autónoma de Hidalgo. Tulancingo de Bravo, Hidalgo, México.

- López U. H. O. 2010.** Desarrollo y evaluación de un chile jalapeño (*Capsicum annum*) en salmuera y su diseño de planta. Tesis para el ingeniero agroindustrial alimentaria. Zamorano, Honduras.
- MacDougall D.B. 1988.** Colour vision and appearance measurement. En Sensory analysis of food. (2ª ed.). Piggott J.R. (ed.) Elsevier Applied Science. London y New Cork.
- Marriott N. G. 1999.** En Principles of Food Sanitization. 4th ed. Gaithersburg (MD): Aspen, pp. 147-149.
- Martínez Y., Díaz L. y Manzano J. 2003.** Influences of nitrogen and potassium fertilizer on the quality of “Jupiter” pepper (*Capsicum annum*) under storage. Acta Hort. 628:30-33.
- Meléndez G. y Umaña G. 2005.** Sistemas Poscosecha en Frutas de Mango, Melón y Sandía: Conceptos y Aplicaciones. *In:* Memorias de Curso de Capacitación. 13 de julio 2005.
- Moreno L. S., Guerra C. J. A., Cárdenas A. M. L., Núñez G. M. A. y Gámez G. H. 2010.** Determinación de carotenoides y clorofila en frutos de cuatro variedades de chile (*Capsicum* sp). XII congreso nacional de ciencia y tecnología de alimentos. pp. 231-237.
- Navia M. M. Y Zambrana M. O. 2010.** El Cloro en Poscosecha de Frutas y Hortalizas. Revista de Agricultura. Separatas Técnicas Coleccionables.
- Osuna García, J. A., Y. Nolasco González, L. Ortega Navarrete, R. Sánchez Lucio y M. L. Guzmán Robles. 2011.** Aplicación de sistemas de reducción de riesgos de contaminación en frutales y hortalizas en Nayarit. INIFAP, CIRPAC. Campo Experimental Santiago Ixcuintla. Folleto Técnico No. 17, Santiago Ixcuintla, Nayarit, México.
- Parish M. E., Beuchat L. R., Suslow T. V., Harris L. J., Garrett E. H., Faber J. N. y Busta F. F. 2003.** Methods to reduce/eliminate pathogens from

fresh and fresh-cut produce, chapter V. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety.

Pérez C. L., M. G., Castañón N. N. y Mayek P. 2008. Diversidad morfológica de chiles (*Capsicum* spp.) en Tabasco, México. Rev. Cuad. Biodiversidad 27:11-22.

Polit P. 2013. Manejo Poscosecha de productos hortofrutícolas en fresco. Servicio de Información Agropecuaria del Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador. http://www.sica.gov.ec/agronegocios/sistema%20valor/poscosecha_hortifuticolas.htm. Consultado 11 Febrero 2013.

Quintero R. A., Bourne J. B. y Anzaldúa M. A. 1998. Optimization of low temperatura blanching of frozen Jalapeño pepper (*Capsicum annuum*) using response surface methodology. J. Food. Sci. 63 (3). pp. 519--522.

SAGARPA/SENASICA. 2006. Protocolo de aplicación voluntaria de Buenas prácticas agrícolas y Buenas prácticas de manejo en los procesos de producción, cosecha y empaçado de lechuga para consumo en fresco. Versión 1.0 Junio 2006.

Salunkhe y Kadam. 2004. Tratado de ciencias y tecnología de las hortalizas: El pimiento. Editorial: ACRIBIA, S.A. Zaragoza, España. Pp. 203-222.

Sapers G. M. 2001. Efficacy of washing and sanitizing methods. Food Technology and Biotechnology 39. pp. 305-311.

SAS. Institute. 2009.

SENASICA. 2013. Pagina web. <http://web2.senasica.sagarpa.gob.mx/xportal/inocd/inagri/Doc656/>. Consultado el 15 Febrero 2013.

SIAP. 2010 a. México primer lugar mundial en la producción de chile verde. http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=310:mexico-primer-lugar-mundial-en-produccion-de-chile-verde-y-sexto-en-la-de-chile-seco&catid=6:boletines&Itemid=335. Consultado 22 Febrero 2013.

- SIAP. 2010 b.** Un panorama del cultivo del chile. http://www.siap.gob.mx/images/stories/infogramas/100705_monografia-chile.pdf. Consultado 22 Febrero 2013.
- Silveira A. C., Conesa A., Aguayo E. y Artes F. 2008.** Alternative Sanitizers to chlorine for use on fresh-cut “Galia” (Cucumis melon var. catalupensis) melon. *Journal of Food Science* 73, 405-411.
- Teles de Sousa G. M. 2006.** Estudio del comportamiento poscosecha de la ciruela “reina Claudia verde”. Tesis doctoral. Universidad de Extremadura. Badajoz.
- Ukuku D. O. 2004.** Effect of hydrogen peroxide treatment on microbial quality and appearance of whole and fresh-cut melons contaminated with *Salmonella* spp. *International Journal of Food Microbiology* 95. pp. 137-146.
- UM FDA. 2002.** Mejorando la Seguridad y Calidad de Frutas y Hortalizas Frescas: Manual de Formación para Instructores: SECCIÓN III; Good Manufacturing Practices (GMPS) - Buenas Prácticas para la Manipulación, Embalaje, Almacenamiento y Transporte de Productos Frescos. pp. 114-149.
- USAID. 2006.** Boletín Técnico de Poscosecha: Manejo Poscosecha de Chile Jalapeño. Programa de Diversificación Económica Rural. http://www.fintrac.com/cpanelx_pu/USAID%20RED/USAID_RED_Poscosecha_Jalapeno_10_06.pdf. Consultado 20 Febrero 2013.
- Van de Velde F., Tavella A., Piagentini A., Güemes D. y Pirovani M., 2010.** Retención de Compuestos Bioactivos en el Lavado Desinfección de Frutillas Mínimamente Procesadas con Acido Peracético, *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*. Vol. 11, N° 2. pp. 162-170.
- Vázquez G. E., Ramírez M. M., Mata V. H, Ariza F. R. y Alía T. I. 2010.** Atributos de calidad y vida de anaquel de frutos de cultivares de chile serrano en México. *Revista fitotecnia mexicana*, vol. 33, núm. 4. pp. 79-82. sociedad mexicana de fitogenética, a. c. 0187-7380.

Velázquez M. G., Bautista S. B., Hernández A. N., Guerra M. G. y Amora I. 2008. Estrategias de control de *Rhizopus stolonifer* ehrenb. (Ex fr.) lind, agente causal de pudriciones postcosecha en productos agrícolas. Revista mexicana de fitopatología, año/vol. 26, número 001. Sociedad mexicana de fitopatología, a. c. ciudad obregón, México. pp. 49-55

APÉNDICE

Cuadro 7. Análisis de varianza para la variable pérdida de peso en chile jalapeño en la primera evaluación durante su Poscosecha.

F.V.	G. L.	C. M	F	Pr > F
Tratamiento	5	1.3474	1.02	0.4200
Repetición	9	1.0619	0.80	0.6182
Modelo	14	1.1639	0.88	0.5874
Error	45	1.3273		
C. V.			36.2683	
Media			3.1766	

F.V.: fuente de variación; G.L.: grados de libertad; C.M.: cuadrados medios; F; Pr>F; **: alta diferencia significativa; CV: coeficiente de variación.

Cuadro 8. Análisis de varianza para la variable pérdida de peso en chile jalapeño en la segunda evaluación durante su Poscosecha.

F.V.	G. L.	C. M	F	Pr > F
Tratamiento	5	1.3474	1.02	0.4200

Repetición	9	1.0619	0.80	0.6182
Modelo	14	1.1639	0.88	0.5874
Error	45	1.3273	-	-
C. V.			31.3361	
Media			3.6766	

F.V.: fuente de variación; G.L.: grados de libertad; C.M.: cuadrados medios; F; Pr>F; **: alta diferencia significativa; CV: coeficiente de variación

Cuadro 9. Análisis de varianza para la variable pérdida de peso en chile jalapeño en la tercera evaluación durante su Poscosecha.

F.V.	G. L.	C. M	F	Pr > F
Tratamiento	5	10.5812	3.34	0.0119
Repetición	9	4.2032	1.33	0.2500
Modelo	14	6.481	2.05	0.0352
Error	45	3.166	-	-
C. V.			26.2825	
Media			6.7700	

F.V.: fuente de variación; G.L.: grados de libertad; C.M.: cuadrados medios; F; Pr>F; **: alta diferencia significativa; CV: coeficiente de variación

Cuadro 10. Análisis de varianza para la variable firmeza en chile jalapeño en la primera evaluación durante su Poscosecha.

F.V.	G. L.	C. M	F	Pr > F
Tratamiento	5	0.5438	0.51	0.7669
Repetición	9	1.1449	1.07	0.3996
Modelo	14	0.9302	0.87	0.5911
Error	45	1.0654		
C. V.			17.3220	
Media			5.9588	

F.V.: fuente de variación; G.L.: grados de libertad; C.M.: cuadrados medios; F; Pr>F; **: alta diferencia significativa; CV: coeficiente de variación

Cuadro 11. Análisis de varianza para la variable firmeza en chile jalapeño en la segunda evaluación durante su Poscosecha.

F.V.	G. L.	C. M	F	Pr > F
Tratamiento	5	0.5438	0.51	0.7669

Repetición	9	1.1449	1.07	0.3996
Modelo	14	0.9302	0.87	0.5911
Error	45	1.0654		
C. V.			15.9810	
Media			6.4588	

F.V.: fuente de variación; G.L.: grados de libertad; C.M.: cuadrados medios; F; Pr>F; **: alta diferencia significativa; CV: coeficiente de variación

Cuadro 12. Análisis de varianza para la variable firmeza en chile jalapeño en la tercera evaluación durante su Poscosecha.

F.V.	G. L.	C. M	F	Pr > F
Tratamiento	5	0.44	0.48	0.7877
Repetición	9	1.6219	1.78	0.0995
Modelo	14	1.1998	1.31	0.2368
Error	45	0.9127		
C. V.			14.3968	
Media			6.6359	

F.V.: fuente de variación; G.L.: grados de libertad; C.M.: cuadrados medios; F; Pr>F; **: alta diferencia significativa; CV: coeficiente de variación

Cuadro 13. Análisis de varianza para la variable clorofila total en chile jalapeño en la primera evaluación durante su Poscosecha.

F.V.	G. L.	C. M	F	Pr > F
Tratamiento	5	0.0133	2.56	0.0967
Repetición	2	0.0003	0.06	0.9428
Modelo	7	0.0096	1.84	0.1833
Error	10	0.0052		
C. V.			22.3959	
Media			0.3226	

F.V.: fuente de variación; G.L.: grados de libertad; C.M.: cuadrados medios; F; Pr>F; **: alta diferencia significativa; CV: coeficiente de variación

Cuadro 14. Análisis de varianza para la variable clorofila total en chile jalapeño en la segunda evaluación durante su Poscosecha.

F.V.	G. L.	C. M	F	Pr > F
Tratamiento	5	0.0133	2.56	0.0967

Repetición	2	0.0003	0.06	0.9428
Modelo	7	0.0096	1.84	0.1833
Error	10	0.0052	-	-
C. V.			23.1122	
Media			0.3126	

F.V.: fuente de variación; G.L.: grados de libertad; C.M.: cuadrados medios; **F**; **Pr>F**; **: alta diferencia significativa; CV: coeficiente de variación

Cuadro 15. Análisis de varianza para la variable clorofila total en chile jalapeño en la tercera evaluación durante su Poscosecha.

F.V.	G. L.	C. M	F	Pr > F
Tratamiento	5	0.0115	4.04	0.0288
Repetición	2	0.0235	8.23	0.0077
Modelo	7	0.0149	5.24	0.0097
Error	10	0.0028	-	-
C. V.			18.4089	
Media			0.2905	

F.V.: fuente de variación; G.L.: grados de libertad; C.M.: cuadrados medios; **F**; **Pr>F**; **: alta diferencia significativa; CV: coeficiente de variación

Cuadro 16 Análisis de varianza para la variable clorofila A en chile jalapeño en la primera evaluación durante su Poscosecha.

F.V.	G. L.	C. M	F	Pr > F
Tratamiento	5	0.0035	2.56	0.0965
Repetición	2	0.00008	0.06	0.9424
Modelo	7	0.0025	1.85	0.1829
Error	10	0.0013		
C. V.			23.0995	
Media			0.1617	

F.V.: fuente de variación; G.L.: grados de libertad; C.M.: cuadrados medios; **F**; **Pr>F**; **: alta diferencia significativa; CV: coeficiente de variación

Cuadro 17. Análisis de varianza para la variable clorofila A en chile jalapeño en la segunda evaluación durante su Poscosecha.

F.V.	G. L.	C. M	F	Pr > F
------	-------	------	---	--------

Tratamiento	5	0.00063	0.96	0.4872
Repetición	2	0.00072	1.09	0.3731
Modelo	7	0.00065	0.99	0.4864
Error	10	0.00066		
C. V.			14.9536	
Media			0.1722	

F.V.: fuente de variación; G.L.: grados de libertad; C.M.: cuadrados medios; **F**; **Pr>F**; **: alta diferencia significativa; CV: coeficiente de variación

Cuadro 18. Análisis de varianza para la variable clorofila A en chile jalapeño en la tercera evaluación durante su Poscosecha.

F.V.	G. L.	C. M	F	Pr > F
Tratamiento	5	0.0054	8.37	0.0024
Repetición	2	0.0062	9.74	0.0045
Modelo	7	0.0056	8.76	0.0014
Error	10	0.0006	-	-
C. V.			19.1571	
Media			0.1327	

F.V.: fuente de variación; G.L.: grados de libertad; C.M.: cuadrados medios; **F**; **Pr>F**; **: alta diferencia significativa; CV: coeficiente de variación

Cuadro 19. Análisis de varianza para la variable clorofila B en chile jalapeño en la primera evaluación durante su Poscosecha.

F.V.	G. L.	C. M	F	Pr > F
Tratamiento	5	0.0032	2.56	0.0966
Repetición	2	0.00007	0.06	0.9432
Modelo	7	0.0023	1.85	0.1831
Error	10	0.0012		
C. V.			22.3966	
Media			0.1589	

F.V.: fuente de variación; G.L.: grados de libertad; C.M.: cuadrados medios; **F**; **Pr>F**; **: alta diferencia significativa; CV: coeficiente de variación

Cuadro 20. Análisis de varianza para la variable clorofila B en chile jalapeño en la segunda evaluación durante su Poscosecha.

F.V.	G. L.	C. M	F	Pr > F
Tratamiento	5	0.0163	4.89	0.0160

Repetición	2	0.0019	0.59	0.5712
Modelo	7	0.0122	3.66	0.0316
Error	10	0.0033		
C. V.			41.0643	
Media			0.1407	

F.V.: fuente de variación; G.L.: grados de libertad; C.M.: cuadrados medios; F; Pr>F; **: alta diferencia significativa; CV: coeficiente de variación

Cuadro 21. Análisis de varianza para la variable clorofila B en chile jalapeño en la tercera evaluación durante su Poscosecha.

F.V.	G. L.	C. M	F	Pr > F
Tratamiento	5	0.0079	4.89	0.0159
Repetición	2	0.0055	3.38	0.0757
Modelo	7	0.0072	4.46	0.0169
Error	10	0.0016		
C. V.			25.5491	
Media			0.1580	

F.V.: fuente de variación; G.L.: grados de libertad; C.M.: cuadrados medios; F; Pr>F; **: alta diferencia significativa; CV: coeficiente de variación

Cuadro 22. Análisis de varianza para la variable luminosidad L* en chile jalapeño en la primera evaluación durante su Poscosecha.

F.V.	G. L.	C. M	F	Pr > F
Tratamiento	5	1.7079	0.6	0.6965
Repetición	9	3.4421	1.22	0.3077
Modelo	14	2.8227	1	0.4701
Error	45	2.8241		
C. V.			5.0321	
Media			33.3960	

F.V.: fuente de variación; G.L.: grados de libertad; C.M.: cuadrados medios; F; Pr>F; **: alta diferencia significativa; CV: coeficiente de variación

Cuadro 23. Análisis de varianza para la variable luminosidad L* en chile jalapeño en la segunda evaluación durante su Poscosecha.

F.V.	G. L.	C. M	F	Pr > F
Tratamiento	5	1.7079	0.6	0.6965

Repetición	9	3.4421	1.22	0.3077
Modelo	14	2.8227	1	0.4701
Error	45	2.8241		
C. V.			5.1874	
Media			32.3960	

F.V.: fuente de variación; G.L.: grados de libertad; C.M.: cuadrados medios; F; Pr>F; **: alta diferencia significativa; CV: coeficiente de variación

Cuadro 24. Análisis de varianza para la variable luminosidad L* en chile jalapeño en la tercera evaluación durante su Poscosecha.

F.V.	G. L.	C. M	F	Pr > F
Tratamiento	5	25.1058	2.04	0.0909
Repetición	9	5.7673	0.47	0.8878
Modelo	14	12.6739	1.03	0.4425
Error	45	12.3023		
C. V.			10.1409	
Media			34.5871	

F.V.: fuente de variación; G.L.: grados de libertad; C.M.: cuadrados medios; F; Pr>F; **: alta diferencia significativa; CV: coeficiente de variación

Cuadro 25. Análisis de varianza para la variable valor C* en chile jalapeño en la primera evaluación durante su Poscosecha.

F.V.	G. L.	C. M	F	Pr > F
Tratamiento	5	6.8581	1.42	0.2353
Repetición	9	4.475	0.93	0.5114
Modelo	14	5.3261	1.1	0.3812
Error	45	4.8287		
C. V.			25.9709	
Media			8.4611	

F.V.: fuente de variación; G.L.: grados de libertad; C.M.: cuadrados medios; F; Pr>F; **: alta diferencia significativa; CV: coeficiente de variación

Cuadro 26. Análisis de varianza para la variable valor C* en chile jalapeño en la segunda evaluación durante su Poscosecha.

F.V.	G. L.	C. M	F	Pr > F
Tratamiento	5	6.8581	1.42	0.2353
Repetición	9	4.475	0.93	0.5114
Modelo	14	5.3261	1.1	0.3812
Error	45	4.8287		
C. V.			23.2259	
Media			9.4611	

F.V.: fuente de variación; G.L.: grados de libertad; C.M.: cuadrados medios; F; Pr>F; **: alta diferencia significativa; CV: coeficiente de variación

Cuadro 27. Análisis de varianza para la variable valor C* en chile jalapeño en la tercera evaluación durante su Poscosecha.

F.V.	G. L.	C. M	F	Pr > F
Tratamiento	5	173.4451	1.9	0.1140
Repetición	9	45.3112	0.50	0.87
Modelo	14	91.0733	1	0.4739
Error	45	91.5006		
C. V.			62.0585	
Media			15.4138	

F.V.: fuente de variación; G.L.: grados de libertad; C.M.: cuadrados medios; F; Pr>F; **: alta diferencia significativa; CV: coeficiente de variación

Cuadro 28. Análisis de varianza para la variable valor h* en chile jalapeño en la primera evaluación durante su Poscosecha.

F.V.	G. L.	C. M	F	Pr > F
Tratamiento	5	47.89	0.88	0.5040
Repetición	9	50.7376	0.93	0.5093
Modelo	14	49.7206	0.91	0.554
Error	45	54.5917		
C. V.			5.5312	
Media			133.5796	

F.V.: fuente de variación; G.L.: grados de libertad; C.M.: cuadrados medios; F; Pr>F; **: alta diferencia significativa; CV: coeficiente de variación

Cuadro 29. Análisis de varianza para la variable valor h* en chile jalapeño en la segunda evaluación durante su Poscosecha.

F.V.	G. L.	C. M	F	Pr > F
Tratamiento	5	47.8901	0.88	0.5040
Repetición	9	50.7377	0.93	0.5093
Modelo	14	49.7207	0.91	0.554
Error	45	54.5916		
C. V.			5.4901	
Media			134.5796	

F.V.: fuente de variación; G.L.: grados de libertad; C.M.: cuadrados medios; F; Pr>F; **: alta diferencia significativa; CV: coeficiente de variación

Cuadro 30. Análisis de varianza para la variable valor h* en chile jalapeño en la tercera evaluación durante su Poscosecha.

F.V.	G. L.	C. M	F	Pr > F
Tratamiento	5	137.7029	0.86	0.5158
Repetición	9	172.3916	1.08	0.3989
Modelo	14	160.0028	1	0.4711
Error	45	160.2651		
C. V.			9.7019	
Media			130.4855	

F.V.: fuente de variación; G.L.: grados de libertad; C.M.: cuadrados medios; F; Pr>F; **: alta diferencia significativa; CV: coeficiente de variación

Cuadro 31. Análisis de varianza para la variable por ciento de infección en chile jalapeño en la primera evaluación durante su Poscosecha.

F.V.	G. L.	C. M	F	Pr > F
Tratamiento	5	19.2	99999.9	0.0001
Repetición	3	0	-	-
Modelo	8	12	99999.9	0.0001
Error	15	0	-	-
C. V.			0.0000	
Media			3.0000	

F.V.: fuente de variación; G.L.: grados de libertad; C.M.: cuadrados medios; F; Pr>F; **: alta diferencia significativa; CV: coeficiente de variación

Cuadro 32. Análisis de varianza para la variable por ciento de infección en chile jalapeño en la segunda evaluación durante su Poscosecha.

F.V.	G. L.	C. M	F	Pr > F
Tratamiento	5	94.16	5.75	0.0037
Repetición	3	93.05	5.68	0.0084
Modelo	8	93.75	5.72	0.0019
Error	15	16.38		
C. V.			45.4000	
Media			8.9166	

F.V.: fuente de variación; G.L.: grados de libertad; C.M.: cuadrados medios; F; Pr>F; **: alta diferencia significativa; CV: coeficiente de variación

Cuadro 33. Análisis de varianza para la variable por ciento de infección en chile jalapeño en la tercera evaluación durante su Poscosecha.

F.V.	G. L.	C. M	F	Pr > F
Tratamiento	5	944.66	7.51	0.0010
Repetición	3	525.11	4.17	0.0246
Modelo	8	787.33	6.26	0.0012
Error	15	125.77		
C. V.			47.3800	
Media			23.6600	

F.V.: fuente de variación; G.L.: grados de libertad; C.M.: cuadrados medios; F; Pr>F; **: alta diferencia significativa; CV: coeficiente de variación

Cuadro 34. Análisis de varianza para la variable por ciento de infección en chile jalapeño en la cuarta evaluación durante su Poscosecha.

F.V.	G. L.	C. M	F	Pr > F
Tratamiento	5	1661.66	8.8	0.0005
Repetición	3	601.38	3.18	0.0545
Modelo	8	1264.06	6.69	0.0008
Error	15	188.88		-
C. V.			36.2470	
Media			37.9100	

F.V.: fuente de variación; G.L.: grados de libertad; C.M.: cuadrados medios; F; Pr>F; **: alta diferencia significativa; CV: coeficiente de variación