



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLÁN

CONSERVACIÓN DE VERDOLAGA MÍNIMAMENTE
PROCESADA PROVENIENTE DEL SUELO E
HIDROPÓNICA, DESINFECTADA CON UN AGENTE
A BASE DE COMPUESTOS BIOACTIVOS.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO EN ALIMENTOS

P R E S E N T A N:

JORGE SEBASTIÁN CONTRERAS ORTEGA

CLARA ARELY OLIVARES TORRES

ASESORAS: Dra. Ma. Andrea Trejo Márquez

M. en C. Selene Pascual Bustamante

CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO 2014



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, autoriza al alumno:
Jorge Sebastián Contreras Ortega

Con número de cuenta: **409022913** a presentar el: **Trabajo de Tesis**

Conservación de verdolaga mínimamente procesada proveniente del suelo e hidropónica, desinfectada con un agente a base de compuestos bioactivos

Bajo la asesoría de la: **Dra. María Andrea Trejo Márquez**
Para obtener el título de: **Ingeniero en Alimentos**

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA Y FECHA
PRESIDENTE	<u>Dr. José Francisco Montiel Sosa</u>	 18-02-14
VOCAL	<u>M. en C. Ignacio Martínez Trejo</u>	 19-02-14
SECRETARIO	<u>Dra. María Andrea Trejo Márquez</u>	 18-02-14
1er. SUPLENTE	<u>M. en C. María Elena Pahua Ramos</u>	 18-02-14
2do. SUPLENTE	<u>M. en C. Alma Adela Lira Vargas</u>	 21-02-14

Atentamente notificamos su participación en la revisión y evaluación del trabajo para que en un plazo no mayor a 30 días hábiles emita su VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cuautitlán Izcalli, Méx. a de de 2014.

M. EN A. ISMAEL FERNÁNDEZ MAURICIO
JEFE DEL DEPARTAMENTO

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES**

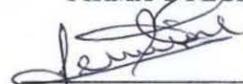
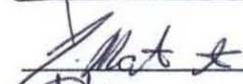
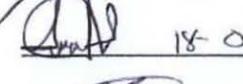
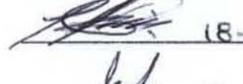
Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, autoriza al alumno:
Clara Arely Olivares Torres

Con número de cuenta: **306089004** a presentar el: **Trabajo de Tesis**

Conservación de verdolaga mínimamente procesada proveniente del suelo e hidropónica, desinfectada con un agente a base de compuestos bioactivos

Bajo la asesoría de la: **Dra. María Andrea Trejo Márquez**
Para obtener el título de: **Ingeniera en Alimentos**

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA Y FECHA
PRESIDENTE	<u>Dr. José Francisco Montiel Sosa</u>	 18-02-14
VOCAL	<u>M. en C. Ignacio Martínez Trejo</u>	 19-02-14
SECRETARIO	<u>Dra. María Andrea Trejo Márquez</u>	 18-02-14
1er. SUPLENTE	<u>M. en C. María Elena Pahua Ramos</u>	 18-02-14
2do. SUPLENTE	<u>M. en C. Alma Adela Lira Vargas</u>	 21-02-14

Atentamente notificamos su participación en la revisión y evaluación del trabajo para que en un plazo no mayor a 30 días hábiles emita su VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cuautitlán Izcalli, Mex. a 17 de febrero de 2014.

**M. EN A. ISMAEL HERNANDEZ MAURICIO
JEFE DEL DEPARTAMENTO**

NOTA: los sinodales, suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).

HHA/iac
Ingeniería en Alimentos



AGRADEZCO...

A Dios por permitirme haber llegado hasta este punto de la vida, brindándome todo lo que he necesitado para continuar.

A mis padres que han sabido llevarme de la mano siempre, por sus consejos que me han brindado, por el apoyo incondicional. Porque encontrándome yo en el camino de ser mujer y profesionalista nunca me han hecho falta pues siempre han estado ahí para mí sin que yo se los pida. Por lo tanto los logros en mi vida también les pertenecen.

A ti, **Clara Torres Figueroa**, por enseñarme siempre que todo se puede conseguir siempre y cuando me lo proponga. Que hay que ser fuerte cuando sea necesario y que es válido llorar para limpiar aquello que nos nubla la vista. Eres mi ejemplo de madre a seguir como mamá, sólo espero tener la misma sabiduría que tú cuando tenga licencia de representar tan grande papel. Te amo mami.

A ti, **Victor Olivares Reyes** por ser ese padre ejemplar que me ha enseñado a valorar cada detalle de la vida, por enseñarme que con esfuerzo y voluntad se pueden ir cumpliendo los sueños cuando menos me lo espere, por saber guiarme para convertirme en una persona de bien, ayudándome a distinguir aquello que puede ser perjudicial para mí. Siempre valoraré y amaré tu fortaleza para apoyarnos como familia, desde el día en que decidiste unirse con mi mami. Te amo papi.

Gracias a mis hermanos, de quienes, aunque menores que yo, y latositos, también he recibido valiosas enseñanzas.

Cynthia Sarai Olivares Torres, siempre tan loquita tú, alegras mis días con tu gracia para contar anécdotas, con lo risueña que eres. Aunque a veces no lo parezca valoro demasiado tus consejos y lo que me cuentas acerca de la escuela, tus amigos etc. Mi amiga



siempre dispuesta a escucharme aunque a veces te repita mis historias. No olvides nunca que cuentas con mi apoyo incondicional. Te amo hermanita.

Isaac Olivares Torres, no importa que te enojés, siempre serás mi hermanito chiquito. Aunque serio y reservado en el exterior, sé que tus sentimientos por la gente que quieres, son extremadamente profundos y fuertes. ¿Sabes? nunca voy a olvidar de ti la actitud que tomaste para que no tuviera preocupaciones el día de mis XV, ¿lo recuerdas?, ojala te hubieras divertido más ese día. Ten siempre presente que también puedes contar conmigo cuando me necesites. Te amo hermanito. Recuérdalo.

P. Alejandro Gómez Arellano, contigo descubrí este sentimiento tan bonito llamado amor, que complementa mi vida. No se cuenta una relación por el tiempo, si no por las experiencias vividas tanto buenas como malas. Crecimos y hemos aprendido mucho juntos. Hoy tú y yo sabemos porque seguimos aquí, compartiendo días maravillosos. Gracias amor por todo y porque has estado conmigo también apoyándome en este camino a ser profesionalista. Te Amo.

A mis abuelitos **Leonardo Torres Herrera** y su viejita **Clara Torres Figueroa**, a **José G. P. C. Olivares Saldívar** con su Chuy, **Ma. De Jesús Reyes Maldonado**, por haber tenido todos la ocurrencia de ir a vivir en el mismo lugar para que mis padres se conocieran. Espero que en el cielo y aquí en la tierra, se sientan también orgullosos de este logro.

A mis primas **Sandy, Andy Valencia, Monse, Belen, Fati, Andy Torres, Dianita** porque con ellas compartí mi maravillosa infancia y me enorgullece también verlas hoy convertidas en mujercitas bonitas, auténticas y trabajadoras. Ojalá nunca se nos acaben estos días niñas. Las amo.

A todos mis primos y tíos porque después de mis padres y abuelitos, también recibí alguna vez una lección o consejo suyos que contribuyeron a mi formación como persona. Sé que el día que lo necesite, también puedo contar con ustedes.



A mis amigos **Ivonne, Nelly, Adri, Dany, Julia y Andre** porque a lo largo de la carrera disfrutamos, reímos y en ocasiones lloramos juntos. Siempre han estado conmigo en las malas, en las buenas y en dos que tres imprudencias. Que gusto haberlos conocido chicos. Amigos como ustedes, pocos. Los quiero mucho y ojalá la vida nos permita compartir más experiencias juntos.

A ti **J. Sebastián Contreras Ortega**, porque, aunque ya habíamos compartido semestres previos, este último me diste la oportunidad de conocerte más y de considerarte un verdadero amigo. La verdad es que sí, yo si voy a extrañar a mi compañerito de tesis aunque a veces sólo se dedicaba a molestarme por su hiperactividad. Gracias por escucharme y compartir conmigo anécdotas, secretos, ratos de diversión y también de estudio. Eres un niño muy inteligente, a veces rebelde, pero siempre sensato. Me da mucho gusto en verdad compartir este trabajo contigo. Ahora si, después de tantos retrasos, por fin lo hicimos!! Te quiero mucho Sebitas.

A **Itzelita, Jony, Verito y Andrés** porque tuve la suerte de encontrarlos en el taller, que aparte de ser el último paso en la carrera, me ayudó a conocerlos y crear nuevos lazos de amistad aun cuando fue poco tiempo. Me encantó reír con ustedes chicos, compartir asuntos escolares y sobretodo personales. Ojalá que esto dure más allá de un semestre, por que en verdad les tomé mucho cariño.

A la **UNAM** por haberme abierto sus puertas desde el CCH, por darme a conocer desde entonces el sentido y el valor de ser estudiante, por hacer que me enamorara de ella.

Arely Olivares



Primero y antes que nada quiero dar gracias hoy y siempre a **mi familia**, la cual siempre ha estado conmigo a cada paso que doy al frente y atrás también, sólo espero que comprendan que mis ideales, esfuerzos y logros han sido también suyos e inspirados en ustedes. Su apoyo a mis estudios, que con su esfuerzo los han hecho posible.

A mi madre **Araceli Ortega**, que además de siempre mantenerme bien alimentado durante la carrera, con su ejemplo me demostró que es cuestión de decisión para lograr las cosas, por aceptarme como soy con mis cambios de humor, mi seriedad y mis defectos. Por ti puedo decir que soy feliz conmigo mismo. Gracias a ti he aprendido a tener buena cara todos los días sin importar lo mal que nos sintamos por dentro. Eres tú el motor de tus hijos, sin ti nuestros logros no serían los mismos de los cuales hoy nos sentimos orgullosos.

A mi padre **Jorge Contreras**, que con su esfuerzo, confianza y apoyo he logrado realizar dos de mis más grandes metas en la vida. La culminación de mi carrera profesional y el hacerlos sentirse orgullosos de mí.

A mi tío **Fernando Ortega**, nuestro segundo padre a quien jamás encontraré la forma de agradecerte el que me hayas brindado tu cariño y apoyo incondicional que siempre he recibido de ti y con el cual he logrado culminar este logro, así como con mis hermanos.

A mis hermanos **David Rodríguez Ortega y Jessica Contreras**, que a pesar de que año con año nuestras vidas van tomando rumbos diferentes nuestros lazos de hermandad deberán fortalecerse, sin que nada ni nadie interfiera en ellos. David, como mi hermano mayor te doy las gracias por cuidar de mí, preocuparte y apoyarme siempre que acudo a ti. Pamela, desde que entraste a la secundaria nos alejamos pero en este último año la distancia se ha acortado y me siento bien con estos cambios, espero siga mejorando nuestra relación. Gracias por esas pláticas largas y que hacen cambiar mi forma de ver las cosas.

A mis **abuelos** que cada noche se preocuparon por mi llegada, las mañanas que iba a desayunar y durante el día que iba comer, su interés en mi es algo que nunca podre recompensarles. Sólo espero que con este logro les haga concluir que no lo hicieron mal.



A mis amigos, que durante estos años han compartido momentos y situaciones que me ha llevado a verlos como mis hermanos. **Omar García, Cristina Márquez, Yared Bravo y Saúl Franco**, desde la prepa uds fueron fuente de interminables risas y créanme que cada vez que los veo, sé que son pocas las ocasiones, lo hago con un gusto enorme, soy el primero de nosotros y estaré en espera del examen de cada uno de uds.

A la nueva familia que forme pudiendo elegirla a gusto y placer **Carmen Fabián, Sergio Ojeda, Beatriz Vázquez Maya, Luis Medellín** compartiendo experiencias durante 5 años, haberme servido de guía haciendo permanecer enfocado y este logro también es gracias a uds.

A **Jonathan Velázquez**, que a pesar de habernos conocido a más de la mitad de la carrera encontré en ti a un amigo y consejero excelente, a un amigo que también me buscaba para aconsejarme y que de aquí en adelante nuestra amistad continuará por mucho tiempo. En las buenas y en las malas.

A **Arely Olivares** la cual le debo la mitad de este trabajo, la mitad del esfuerzo para culminarlo y una vida entera de paciencia para aguantarme hahahaha. Y demostrar tu compromiso conmigo y el taller siempre estuvo ahí presente, para desvelarnos, sacrificando fines de semana incluso vacaciones. Jamás, jamás me arrepentiré de haberte elegido como mi compañera de tesis, definitivamente encontré un excelente acoplamiento y una alta responsabilidad, que difícilmente entre amigos se encuentra. Gracias.

A **Iván Mancilla** que mereces un apartado por haber sido mi apoyo durante 4 años de mi carrera y uno extra, tus consejos, la experiencias vividas de las cuales muchas no me hubiera imaginado que las haría, se que fuimos apoyos mutuos y juntos fuimos creciendo, después de todo este tiempo llega la hora de empezar a cosechar nuestro esfuerzo. No pierdas de vista tus objetivos y no dejes de crecer que por mi parte no lo haré.

Sebastián Contreras



A la máxima casa de estudios que es la **UNAM** por abrirnos las puertas para formar parte de su gran familia, y con su renombre darnos paso como profesionistas y ciudadanos responsables en la sociedad.

A **FES Cuautitlán** por darnos un lugar en la maravillosa carrera de Ingeniería en Alimentos, por darnos las herramientas que nos ayuden a cumplir con nuestro deber para con el país.

Aparentemente han sido muchos años de estudio, sin embargo pasaron muy rápido gracias a los amigos, profesores y trabajadores de la UNAM, especialmente a **Alma Sánchez** y a **Silvia Jalife**, que nos dio, así como a todos los colegas que esperamos seguir encontrando en el camino.

A todos los profesores de Ingeniería en Alimentos por haber dedicado su tiempo y entrega para ayudarnos a crecer en esta profesión. En especial a los profesores **Laura Cortázar Figueroa, Antonio Trejo Lugo, Norma Casas, Edith Fuentes, Leticia Badillo, Alfredo Cárdenas, Guadalupe Amaya, Edgar Arechavaleta, Guadalupe Morales y Olivia Noguez**, que con su vocación sincera para enseñar contribuyeron en nuestro desarrollo como ingenieros y de manera muy especial siempre los tendremos presentes.

Al **Taller de frutos**, cuya elección nos llevó a entablar lazos muy fuertes entre compañeros de carrera, haciéndolos tan importantes como nuestros amigos de años.

Dra. Andrea Trejo, por haberme brindado su apoyo antes de tomar el taller incluso un año después de haberlo cursado, siempre pensando en sus niños del taller, por haber sido nuestra asesora de tesis y por haber tenido la dedicación de estar pendiente en cada paso que dimos para desarrollar el proyecto final que nos llevaría a conseguir el título de Ingenieros.



Por supuesto también a M. en C. **Selene Pascual** y futura Dra. **Adela Lira**, nuestras profesoras del taller y que sin su apoyo y consejos nuestra tesis no tendría la calidad con la que hoy cuenta. Porque más allá de ser nuestras profesoras, a las tres las estimamos mucho y esperamos no haberles causado tantos dolores de cabeza.

Arely y Sebastián

“Por mi raza hablará mi espíritu”



ÍNDICE DE CONTENIDO

Resumen	1
1 Introducción.....	3
2 Antecedentes	6
Generalidades de la verdolaga	6
2.1.1 Morfología.....	6
2.1.2 Clasificación taxonómica de verdolaga	7
2.1.3 Composición química y valor nutrimental	8
Importancia económica.....	9
2.1.4 Producción nacional	9
Cultivo en suelo	11
Cultivo hidropónico	14
Enfermedades y plagas de la verdolaga	18
2.1.5 Características generales de <i>aspergillus niger</i>	19
2.1.6 Características generales de <i>alternaria sp.</i>	20
Problemas de inocuidad relacionadas a hortalizas.....	21
2.1.7 Características generales de <i>salmonella typhimurium</i>	22
Métodos de conservación de hortalizas	23
2.1.8 Productos mínimamente procesados	25
2.1.9 Prataamientos de desinfección	26
2.1.10 Desinfectantes orgánicos	29
3 Objetivos	36
Objetivo general	36



ÍNDICE DE CONTENIDO

Objetivos particulares	36
4 Materiales y métodos	38
4.1.1 Aislamiento, identificación y preparación de inóculo de hongos para pruebas <i>in vitro</i>	42
4.1.2 Desarrollo de pruebas <i>in vitro</i> en hongos	44
4.1.3 Pruebas de identidad y preparación de inóculo de <i>salmonella typhimurium</i>	44
4.1.4 Desarrollo de pruebas <i>in vitro</i> en <i>salmonella typhimurium</i>	46
4.1.5 Evaluación de las bases poliméricas.....	46
4.9.1. Identificación de perfil de ácidos grasos y trazabilidad.....	50
4.10. Técnicas analíticas	51
4.10.1. Parámetros químicos.....	51
4.10.2. Parámetros de calidad	55
4.10.3. Evaluación del contenido de ácidos grasos.....	57
4.11 Análisis estadístico	58
5 Resultados	60
5.1. Caracterización química de verdolaga cultivada en suelo e hidropónica.....	60
5.2. Pruebas <i>in vitro</i> con aceite esencial de orégano para el efecto en el crecimiento micelial de los hongos <i>alternaria sp.</i> , <i>aspergillus sp.</i> , y de la bacteria <i>salmonella typhimurium</i>	64
5.3. Evaluación del efecto de los desinfectantes en los parámetros de calidad para el incremento de la vida útil de la verdolaga mínimamente procesada.	69
5.3.1. Color.....	69
5.3.2 pH.....	73



ÍNDICE DE CONTENIDO

5.3.3. Calidad visual.....	74
5.3.4. Pérdida de peso.....	75
5.4. Evaluación del efecto del desinfectante seleccionado en los parámetros de inocuidad de verdolaga mínimamente procesada de diferente cultivo.	77
5.5. Evaluación de los parámetros de calidad en la verdolaga mínimamente procesada tratada con el desinfectante a base de aceite de orégano.	82
5.5.1. Color.....	82
5.5.2. pH.....	86
5.5.3. Calidad visual.....	88
5.5.4. Pérdida de peso.....	89
5.6. Perfil de ácidos grasos	90
5.6.1. Identificación de los ácidos grasos presentes en la verdolaga	90
5.6.2. Trazabilidad del ácido linolénico	92
6 Conclusiones	95
7 Recomendaciones.....	96
8 Referencias	98
9 Anexos.....	113
Cromatogramas.....	113



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Morfología de la verdolaga	7
Tabla 2. Clasificación taxonómica de la verdolaga	8
Tabla 3. Composición química de verdolaga (<i>P. oleracea</i>).	8
Tabla 4. Métodos de simbra directa.....	12
Tabla 5. Descripción del cultivo en suelo.....	13
Tabla 6. Infraestructura básica para cultivos hidropónicos	14
Tabla 7. Síntomas y control de plagas en verdolaga	18
Tabla 8. Descripción morfológica de <i>Aspergillus niger</i>	19
Tabla 9. Descripción morfológica de <i>Alternaria sp.</i>	20
Tabla 10. Casos reportados durante 2011.....	21
Tabla 11 Métodos de conservación de hortalizas	24
Tabla 12. Componentes de desinfectantes orgánicos.	29
Tabla 13. Plantas con aceite esencial y sus componentes antimicrobianos.....	32
Tabla 14. Clasificación taxonómica de <i>Lippia graveolens</i> H. B. K.	34
Tabla 15. Identificación macroscópica y microscópica de los hongos de estudio.	43
Tabla 16. Composición del desinfectante orgánico.....	47
Tabla 17. Condiciones del cromatógrafo de gases.	50
Tabla 18. Puntaje para evaluación visual de verdolaga.....	56
Tabla 19. Composición química de verdolaga cultivada en suelo e hidroponia \pm desviación estándar.....	60
Tabla 20. Seguimiento fotográfico de pruebas <i>in vitro</i> de aceite esencial de orégano a diferentes concentraciones sobre <i>Alternaria sp.</i>	65
Tabla 21. Seguimiento fotográfico de pruebas <i>in vitro</i> de aceite esencial de orégano a diferentes concentraciones sobre <i>Aspergillus niger</i>	66
Tabla 22. Seguimiento fotográfico de pruebas <i>in-vitro</i> de aceite esencial de orégano a diferentes concentraciones sobre <i>Salmonella typhimurium</i>	68
Tabla 23. Identificación de ácidos grasos en verdolaga	91



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Verdolaga (<i>Portulaca oleracea</i>).	6
Figura 2. Volumen de producción de verdolaga en el DF (ton/año) 2002-2012.....	10
Figura 3. Valor de la producción de verdolaga en el DF (miles de pesos/año) 2002-2012...	10
Figura 4. Comparación de productividad en cultivo tradicional en suelo y cultivo hidropónico.....	16
Figura 5. Calidad organoléptica de productos hidropónicos.	16
Figura 6. Contenedores para el recirculamiento del agua con los componentes nutritivos..	17
Figura 7. Huerto hidropónico urbano en azotea.	17
Figura 8. Fruta infectada por falta de higiene.....	22
Figura 9. Diagrama de productos mínimamente procesados.....	25
Figura 10. Desinfección de una hortaliza de hoja para consumo directo.	26
Figura 11. Reacción de sal de hipoclorito	27
Figura 12. Solución de hipoclorito de sodio para desinfectar alimentos vegetales.....	27
Figura 13. Esquema de producción de ozono.....	28
Figura 14. Estructuras químicas de compuestos seleccionados de aceites esenciales.....	31
Figura 15. Planta de orégano (<i>Lippia graveolens</i>).	33
Figura 16. Estructuras químicas de los componentes principales del aceite esencial de orégano.	34
Figura 17. Verdolaga de cultivo en suelo.....	39
Figura 18. Verdolaga en cultivo hidropónico.....	39
Figura 19. Medición de la respiración en verdolaga cultivada en suelo.....	41
Figura 20. Destilación por arrastre de vapor para la obtención de aceite esencial de orégano.	41
Figura 21. Diagrama para aislamiento hongos de la verdolaga.....	42



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 22. Procedimiento para identificación de hongos encontrados en verdolaga.	43
Figura 23. Observación de las bacterias Gram (-) al microscopio.	45
Figura 24. Diagrama de proceso de verdolaga mínimamente procesada.	48
Figura 25. Programa de temperatura de cromatografía de gases.....	51
Figura 26. Estufa de laboratorio.	51
Figura 27. Incineración directa con mechero de Bunsen.....	52
Figura 28. Espectrofotómetro.	53
Figura 29. Técnica de Soxhlet.	53
Figura 30. Lavado de la muestra después de la digestión.	54
Figura 31. Colorímetro Minolta.....	55
Figura 32. Potenciómetro manual.....	57
Figura 33. Lípidos en verdolaga hidropónica, extraídos por Soxhlet.....	62
Figura 34. Efecto de los desinfectantes elaborados con diferentes bases poliméricas sobre la luminosidad de verdolaga envasada y almacenada por 12 días en refrigeración.	69
Figura 35. Efecto de los desinfectantes elaborados con diferentes bases poliméricas sobre la cromaticidad de verdolaga envasada en un periodo de 12 días.....	71
Figura 36. Efecto de los desinfectantes elaborados con diferentes bases poliméricas sobre el tono de verdolaga envasada en un periodo de 12 días.....	72
Figura 37. Efecto de los desinfectantes elaborados con diferentes bases poliméricas sobre el pH de verdolaga envasada en un periodo de 12 días.....	73
Figura 38. Cambios en la calidad visual de la verdolaga cultivada en suelo con desinfectantes de distinta base polimérica.....	74
Figura 39. Cambios en el peso de la verdolaga mínimamente procesada desinfectada con productos de diferente base polimérica con respecto al tiempo de almacenamiento	76
Figura 40. Efecto de diferentes desinfectantes aplicados a verdolaga mínimamente procesada cultivada en: A) suelo y B) hidroponía y almacenadas en refrigeración	78



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 41. Efecto de los diferentes desinfectantes en el crecimiento de coliformes en verdolaga cultivada en suelo.....	80
Figura 42. Efecto de la aplicación de un desinfectante a base de orégano sobre la luminosidad de la verdolaga cultiva en: (A) suelo y (B) hidropónica durante el almacenamiento refrigerado	82
Figura 43. Efecto de la aplicación de un desinfectante a base de orégano sobre el croma de la verdolaga de (A) suelo y la cultivada por (B) hidroponia envasada por un periodo de 16 días.....	83
Figura 44. Efecto de la aplicación de un desinfectante a base de orégano sobre el tono de la verdolaga de (A) suelo y la cultivada por (B) hidroponia envasada por un periodo de 16 días.....	85
Figura 45. Efecto de la aplicación de un desinfectante a base de orégano sobre el pH de la verdolaga de (A) suelo y la cultivada por (B) hidroponia envasada por un periodo de 16 días.....	86
Figura 46. Efecto de la aplicación de un desinfectante a base de orégano sobre la calidad visual de la verdolaga de (A) suelo y la (B) cultivada por hidroponia envasada por un periodo de 16 días.....	88
Figura 47. Efecto de la aplicación de un desinfectante a base de orégano sobre el porcentaje de pérdida de peso en la (A) verdolaga de suelo y la (B) cultivada por hidroponia envasada por un periodo de 16 días	90
Figura 48. Cromatograma para el perfil de ácidos grasos de verdolaga mínimamente procesada cultiva en a) Suelo y b) Hidropónica	92
Figura 49. Trazabilidad del ácido graso linolénico en verdolaga mínimamente procesada.	93
Figura 50. Cromatograma de verdolaga cultivada en A) suelo y B) hidriponia.....	113
Figura 51. Seguimiento del perfil de ácidos grasos de verdolaga cultivada en suelo desinfectada durante los días A)0, B)8 y C)16 de almacenamiento	114
Figura 52. Seguimiento del perfil de ácidos grasos de verdolaga cultivada en hidroponia desinfectada durante los días A)0, B)8 y C)16 de almacenamiento	114



RESUMEN

La verdolaga (*Portulaca oleracea*) es una planta anual, suculenta y comestible que se distribuye ampliamente en las regiones templadas y tropicales del mundo. Esta hortaliza se encuentra entre los quelites de mayor consumo y actualmente se ha iniciado su cultivo a mayor escala debido a su demanda en el mercado. Por ello el objetivo del presente trabajo fue desarrollar un producto mínimamente procesado a partir de la verdolaga producida por hidroponía y comparar con la cultivada en suelo; así como evaluar el efecto de un desinfectante a base de compuestos bioactivos que permita alargar su vida útil, mejorar su inocuidad y conservar su calidad nutricional para contribuir a incrementar su comercialización en México.

La verdolaga de suelo se adquirió en el mercado del Carmen en el municipio de Cuautitlán Izcalli, Estado de México. En cuanto a la verdolaga hidropónica, ésta se sembró y cosechó en el invernadero del Centro de Asimilación Tecnológica de la FES Cuautitlán, UNAM durante los meses de abril y mayo del 2013. El orégano utilizado fue de origen mexicano (*Lippia graveolens*) adquirido en la Central de Abastos de Atizapán y para la obtención de los compuestos bioactivos se realizó la extracción por hidrodestilación. Para establecer el efecto fungicida del aceite esencial se realizaron pruebas *in-vitro* a las concentraciones de 675, 1350 y 2700 ppm, evaluando el crecimiento micelial de los hongos *Aspergillus niger* y *Alternaria sp.* y se determinó el diámetro del halo de inhibición para la bacteria *Salmonella typhimurium*, a 675, 1350, 2700 y 5400 ppm. Una vez establecida la concentración de aceite de orégano se formuló un desinfectante orgánico evaluando diferentes bases poliméricas (grenetina, goma xantana y goma arábica) en los parámetros de calidad (color, pH, pérdida de peso y calidad visual). La goma xantana fue la mejor opción como estabilizante por su capacidad de mantener los parámetros de calidad por mayor tiempo para la evaluación de la inocuidad del producto mínimamente procesado, llevándose a cabo mediante el conteo de hongos, levaduras y coliformes. Así mismo se evaluaron los parámetros de calidad (color, pérdida de peso y calidad visual) junto con los nutricionales (contenido de omega-3) en lapsos de cuatro días lo que permitió estimar el tiempo de vida útil de la verdolaga como producto mínimamente procesado.



RESUMEN

El tipo de técnica de cultivo presentó influencia en las características químicas y microbiológicas de la hortaliza, ya que el cultivo hidropónico superó en estos rubros a la proveniente de suelo. Una inhibición del 100% en el crecimiento micelial de los hongos en el crecimiento de los hongos (*Aspergillus niger* y *Alternaria sp.*) se presentó en las pruebas *in vitro* sin importar la concentración de aceite de orégano empleada. En cambio para la evaluación en *Salmonella typhimurium*, la concentración a la que se presentó una mayor inhibición (23%) fue a 5400 ppm, por lo que esta concentración fue la empleada para el desarrollo del desinfectante aplicado en la verdolaga mínimamente procesada.

Los valores más bajos en hongos, levaduras y coliformes los presentó el tipo de cultivo hidropónico aún sin ser desinfectada, sin embargo se exhibió una reducción de 2 ciclos logarítmicos en la verdolaga proveniente de suelo inmediato a la aplicación del desinfectante a base de orégano. Las verdolagas cultivadas en suelo mostraron una duración de 12 días en vida de anaquel a temperatura de refrigeración, a diferencia de las cultivadas por hidropónica, las cuales conservaron estos parámetros de calidad durante 16 días. Como parámetro nutricional se determinó la presencia de omega 3, donde se observó que la verdolaga proveniente de suelo tuvo mayor contenido en comparación con la hidropónica. Al final del almacenamiento la verdolaga de suelo perdió 10% y la hidropónica casi el 60%.

Se concluyó que la verdolaga hidropónica es mejor opción para producto mínimamente procesado y consumo en comparación con la cultivada en suelo, ya que presentó una mayor concentración de componentes lipídicos, proteicos y de fibra, así como mayor calidad microbiológica. Mientras que el desinfectante desarrollado a base de aceite esencial de orégano redujo de manera significativa el contenido microbiano en la hortaliza de suelo, ayudando así a conservarla por dos semanas.



1 INTRODUCCIÓN

En México, la producción de vegetales incrementó poco más del 15% del 2011 al 2012 (SAGARPA, 2013). Las hortalizas son un conjunto de alimentos que, junto con las frutas, actúan como antioxidantes naturales (Vilaplana, 2004). Existen importantes nutrientes contenidos en las hortalizas, como son los ácidos grasos, entre ellos el ácido linoléico (LA omega-6), α -linolénico (ALA omega-3) y araquidónico (ARA omega-6) que son considerados indispensables ya que no pueden ser biosintetizados en el organismo humano, de ahí la importancia de incluirlos en la dieta (Coronado *et al.*, 2006).

El reciente interés por el consumo de omega 3 como parte de la dieta ha sido estimulado por el papel importante que juega en el crecimiento, desarrollo humano y en la prevención de enfermedades. La verdolaga (*Portulacca oleracea*) es una excelente fuente dietética de ácido linoléico y antioxidante α -tocoferol, es por ello que ha incrementado el interés en su siembra como cultivo alimenticio (Palamiswamy *et al.*, 2001).

Aunque la verdolaga ha sido estudiada como maleza prolífera, se conoce poco acerca de su valor nutricional (Palamiswamy *et al.*, 2001). Si bien es cierto que 50% de la agricultura latinoamericana continúa realizándose por secano (lluvia) cada vez se implementan más áreas con sistemas de riego para asegurar el abastecimiento regular de agua, obtener dos cosechas anuales, mejorar el uso de las tierras y elevar la rentabilidad de los cultivos. Esto es importante en las zonas áridas y semiáridas en donde la escasez de agua hace que se aprovechen todos los recursos hídricos disponibles, como las aguas residuales para riego, generando riesgos de inocuidad (Moscoso, 1993).

Algunos casos muy publicitados de brotes epidemiológicos asociados al consumo de frutas y hortalizas y algunos otros asociados a alimentos importados se han dado a conocer en los últimos años. En 1997 se detectó en Estados Unidos un brote de Hepatitis A en fresas (de origen mexicano), distribuidas a través del Programa de Productos para Alimentos Escolares del USDA, que ocasionó más de 200 enfermos en cuatro estados de ese país. En 1998, un brote de *Shigella sonnei* en perejil y cilantro ocasionó un número similar de



INTRODUCCIÓN

enfermos en 3 estados, y en 1999 el patógeno *S. bairdon*, en un brote asociado a tomates, ocasionó molestias a más de 80 personas en siete estados de la Unión Americana (Avendaño y Várela, 2010). Por lo que un gran número de investigaciones se han encaminado en resolver problemas de inocuidad, aplicando desde Buenas Prácticas Agrícolas, nuevas tecnologías postcosecha e incluso diferentes técnicas de cultivo como la hidroponía, la cual es una de las técnicas propulsoras más relevantes en la actualidad, ya que por medio de su cultivo sin suelo, se pueden producir vegetales ricos en elementos nutritivos y bajo contenido microbiológico a un bajo costo (Orozco, 2011).

Otra medida correctiva para los problemas de inocuidad de hortalizas es la aplicación de compuestos naturales conocidos por sus propiedades antisépticas y medicinales, por ejemplo, bactericida, antiviral y fungicida, los cuales pueden ser empleados en la preservación de alimentos como antimicrobiano (Bakkali *et al.*, 2008). Como señala Bouchra *et al.* (2003), entre los principales aceites esenciales que han inhibido hongos, se encuentran los de orégano, tomillo y clavo. Estos son naturales, no contaminan y no dañan al consumidor.

Adicional a la aplicación de dichos compuestos antimicrobianos, se han desarrollado nuevas tecnologías que además de garantizar la seguridad en alimentos, garanticen su calidad sensorial y nutritiva. Un ejemplo de estas tecnologías son los productos mínimamente procesados en fresco (MPF), cuya oferta ha aumentado notablemente a causa de los cambios en los hábitos alimenticios durante las últimas dos décadas, pues el actual ritmo de vida, con escaso tiempo para preparar comidas equilibradas, ha provocado la demanda de productos vegetales naturales, frescos, saludables y dispuestos para consumir (Artés-Hernández *et al.*, 2009).

Por ello el objetivo del presente trabajo es desarrollar un producto mínimamente procesado a partir de la verdolaga producida por hidroponía y comparar con la cultivada en suelo; así como evaluar el efecto de un desinfectante a base de compuestos bioactivos que permita alargar su vida útil, mejorar su inocuidad y conservar su calidad nutricional para contribuir a incrementar su comercialización en México.





2 ANTECEDENTES

- **Generalidades de la Verdolaga**

Se desconoce el centro de origen de la verdolaga (Figura 1), pero México es un centro de diversidad genética (Ford, 1986, citado por Salgado, 2011). Se consideraba durante mucho tiempo que la especie era originaria de Europa; pero restos arqueológicos documentados desde antes de la llegada de Cristóbal Colón al continente Americano y una variabilidad genética considerable en el Nuevo Mundo, ha llevado a la conclusión que se trata de una especie circumpolar y se sugiere que se trate como nativa para México (Heike, 2009, citado por Salgado, 2011).

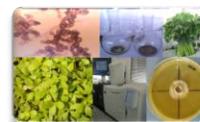


Figura 1. Verdolaga (*Portulaca oleracea*).

Fuente: Elaboración propia

2.1.1 Morfología

La verdolaga es una hierba anual, carnosa, rastrera, a veces algo ascendente, glabra, o casi glabra, de ancho. A continuación se hace una breve descripción de sus características botánicas (Tabla 1).



ANTECEDENTES

Tabla 1. Morfología de la verdolaga

Parte de la planta	Descripción
RAÍZ 	Posee un sistema radical establecido a partir de la raíz primaria y sus ramificaciones. La producción de las raíces laterales más jóvenes se localiza cerca del meristemo apical, y las más viejas, cerca de la base. La raíz alcanza una profundidad alrededor de 21.5cm y tiene un aspecto fibroso en la etapa reproductiva; es de tipo axonomorfo.
TALLO 	Su tallo es cilíndrico, succulento muy carnoso de 10 a 40 cm de longitud, con abundante desarrollo de perénquima colequimatoso, una coloración verde homogénea, a veces rojizo, ramificado con las ramas extendidas radialmente.
HOJAS 	Son succulentas de filotaxia alterna helicoidal (en la parte inferior opuestas); forma ovalada o espatulada, con dimensiones de 2 a 2.3 cm de longitud; ápice redondeado a truncado; glabras; nervadura eticular; coloración verde por el haz y verde blanquecino por el envés. Presenta un pequeño pedúnculo.

Fuente: Rzedowski y Rzedowski (2005), Salgado (2011) y Torres (1997).

2.1.2 Clasificación taxonómica de verdolaga

El género *Portulaca* comprende 100 especies aproximadamente, distribuidas principalmente en regiones tropicales o subtropicales. En la Tabla 2 se muestra la clasificación taxonómica de las especies que se reportan para México (Rzedowski y Rzedowski, 2005).



ANTECEDENTES

Tabla 2. Clasificación taxonómica de la verdolaga

Reino	<i>Plantae</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Magnoliopsidia</i>
Orden	<i>Caryophyllales</i>
Familia	<i>Portulacaceae</i>
Genero	<i>Portulaca</i>
Especie	<i>P. oleracea</i> , <i>P. mexicana</i> , <i>P. pilosa</i> , <i>P. umbraticola</i> , <i>P. retusa</i> Engelm y <i>P. guanajuatensis</i> G.

Fuente: Mera y Bye (2011)

2.1.3 Composición química y valor nutrimental

En 1963 Watt Merrill (citado por Laganas,2005) reporta el análisis bromatológico a la verdolaga (Tabla 3), tomando como base 100 g de la misma en condiciones frescas. Entre los componentes de este quelite posee se destacan algunas vitaminas como la A y C; lo que la hace una excelente fuente de retinol (Entrala, 1995).

Tabla 3. Composición química de verdolaga (*P. oleracea*).

Componente	%
Agua	92.5
Proteína	1.7
Lípidos	0.4
Carbohidratos totales	3.8
Fibra	0.9
Cenizas	1.6

Fuente: Watt Merrill (1963) citado por Laganas (2005)

Además, estudios previos sobre los lípidos en verdolaga indican la presencia de los tres principales ácidos grasos omega-3, los cuales son el ácido linoléico, ácido eicosapentanoico y



ANTECEDENTES

el ácido docosahexaenoico. Los ácidos grasos omega-3 son esenciales para el crecimiento y desarrollo. Tienen actividades antitrombótica, hipolipidémica, hipotensiva y anti-inflamatoria. Otros componentes lipídicos obtenidos de verdolaga incluyen fitoesteroles y α -tocoferol (Acedo *et al.*, 2012).

Los beneficios de fitoesteroles a la salud incluyen la protección contra enfermedades cardiovasculares debido a la disminución de los efectos del colesterol, reducción de estrés e inflamación por medio de la inhibición de producción excesiva de cortisol, y prevención de cáncer alterando la transferencia de nutrientes esenciales en la membrana entre célula y célula para el crecimiento del tumor. Por otra parte, el α -tocoferol tiene la mejor actividad de vitamina E con respecto a otros tocoferoles y es preferencialmente absorbida y acumulada en el cuerpo humano (Acedo *et al.*, 2012).

- **Importancia económica**

En México, al igual que en Europa y Estados Unidos, la verdolaga se encuentra entre los quelites (hortalizas tradicionales) de mayor consumo, que incluso se ha iniciado su cultivo a mayor escala debido a su demanda en el mercado, que en la zona centro del país ha alcanzado a las principales cadenas comerciales (Coordinadora Nacional De Fundaciones Produce, 2012).

2.1.4 Producción Nacional

El cultivo de hortalizas en el Distrito Federal se desarrolla en las delegaciones ubicadas dentro del área llamada del Suelo de Conservación Ecológica. En la antigüedad la cuenca del valle de México fue un centro prehispánico de gran importancia dentro del manejo productivo agrícola, con el sistema de chinampas, logrando hasta cinco ciclos de cultivo. Las hortalizas principales y que aparecen en las estadísticas de producción son; elote, brócoli, espinaca, papa, romerito, acelga, calabacita, coliflor, rabanito, zanahoria, apio, betabel, col, chile verde, lechuga, tomate



ANTECEDENTES

verde, verdolaga y otras hortalizas, principalmente cultivadas en la región de la Delegación de Xochimilco, ya que el 70% de ésta población se dedican solamente a la producción de hortalizas y sólo el 30% tienen otros empleos (Coordinadora Nacional De Fundaciones Produce, 2012).

Para la verdolaga las semillas son recolectadas por los propios agricultores. La longevidad y supervivencia de las semillas es excelente: hasta 19 años en almacenaje seco y 40 años al ser enterradas en el suelo (Blair y Madrigal, 2005). La Figura 2 muestra el volumen de producción de verdolaga en toneladas durante el periodo que comprende los años 2002 a 2013.

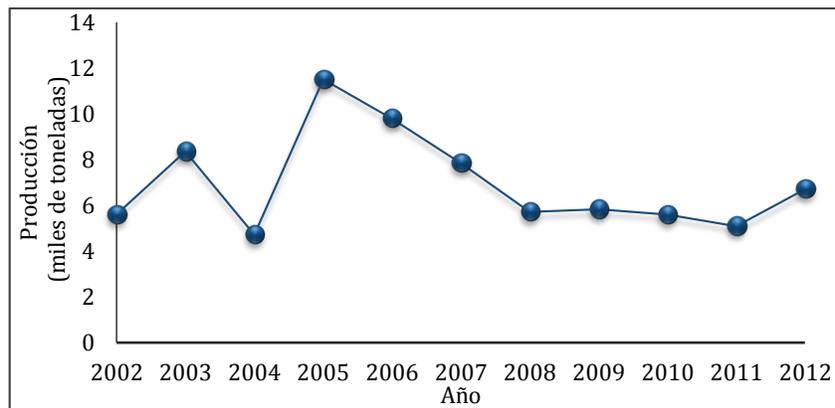


Figura 2. Volumen de producción de verdolaga en el DF (ton/año) 2002-2012
Fuente: Coordinadora Nacional De Fundaciones Produce, (2012).

La Figura 3 muestra el volumen de producción en millones de pesos al año.

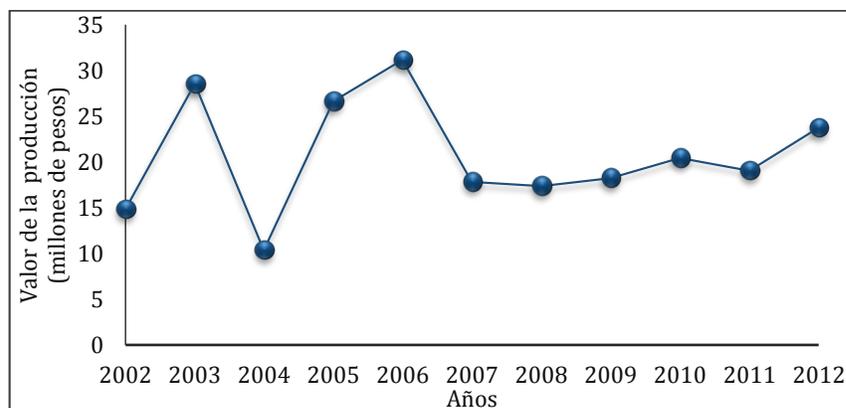


Figura 3. Valor de la producción de verdolaga en el DF (miles de pesos/año) 2002-2012
Fuente: Coordinadora Nacional de Fundaciones Produce (2012)



ANTECEDENTES

La producción de hortalizas en México reportada en los gráficos de producción y valor de la producción, se lleva a cabo por cultivo en tierra.

Por otra parte, la agricultura es al mismo tiempo causa y víctima de la contaminación de los recursos hídricos. Causada, por la descarga de contaminantes y sedimentos en las aguas superficiales y/o subterráneas y por la salinización y anegamiento de las tierras de regadío. Y víctima, por el uso de aguas residuales y aguas superficiales y subterráneas contaminadas, que contaminan a su vez los cultivos y transmiten enfermedades a los consumidores y trabajadores agrícolas (FAO, 1990). Sin embargo, existe una técnica alterna que consiste en cultivo en agua o en sustratos inertes, las condiciones son altamente controladas por lo que las plantas se desarrollan más sanas y resistentes a enfermedades. Dicha técnica, denominada hidroponía, comienza a adquirir importancia en los últimos años.

- **Cultivo en suelo**

Un huerto es la parcela en la que se cultivan hortalizas frescas en forma intensiva y continua durante el año, lo cual implica hacer siembras en forma escalonada. Dos aspectos importantes que deben tomarse en cuenta para lograr buenos resultados son la disponibilidad de agua y la planeación del propio huerto (Espinosa y Espinosa, 2012).

La planeación de cultivos considera el que, cuando, donde y cuantas plantas cultivar en relación a sus requerimientos de espacio, luz, agua, época de siembra, maduración, tolerancia de unas a otras y a condiciones del suelo, clima, entre otras consideraciones. También involucra un patrón de cultivos en el cual diferentes especies de vegetales se cultivan, seguido de un sistema de rotación para mantener el ciclo activo y promover un ambiente adecuado y sano para que las plantas se desarrollen (Alcazar, 2010).



ANTECEDENTES

La siembra es una operación que debe ser efectuada en la época más conveniente; el mejor consejo sobre la época o temporada apropiada para sembrar se obtiene a través de tres fuentes (Alcazar, 2010):

- Resultados de la investigación agrícola.
- Directamente de las experiencias locales por los mismos campesinos.
- Directamente de experiencias propias.

Existen dos formas de realizar la siembra (Alcazar, 2010):

- La **siembra directa** es aconsejable para semillas grandes como calabacita, pepino, chícharo, frijol, sandía, melón. Sin embargo es importante mencionar que todas las hortalizas pueden sembrarse en forma directa.

En la Tabla 4 se muestran los tres métodos de siembra directa.

Tabla 4. Métodos de siembra directa

Método	Descripción
Al voleo 	Se distribuye la semilla en el terreno uniformemente.
En línea 	Se siembra la semilla en forma continua y rala dejando caer la semilla en el fondo de un pequeño surco a 1 o 5 centímetros de profundidad
Mateado 	Se hacen agujeros de 2 a 5 cm. De profundidad. Las semillas o plántulas se siembran en cada punta de un triángulo o cuadrado imaginario

Fuente: Alcazar (2010), El huerto del abu (2013).



ANTECEDENTES

En la Tabla 5 se muestra el modo ordenado en que se lleva a cabo el cultivo en suelo, así como la descripción de cada actividad.

Tabla 5. Descripción del cultivo en suelo.

Actividad	Descripción
<p data-bbox="407 638 527 669">Siembra</p> 	<p data-bbox="667 569 1362 730">Se realiza en almácigos, los cuales pueden ser elaborados por el productor siguiendo las dimensiones de 10 x 35 x 60 cm (profundidad, ancho, largo).</p> <p data-bbox="667 751 1362 961">El sustrato a utilizar en los almácigos debe ser de varios materiales: 1/3 parte de composta, 1/3 parte de arena y 1/3 parte de tierra fértil y así procurar una textura suelta y porosa, para que las raíces de las nuevas plántulas puedan crecer mucho más rápido.</p>
<p data-bbox="391 1045 544 1077">Trasplante</p> 	<p data-bbox="667 999 1362 1465">Se lleva a cabo debido a que se ahorra semilla (algunas semillas, como los híbridos son caros) y se puede anticipar la cosecha además de que se tiene un buen desarrollo del sistema radicular de las plantas. Debe realizarse con sumo cuidado, ya que las plantas sufren en alto grado de estrés cuando se les pasa de un lugar a otro, más cuando las condiciones del terreno definitivo a donde se van a trasplantar es pobre y contiene pocos nutrientes, por ello antes de trasplantar, el semillero debe de estar bien mojado y la cama bien húmeda y abonada.</p>
<p data-bbox="305 1503 630 1535">Fertilización y abonado</p> 	<p data-bbox="667 1503 1362 1801">Al cabo del tiempo, los elementos contenidos en el suelo comienzan a agotarse, por lo que es necesaria su reposición al suelo ya sea adicionando fertilizantes o renunciando al cultivo durante algún tiempo. Como abono, se aplica composta distribuida en las camas para proporcionar microorganismos que le dan vida al suelo y tener más disponibilidad de nutrientes.</p>

Fuente: Alcazar (2010); Inicia (2002).



ANTECEDENTES

- **Cultivo Hidropónico**

La hidroponía es la técnica de producción intensiva de plantas, que se caracteriza por abastecer el agua y los nutrientes de manera controlada y de proporcionar a las plantas los elementos nutritivos en las concentraciones y proporciones más adecuadas, a través de una solución de elementos esenciales (N, P, K, Ca, Mg, S., etc.) (Espinosa y Espinosa, 2012).

Existen varios tipos de sistemas de hidrocultivo cada uno con ventajas y desventajas en base a las necesidades o facilidades que se tenga para implantarla en el lugar seleccionado. Cualquier sistema debe proporcionarle a la planta lo que requiera para completar su ciclo de vida u obtener el objeto deseado del cultivo. Dentro de los requerimientos de la planta se encuentran los minerales, agua, aire, luz y sostén (Espinosa y Espinosa, 2012).

Los componentes de un sistema hidropónico se muestran en la siguiente Tabla:

Tabla 6. Infraestructura básica para cultivos hidropónicos

Componente	Descripción
<p data-bbox="391 1377 513 1409">Sustrato</p> 	<p data-bbox="646 1331 1380 1839">Permite un óptimo desarrollo de las plantas, al darle a la raíz la suficiente aireación, disponibilidad de agua y sanidad (es biológicamente estéril en un inicio), así como facilitar la acción y efecto de la solución nutritiva, ya que el sustrato es químicamente inerte y no modifica el pH. Sin dejar de tomar en cuenta la economía y la disponibilidad para poder seleccionar uno. Entre los más utilizados están: arena, grava, tezontle, ladrillo quebrado y/o molido, agrolita, vermiculita, turba vegetal (Peat Moss), aserrín, resinas sintéticas (poliuretano) y cascarilla de arroz, entre otros. Se pueden utilizar en forma individual o en mezclas de dos o más de ellos de acuerdo a su compatibilidad y disponibilidad para alcanzar las características ideales.</p>



ANTECEDENTES

Tabla 6. Infraestructura básica para cultivos hidropónicos (Continuación)

<p>Contenedores</p> 	<p>Es el donde se coloca el sustrato para que se desarrollen los cultivos. Estos pueden ser: cubetas, ollas, macetas, bolsas de polietileno, huacales, láminas acanaladas, etc. La selección de estos recipientes se basa en el tipo de cultivo que se hará crecer en él, su tamaño y forma, y la clase de materiales del que están conformados.</p>
--	--

Fuente: Espinosa y Espinosa (2012), Marulanda e Izquierdo (2003)

En un sistema hidropónico es posible la producción de todas las plantas, pero normalmente se utilizan cultivos de ciclo corto, de porte pequeño y son los huertos familiares en donde se cultivan las especies que son del gusto y de la dieta familiar. Por otro lado, se puede manejar la hidroponía para producir a mediana y gran escala, o a nivel semicomercial y comercial, lo cual implica cultivar únicamente, las especies hortícolas, florícolas y medicinales, que por su alto valor en el mercado, paguen una inversión inicial elevada y reditúen a la vez altos beneficios económicos (Espinosa y Espinosa, 2012).

Se debe tomar en cuenta que cada planta tiene necesidades propias, pero de igual manera para el crecimiento los nutrientes principales serán siempre los mismos, para la hidroponía la manera de abastecer a las plantas de los elementos indispensables para su desarrollo es la solución nutritiva; es el conjunto de sales inorgánicas (fertilizantes) disueltas en el agua de riego, que origina una solución con nutrimentos asimilables y en proporciones adecuadas, de los elementos nutritivos requeridos por las plantas (Espinosa y Espinosa, 2012) .

Los nutrientes esenciales se dividen en tres familias, los macronutrientes (N, P, K); son los requeridos por la planta en mayor proporción, los nutrientes secundarios (Ca, Mg, S) necesario para funciones específicas y los micronutrientes (Fe, Mn, Zn, B, Cu, Mo, Cl) demandados en menor razón, pero que su ausencia provoca deformación de la morfología, crecimiento anormal o susceptibilidad a enfermedades (Espinosa y Espinosa, 2012).



ANTECEDENTES

Las ventajas que abarca esta técnica alternativa son productividad más alta. Por tomar un ejemplo, la lechuga en cultivo tradicional en suelo se logra 3 cosechas al año a razón de 10 plantas por metro cuadrado, mientras que con cultivo hidropónico se obtienen 10 cosechas anuales a razón de 27 plantas por metro cuadrado (Figura 4), es decir, se tiene un rendimiento casi 10 veces mayor



Figura 4. Comparación de productividad en cultivo tradicional en suelo y cultivo hidropónico.
Fuente: Marulanda e Izquierdo (2003)

Un aprovechamiento amplio del manejo del agua, incremento en la productividad, mejor uso de los fertilizantes y pesticidas sumado a una mayor calidad, conllevan menores costos de producción. La calidad de los productos hidropónicos (Figura 5) es más alta debido a que al cultivarse en condiciones altamente controladas, las plantas se desarrollan más sanas y resisten más enfermedades y plagas.



Figura 5. Calidad organoléptica de productos hidropónicos.
Fuente: Marulanda e Izquierdo (2003)

Así mismo, en cultivos protegidos es posible obtener plantas desarrolladas al máximo de su potencial con ausencia de insecticidas tóxicos y causar un menor impacto ambiental ya que en



ANTECEDENTES

el cultivo hidropónico el agua y fertilizante están confinados en la solución nutritiva que se recircula en función a la exigencia de agua de acuerdo al tipo de planta por lo que no se desperdicia y no contamina el subsuelo gracias a su recirculación (Figura 6).



Figura 6. Contenedores para el recirculamiento del agua con los componentes nutritivos.
Fuente: Marulanda e Izquierdo (2003).

La hidroponía da paso a la posibilidad de cultivar en zonas áridas o urbanas, convirtiendo a las azoteas en zonas productivas como se muestra en la Figura 7, y haciendo realidad la agricultura urbana (Espinosa y Espinosa, 2012).



Figura 7. Huerto hidropónico urbano en azotea.
Fuente: Marulanda e Izquierdo (2003).

Las pocas desventajas de esta técnica de cultivo son (Gilsanz, 2007):

- Costo inicial alto
- Se requieren conocimientos de fisiología y nutrición
- Desbalances nutricionales causan inmediato efecto en el cultivo
- Se requiere agua de buena calidad



ANTECEDENTES

• Enfermedades y Plagas de la Verdolaga

La verdolaga es una planta cuyo estudio se ha visto limitado, debido a que para la mayoría de las personas, sobre todo campesinos, se trata de una plaga, más que verla como otra planta de cultivo, es por eso que las investigaciones se basan en la verdolaga como plaga, pero se sabe que se ve atacada por nemátodos (*Meloidogyne sp.*, *M. incognita*, *Paratylenchus minutus*, *Rotylenchus reniformis* y *Heterodera marioni*), y pulgones (*Aphis ssp.*, *Acyrtosiphon sp.*, *Myzus sp.* y *Rhopalosiphum sp.*). Es necesario conocer el tipo de plagas que afectan a los cultivos debido a que pueden representar fuertes daños económicos, así como los métodos de control que hay, tomando siempre en cuenta producir el menor daño posible al ambiente y que no atenten con la salud de los consumidores (Heike, 2009). En la Tabla 7 se mencionan daños, síntomas y el control de dichas plagas.

Tabla 7. Síntomas y control de plagas en verdolaga

Plaga	Signos	Control
<p>Nematodo <i>Meloidogyne</i> <i>spp.</i></p> 	<p>Debilitan las plantas y disminuyen los rendimientos por su acción directa sobre las raíces. También actúan en complejos etiológicos que involucran hongos, bacterias y virus.</p>	<p>Biológico: El control sustentable es el mantenimiento de la salud de la red de suelos aplicando composta, lo cual reducirá la población de plagas que dañen los cultivos.</p> <p>Rotación de cultivos no hospederos: Una regla general heurística es rotar cultivos que no están relacionados unos con otros.</p>
<p>Nematodo <i>Rotylenchulus</i> <i>reniformis</i></p> 	<p>Parasita un gran número de plantas cultivadas, se encuentra ampliamente distribuido en países tropicales y subtropicales. Es un semiendoparásito sedentario. Se alimenta del tejido cortical, del floema, provocando decoloración de las raíces, secado y pérdida de las hojas.</p>	<p>Biocontrol: Empleo de patógenos microbiológicos efectivos, como la bacteria <i>Pasteuria penetrans</i> (<i>Bacillus penetrans</i>), <i>Bacillus thuringiensis</i>. Disponible en formulaciones insecticidas.</p>

Fuente: Fierro *et al.* (2006), Gapasin (2002), Guerrero-Ruíz (2012) y Rodríguez *et al.* (2005).



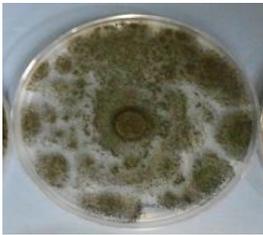
ANTECEDENTES

En lo que se refiere a hongos, la verdolaga es hospedera de la clase *Pucciniomycetes* mejor conocidos como royas (Heike, 2009). Sin embargo, la contaminación superficial de hortalizas varía en número, tipo, producto y manejo, previo y posterior a la cosecha. Muchos de estos microorganismos como *Aspergillus niger* y *Alternaria sp.* están asociados a partículas de tierra u otro tipo de suciedad adherida, los cuales aprovechan aberturas naturales o heridas para posteriormente producir su podredumbre (Garmendia y Vero, 2013).

2.1.5 Características generales de *Aspergillus niger*.

En la Tabla 8 se muestran las características generales y morfológicas del hongo *Aspergillus*.

Tabla 8. Descripción morfológica de *Aspergillus*

Colonia	Gris verdoso y textura que varía entre algodonosa y lanuda.	
Características Generales	Causan el deterioro de muchos productos alimenticios. Suelen ser muy tóxicos tanto para el hombre como para otros animales. También producen la inhibición de la germinación junto con cambios de color, calentamiento, amohosado, apelmazado y finalmente podredumbre de las semillas.	
Estructura celular	Se reproducen asexualmente por conidias que se originan de grupos de fiálides localizadas en un ensanchamiento terminal del conidióforo (vesícula).	
Descripción	Micelios: Escasos. Conidios: Uniseriados, lisos o ligeramente rugosos. El hongo libera fácilmente sus conidios cuando el clima es húmedo y luego éstos son diseminados por el viento. Presentan bajo el microscopio cuatro formas básicas: globosa, radiada, columnar o claviforme y a simple vista las más grandes suelen parecer diminutos alfileres. Los conidios constituyen cadenas que se originan en la célula conidiógena o fiálide. En algunos <i>Aspergillus</i> hay células adyacentes a las filiádes denominadas métulas o células de soporte. Conidióforos: Paredes lisas incoloras u oscurecidas en la porción próxima a la vesícula.	

Fuente: Carrillo (2003) y Farrar *et al.* (2004).

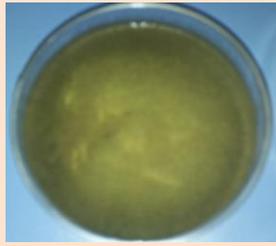


ANTECEDENTES

2.1.6 Características generales de *Alternaria sp.*

En la Tabla 9 se muestran las especificaciones y descripción del hongo *Alternaria sp.*

Tabla 9. Descripción morfológica de *Alternaria*

Colonia	Usualmente grises oscuras, café negruzco o negro.	
Características Generales	Saprofita facultativo, extremadamente común que deteriora en muchas clases de plantas y de otros sustratos incluyendo comida, suelo y textiles que produce compuestos biológicamente activos como micotoxinas. Este hongo es cosmopolita y se menciona con frecuencia en literatura patológica de cultivos de importancia agrícola, como agente causal de manchas de la hoja y de la fruta o putrefacciones de la fruta.	
Estructura celular	Colonias dispersas usualmente grises oscuras, café negruzco o negro. El estroma se forma raramente. Setas e hifodia ausentes.	
Descripción	<p>Micelio: Micelio totalmente inmerso o parte superficial, las hifas son incoloras, café oliváceo o café.</p> <p>Conidióforos: Los conidióforos macronematodos sencillos o irregulares, libremente ramificados café o café pálido, solitarios o en racimos. Las células conidiogenas integradas terminales interpuestas politreto, simpodial o algunas veces monotreto cicatrizadas.</p> <p>Conidios: Conidias (catentate) o solitarias, secas típicamente ovoide u ovoclavada frecuentemente rostrado, pálido o café oliváceo claro o café, suave o verucoso con septas transversales y también frecuentemente con septas oblicuas o longitudinales.</p>	

Fuente: Andersen *et al.* (2001) y Farrar *et al.* (2004)



ANTECEDENTES

- **Problemas de Inocuidad Relacionadas a Hortalizas**

Las enfermedades transmitidas por los alimentos (ETA) constituyen un importante problema de salud a nivel mundial. Estas enfermedades se producen por el consumo de agua o alimentos contaminados con microorganismos (Figura 9). Un estudio reveló que el 90 % de todas estas enfermedades son causados por los patógenos: *Salmonella*, *Novovirus*, *Campylobacter*, *Toxoplasma*, *E. coli* O157, *Listeria* y *Clostridium perfringens*. Según estudios publicados por los Centros para el Control y Prevención de Enfermedades de EE.UU a fines de 2010, alrededor de 48 millones de personas se enferman, 128,000 son hospitalizados y 3,000 mueren cada año en ese país, debido a enfermedades transmitidas por los alimentos (James, 2013).

En América Latina las ETA representan alrededor del 70% de los casos de enfermedad diarreica aguda, según estimaciones de la Organización Mundial de la Salud.

En la Tabla 10 se muestran algunos de los casos informados durante 2011, así como la región donde se reportaron, el agente causal y en que alimento fue encontrado.

Tabla 10. Casos reportados durante 2011.

Mes	Región	Alimento	Agente causal	Casos (número de enfermos)
Abril	St. Charles, Illinois (Restaurante Portillo)	Ensalada	<i>Salmonella typhimurium</i>	36
Junio	Idaho, Washington, Montana, Dakota del Norte, Nueva Jersey (Productos “Evergreen Produce”)	Alfalfa y brotes picantes	<i>Salmonella enteritidis</i>	21
Octubre	Minesota, Missouri (Supermercados “Schnucks”)	Lechuga Romana	<i>E. coli</i> O157: H7	60

Fuente: James (2013).

En términos generales se puede decir que la mayoría de los brotes de ese año involucraron a *Salmonella* y *E. coli*. También, en la mayoría de los casos los alimentos contaminados (Figura



ANTECEDENTES

8) son productos crudos o de consumo en fresco que han sido manejados sin medidas higiénicas adecuadas (James, 2013).



Figura 8. Fruta infectada por falta de higiene.
Fuente: Elaboración propia.

2.1.7 Características generales de *Salmonella typhimurium*

El género *Salmonella* se incluye en la familia *Enterobacteriaceae*, integrada por bacilos Gram negativos anaerobios facultativos. Poseen, por lo tanto, las características generales de las enterobacterias: son fermentadores de la glucosa, catalasa positiva, oxidasas negativo y suelen ser móviles; representa una excepción *Salmonella gallinarum*, siempre inmóvil (Le Minor y Popoff, 1987).

La nomenclatura de *Salmonella* es compleja. Se han usado diferentes sistemas para referir a este género. Teniendo en cuenta que estas bacterias tienen una muy importante homología general de su ADN, deberían ser caracterizadas como dos únicas especies (Reeves *et al.*, 1989).

Salmonella enterica se subdivide, a su vez, en seis subespecies: entérica, salamae, arizonae, diarizonae, houenae, e indica que corresponden a los antiguos subgéneros. Estas subespecies son diferenciables bioquímicamente (Brenner *et al.*, 2000).

Esta bacteria, provoca una enfermedad denominada salmonelosis, la cual es una infección de importancia tanto en salud pública como en la animal, debido al impacto económico que



ANTECEDENTES

ocasiona; es una enfermedad aguda, de distribución mundial, transmitida por alimentos. Se estima que se presentan más de 16 millones de casos de fiebre tifoidea por año con aproximadamente 6 millones casos fatales y 1,300 millones de casos de gastroenteritis con una mortalidad que alcanza los 3 millones (Jones, 1996).

- **Métodos de conservación de hortalizas**

La conservación para la comercialización de frutas y hortalizas se puede llevar a cabo controlando el retraso de la actividad microbiana, esto se realiza manteniendo a los productos en asepsia, obstaculizando el crecimiento de microorganismos por bajas temperaturas, secado o deshidratación, así como destruyendo los microorganismos con calor o a través de la fumigación, manipulación cuidadosa y envasado correcto (Cardona *et al.*, 2006).

Es necesario conocer sobre todos los cambios fisiológicos de las hortalizas para de esta forma poder mejorar la calidad de las mismas y evitar las grandes pérdidas poscosecha durante el transporte almacenamiento y distribución del producto, buscando nuevas alternativas que eviten su deterioro (Buitrago y Escobar, 2009). Es así como se han implementado distintos métodos de conservación para alargar su vida de anaquel.

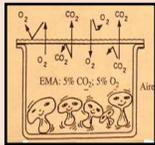
Entre los métodos que ayudan a evitar y reducir el envejecimiento de las hortalizas, encontramos las atmósferas modificadas, atmósferas controladas, almacenamiento refrigerado, pre-enfriamiento utilizando aire forzado, tratamientos térmicos, desinfectantes y radiación UV-C (González-Aguilar *et al.*, 2001).

En la Tabla 11 se presenta información más detallada sobre algunos de los métodos de conservación utilizados en hortalizas para alargar su vida:



ANTECEDENTES

Tabla 11 Métodos de conservación de hortalizas

Método	Descripción
Refrigeración 	Se aplican temperaturas ligeramente por arriba de los 0°C, que inhiben durante unos días o semanas el crecimiento de los microorganismos y disminuyen el metabolismo del producto vegetal.
Procesado mínimo 	Es el acondicionamiento de hortalizas (seleccionadas, lavadas, peladas, enteras o troceadas, envasadas) conservadas en refrigeración, cuyo mínimo procesamiento permite mantener sus características organolépticas y valor nutritivo.
Atmósferas modificadas 	Se refieren a atmósferas en las cuales la composición del gas circundante es diferente a la del aire (78.08% N ₂ , 20.95% O ₂ , 0.93% argón y 0.03% CO ₂). Es una tecnología para el envasado de alimentos, la cual utiliza gases o mezcla de estos con el fin de extender la vida de estos productos, además de protegerlos contra el deterioro natural.
Recubrimientos 	Los filmes y revestimientos comestibles son utilizados especialmente en frutas y hortalizas para mantener su apariencia fresca, su firmeza, el brillo, aumentando la calidad del producto y su valor comercial. También actúan como una barrera a los elementos externos, protegiendo el producto y extendiendo su vida útil.
Irradiación 	La irradiación de alimentos es un método físico de conservación, similar a otros que utilizan el calor o el frío. Consiste en exponer el producto a la acción de las radiaciones ionizantes (cuyas unidades son el kilogray, kGy) durante un tiempo determinado.

Fuente: Beuchat (1998), Brecht *et al.* (2003), Durango *et al.* (2011), Pérez (2005) y Wiley (1994).



ANTECEDENTES

2.1.8 Productos mínimamente procesados

Los hábitos de alimentación humana han cambiado mucho en las dos últimas décadas. El actual ritmo de vida, con escaso tiempo para preparar comidas equilibradas, ha provocado la demanda de productos vegetales naturales, frescos, saludables y dispuestos para consumir, como los mínimamente procesados en fresco (MPF), denominados comercialmente de la “cuarta gama” de la alimentación. Se consideran productos de IV GAMA aquellos que se encuentran en estado fresco, mínimamente procesados y conservados bajo cadena de frío listos para ser consumidos. La Figura 9 muestra un diagrama general para un producto mínimamente procesado (Rotondo *et al.*, 2008).



Figura 9. Diagrama de productos mínimamente procesados.
Fuente: Artés-Hernández *et al.* (2009)

De manera que la oferta de productos que solucionen el inconveniente del tiempo de elaboración que las frutas y hortalizas ha aumentado notablemente en los países industrializados, siendo muy competitivos y aportando nuevos productos y desarrollando



ANTECEDENTES

nuevas tecnologías emergentes y sostenibles para garantizar la calidad sensorial y nutritiva y la seguridad alimentaria (Artés-Hernández *et al.*, 2009).

Las características organolépticas y nutricionales son similares a las frutas y hortalizas frescas. Su mínimo procesamiento consiste en operaciones de clasificación, lavado, pelado, reducción de tamaño o no, envase y refrigeración, por lo cual se comercializan como productos para consumo directo o para preparaciones culinarias directas. Esas características hacen que el tiempo de elaboración ya no resulte un obstáculo para incorporar o aumentar la proporción de vegetales en la dieta (Parzanese, 2012).

El proceso de cortado hace que los vegetales sean más susceptibles al deterioro químico y microbiológico debido a que durante este proceso las células son destruidas y se liberan exudados ricos en minerales, azúcares, vitaminas y otros compuestos. Estos nutrientes pueden permitir el crecimiento de los microorganismos que han sobrevivido al procesado. Lo que obliga a extremar las buenas condiciones de manipulación así como a implementar un tratamiento adecuado de desinfección (Figura 10) (Allende *et al.*, 2006).



Figura 10. Desinfección de una hortaliza de hoja para consumo directo.
Fuente: Artés-Hernández *et al.* (2009)

2.1.9 Tratamientos de desinfección

Los tratamientos con agentes desinfectantes se hacen en solución acuosa por inmersión o aspersión. El alcance del tratamiento depende del compuesto desinfectante y de los



ANTECEDENTES

microorganismos que se quiera eliminar. Su eficacia varía con la concentración del agente, y en mayor o menor medida con la temperatura, el pH, el tiempo de contacto y el contenido de materia orgánica (Garmendia y Vero, 2013).

Existen diferentes tratamientos de desinfección, a continuación se mencionan algunos.

Cloro

El cloro y sus derivados son por mucho los agentes que más se emplean en el mundo. Es posible emplear compuestos tales como el cloro gas, el hipoclorito de sodio, el hipoclorito de calcio o compuestos organoclorados como el ácido tricloroisocianurico. Eventualmente todos ellos producen el ácido hipocloroso HClO y el ión hipoclorito ClO⁻ que son los agentes activos, y su efectividad depende de la cantidad de estos componentes que el compuesto clorado forma al estar en solución acuosa. La cloración se refiere a la adición de algún componente clorado que produzca el agente activo, independientemente de la sal o compuesto donde provenga (Figura 11) . En el caso de la sal de hipoclorito, la reacción es la siguiente:



Figura 11. Reacción de sal de hipoclorito

El cloro es el desinfectante más utilizado en la industria alimentaria (Figura 12). 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 (Rocha, 2011).



Figura 12. Solución de hipoclorito de sodio para desinfectar alimentos vegetales.

Fuente: Sapers (2001)



ANTECEDENTES

Ozono

La desinfección por ozono se basa en la aplicación de esta molécula (Figura 13), debido a que es sumamente reactiva, y tiene un potencial de oxidación mayor que el cloro y sus derivados (ión hipoclorito y ácido hipocloroso), lo cual le confiere una gran actividad química.

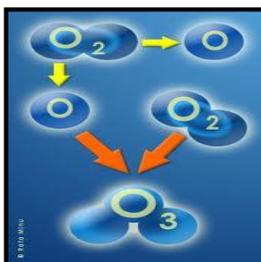


Figura 13. Esquema de producción de ozono.

Fuente: González y Guzmán (2011)

El ozono, en forma similar a como ocurre con el cloro, destruye o inactiva las enzimas y coenzimas necesarias para la vida y supervivencia de los microorganismos del medio y esa es la razón de su capacidad bactericida (Rocha, 2011).

Se ha demostrado su actividad en agua contra bacterias, virus, hongos y protozoarios. Su poder antimicrobiano se basa en su capacidad oxidativa (Garmendia y Vero, 2013).

La acción de los desinfectantes además de oxidar y destruir la pared celular de los microorganismos implica una reacción química secundaria con los demás componentes del agua, como es la oxidación de metales y otros compuestos que el agua pueda contener, obteniéndose así compuestos organoclorados como trihalometanos (cloroformo, tricloro metano y dicloro), en el caso de desinfección con cloro y durante la desinfección de ozono también aparecen productos de desinfección como los óxidos y peróxidos (formaldehído, acetaldehído, paraldehído, etc.) que resultan de la reacción química entre el ozono y la materia orgánica y que también son tóxicos (Rocha, 2011).



ANTECEDENTES

2.1.10 Desinfectantes orgánicos

En la actualidad se busca utilizar agentes que no sean tan drásticos y agresivos al medio ambiente, al igual que presenten la menor cantidad de efectos secundarios, por lo que hay nuevos productos que son de origen natural y actúan como desinfectantes y conservadores para productos tanto de origen vegetal (frutas, verduras y legumbres) como origen animal (pescados y mariscos), que requieren ser consumidos frescos o en su estado natural.

En la Tabla 12 se muestran algunos ejemplos de los componentes orgánicos que pueden contener algunos desinfectantes.

Tabla 12. Componentes de desinfectantes orgánicos.

Agente	Descripción
Extractos cítricos	Son fundamentalmente aceites esenciales obtenidos de las semillas de diferentes variedades de cítricos, en este caso el aceite esencial de semillas de toronja (<i>Citrus máxima</i>). Los extractos cítricos, son sustancias multicomponentes que dentro del fruto tienen funciones biológicas específicas, que al extraerse y contraerse se modifican para encontrar usos diversos en la industria, siendo uno de los más recientes, el de agente bactericida y fungicida.
Extractos etanólicos	Son sustancias con olor característico, obtenido a partir de materia prima desecada de origen vegetal, por maceración o percolación en contacto con alcohol etílico al 70%.
Aceites esenciales	Son: “productos de composición generalmente muy compleja que contienen los principios volátiles que se encuentran en los vegetales más o menos modificados durante su preparación.
Ácidos orgánicos	Los ácidos orgánicos son generalmente ácidos débiles, con sólo el 1% de las moléculas RCOOH disociado en iones a temperatura ambiente y en disolución acuosa. Son sustancias polares, que pueden formar puentes de hidrógeno entre sí o con las moléculas de otra especie con valores de pKa entre 4 y 5. pueden ser utilizados en los alimentos con el fin de disminuir el pH del producto y, a la vez, reducir la carga microbiana. Algunos ejemplos son el ácido acético, benzoico, láctico, etc.

Fuente: Lehninger (1995), González-Aguilar *et al.* (2001), Solusan México (2002)



ANTECEDENTES

2.1.11 Aceites esenciales

Los aceites esenciales son compuestos aromáticos producidos por varios géneros de plantas que poseen actividad biológica y/o extractos de vegetales con actividad antifúngica contienen compuestos que son sintetizados por las plantas como mecanismo de defensa contra algunos microorganismos (Caccioni y Guizzardi, 1994).

Cabe señalar que los aceites esenciales están adquiriendo gran importancia ya que se ha reportado un efecto en el control de contaminaciones microbianas en diferentes tipos de alimentos como pan, carne, quesos y frutas y hortalizas frescas (Caccioni y Guizzardi, 1994).

Las plantas y sus aceites esenciales son fuentes potencialmente útiles de componentes antimicrobianos. Se han publicado numerosos estudios sobre la actividad antimicrobiana de compuestos de plantas contra diversos microbios, incluyendo patógenos transmitidos por alimentos (Rančić *et al.*, 2005).

Los principales componentes de los aceites esenciales son mono y sesquiterpenos, incluyendo carbohidratos, fenoles, alcoholes, éteres, aldehídos y cetonas; son responsables tanto de la fragancia así como para la actividad biológica de plantas aromáticas y medicinales (Figura 14).



ANTECEDENTES

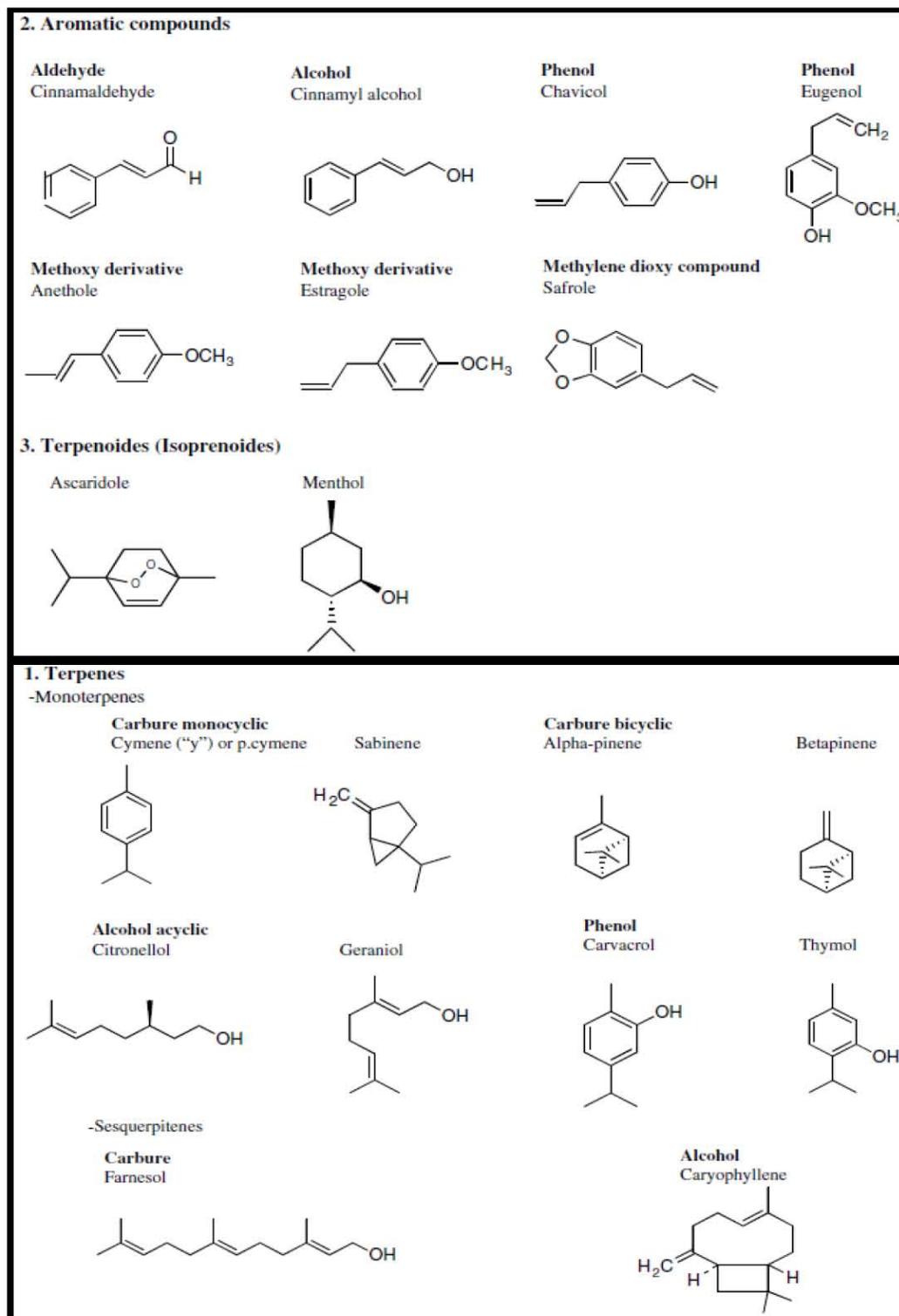


Figura 14. Estructuras químicas de compuestos seleccionados de aceites esenciales.

Fuente: Bakkali *et al.* (2008)



ANTECEDENTES

Los terpenos forman estructural y funcionalmente diferentes clases. Los principales terpenos son los monoterpenos (C10) y sesquiterpenos (C15), pero hemiterpenos (C5), diterpenos (C20), triterpenos (C30) y tetraterpenos (C40) también existen. Un oxígeno que contiene terpeno se llama un terpenoides.

A continuación en la Tabla 13 se muestran algunos aceites esenciales con sus componentes inhibitorios de la actividad microbiana.

Tabla 13. Plantas con aceite esencial y sus componentes antimicrobianos.

Nombre común	Nombre científico	Parte	Componente
Canela	<i>Cinnamon</i>	Hoja	Cinamaldehído
Clavo	<i>Syzygium aromaticum</i>	Corteza hoja	Eugenol
Eucalipto	<i>Eucalyptus globulus</i>	Hoja	Cineol
Orégano	<i>Oriaganum</i>	Hoja	Carvacrol
Tomillo	<i>Thymus vulgaris</i>	Flor/ Hoja	Timol

Fuente: Hernández-Lauzardo *et al.* (2007).

Al parecer existe una relación entre las estructuras químicas de los compuestos más abundantes en los aceites esenciales y el efecto antimicrobiano que ejercen. El grado de inhibición de los aceites puede atribuirse a la presencia de un núcleo aromático que contiene un grupo funcional polar. Aunque se piensa que también están involucrados otros factores como el balance hidrofílico/lipofílico; por ejemplo, los grupos fenólicos-OH que son muy reactivos y pueden fácilmente formar enlaces de hidrógeno con los sitios activos de las enzimas (Guynot *et al.*, 2005).

Debido al gran número de componentes, los aceites esenciales parecen no tener objetivos celulares específicos (Carson *et al.*, 2002). Como lipófilos típicos, que pasan a través de la



ANTECEDENTES

pared celular y la membrana citoplasmática, alteran la estructura de sus diferentes capas de polisacáridos, ácidos grasos y fosfolípidos, afectando su permeabilidad. Por lo que la citotoxicidad parece incluir daños en la membrana. En las bacterias, la permeabilización de las membranas está asociada con pérdida de iones y la reducción del potencial de membrana, provocando un colapso de la bomba de protones y el agotamiento del pool de ATP (Knobloch *et al.*, 1989; Sikkema *et al.*, 1994; Helander *et al.*, 1998; Ultee *et al.*, 2002; Di Pasqua *et al.*, 2007; Turina *et al.*, 2006). Los aceites esenciales pueden coagular el citoplasma dañando lípidos y proteínas (Gustafson *et al.*, 1998).

Debido a estas propiedades, desde tiempos antiguos algunas hierbas o aceites esenciales de las mismas (como el del orégano) y especias se han añadido a los alimentos, no sólo como agentes aromatizantes, sino también como conservantes (Kalemba y Kunicka, 2003).

2.1.11.1 Aceite esencial orégano

En la Figura 15 se puede apreciar a *Lippia graveolens*, comúnmente conocida como orégano. Es una hierba aromática y medicinal de promisorio futuro debido a su valor comercial influenciado por el contenido de aceite esencial y oleorresina que posee (Arenas, 2006).



Figura 15. Planta de orégano (*Lippia graveolens*).
Fuente: SAGARPA (2010).



ANTECEDENTES

La siguiente Tabla muestra la clasificación taxonómica del orégano.

Tabla 14. Clasificación taxonómica de *Lippia graveolens* H. B. K.

Reino	Vegetal
Subdivisión	<i>Angiospermae</i>
Clase	<i>Dicotyledonea</i>
Orden	<i>Labiales</i>
Familia	<i>Verbenaceae</i>
Género	<i>Lippia</i>
Especie	<i>Lippia graveolens</i> HBK

Fuente: SAGARPA (2010)

El orégano es una especia ampliamente utilizada en la industria alimentaria. Principalmente por sus propiedades aromáticas con un papel principal para mejorar el sabor y aroma de los alimentos. Debido al alto contenido de oleanólico, ursólico, ácidos cafeico, rosmarínico itospérmico, flavonoides, hidroquinonas, taninos, y glucósidos fenólicos, el orégano se ha demostrado que exhibe una actividad antioxidante y antimicrobiana. Muchos estudios demostraron la actividad inhibidora de los extractos de orégano y aceites esenciales contra microorganismos. Esto debido a la presencia de carvacrol (30%) y timol (27%) (Figura 16), los cuales son los componentes principales en el aceite esencial de la planta *Lippia graveolens* (Bakkali *et al.*, 2008).

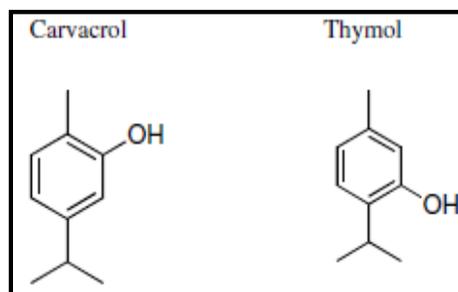


Figura 16. Estructuras químicas de los componentes principales del aceite esencial de orégano.

Fuente: Bakkali *et al.* (2008).





3 OBJETIVOS

- **Objetivo General**

Desarrollar un producto mínimamente procesado a partir de la verdolaga producida por hidroponía y comparar con la cultivada en suelo; así como evaluar el efecto de un desinfectante a base de compuestos bioactivos que permita alargar su vida útil, mejorar su inocuidad y conservar su calidad nutricional para contribuir a incrementar su comercialización en México.

- **Objetivos Particulares**

Objetivo particular 1: Comparar las propiedades químicas (humedad, grasa, proteína, carbohidratos, cenizas y fibra) de verdolaga cultivada por el método en suelo e hidropónico, para obtener información científica que contribuya al aumento de su consumo y comercialización.

Objetivo particular 2: Establecer el efecto antifúngico y antibacteriano del aceite esencial de orégano en el crecimiento micelial de los hongos *Aspergillus niger* y *Alternaria sp.*, así como en la inhibición de *Salmonella typhimurium* mediante pruebas *in vitro* para establecer la concentración final en el desinfectante.

Objetivo particular 3: Desarrollar una formulación a base de compuestos bioactivos de aceite de orégano que sirva como desinfectante natural para asegurar la inocuidad (coliformes, hongos y levaduras) de verdolaga mínimamente procesada.

Objetivo particular 4: Evaluar el efecto de la aplicación de un desinfectante a base de aceite de orégano en la vida útil (color, pH, % pérdida de peso, apariencia visual), de verdolaga mínimamente procesada producida por hidroponía y por suelo.

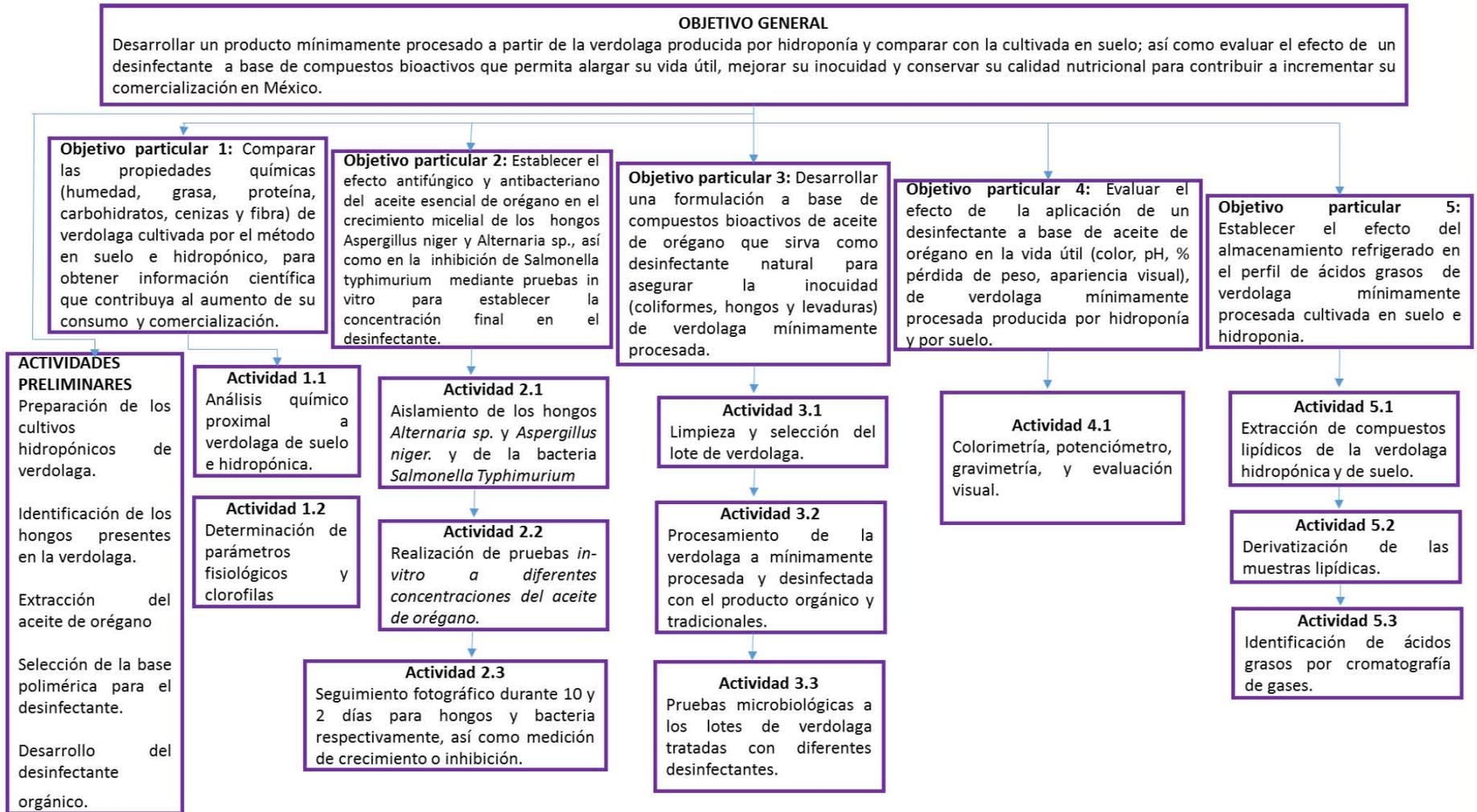
Objetivo particular 5: Establecer el efecto del almacenamiento refrigerado en el perfil de ácidos grasos de verdolaga mínimamente procesada cultivada en suelo e hidroponía.



MATERIALES Y MÉTODOS

4 MATERIALES Y MÉTODOS

• Cuadro metodológico





MATERIALES Y MÉTODOS

- **Material Biológico.**

El orégano (*Lippia graveolens* H. B. K.) empleado se obtuvo en el mercado del Carmen de Cuautitlán Izcalli, estado de México.

En el caso de la verdolaga (*Portulaca oleracea*) cultivada en suelo se adquirió en el mercado del Carmen en Cuautitlán Izcalli, Edo. de México. La hortaliza se utilizó en estado fresco y apariencia sana (Figura 17).



Figura 17. Verdolaga de cultivo en suelo.

Fuente: Elaboración propia.

En el caso de verdolaga cultivada por la técnica hidropónica, ésta se cultivó en el invernadero del Centro de Asimilación Tecnológica (CAT) de la UNAM. El cultivo se preparó en contenedores con perforaciones, en los cuales, fue esparcido el sustrato (mezcla de peat moss y vermiculita) y humedecido con agua potable. Posteriormente las semillas de verdolaga fueron esparcidas sobre el sustrato. Durante un periodo de 25 días, la verdolaga fue asperjada con una solución nutritiva preparada a partir de una mezcla de sales, la cual se adquirió en la Facultad de Ciencias de Ciudad Universitaria, UNAM (Figura 18).



Figura 18. Verdolaga en cultivo hidropónico

Fuente: Elaboración propia.



MATERIALES Y MÉTODOS

- **Evaluación química y fisiológica de la verdolaga**

La evaluación de los componentes químicos se realizó a la verdolaga tanto hidropónica como cultivada en suelo, los cuales fueron: proteína, humedad, lípidos, cenizas, y fibra de acuerdo a las técnicas descritas en el apartado 4.12.

Después de ser cosechadas, las frutas y vegetales frescos continúan sus procesos metabólicos, consumen O₂ y producen Dióxido de Carbono y vapor de agua (Ospina, 2008).

Se llevó a cabo la medición inicial y final (después de dos horas) de los gases CO₂ y O₂ en dos muestras de 100g cada una contenida en recipientes de 3000 ml (Figura 19), empleando un analizador de gases (Marca Nitec).

La producción de CO₂ se expresó como mg de CO₂ /Kg h el cálculo se llevó a cabo de acuerdo a la Ecuación (1).

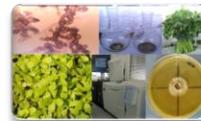
$$\frac{\text{mg CO}_2}{\text{Kg h}} = \frac{(\Delta\% \text{CO}_2)(\text{Volumen del espacio libre del contenedor en mL})(\text{Cte. de los gases})}{(\text{Peso fresco del producto en Kg})(\text{Tiempo que estuvo cerrado el contenedor en h})} \quad \text{Ecuación (1)}$$

Donde:

$$\Delta\% \text{CO}_2 = \text{Concentración de CO}_2 \text{ final} - \text{Concentración de CO}_2 \text{ inicial} \quad \text{Ecuación (2)}$$

Considerando que la constante de los gases es: 0.0182 mgCO₂/ml.

Dicho análisis se llevó a cabo tanto para verdolaga hidropónica como de suelo.



MATERIALES Y MÉTODOS



Figura 19. Medición de la respiración en verdolaga cultivada en suelo.

- **Extracción de aceite de orégano por arrastre de vapor.**

Para la extracción del aceite esencial de orégano se inició con una limpieza de cualquier materia extraña que pudiera contener la planta de orégano, seguido se llevó a una reducción de tamaño con ayuda de un molino (marca Krubs). Posteriormente se realizó la extracción del aceite esencial, esto por arrastre de vapor. Se mezclaron 100 g de planta molida con 2 litros de agua durante 4 horas (Figura 20) y al término de este lapso se recolectó el aceite contenido en la trampa en un envase ámbar, para almacenarlo a -20°C hasta su utilización.



Figura 20. Destilación por arrastre de vapor para la obtención de aceite esencial de orégano.
Fuente: Elaboración propia.



MATERIALES Y MÉTODOS

- Efecto antifúngico de aceite esencial de orégano por medio de pruebas *in vitro*

4.1.1 Aislamiento, identificación y preparación de inóculo de hongos para pruebas *in vitro*.

Para la identificación de hongos causantes de enfermedades se recolectaron verdolagas con diferentes síntomas de enfermedad, se realizó una observación diaria y se tomaron muestras del tejido enfermo, los cuales fueron colocados en agar papa dextrosa e incubados a 25°C por 5-8 días; posteriormente para realizar el aislamiento, purificación e identificación de los diferentes hongos utilizados en el presente estudio y se procedió como se muestra en la Figura 21.

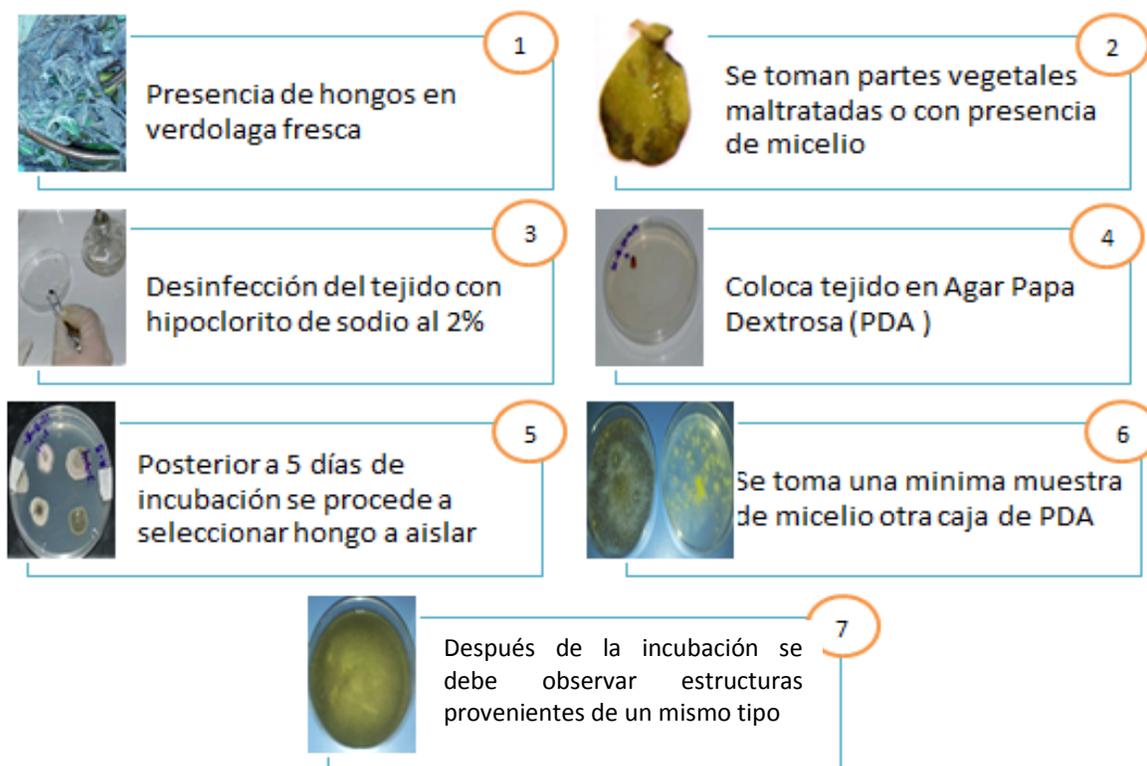


Figura 21. Diagrama para aislar hongos de la verdolaga.
Fuente: Elaboración propia.



MATERIALES Y MÉTODOS

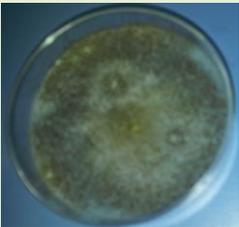
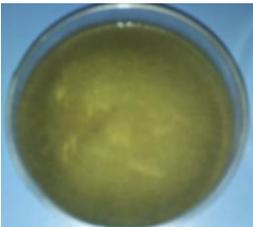
Para la identificación microscópica de las estructuras de *Aspergillus niger* y *Alternaria sp.*, se realizaron cultivos de los hongos aislados en agar papa dextrosa durante 5-8 días incubados a 25°C. Posteriormente se observó una muestra del hongo y se tomó utilizando una cinta adhesiva transparente (con el fin de impregnar el hongo en ésta) y se colocó una gota de azul de lactofenol en un portaobjetos y se observó la estructura en el microscopio como se muestra en la Figura 22; comparando con las claves de identificación descritas por Barnett y Hunter (1998).



Figura 22. Procedimiento para identificación de hongos encontrados en verdolaga.
Fuente: Elaboración propia

Las formas y estructuras identificadas de los hongos se aprecian en la Tabla 15.

Tabla 15. Identificación macroscópica y microscópica de los hongos de estudio.

Hongo de estudio	Macroscópico	Microscópico	Descripción
<i>Aspergillus niger</i>			Conidioforos rectos, simples que terminan en forma de globo o ensanchándose gradualmente hacia el ápice. Con fialides orientados al ápice de forma radial o en la superficie entera; los conidios son unicelulares, globosos, de varios colores en cadenas basipetales.
<i>Alternaria sp.</i>			Conidioforos oscuros en su mayoría simples, un poco cortos o elongados. Conidios oscuros, típicamente septados en cruz y longitudinalmente. Con formas elípticas u obvoidal, crece de abajo a arriba en un apice simple o ramificado. Parasito o saprofito de material vegetal.

Fuente: Elaboración propia



MATERIALES Y MÉTODOS

4.1.2 Desarrollo de pruebas *in vitro* en hongos

Para realizar las pruebas *in-vitro*, primero se llevó a cabo un crecimiento masivo de los hongos *Aspergillus niger* y *Alternaria sp.* anteriormente purificados e identificados macro y microscópicamente.

La siembra de los hongos de estudio se realizó en cajas Petri con agar-papa dextrosa, donde se realizó una picadura en diez cajas para cada hongo y posteriormente se incubaron a 25°C durante 10 días.

Para conocer el potencial inhibitorio del aceite esencial de orégano sobre el crecimiento micelial de los hongos *Aspergillus niger* y *Alternaria sp.* se empleó el método de difusión en agar del aceite esencial, por lo que se determinó el volumen requerido para establecer las concentraciones de 675, 1350, 2700 ppm de aceite esencial de orégano; elaborando a la par un control únicamente con agar papa dextrosa. Se realizó un seguimiento fotográfico y se procedió a evaluar el crecimiento de los microorganismos, midiendo los mm de crecimiento del micelio, reportando los resultados como porcentaje de inhibición del mismo.

- **Efecto antibacteriano de aceite esencial de orégano por medio de pruebas *in vitro***

4.1.3 Pruebas de identidad y preparación de inóculo de *Salmonella typhimurium*

Para la preparación del inóculo de *Salmonella*, se procedió a verificar la identidad de la bacteria. Una cepa de colección de *Salmonella typhimurium* fue adquirida en el cepario de Facultad de Química, UNAM a partir de la cual se tomó una muestra para llevarla a tubos con caldo nutritivo, donde se dejó incubar a 37°C por un día con el fin de reactivarla y poder utilizarla para su estudio.



MATERIALES Y MÉTODOS

Pasadas las 24 horas de incubación se observó a contra luz un ligero enturbiamiento del caldo de cultivo y la presencia de sedimento, características de desarrollo microbiano. Seguido de esto se realizaron pruebas para comprobar la identidad de la bacteria.

- ✚ Tinción de Gram. La tinción de Gram se realizó de acuerdo a la técnica descrita por Ramírez (2011). Se prepararon los frotos, se agregó cristal violeta (de 2 a 3 gotas) y se dejó actuar un minuto, para después lavar con el mínimo de agua con el fin de eliminar el exceso de colorante, este procedimiento de enjuague se realizó entre cada paso de la tinción para eliminar excesos. El segundo paso fue adicionar lugol de igual manera que el cristal violeta en cantidad suficiente para cubrir el frote y dejarlo actuar por otro minuto, posteriormente se decoloró con alcohol acetona hasta que el efluente salió incoloro, para finalmente añadir el colorante secundario, safranina. Se dejó secar la preparación a temperatura ambiente y se llevó al microscopio donde con el objetivo de 100x se observó que la muestra se tiñó de un tono rojizo, como se muestra en la Figura 23, por lo que se demostró que era una Gram (-), como *Salmonella*.

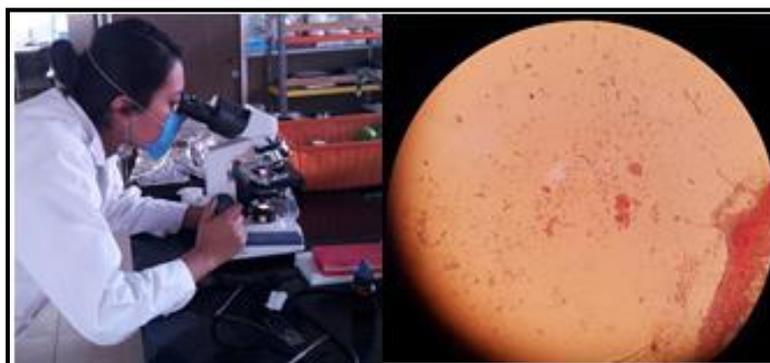


Figura 23. Observación de las bacterias Gram (-) al microscopio.
Fuente: Elaboración propia.

- ✚ Prueba de catalasa. Se tomó una muestra de la bacteria y se colocó en el portaobjetos. Posteriormente se agregaron unas gotas de peróxido de hidrógeno al 3%. La prueba se manifestó positiva ya que *Salmonella typhimurium* es capaz de producir burbujas debido a la descomposición del H_2O_2 . Por ello se determinó que la bacteria purificada para utilizar era *Salmonella* (Ramírez, 2011).



MATERIALES Y MÉTODOS

4.1.4 Desarrollo de pruebas *in vitro* en *Salmonella typhimurium*

Para llevar a cabo las pruebas *in-vitro*, una vez ya identificada se incubó la bacteria de *Salmonella typhimurium* preparando un segundo inóculo de la cepa en las condiciones ya mencionadas para realizar la cuenta de bacterias en placa según la NOM-092-SSA1-1994 y se determinó una concentración de 9.7×10^7 cel/mL (Secretaría de Salud, 1994).

El efecto biocida del aceite de orégano se evaluó por el método de difusión en agar, inoculando 0.1mL de la suspensión bacteriana en agar nutritivo. Posteriormente en condiciones asépticas y con pinzas de punta roma se impregnaron discos de papel filtro con las soluciones de aceite de orégano a las concentraciones de 675, 1350, 2700 y 5400 ppm, así como uno a parte con ácido acético a una concentración de 5% con la finalidad de comprobar que no representaba el principal componente antibacteriano, si no que complementa la función del aceite de orégano y se colocaron en las cajas de agar nutritivo para incubarlas a 37°C durante 24 horas. A continuación se procedió a evaluar el crecimiento de los microorganismos midiendo los milímetros de inhibición del halo.

- **Desarrollo del desinfectante**

4.1.5 Evaluación de las bases poliméricas

Para la elaboración del desinfectante orgánico se evaluaron diferentes bases poliméricas (goma xantana, goma arábiga y grenetina) en verdolaga de suelo, con el fin de seleccionar la que proporcionara el mayor tiempo de contacto entre el aceite esencial y el producto, empleando la concentración de aceite seleccionada en las pruebas *in vitro* para los hongos y *Salmonella*. En la Tabla 16 se muestran las diferentes formulaciones evaluadas. Posteriormente para la selección de la base polimérica se determinó el efecto de su aplicación



MATERIALES Y MÉTODOS

en los parámetros de calidad (color, pH, pérdida de peso y de calidad visual) de acuerdo a las técnicas descritas en el apartado 4.10.2.

Tabla 16. Composición del desinfectante orgánico.

Componente	Porcentaje
Agua	93.85-93.95
Base polimérica: - Goma xantana - Goma arábica - Grenetina	*
Tween 80	1
Ácido acético glacial	5
Aceite de orégano	**
*Se evaluaron por separado cada una de los polímeros (0.05-0.1%)	
**De acuerdo a la concentración seleccionada en ppm	

- **Elaboración de verdolaga mínimamente procesada**

Una vez formulado el desinfectante y establecida la concentración de aceite de orégano que inhibió el crecimiento de los microorganismos, se procedió a obtener la verdolaga mínimamente procesada tanto de suelo como hidropónica. La Figura 24 muestra el procedimiento a seguir para la obtención de verdolaga mínimamente procesada.



MATERIALES Y MÉTODOS

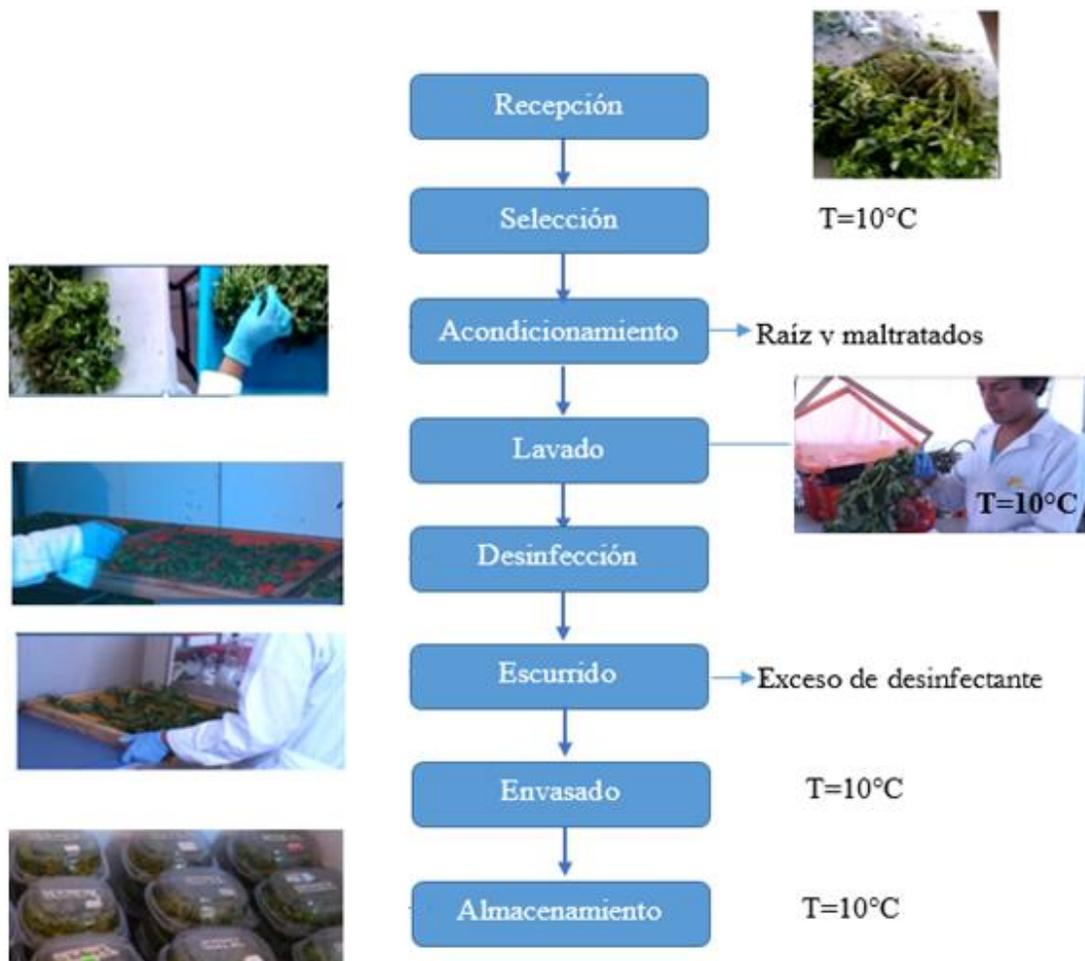


Figura 24. Diagrama de proceso de verdolaga mínimamente procesada.

Recepción: La verdolaga cultivada en suelo se adquirió en el Mercado del Carmen, en Cuautitlán Izcalli. La cultivada por hidroponía, se obtuvo directamente del invernadero del CAT de la FES Cuautitlán.

Selección: Se eliminó toda materia extraña y dañada ya que no sirve para ser procesada. Los daños consisten en tonos verdes muy intensos u hojas maltratadas. Solamente se seleccionó el material sano, fresco y de color verde característico, sin presencia de flores.

Acondicionamiento: La raíz se cortó para ser eliminada ya que no es comestible.



MATERIALES Y MÉTODOS

Lavado: Se realizó un lavado empleando agua destilada para eliminar la tierra y se separaron en diferentes lotes para llevar a cabo la posterior desinfección.

Desinfección: Se asperjó verdolaga de cada tipo de cultivo con el desinfectante empleando el desinfectante orgánico a base de aceite de orégano, por inmersión en solución de hipoclorito de sodio a 200ppm durante 8 min, con un desinfectante orgánico comercial de acuerdo a las instrucciones de uso y finalmente se dejó un lote sin desinfectar como control.

Ecurrido: La verdolaga desinfectada se colocó en una rejilla para eliminar el exceso de desinfectante durante un periodo de 15 minutos y evitar el exceso de líquido antes del envasado.

Envasado: En proporciones de 50 g, la verdolaga se envasó en tarrinas de plástico y se selló correctamente para evitar contaminaciones o pérdidas de algún nutriente.

Almacenamiento: La verdolaga se almacenó a una temperatura de refrigeración hasta el día de su evaluación.

Nota: Todo el proceso se llevó a cabo a una temperatura de 10°C.

- **Evaluación de los parámetros de calidad y trazabilidad de un parámetro nutrimental en verdolaga mínimamente procesada durante el periodo de almacenamiento**

Para determinar la vida de anaquel de la verdolaga mínimamente procesada se evaluaron parámetros de calidad, como son: color, pérdida de peso, apariencia visual y pH, mismos que son descritos en el apartado 4.13. Se realizaron tres réplicas de evaluación de parámetros de



MATERIALES Y MÉTODOS

calidad durante un almacenamiento de 16 días para los diferentes tratamientos cada cuatro días (0, 4, 8 y 16).

Así mismo se evaluó el perfil de ácidos grasos en la verdolaga desinfectada, tanto de origen hidropónico como de suelo; al inicio, intermedio y a final del almacenamiento, es decir en los días 0, 8 y 16 de almacenamiento. El método para la evaluación se describe en el apartado 4.11.

4.9.1. Identificación de perfil de ácidos grasos y trazabilidad

La evaluación del perfil de ácidos grasos presentes en la parte lipídica de la verdolaga se realizó por cromatografía de gases empleando un cromatógrafo de gases marca Thermo Scientific, modelo Trace GC, con un detector de ionización de flama y una columna de sílice fundida, 30 m x 0.25 mm recubierta con una fase líquida de poliglicol sobre la base Carbowax-20M empleando una mezcla de estándares F.A.M.E. MIX C14-C22 No. CAT. 18917-1 AMB marca Sigma (Pascual, 2013).

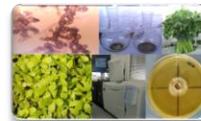
Las condiciones de la determinación de ácidos grasos se muestran en la Tabla 17.

Tabla 17. Condiciones del cromatógrafo de gases.

<i>Componente</i>	<i>Condición</i>
Inyector	250°C
Detector	270°C
Rango de Temperatura del horno	100-250°C
Gas de flujo	Nitrógeno

Fuente: Pascual (2013).

La rampa empleada se muestra en la Figura 25.



MATERIALES Y MÉTODOS

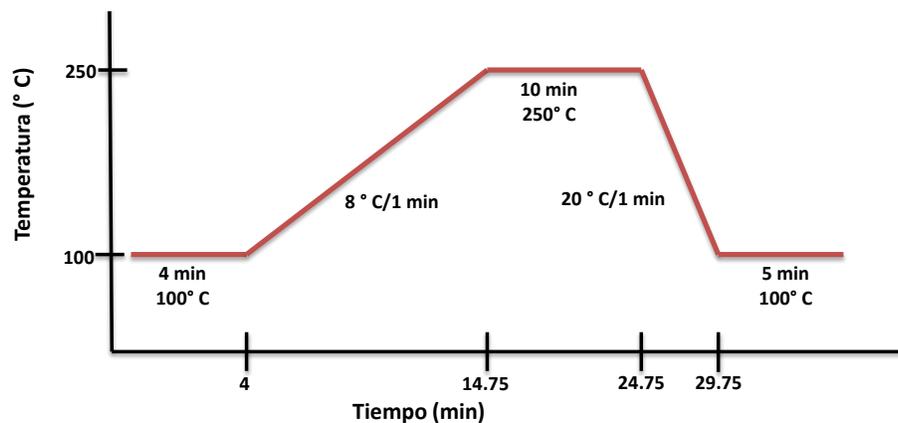


Figura 25. Programa de temperatura de cromatografía de gases

Los resultados se expresaron como porcentaje.

4.10. Técnicas analíticas

4.10.1. Parámetros químicos

✚ *Humedad*

El porcentaje de humedad se determinó por el método de estufa (Pearson, 1998), el cual se basa en la pérdida de peso de la muestra por evaporación del agua. Se tomaron 5 g de muestra, se maceró y se colocó en charolas a peso constante, dejándolas en la estufa durante 5 horas a 100°C para finalmente tomar su peso final. La humedad se expresó en porcentaje (Figura 26).



Figura 26. Estufa de laboratorio.



MATERIALES Y MÉTODOS

Cenizas

El contenido de cenizas se determinó por el método de método de Klemm (AOAC, 1990). En este método toda la materia orgánica se oxida en presencia de flama a una temperatura que fluctúa entre los 550 -600°C; el material inorgánico que no se volatiliza a esta temperatura se conoce como ceniza. Se tomaron 5 g de muestra, se maceró y se colocó en crisoles a peso constante, se sometió a incineración directa como se muestra en la Figura 27, hasta que la muestra se tornara oscura, posteriormente se lleva a la mufla hasta que la muestra presentó color blanco, finalmente se tomó su peso final. Las cenizas se expresaron en porcentaje.



Figura 27. Incineración directa con mechero de Bunsen.

Proteínas

Las proteínas se determinaron de acuerdo al metodo de Lowry *et al.* (1951). Este método combina la reacción de Biuret con la reducción del reactivo de Folin-Ciocalteu (ácidos fosfomolibdico y fosfotúngstico) por la oxidación de tirosina, triptofano, cisteína, cistina de las cadenas polipeptídicas. El proceso de óxido-reducción se acompaña de la formación de un color azul característico. Los quelatos de cobre en la estructura del péptido facilitan la transferencia de electrones de los grupos funcionales amino al cromóforo ácido. Este método es útil para determinar pequeñas cantidades de proteína en una disolución por medio de espectrofotometría (Figura 28). El contenido de proteínas se expresó como porcentaje.



MATERIALES Y MÉTODOS



Figura 28. Espectrofotómetro.

Lípidos

Los lípidos fueron determinados por el método de Soxhlet (AOAC, 1990), que consiste en una extracción semicontinua con un disolvente orgánico. En este método el disolvente se calienta, se volatiliza y condensa goteando sobre la muestra la cual queda sumergida en el disolvente. Posteriormente éste es sifoneado al matraz de calentamiento para empezar de nuevo el proceso como se muestra en la Figura 29. Se tomaron 3 g de muestra, se maceró y se colocó en papel filtro, los cuales se introdujeron en cartuchos tapados con algodón y se montó Soxhlet. Se dejó a reflujo durante 4 horas para posteriormente pesar los matraces bola previamente a peso constante y tomar su peso final. El contenido lipídico se expresó en porcentaje.



Figura 29. Técnica de Soxhlet.

Fibra

El contenido de fibra cruda se determinó por método de Kennedy-Weende (Pearson, 1998), se tomaron 3 g de muestra, se maceró, se digirió con una solución de ácido sulfúrico al 0.255 N, durante 30 min a partir de su ebullición y se filtró. La segunda digestión se realizó con una solución alcalina de hidróxido de sodio al 0.313 N y se filtró con papel filtro a peso constante



MATERIALES Y MÉTODOS

como se muestra en la Figura 30. Posteriormente se llevó a un secado en la estufa durante 5 horas a 100°C, se pesó, se llevó a incineración y finalmente se metió a la mufla para finalmente tomar su peso final. El contenido de fibra se expresó en porcentaje.



Figura 30. Lavado de la muestra después de la digestión.

Clorofilas

El contenido de clorofilas totales fue determinado mediante espectrofotometría (Jeffrey y Humphrey, 1975). La extracción del pigmento se llevo a cabo con acetona al 90% y se leen las muestras a las longitudes de onda de 664 y 647nm. De los resultados de las lecturas, se realiza el cálculo de clorofilas totales en µg/L de acuerdo a la Ecuación (3).

$$\text{Clorofilas totales} = \text{Clorofila A} + \text{Clorofila B} \quad \text{Ecuación (3)}$$

Donde:

$$\text{Clorofila A} = \frac{((11.93 * \text{Abs}_{.664}) - (1.93 * \text{Abs}_{.647})) * (\text{Vol. de extracto en ml})}{\text{Vol. del filtrado en L}}$$

Ecuación (4)

$$\text{Clorofila B} = \frac{((20.36 * \text{Abs}_{.647}) - (5.50 * \text{Abs}_{.664})) * (\text{Vol. de extracto en ml})}{\text{Vol. del filtrado en L}}$$

Ecuación (5)



4.10.2. Parámetros de calidad

Color

Las mediciones de color se realizaron sobre la verdolaga en diferentes puntos dentro del envase empleando un colorímetro (marca Minolta, modelo CR-300), con sistema Hunter Lab como el que se muestra en la Figura 31, que representa la cromaticidad en coordenadas rectangulares, donde L representa la luminosidad, desde la reflexión nula (L=0) hasta difusión difusa perfecta (L=100). Los valores L, a y b se utilizaron para calcular el tono (ángulo Hue), donde Hue: 0=rojo-púrpura, 90=amarillo, 180=azul-verde y 270=azul. Hue se calculó a partir de la Ecuación 6.

$$h = \arctan\left(\frac{b}{a}\right) \quad \text{Ecuación (6)}$$

El croma indica la intensidad de color o saturación de color y se calculó por la Ecuación 7. (McGuire, 1992).

$$C = \sqrt{(a^2 + b^2)} \quad \text{Ecuación (7)}$$



Figura 31. Colorímetro Minolta.

Pérdida de peso

La pérdida de peso se realizó mediante la diferencia de pesos, tomando como base el peso inicial (día de envasado) de cada uno de los envases menos su peso final. Los resultados se expresaron como porcentaje de pérdida de peso después del periodo de almacenamiento (Sichmann *et al.*, 2006).

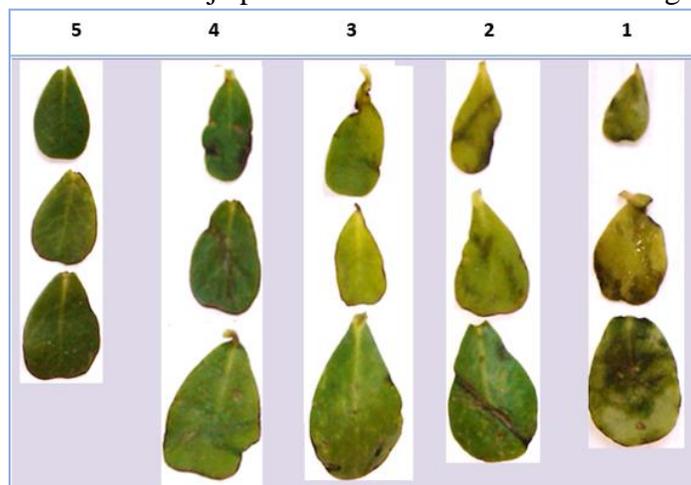


MATERIALES Y MÉTODOS

Apariencia visual

La apariencia visual se realizó de manera subjetiva, mediante panelistas no entrenados que observaron la verdolaga y otorgaron un puntaje, de acuerdo a una escala visual elaborada a partir de los diferentes daños o cambios de color que pueden presentar las hojas con la finalidad de evaluar la apariencia con respecto al tiempo de almacenamiento (Tabla 18).

Tabla 18. Puntaje para evaluación visual de verdolaga.



Donde:

- 5:** Las hojas se presentan integras, de colores verdes vivos y bordes sin lesiones.
- 4:** Las hojas presentan integridad, colores vivos y quemaduras en los bordes.
- 3:** Las hojas con leves deformaciones, color verde pálido y quemaduras leves.
- 2:** Las hojas presentan deformaciones, colores entre verde-amarillo y quemaduras
- 1:** Las hojas presentan deformaciones y/o falta de la integridad de la hoja, marchitamiento completo (amarillo) y exceso de humedad.



Determinación de pH

La determinación se basa en la actividad de iones hidrógeno (H^+) medidos en un potenciómetro usando un electrodo de vidrio y otro de referencia. La fuerza electromotriz producida por el sistema de electrodos es proporcional al pH de la solución problema. El pH se midió con un potenciómetro manual marca Hanna instruments (Figura 32) en el filtrado de muestra macerada y diluida al 10% a temperatura ambiente.



Figura 32. Potenciómetro manual.

4.10.3. Evaluación del contenido de ácidos grasos.

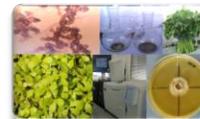
Preparación de la muestra a identificar por derivatización.

Para la derivatización se pesaron 25 mg de muestra (± 0.1 mg) en un tubo de vidrio al cual se le adicionaron 1.5mL de NaOH metanólico (0.5M) y se agitó en vortex. La muestra se calentó a $100^{\circ}C$ durante 5 minutos, se dejó enfriar y se adicionó BF_3 (Trifloruro de Boro) y durante 30 minutos se calentó a $100^{\circ}C$. Una vez transcurrido el tiempo, se dejó enfriar la muestra para adicionar 1 mL de isooctano y mezclar. Posteriormente se agregó una solución saturada de NaCl para finalmente extraer en un vial con una micropipeta la fase cristalina, la cual contuvo los ácidos grasos que fueron inyectados en el cromatógrafo marca Thermo Scientific, modelo Trace GC (AOAC, 1995).



4.11 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

A los resultados obtenidos se les realizó un análisis de varianza (ANOVA) y pruebas de rango múltiple (Tukey) con un nivel de significancia de 0.05 empleando el programa estadístico SPSS versión 20, para determinar si existe diferencia significativa entre los tratamientos a estudiar.





5 RESULTADOS

5.1. Caracterización química de verdolaga cultivada en suelo e hidropónica

La composición química de las hortalizas varía significativamente según el tipo, la procedencia y las condiciones edafoclimáticas (Belitz *et al.*, 2009).

En la Tabla 19 se muestra la composición química obtenida experimentalmente para verdolaga cultivada en suelo y en hidroponía.

Tabla 19. Composición química de verdolaga cultivada en suelo e hidroponía

<i>Componente</i>	Cultivo en Suelo	Cultivo Hidropónica
<i>Humedad (%)</i>	94.33 ±0.11	93.74 ±0.27
<i>Cenizas (%)</i>	1.39 ±0.10	1.98 ±0.16
<i>Fibra (%)</i>	0.92 ±0.05	1.52 ±0.19
<i>Lípidos (%)</i>	0.91 ±0.28	1.18 ±0.11
<i>Proteína (%)</i>	0.75 ±0.03	1.03 ±0.03
<i>Carbohidratos</i>	ND	ND
<i>Clorofilas totales (mg/g tejido)</i>	31.14	66.56
<i>Respiración (mgCO₂/kg h)</i>	54.60	409.50

ND=No Detectado. Número de muestras n=3 ± desviación estándar.

El agua (humedad) es el componente mayoritario de muchos alimentos. A través de interacciones físicas con proteínas, polisacáridos, lípidos y sales, contribuye de forma importante a su textura (Belitz *et al.*, 2009).

La FAO (2001) establece que el contenido de agua en hortalizas va de 80 a 96% y el resultado obtenido en verdolaga fue de 94.33% para cultivo en suelo y 93.74% para la hidropónica, encontrándose dentro del intervalo implantado por esta organización. A pesar de esto, existe



RESULTADOS

diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre las verdolagas cultivadas en suelo y las hidropónicas; la disminución de este compuesto está relacionada con el aumento en el contenido de los otros componentes, como son: las cenizas, fibra, lípidos, proteínas y carbohidratos.

El segundo componente mayoritario en la composición son las cenizas, las cuales se relacionan con el contenido minerales, divididos en macroelementos (Na, K, Ca, Mg, Cl, P, S), elementos traza (Fe, I, F, Zn, Se, Cu, Mn, Cr, Mo, Co, Ni) y los elementos ultratraza (Al, As, Ba, Bi, B, Br, Cd, Cs, Ge, Hg, Li, Pb, Rb, Sb, Si, Sm, Sn, Sr, Tl, Ti, W), todos esenciales para el hombre en cantidades de 50 mg/día en promedio para cada grupo (Belitz *et al.*, 2009).

El contenido de cenizas determinado para verdolaga cultivada en suelo presentó diferencia significativa ($p \leq 0.05$) con el contenido en verdolaga hidropónica, siendo mayor por aproximadamente 70 por ciento. Una recopilación elaborada por Rozano (2004) menciona que el contenido de cenizas en diversas hortalizas varía entre 0.25 y 1.2%, teniendo así que la verdolaga cultivada en suelo presenta un valor cercano, a diferencia de la cultivada por hidroponía, ya que ésta tuvo acceso a mayor cantidad de minerales disponibles para su absorción, favorecido por el riego con solución nutritiva.

El contenido de fibra en verdolaga hidropónica fue aproximadamente un 62% mayor en comparación con la cultivada en suelo presentando diferencia significativa ($p \leq 0.05$). Rozano (2004) reportó valores en hortalizas de 0.6 a 2.82%, encontrándose los valores obtenidos para ambos tipos de cultivo, dentro del intervalo.

El contenido de lípidos en la verdolaga cultivada en suelo presentó diferencia significativa ($p \leq 0.05$) con respecto a la cultivada por hidroponía. El contenido lipídico en la verdolaga hidropónica fue mayor que el contenido en la cultivada en suelo, posiblemente debido a que la hidropónica sintetizó compuestos lipídicos para proteger las hojas y prevenir su deshidratación, ya que se cultivó en los meses de Abril- Mayo, temporada de mayor calor en el año, provocando que en el invernadero se alcanzaran temperaturas elevadas. En ambos casos



RESULTADOS

fue superior a lo que Duke y Atchley (1986) reportaron en donde indican porcentajes de 0.3-0.6, e inferior al valor que Bensong reportó en 2011, el cual es de 6.9%. Los porcentajes cambian por que se reportan de diferente origen, aunque no se especifica cual.

Después de la extracción por Soxhlet de verdolaga hidropónica se observó una capa cerosa formada en la base de los matraces, tal y como se muestra en la Figura 33.



Figura 33. Lípidos en verdolaga hidropónica, extraídos por Soxhlet

Las hortalizas contienen por término medio 1-3% de compuestos nitrogenados, de los cuales el 35-80% son proteínas y el resto corresponde a aminoácidos, péptidos y otros compuestos. La fracción proteica se compone en su mayor parte de enzimas, que en la manipulación y preparación de las hortalizas pueden jugar un papel positivo o negativo (Belitz *et al.*, 2009).

El contenido proteico en verdolaga cultivada en suelo fue menor alrededor del 25 % en comparación con la verdolaga hidropónica, presentando diferencia significativa ($p \leq 0.05$). El contenido en ambos casos fue bajo comparado a otras hortalizas de hojas, como por ejemplo, acelga que cuenta con un 2%, según lo reportado por Mataix (2009).

El contenido de carbohidratos en la verdolaga, es indetectable, ya que al ser una hortaliza con alto contenido de agua tiene pocos azúcares comparado con otras hortalizas de hoja, como por ejemplo espinacas, la cual reporta valores de 3.6-4.3% (Aletor *et al.*, 2002).



RESULTADOS

Las hortalizas contienen, además de los carotenoides y antocianos, otros pigmentos de gran importancia, como las clorofilas. El color verde de las hojas se debe a las clorofilas *a* (verde azulado) y *b* (verde amarillento) que se encuentran en proporción 3:1 aproximadamente (Berlitz *et al.*, 2009). Es importante su cuantificación pues las clorofilas tienen un papel importante en la prevención de enfermedades asociadas con estrés oxidativo como cáncer y enfermedades cardiovasculares (Ban y Sircelj, 2011).

El contenido de clorofilas en las verdolagas estudiadas fue mayor en comparación por lo reportado por Núñez (2008), quien encontró 23.88 mg clorofila/g de tejido, lo cual puede atribuirse a la procedencia de la verdolaga, ya que el origen de la investigación fue Nuevo León, estado con condiciones extremas durante todo el año. El lugar de cultivo y las condiciones del mismo, así como la disponibilidad de los nutrientes en el suelo, también son factores que intervienen en el valor de la verdolaga de suelo empleada en esta experimentación, la cual se obtuvo en un mercado del estado de México, suponiendo por ello una afectación en el contenido de clorofilas ya que se conoce que suelos con bajo contenido en N, Mg, Fe y Mn están relacionados con la tasa fotosintética (Reyes *et al.*, 2000).

La verdolaga hidropónica mostró el mayor contenido de este pigmento debido a la disponibilidad que otorga el riego con una solución químicamente especializada para optimizar el desarrollo, ya que, como Marschner (1986) menciona, más de 75% del nitrógeno orgánico total en la planta se localiza en los cloroplastos, principalmente en forma de enzimas, y su deficiencia tiene efecto directo en la síntesis de la clorofila.

Cabe resaltar que se desconoce el tiempo de almacenamiento de las verdolagas previo a su investigación o bajo qué condiciones para alargar su vida de anaquel, pudiendo así afectar el contenido de clorofilas totales.

Actualmente no existen informes cualitativos sobre los cambios a nivel nutricional entre un cultivo hidropónico y el de campo, sin embargo, las diferencias obtenidas en este estudio sobre



RESULTADOS

ambos cultivos revelaron que los porcentajes de cada componente fueron siempre mayores en la verdolaga hidropónica, por lo que se concluye que la solución nutritiva fue un factor determinante para incrementar su valor nutricional.

Estudios científicos demuestran que las frutas y vegetales frescos, continúan sus procesos metabólicos después de ser cosechadas, consumiendo O₂ y produciendo dióxido de carbono mas vapor de agua (Meneses *et al.*, 2008). En verdolaga, se ha encontrado una tasa de respiración de 47 a 69 mg CO₂/Kg h (Rinald *et al.*, 2010), y el valor que se obtuvo en el presente estudio para al verdolaga cultivada en suelo estuvo dentro del rango establecido, sin embargo, la verdolaga hidropónica reportó una actividad metabólica 4 veces mayor aproximadamente.

5.2.Pruebas *in vitro* con aceite esencial de orégano para el efecto en el crecimiento micelial de los hongos *Alternaria sp.*, *Aspergillus sp.* , y de la bacteria *Salmonella typhimurium*.

Las hortalizas son productos perecederos, susceptibles al ataque de microorganismos antes y después de la cosecha y durante su almacenamiento; tal es el caso de los hongos fitopatógenos, los cuales, de acuerdo con trabajos de Herrera-Estrella y Carsolio en 1998) (citado por Trigos *et al.*,2008) pueden provocar grandes pérdidas en la producción de frutas y hortalizas.

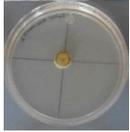
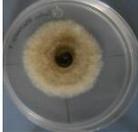
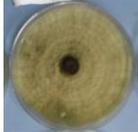
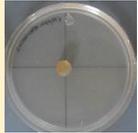
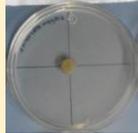
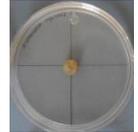
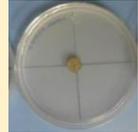
Algunos géneros, como *Alternaria* y *Aspergillus*, entre otros, son conocidos como los principales promotores de las alteraciones más frecuentes en frutas y hortalizas (Filtenborg *et al.*, 1996).

Alternaria se caracteriza por producir colonias con una morfología de tipo micelio aéreo abundante (Alexopoulos, 1996) como se aprecia en el seguimiento realizado durante 10 días al crecimiento de este hongo, que fue tratado con 3 diferentes concentraciones (675, 1350 y 2700 ppm) de aceite de orégano en la Tabla 20.



RESULTADOS

Tabla 20. Seguimiento fotográfico de pruebas *in vitro* de aceite esencial de orégano a diferentes concentraciones sobre *Alternaria sp.*

Aceite esencial de orégano (ppm)	Días		
	0	5	10
Control			
675			
1350			
2700			

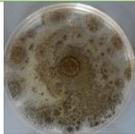
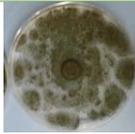
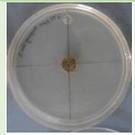
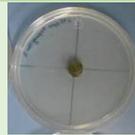
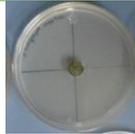
A las tres concentraciones, existió una completa inhibición de los hongos, garantizando así la ausencia de metabolitos de origen policétido, incluyendo R-dibenzopironas, tales como alternariol dimetil éter y éter 5-O-metil durante un periodo de más de 10 días. Varios de estos metabolitos son reportados a ser tóxicos para los sistemas de mamíferos debido a su potencial estrogénico del alternariol, así como su efecto inhibitor sobre la proliferación celular (Aly *et al.*, 2008).

A continuación en la Tabla 21 se presenta el seguimiento fotográfico para el hongo *Aspergillus niger* a tres distintas concentraciones (675, 1350 y 2700 ppm) de aceite esencial de orégano, donde se observó una inhibición completa del crecimiento micelial. Cabe mencionar que también se observa un ligero cambio de color a amarillo del agar conforme al aumento de la concentración, ocasionado precisamente por la presencia del aceite orégano.



RESULTADOS

Tabla 21. Seguimiento fotográfico de pruebas *in vitro* de aceite esencial de orégano a diferentes concentraciones sobre *Aspergillus niger*.

Aceite esencial de orégano (ppm)	Días		
	0	5	10
Control			
675			
1350			
2700			

Debido a que *Aspergillus niger* se caracteriza por producir colonias de rápido crecimiento (3-5 días), se requiere un agente competente que pueda realizar una inhibición inmediata ya que sintetiza micotoxinas con la capacidad de producir diversas alteraciones y cuadros patológicos en el hombre y animales. Entre las micotoxinas que genera este microorganismo se encuentra la ocratoxina A (OA), la cual ha recibido especial atención debido a su carácter nefrotóxico. Se ha demostrado que la OA posee además propiedades carcinogénicas, teratógenas e inmunotóxicas (Abarca *et al.*, 2000).

La inhibición total presentada en las tablas, se atribuye a que los aceites esenciales naturales son mezclas muy complejas que pueden contener aproximadamente 20-60 compuestos de terpenos, terpenoides, así como aromáticos y constituyentes alifáticos. Cada aceite se caracteriza por contar con dos o tres de estos compuestos de bajo peso molecular a altas concentraciones (20-70%) en comparación a los demás componentes, presentes en cantidades



RESULTADOS

traza. Por ejemplo, carvacrol (30%) y timol (27%) son los componentes principales de la *Lippia graveolens*. Generalmente, estos componentes determinan las propiedades biológicas del aceite esencial (Croteau *et al.*, 2000; Betts, 2001).

Los aceites esenciales parecen no tener objetivos celulares específicos (Carson *et al.*, 2002), pero como lipófilos típicos, pasan a través de la pared celular y la membrana citoplasmática, alterando la estructura de sus diferentes capas de polisacáridos, ácidos grasos y fosfolípidos permeabilizándolos (Turina *et al.*, 2006). Su citotoxicidad parece incluir daños en la membrana de las células.

La frecuencia de brotes de enfermedades gastrointestinales asociadas al consumo de frutas y hortalizas contaminadas se ha incrementado (Isaacs *et al.*, 2005), dentro de los principales microorganismos patógenos de humanos se ha encontrado a la bacteria *Salmonella* (Cook *et al.*, 1998), el agente causal de la mayoría de los brotes de enfermedades.

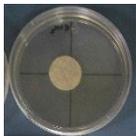
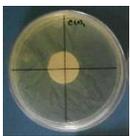
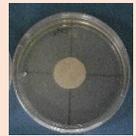
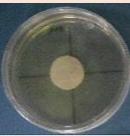
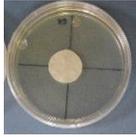
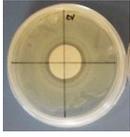
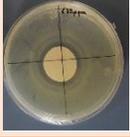
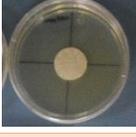
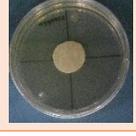
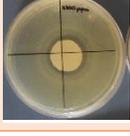
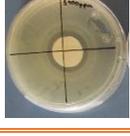
En la Tabla 22 se presenta el seguimiento fotográfico para *Salmonella* a cuatro concentraciones (675, 1350, 2700 y 5400 ppm) del aceite esencial de orégano.

La concentración con la que se trabajó experimentalmente fue de 7.9×10^7 UFC/mL, obteniendo una inhibición del 20% aproximadamente en las concentraciones iguales o menores a 2700 ppm, no presentando entre ellas diferencia significativa ($p \geq 0.05$), ni con la tratada únicamente con vinagre (CV), lo cual indica que no existió un efecto por parte del aceite, por lo que, se decidió aumentar la concentración a 5400 ppm, la cual presentó diferencia significativa ($p \leq 0.05$), inhibiendo a la bacteria en un 23% debido a que, como comprobaron Gustafson *et al.* (1998), Ultee *et al.* (2002) y Burt (2004), el aceite coagula el citoplasma, dañando lípidos y proteínas propiciando la permeabilización de las membranas asociada con la pérdida de iones y la reducción del potencial de membrana (Di Pasqua *et al.*, 2007).



RESULTADOS

Tabla 22. Seguimiento fotográfico de pruebas *in-vitro* de aceite esencial de orégano a diferentes concentraciones sobre *Salmonella typhimurium*.

Aceite esencial de orégano (ppm)	Horas		Halo de inhibición (mm)
	0	24	
Control (+)			0
Control (-)			35
Control vinagre			2.6
675			2.2
1350			2.2
2700			2.6
5400			3.6

Contrario a los resultados obtenidos, Sokovic *et al.* (2007) reportaron en su estudio que una especie diferente de orégano (*Origanum vulgare*) a una concentración de 1000 ppm inhibió a *Salmonella typhimurium* (6×10^5 cel/mL inicial) hasta 71%. La diferencia del efecto inhibitorio del presente trabajo con respecto a estudios previos se puede atribuir a varios



RESULTADOS

factores, como son la especie, el lugar de procedencia de la planta de la cual se extrajo el aceite, o la época del año en la cual fue cosechada, tal como analizan Stefanakis *et al.* (2013).

5.3. Evaluación del efecto de los desinfectantes en los parámetros de calidad para el incremento de la vida útil de la verdolaga mínimamente procesada.

5.3.1. Color

El color desempeña un papel clave en la elección, preferencia y aceptabilidad de los alimentos y puede, incluso, influir en la percepción de otros atributos de calidad, como el sabor.

Luminosidad

La luminosidad es la capacidad para reflejar la luz. En la Figura 34 se muestran los resultados obtenidos del efecto de los desinfectantes elaborados con diferentes bases poliméricas sobre la luminosidad de verdolaga en función del tiempo de almacenamiento.

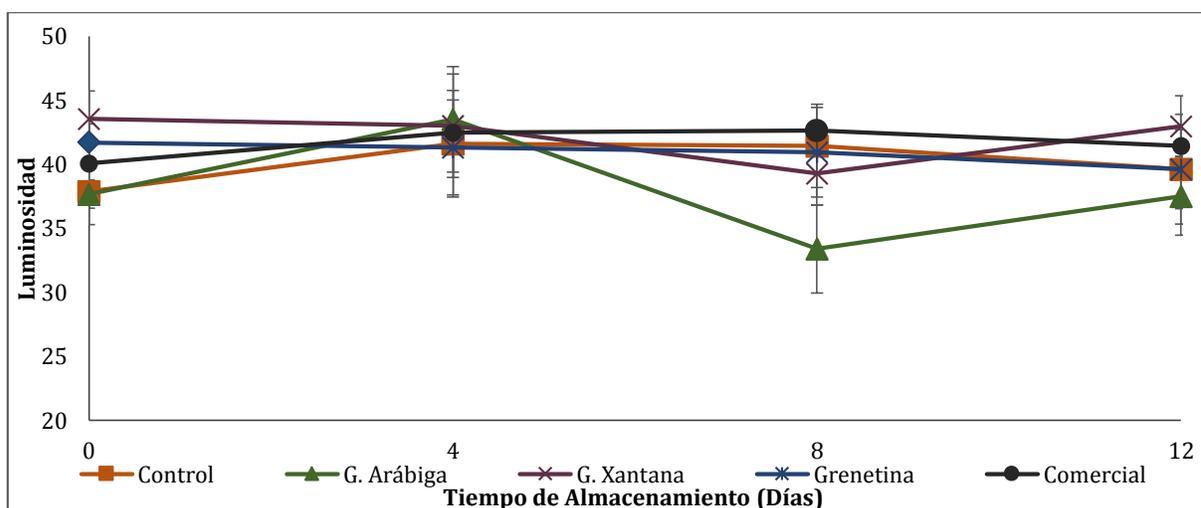


Figura 34. Efecto de los desinfectantes elaborados con diferentes bases poliméricas sobre la luminosidad de verdolaga envasada y almacenada por 12 días en refrigeración. Las barras verticales en cada punto indican la desviación estándar.



RESULTADOS

Al inicio del almacenamiento se observó que las verdolagas tratadas con el desinfectante a base de xantana mostraron mayor luminosidad siendo de 43.5, un 15% más que el control, presentando diferencia significativa ($p \leq 0.05$); en cambio la luminosidad de la verdolaga tratada tanto con grenetina como con el desinfectante comercial fue 10% menor en comparación con el control presentando diferencia significativa ($p \leq 0.05$); mientras que la luminosidad de la verdolaga tratada con goma arábica no presentó diferencia significativa ($p \geq 0.05$) con respecto a la hortaliza sin tratamiento.

Para el octavo día de almacenamiento la verdolaga tratada con el desinfectante a base de goma arábica disminuyó su luminosidad siendo un 20% menor que el control presentando diferencia significativa ($p \leq 0.05$). Las luminosidades en verdolaga bajo los demás tratamientos, no presentaron diferencia significativa ($p \geq 0.05$) con respecto a la verdolaga sin tratamiento, sin observarse un aumento o disminución en este parámetro.

Para el último día de almacenamiento se observó que la verdolaga tratada con xantana presentó un valor de 43 con un aumento de más de 4% con respecto a la verdolaga con los otros tratamientos y la control las cuales no presentaron diferencia significativa ($p \geq 0.05$) en su luminosidad, siendo las verdolagas tratadas con el desinfectante con base de xantana las que presentaron la mayor luminosidad al final del estudio.

Croma

El croma es el atributo que permite estimar la proporción de saturación en el contenido de color total. Este concepto representa, por lo tanto, la pureza o intensidad relativa de un color (Contreras-Monzon, 2006). En la Figura 35 se presenta los resultados obtenidos de croma para las verdolagas mínimamente procesadas tratadas con diferentes desinfectantes, donde se observó una ligera disminución en el croma a lo largo del almacenamiento.



RESULTADOS

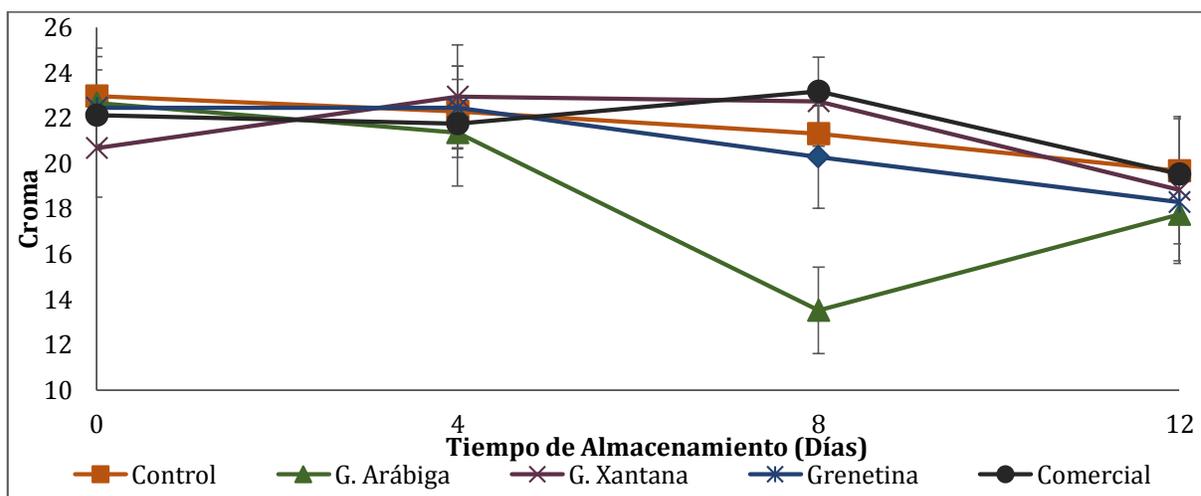


Figura 35. Efecto de los desinfectantes elaborados con diferentes bases poliméricas sobre la cromaticidad de verdolaga envasada en un periodo de 12 días. Las barras verticales en cada punto indican la desviación estándar.

Al inicio del almacenamiento no hubo diferencia significativa ($p \geq 0.05$) en el croma de las verdolagas con los diferentes tratamientos aplicados con respecto al control, a excepción de la verdolaga desinfectada con base polimérica de xantana con un valor de 20.7 representando sólo 10% menos. En el día 8 las verdolagas tratadas con el desinfectante a base de goma Arábiga y las estudiadas con el desinfectante comercial, presentaron diferencia significativa ($p \leq 0.05$) con respecto a las control.

Al final del almacenamiento hay un descenso del croma de alrededor del 13.48% comparado con el inicio del experimento, sin que ello represente un cambio significativo. Este comportamiento indica una disminución en la pureza del color. Esta pérdida se relaciona con la vida útil ya que en las hortalizas de hoja, el verde intenso está asociado a una mayor frescura y la pérdida del color verde es un indicador de senescencia (López, 2003).

Tono

El tono es una medida angular y corresponde al ángulo de matiz definido desde el eje positivo de la coordenada a^* , que varía entre 0 y 360° (Contreras-Monzon, 2006). En la Figura 36 se



RESULTADOS

pueden observar los resultados obtenidos para las verdolagas tratadas con desinfectantes con diferentes bases poliméricas.

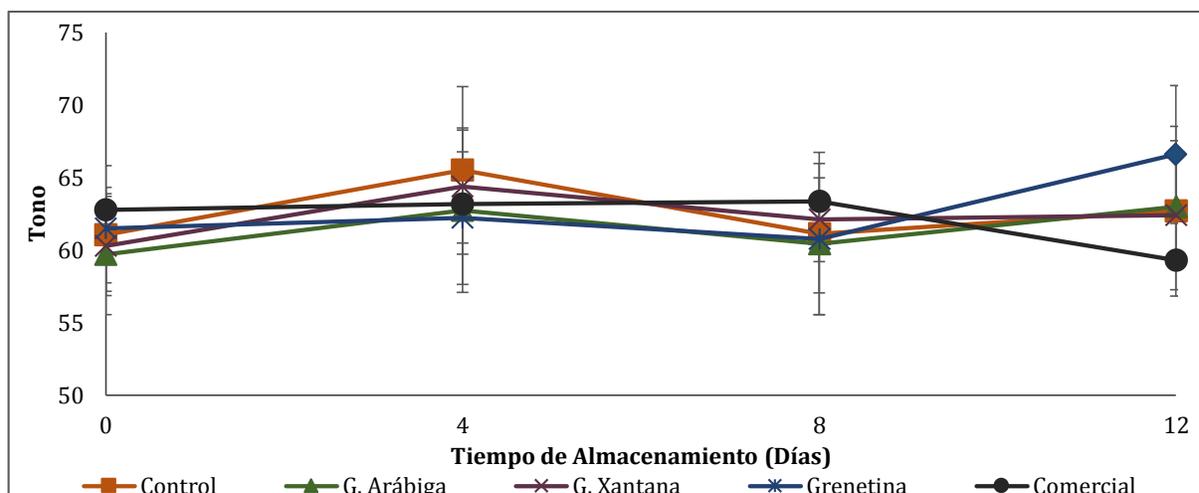


Figura 36. Efecto de los desinfectantes elaborados con diferentes bases poliméricas sobre el tono de verdolaga envasada en un periodo de 12 días. Las barras verticales en cada punto indican la desviación estándar.

De entre todos los tratamientos, las verdolagas asperjadas con el desinfectante a base de goma xantana presentaron una tonalidad similar a las control en un 99.57%, es decir, mantuvieron el color verde más que cualquier otro durante el periodo de almacenamiento, sin presentar diferencia significativa ($p \geq 0.05$) del día 0 hasta el día 12 con respecto a las control.

Sin embargo, toda la verdolaga, tanto con tratamiento como sin él, presentaron una tendencia a conservar el mismo tono, con valores que fueron de 59°Hue en un punto inicial a 63°Hue al final del periodo de almacenamiento, es decir, hubo un incremento del 6% en este parámetro. En el día 12 de almacenamiento, la verdolaga tratada con grenetina presentó diferencia significativa ($p \leq 0.05$) obteniendo 6% mayor tonalidad, mientras que la desinfectada con el producto comercial presentó 5% menos tonalidad con respecto al control.



RESULTADOS

Las variaciones en los valores de L, a, b del espacio de color Hunter se atribuye, en parte, a los colores característicos de la materia prima y a aditivos en forma de recubrimiento comestible según lo concluido por Veiga-Santos *et al.* (2005).

5.3.2 pH

El pH indica la medida de acidez o alcalinidad de un producto. En la figura 37, se observa que los valores de pH no pasaron el rango de 6.6-7.1, lo cual indica que están cercanos a la neutralidad, debido que las hortalizas tienen un alto contenido de humedad. Del mismo modo se puede observar que sin importar el tratamiento las verdolagas tienden a la disminución de este parámetro con respecto al tiempo.

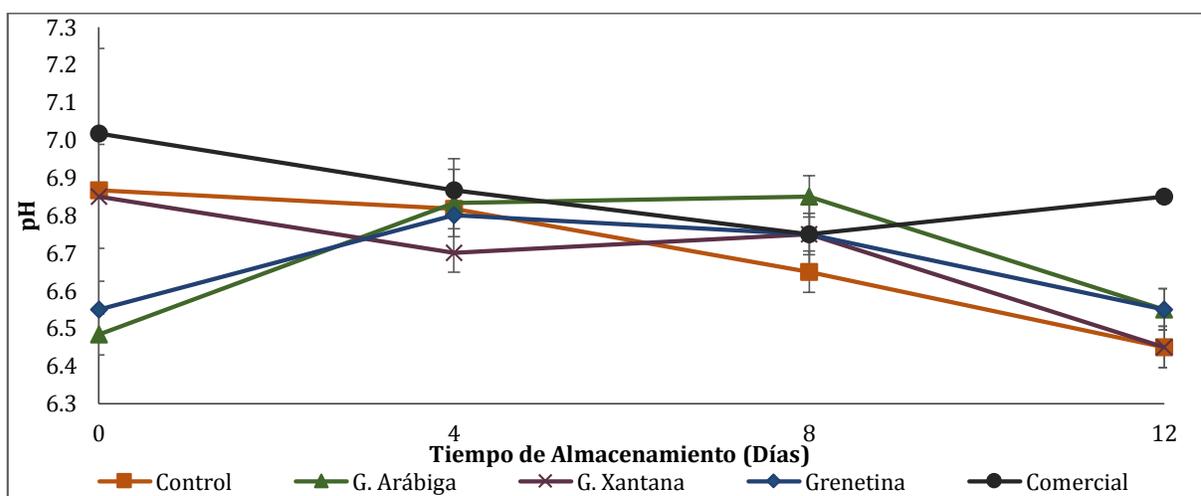


Figura 37. Efecto de los desinfectantes elaborados con diferentes bases poliméricas sobre el pH de verdolaga envasada en un periodo de 12 días. Las barras verticales en cada punto indican la desviación estándar.

Posterior a la aplicación de los desinfectantes se observa que no hubo diferencia significativa ($p \geq 0.05$) en el pH de las verdolagas control durante al menos 8 días del almacenamiento.

El día 12 las verdolagas desinfectadas mostraron diferencia significativa ($p \leq 0.05$) al control, excepto la verdolaga desinfectada con el producto a base de goma xantana, disminuyendo



RESULTADOS

ambos un 6% de pH 6.8 a 6.5 del día inicial hasta el final del periodo de almacenamiento. Por lo que se puede decir que el empleo de este polímero no influye considerablemente en el comportamiento del pH.

5.3.3. Calidad visual

Los principales factores de calidad son la apariencia general y la ausencia de podredumbres, estos aspectos son evaluados por el consumidor en el momento de decidir la compra del producto (Fizman, 2005).

Para la evaluación de la apariencia visual se contó con jueces sin entrenamiento, quienes otorgaron una calificación a partir de una escala propuesta, donde 5 representa la mayor calidad y el descenso de este valor la pérdida de la misma. En la Figura 38 se observa que al inicio del almacenamiento las tarrinas con verdolaga mínimamente procesada iniciaron con una calidad percibida por los jueces de 4, lo que significó que las hojas conservaron su integridad y colores vivos, sólo con ligeras quemaduras en los bordes, no presentando diferencia significativa ($p \geq 0.05$) con respecto al control, según la escala previamente establecida.

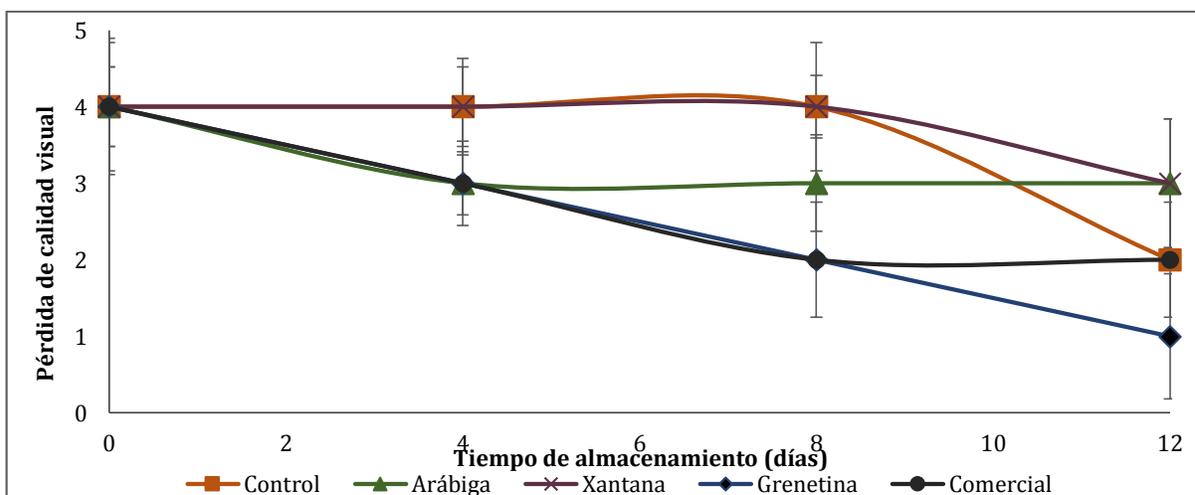


Figura 38. Cambios en la calidad visual de la verdolaga cultivada en suelo con desinfectantes de distinta base polimérica. Las barras verticales en cada punto indican la desviación estándar.



RESULTADOS

También se puede observar que en el día 4 las verdolagas con desinfectante a base de goma arábica, grenetina y el producto comercial fueron evaluados con menor calificación, es decir, los panelistas detectaron leves deformaciones en las hojas, un color verde pálido y quemaduras leves, presentando una diferencia de 25% con respecto a la verdolaga sin tratamiento, caso contrario con las verdolagas tratadas con el desinfectante a base de la goma xantana que presentaron el mismo valor de 4 en la calidad, lo que implica que conservaron su integridad, al igual que los colores vivos y leves quemaduras en los bordes de las hojas.

Para el día 8 las verdolagas cuyo tratamiento fue a base de grenetina y el producto comercial continuaron perdiendo su calidad hasta un 50% en comparación a la verdolaga sin tratamiento, a diferencia de la tratada con goma arábica, la cual mantuvo la calidad con un valor de 3 hasta el final del almacenamiento.

En el día 12 la verdolaga tratada con grenetina perdió al 100 % su calidad, la procesada con el producto comercial se mantuvo con respecto al día anterior aparentando en este punto la misma calidad que la verdolaga sin tratamiento. La calidad de las verdolagas con desinfectante a base de goma xantana disminuyó un 25%, preservandola así por más tiempo en comparación con de la verdolaga procesada con los demás tratamientos.

Según Fiszman (2005), el aspecto general comprende la asociación de atributos tales como color, brillo, forma, tamaño y textura (rugosidad, fibrosidad), percibidos principalmente por la vista. Los tratamientos de grenetina y xantana ayudaron a conservar dichos atributos en la verdolaga otorgando la oportunidad de ser consumidas por sus características sensoriales externas diferentes a la verdolaga tratada con las demás bases poliméricas.

5.3.4. Pérdida de peso

La pérdida de peso constituye uno de los factores que más afectan la calidad ya que causan daños por marchitamiento, manchado de tejidos, pérdida de textura, entre otros teniendo como



RESULTADOS

consecuencia la no comercialización de los productos vegetales (Pérez, 2013). En la Figura 39 se muestran los porcentajes de pérdida de peso, que fueron menos de 1% después de 12 días de almacenamiento.

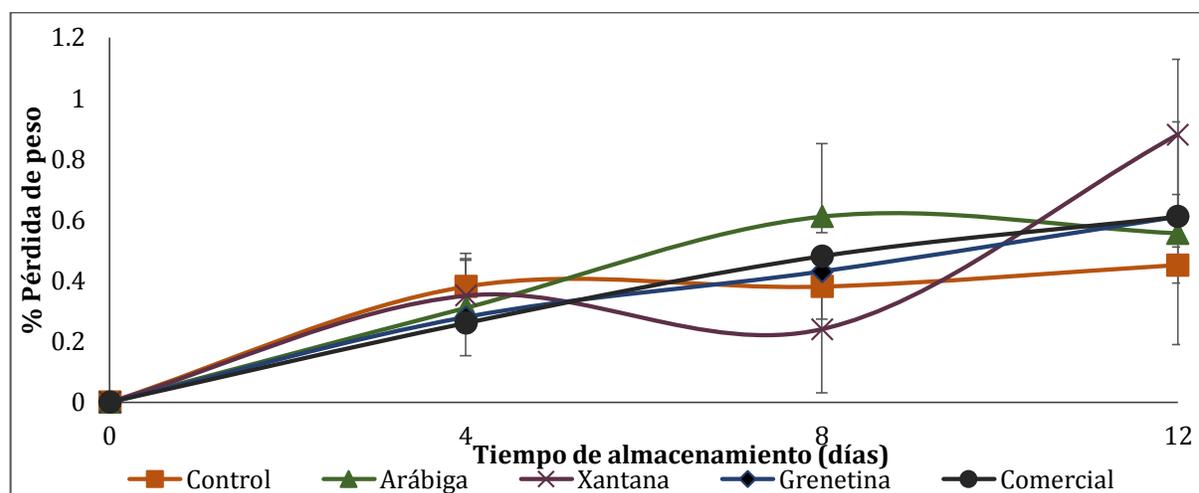


Figura 39. Cambios en el peso de la verdolaga mínimamente procesada desinfectada con productos de diferente base polimérica con respecto al tiempo de almacenamiento. Las barras verticales en cada punto indican la desviación estándar.

Los tratamientos con las distintas bases poliméricas contribuyeron a la pérdida de peso del producto, debido a un posible efecto de absorción constante de agua del producto por parte de la base polimérica en contacto directo. Sin embargo no presentaron diferencia significativa ($p \geq 0.05$) en su pérdida de peso, lo cual se traduce en un correcto envasado y almacenamiento, en comparación con otros productos mínimamente procesados, como fresas, las cuales presentaron una pérdida de aproximadamente 10 % posterior a 12 días de almacenamiento a pesar de haber sido recubiertas (Pérez, 2013).

Con base en los resultados obtenidos de los parámetros evaluados, se concluye que el desinfectante con goma xantana además de prolongar el tiempo de exposición de los compuestos activos del aceite de orégano (carvacrol y thymol compuestos mayoritarios), ayudó a mantener por más tiempo el color, principalmente a lo referido a luminosidad y croma. Lo mismo ocurrió con calidad visual, lo que a la par con color representan las



RESULTADOS

principales características en las que el consumidor fija su atención en el momento de realizar la adquisición de un producto fresco.

Mónaco *et al.* (2005) señalan que un aumento del valor L en tejidos fotosintéticos durante el almacenamiento, se relaciona con producto más claro, por un incremento de la luminosidad por el amarillamiento del producto debido a la degradación de la clorofila que ocurre en la senescencia. En este caso se pudo notar que los jueces no entrenados prefirieron la verdolaga asperjada con desinfectante a base de goma xantana a pesar de que éste proporcionó una mayor luminosidad en la hortaliza en comparación con los demás tratamientos.

Así mismo, la goma xantana facilita la retención de agua y proporciona viscosidades uniformes en intervalos de temperatura desde la congelación hasta puntos de ebullición (Sharma *et al.*, 2006), lo cual le permitió mantener la estabilidad de las verdolagas por mayor tiempo durante el periodo de refrigeración, reduciendo así cambios en las mismas.

Además, potencializa la acción de los emulsionantes, neutralizando las diversas influencias actuantes tanto de naturaleza mecánica como térmica; es capaz de formar en torno a las gotas de aceite una sólida membrana, resistente a las acciones mecánicas (Blanquat y Pascual, 1990), a esta propiedad se atribuye el haber conservado la calidad visual. Cabe resaltar que las soluciones de goma xantana son insensibles a un rango de pH entre 1.5 y 13 (Blanshard y Mitchell, 1979), tomando en cuenta que el desinfectante a base de orégano posee un pH de 3.

5.4. Evaluación del efecto del desinfectante seleccionado en los parámetros de inocuidad de verdolaga mínimamente procesada de diferente cultivo.

La principal razón de pérdidas poscosecha es la incidencia de enfermedades causadas principalmente por hongos de diversos géneros. Por otro lado, los productos contaminados por



RESULTADOS

bacterias tales como *Escherichia coli*, *Salmonella sp.* y *Listeria monocytogenes*, pueden causar enfermedades graves a los humanos ocasionando hasta la muerte si no son tratados a tiempo. (Aular, 2006, citado por Ramos-García *et al.*, 2010).

En la Figura 40A se observa que el proceso de lavado de la verdolaga únicamente con agua disminuyó la carga microbiana al menos un ciclo logarítmico para el caso de cultivo en suelo, caso contrario con el cultivo hidropónico, donde el enjuague con agua propició la presencia de hongos y levaduras, mostrándose así un ciclo y medio más en comparación con la verdolaga hidropónica sin tratamiento alguno.

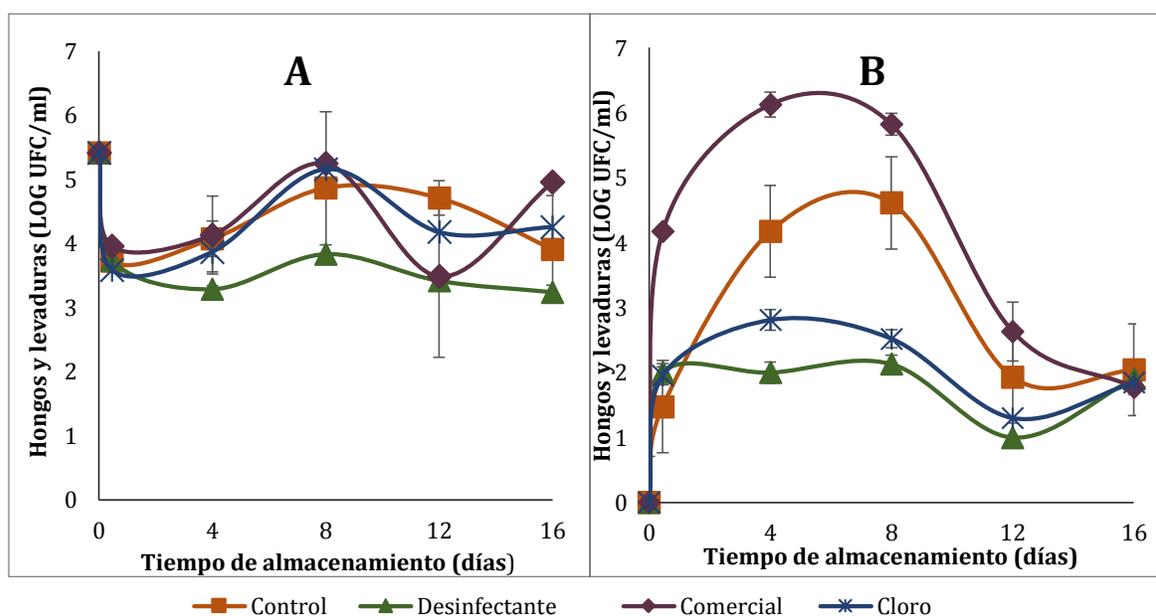


Figura 40. Efecto de diferentes desinfectantes aplicados a verdolaga mínimamente procesada cultivada en: A) suelo e B) hidroponia y almacenadas en refrigeración. Las barras verticales en cada punto indican la desviación estándar.

A inicio del almacenamiento la verdolaga cultivada en suelo (Figura 40A) presentó un contenido similar de microorganismos en las hortalizas. La tratada con el desinfectante a base de aceite de orégano presentó una disminución de un ciclo logarítmico comparado con la verdolaga control durante el transcurso de los 16 días y casi dos en comparación con el punto inicial que corresponde a la verdolaga sin lavar. Así mismo se observa que la desinfección



RESULTADOS

con cloro en este lote presenta un comportamiento similar al control, indicando que no hubo un efecto.

En la verdolaga hidropónica (Figura 40B) se observó que la control presentó un comportamiento de desarrollo de carga microbiana de hasta 3 ciclos logarítmicos en comparación de sus valores al inicio del almacenamiento, el cual para los últimos 2 días de muestreo disminuyó alrededor de 2.7 ciclos. De igual manera sucede en el punto inicial con la mayoría de la verdolaga con los demás tratamientos, con excepción para la tratada con el desinfectante comercial, la cual presentó un incremento de 1.8 ciclos logarítmicos al inicio del almacenamiento y manteniendo esta tendencia hasta el día 12, posterior al cual se iguala con los demás tratamientos con una diferencia de alrededor de 2.3 ciclos en comparación de su día inicial.

Caso contrario con el efecto de los tratamientos con cloro y desinfectante de aceite de orégano en la verdolaga, los cuales se mantuvieron 2 ciclos logarítmicos debajo de la control durante los días 4 y 8; para el día 12 esta diferencia se redujo a uno.

En general se logra apreciar que el desinfectante comercial no presentó efectividad para la disminución de la presencia de hongos y levaduras sin importar la procedencia del tipo de cultivo, por el contrario, en comparación con la verdolaga no desinfectada, se vió que el crecimiento de estos microorganismos estuvo por encima de cualquier otro tratamiento. Siendo así el que la verdolaga con desinfectante comercial presentó diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en la carga microbiana con respecto a las demás.

Por otro lado, entre los dos tipos de cultivos existe diferencia significativa ($p \leq 0.05$). En ambos casos es destacable el efecto en la disminución de hongos y levaduras con la desinfección a base de aceite de orégano; se hace énfasis en levaduras y no en hongos, ya que éstos no tuvieron presencia sino hasta el último día de almacenamiento. Esto se debe a que el mecanismo de acción de los aceites esenciales se asocia con la capacidad de interactuar con el



RESULTADOS

citoplasma del patógeno y su modo de acción parece estar estrechamente relacionado con la solubilidad de cada compuesto (Ramos-García *et al.*, 2010).

A continuación se presenta en la Figura 41 los resultados pertenecientes al conteo de coliformes en verdolaga cultivada en suelo bajo el efecto de distintos tratamientos de desinfección.

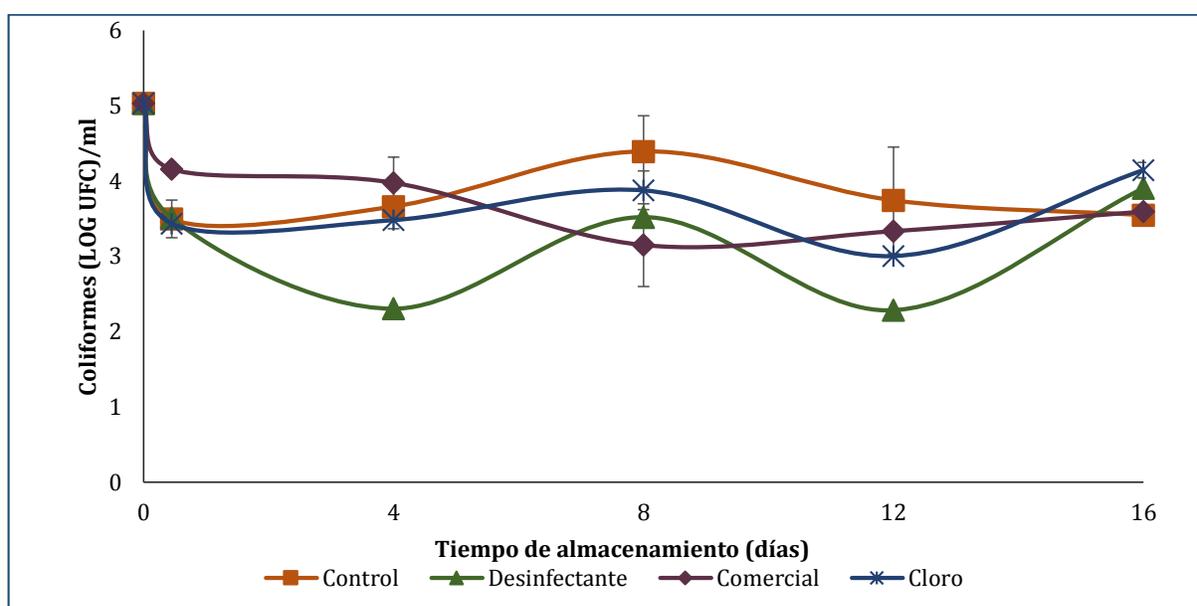


Figura 41. Efecto de los diferentes desinfectantes en el crecimiento de coliformes en verdolaga cultivada en suelo. Las barras verticales en cada punto indican la desviación estándar.

Entre los tratamientos pertenecientes al lote de verdolaga cultivada en suelo, así como su control, se presentó una carga similar al inicio (5 logUFC/ml) del almacenamiento con una reducción de un ciclo y medio a comparación del punto inicial, exceptuando el tratamiento comercial el cual ocasionó diferencia significativa ($p \leq 0.05$) con aproximadamente medio ciclo de reducción referido a la misma.

Siguiendo con la verdolaga hidropónica, en los días 4, 8 y 12 el desinfectante a base de aceite de orégano redujo un ciclo logarítmico, es decir un 40, 20 y 40% respectivamente en



RESULTADOS

comparación a la verdolaga control, con la diferencia de un 10% más en el día 16 a causa de la heterogeneidad que se puede presentar durante la aspersión del desinfectante.

Durante todo el tiempo de almacenamiento se apreció la ausencia de coliformes referente al cultivo hidropónico independientemente del tratamiento, con excepción del día 8 con el producto comercial el cual incrementó hasta 3 ciclos logarítmicos lo cual se puede atribuir a una contaminación. Por lo tanto se presentó diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en la carga microbiana de los dos tipos de cultivos.

Con base en los resultados obtenidos en los parámetros microbiológicos se puede concluir que la verdolaga hidropónica no presentó carga microbiológica debido al control estricto de las condiciones de cultivo hasta la cosecha, a diferencia del cultivo en suelo donde en algunos casos, por la escasez de agua, se implementan riegos con aguas residuales, lo cual conlleva a una mayor exposición a la presencia de incluso bacterias patógenas.

La falta de comercialización de productos hidropónicos exige el empleo de un desinfectante con la capacidad de disminuir el riesgo de enfermedades transmitidas por alimentos de origen vegetal por lo que, al reducir 2 ciclos logarítmicos, el desinfectante elaborado a base de aceite de orégano resulta competitivo con productos químicos comerciales o con los tradicionales empleados en la industria de alimentos.

Debido a que el desinfectante desarrollado a base de aceite de orégano fue el que presentó la menor carga microbiológica en comparación con los demás tratamientos, en la experimentación no se consideró necesario continuar la evaluación con cloro y ni con el producto comercial en los parámetros de calidad.



RESULTADOS

5.5. Evaluación de los parámetros de calidad en la verdolaga mínimamente procesada tratada con el desinfectante a base de aceite de orégano.

5.5.1. Color

El consumidor de vegetales mínimamente procesados evalúa la calidad en el momento de la compra a través de atributos sensoriales visuales entre los que se incluye el color (Bolin y Huxsoll, 1991).

Luminosidad

Las verdolagas cultivadas en suelo, desinfectadas con el producto a base de aceite de orégano, presentaron una disminución de hasta 27% al final en este parámetro con respecto a los días de almacenamiento, lo cual se puede atribuir a que, con el termino de los días, el color que presentaba la verdolaga iba de verde muy oscuro a café por la muerte de la planta (Figura 42).

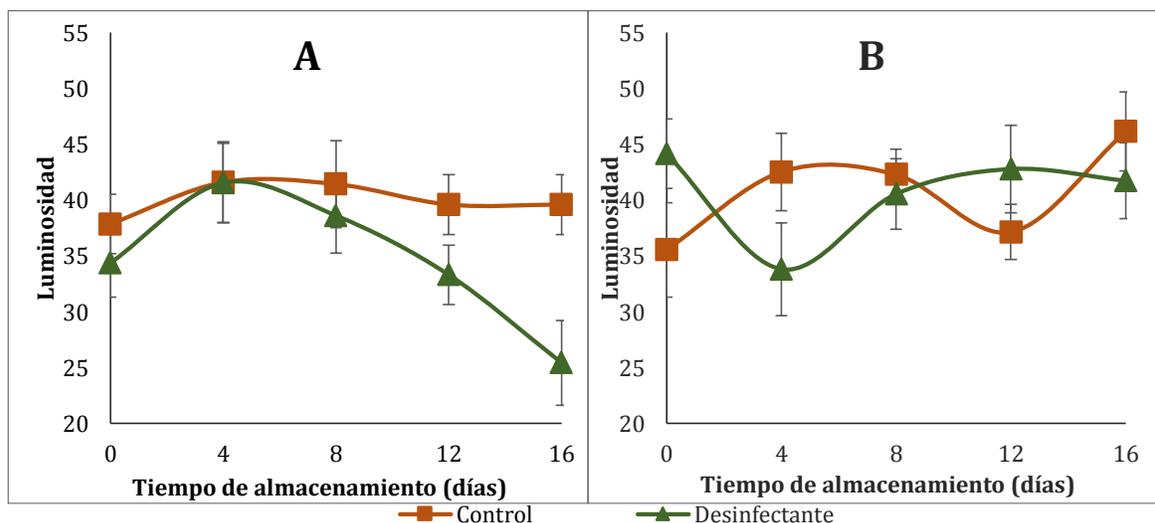


Figura 42. Efecto de la aplicación de un desinfectante a base de orégano sobre la luminosidad de la verdolaga cultivada en: (A) suelo y (B) hidropónica durante el almacenamiento refrigerado. Las barras verticales en cada punto indican la desviación estándar.



RESULTADOS

Como se presenta en a figura 42B, la verdolaga hidropónica desinfectada fue la que presentó el valor más alto de luminosidad al inicio del almacenamiento, rebasando por un 24% a la verdolaga control del mismo origen. Efecto contrario ocurrió en la verdolaga de cultivo en suelo (Figura 42A), donde aquella con desinfectante presentó 10% menos luminosidad que su control.

La verdolaga hidropónica desinfectada tendió a mantener su luminosidad con excepción del día 4 de almacenamiento presentando diferencia significativa ($p \leq 0.05$) con respecto a su control. El cultivo en suelo desinfectado, disminuyó su luminosidad conforme al paso de los días. Se presentó diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre los tipos de cultivo, así como la verdolaga desinfectada con respecto a su control.

Croma

En la Figura 43 se muestra el comportamiento del croma de la verdolaga durante el periodo de almacenamiento.

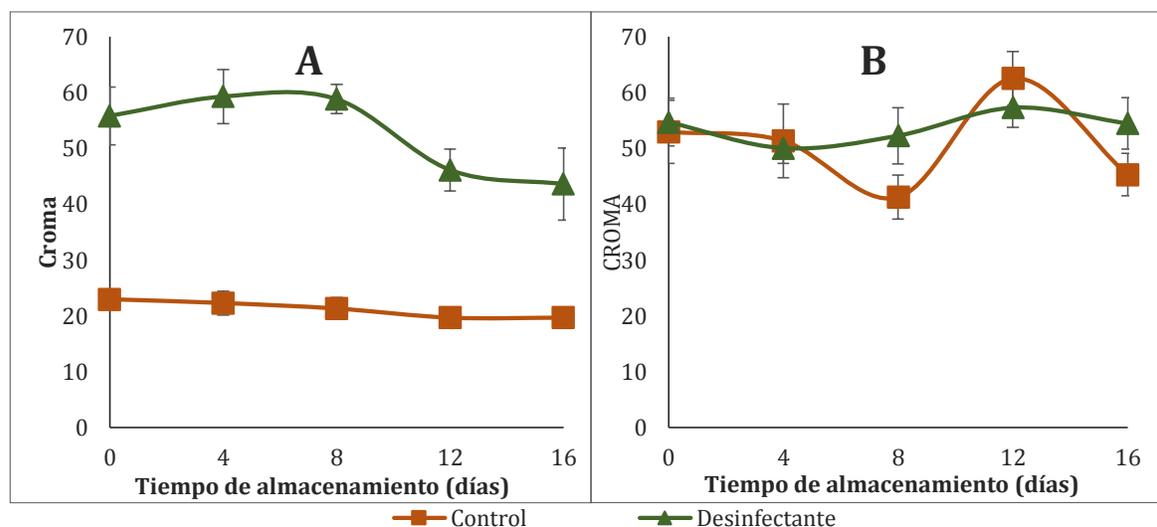


Figura 43. Efecto de la aplicación de un desinfectante a base de orégano sobre el croma de la verdolaga de (A) suelo y la cultivada por (B) hidroponía envasada por un periodo de 16 días. Las barras verticales en cada punto indican la desviación estándar.



RESULTADOS

Para ambos tipos de cultivo, la verdolaga control presentó una tendencia a la pérdida de croma en un 15% de inicio a fin del almacenamiento. De igual manera la verdolaga de suelo asperjada con el desinfectante elaborado disminuyó hasta un 22%. En cambio, la verdolaga hidropónica desinfectada mantuvo un valor de croma constante.

En el día 0 se presentó diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en el croma de las verdolagas cultivadas en suelo con una diferencia de 54% aproximadamente. Caso contrario con la cromaticidad en verdolaga hidropónica en el día 8 donde se presentó una diferencia significativa ($p \leq 0.05$) que se mantuvo hasta el último día de almacenamiento.

En el día 16, no hubo diferencia significativa ($p \geq 0.05$) entre el croma de las verdolagas hidropónicas y las de suelo desinfectadas, sin embargo, si la hubo con la cultivada en suelo control, la cual presentó 57% menos que las ya mencionadas.

Finalmente, en el día 16, la verdolaga hidropónica desinfectada mantuvo su valor de croma presentando diferencia significativa con respecto a la hidropónica control y la de suelo por arriba del 20%.

Tono

En la Figura 43 se observa el efecto del desinfectante en el tono de la verdolaga mínimamente procesada durante 16 días de almacenamiento.

Entre los tipos de cultivo se presentó diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en el tono de las verdolagas. Desde el inicio del almacenamiento hasta el día final, el tono de la verdolaga de suelo desinfectada presentó diferencia significativa ($p \leq 0.05$) con respecto a su control (Figura 44A), con valores entre 14-18% mayores.



RESULTADOS

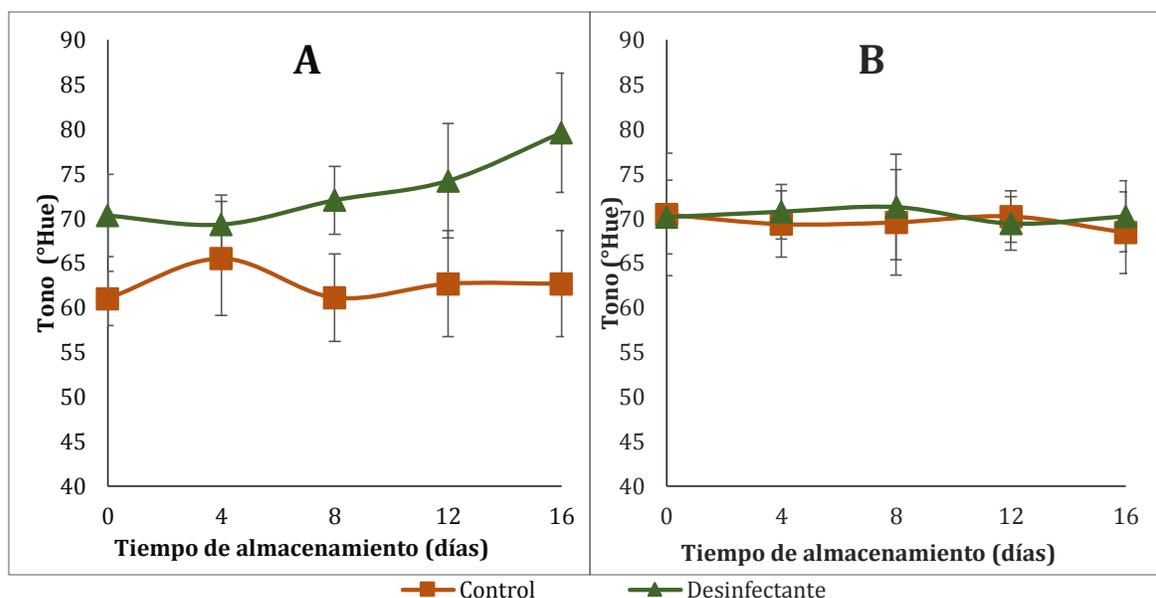


Figura 44. Efecto de la aplicación de un desinfectante a base de orégano sobre el tono de la verdolaga de (A) suelo y la cultivada por (B) hidroponía envasada por un periodo de 16 días. . Las barras verticales en cada punto indican la desviación estándar.

El tono de la verdolaga de origen hidropónico no presentó diferencia significativa ($p \geq 0.05$) durante los 16 días de almacenamiento (Figura 44B), conservando un tono verde claro con valores alrededor de 69 °Hue. Lo mismo sucedió con los valores de tono de la verdolaga de suelo desinfectada con respecto a la hidropónica hasta el día 8, a partir del cual se presentó un incremento del 13% para el día 16, cuyo efecto representa tonalidades amarillentas.

En conjunto los datos analizados mostraron cambios en el color debidos a la pérdida del color verde y desarrollo de pardeamiento enzimático que ocurren durante la vida útil de vegetales de hoja mínimamente procesados (Piagentini *et al.*, 2002). Por otra parte, puesto que los vegetales frescos cortados aún mantienen actividad metabólica, la degradación podría estar influida por dicha actividad y por factores externos (Heaton y Marangoni, 1996).



RESULTADOS

5.5.2. pH

El pH es una característica físicoquímica de los alimentos que da una idea de la acidez del alimento, los valores se conocen determinando la concentración de iones hidronio $[H_3O^+]$ (González, 2010).

En la Figura 45 se muestra el efecto de los diferentes tratamientos sobre el pH de la verdolaga durante 16 días de almacenamiento.

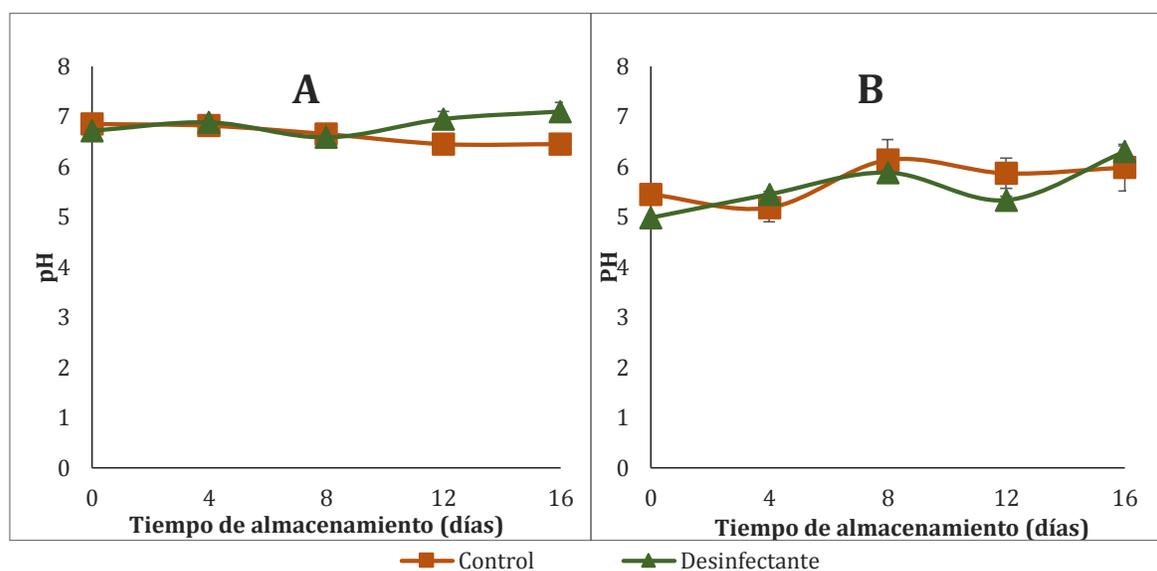


Figura 45. Efecto de la aplicación de un desinfectante a base de orégano sobre el pH de la verdolaga de (A) suelo y la cultivada por (B) hidroponía envasada por un periodo de 16 días. . Las barras verticales en cada punto indican la desviación estándar.

Existió diferencia significativa en el pH ($p \leq 0.05$) entre el pH de las verdolagas con tratamiento y su control, presentando una diferencia de una unidad en ambos tipos de cultivo, además se observó una ligera disminución de este parámetro donde se registró un 2 y 9% para el pH de la verdolaga de suelo y la hidropónica, respectivamente al inmediato a la aplicación, debido a que el pH del desinfectante elaborado a base de aceite de orégano era de 3.



RESULTADOS

En general se observó un incremento de este parámetro de manera gradual, considerando que la desinfectada con aceite de orégano se mantuvo similar a la control hasta el día 8 para la proveniente de suelo (Figura 45A) y por debajo de la control hasta el día 12 para la hidropónica (Figura 45B).

Estadísticamente hay diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre el pH de dos tipos de cultivo, marcando diferencia en los valores de inicio, pues el pH de la hidropónica se encuentra 33% debajo de lo que registran las verdolagas procedentes de suelo con valores de 5.0 a 5.5, debido posiblemente a la mezcla de sustratos en la que fueron sembradas. En su mayoría, la mezcla estaba conformada por “*peat moss*” (sustrato inerte a base de musgo) el cual cuenta con un pH entre los rangos de 3.5-4.5 (Gilsanz, 2007) factor que influyó en la absorción de algunos nutrientes, ya que los cationes formaron otros compuestos con los aniones del sustrato, impidiendo su disponibilidad y provocando una mayor absorción de elementos ricos en electrones, impidiendo que la hortaliza presentara un pH cercano a la neutralidad. Sin embargo, se sabe que un valor pH entre 2.5 y 5.5 prolonga la conservación de la fruta fresca e inhibe la reproducción de microorganismos. Lo mismo ocurre con las verduras en un intervalo de pH entre 4.6 y 6.4.

El aumento del pH en la verdolaga de invernadero con el transcurso de los días presentó diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre ellas, resaltando la verdolaga desinfectada con un 20% de diferencia entre su día inicial y el final. Por el contrario. El pH de la verdolaga cultivada en suelo no presentó diferencia significativa ($p \geq 0.05$) durante todo el almacenamiento.

Particularmente el valor de pH para la verdolaga de suelo sin desinfectante presentó una tendencia a disminuir paulatinamente hasta un 6 por ciento con respecto al inicio del almacenamiento.



RESULTADOS

5.5.3. Calidad visual

En la Figura 46 se puede apreciar el efecto de la desinfección en la calidad visual de la verdolaga de diferente cultivo.

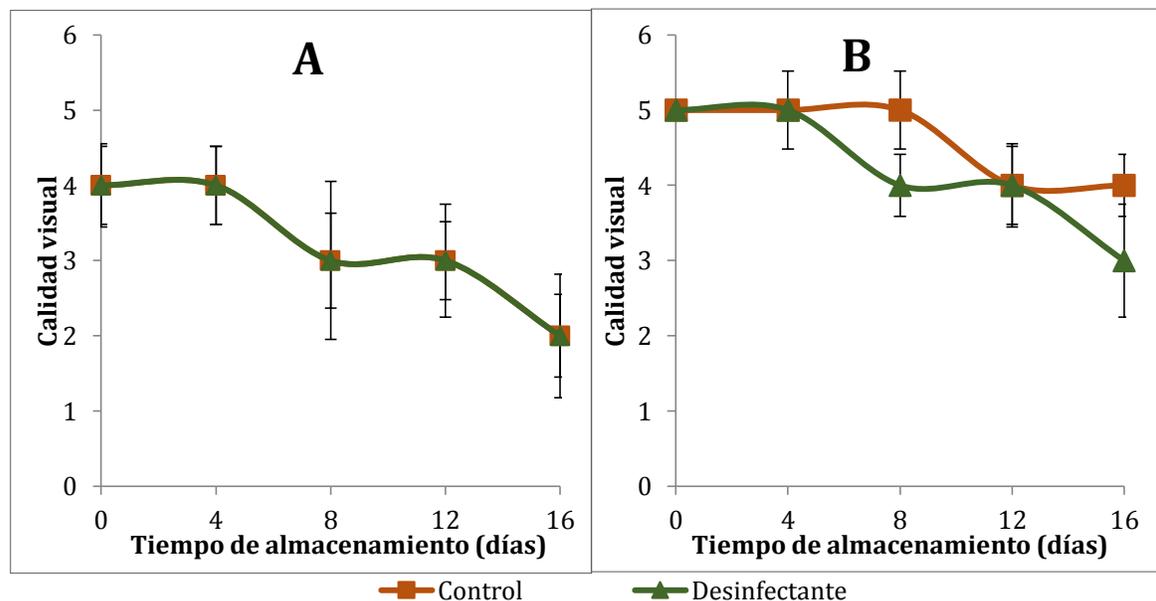


Figura 46. Efecto de la aplicación de un desinfectante a base de orégano sobre la calidad visual de la verdolaga de (A) suelo y la (B) cultivada por hidroponía envasada por un periodo de 16 días. . Las barras verticales en cada punto indican la desviación estándar.

Los resultados de calidad visual no presentaron diferencia significativa ($p \geq 0.05$) entre tratamientos; pero si entre los tipos de cultivo, encontrándose la de origen hidropónico 20% por encima de la verdolaga de suelo.

Dentro de los tratamientos para la verdolaga de suelo se aprecia igual manera una disminución de la calidad por parte de los evaluadores no entrenados, para finalmente culminar en el valor de 2 el cual constituye una pérdida del 50% con respecto a su día inicial, donde los panelistas percibieron defectos como pardeamiento, marchitamiento y podredumbres (tejidos blandos y acuosos, limosidad, presencia de mohos, tejidos deteriorados).



RESULTADOS

El uso del desinfectante de orégano produjo una reducción en la calidad visual de la verdolaga sin importar su origen, con una tendencia a disminuirla cada 8 días, haciendo posible para la de origen hidropónico desinfectada que sea aceptable a los 20 días y, para el caso de la control, incluso a los 24 días. Para el consumidor, el impacto o calidad visual del producto será lo que le permitirá decidir su adquisición (Fizman, 2005; Qüesta *et al.*, 2007).

La diferencia que se muestra en la calidad de la verdolaga se atribuye al desconocimiento del tiempo exacto en que se cosechó y se adquirió para su mínimo procesado. Ya que como Kader y Mitchan (1996) mencionan, la calidad de los vegetales frescos cortados depende de la calidad del vegetal intacto original y del mantenimiento de la misma durante la preparación y manejo posterior, así como de las condiciones para la conservación de los productos vegetales en los centros de distribución.

5.5.4. Pérdida de peso

En la Figura 47 se aprecia el efecto del desinfectante sobre la pérdida de peso en la verdolaga de suelo e hidropónica durante 16 días de almacenamiento.

Estadísticamente existió diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre el tipo de cultivo sin embargo, la verdolaga de suelo desinfectada se comporta similar a la verdolaga hidropónica.

Para todos los casos se presentó una tendencia a la pérdida de peso gradual con el paso de los días de almacenamiento aunque estadísticamente no hay diferencia significativa entre los mismos, excepto por el día 16 en el caso de la cultivada en suelo. En la Figura 47B se aprecia el efecto del desinfectante a base de aceite de orégano con respecto a la pérdida de peso en la verdolaga de suelo, donde, retomando los resultados obtenidos en el apartado 5.3.4 se observó que la verdolaga desinfectada presentó un menor porcentaje de pérdida en comparación con su control.



RESULTADOS

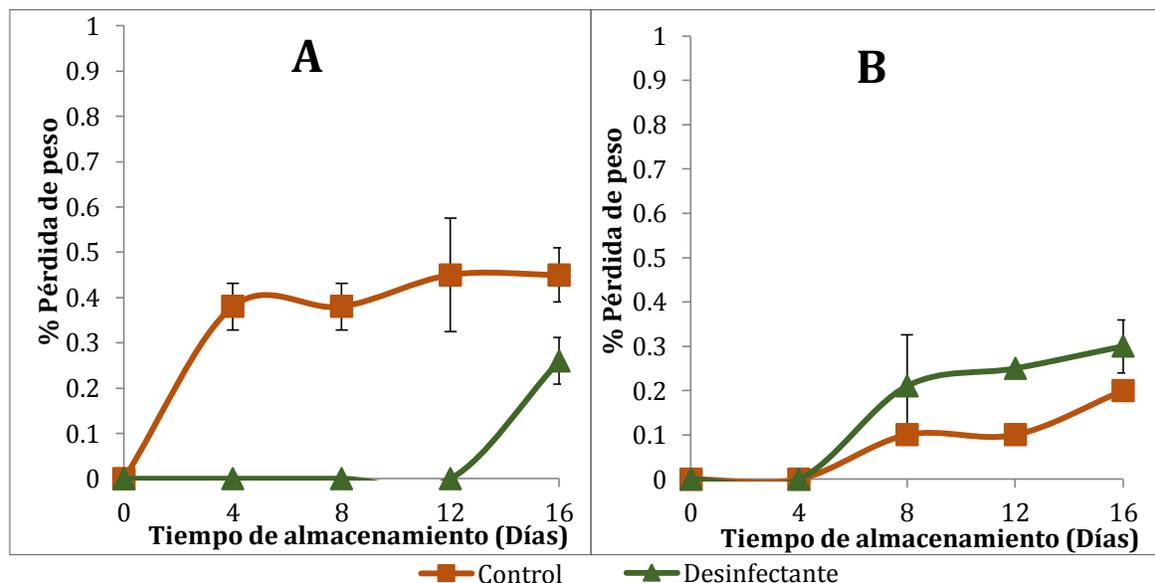


Figura 47. Efecto de la aplicación de un desinfectante a base de orégano sobre el porcentaje de pérdida de peso en la (A) verdolaga de suelo y la (B) cultivada por hidroponía envasada por un periodo de 16 días. . Las barras verticales en cada punto indican la desviación estándar.

La verdolaga hidropónica mantuvo su peso hasta el día 4, a partir del cual comenzó a disminuir aunque no se encontró diferencia significativa ($p \geq 0.05$) en los demás días de almacenamiento, llegando a perder únicamente 0.3% la desinfectada y un 0.2% la control.

5.6. Perfil de Ácidos Grasos

5.6.1. Identificación de los ácidos grasos presentes en la verdolaga

A diferencia de otras hortalizas, se ha encontrado que la verdolaga produce un importante contenido ácidos grasos como reserva, los cuales sintetiza como metabolito secundario si se ve sometida a algún tipo de estrés, como carecer de los elementos básicos para su supervivencia o los niveles de luz (Palaniswamy *et al.*, 2001), lo cual no ocurre en un invernadero hidropónico.



RESULTADOS

En la Tabla 23 se muestran los porcentajes de los ácidos grasos obtenidos en la identificación del perfil.

Tabla 23. Identificación de ácidos grasos en verdolaga

	Palmítico (%)	Oleico (%)	Linoléico (%)	Linolénico (%)
Cultivo en suelo	19.03	17.15	14.28	26.18
Hidropónica	13.76	6.03	13.22	24.52

Los ácidos grasos palmítico, oleico, linoléico y linolénico fueron los que se identificaron, siendo el último el que presentó mayor porcentaje en la fase lipídica de las verdolagas. A este ácido graso se le conoce también como Omega 3, el cual puede proteger contra severas enfermedades cardiovasculares, psiquiátricas, neurológicas, dermatológicas y contra desórdenes reumatológicos (Stroescu *et al.* 2012).

Es por ello que se decidió dar seguimiento a este componente nutrimental para evaluar el efecto de los diferentes tratamientos en la vida útil de la hortaliza.

En general la verdolaga de cultivo en suelo presentó mayor contenido de cada ácido graso; el contenido del ácido palmítico presentó una cuarta parte de diferencia con respecto a la hidropónica y el ácido linoléico presentó una diferencia de una unidad, el contenido de ácido oleico en verdolaga cultivada en suelo fue aproximadamente tres veces mayor que en la hidropónica. De igual forma el ácido linoléico en la verdolaga de suelo se encontró dos unidades por arriba de la hidropónica.

Los resultados antes mencionados se pueden deber a que, el riego constante con la solución nutritiva probablemente impidió que la verdolaga hidropónica llevara a cabo la síntesis de lípidos, reflejándose en los porcentajes del perfil de ácidos grasos, que se observan inferiores a la verdolaga cultivada en suelo, desarrollada en condiciones extremas.



RESULTADOS

Además se debe resaltar que, específicamente para la verdolaga hidropónica, deben ser menos frecuentes los riegos con solución nutritiva y se deben incrementar los riegos con agua potable para que no tenga necesidad de convertir en cera los lípidos que sintetiza.

5.6.2. Trazabilidad del ácido linolénico

En lo que se refiere a la determinación del perfil de ácidos grasos en la verdolaga durante 16 días de almacenamiento por el método de cromatografía de gases, se puede observar en la Figura 48, donde los cromatogramas muestran señales por debajo del límite de cuantificación del método en el día inicial debido a lo cual se dedujo que la presencia de los ácidos grasos no era cuantificable, con excepción del ácido linolénico (omega-3), concordando con los resultados obtenidos por Liu *et al.* (2009), quienes encontraron en su estudio que éste era un ácido graso predominante en la verdolaga junto con el palmítico, sin embargo, este proyecto sólo tomó a consideración al ácido linolénico como parámetro nutricional de vida útil ya que al ser el de mayor presencia se le podía dar mejor trazabilidad durante el almacenamiento a diferencia del ácido palmítico.

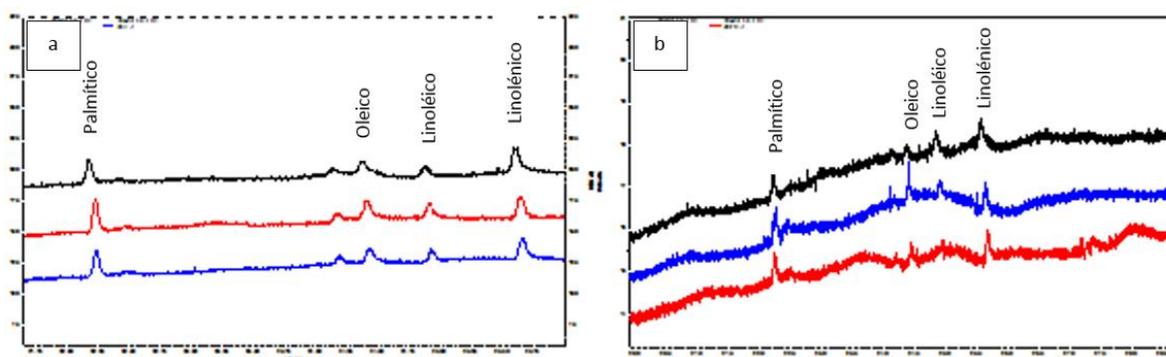


Figura 48. Cromatograma para el perfil de ácidos grasos de verdolaga mínimamente procesada cultivada en a) Suelo y b) Hidropónica

En el Anexo se muestran los cromatogramas del seguimiento realizado durante el periodo de almacenamiento.



RESULTADOS

La verdolaga sin importar tratamiento u origen cumplen con una tendencia a disminuir su contenido de ácido linolénico durante los 16 días, como se aprecia en la Figura 49.

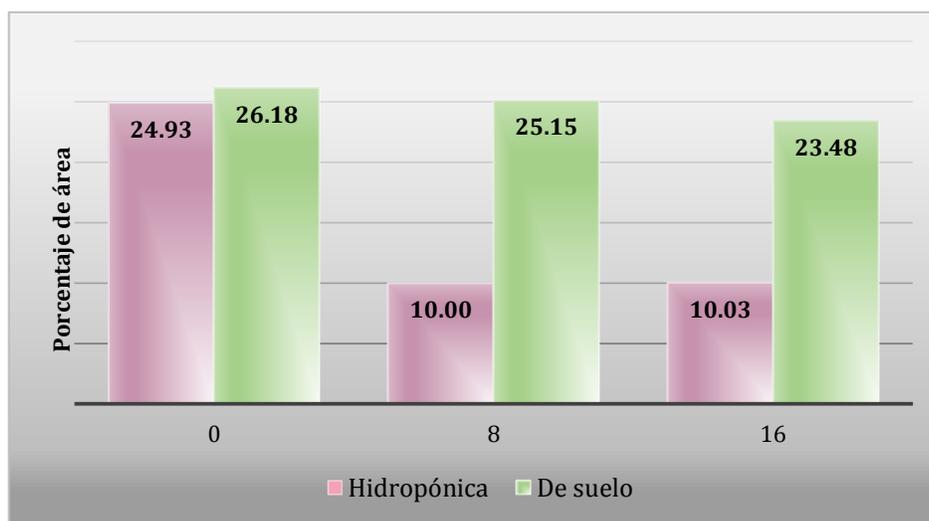


Figura 49. Trazabilidad del ácido graso linolénico en verdolaga mínimamente procesada

La disminución de éste parámetro nutrimental en el cultivo en suelo es poco notable ya que representa alrededor del 10% en 16 días. En cambio la verdolaga de cultivo hidropónico perdió casi el 60%. Esto puede deberse a que, como se observó en la parte de caracterización de la hortaliza, la verdolaga hidropónica presentó mayor respiración que la cultivada en suelo, deduciendo que tienen una mayor actividad metabólica poscosecha, para lo cual hace mayor uso de sus compuestos de reserva. Como la hortaliza carece de carbohidratos, el siguiente componente mayoritario disponible como fuente de energía son los lípidos, exhibiendo así una diferencia de 57% en contenido de ácido linolénico en el día 16 comparado con cultivo en suelo.

Cabe mencionar que para este parámetro un análisis estadístico no era posible, debido a que las señales se encontraban a nivel de ruido para la verdolaga hidropónica, sin embargo los resultados se presentaron para ser comparados con la verdolaga de suelo.



RESULTADOS

Una ilustración central que muestra un globo terrestre formado por piezas de rompecabezas de colores (verde, azul, naranja, rojo). Alrededor del globo hay cuatro figuras humanas estilizadas de colores (rojo, naranja, azul, verde) que parecen estar colaborando para construirlo.

CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES



RESULTADOS

6 CONCLUSIONES

1. El contenido de humedad en verdolaga hidropónica fue menor que en la proveniente de cultivo en suelo y, como consecuencia, tuvo mayor contenido de otros componentes debido a las condiciones edafoclimáticas en las que se desarrolló cada una.
2. El aceite de orégano tuvo un potente poder antifúngico a 5400 ppm ya que inhibió al 100% del crecimiento micelial de los hongos *Aspergillus niger* y *Alternaria sp.*; sin embargo, sólo controló un 20% el crecimiento de *Salmonella*.
3. El desinfectante con goma xantana prolongó el tiempo de exposición de los compuestos activos del aceite de orégano (carvacrol y timol), ayudando a mantener por más tiempo (20 días) el color y calidad visual, principales características de aceptación para el consumidor de un producto fresco.
4. La verdolaga hidropónica es un producto inocuo, ya que no presentó carga microbiana, sin embargo, no se descarta el empleo del desinfectante en hortalizas cultivadas en suelo ya que se logró una reducción de dos ciclos logarítmicos en el desarrollo de hongos, bacterias y coliformes en la verdolaga del mismo origen.
5. El ácido linolénico fue el de mayor contenido sin importar el tipo de cultivo, siendo la verdolaga hidropónica la que presentó menor contenido debido a que no tuvo la necesidad de sintetizarlo para sobrevivir, al contrario de la cultivada en suelo, que creció en condiciones extremas.
6. La verdolaga hidropónica tuvo una vida de anaquel comercialmente aceptable de 16 días debido a que los parámetros de calidad se vieron menos afectados que en la verdolaga cultivada en suelo, la cual tuvo 12 días.



7 RECOMENDACIONES

- ✚ Estudiar el cambio en parámetros nutrimentales como presencia de antioxidantes y algunos minerales, de otras hortalizas cultivadas por hidroponía.
- ✚ Realizar pruebas *in vitro* en los hongos *Alternaria sp.* y *Aspergillus niger* con concentraciones más bajas de aceite de orégano propuestas en este trabajo.
- ✚ Realizar pruebas *in vitro* en las mismas condiciones para inhibir otros hongos como *Botrytis cinerea* o *Fusarium* y otras bacterias patógenas como *E. coli* y *Listeria monocitogenes*.
- ✚ Estudiar sinergismo entre aceite de orégano y otros aceites esenciales como de romero, eucalipto u hoja sen.
- ✚ Evaluar el efecto de la aplicación del desinfectante orgánico en otras hortalizas.
- ✚ Realizar otros estudios relacionados con el efecto del uso de la técnica de hidroponía en la susceptibilidad a enfermedades en hortalizas.
- ✚ Determinar el perfil de ácidos grasos de verdolaga con cosechas realizadas en diferentes épocas del año.





8 REFERENCIAS

Abarca, M. L., Bragulat M. R., Castellá G., Accensi F., Cabañes F. J. (2000). Hongos productores de micotoxinas emergentes. Rev. Iberoamericana Micológica. 17: S63-S68.

Acedo, J. Z.; Reyes, C. T.; Rodriguez, E. B. (2012). Health-Promoting Lipids from Purslane (*Portulaca oleracea* L.): Isolation, Characterization, Quantification and In Vivo Assay of Angiogenic Activity. Philipp Agric Scientist, 95(4), 327–334.

Alcazar, O. J. C. (2010). Manual básico de producción de hortalizas. Chiapas: Proyecto Estratégico para la Seguridad Alimentaria. México.

Aletor, O.; Oshodi, A. A.; Ipinmoroti, K. (2002). Chemical composition of common leafy vegetables and functional properties of their leaf protein concentrates. Food chemistry, 78. 63-68.

Alexopoulos, C. (1996). Introductory mycology. Cuarta edición. Edit. John Wiley and Sons, Inc. USA.

Allende, A.; Tomás-Barberán, F.; Gil, M. I. (2006). Minimal processing for healthy traditional foods. Trends Food Sci. Technol. 17: 513-519.

Aly, A. H.; Edrada-Ebel R. A.; Dewi I. I.; Wray V.; Müller W. E. G.; Totzke F.; Zirrgiebel U.; Schächtele C.; Kubbutat M. H. G.; Lin W. H.; Proksch P.; Ebel R. (2008). Cytotoxic metabolites from the fungal endophyte *Alternaria sp.* and their subsequent detection in its host plant *Polygonum senegalense*. J. Nat. Prod. 71: 972–980.

Andersen, B.; Kroger, E.; Roberts, R. G. (2001). Chemical and morphological segregation of *Alternaria alternata*. In: Gaisen, A. y Longipes, A. (eds.) Mycological Research, 105. 291-299.

AOAC (1990). Methods of analysis. 15ª ed. Association of Official Analytical Chemist, Washington, D. C.



REFERENCIAS

AOAC (1995). Methods of analysis. Association of Official Analytical Chemist, Washington, D. C.

Arenas, E. (2006). El Orégano: Una gran hierba aromática. Consulta: 25 de Septiembre 2013 Disponible en: <http://www.peruanita.org/personaggi/cuajone/oregano.htm>.

Artés-Hernández, F.; Aguayo, E.; Gómez P.; Artés F. (2009). Productos vegetales mínimamente procesados o de la “cuarta gama”. *Horticultura internacional*. 69: 52-59.

Avendaño, R.B.; Várela L. R. (2010) La adopción de estándares en el sector hortícola. *Estudios Fronterizos*,11 (21):26-43.

Bakkali, F.; Averbeck, S.; Averbeck, D.; Idaomar, M. (2008) Review Biological effects of essential oils. *Food and Chemical Toxicology*. 46: 446–75.

Baltori, L. (1991). Plantas medicinales y drogas vegetales. Orégano. *Offarm*. 1: 80-81.

Ban, D.; Šircelj, H. (2011). Carotenoid and chlorophyll composition of commonly consumed leafy vegetables in Mediterranean countries. *Food Chemistry* 129:1164-1168.

Barnett, H. L.; Hunter, Barry B. (1998). Illustrated genera of imperfect fungi. 4th edition. Edit. APS PRESS. St. Paul, Minesota. 94 y 132.

Belitz, H. D.; Grosh, W.; Schieberle, P. (2009). Química de los alimentos. Heidelberg, Alemania: Springer-Verlag GmbH.

Betts, T.J. (2001). Chemical characterisation of the different types of volatile oil constituents by various solute retention ratios with the use of conventional and novel commercial gas chromatographic stationary phases. *J. Chromatogr. A*, 936: 33–46.

Beuchat, L. R. (1998) Surface decontamination of fruits and vegetables eaten raw a review. World Health Organization, Food Safety Unit WHO/FSF/FOS/98.2. Consulta: 14 Octubre 2013. Disponible en: <http://www.who.int/fsf/fos982~1.pdf>



REFERENCIAS

- Blair, T. S.; Madrigal, B. (2005) Plantas antimaláricas de Tumaco: Costa Pacífica colombiana. Antioquía: Universidad de Antioquía.
- Blanquat, G. S.; Pascal, G. (1990). Los aditivos. En: Derache, R. (ed.). Toxicología y seguridad de los alimentos. Barcelona: Ediciones Omega S.A., 210-213.
- Blanshard, J. M.; Mitchell, J. R. (1979). Polysacharides in Food, Butterworths, London. Editor. Taylor & Francis. pp. 251-262.
- Bolin, H.R.; Huxsoll, C.C. (1991) Control of minimally processed carrot (*Daucus carota*) surface discoloration caused by abrasion peeling. *J. Food Sci.* 56, 416–418.
- Bouchra, C.; M. Achouri, L. I. Asan, M. Hmamopuchi (2003) Chemical composition and antifungal activity of essential oils of seven Moroccan Labiatae against *Botrytis cinerea*. *Pers: Fr. J. Ethnopharmacol* 89: 165-169.
- Brecht, J.; Bartz A.; Jeffrey K. (2003). Postharvest, Physiology and Patology of vegetables, Second Edition. Marcel Dekker, Inc., New York.
- Brenner, F. W.; Villar, R. G.; Angulo, F. G.; Tauxe, R.; Swamiathan, B. (2000) Guest commentary. *Salmonella nomenclature. J Clin Microbiol* 7(38): 2465 –2467.
- Buitrago, E. J.; Escobar-Romero, A. M. (2009). Aplicación de la levadura *Candida* spp. como una alternativa viable para el retraso en la pudrición del banano (*Musa acuminata*). Tesis previa a la obtención del título de Microbiólogo Industrial, Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias, Bogotá, Colombia. Recuperado el 22 de Octubre de 2011. Disponible en: <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis211.pdf>
- Burt, S. (2004) Essential oils. The antibacterial properties and potential applications in foods- a review. *INT. J. of Food Microbiol.* 94:223-253.



REFERENCIAS

Caccioni, D.; Guizzardi, M. (1994) Inhibition of germination and growth of fruit and vegetable postharvest pathogenic fungi by essential oil components. *Journal of Essential Oil Research*, 6: 173-179.

Cardona, G. M.; Lorenzo, D. T.; Martín, M. P. (2006) Instituto de nutrición e higiene de los alimentos: Métodos de conservación de alimentos. Consulta en Noviembre del 2013. Disponible en: <http://www.inha.sld.cu>

Carrillo, L. (2003) Los hongos de los alimentos y forrajes. Universidad Nacional de Salta. Salta, Argentina 4: 44-60.

Carson, C. F.; Mee, B. J.; Riley, T. V. (2002). Mechanism of action of *Melaleuca alternifolia* (tea tree) oil on *Staphylococcus aureus* determined by time-kill, lysis, leakage and salt tolerance assays and electron microscopy. *Antimicrob. Agents Chemother.* 46: 1914–1920.

Contreras-Monzon, C. (2006) Influencia del método de secado en parámetros de calidad relacionados con la estructura y el color de manzana y fresa deshidratadas. Tesis Doctoral de Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.

Cook, K.A.; Dobbs, T. E.; Hlady, G.; Wells, J.; Barrett, T.J.; Puhr, N.D.; Lancette, G.A.; Bodager, D.W.; Toth, B.L.; Genese, C.A.; Highsmith, A.K.; Pilot, K.E.; Finelli L.; Swerdlow, D.L. (1998) Outbreak of *Salmonella* serotype Hartford infections associated with unpasteurized orange juice. *JAMA* 280: 1504-1509.

Coordinadora Nacional De Fundaciones Produce A.C. (2012) Agenda De Innovación Tecnológica 2012. México: Fundación Grupo Produce A. C. Distrito Federal.

Coronado, H. M.; Vega, L.S.; Gutiérrez, T.R.; García, F.B.; Díaz G.G. (2006) Los ácidos grasos omega 3 y omega 6: Nutrición, bioquímica y salud. *REB* 25(3): 72-79.

Croteau, R.; Kutchan, T. M.; Lewis, N. G.; (2000) Natural products (secondary metabolites). *Biochemistry and Molecular Biology of Plants*. American Society of Plant Physiologists. Rockville, MD, pp. 1250–1268



REFERENCIAS

Di Pasqua, R.; Betts, G.; Hoskins, N.; Edwards, M.; Ercolini, D.; Mauriello, G. (2007) Membrane toxicity of antimicrobial compounds from essential oils. *J. Agric. Food Chem*, 55: 4863–4870.

Duke, J.; Atchley, A. (1986) *Handbook of Proximate Analysis Tables of Higher Plants*. Boca Raton, FL: CRC Press.

Durango, A. M.; Soares N.; Arteaga M. R. (2011) Filmes y revestimientos comestibles como empaques activos biodegradables en la conservación de alimentos. *Temas Agrarios*. 14(2): 1-18.

El huerto del abu. (2013) El huerto del abu. Consulta: 13 Septiembre 2013. [En línea] Disponible en: <http://www.elhuertodelabu.es/disenio-huertos/tipos-de-siembra-directa>

Entrala, B. A. (1995). *Vitaminas aspectos prácticos en medicina*. Editorial Diaz de Santos.. Madrid, España. pp.140

Espinosa, R. P.; Espinosa, M. L. (2012) SAGARPA Desarrollo Rural. Consulta: 10 Marzo 2013. [En línea] Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Hidroponia%20R%C3%A1stica.pdf>.

FAO (2001) *Manual de capacitación. La importancia de comer frutas y hortalizas*. Estudio FAO. Alimentación y Nutrición N° 46. FAO, Roma.

FAO (1990) *Agua y desarrollo agrícola sostenible. Una estrategia para la aplicación del Plan de Acción de Mar del Plata para el decenio de 1990*. FAO, Roma.

Farrar, J.J.; Pryor, B.M. y Davis, R.M. (2004). Alternaria diseases of carrot. *Plant disease*. 88(8):776-784.

Fierro, A.; Draguiche, J. M.; Ramírez, T. (2006) Evaluación de nuevos híbridos y selecciones de bananos (*Musa spp.*) frente a nematodos fitopatógenos. *Centro Agrícola*, Issue 1, pp. 27-32.



REFERENCIAS

Filtborg, O. J.; Frisvad C.; Thrane, U. (1996) Moulds in food spoilage. *International Journal of Food Microbiology* 33:85-102.

Fizman, S. (2005) Análisis sensorial aplicado a la evaluación de las frutas y hortalizas cortadas. En: González-Aguilar G., Gardea A. y Cuamea Navarro F. (eds.), *Nuevas tecnologías de conservación de vegetales frescos cortados*. 24: 523-538, Hermosillo, México.

Gapasin, R. (2002) Sweet Potatoes Diagnose. Consulta: 17 Septiembre 2013. [En línea] Disponible en: <http://keys.lucidcentral.org/keys/sweetpotato/key/Sweetpotato%20Diagnoses/Media/Html/TheProblems/Nematodes/ReniformNematode/Reniform%20nematode.htm>

Garmendia, G.; Vero, S. (2013) Métodos para desinfección de frutas y hortalizas. Recuperado el 25 de Mayo de 2013, de Horticom. Disponible en: <http://www.horticom.com/>

Gilsanz, J. C. (2007) Hidroponia. Montevideo: Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología. Consulta: 17 Septiembre 2013. [En línea] Disponible en: www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/ad/ad_509.pdf

González, M. V. (2010) Conservación de moras, uvilla y frutilla mediante la utilización de aceite esencial de canela. Tesis para obtener el grado de bioquímico farmacéutico. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador.

González, O. M. G.; Guzmán, M. I. (2011) Efecto de películas comestibles formuladas base de alginato y gretina en la vida útil del mango cortado listo para consumir. Tesis de licenciatura. Ingeniería en alimentos. FES Cuautitlán. UNAM. México.

González-Aguilar, G.A.; Wang, C.Y.; Buta, J.G.; Krizek, D.T. (2001) Use of UV-C irradiation to prevent decay and maintain postharvest quality of ripe “Tommy Atkins” mangoes. *Int. Journal Food Science: Technology*. 36, 767–773.



REFERENCIAS

Guerrero, R. (2012) Hortalizas. Consulta: 13 Septiembre 2013. [En línea] Disponible en: <http://www.hortalizas.com/articulo/9214/diagnostico-y-control-del-nematodo-de-los-nodulos-en-tomate>

Gustafson, J. E.; Liew, Y. C.; Chew, S., Markham, J. L.; Bell, H. C.; Wyllie, S. G., Warmington, J. R. (1998). Effects of tea tree oil on *Escherichia coli*. Lett. Appl. Microbiol. 26:194-197.

Guynot, M. E.; Marín, L.; Setó, V.; Ramos, A. J. (2005) Screening for antifungal Activity of some Essential Oils Against Common Spoilage Fungi of Bakery Products, Food Technology Department, Lleida University, UTPV-CeRTA, Rovira Roure. 25: 1991-198. Lleida Spain.

Heaton, J.W.; Marangoni, A.G. (1996) Chlorophyll degradation in processed foods and senescent plant tissues, Trends in food Sci. and Technol. 7:8-15.

Heike, V. (2009) Malezas de México. Consulta: 10 Marzo 2013. [En línea] Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/portulacaceae/portulacacoleracea/fichas/ficha.htm#9>. Referencias

Helander, I. M.; Alakomi, H. L.; Latva-Kala, K.; Mattila-Sandholm, T.; Pol, I.; Smid, E.J.; Gorris, L. G. M.; Von Wright, A. (1998) Characterization of the action of selected essential oil components on Gram-negative bacteria. J. Agric. Food Chem. 46: 3590–3595.

Hernández-Lauzardo, A. N.; Bautista-Baños, S.; Velázquez, M. G. (2007) Prospectiva de los extractos vegetales para controlar enfermedades postcosecha hortofrutícolas. Revista Fitotecnia Mexicana. 30:119-123.

Inicia, M. S. (2002) Flores y jardín. Consulta: 13 Septiembre 2013. [En línea] Disponible en: <http://floresyjardin.es/tag/cosecha-de-invierno/>

Isaacs, S. J.; Aramini, B.; Ceibin, J.; Farrar, R.; Ahmed, D.; Middleton, M.; Howes, E.; Chan, A. U.; Chandran, L. J.; Harris, S.; Pichette, K.; Campbell, A.; Gupta, L. Y.; Lior, M.; Pearce,



REFERENCIAS

C.; Clark, F.; Rodgers, F.; Jameison, I.; Brophy A. E. (2005) An international outbreak of salmonellosis associated with raw almonds contaminated with a rare phage type of *Salmonella enteritidis*. Journal of Food Protection. 68: 191-198.

James, A. (2013). Los 10 mayores brotes de enfermedades transmitidas por los alimentos de 2013. Food Safety News. Consulta: 25 de Septiembre de 2013. Disponible en: <http://www.foodsafetynews.com/2013/12/the-10-biggest-u-s-outbreaks-of-2013/#.UuMnSoa3URI>.

Jeffrey S. W. y Humphrey, G. F. (1975) New spectrophotometric equations for determining chlorophylls a, b, c1 and c2 in higher plants, algae and natural phytoplankton. Biochem. Physiol. Pflanzen. 167:191-194.

Jones, B.D. (1996) Salmonellosis: host immuneresponses and bacterial virulence determinants. Annu. Rev. Immunol.14:533-561.

Kader, A. A.; Mitchman, B. (1996) Standarization of quality, en Fresh-cut products: maintaining quality and safety. Postharvest horticulture series. Davis, Cal: Postharvest outrache program, Department of pomology, University of California, 10: 5.1-5.3. California.

Kalemba, D.; Kunicka, A. (2003) Antibacterial and antifungal properties of essential oils. Current Medicinal Chemistry, 10, 813-829.

Knobloch, K.; Pauli, A.; Iberl, B.; Weigand, H.; Weis, N. (1989) Antibacterial and antifungal properties of essential oil components. J. Essen. Oil Res. 1, 119–128.

Laganes, F. E. (2005) Descripción de la variedad "Chapingo" de verdolaga (*Portulaca oleracea* L.). Universidad Autónoma de Chapingo, Texcoco: s.n. México.

Le Minor, L.; Popoff, M.Y. (1987) Request for an opinion. Designation of *Salmonella enterica* sp. nov. nom., rev. as the type and only species of the genus *Salmonella*. Int J Syst Bacteriol. 37: 465 – 468.



REFERENCIAS

- Lehninger, A.L.; Nelson, D.L. Cox, M.M. (1995) *Principios de Bioquímica*. 2ª ed. Trad. A.A. Simões e W.R.N. Lodi. São Paulo: Sarvier. p. 46-47, 307, 323, 555-556.
- Liu, L.; Howe, P.; Ye-Fang, Z.; Xu, Z.; Hocart, C.; Zhang, R. (2000) Fatty acids and b-carotene in Australian purslane (*Portulaca oleracea*) varieties. *Journal of Chromatography* 893. 207–213.
- López, C. A. F. (2003) *Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas*. Boletín de servicios agrícolas de la FAO. 151: 5-8.
- Lowry, O. H.; Randall, R. J.; Rosebrough, N. J. (1951). Protein measurement with the follin phenol reagent. *J. Biol. Chem.*, 193:265-275.
- Marschner, H. (1986). *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Academic Press, Harcourt Brace Jovanovich. Fla. USA. pp:543.
- Marulanda, C.; Izquierdo, J. (2003). *La huerta hidropónica popular*. Santiago: FAO.
- Mataix, V J. (2009). *Tabla de composición de alimentos*. Granada. Universidad de Granada.
- McGuire, R. G. (1992). Reporting of objective color measurements. *HortScience*, 27:1254.1255.
- Meneses, O.; Marcela, S.; Valenzuela, C.; Régulo, J. (2008) La atmósfera modificada: una alternativa para la conservación de los alimentos. *Revista Lasallista de Investigación, Corporación Universitaria Lasallista Colombia*. 2(5), pp. 112-123.
- Mera, O. L. M.; Bye, B. R. A. (2011) Documento de diagnóstico de *Portulaca oleracea* L. Texcoco. Universidad Autónoma de Chapingo. México.
- Mónaco, E.; Chiesa, A.; Trincherò, G.; Frascina, A. (2005) Selección de películas poliméricas para su empleo con lechuga en atmósfera modificada. Instituto Nacional de tecnologías. Argentina. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*. 34:59-79.



REFERENCIAS

Moscoso, J. (1993). Estudio de caso sobre el reuso de las aguas residuales en el Perú. Taller Regional para las Américas OMS-FAO-CNUAH-PNUMA sobre Aspectos de Salud, Agricultura y Ambiente Vinculados al Uso de las Aguas Residuales. Jiutepec, Morelos, 8-12 noviembre.

Núñez, G. A. (2008) Efecto tiempos y procesos de cocción en el contenido de clorofila de varias hortalizas. Ciencia UANL. Tesis de licenciatura de Ingeniería en industrias alimentarias. Universidad Autónoma de Nuevo León. México.

Orozco González, I. G. (2011). La aceptación de la hidroponía como “Estrategia de marketing at retail”. México D.F., Universidad Nacional Autónoma de México.

Ospina Meneses, Silvia Marcela; Cartagena Valenzuela, José Régulo. (2008) “La atmósfera modificada: una alternativa para la conservación de los alimentos”. Revista Lasallista de Investigación, Corporación Universitaria Lasallista Colombia. 5(2), 112-123

Palamiswamy, U. R.; McAvoy, R. J. y Bible, B. B. (2001). Omega-3 Fatty Acid Concentration in Purslane (*Portulaca oleraceae*) is Altered by Photosynthetic Photon Flux. J. Amer. Soc. Hort. Sci. Connecticut. 126(5):537–543.

Parzanese, M. (2012). Vegetales mínimamente procesados. Alimentos Argentinos, SAGPyA. Argentina. , Centro de documentación e información agropecuaria Argentina. 6,31-39.

Pascual, B. S. (2013) Efecto de la temperatura sobre las propiedades fisicoquímicas y la composición de los ácidos grasos presentes en el aceite de la semilla de chía (*salvia hispanica* L.). Tesis de Maestría. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Instituto Politécnico Nacional.

Pearson, D. (1998). Técnicas de laboratorio para el análisis de alimentos. Acribia. España.

Pérez, C. F., Irradiación de alimentos en España, Unidad Técnica de Protección Radiológica, 2005, pp. 1-23.



REFERENCIAS

Pérez, M. G. (2013). Extracción de compuestos activos de plantas para su aplicación en recubrimientos comestibles para controlar podredumbre gris en la fresa. Tesis de licenciatura de Ingeniería en alimentos, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Piagentini, A. M.; Güemes, D. R.; Pirovani, M. E. (2002). Sensory characteristics of fresh-cut spinach preserved by combined factors methodology. *Journal of food Science*, 67:1544-1549.

Quiesta, A. G.; Rodríguez, S. C.; Generoso, S. M.; Casóliba, R. M. (2007). El análisis sensorial. Herramienta para evaluar calidad en vegetales mínimamente procesados. En: González Aguilar y Ayala-Zavala (eds.). *Avances tecnológicos en el procesado mínimo hortifrutícola. Aspectos nutricionales y sensoriales*, Proyecto CYTED XI.22, pp.63-70, Hermosillo, México.

Ramírez, G.R.M.; Luna, M.B.; Velázquez, M.O.; Vierna, G.L.; Mejía, C.A.; Tsuzuki, R.G.; Hernández, G.L.; Müggenburg, I.; Camacho; C.A.; Urzúa; H.M. del C. (2011) *Manual de prácticas de microbiología general*. Facultad de Química, UNAM. México, D.F. 29-30.

Ramos-García, M. L.; Bautista-Baños S.; Barrera-Necha, L. L.; Bosquez-Molina, E.; Alia-Tejagal, I.; Estrada-Carrillo, M. (2010) *Compuestos Antimicrobianos Adicionados en Recubrimientos Comestibles Para Uso en Productos Hortifrutícolas*. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 1(28): 44-57.

Rančić, A; Soković, M.; Vukojević, J.; Simić, A.; Marin, P.; Duletić-Laušević, S.; Đoković, D. (2005) *Chemical composition and antimicrobial activities of essential oils of Myrrhis odorata (L.) Scop, Hypericum perforatum L and Helichrysum arenarium (L.) Moench*. *Journal of Essential Oil Research* 17: 341-345.

Reeves, M. W.; Evins, G. M.; Heiba A. A.; Plikaytis, B. D.; Farmer, J. J. (1989). *Clonal nature of Salmonella Typhi and its genetic relatedness to other Salmonella as shown by multilocus enzyme electrophoresis, and proposal of Salmonella bongori com.nov.* *J Clin Microbiol*. 27(2): 313 – 320.36.



REFERENCIAS

Reyes, I.; Villegas, A.; Colinas, M.; Calderón, G. (2000). Peso específico, contenido de proteína y de clorofila en hojas de naranja y tangerino *Agrociencia* 34: 49-55.

Rinald, R.; Amodio, M. L.; Colelli, G. Rinald (2010). Effect of temperature and exogenous ethylene on the physiological and quality traits of purslane (*Portulaca oleracea* L.) leaves during storage. *Postharvest Biology and Technology*. Foggia, Italia

Rocha, C. E. (2011). Ingeniería de tratamiento y acondicionamiento de aguas. Universidad Autónoma de Chihuahua. México, Sythesis. 5:2-3.

Rodríguez, M. G.; Sánchez L.; Gómez L.; Hidalgo L.; González E.; Gómez M.; Viruliche L. (2005) *Meloidogyne* spp., plagas de las hortalizas: alternativas para su manejo en sistemas de cultivo protegido. *Protección Vegetal*, 2(1):1-10.

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

Rozano L. G. V. (2004) Hortalizas, las llaves de la energía. *Revista Digital Universitaria*, 5(7): 1-3. Universidad Nacional Autónoma de México. México.

Rzedowski, G. C. de, J. Rzedowski poner todos los autores (2005). Flora fanerogámica del Valle de México. 2a. ed., Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro (Michoacán), 1406 pp.

SAGARPA (2010) Metodología para determinar la existencia de orégano (*Lippia graveolens* H.B.K.) en rodales naturales de Parras de la Fuente Coahuila. Instituto Nacional de investigaciones forestales, agrícolas y pecuarias. Saltillo, Coahuila., pp.3-4.

SAGARPA (2013). Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Consulta: 23 de Mayo de 2013. [En línea]. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>.



REFERENCIAS

Salgado, L. J. (2011) Descripción de dos variedades locales de verdolaga (*Portulaca oleracea*) y de sus versiones seleccionadas. Texcoco: Universidad Autónoma de Chapingo. México.

Sapers, G. M. (2001) Efficacy of washing and sanitizing methods for disinfection of fresh fruit and vegetable products. *Food Tech Biotechnology*, 39(4): 305-11.

Secretaria de Salud (1994) NOM-092-SSA1-1994. Bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aeróbicas en placa. Norma Oficial Mexicana. México

Sharma, B. R., Narres, L., Dhuldhoya, N. C. (2006) La goma xantana en la industria alimentaria. *Mundo alimentario*. 15:27-30.

Sichmann, H. L.; Saavedra A., J.; Kluge, R. A. (2006) Caracterização físico-química e sensorial de frutos de kiwi minimamente processado armazenados sob refrigeração. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 8(1): 26-32,

Sikkema, J., De Bont, J.A. M., Poolman, B., (1994). Interactions of cyclic hydrocarbons with biological membranes. *J. Biol. Chem.* 269, 8022– 8028.

Sokovic, M.; Marin, P. D.; Brkic, D.; Van Griensven, J.L.D.L. (2007) Chemical composition and antibacterial activity of essential oils of ten aromatic plants against human pathogenic bacteria. *Global science books. Food*. 1(1). Serbia.

Solusan México. (2009). Soluciones sanitarias. Consulta: 24 de Octubre de 2013. [En línea]. - Marketingbest Consultants, 2002. Disponible en: <http://www.solusan-mexico.com/>.

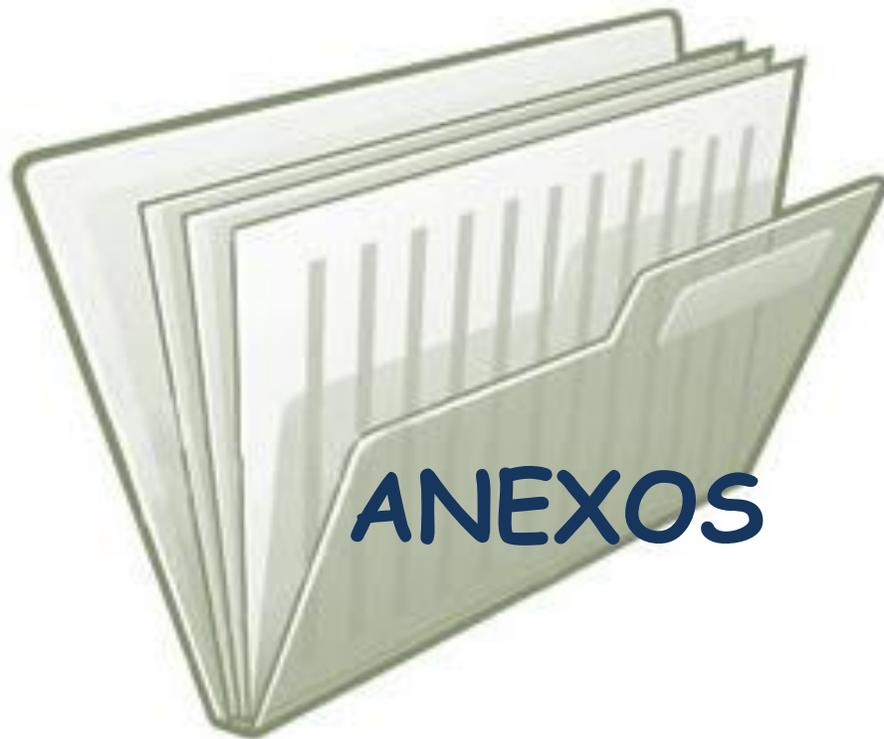
Stefanakis, M. K.; Touloupakis, E.; Anastasopoulos, E.; Ghanotakis, D.; Katerinopoulos, H.; Makidis, P. (2013). Antibacterial activity of essential oils from plants of the genus *Origanum*. *Food Control*.34: 539-546.

Stroescu, M.; Stoica-Guzun, A.; Ghergu, S. (2012) Optimization of fatty acids extraction from *Portulaca oleracea* seed using response surface methodology. *Industrial Crops and Products*. pp. 405-411.



REFERENCIAS

- Torres Narciso, A. (1997) Evaluación de soluciones nutritivas y sustratos orgánicos para la producción de verdolaga. Tesis de licenciatura de Ingeniero Agrónomo Texcoco: Universidad Autónoma de Chapingo. México.
- Trigos, A.; Ramírez, K.; Salinas, A. (2008) Presencia de hongos fitopatógenos en frutas y hortalizas y su relación en la seguridad alimentaria. *Revista Mexicana de Micología*, 28:125-129.
- Turina, A. V.; Nolan, M. V.; Zygodlo, J. A.; Perillo, M. A. (2006). Natural terpenes: self-assembly and membrane partitioning. *Biophys. Chem.* 122, 101–113.
- Ultee, A.; Kets, E.P.; Alberda, M.; Hoekstra, F.A.; Smid, E.J. (2000). Adaptation of the food-borne pathogen *Bacillus cereus* to carvacrol. *Arch. Microbiol.* 174, 233–238.
- Ultee, A.; Bennik, M. H.; Moezelaar, R. (2002). The phenolic hydroxyl group of carvacrol is essential for action against the food-borne pathogen *Bacillus cereus*. *Appl. Environ. Microbiol.* 68: 1561–1568.
- Veiga-Santos, P.; Oliveira, L.; Cereda, M.; Alves, A.; Scamparini, A. (2005). Mechanical properties, hydrophilicity and water activity of starch-gum films: effect of additives and deacetylated xanthan gum. *Food Hydrocolloids*, 19, 341-349.
- Vilaplana, B. M. (2004) Verduras y hortalizas. Fuentes naturales de antioxidantes. *Ámbito Farmacéutico. Nutrición*23(2): 120-132.
- Wiley, R. C. (1994). *Frutas y Hortalizas Mínimamente Procesadas y Refrigeradas*. Acribia, Zaragoza, España.





9 ANEXOS

Cromatogramas

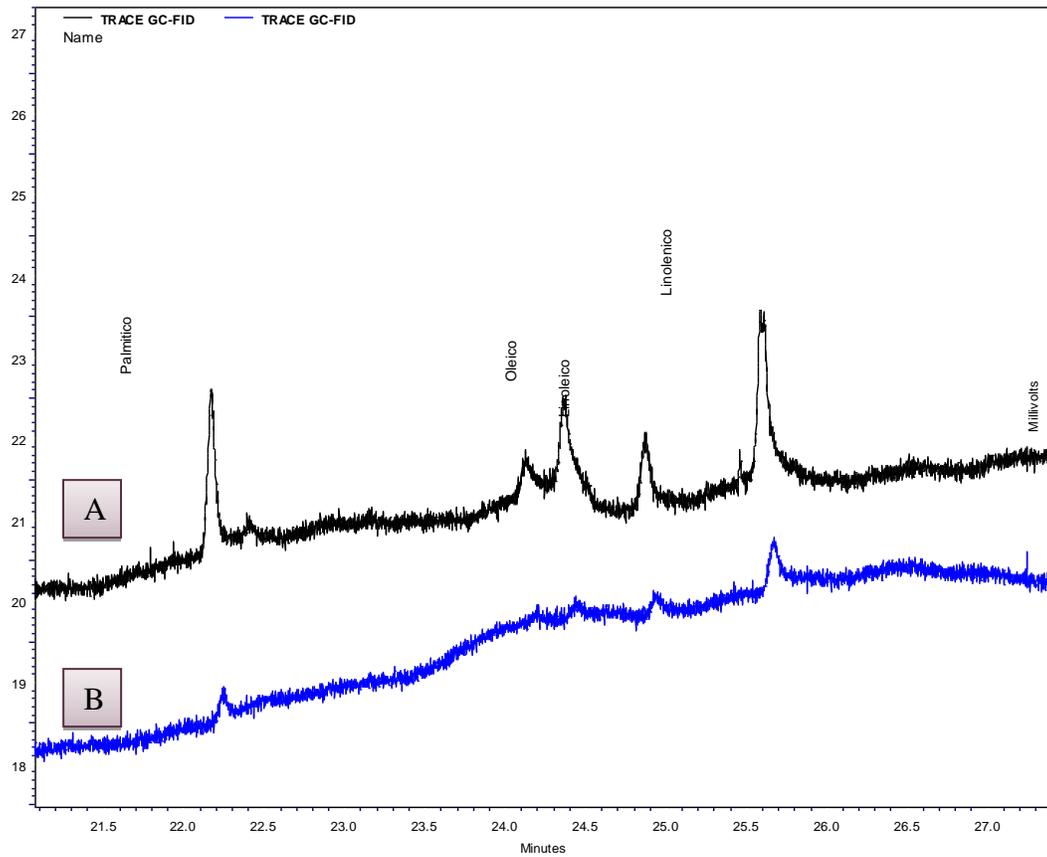


Figura 50. Cromatograma de verdolaga cultivada en A) suelo y B) hidroponia



ANEXOS

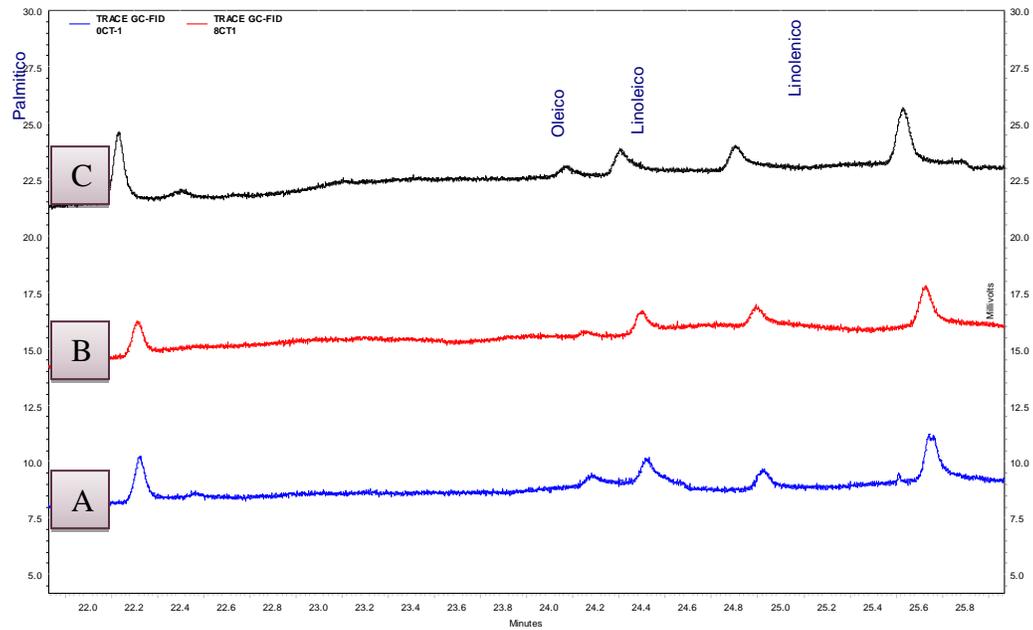


Figura 51. Seguimiento del perfil de ácidos grasos de verdolaga cultivada en suelo desinfectada durante los días A)0, B)8 y C)16 de almacenamiento

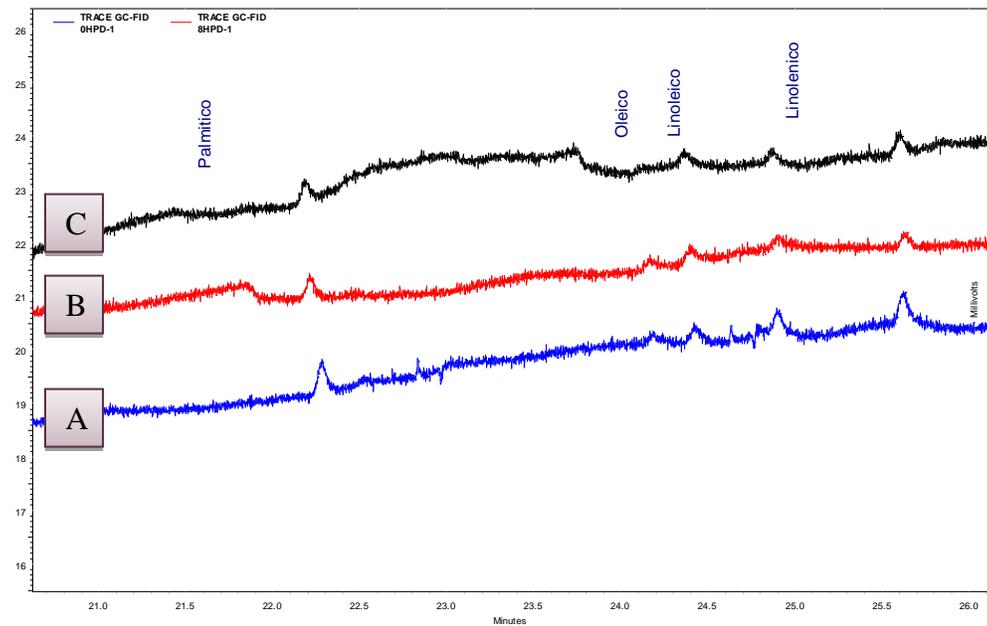


Figura 52. Seguimiento del perfil de ácidos grasos de verdolaga cultivada en hidroponia desinfectada durante los días: A) 0, B) 8 y C)16 de almacenamiento.