



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

ESTUDIO COMPARATIVO DE LA CALIDAD DE JITOMATE
(*Lycopersicon esculentum Mill*) VARIEDAD 'SALADETTE'
CULTIVADO EN HIDROPONÍA Y EN SUELO.

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERA EN ALIMENTOS
P R E S E N T A N :
ARIADNA NAXYELLI LOBERA SÁNCHEZ
CARLOS ENRIQUE ROMERO GALLEGOS

ASESORA DE TESIS:
DRA. MARÍA ANDREA TREJO MÁRQUEZ



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.

AGRADECIMIENTOS

Dra. Andrea Trejo Márquez

Gracias por todo su apoyo, sus pláticas, los momentos lindos y por su infinita paciencia, por darnos un ejemplo de vida y dedicación.

Biol. Marcos Espadas

Gracias por las facilidades prestadas para trabajar en el Laboratorio de Fitopatología de Ingeniería agrícola de la FES Cuautitlan y por sus enseñanzas en el tema de Fitopatología, ya que de otra manera esta tesis no se hubiera podido terminar satisfactoriamente.

M. en C. Norma Camacho de la Rosa

Por su asesoría técnica, su valioso apoyo, cooperación y consejos, ya que fueron parte fundamental para la conclusión de este trabajo.

AGRADECIMIENTOS

Dra. Andrea Trejo Márquez

Gracias por abrirnos las alas y hacer que nuestros ojos vean nuevos horizontes, que sin su ayuda quizá nunca veríamos.

Carlos Romero Gallegos

Gracias por apoyarme en este trabajo, por tolerarme y ayudarme.

A mis maestros

De cada uno de ellos me llevo una gran enseñanza, que es el amor por la educación y la cultura, pero sobre todo el amor a la Universidad, gracias por inspirarme para que cada día de mi vida quiera ser una mejor persona en todos los aspectos.

A la Universidad Nacional Autónoma de México

Mi padre y mi madre realizaron sus estudios en la Máxima Casa de Estudios de América Latina, ante lo cual siempre fue mi deseo seguir sus pasos, no fue fácil, ya que había fracasado anteriormente, sin embargo nunca me rendí y ahora le doy las gracias a la Universidad por darme la oportunidad de contarme entre sus egresados, es uno de mis más grandes orgullos y prometo siempre dirigirme con ética y responsabilidad en todos los aspectos de mi vida para siempre poner en alto el nombre de la UNAM...GRACIAS

A mis Familiares y Amigos

Gracias por su apoyo, tanto económico como moral, por sus palabras fuertes y contundentes y por sus brazos que estuvieron abiertos y dispuestos siempre cuando tuve ganas de llorar y reír. No hay forma ni palabras ni nada en este mundo que pueda expresar lo infinitamente agradecida que estoy con todos por todo, pero sobre todo gracias por estar conmigo.

A la vida

Gracias a la vida que me ha dado tanto.

DEDICATORIAS

A mi madre

Marina Sánchez, Mami te dedico esta tesis que sobre todo es tuya, también quiero agradecerte por darme la vida y por ser tan buena conmigo por tus palabras y tu apoyo incondicional y por hacer de esta persona lo que ahora soy.

A mi padre

Nicolás Jobera Gutiérrez, Papi te dedico esta tesis con todo mi amor gracias por enseñarme el valor de una persona con cultura y por querer superarme a pesar de todo, sabes que te quiero y siempre pienso en ti.

A mi hijo

Cesar Kalid, bebe te dedico todo este trabajo que quizá no entiendas pero me ha costado mucho y a ti también gracias por apoyarme en todo, eres lo más importante que tengo en la vida y todo esto es por ti.

A el amor de mi vida

Cesar Acolt, te dedico esta tesis gracias por sostenerme, por tu apoyo incondicional y por tu amor, por tus palabras y tu fuerza, no hay manera de explicarte lo importante que eres y serás siempre para mí....Te Amo.

A mi hermana

Itzel Jobera, nena te quiero mucho y esto también va por ti, gracias por todo y ya vez que si se puede, échale muchas ganas a todo lo que hagas, que eso te hará crecer como persona y mujer.

A mis hermanitas

May te quiero mucho, gracias por todo, por ti y por tu amistad de toda la vida, sabes esto y nada de nada hubiera sido posible sin ti, sin tu entusiasmo, sin esas caminatas nocturnas en las que dejaste todo por estar conmigo, por ayudarme, por platicar conmigo y comprenderme, pase de todo contigo y de verdad me salvaste la vida muchas gracias hermanita.

Dianis gracias igual, siempre pensamos que esto nunca llegaría pero ya vez, aquí estamos con todo y todo, gracias por todos los momentos que pasamos juntas y por tu amistad y cariño incondicionales.

Selene y Alma gracias por su amistad durante toda la carrera, por escucharme y brindarme su cariño al igual que el de toda su familia, mucho de esto es gracias a ustedes por impulsarme siempre a ser una mejor persona y por siempre querer alcanzarnos y no quedarme atrásGRACIAS

Dani, muchas gracias por tu amistad y tus platicas que me ayudaron muchas veces a desahogarme, sabes que siempre estarás en mi corazón como un gran amigo y parte de mi familia, échale muchas ganas.

Gaby, Carlos, Miriam, Martha, Olivia, Julieta, Michel, Lupita, Ivonne Gracias por que de cada uno aprendí el valor de la amistad y el compañerismo, por los momentos que pasamos juntos en el laboratorio y por haberme apoyado en todo lo que necesitaba muchas gracias.

Dra. Andrea Trejo. Gracias por ayudarme a terminar con este proyecto, por sus palabras, por que yo se que esto también es parte de usted y que en cada uno de nosotros deja su ejemplo, muchas gracias por todo.

A mi partido y a la gente que en el se encuentra Dr. Celedonio, Rafa, Andrés Manuel, y a todos aquellos que luchan y mueren en un país con tanta desigualdad, gracias por sus enseñanzas y su convicción de tener un mejor país, la verdad son un ejemplo de vida, ideología y perseverancia muchas gracias.

FRASES

El hombre razonable se adapta al mundo; el hombre no razonable se obstina en intentar adaptar el mundo a sí mismo. Todo progreso depende, pues, del hombre no razonable.

George Bernard Shaw

Algunos hombres ven las cosas como son y dicen "¿Por qué?". Yo sueño con cosas que nunca ha sido y pregunto "¿Por que no?".

George Bernard Shaw

Para entender el corazón y la mente de una persona, no te fijas en lo que ha hecho no te fijas en lo que ha logrado sino en lo que aspira a hacer.

Khalil Gibran

...Aquí esta una de las tareas de la juventud: empujar, dirigir con el ejemplo la producción del hombre de mañana. Y en esta producción, en esta dirección, esta comprendida la producción de sí mismos...

No se trata de cuantos kilogramos de carne se come o de cuantas veces por año pueda alguien ir a pasearse por la playa, ni de cuantas bellezas puedan comprarse con los salarios actuales. Se trata precisamente de que el individuo se sienta más pleno, con mucha más riqueza interior y con mucha más responsabilidad.

Sí avanzo seguidme, sí me detengo, empujadme, sí retrocedo matadme.

Ernesto "Che" Guevara

AGRADECIMIENTOS

At Dios, por todas las bendiciones que he recibido y darme la vida.

At mis padres Jose Enrique Romero Viquez y Margarita Gallegos Aviles, por todo su apoyo, comprensión, ejemplo y sacrificio, nunca habrá palabras suficientes para agradecerles tantas cosas, este logro es tanto mío como de ustedes. Los amo.

At Ivonne Colin Rios, por creer en mí y estar a mi lado en todo este proceso, gracias por todo tu apoyo y amor, te amo.

At Bryan, Yurik y Regina esto es para ustedes, son mi principal motivo de ser mejor día con día, son la fuerza que siempre me acompaña.

At mis hermanas Claudia y Rebeca, por sus palabras de aliento, por todo su apoyo incondicional y por ser uno de mis ejemplos de vida.

At Socorro Rios, Amparo Rosales y a la familia Colin Rios por sus palabras de ánimo comprensión y soporte. Gracias.

At la Dra. Ma. Andrea Trejo Márquez, por creer en el proyecto, por tu tiempo, tus enseñanzas, tus consejos y tu amistad. Gracias.

At la M. en C. Norma Camacho y al Fitopatólogo Marcos Espadas, por su valiosa colaboración en este proyecto.

At Ariadna Lobera por su apoyo y comprensión

At mis sinodales y a todos los profesores de la Facultad, por sus enseñanzas y tiempo.

At mis compañeros de carrera Adriana, Alonso, Ariadna, Adán, Horacio, Manuel, Pilar, Brenda, Paola, Jaz, Martha, Miriam, Luz, Martín, Jabata, Meme, Gerson, Israel, Nancy, Luis, Sara, Juan, Liz, Javier, Ffrain, Saidi, Janet, Viridiana, Yuvini, y los que me faltan, por tantos buenos momentos.

At mis compañeras del CAJ Carmen, Karen, Jessica, Anabel, Guadalupe, Olivia, Julieta, Ivonne Adriana y Adela.

Para Leo, la prueba de que si se quiere se puede.

At todos mis amigos que siempre han estado conmigo en las buenas y en las malas.

At la Facultad de Estudios Superiores de Cuautitlan de la Universidad Nacional Autónoma de México mi Alma Mater.



ÍNDICE GENERAL

	PÁGINA
Resumen	1
1. Introducción	2
2. Antecedentes	5
2.1. El jitomate	5
2.1.1. Origen e historia	5
2.1.2. Taxonomía	6
2.1.3. Ciclo de vida	7
2.1.4. Descripción botánica	7
2.1.5. Descripción de variedades	9
2.2. Importancia económica	11
2.2.1. Producción mundial	11
2.2.2. Producción en México	12
2.3. Aspectos físicos y químicos	16
2.3.1. Clasificación	16
2.3.2. Composición química y valor nutricional	17
2.4. Cambios bioquímicos y fisiológicos durante la maduración	19
2.4.1. Producción de etileno y respiración	20
2.4.2. Cambios en el sabor y el aroma	22
2.4.3. Cambios en el color y la textura	23
2.4.4. Cambios en otros componentes	27
2.5. Pérdidas poscosecha	28
2.5.1. Enfermedades por hongos	28
2.6. Tipos de cultivo	32
2.6.1. El cultivo del jitomate	32
2.6.1.1. Etapas del cultivo de jitomate	32
2.6.2. Cultivo en suelo	35
2.6.2.1. Labores de cultivo	35
2.6.3. Cultivo en hidroponía	36
2.6.3.1. Técnicas de cultivo en hidroponía	37
2.6.3.2. Componentes de un sistema hidropónico	37
2.6.3.2.1. Solución nutritiva	37
2.6.3.2.2. Sustrato	38
2.6.4. Ventajas y desventajas del cultivo en suelo y en hidroponía	39
2.7. Empacado	41
2.7.1. Clasificación de envases para comercialización en fresco	43
2.7.1.1. Clasificación por tipo de material	43
2.7.1.2. Clasificación por permeabilidad	43
2.7.2. Empaques utilizados en alimentos	43



ÍNDICE

2.7.2.1.	Empaques rígidos plásticos	45
2.7.2.1.1.	Envases biodegradables	45
2.7.2.1.1.1.	Plástico poliláctico “PLA”	46
3.	Objetivos	48
3.1.	Objetivo General	48
3.2.	Objetivos Particulares	48
4.	Metodología experimental	49
4.1.	Secuencia metodológica	49
4.2.	Material biológico	50
4.3.	Tratamiento de muestras	50
4.4.	Caracterización fisiológica, fisicoquímica, nutricional, química y microbiológica en la maduración a 5° y 20° C de jitomate ‘Saladette’ cultivado en suelo y en hidroponía.	51
4.4.1.	Determinación de parámetros fisiológicos, de calidad y nutricionales	51
4.4.2.	Determinación de parámetros químicos	51
4.4.3.	Establecer la susceptibilidad al ataque de hongos de jitomate	51
4.5.	Métodos analíticos	52
4.5.1.	Parámetros fisiológicos	52
4.5.2.	Parámetros de calidad	52
4.5.3.	Parámetros nutricionales	55
4.5.4.	Parámetros químicos	56
4.5.5.	Parámetros microbiológicos	57
4.5.5.1.	Identificación de la presencia de hongos	57
4.5.5.2.	Aislamiento	57
4.5.5.3.	Conservación	59
4.5.5.4.	Identificación	59
4.5.5.4.1.	Descripción de la técnica de microcultivo	60
4.5.6.	Tratamiento de resultados	62
5.	Resultados y Discusión	63
5.1.	Determinación de parámetros fisiológicos y de calidad en jitomate ‘Saladette’ cultivado en suelo y en hidroponía	63
5.2.	Determinación de parámetros nutricionales en jitomate ‘Saladette’ cultivado en suelo y en hidroponía	75
5.3.	Cambios en la composición química al inicio y al final del almacenamiento en jitomate ‘Saladette’ cultivado en suelo y en hidroponía	81
5.4.	Susceptibilidad a enfermedades fúngicas	85
5.4.1.	Jitomate ‘Saladette’ cultivado en suelo	86
5.4.2.	Jitomate ‘Saladette’ cultivado en hidroponía	88
5.4.3.	Descripción de los géneros identificados	89
5.4.3.1.	<i>Penicillium</i>	89



5.4.3.2. <i>Verticillium</i>	91
5.4.3.3. <i>Stemphyllium</i>	92
5.4.3.4. <i>Alternaria</i>	94
5.4.3.5. Micelio estéril	95
5.5. Relación entre el tipo de cultivo y las condiciones de almacenamiento en la vida útil del jitomate 'Saladette'	95
6. Conclusiones	98
7. Recomendaciones	99
8. Bibliografía	100
Abreviaturas	108
Glosario	109
Anexos	111



ÍNDICE DE TABLAS

TABLA	PÁGINA
1. Descripción botánica de la planta de jitomate	7
2. Variedades botánicas de jitomate	10
3. Clasificación del jitomate por tipo	16
4. Clasificación del jitomate por categorías	16
5. Clasificación del jitomate por calibres	17
6. Composición química del jitomate rojo, maduro y crudo	17
7. Valor nutritivo medio del jitomate por 100g de producto comestible	18
8. Cambios en la composición química de los frutos de jitomate durante la maduración	21
9. Tasa respiratoria del jitomate en (ml de CO ₂ /kg/h) a diferentes temperaturas	21
10. Grados de madurez en frutos de tomate	24
11. Principales enfermedades por hongos en la planta de jitomate	29
12. Características de las etapas de cultivo en el jitomate	32
13. Temperatura óptima según el ciclo de vida del jitomate	34
14. Características importantes de un sustrato	38
15. Ventajas y desventajas de los cultivos en suelo y en hidroponía	39
16. Funciones básicas que deben satisfacer los empaques	42
17. Atributos funcionales del PLA	47
18. Contenido de carbohidratos en jitomate 'Saladette' cultivado en suelo (SC) y en hidroponía (HC)	81
19. Contenido de humedad en jitomate 'Saladette' cultivado en suelo (SC) y en hidroponía (HC)	82



ÍNDICE

20.	Contenido de fibra en jitomate 'Saladette' cultivado en suelo (SC) y en hidroponía (HC)	83
21.	Contenido de proteína en jitomate 'Saladette' cultivado en suelo (SC) y en hidroponía (HC)	84
22.	Contenido de ceniza en jitomate 'Saladette' cultivado en suelo (SC) y en hidroponía (HC)	85
23.	Hongos identificados en jitomate cultivado en suelo almacenado a 20° C	87
24.	Hongos identificados en jitomate cultivado en suelo almacenado a 5° C	88
25.	Hongos identificados en jitomate cultivado en hidroponía almacenado a 5° C	89



ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
1. Jitomate tipo 'Saladette'	5
2. Principales productores de jitomate a nivel mundial	12
3. Principales productos de exportación de México	13
4. Principales exportadores de jitomate a nivel mundial	13
5. Principales estados productores de jitomate en México	14
6. Superficie cubierta con invernaderos en México	15
7. Cambios fisicoquímicos sufridos en el jitomate durante la maduración	20
8. Grados de madurez del jitomate	24
9. Cambios en la concentración de pigmentos durante la maduración	25
10. Porcentaje de carotenoides en el jitomate	26
11. Cultivo de jitomate en suelo	35
12. Labor de sub-solado	35
13. Arado en el campo	36
14. Máquina para realizar el rastreo	36
15. Camas para la siembra de jitomate	36
16. Cultivo hidropónico de jitomate	36
17. Sistema NTF para el cultivo directo en agua	37
18. Utilización de arena de río como sustrato para el cultivo de lechugas	37
19. Panel para el cultivo de plantas en aeroponía	37
20. Características de algunos empaques utilizados en alimentos	44
21. Jitomate empacado en un envase rígido	45
22. Limpieza y selección de jitomate en estado preclimatérico	50
23. Empaquetado de jitomate en estado pre-climatérico	50
24. Determinación de la respiración	52
25. Medición de color	53
26. Escala para medir luminosidad	53
27. Escala en la que se puede encontrar el ángulo Hue	53
28. Cambio en la cromaticidad del color rojo	54
29. Refractómetro marca Atago	54
30. Potenciómetro marca Hanna	54
31. Determinación de la acidez	55
32. Presencia de hongos en jitomate 'Saladette' cultivado en suelo	57
33. Jitomate cultivado en suelo con tejido dañado por hongo	57
34. Corte con bisturí en tejido dañado	57
35. Desinfección con hipoclorito	57
36. Tejido en agar papa-dextrosa	57



37. Cultivo mixto de diferentes tejidos	58
38. Crecimiento de hongos en cultivo mixto	58
39. Toma de muestra del cultivo mixto con asa esterilizada	58
40. Cultivo seleccionado a partir de un cultivo mixto	58
41. Toma de muestra del cultivo seleccionado	58
42. Hongo invadiendo el papel filtro en caja petri pequeña	59
43. Hongo creciendo en un tubo microbiológico con medio de cultivo	59
44. Retiro del papel filtro invadido del hongo	59
45. Almacenamiento del papel filtro invadido en un tubo microbiológico	59
46. Medio de cultivo cuadrulado	60
47. Cámara de microcultivo con cuadro de agar al centro del portaobjetos	60
48. Toma de muestra del hongo	60
49. Inoculación del cuadro de agar	60
50. Colocación del cubreobjetos sobre el cuadro de agar	61
51. Humidificación de la cámara de microcultivo	61
52. Campana de flujo laminar	61
53. Cámara de microcultivo sellada y rotulada	61
54. Incubadora modelo Dry Tipe	61
55. Preparación permanente para observar directamente en el microscopio	62
56. Microscopio óptico	62
57. Cambios en la respiración de jitomate cultivado en suelo (SC) y en hidroponía (HC) almacenados a 20° C (A) y 5° C (B).	63
58. Pérdida de peso en el jitomate cultivado en suelo (SC) y en hidroponía (HC) almacenados a 20° C (A) y 5° C (B).	65
59. Cambio en la luminosidad de jitomate cultivado en suelo (SC) y en hidroponía (HC) almacenados a 20° C (A) y 5° C (B).	67
60. Cambio en la tonalidad de jitomate cultivado en suelo (SC) y en hidroponía (HC) almacenados a 20° C (A) y 5° C (B).	67
61. Cambio en la cromaticidad de jitomate cultivado en suelo (SC) y en hidroponía (HC) almacenados a: 20° C (A) y 5° C (B).	69
62. Jitomate cultivado en suelo en el preclimaterio	69
63. Jitomate cultivado en hidroponía en el preclimaterio	69
64. Jitomate cultivado en suelo en el posclimaterio	69
65. Jitomate cultivado en hidroponía en el posclimaterio	69



66. Cambio en color de jitomate cultivado en suelo (SC) y en hidroponía (HC) almacenados a 20° C	70
67. Cambio en color de jitomate cultivado en suelo (SC) y en hidroponía (HC) almacenados a 5° C	71
68. Cambio los sólidos solubles de jitomate cultivado en suelo (SC) y en hidroponía (HC) almacenados a 20° C (A) y 5° C (B).	72
69. Cambio en el pH de jitomate cultivado en suelo (SC) y en hidroponía (HC) almacenados a 20°C (A) y 5° C (B).	73
70. Cambio en la acidez de jitomate cultivado en suelo (SC) y en hidroponía (HC) almacenados a 20°C (A) y 5° C (B).	74
71. Cambio en el contenido de ácido ascórbico de jitomate en suelo (SC) y en hidroponía (HC) almacenados a 20°C (A) y 5° C (B).	76
72. Cambio en el contenido de caroteno de jitomate cultivado en suelo (SC) y en hidroponía (HC) almacenados a 20° C (A) y 5° C (B).	78
73. Cambio en el licopeno de jitomate cultivado en suelo (SC) y en hidroponía (HC) almacenados a 20° C (A) y 5° C (B).	80
74. Jitomate con manifestación de enfermedad	86
75. Jitomate con enfermedad en el pedúnculo y con desprendimiento de tejido.	86
76. Ablandamiento de tejido en jitomate	87
77. Jitomate invadido por hongo	87
78. Manchas negras filamentosas en jitomate	88
79. Jitomate hidropónico con daño en el pedúnculo	88
80. Crecimiento de hongo en medio de cultivo	90
81. Esporas de <i>Penicillium</i> a 24 horas	90
82. Esporas de <i>Penicillium</i> a 48 horas	90
83. Desarrollo de la hifa	90
84. Micelio soportando fialides	90
85. Cadenas de esporas de <i>Penicillium</i>	90
86. Colonia en color verde, con micelio inmerso y aéreo de color blanco	91
87. Esporas de <i>Verticillium</i> a 24 horas	91
88. Esporas de <i>Verticillium</i> a 48 horas	91
89. Formación de micelio	92
90. Desarrollo de conidióforos	92
91. Desarrollo de esporas	92
92. Desarrollo de esporas	92



93. Conjunto de esporas en la punta de las hifas	92
94. Semejanza de arbusto de las esporas	92
95. Colonia color beige	93
96. Esporas de <i>Stemphyllium</i> a 24 horas	93
97. Micelio de <i>Stemphyllium</i> a 48 horas	93
98. Conidios de <i>Stemphyllium</i> de 40 micras	94
99. Conidios de <i>Stemphyllium</i> de 40 micras	94
100. Colonia de <i>Alternaria</i>	94
101. Germinación de conidios de <i>Alternaria</i>	94
102. Formación de conidióforos a 48 horas	95
103. Cadenas de conidios de <i>Alternaria</i>	95
104. Cadenas de conidios de <i>Alternaria</i>	95
105. Crecimiento de colonia en medio de cultivo	95
106. Crecimiento micelar	95

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue comparar aspectos de calidad, nutricionales, químicos y fisiológicos de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) variedad 'Saladette', cultivado por método hidropónico en invernadero y en suelo, que permita establecer su susceptibilidad a enfermedades y su tiempo de vida útil.

Se utilizaron jitomates cultivados en suelo y a campo abierto provenientes de la central de Abasto de la Ciudad de México y jitomates cultivados por métodos hidropónicos y en invernadero provenientes del municipio de Xochitepec, Estado de Morelos.

Los frutos se seleccionaron por tamaño y grado de madurez descartando los que presentaron daños y color rojo en la piel. Los jitomates fueron lavados por aspersion y secados, se formaron lotes de 5 jitomates y se empaquetaron en envases de Ácido Poliláctico (PLA) para su almacenamiento en temperatura ambiente (20 °C) y temperatura de refrigeración (5 °C) con una H.R. de 90%.

Los jitomates fueron evaluados durante el almacenamiento y se realizaron pruebas fisiológicas, fisicoquímicas y nutricionales en los 4 estadios de maduración, los jitomates cultivados en suelo y almacenados en refrigeración alargaron su vida útil en 3 veces más que los almacenados a temperatura ambiente y 4 veces más para el jitomate hidropónico.

Al comparar las características de los cultivos se encontró que el contenido de sólidos solubles (°Bx) fue mayor en el jitomate hidropónico obteniendo valores hasta de 5.0° Bx, mientras que en el jitomate cultivado en suelo fue de 4.0° Bx. El contenido de ácido ascórbico fue mayor en el jitomate cultivado en suelo obteniendo valores de 24.6 mg de ácido ascórbico/100g comparado con 19.0 mg de ácido ascórbico/100g en jitomate hidropónico. La pérdida de peso fue mayor para el jitomate cultivado en suelo en ambas condiciones de almacenamiento, en las que se obtuvieron valores de 6.5 y 4.8% a 20° C y 5° C respectivamente. La acidez fue mayor en el jitomate hidropónico obteniendo casi el doble del valor que el fruto de suelo.

Se estableció la susceptibilidad de ambos cultivos al ataque de hongos durante el almacenamiento a 5 °C y 20 °C, siendo el jitomate cultivado en suelo el más susceptible al ataque de hongos identificándose *verticillium*, *alternaria*, *penicillium* y *stemphyllium*, y en el hidropónico se identificó solamente *alternaria* y *verticillum*.

Se concluyó que el jitomate hidropónico presentó un mayor aporte nutritivo, menores pérdidas de peso, menor susceptibilidad al ataque de hongos y una mayor vida útil que el jitomate cultivado en suelo, por lo que se considera que la hidroponía presenta ventajas importantes en la vida poscosecha de este producto.

1. INTRODUCCIÓN

El tomate o jitomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) es uno de los cultivos hortícolas con mayor área de cultivo y producción mundial. México ocupó el noveno lugar en la producción con 2.1 millones de toneladas, siendo China el mayor productor y Estados Unidos el segundo con 31.6 y 12.7 millones de toneladas, respectivamente. En cuanto a la exportación de jitomate fresco, España, los Países Bajos y México se disputan las tres primeras posiciones con cifras que rondan los mil millones de dólares (FAO, 2004).

Dentro de la agricultura mexicana la actividad hortícola es una de las más dinámicas y con mayor capacidad exportadora. De los principales productos hortícolas sobresale el cultivo del jitomate. Tradicionalmente, la producción de esta hortaliza en el estado de Sinaloa ha sido un componente importante de la producción nacional y su comportamiento ha sido muy similar (Carrillo, 2004). Dada la importancia económica de este cultivo, se hace más patente el esfuerzo tecnológico en cuanto a la identificación y tratamiento de plagas y enfermedades, así como en la producción de semillas resistentes, nutrición y técnicas de cultivo adecuadas a la zona productora (Productores de hortalizas, 2006).

La hidroponía es una alternativa para producir alimentos sin tener que esperar a la lluvia o sin temer a los fenómenos de sequía y exceso de agua, fenómenos que han encarecido el abasto de alimentos en todo el mundo. Además, esta técnica permite incorporar al cultivo regiones del país que abarcan desde terrenos poco fértiles o muy pequeños hasta las azoteas de una ciudad donde una familia de personas que no se hayan dedicado a la agricultura pueden cultivar hortalizas con éxito, para su autoconsumo (SRA, 2005). La reducción del espacio de suelo cultivable, la menor disponibilidad de agua saneada para el riego y el aumento de las exigencias del mercado en calidad y sanidad de las hortalizas, especialmente las de consumo en fresco, han hecho que las técnicas hidropónicas de cultivo sean potencialmente atractivas (Carrasco e Izquierdo, 1996).

Las evaluaciones del mercado indican que durante 1998 el consumo de jitomate hidropónico de invernadero alcanzó cerca de 275,000 toneladas, en la producción de este volumen México aportó el 20% siendo el jitomate cherry o cereza el de mayor volumen (Gil *et al.*, 2003).

Pocas son las hortalizas que a nivel mundial presentan una demanda tan alta como el jitomate. Su importancia radica en que posee cualidades para integrarse en la preparación de alimentos, ya sea cocinado o crudo en la elaboración de ensaladas. Cabe señalar que la mitad de la producción mundial de hortalizas, la constituyen la papa y el jitomate conjuntamente, estableciéndose la importancia que para la seguridad alimentaria de cualquier país en el mundo tienen estos cultivo (SIAP/SAGARPA, 2002).

Los jitomates son susceptibles a las alteraciones producidas por prácticas culturales o por la interacción entre estas prácticas y factores genético-ambientales. Estas alteraciones muchas veces aparecen en la etapa de poscosecha y antes o después del proceso de comercialización. Las plagas incluyen microorganismos e insectos y algunas de las principales enfermedades son causadas por: *Xanthomonas campestris*, *Pseudomonas syringae*, *Erwinia* spp, *Alternaria solani*, *Phytophthora infectants*, *Colletotrichum* spp (Cerdas y Montero, 2002).

En cuanto a la calidad del producto se ha encontrado que el eficiente control sobre nutrición, aireación, etc., permite que los productos del sistema hidropónico sean más uniformes en tamaño, peso, color, etc., y de más alta calidad en el comercio, que los productos cultivados en suelo (Sánchez y Escalante, 1988). El color de los jitomates es un factor muy importante de mercadeo, ya que afecta la decisión de compra del consumidor y también es un atributo de calidad muy importante para la industria del jitomate. La clorofila y carotenoides son responsables para el color de los jitomates. El licopeno se produce en los frutos del jitomate como una respuesta de defensa ante algún tipo de estrés, proveniente del medio ambiente, principalmente la incidencia de rayos ultravioleta e infrarrojos, y en los humanos es un antioxidante y anticancerígeno (Núñez *et al.*, 2005).

Los jitomates hidropónicos son por lo general, de forma más regular y de tamaño más uniforme, menos acuosos y con pulpa más consistente, con altos porcentajes de azúcares y grasas y menos cantidad de fibra bruta. En general, los contenidos de materia seca y de azúcar en hidroponía se han encontrado iguales o más grandes que los testigos en suelo. Además se encontraron marcados incrementos en los contenidos de ácido ascórbico, carotenos y tocoferoles (Sánchez y Escalante, 1988).

El empaquetado es uno de los puntos más importantes en cuanto a calidad se refiere ya que es un atractivo que hará lucir el producto y debido a que en el último año el precio de

los plásticos sintéticos convencionales creció entre un 30 y un 80%, algunos bioplásticos han alcanzado competitividad en el mercado (Fernández y Ariosti, 2006).

Por lo anterior se propone comparar aspectos de calidad, nutricionales, físicos, químicos y fisiológicos de jitomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) variedad 'Saladette', cultivado por método hidropónico y en suelo, que permita establecer su susceptibilidad a enfermedades y su tiempo de vida útil en almacenamiento a 5° C y 20° C y envasado en PLA (ácido poliláctico).



2. ANTECEDENTES

2.1. EL JITOMATE

El jitomate es una planta potencialmente perenne y muy sensible a las heladas, de porte arbustivo que se cultiva en forma anual (Figura 1). Puede desarrollarse de forma rastrera, semi-erecta o erecta y el crecimiento es limitado en las variedades determinadas e ilimitado en las variedades indeterminadas, pudiendo éstas llegar a 10 m en un año (Nuez, 2001).

La tomatera produce desde diminutos frutos del tamaño de una cereza, hasta enormes frutos de hasta 750 g. El fruto puede ser redondeado, achatado o con forma de pera (INFOAGRO, 2007).



Figura 1. Jitomate tipo 'Saladette'

El jitomate Roma o 'Saladette' es un fruto pequeño bi o trilobular, en forma de pera y tamaño homogéneo. Presenta un hábito de crecimiento determinado e indeterminado, dicho fruto es una baya muy coloreada, de tonos que van del amarillento al rojo, debido a la presencia de los pigmentos licopeno y caroteno. Posee un sabor ligeramente ácido (INFOAGRO, 2007).

2.1.1. ORIGEN E HISTORIA

El jitomate, es un planta cuyo origen se localiza en Sudamérica y más concretamente en la región andina, aunque posteriormente fue llevado por los distintos pobladores de un extremo a otro, extendiéndose por todo el continente (Ocegueda, 2004).

El cultivo y domesticación del jitomate, parece ser que ocurrió fuera de su centro de origen, y fue realizada por los primeros pobladores de México. El jitomate cultivado ahora es común en Perú; sin embargo, éste es utilizado principalmente como alimento por la población rural. Pasa lo contrario en México donde es ampliamente usado por la población urbana y en donde la gran diversidad de cultivares es evidente (Jiménez, 2001).

El término "tomate" fue utilizado desde 1695 por los viajeros botánicos, quienes lo tomaron de la palabra "xitomate" o "xitotomate" con las que los aztecas designaban a esta planta, cuyo nombre se deriva de la palabra náhuatl *xictomatl* (*xictli* = ombligo, *tomatl* = tomate) (García, 2004).



El Jitomate

Hay registros de que fue cultivado por los aztecas e incas en los años setecientos antes de Cristo. Los europeos conocieron el jitomate cuando los conquistadores llegaron a México y América Central en el siglo XVI, y al regresar a Europa llevaron y cultivaron las semillas y su fruto fue aceptado rápidamente en las tierras mediterráneas europeas.

No se sabe aún como llegó el jitomate al norte de Europa. Los franceses lo llamaban “la manzana del amor”; los alemanes, “la manzana del paraíso”; mientras que los ingleses, aunque admiraban su color y brillantez, lo desestimaban como alimento porque creían que era venenoso. En el año de 1850 el jitomate se convirtió en un importante producto en muchas ciudades estadounidenses. La gente empezó a sembrarlo en los jardines de sus casas y los agricultores lo producían todo el año (Cerdas y Montero, 2002).

2.1.2. TAXONOMÍA

Inicialmente el nombre botánico del jitomate fue *Solanum Lycopersicum*. Miller en 1788, le dio el nombre de *Lycopersicon esculentum* a las formas cultivadas y *L. pimpinellifolium* a los tipos silvestres del jitomate. El nombre de *Lycopersicon lycopersicum* fue sugerido por Karsten en 1900; sin embargo, Broome y colaboradores establecieron conservar el de *Lycopersicon esculentum* debido al uso popular a lo largo del tiempo (Kalloo, 1991).

En base a lo anterior se tiene la siguiente taxonomía del jitomate (González, 1991a):

Reino: Vegetal

División: Embriophyta

Subdivisión: Angiospermae

Clase: Dicotiledoneas

Orden: Tubiflorae (Personatae)

Familia: Solanaceae

Subfamilia: Solanoideae

Tribu: Soloneae

Género: *Lycopersicon*

Especie: *Lycopersicon esculentum* Mill



El Jitomate

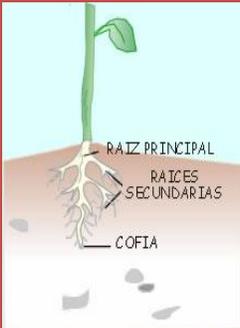
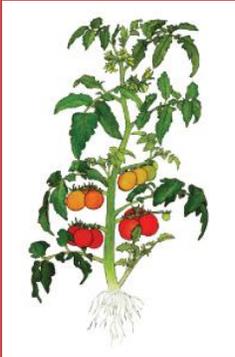
2.1.3. CICLO DE VIDA

El jitomate es una planta perenne y de duración diferente del ciclo según las variedades. Sin embargo su ciclo se ha convertido en anual por las condiciones climáticas y de cultivo. El lapso requerido para la maduración del fruto después del trasplante varía de 55 a 65 días para las variedades de maduración rápida y de 85 a 125 días para los tipos industriales de crecimiento lento (Castro, 1997).

2.1.4. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

La descripción de cada una de las partes anatómicas de una planta de jitomate se puede ver en la tabla 1.

Tabla 1. Descripción botánica de la planta de jitomate

PARTE ANATÓMICA	CARACTERÍSTICAS
RAIZ 	<ul style="list-style-type: none">• Raíz principal gruesa, crece 2.5 cm por día• Profundidad de hasta 60 cm.• Raíces adventicias de sistema fibroso, extendidas lateralmente hasta 150 cm.• Ramificaciones que penetran hasta 90 ó 150 cm.
TALLO 	<ul style="list-style-type: none">• Tallo erguido con 0.4 a 2 m de altura, cilíndrico cuando joven y posteriormente anguloso, de consistencia herbácea a leñosa.• La ramificación del tallo principal da lugar a dos grupos:• Determinado: termina sus ramificaciones en inflorescencia limitándose en consecuencia el crecimiento vertical.• Indeterminado: se forman racimos en la hoja última; sin embargo, se forma una nueva rama y en consecuencia el crecimiento vertical no se limita.



El Jitomate

Tabla 1. Descripción botánica de la planta de jitomate.
(Continuación)

PARTE ANATÓMICA	CARACTERÍSTICAS
HOJA 	<ul style="list-style-type: none">• Se disponen sobre los tallos alternadamente.• Son de tipo compuesto, constituidas generalmente por 7-9 folíolos lobulados o dentados.• De la misma forma que el tallo, están recubiertas por pelos glandulares que confieren el olor característico a la planta de jitomate.
INFLORESCENCIA 	<ul style="list-style-type: none">• El eje principal está formado por ramas de distintos tipos, cada uno de los cuales termina en una flor.• Las flores, son hermafroditas de pedúnculos cortos.• El número de flores puede variar de 4 a 12 ó más.• Presenta desarrollo diferencial, es decir, un solo racimo puede tener botones, flores abiertas y frutos pequeños.• En condiciones de invernadero pueden aparecer flores improductivas, que pueden ser:<ol style="list-style-type: none">1) flores que producen pequeños frutos con madurez prematura.2) flores con cáliz persistente, cuyo fruto no se desarrolla.3) flores que se caen.
FLOR 	<ul style="list-style-type: none">• Las flores son amarillas péndulas, son perfectas, hipóginas y regulares.• La corola radiada posee un tubo muy corto que se expande en la cima en cinco o más lóbulos, que al principio son amarillo-verdoso y posteriormente adquieren un amarillo brillante cuando la flor está completamente desarrollada.• Posee cinco o más estambres que están parcialmente fusionados con el tubo del cáliz.• El pistilo consiste en dos o varios carpelos y el estilo es largo con su estigma liso y achatado.



El Jitomate

Tabla 1. Descripción botánica de la planta de jitomate.
(Continuación)

PARTE ANATÓMICA	CARACTERÍSTICAS
FRUTO 	<ul style="list-style-type: none">• Es una baya que puede ser orbicular o achatado; pero en algunos tipos especiales puede ser largo o periforme.• Puede pesar desde algunos gramos hasta 750 gramos.• En corte transversal se aprecian en él la piel, la pulpa firme, el tejido placentario y la pulpa gelatinosa que envuelve a las semillas.• El fruto presenta de veinte a veinticinco lóculos, aunque las principales variedades tienen de cinco a nueve lóculos• La coloración del fruto maduro resulta de la presencia de pigmentos: licopersicina (color rojo) y carotina (color amarillo).
SEMILLA 	<ul style="list-style-type: none">• Se encuentran en el interior de cada lóculo.• Envueltas en el mucilago placentario se encuentran las semillas, más o menos numerosas.• Las semillas maduras son de contorno oval y muy achatadas lateralmente.• El tamaño es de 3-5 mm en longitud y la anchura de 2-4 mm• Consiste principalmente del embrión, endospermo y testa o cubierta seminal.

Información obtenida de: Hayward (1951); Garza (1985); Maroto (1983); Castro (1997)

2.1.5. DESCRIPCIÓN DE VARIEDADES

En la actualidad, las variedades de jitomate son seleccionadas básicamente por la forma y características internas que tiene el fruto. En la tabla 2 se describen las principales cualidades de cada una de ellas, que son distinguibles científicamente y engloban todos los tipos de jitomate que existen actualmente.



El Jitomate

Tabla 2. Variedades botánicas de jitomate.

VARIEDAD	CARACTERÍSTICAS
<p>COMMUNE O VULGARE BAILEY.</p> 	<ul style="list-style-type: none">• Los frutos pueden alcanzar gran tamaño, son lisos, con numerosas cavidades en el interior y poco asurcados.• Las hojas y tallos son grandes y de color verde intenso.
<p>CERASIFORME HORT.</p> 	<ul style="list-style-type: none">• Es conocida vulgarmente con el nombre de Tomate Cereza, por su pequeño tamaño y diversidad de colores, que van desde el rojo al amarillo.• El interior está dividido en dos únicas cavidades.• Está considerada como la más primitiva de las especies, de la cual han derivado todas las demás.
<p>PERIFORME HORT.</p> 	<ul style="list-style-type: none">• Los frutos tienen forma de pera, y normalmente solo poseen dos cavidades en el interior.• El porte de la planta es de tamaño medio.• Tras unas semanas, se obtienen plantas jóvenes con tallos y hojas de rápido crecimiento.
<p>VALIDUM BAILEY.</p> 	<ul style="list-style-type: none">• Con gran variabilidad en la forma y tamaño del fruto, la variedad <i>validum</i> está caracterizada esencialmente por el aspecto y porte de tallos y hojas.• Es una mata erguida de pequeño tamaño, con tallos muy rígidos y fuertes.
<p>GRANDIFOLIUM BAILEY.</p> 	<ul style="list-style-type: none">• Muy parecida a la anterior, la variedad <i>grandifolium</i>, se diferencia por el aparato vegetativo.• Son matas de gran tamaño en general, con hojas formadas por varios segmentos bastante grandes de borde entero.

Fuente: Maroto (1983)



IMPORTANCIA ECONOMICA

2.2. IMPORTANCIA ECONÓMICA

Dentro de la agricultura mexicana la actividad hortícola es una de las más dinámicas y con mayor capacidad exportadora (Carrillo, 2004a). En un contexto internacional caracterizado por la creciente globalización e interdependencia, la importancia de la horticultura en México se refleja en las estadísticas reportadas por la SAGARPA, con 9,068 hectáreas, las hortalizas contribuyeron con 12% del valor de la producción y ocuparon 17.5% de la fuerza de trabajo (Vargas y Martínez, 2004).

De los principales productos hortícolas sobresale el cultivo del jitomate (Carrillo, 2004b). La importancia del jitomate en México se debe a que es una de las principales hortalizas producidas y exportadas, genera gran número de empleos y es una fuente importante de divisas para el país (Vargas y Martínez, 2004).

De igual manera, de acuerdo con los datos de ASERCA su importancia es fundamental en cuanto a la generación de empleos, ya que se estima que una posible guerra comercial de jitomates entre México y Estados Unidos podría provocar una pérdida de 500,000 empleos (Vargas y Martínez, 2004).

2.2.1. PRODUCCIÓN MUNDIAL

En el ámbito mundial la papa y el jitomate sobresalen al contribuir con el 47% de la producción de hortalizas seguidas por la col, la sandía y la cebolla. En el comercio internacional de hortalizas el 70% se concentra en siete productos: papa, jitomate, cebolla, sandía, pepino, lechuga y melón (Gil *et al.*, 2003).

Pocas son las hortalizas que a nivel mundial presentan una demanda tan alta como el jitomate. Su importancia radica en que posee cualidades para integrarse en la preparación de alimentos, ya sea cocinado o crudo en la elaboración de ensaladas (SIAP, 2002).

Según datos de la FAO (2005) los principales productores de jitomate son China, Estados Unidos, Turquía, Italia, Egipto e India, países que conjuntamente han producido durante los últimos 20 años el 70% de la producción mundial (Figura 2).

A nivel continental, según los reportes de la FAO, Asia participa con poco más del 50%, seguida de América con 20%, Europa 15% y el resto proviene de Oceanía y África. China ha sido el principal productor mundial de jitomate en el mundo al promediar 31 millones de



IMPORTANCIA ECONOMICA

toneladas anuales (34% del total mundial), seguida de los Estados Unidos de América con 12 millones de toneladas (14 % del total mundial) (FAO, 2005).

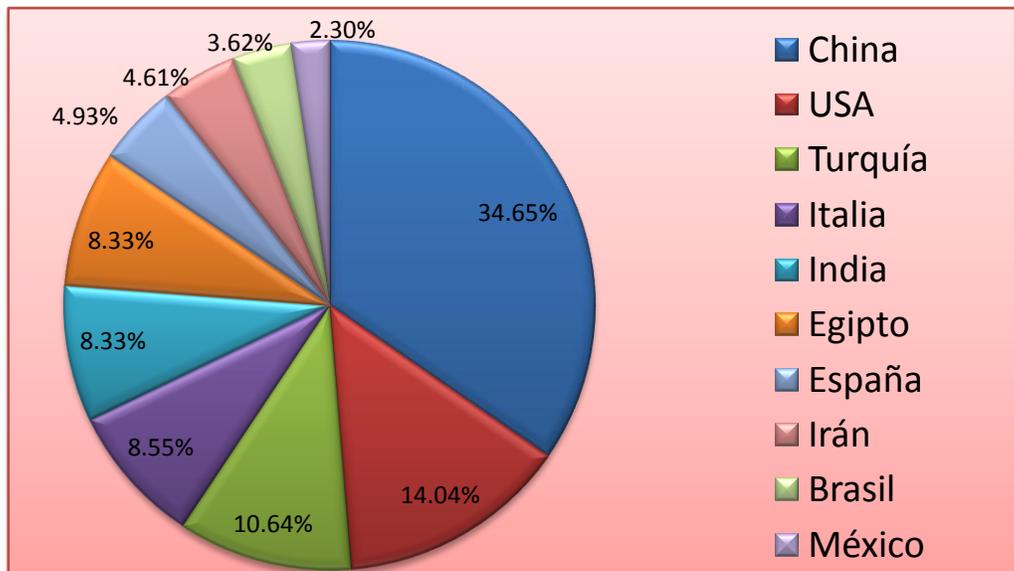


Figura 2. Principales productores de jitomate a nivel mundial.
Fuente: FAO (2005).

La producción mundial de hortalizas y ornamentales bajo invernadero con o sin hidroponía se encuentra en constante expansión. Holanda cuenta con 8,900 has de invernadero, Italia con 25,000; España con 29,000; Estados Unidos con 450 y Canadá con 550 has. Estos países son de los que cuentan con mayor superficie de cultivo bajo invernadero, dedicando una parte importante al cultivo del jitomate (Gil *et al.*, 2003).

La producción de jitomate bajo invernadero es de 300 a 500 ton/ha/año, en función del nivel de tecnificación del invernadero, el cual garantiza que el producto cumpla con los estándares de calidad e inocuidad alimentaria que exigen los mercados internacionales (Muñoz, 2003).

2.2.2. PRODUCCIÓN EN MÉXICO

En la producción nacional, el jitomate es la hortaliza número uno en volumen producido, peso absoluto y relativo en las exportaciones hortícolas y su papel como motor en la introducción del progreso tecnológico en la agricultura mexicana (Figura 3). Las exportaciones han crecido en forma continua durante los 10 últimos años. Este cultivo aporta casi el 16% del valor total de las exportaciones agropecuarias (Gil *et al.*, 2003).

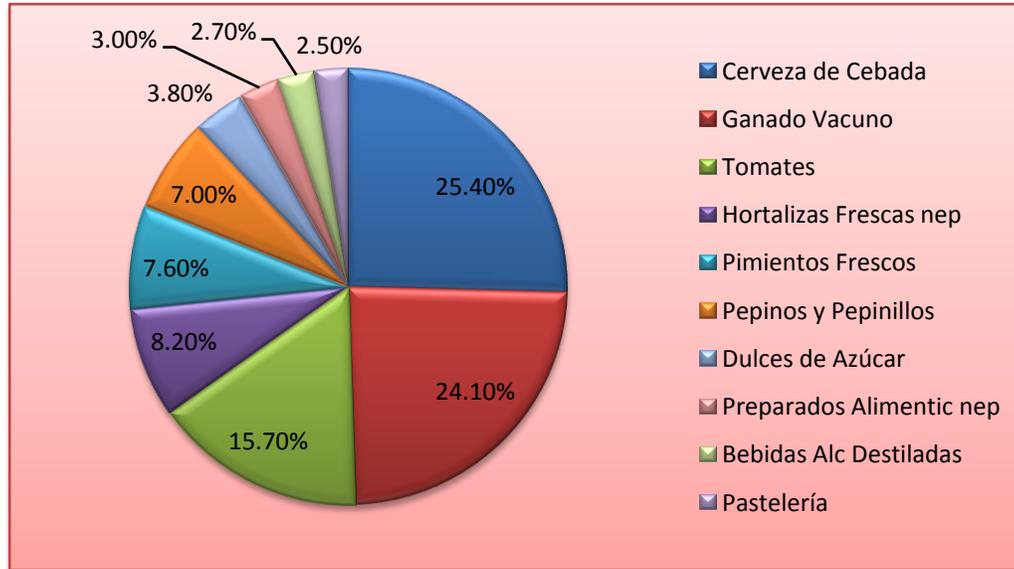


Figura 3. Principales productos de exportación de México
Fuente: FAO (2005).

Entre las hortalizas y frutas exportadas a Estados Unidos que sobresalen por su volumen se encuentran: el jitomate, el pepino, la calabaza y el limón. Estos comprenden más del 90% de las importaciones estadounidenses de cada producto (Carrillo, 2004a).

En la figura 4 se puede ver a México en segundo lugar como principal exportador de jitomate, siendo Estados Unidos su principal destino (FAO, 2005).

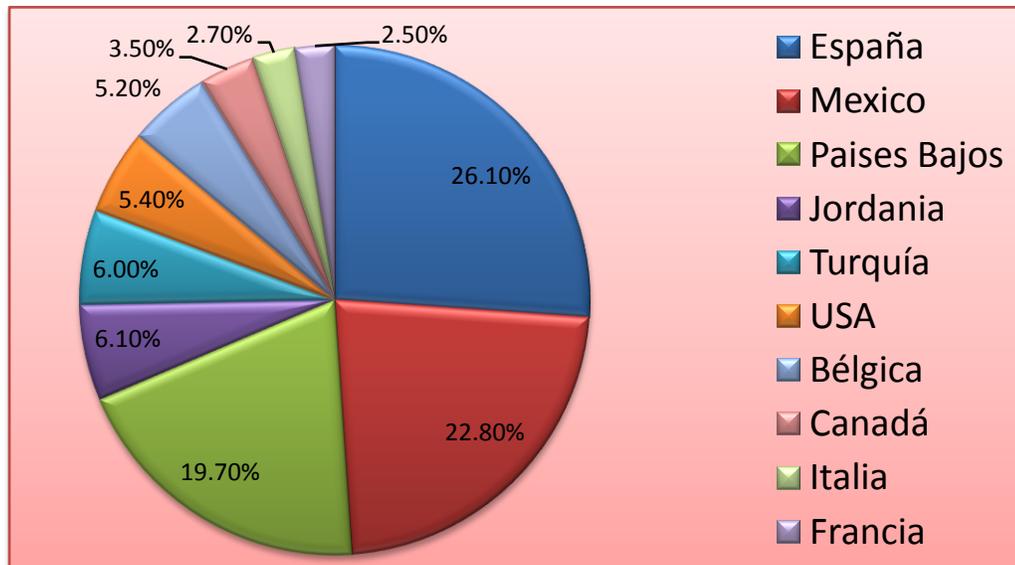


Figura 4. Principales exportadores de jitomate a nivel mundial
Fuente: FAO (2005).



IMPORTANCIA ECONOMICA

El cultivo de jitomate se realiza en 26 estados de la República, los cuales concentran más del 60% de la superficie sembrada y cosechada (Gil *et al.*, 2003); La producción nacional de jitomate ha sostenido algunos altibajos, si bien su tendencia histórica ha sido creciente. Sinaloa se ha consolidado como el mayor productor a nivel nacional. Le siguen en importancia los estados de Nayarit, Baja California Sur, Querétaro y Colima (SIAP, 2008). Lo anterior se observa en la figura 5.

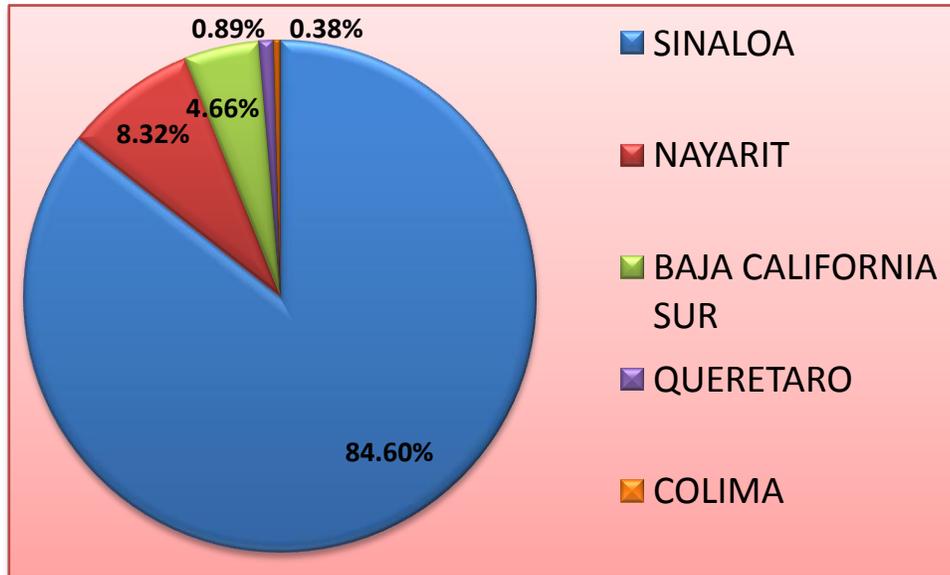


Figura 5. Principales estados productores de jitomate
Fuente: SIAP (2008).

La producción de jitomate en invernadero ha tenido una continua expansión, la cual ha sido influenciada por factores económicos, políticos y ambientales (Martínez, 2000).

En México, el crecimiento de esta modalidad de producción ha crecido de manera muy importante, ya que mientras en 1999 se tenían en producción 721 hectáreas, para el año 2008, la extensión se incrementó a 9,068 hectáreas (ASERCA, 2009).

Los impactos en términos de productividad son muy elocuentes; por ejemplo, en jitomate se obtienen en campo abierto 40 toneladas por hectárea, pero con invernadero la producción se incrementa a 160 toneladas por hectárea; es decir, cuatro veces más que un cultivo a la intemperie (ASERCA, 2009).



IMPORTANCIA ECONOMICA

Si esta misma producción se realiza en invernaderos con tecnología moderada, la producción de jitomate será de 350 toneladas por cada 10 mil metros de terreno (ocho veces más) y en invernaderos con alta tecnología la cosecha será de 500 toneladas; es decir, 12 veces más (ASERCA, 2009). En nuestro país se han identificado 5 regiones en las cuales se practica la producción hidropónica (Escalante, 2000):

- 1ª. Región Noroeste que incluye los estados de Sinaloa, Sonora y Baja California Sur.
- 2ª. Región Morelos que comprende los estados de Morelos y Guerrero
- 3ª. Región Bajío con explotaciones en los estados de Querétaro, Guanajuato y Jalisco.
- 4ª. Región del Estado de México con producción en los municipios de Texcoco y Villa Guerrero.
- 5ª. Región Península de Yucatán con explotaciones hidropónicas en el estado de Yucatán.

La superficie cubierta con invernaderos, sin ser exclusivamente de hidroponía se muestra en la figura 6:



Figura 6. Superficie cubierta con invernaderos en México
Fuente: Gil *et al.* (2003).

A pesar de que en México la demanda interna de este producto prácticamente se abastece con la producción a campo abierto, el mercado hidropónico sigue siendo una opción atractiva que vale la pena intensificar, aunado a que la agricultura a campo abierto conlleva más riesgos y mayor incertidumbre; la crítica situación del agua en nuestro país también exige un sistema que eficiente su uso y la hidroponía constituye una opción viable (Gil *et al.*, 2003).



ASPECTOS FÍSICOS Y QUÍMICOS

2.3. ASPECTOS FÍSICOS Y QUÍMICOS

2.3.1. CLASIFICACIÓN

La clasificación del jitomate es importante y se hace con el objeto de obtener uniformidad. Al clasificar se agrupan los productos de acuerdo con una característica en común (tamaño, color, estado de desarrollo, etc.), esto permite ofrecer al mercado frutos uniformes y con un mayor valor, puesto que los jitomates frescos, de buena calidad y de clasificación uniforme tienen una gran demanda y mejores precios en el mercado (Emilio, 1998; Ocegueda, 2004). Según la norma Codex para el tomate “Codex Stan 293-2008” (Codex Alimentarius, 2008) para el jitomate, este se puede clasificar por tipo, categoría y por calibres (Tabla 3, 4 y 5). La clasificación por calibres no se aplica a los jitomates en racimo y no es obligatoria para los jitomates de la Categoría II.

Tabla 3. Clasificación de jitomate por tipo.

T	Redondos
I	Asurcados
P	Oblongos o alargados
O	Cereza o cóctel (En racimo)

Fuente: Codex Alimentarius (2008).

Tabla 4. Clasificación de jitomate por categorías

CATEGORÍA	CATEGORÍA “EXTRA”	CATEGORÍA I	CATEGORÍA II
DESCRIPCIÓN	<ul style="list-style-type: none"> Pulpa firme Forma, aspecto y desarrollo característicos de la variedad. Uniformes en tamaño. Coloración, según el estado de madurez, Exentos de dorso verde u otros defectos, salvo defectos superficiales muy leves que no afecten al aspecto del producto en el envase. 	<ul style="list-style-type: none"> Pulpa firme Forma, aspecto y desarrollo característicos de la variedad. Uniformes en tamaño Estar exentos de grietas y de dorso verde visible. <p>Podrán permitirse los siguientes defectos :</p> <ul style="list-style-type: none"> Un ligero defecto de forma y desarrollo; Un ligero defecto de coloración; Defectos leves de la piel; Magulladuras muy leves. 	<p>Comprende los jitomates que no pueden clasificarse en las categorías superiores, pero satisfacen los requisitos mínimos</p> <ul style="list-style-type: none"> suficientemente firmes (ligeramente menos firmes que los clasificados en la Categoría I) No deberán presentar grietas sin cicatrizar. <p>Podrán permitirse los siguientes defectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> defectos de forma, desarrollo y coloración; defectos de la piel o magulladuras. grietas cicatrizadas superficiales

Fuente: Codex Alimentarius (2008).



Tabla 5. Clasificación de jitomate por calibres

Código de calibre	Diámetro (mm)
0	≤ 20
1	> 20 ≤ 25
2	> 25 ≤ 30
3	> 30 ≤ 35
4	> 35 ≤ 40
5	> 40 ≤ 47
6	> 47 ≤ 57
7	> 57 ≤ 67
8	> 67 ≤ 82
9	> 82 ≤ 102
10	> 102

Fuente: Codex Alimentarius (2008).

2.3.2. COMPOSICIÓN QUÍMICA Y VALOR NUTRICIONAL

La amplia aceptación y preferencia del jitomate se debe a sus cualidades gustativas, a la posibilidad de su amplio uso en estado fresco, elaborado en múltiples formas y su relativo aporte de vitaminas y minerales (Del Busto *et al.*, 2008).

El valor del jitomate presenta lógicas variaciones debidas al genotipo, suelo, clima y sistema de cultivo. Como referencia en la tabla 6 se muestran sus componentes y las cantidades en 100 g de fruto.

Tabla 6. Composición Química del jitomate rojo, maduro y crudo.

Componente	%
Agua	94.5
Proteína	0.88
Grasa	0.20
Carbohidratos	3.92
Fibra	1.20
Cenizas	0.50

Fuente: USDA (2007).

En realidad, el valor nutritivo del jitomate no es muy elevado. Un estudio realizado por la Universidad de California clasifica al jitomate en el número 16 respecto a la concentración relativa de un grupo de 10 vitaminas, entre los principales cultivos de frutas, hortalizas y



ASPECTOS FÍSICOS Y QUÍMICOS

viandas en Estados Unidos. Sin embargo, pasa a ocupar el primer lugar cuando se analiza la contribución de nutrientes que ofrece en relación con su preferencia y nivel de consumo en ese país (Del Busto *et al.*, 2008).

La importancia del jitomate se basa en su alto contenido de minerales y vitaminas, elementos indispensables para el desarrollo y correcto funcionamiento de los diferentes órganos humanos (Tabla 7). Es considerado como un activador de las secreciones gástricas y un eficaz catalizador del proceso asimilativo (Del Busto *et al.*, 2008).

Tabla 7. Valor nutritivo medio del jitomate por 100 g de producto comestible

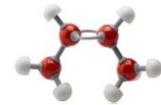
COMPONENTE	VALOR
Residuos (semillas y piel)	6.0%
Materia seca	6.2 g
Energía	20.0 Kcal
Calcio	7.0 mg
Hierro	0.6 mg
Caroteno	0.5 mg
Tiamina	0.06 mg
Riboflavina	0.04 mg
Niacina	0.6 mg
Vitamina C	23.0 mg
VNM (Valor Nutricional Medio)	2.39

Fuente: Del Busto *et al.* (2008).

El jitomate es un alimento poco energético que aporta apenas 20 calorías por 100 gramos. Su componente mayoritario es el agua, seguido de los hidratos de carbono.

Se considera una fruta-hortaliza, ya que su aporte de azúcares simples es superior al de otras verduras, lo que le confiere un ligero sabor dulce.

Es una fuente interesante de fibra, minerales como el potasio y el fósforo, y de vitaminas, entre las que destacan la C, E, provitamina A y vitaminas del grupo B, en especial B1 y niacina o B3. Además, presenta un alto contenido en carotenos como el licopeno, pigmento natural que aporta al jitomate su color rojo característico. El alto contenido en vitaminas C y E y la presencia de carotenos en el jitomate lo convierten en una importante fuente de antioxidantes, sustancias con función protectora de nuestro organismo (EROSKY, 1998).



2.4. CAMBIOS BIOQUÍMICOS Y FISIOLÓGICOS DURANTE LA MADURACIÓN

Según su comportamiento respiratorio durante la maduración, los frutos se clasifican en climatéricos y no climatéricos. Los frutos no climatéricos no manifiestan cambios importantes en la respiración; mientras que los denominados climatéricos como el jitomate, experimentan un incremento característico de la misma. En los frutos climatéricos, la respiración desciende de forma continuada durante el crecimiento y desarrollo para llegar a un mínimo preclimatérico, poco antes del principio de la maduración (Nuez, 2001).

Al iniciarse la maduración, la respiración aumenta hasta alcanzar un máximo llamado pico climatérico para descender posteriormente. Simultáneamente al aumento de la respiración se produce un brusco aumento en la producción de etileno que tiene una profunda influencia en el desarrollo del proceso de maduración (Nuez, 2001).

La teoría de la resistencia organizada explicaba la maduración como la progresiva degradación en la compartimentación celular, gradualmente se han ido acumulando evidencias de que la maduración comprende procesos tanto de síntesis como de degradación. Si bien durante la maduración se produce una degradación de la pared celular y algunos componentes cloroplásticos se desintegran, simultáneamente se produce la formación de cromoplastos (Nuez, 2001), así mismo se lleva a cabo la elaboración de varios pigmentos por lo general caroteno, estos cambios conducen a obtener una máxima calidad organoléptica, estética y nutricional, evaluada ésta en función del sabor, color, textura, aroma, apariencia y nivel nutricional (Lugo, 1980).

Se pueden distinguir tres tipos de madurez, los cuales son: madurez de consumo o gustativa, que es cuando el fruto alcanza sus mejores características organolépticas y es apto para el consumo directo; madurez comercial o de recolección, la fruta puesta a la venta al público debe estar en estado de madurez de consumo, pero para ello debe ser recolectada en un momento anterior; madurez fisiológica, es cuando las semillas están suficientemente desarrolladas para ser viables y germinar (Coletto, 1989).

Durante el proceso de maduración se dan una serie de cambios que conciernen al metabolismo respiratorio, reblandecimiento de los tejidos, destrucción de las clorofilas y síntesis de nuevos pigmentos, acumulación de azúcares y ácidos orgánicos de bajo peso molecular y aumento en la concentración de sustancias volátiles que confieren al fruto un aroma característico (Grierson y Kader, 1986), lo cual se puede observar en la figura 7.

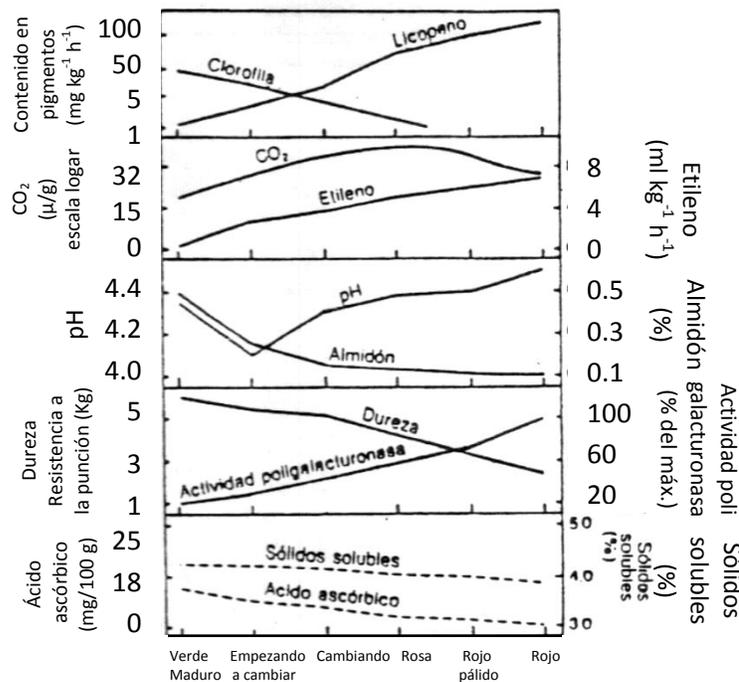
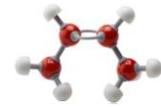


Figura 7. Cambios fisicoquímicos sufridos en el jitomate durante la maduración
Fuente: Rick (1978).

Durante el proceso de maduración el jitomate sufre cambios importantes en cuanto a sus componentes, los cuales se convierten en parámetros responsables de la calidad del fruto. En la tabla 8 se muestra el cambio en la composición de los frutos de jitomate durante la maduración.

2.4.1. PRODUCCIÓN DE ETILENO Y RESPIRACIÓN

El jitomate al ser un fruto climatérico presenta inicialmente una mínima actividad respiratoria, seguido de una súbita elevación de ésta hasta alcanzar un máximo. De esta manera, el patrón climatérico presenta tres fases fisiológicas: preclimaterio, climaterio y posclimaterio (Alba *et al.*, 1994). Al alcanzar el máximo climaterio la producción de CO₂ aumenta hasta aproximadamente 20 μl CO₂ g⁻¹ h⁻¹ que representa el doble del mínimo preclimaterio (Nuez, 2001).

La respiración se ve afectada por la temperatura, entre los 0 y los 35° C la tasa de respiración aumenta de 2 a 3 por cada 10° C; por encima de estos la respiración decrece, a causa de la limitación de oxígeno debido a la reducida solubilidad y lenta difusión de este gas (Alba *et al.*, 1994). En la tabla 9 se muestran los cambios en la tasa respiratoria del jitomate a diferentes temperaturas.

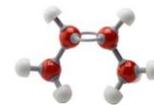


Tabla 8. Cambios en la composición de los frutos de jitomate durante la maduración.

COMPONENTE	VERDE	ROMPIENTE	ROSADO	ROJO	MADURO
Materia seca (%)	6.40	6.20	5.81	5.80	6.20
Acidez Titulable (%)	0.28	0.31	0.29	0.27	0.28
Ácidos Orgánicos (%)	0.06	0.13	0.11	0.17	0.15
Vitamina C (mg)	14.5	17.0	21.0	23.0	22.0
Clorofila (mg)	45.5	25.0	9.0	0.0	0.0
β-Caroteno (mg)	50	242	443	10	0.0
Licopeno (mg)	8.0	124	230	274	412
Azúcares reductores (%)	2.40	2.90	3.10	3.45	3.67
Volátiles (ppv)	17.0	17.90	22.30	24.60	21.20
Aminoácidos (mol)	-----	2358.0	2941.0	941.0	2723.0
Proteínas (mg N / g PS)	9.44	10	10.27	10.27	6.94

Fuente: Alba *et al*, (1994)

Tabla 9. Tasa respiratoria del jitomate en (ml de CO₂/kg/h) a diferentes temperaturas.

Grado de madurez/ Temperaturas	10° C	15° C	20° C	25° C
Verde maduro	6-9	8-14	14-21	18-26
Madurando	7-8	12-15	12-22	15-26

Fuente: Suslow y Cantweel (2001).

Dependiendo la variedad del fruto, una lesión puede estimular la respiración; esto puede deberse a tres razones: la primera es la rápida oxidación de los compuestos fenólicos, la segunda son los procesos normales de glicólisis y catabolismo oxidativo que aumenta conforme la disrupción de la célula, lo cual causa una mayor accesibilidad de los sustratos a la maquinaria enzimática de la respiración y la tercera se refiere a que la consecuencia general de la herida es la reversión de ciertas células al estado meristemático, seguido por la formación de cayo y la “curación” de la herida (Bidwell, 1977).

La producción de etileno se mantiene baja (menos de 0.05 nl g⁻¹ h⁻¹) durante el desarrollo del fruto. Coincidiendo aproximadamente con el inicio de la respiración climatérica, se produce un brusco incremento en la síntesis de etileno (producción autocatalítica), que alcanza un valor máximo de 2-10 nl g⁻¹ h⁻¹, para descender a continuación. El etileno desempeña una



CAMBIOS BIOQUÍMICOS Y FISIOLÓGICOS

papel importante en la iniciación y continuación de la maduración, induciendo un aumento en la respiración climatérica y desencadenando los cambios que desembocarán en la madurez completa (Nuez, 2001).

La síntesis autocatalítica del etileno se inicia en el tejido locular y el gas se difunde a las células adyacentes de la placenta, de la columela y, finalmente, del pericarpo, induciendo de forma progresiva la síntesis del etileno en dichos tejidos cuando el fruto empieza a madurar (Nuez, 2001).

La biosíntesis de etileno en la maduración se produce a partir de la metionina que, mediante la incorporación de adenosina, se transforma en la S-adenosil metionina (SAM), la cual se hidroliza por la acción de la ACC sintetasa para producir 1-aminociclopropano-1-ácido carboxílico (ACC), que por acción de la ACC oxidasa, da lugar al etileno. Al iniciarse la maduración se produce un aumento en la concentración de ACC en los tejidos, que a su vez, induce un incremento en la actividad del enzima ACC oxidasa, iniciándose de este modo la producción autocatalítica de etileno (Nuez, 2001).

El tratamiento con $100\mu\text{l l}^{-1}$ de etileno durante 24-48 h a $20-25^{\circ}\text{C}$ de jitomates totalmente desarrollados es suficiente para inducir la maduración. Ello permite recolectar los jitomates antes de que se inicie la maduración, asegurando unas mejores condiciones de transporte y comercialización (Nuez, 2001).

2.4.2. CAMBIOS EN EL SABOR Y EL AROMA

El sabor del jitomate está determinado principalmente por los niveles de azúcares y ácidos, de manera que al aumentar los niveles de éstos aumenta también el sabor (Nuez, 2001).

Los azúcares constituyen el 65% de los sólidos solubles totales, principalmente azúcares reductores, lo cual equivale del 1.5 al 4.5% del peso fresco (Atherton, 1986). Los azúcares más abundantes son la glucosa y la fructosa, que se encuentran en proporciones similares, mismos que juegan un papel muy importante en el fruto, ya que el contenido de azúcares aumenta progresivamente durante la maduración (Hulme, 1970).

A medida que el fruto madura, se efectúan transformaciones metabólicas, y una de las más importantes en frutas y hortalizas es la degradación de carbohidratos poliméricos; particularmente es la casi total conversión del almidón en azúcares, lo cual se manifiesta en un incremento gradual de sacarosa, glucosa y fructosa (Coletto, 1989).



CAMBIOS BIOQUÍMICOS Y FISIOLÓGICOS

La degradación de los hidratos de carbono poliméricos, especialmente la de las sustancias pécticas y hemicelulosas debilitan las paredes celulares y las fuerzas cohesivas que mantienen unas células unidas con otras. En las etapas iniciales mejora la textura pero finalmente las estructuras vegetales se desintegran (Coletto, 1989).

La acidez es una característica sensorial relacionada con los cambios que sufren los frutos durante la maduración y la senescencia. Prácticamente todos los alimentos contienen un ácido o un conjunto de ácidos y son importantes no solo por su efecto en el sabor, sino por sus efectos en los procesos de industrialización (Nuez, 2001).

Los ácidos orgánicos no volátiles se encuentran entre los primeros constituyentes celulares que sufren cambios durante la maduración de los frutos, ya que pueden ser considerados como una reserva energética más de la fruta, siendo por consiguiente esperar que su contenido decline en el periodo de actividad metabólica máxima. (Alba *et al.*, 1994). La acidez máxima durante la maduración coincide con la aparición del color rosado, descendiendo después progresivamente (Jiménez, 2001).

El ácido predominante es el cítrico, seguido del málico y el ascórbico, la relación entre estos ácidos dependen en gran medida de la variedad, el tipo de cultivo y la cantidad de nutrientes del jitomate (Atherton, 1986).

La fracción volátil del jitomate está constituida por más de 400 sustancias, entre las que se encuentran hidrocarburos, éteres, fenoles, aldehídos, alcoholes, cetonas, esteroides, lactonas, compuestos sulfurados, aminas y una amplia gama de moléculas heterocíclicas (Jiménez, 2001).

La concentración en sustancias volátiles reductoras aumenta durante la maduración del fruto y es superior en los cultivos al aire libre que en los de invernadero. La maduración en la planta es preferible a la maduración posrecolección y el almacenamiento en refrigeración produce frutos con un aroma inferior (Nuez, 2001).

2.4.3. CAMBIOS EN EL COLOR Y LA TEXTURA

Los pigmentos vegetales pueden ser separados en cuatro clases primarias basadas en su química: las clorofilas, carotenoides, flavonoides y betalaínas. Existen pigmentos adicionales, sin embargo estos contribuyen muy poco al color de las plantas (Lehninger, 1977).



CAMBIOS BIOQUÍMICOS Y FISIOLÓGICOS

En la comercialización del jitomate, excluyendo el tamaño de los frutos, el factor determinante en la aceptación es el color; este parámetro es un indicador primario de la madurez y se deriva de pigmentos encontrados en los frutos. En jitomate, su color rojo se debe al resultado del porcentaje de carotenos y carotenol (Gallegos, 2002).

El cambio de color es el síntoma externo más evidente de la maduración y se debe, en primera instancia, a la degradación de la clorofila (desaparición del color verde) y a la síntesis de los pigmentos específicos de la especie (FAO, 2003). A nivel comercial la comparación de color en frutos de jitomate se realiza con cartas que proporcionan una interpretación subjetiva y requieren de la intervención humana (Tabla 10, Figura 8).

Tabla 10. Grados de madurez en frutos de jitomate.

Superficie coloreada en %	Denominación	
	ESPAÑOL	INGLÉS
0	Verde Maduro	Mature green
< 10	Inicio del color o Rompiente	Breaker
10-30	Pintón	Turning
30-60	Naranja o Rosado	Orange
60-90	Rojo firme o Rojo pálido	Red firm
> 90	Rojo o Rojo maduro	Red ripe

Fuente: FAO (2003).

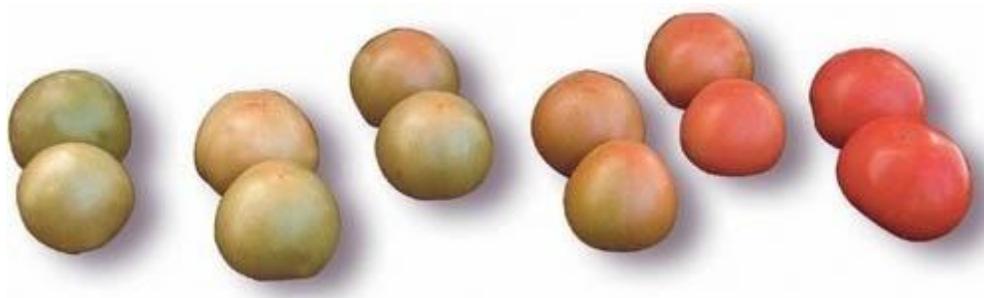
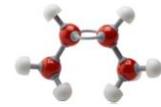


Figura 8. Grados de madurez del jitomate
Fuente: FAO (2003).



Otra Forma de medir el color es por medio de la reflexión de la luz mediante la escala de Hunter (L, a, b) que ha sido utilizada desde 1958 en los estudios que requerían la medida objetiva del color (Gallegos, 2002).

En la mayoría de los frutos el primer signo de maduración es la desaparición del color verde; el color verde de los jitomates se debe a la clorofila. La clorofila empieza a degradarse y se sintetizan pigmentos amarillos, fundamentalmente xantofilas y β -caroteno, que se hacen más aparentes con la progresiva destrucción de la clorofila (Figura 9). Posteriormente, aunque continúa la síntesis de dichos compuestos, el jitomate adquiere una coloración roja debida a la rápida acumulación de licopeno (Nuez, 2001).

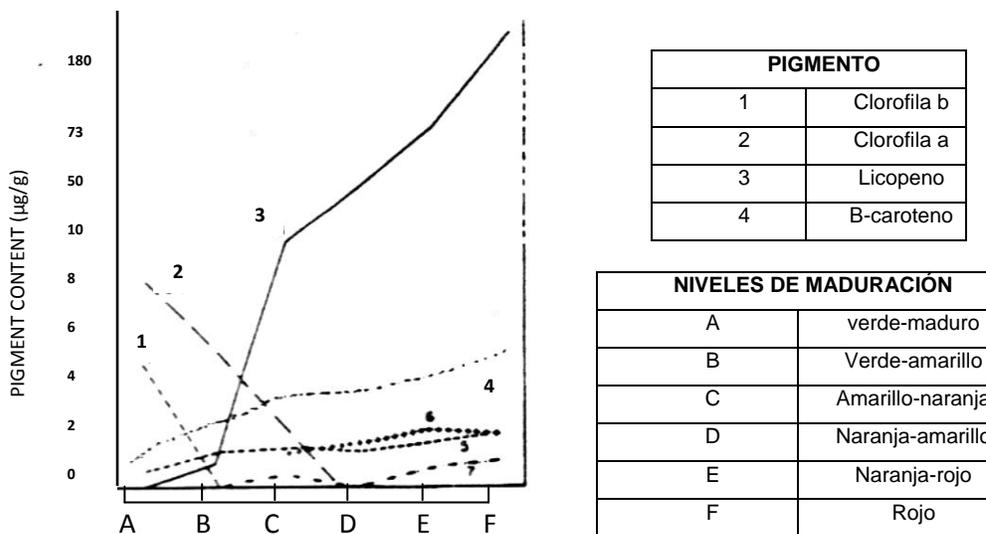
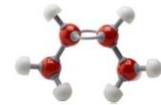


Figura 9. Cambios en la concentración de pigmentos durante la maduración
Fuente: Jiménez (2001)

Los carotenoides son un grupo grande de pigmentos asociados con la clorofila en los cloroplastos y también encontrados en los cromoplastos. Sus colores van de rojo, naranja y amarillo a café (Figura 10). Químicamente los carotenoides son terpenoides compuestos de 8 unidades de isopreno, casi todos están compuestos de 40 átomos de carbono. Se dividen en dos subgrupos: los carotenos y sus derivados oxigenados, denominados xantofilas. Ambos son insolubles en agua (Santos, 1993).

La mayoría de los cambios en los pigmentos se centran alrededor de la degradación de la clorofila con una síntesis concurrente de otros pigmentos o el desenmascaramiento de



pigmentos pre-existentes en el tejido. El desarrollo de la coloración roja en el jitomate es deseable y los factores que más intervienen son la luz y la temperatura (Jiménez, 2001).

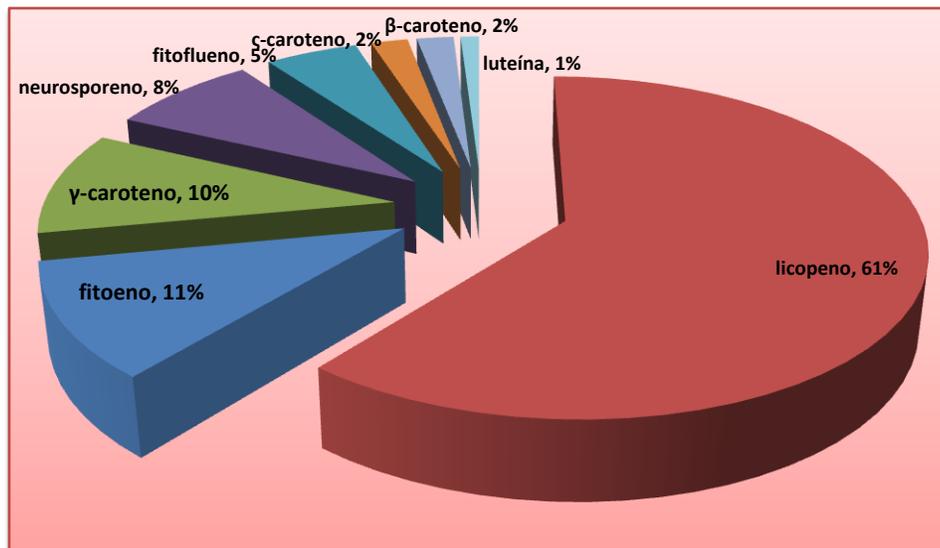


Figura 10. Porcentaje carotenoides en el fruto de jitomate
Fuente: Clinton (1998)

La textura también conocida como consistencia es percibida por el tacto entre los dedos y durante la masticación, en el caso de los frutos del jitomate se desea que permanezcan firmes al alcanzar la coloración de consumo. Esta propiedad resulta por la presencia de estructuras como la pared celular y la presión interna dentro de las células (Ocegueda, 2004).

El ablandamiento de las frutas se debe a la degradación de los polisacáridos presentes en la pared celular, durante la maduración. En muchos casos el ablandamiento se atribuye a las enzimas pectinolíticas. La textura pulposa es el resultado de la ruptura celular, causada por la acción de enzimas que degradan los polisacáridos, principalmente pectinas (Nuez, 2001).

Una cosecha anticipada provoca que los frutos se comporten como frutos no climatéricos y una cosecha avanzada provoca frutos blandos y con una corta vida de anaquel. La humedad relativa existente en el ambiente de almacenamiento constituye un factor a considerar, ya que la pérdida de agua que se produce en el fruto es consecuencia de los factores ambiente, tamaño del fruto, de su madurez, etc. (Nuez, 2001).



CAMBIOS BIOQUÍMICOS Y FISIOLÓGICOS

El ablandamiento del fruto es uno de los cambios más evidentes durante la maduración del jitomate. Este ablandamiento está asociado a profundos cambios estructurales en la pared celular e implica la solubilización de las pectinas. En este proceso se atribuye un papel fundamental a las enzimas pécticas y, en particular a la poligalacturonasa (PG) (Nuez, 2001).

2.4.4. CAMBIOS EN OTROS COMPONENTES

Todas las plantas como cualquier otro organismo necesitan ciertos componentes para su crecimiento además del suelo, sol, lluvia y aire. El componente básico de las células vivientes son las proteínas, con sus unidades básicas, los aminoácidos. Las plantas sintetizan aminoácidos a partir de elementos primarios: el carbono y oxígeno obtenido del aire, hidrógeno del agua en el suelo, formando hidratos de carbono por medio de la fotosíntesis y combinado con el nitrógeno que las plantas obtienen del suelo, conducen la síntesis de aminoácidos por rutas metabólicas (BIODERPAC, 2007).

El contenido en nitrógeno total disminuye desde la formación del fruto hasta el inicio de la madurez, su evolución durante la maduración no parece tan clara. Se ha observado un aumento del nitrógeno (no proteico) soluble en alcohol durante la maduración y se ha encontrado un pequeño aumento en el nitrógeno proteico precediendo al pico climático (Nuez, 2001).

Durante la maduración, los aminoácidos libres totales permanecen relativamente constantes, pero la concentración de ácido glutámico, que es el predominante en el jitomate maduro aumenta de forma acusada mientras el ácido aspártico lo hace en menor proporción (Nuez, 2001).

Parece que la fertilización nitrogenada aumenta el contenido en algunos aminoácidos, particularmente glutámico y aspártico, aunque la información es escasa (Nuez, 2001).

MINERALES. El potasio es el mineral más abundante y el que tiene una mayor influencia en la calidad del fruto, y junto con nitratos y fosfatos, constituye el 93% de las sustancias minerales en el fruto. El 70% del calcio total de la planta es retenido por las hojas, mientras los frutos sólo contienen un 5%. El magnesio se distribuye de manera uniforme en las hojas y frutos y tiene efectos benéficos sobre las alteraciones de la maduración especialmente cuando los niveles de potasio son bajos (Adams *et al.*, 1973).



2.5. PÉRDIDAS POSCOSECHA

Poscosecha o recolección es el periodo que transcurre desde el momento en que los productos son recolectados hasta aquel en el cual son consumidos en estado fresco, preparados o transformados industrialmente. Este periodo depende de varios factores intrínsecos y extrínsecos del producto tales como variedad, estado de desarrollo, grado de madurez al cosechar, comportamiento fisiológico, sanidad, destino final, distancia entre los centros de producción y consumo, medio de transporte, condiciones ambientales, usos y medios de conservación (Emilio, 1998). Las pérdidas en poscosecha de productos hortofrutícolas varían de 10 a 60% en el mundo (Higuera, 1992), en el jitomate el desperdicio en esta etapa es entre el 5 y el 50% (Villarreal, 1982).

El proceso de maduración es el factor principal involucrado, un fruto maduro completamente, tiene una menor vida de anaquel y además, se hace más propenso al ataque de organismos fitopatógenos (Colin, 1983)

Cuando los frutos son cosechados y manejados inadecuadamente o son colocados en contenedores inapropiados, los frutos pueden sufrir heridas, que serán puertas futuras de entrada de microorganismos fitopatógenos. También la presencia de heridas provoca un incremento en la respiración del fruto y con ello se acelera la senescencia del mismo. Los métodos para preservar los frutos son la termoterapia, radiaciones gamma, temperaturas bajas, tratamiento químico, control biológico, atmósferas controladas, principalmente. El modo de acción de estos métodos de control radica en la inactivación de la esporulación y crecimiento del patógeno, así como alterar los mecanismos de resistencia y procesos de senescencia en el hospedante. La práctica más común en el control de enfermedades de productos hortofrutícolas después de la cosecha es la aplicación de productos químicos. Su uso va dirigido a reducir los niveles del inóculo de los hongos contaminantes, erradicar infecciones establecidas desde el campo, suprimir el desarrollo del hongo y reducir la diseminación a frutos sanos (García, 2004).

2.5.1 ENFERMEDADES POR HONGOS

Los jitomates son susceptibles a las alteraciones producidas por prácticas culturales, o por la interacción entre estas prácticas y factores genético ambientales. Estas alteraciones muchas veces aparecen en la etapa de poscosecha y antes o después del proceso de comercialización (Cerdas y Montero, 2002). Las principales enfermedades se describen en la tabla 11:



Tabla 11. Principales enfermedades por hongos en la planta de jitomate

NOMBRE DE LA ENFERMEDAD	AGENTE CAUSAL	SÍNTOMAS
<p>ANTRACNOSIS</p>  <p>Fruto dañado por antracnosis</p>	<p><i>Colletotrichum sp.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Se manifiestan en frutos maduros en forma de manchas circulares acuosas hundidas. ✓ Posteriormente se vuelven más hundidas y se oscurece la sección central. ✓ A medida que el hongo se extiende en el fruto tiene lugar una pudrición semiblanda, hasta producir la pudrición total. ✓ En frutos maduros la lesión se hace visible en 5 a 6 días.
<p>CÁNCER DE TALLO</p>  <p>Fruto con alternaría</p>	<p><i>Alternaria sp.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ En pleno cultivo las lesiones aparecen tanto en hojas como en tallos, frutos y pecíolos. ✓ En la hoja se producen manchas pequeñas circulares con anillos concéntricos marcados. ✓ Los frutos son atacados a partir de las cicatrices del cáliz, provocando lesiones pardo-oscuras ligeramente hundidas y recubiertas de numerosas esporas del hongo.
<p>MOHO GRIS</p>  <p>Moho gris en jitomate</p>	<p><i>Botrytis cinerea</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ En las hojas existen manchas grandes color castaño amarillento, sobre las cuales puede desarrollarse micelio gris oscuro. ✓ En los frutos existe podredumbre acuosa color gris verdosa con abundante fructificación. Presencia de anillos blancos translúcidos (mancha fantasma).



Tabla 11. Principales enfermedades por hongos en la planta de jitomate.

(Continuación)

ENFERMEDAD	AGENTE CAUSAL	SÍNTOMAS
<p>MANCHA GRIS DE LA HOJA</p>  <p>Mancha gris de la hoja.</p>	<p><i>Stemphylium solani</i></p> <p><i>S. lycopersici.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Esta enfermedad afecta al follaje de las plantas. Aparecen motas circulares de color café a negro. ✓ Se desarrolla una mancha gris en el centro rodeada de una aureola amarilla. El centro puede secarse y desprenderse dejando un agujero en la hoja.
<p>FUSARIUM O FUSARIOSIS</p>  <p>Fruto del tomate con manchas circulares.</p>	<p><i>Fusarium oxysporum.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ La diseminación se realiza mediante semillas, viento, labores de suelo, plantas enfermas o herramientas contaminadas. ✓ Los primeros síntomas corresponden a la caída de pecíolos de las hojas superiores. Las hojas inferiores sufren amarillamiento que avanza hacia el ápice y terminan por secarse.
<p>PUDRICIÓN SUAVE MAL OLIENTE</p>  <p>Fruto del tomate que muestra pudrición por <i>Erwinia spp.</i></p>	<p><i>Erwinia spp</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Pudrición interna y suavizamiento de tejidos. ✓ Se producen lesiones oscuras, hundidas y acuosas en los puntos donde otros factores, como daños por insectos han permitido que el agente causal entre en la fruta y la descomponga, con lo cual se forman "bolsas de agua".
<p>CENICILLA POLVORIENTA</p>  <p>Hoja infestada con cenicilla.</p>	<p><i>Leveillula taurica,</i> <i>Erysiphe orontii</i> y <i>Oidium lycopersicum.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Los síntomas son manchas amarillas en el haz que se vuelven necróticas en el centro, observándose un fieltro blanquecino en el envés. ✓ En caso de fuerte ataque la hoja se seca y se desprende.



Tabla 11. Principales enfermedades por hongos en la planta de jitomate.
(Continuación)

ENFERMEDAD	AGENTE CAUSAL	SÍNTOMAS
<p>MARCHITEZ</p>  <p><i>Verticillium</i></p>	<p><i>Verticillium sp.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Los primeros síntomas son parches amarillos en las hojas inferiores, venas color café y por último manchas secas color café. ✓ La enfermedad progresa hacia los tallos, con lo que sólo las hojas superiores permanecen verdes. ✓ Los frutos se mantienen pequeños, desarrollan hombros amarillos y pueden sufrir quemaduras de sol por la pérdida de hojas.
<p>TIZÓN TARDÍO</p>  <p>Tizón Tardío</p>	<p><i>Phytophthora infestans</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ El primer síntoma es el doblamiento hacia abajo del pecíolo de las hojas infectadas. ✓ En los frutos al caer las esporas del hongo en los hombros del mismo. ✓ Las lesiones en el fruto tienen un aspecto grasoso, presentan ligeras deformaciones y manchas de color pardo ("café") de consistencia firme.
<p>TIZÓN TEMPRANO</p>  <p>Tizón Temprano</p>	<p><i>Alternaria solani</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Aparece en el follaje más viejo. Las manchas se agrandan y destruyen las hojas, exponiendo el fruto al sol. ✓ El fruto infectado tiene consistencia de cuero y se cubre de esporas negras, principalmente cuando están maduros, desarrollan una pudrición oscura (manchas oscuras, cóncavas, deprimidas) a partir de la región del pedúnculo ("pezón"). Esta lesión presenta anillos en el centro.

Información obtenida de: Productores de hortalizas (2006); Cerdas y Montero (2002); Mitidieri y Polack (2005).



2.6. TIPOS DE CULTIVO

2.6.1. EL CULTIVO DEL JITOMATE

El jitomate es una planta que se adapta bien a una gran variedad de climas, con la sola excepción de aquellos en que se producen heladas. Los vientos fuertes dañan considerablemente la planta, así como factores climatológicos que ejercen influencia sobre el cultivo como la temperatura, humedad y luminosidad (Villarreal, 1982).

Es una planta de clima cálido pero se adapta muy bien a climas templados; por lo que se puede sembrar en gran parte del territorio. Este cultivo se puede sembrar todo el año, pero los problemas cambian según la época. En el período de lluvias la incidencia de enfermedades es mayor mientras que durante la época seca las plagas son el mayor problema (Corpeño, 2004).

2.6.1.1 ETAPAS DE CULTIVO DEL JITOMATE

El jitomate tiene cuatro etapas importantes en su cultivo las cuales se describen en la tabla 12 (SRA, 2005).

Tabla 12. Características de las etapas de cultivo en el jitomate.

ETAPA DE CULTIVO	CARACTERÍSTICAS
SIEMBRA O ALMÁCIGO 	<ul style="list-style-type: none">✓ El almácigo es un pequeño espacio en el que se ponen a germinar las semillas, se cuida que las condiciones sean las mejores para el buen crecimiento.✓ La mejor temperatura para la germinación del jitomate es de 22 a 24° C, temperaturas más altas o más bajas producen un bajo porcentaje de germinación.
CRECIMIENTO VEGETATIVO 	<ul style="list-style-type: none">✓ Incluye 3 etapas de desarrollo temprano:<ul style="list-style-type: none">✓ Germinación: una semana de la sembradura.✓ Post-aparición: tarda generalmente de 5 a 12 días.✓ Trasplante: se debe hacer entre los 12 y los 14 días después de la sembradura.✓ A los 15 ó 20 días del trasplante se podan las plantas, para mejorar la aireación del cuello, controlar el excesivo crecimiento del follaje y favorecer las flores y frutos en crecimiento.



Tabla 12. Características de las etapas de cultivo en el jitomate.

(Continuación)

ETAPA DE CULTIVO	CARACTERÍSTICAS
<p>FLORACIÓN</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ El primer racimo de flores de una planta sana será el mejor, ya que no competirá con otros frutos de la planta. ✓ La fotosíntesis es el proceso mediante el cual las plantas transforman las sustancias que toman sus raíces en alimento, pero para ello necesitan la luz del sol. Si disminuye la fotosíntesis, la producción de azúcares disminuirá y esto repercutirá en la calidad del fruto. ✓ La polinización se realiza con abejas o abejorros o por corrientes de aire. ✓ El polen fertiliza los óvulos de la flor y cada óvulo fertilizado dentro de la flor producirá una semilla y las semillas determinan el tamaño del fruto.
<p>FRUCTIFICACIÓN.</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Generalmente el primer fruto es bastante grande y se le conoce como fruto rey. ✓ Este fruto debe ser retirado ya que compite con todos los demás. ✓ Cuando los frutos alcanzan el estado de madurez estando verdes, detienen la importación de fotosintatos, esto pasa como 10 días antes de que cambien su color a anaranjado.

Fuente: SRA (2005)

La temperatura influye en todas las funciones vitales de la planta, como es la transpiración, fotosíntesis, germinación, síntesis de almidón, respiración, asimilación de fotosintatos, etc. (Rodríguez *et al.*, 1984). La temperatura óptima según el ciclo de vida del jitomate se puede ver en la tabla 13:



Tabla 13. Temperatura óptima según el ciclo de vida del jitomate.

TOMATE			En vegetación	En floración	En maduración	En suelo
Se huela			0° C			
Paraliza desarrollo	Día	Por debajo de	11°-12°	12 - 13°	15°	10 - 12°
		Por encima de	35°-40°	32 - 35°	30°	34°
	Noche	Por debajo de	11°-12°			
Desarrollo óptimo	Día		18°-25°	21°-24°	20°-25°	20-25°
	Noche		15°-18°		>14°	
Humedad relativa			50-70 %	<30% caídas flores >80% mala fecundación		

Fuente: ITGA (2003).

Durante la maduración, la temperatura también influye en la síntesis de pigmentos, así una pigmentación no uniforme puede ser ocasionada por el efecto de la temperatura (Ocegueda, 2004).

La humedad influye en el crecimiento de los tejidos, transpiración, fecundación de las flores y desarrollo de enfermedades. En el cultivo de jitomate la humedad relativa del aire no debe superar el 50%, debido a que valores superiores favorecen el desarrollo de enfermedades (Maroto, 1983).

Por otro lado, en condiciones de baja humedad relativa, la tasa de transpiración crece, lo que puede acarrear estrés hídrico, cierre estomático y reducción de fotosíntesis (Nuez, 2001).

El factor que más afecta el desarrollo vegetativo, es la iluminación diaria total. El valor mínimo, para floración y cuajado, se sitúa en torno a los 235 W h/m² de radiación total diaria. La calidad de la luz y el fotoperiodo, son secundarios, aunque le afecta desfavorablemente que sea inferior a 12 horas (ITGA, 2003).

La densidad de plantación, debe optimizar la intercepción de la radiación por el cultivo, ya que la reducción de la radiación implica una reducción lineal de cosecha. Con baja iluminación, la polinización será insuficiente y el tamaño del fruto, menor (ITGA, 2003).

Actualmente el 80% del cultivo de jitomate se realiza en suelo y el restante bajo condiciones de invernadero con o sin hidroponía, por lo que a continuación se expondrán las características de estos tipos de cultivo.



Figura 11. Cultivo de jitomate en suelo, en campo abierto.

2.6.2. CULTIVO EN SUELO

Las plantas en su ambiente natural tienen que vivir, sin casi ninguna excepción en asociación con el suelo, una asociación conocida como relación suelo-planta. El suelo provee cuatro necesidades básicas de las plantas: agua, nutrientes, oxígeno y soporte (Figura 11).

Se considera que un suelo ideal debe tener las siguientes condiciones: 45% de minerales, 5% de materia orgánica, 25% de agua y 25% de aire o espacio poroso. El tipo y la cantidad relativa de minerales, más los constituyentes orgánicos del suelo, determinan las propiedades químicas del suelo (Corpeño, 2004).

Los suelos aptos para cultivar jitomate son los de media a mucha fertilidad, profundos y bien drenados, pudiendo ser franco-arenosos, arcillo-arenosos y orgánicos. El pH del suelo tiene que estar dentro de un rango de 5.9-6.5, para tener el mejor aprovechamiento de los fertilizantes que se apliquen (Corpeño, 2004).

Contar con un buen análisis de suelos antes de la siembra, es una condición indispensable para poder manejar un plan de fertilización adecuado a los rendimientos esperados; además nos sirve para hacer alguna enmienda en el suelo; es decir, hacer las aplicaciones de cal o materia orgánica, necesarias para tener las condiciones requeridas para un desarrollo normal del cultivo (Corpeño, 2004).

2.6.2.1. LABORES DE CULTIVO

El suelo se debe preparar unos 30 días antes del trasplante, para poder sembrar la barrera vegetal, y así lograr que ésta pueda tener un tamaño adecuado para cuando se trasplante el jitomate y algunas de las labores de cultivo son las siguientes (Corpeño, 2004):



SUBSOLADO. El subsolado se hace con maquinaria agrícola pesada que pueda penetrar los cincelos a por lo menos a una profundidad de 60 cm (Figura 12). El propósito es precisamente eliminar el compactamiento existente en el suelo.

Figura 12. Labor de sub-solado



Figura 13. Arado en el campo

ARADO. Consiste en voltear la parte superficial del suelo a profundidades que varían hasta los 45 cm. (Figura 13), esta ayuda a incorporar rastrojos de cultivos anteriores, se destruye malezas, se exponen plagas de suelo a los rayos solares.



Figura 14. Máquina para realizar el rastreo

RASTREO. Esta práctica persigue pulverizar los terrones que han quedado después de la aradura (Figura 14), ésta debe realizarse cuando el suelo tenga la suficiente humedad que permita que los terrones se desmenucen.



Figura 15. Camas para la siembra de jitomate

ENCAMADO. Es la última práctica de la preparación de suelo y consiste en formar la cama donde se trasplantará el jitomate (Figura 15). El objetivo es levantar las camas por lo menos de 25 a 40 cm, para mejorar el drenaje y la aireación así el suelo estará suelto para que las raíces se desarrollen mejor.



Figura 16. Cultivo hidropónico de jitomate

2.6.3. CULTIVO EN HIDROPONÍA

El término hidroponía deriva de los vocablos griegos “hydro” que significa agua y “ponos” equivalente a trabajo o actividad por lo que se traduce como “trabajo del agua” o “actividad del agua” (Sánchez y Escalante, 1999).

Se puede definir como un sistema de producción en el que las raíces de las plantas se riegan con una mezcla de elementos nutritivos esenciales disueltos en agua y en el que en vez de suelo, se utiliza como sustrato un material inerte, o simplemente la misma solución (Figura 16) (Sánchez y Escalante, 1999).

El trabajo hidropónico puede abarcar varios niveles, desde cultivos muy baratos, convenientes para personas de escasos recursos como indígenas y personas de la tercera



edad, hasta personas con niveles de producción a mediana y gran escala que pueden llegar a producir más con esta técnica que con los procedimientos tradicionales (SRA, 2005).

2.6.3.1. TÉCNICAS DE CULTIVO EN HIDROPONÍA

De lo que trata la hidroponía es que tengamos el mayor control posible sobre el desarrollo de las plantas. Por lo cual, hay tres sistemas o técnicas que se pueden utilizar, las cuales se describen a continuación:



Figura 17. Sistema NTF para el cultivo directo en agua

EL CULTIVO DIRECTO EN AGUA: las plantas viven directamente en el agua, en la que se han disuelto los nutrientes, que están en contacto con las raíces de la planta. (Figura 17). El más conocido es el sistema NTF en la que el agua circula por tubos de PVC, a los que previamente se les hizo un orificio en la parte superior para colocar la planta (SRA, 2005).



Figura 18. Uso de Arena de río como sustrato para el cultivo de

EL CULTIVO CON SUSTRATO: las plantas crecen en un material sólido, inerte y libre de nutrientes que es el sustrato. Este sustrato ayuda a fijar a la raíz de la planta sirviéndole de sostén (Figura 18). Los nutrientes son disueltos en el agua, que al circular por el sustrato, está en contacto con las raíces de las plantas (SRA, 2005).



Figura 19. Panel para el cultivo de plantas en aeroponía

AEROPONÍA: Es una técnica especial en donde las raíces están suspendidas en el aire, dentro de un panel oscuro mientras que la parte aérea de la planta está sostenida en un recipiente o maceta (Figura 19). Las raíces suspendidas son regadas con solución nutritiva por medio de nebulizadores de manera intermitente, controlado por un cronómetro (ISSSTE, 2007).

2.6.3.2. COMPONENTES DE UN SISTEMA HIDROPÓNICO

2.6.3.2.1. SOLUCIÓN NUTRITIVA

Se define como el conjunto de elementos nutritivos requeridos por las plantas, disueltos en agua. Se ha probado que los siguientes elementos son esenciales para el crecimiento y



Tipos de cultivo

desarrollo de las plantas; carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, azufre, magnesio, hierro, manganeso, boro, cobre, zinc y molibdeno. Existen evidencias de que el aluminio, el cloro, el galio y el silicio tienen marcada importancia en el crecimiento de ciertas especies vegetales (Sánchez y Escalante, 1999).

Se ha llegado a concluir que no existe una solución teórica ideal para un cultivo en particular y que la concentración óptima de elementos nutritivos para una especie vegetal en particular depende de un conjunto de factores, entre los que destacan: la parte de la planta que se va a cosechar, la estación del año, el clima, la calidad del agua y el estado de desarrollo de la planta (Sánchez y Escalante, 1999).

Si bien la cantidad o la concentración de un elemento no es adecuada, se presentarán síntomas de deficiencia o de exceso en las plantas, mismos que bajo cultivo en hidroponía pueden ser fácilmente corregidos adecuando las cantidades o las proporciones que el cultivo demande (Sánchez y Escalante, 1999).

2.6.3.2.2. EL SUSTRATO

Para la producción de plantas en sistema hidropónico, se puede usar cualquier tipo de contenedor siempre y cuando tenga suficiente espacio para el desarrollo radicular de las plantas y buen drenaje. Un criterio que no se debe perder de vista es que deben ser económicos para disminuir el costo de producción (Gil *et al.*, 2003). En cuanto a los sustratos se puede decir que las características más importantes se enlistan en la tabla 14:

Tabla 14. Características importantes de un sustrato hidropónico

1. Que permitan suficiente desarrollo radicular	2. Libre de plagas, enfermedades y malezas
3. Buena textura	4. Libre de sustancias tóxicas
5. Buena aireación	6. Fácil disponibilidad
7. Buena retención de humedad	8. Bajo costo
9. Densidad adecuada	10. Alta capacidad amortiguadora
11. Baja o nula capacidad de intercambio catiónico	12. Baja en sales solubles

Fuente: Gil *et al.* (2003)



Ningún sustrato posee todas las características ideales, no obstante, se debe elegir el sustrato que cumpla con el mayor número de características mencionadas anteriormente. Entre los materiales que se pueden utilizar como sustratos están la grava y la arena de tezontle, arena de mina, arena de río, arena de mar, piedra pómez o tepojal, tepetate molido, turba de musgo o Peat moss, vermiculita, perlita o agrolita, lana de roca, fibra molida de coco, cascarilla de arroz, rastrojo de trigo y bagazo de caña (Gil *et al.*, 2003).

2.6.4. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL CULTIVO EN SUELO Y EN HIDROPONÍA

Tabla 15. Ventajas y desventajas de los cultivos en suelo y los cultivos hidropónicos.

PRÁCTICA DE CULTIVO	SUELO	HIDROPONÍA
ESTERILIZACIÓN DEL MEDIO	Vapor, fumigantes químicos, trabajo intensivo, proceso largo.	Hipoclorito cálcico, el tiempo para la esterilización es rápido.
NUTRICIÓN VEGETAL	Muy variable, suelen aparecer diferencias localizadas, los nutrientes a veces no son aprovechados por las plantas.	Control completo, estable, homogéneo, buen control de pH, fácil ajuste.
NÚMERO DE PLANTAS	Limitado por la nutrición que puede proporcionar el suelo y la disponibilidad de luz.	Limitado por la luz.
PREPARACIÓN DEL SUELO	Barbecho, rastreo, cruza, surcado, encamado.	No existe preparación del suelo.
CONTROL DE MALAS HIERBAS	Gasto en herbicidas y labores culturales.	No existe.
ENFERMEDADES Y PARÁSITOS	Numerosas debido al contacto con el suelo, nematodos insectos.	Se disminuyen, ya que no existe contacto con el suelo, además es un área cerrada.
CALIDAD DEL FRUTO	El fruto es blanco, debido a la deficiencia en Ca y K, dando lugar a una escasa conservación.	El fruto es firme, lo que permite mayor conservación y facilitando el traslado aún a zonas distantes.
DRENAJE	El suelo presenta apelmazamientos o bloques.	El material usado como sustrato se desintegra dando una buena aireación.



Tabla 15. Ventajas y desventajas de los cultivos en suelo y los cultivos hidropónicos.

(Continuación)

PRÁCTICA DE CULTIVO	SUELO	HIDROPONÍA
AGUA	Las plantas están sujetas a la disponibilidad del agua, el suelo tiene una capacidad baja de retención de agua debido a la evaporación en la superficie. No se pueden utilizar aguas salinas.	El automatismo es completo con el uso de un detector de humedad. Pueden utilizarse aguas salinas, existe un apropiado uso del agua y se evita la evaporación. Se requiere un abastecimiento de agua continua.
FERTILIZANTES	Se aplican a boleto sobre el suelo, utilizando grandes cantidades, sin ser uniforme su distribución, se tienen grandes pérdidas por lavado.	Se utilizan pequeñas cantidades, que al estar disueltas en agua permiten su absorción fácilmente.
DEFICIENCIA O EXCESO DE NUTRIMENTOS	Una deficiencia nutricional o el efecto tóxico de algún nutrimento dura meses o años.	Se soluciona fácilmente, ya que solamente se ajusta la solución nutritiva.
FENÓMENOS METEOROLÓGICOS	Las cosechas son dañadas o destruidas por los fenómenos meteorológicos.	Se pueden proteger con invernaderos, adecuando este a la zona productora.
COSECHAS AL AÑO	Depende de la disponibilidad de agua, así como de clima.	Se acondicionan los invernaderos de manera que se pueda aprovechar todo el año.
SUSTRATOS	Tierra.	Posibilidad de usar diversos sustratos que son abundantes y económicos.
MANO DE OBRA	Se debe tener conocimientos.	Se requiere tener un conocimiento técnico, combinado con la comprensión fisiológica vegetal de las plantas, al igual que de química inorgánica.



Tabla 15. Ventajas y desventajas de los cultivos en suelo y los cultivos hidropónicos.
(Continuación)

PRÁCTICA DE CULTIVO	SUELO	HIDROPONÍA
GASTOS	El gasto es considerable si se renta maquinaria para hacer la preparación del suelo, de lo contrario se requiere una ardua labor.	El costo inicial es muy alto, haciendo que en las primeras cosechas no se tengan muy altos rendimientos.
DIFUSIÓN	Generalmente se enseña por herencia.	No existe una amplia difusión sobre el tema, además no hay apoyo económico para las personas que deseen realizarlo. Problemas potenciales de comercialización.

FUENTE: ISSSTE (2007) y Sánchez y Escalante (1999).

La hidroponía es una técnica de producción de plantas que por sus ventajas técnicas y económicas, paulatinamente ha venido despertando interés en investigadores agrícolas del país, así como en productores empresariales que cuentan con dinero para invertir. Aunque este desarrollo es positivo se debe incrementar la investigación aplicada para las condiciones ecológicas y socioeconómicas del país, enfatizando la búsqueda de sistemas hidropónicos más fáciles de manejar técnicamente y esto deberá estar apoyado principalmente por créditos preferenciales, suficientes y oportunos, por asesoría técnica calificada y permanente, y el establecimiento de precios de garantía favorables para los productores (Sánchez y Escalante, 1999)

2.7. EMPACADO

El empaque es un sistema coordinado mediante el cual los productos producidos o cosechados son acomodados dentro de un empaque para su traslado del sitio de producción al sitio de consumo sin que sufran daño. El objetivo es lograr un vínculo comercial permanente entre un producto y un consumidor. Ese vínculo debe ser beneficioso para el consumidor y el productor. Utilizando un empaque apropiado que proteja a los productos frescos de factores ambientales, como radiación solar, humedad relativa y temperatura puede prevenir algunas magulladuras o raspaduras y reducir las pérdidas de peso; igualmente permite conservar los productos limpios y sanos (Núñez, 2008).



Tipos de empaque

El empaque presenta dos aspectos, por una parte está su diseño estructural (la construcción técnica de la envoltura, desde el punto de vista funcional) y por otra, el diseño gráfico o visual (la apariencia del empaque y su valor promocional) (FIDE, 2007).

El principal objetivo del empaque de alimentos es proteger los productos del daño mecánico, de la contaminación química y microbiana, del oxígeno, el vapor de agua y la luz, en algunos casos. El tipo de empaque utilizado para este fin juega un papel importante en la vida del producto, brindando una barrera simple a la influencia de factores, tanto internos como externos (FIDE, 2007).

Empacar vegetales y frutas frescas es uno de los pasos más importantes en el recorrido hasta el consumidor. Las bolsas, embalajes, canastas y cajas son recipientes convenientes para manejar, transportar y comerciar con producto fresco. Existen innumerables tipos de empaque y el número continúa creciendo debido a nuevos conceptos y materiales de empaque. Ambos van de la mano, pues una buena envoltura armoniza los dos (FIDE, 2007).

Cada empaque debe satisfacer cuatro funciones básicas, las primeras tres tienen que ver con el diseño estructural, mientras que la última responde al aspecto gráfico, las cuales se pueden observar en la tabla 16.

Tabla 16. Funciones básicas que deben satisfacer los empaques.

C A R A C T E R I S T I C A S	FUNCIÓN BÁSICA			
	Contener cierta cantidad de producto	Proteger el producto	Facilitar la manipulación del producto	Promover las ventas del producto
	<ul style="list-style-type: none"> • Abarcar una cantidad específica del producto. • Ajustado. • Con el menor espacio vacío posible. 	<ul style="list-style-type: none"> • Debe proteger su contenido de la putrefacción, rotura, humedad y robos. • Suficientemente fuerte y duradera para proteger el producto con un margen razonable de seguridad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Minimizar el costo de transporte y distribución. • Planeado de tal forma que cada parte del empaque sea fácil de manipular en el mercado meta. 	<ul style="list-style-type: none"> • La envoltura debe promover las ventas del producto • Veracidad de toda la información en la etiqueta. • Atraer a los consumidores desde la primera vez que lo vean.

Fuente: FIDE (2007).



Tipos de empaque

Contener el producto es la función primaria del empaque, permite mantenerlo confinado y transportarlo desde el punto de producción hasta el sitio de consumo. Sin embargo, existen otras funciones importantes a considerar como las siguientes (FIDE, 2007):

- Reciclabilidad y Biodegradabilidad. Muchos mercados de exportación e incluso los nuestros, tienen restricciones para la eliminación del empaque, por lo que, en un futuro próximo, casi todos deben ser reciclables, biodegradables o ambos.
- Variedad. La tendencia del mercado implica el uso de paquetes de gran volumen para procesadores y compradores al por mayor y paquetes menores para consumidores.
- La Vida de Estante. El empaque de este tipo de productos puede lograr extender la vida de estante y reducir las pérdidas.

2.7.1. CLASIFICACIÓN DE ENVASES PARA COMERCIALIZACIÓN EN FRESCO

Los envases se clasifican por tipo de material y permeabilidad según Núñez (2008):

2.7.1.1. CLASIFICACIÓN POR EL TIPO DE MATERIAL:

- Rígidos (latas, papel, cartón, vidrio y plástico)
- Flexibles (plásticos y hoja de aluminio).

2.7.1.2. CLASIFICACIÓN POR PERMEABILIDAD:

- IMPERMEABLES: Latas de atún
- SEMIPERMEABLES: Bolsas de plástico perforada
- PERMEABLE: Bolsas de papel y malla

2.7.2. EMPAQUES UTILIZADOS EN ALIMENTOS

Los compradores de producto no son un grupo homogéneo, ya que los compradores para las cadenas de tienda tienen necesidades diferentes que los compradores para el servicio alimentario o la agroindustria. Para los artículos de tienda normalmente vendidos en volumen, los procesadores requieren paquetes más grandes para minimizar el tiempo de desembalar y reducir el costo de manejar o disponer de los empaques usados. Los gerentes de mercadeo, por otra parte, quieren que estos sean personalizados y que su alta calidad de gráficas atraiga compradores en las exhibiciones. La selección del empaque adecuado para el producto fresco no debe ser una materia de elección personal del empacador. Para cada mercancía, el mercado tiene normas, no oficiales pero rígidas, para el empaque (FIDE, 2007).

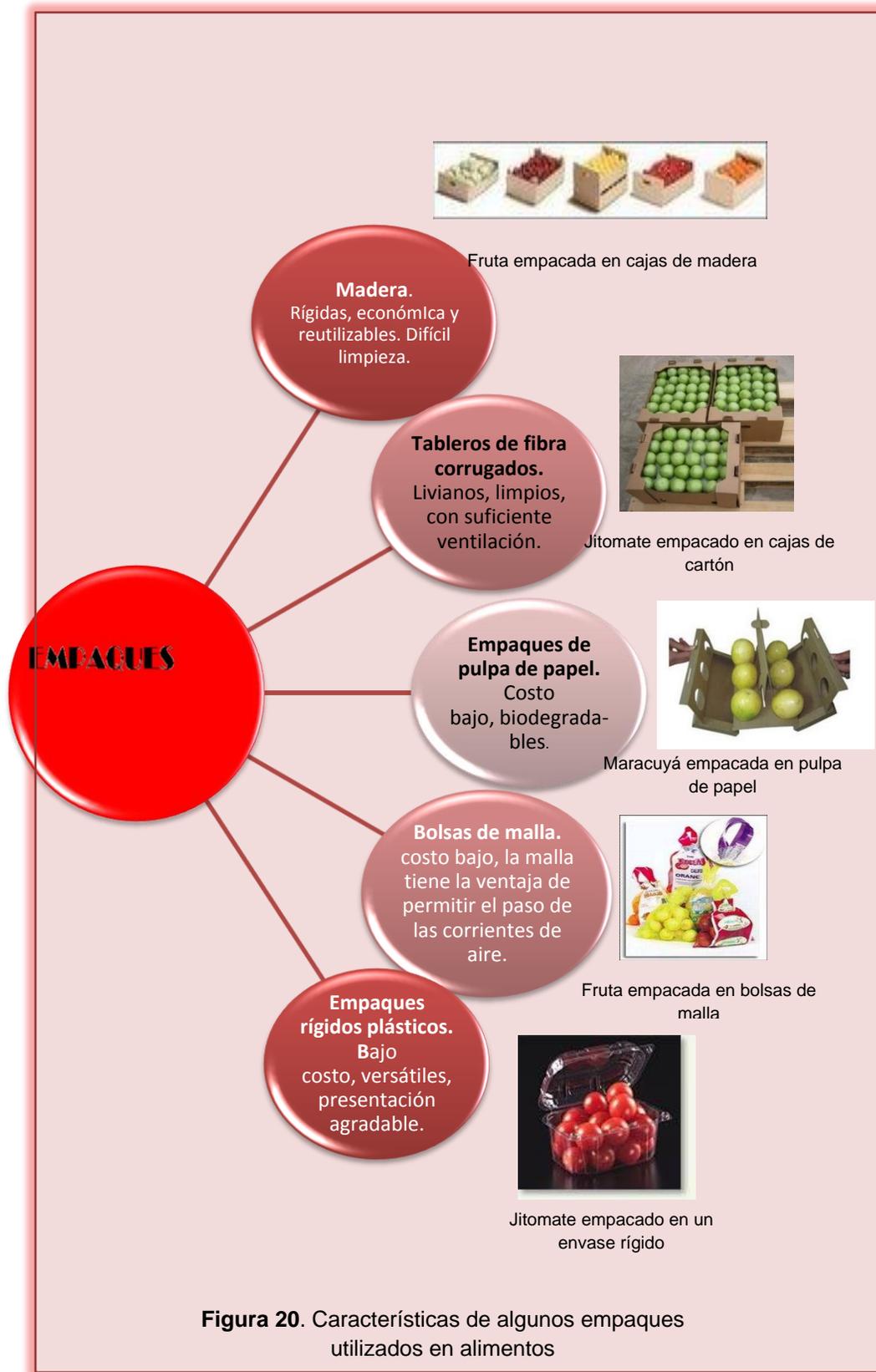


Figura 20. Características de algunos empaques utilizados en alimentos

Fuente: FIDE (2007)



2.7.2.1. EMPAQUES RÍGIDOS PLÁSTICOS

Los empaques con tapa y fondo formados por uno o dos pedazos de plástico son conocidos como celdas de almeja. Este tipo de empaques ganan popularidad (Figura 21). Ventajas: son de bajo costo, versátiles, brindan protección óptima al producto y su presentación es muy agradable. No son de uso en nuestro mercado común, pero se emplean en productos de alto valor comercial, como algunas frutas pequeñas, bayas, setas o artículos que se dañan fácilmente al ser aplastados, como en productos precocidos y ensaladas (FIDE, 2007).

Los plásticos constituyen la mayoría de los polímeros fabricados mundialmente. Ej. polietileno, polipropileno, poliestireno, etc., actualmente también se incluyen los envases biodegradables fabricados con materiales reciclables (FIDE, 2007).



Figura 21. Jitomate empacado en un envase rígido

2.7.2.1.1. ENVASES BIODEGRADABLES

La biodegradabilidad es la degradación de sustratos complejos por parte de microorganismos siguiendo vías metabólicas catalizadas por enzimas segregadas por estos últimos, para obtener sustancias sencillas, básicamente agua, dióxido de carbono y biomasa, fácilmente asimilables por el medio ambiente.

La velocidad de la biodegradación depende de la flora microbiana, temperatura, la humedad y la presencia de oxígeno. Los microorganismos no segregan enzimas capaces de romper las uniones químicas de las macromoléculas poliméricas que constituyen los plásticos sintéticos commodities más usados comúnmente (en su mayoría derivados del petróleo), como polietileno (PE), polipropileno (PP), policloruro de vinilo (PVC), polietilentereftalato (PET), poliamidas (PA), poliestireno (PS), poliuretanos (PU), etc., por lo que estos materiales, de gran uso en la vida moderna, no son biodegradables (Fernández y Ariosti, 2006).



Tipos de empaque

Se definen como bioplásticos a aquellos materiales fabricados a partir de recursos renovables (por ejemplo, almidón, celulosa, melazas, etc.) y también a los sintéticos fabricados a partir de petróleo que son biodegradables (por ejemplo, la policaprolactona). Esta clasificación incluye las mezclas de ambos tipos, tal como las de almidón y policaprolactona, ya comercializadas en el primer mundo (Fernández y Ariosti, 2006).

2.7.2.1.1.1. PLÁSTICO POLILÁCTICO (PLA)

Fabricado 100% de recursos renovables –maíz– el PLA se ve y se siente como cualquier plástico tradicional para empaque, pero para su producción requiere de menor cantidad de combustibles fósiles y produce una menor cantidad de gases de invernadero. El PLA es un polímero que ha demostrado ser biodegradable, similar al papel, bajo condiciones de composta (ASTM D5338 @ 58° C) y cumple con los certificados Europeos de compostabilidad (PLAFUSA, 2006).

La resina inicia conforme el carbón de las plantas de maíz es producido por la fotosíntesis y almacenado en las féculas de maíz, las cuales son convertidas en azúcares y, a través de un simple proceso de fermentación, separación y polimerización, el carbón y otros elementos de estos azúcares naturales son utilizados para hacer el plástico poliláctico (PLA) (PLAFUSA, 2006).

Aunque no se utiliza petróleo como materia prima, el calor, energía y transporte utilizado en el proceso de fabricación utiliza recursos energéticos tradicionales, como son el gas natural y carbón. Como consecuencia de lo anterior, el proceso de manufactura de el PLA utiliza entre un 20% a un 50% menos de combustibles fósiles que los utilizados en la manufactura de termoplásticos tradicionales (PLAFUSA, 2006).

El PLA es ideal para el uso en una variedad amplia de empaques: termoformado rígido, películas, bolsas y botellas. En termoformado rígido, además de su sobresaliente brillo y claridad, la relativa facilidad de proceso que exhibe el PLA durante la extrusión y termoformado permite que se utilice en aplicaciones convencionales. Su rigidez le permite reducir espesores de manera más eficiente que otros materiales como el PET, y los atributos ambientales hacen del PLA una alternativa preferible (PLAFUSA, 2006).

El PLA exhibe varios atributos funcionales que lo hacen un polímero atractivo y versátil, los cuales se pueden ver en la tabla 17.



Tabla 17. Atributos funcionales del PLA

ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN
Adhesión superficial	Fácilmente acepta recubrimientos, tintas y adhesivos.
Permeabilidad	La humedad puede pasar a través de la película y lámina minimizando así la condensación.
Atractivo visual	Exhibe excelente claridad y brillo.
Resistencia a las Grasas	Provee excelente resistencia a la mayoría de los aceites y grasas utilizadas en productos alimenticios.
Impresión	La energía superficial de la resina acepta una gran variedad de formulaciones de tinta.
Rigidez	Permite la disminución de espesores en comparación con materiales como el PET sin perder su rigidez.
Sellado a temperatura	Las temperaturas de iniciación empiezan a los 80°C, con fuerzas de sellado mayor a 2 lb/pulgada. Las menores temperaturas de sellado permiten sellar más rápidamente aumentando así la productividad.
Doblado	25% mejor que el celofán, lo que significa que los productos se mantienen empacados, y el desperdicio por empaques abiertos disminuye.

Fuente: PLAFUSA (2006)



3. OBJETIVOS.

3.1. OBJETIVO GENERAL:

Comparar aspectos de calidad, químicos, fisiológicos y nutricionales, de jitomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) variedad 'Saladette', cultivado por método hidropónico en invernadero y en suelo que permita establecer su susceptibilidad a enfermedades y su tiempo de vida útil.

3.2. OBJETIVOS PARTICULARES:

PARTICULAR 1.

Evaluar los parámetros de calidad (color, pérdida de peso, °Brix, pH y acidez) fisiológicos (respiración) y nutricionales (licopeno y vitamina C) de jitomate cultivado en hidroponía y en suelo para establecer su tiempo de vida útil durante el almacenamiento en refrigeración (5° C) y a temperatura ambiente (20° C).

PARTICULAR 2.

Comparar los cambios en la composición química del jitomate cultivado en hidroponía y en suelo al inicio y al final de la maduración almacenado a temperatura ambiente y refrigeración.

PARTICULAR 3.

Establecer la susceptibilidad al ataque de hongos de jitomate cultivado en hidroponía y en suelo durante el almacenamiento a 5° C y 20° C, así como la identificación del tipo de hongos y enfermedades de cada cultivo.

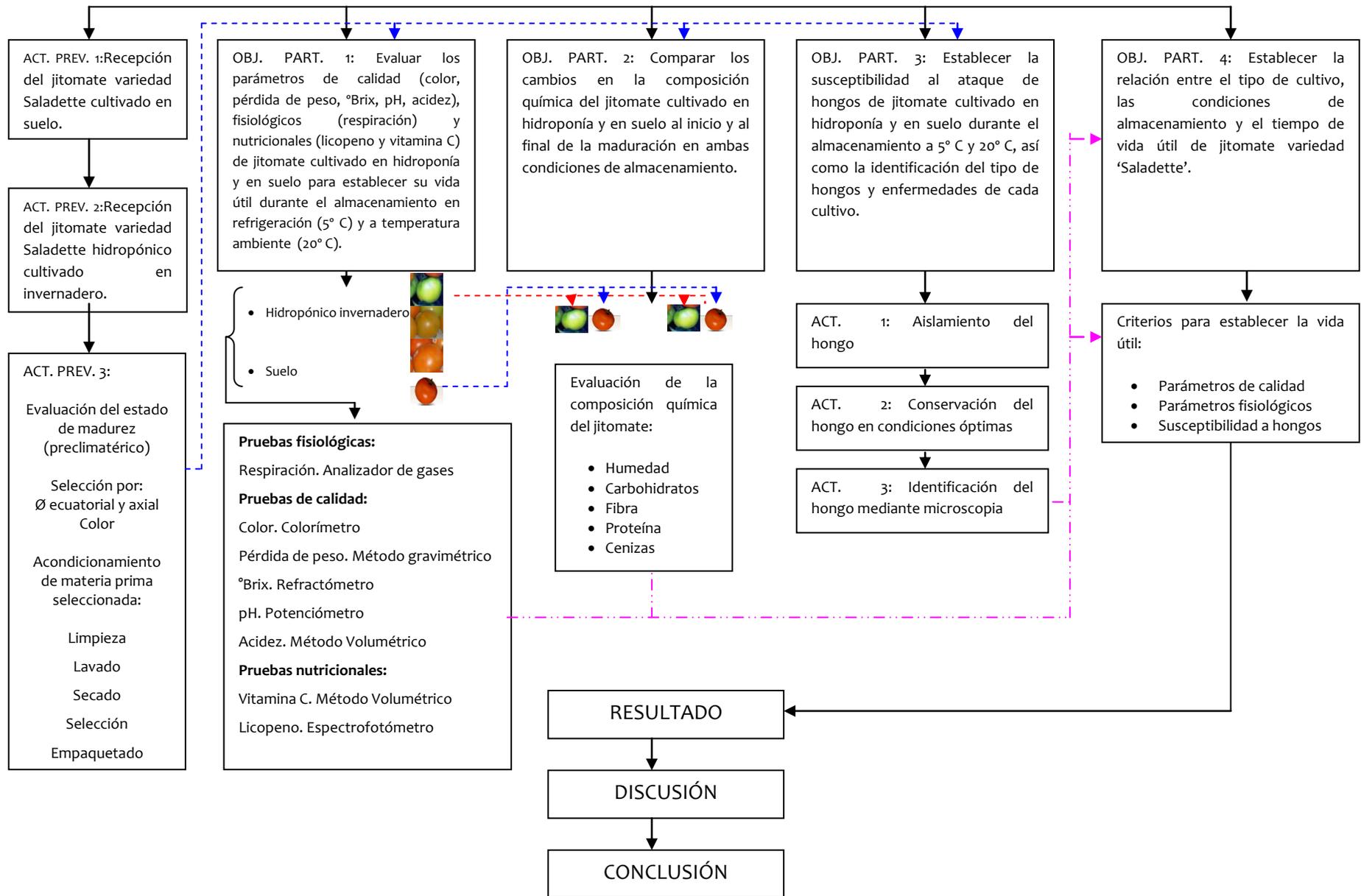
PARTICULAR 4.

Establecer la relación entre el tipo de cultivo, las condiciones de almacenamiento y el tiempo de vida útil de jitomate variedad 'Saladette'.



4.1. SECUENCIA METODOLÓGICA

OBJETIVO GENERAL: Comparar aspectos de calidad, nutricionales, físicos, químicos y fisiológicos de jitomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) variedad 'Saladette', cultivado por método hidropónico y en suelo que permita establecer su susceptibilidad a enfermedades y su tiempo de vida útil.





METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

4.2. MATERIAL BIOLÓGICO

Se trabajó con jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) variedad 'Saladette', calidad comercial en estadio preclimático. Los jitomates hidropónicos de invernadero se cosecharon en un invernadero ubicado en la carretera Cuernavaca-Zacatepec, municipio de Chiconcuac, Estado de Morelos, transportado en cajas de plástico previamente lavadas. Los jitomates cultivados en suelo son procedentes de la Central de Abasto de la Ciudad de México, transportados por vía terrestre en cajas de cartón.

4.3. TRATAMIENTO DE MUESTRAS

LIMPIEZA. Se realizó un lavado previo con agua potable, con la finalidad de eliminar tierra y otras impurezas como hojas, tallos, raíces, pedúnculo, y basura sobre la piel del fruto.

SELECCIÓN. Para contar con lotes de frutos con características homogéneas, los jitomates fueron seleccionados según la norma Codex Stan 293-2008 en su clasificación por categorías y por calibres, manejándose el calibre 7 y la categoría "extra" que indica un diámetro de 5.7-6.7 cm y eliminando los que presentaron daños físicos y mecánicos como defectos, malformaciones, heridas por insectos, enfermedades y mal manejo, además de defectos leves que afecten el aspecto del producto en el empaque (Figura 22).



Figura 22. Limpieza y selección de jitomate en estado pre-climático.

EMPAQUETADO. Los jitomates fueron distribuidos en lotes de 150 frutos para el cultivo en suelo y 150 frutos para el cultivo en hidroponía, los cuales se empaquetaron en envases de PLA con capacidad para 5 frutos por caja, obteniendo 30 cajas para cada cultivo. Posteriormente, se dividirán en 2 lotes; 15 cajas para madurarlos a 5°C y 15 cajas para madurarlos a 20°C y 95% de humedad relativa (HR) (Figura 23).



Figura 23. Empaquetado de jitomate en estado pre-climático



4.4. CARACTERIZACIÓN FISIOLÓGICA, FISICOQUÍMICA, NUTRICIONAL, QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA EN LA MADURACIÓN A 5 Y 20° C DE JITOMATE 'Saladette' CULTIVADO EN HIDROPONÍA Y EN SUELO

4.4.1. DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS FISIOLÓGICOS, DE CALIDAD Y NUTRICIONALES

Para determinar el estado de madurez de los jitomates, se evaluó diariamente el parámetro fisiológico de respiración en los frutos almacenados a 20° C y cada 5 días en los frutos almacenados a 5° C, lo cual fue un indicativo del estado de madurez en frutos climatéricos (E_1 = pre-climaterio, E_2 = inicio del climaterio, E_3 = máximo climaterio y E_4 = posclimaterio). Los jitomates se distribuyeron en 4 lotes de 3 cajas de PLA para cada estadio, tanto para 20 como para 5° C. Una vez llegado a cada estadio se evaluaron los parámetros de pérdida de peso y color, finalmente las muestras se congelaron a -20 °C para posteriormente evaluar los parámetros de calidad como: sólidos solubles, pH, acidez, vitamina C, licopeno de acuerdo a las técnicas descritas en el apartado 4.5.

4.4.2. DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS QUÍMICOS

Para evaluar los componentes químicos de cada tipo de cultivo se tomaron las muestras verdes (E_1 = pre-climaterio) y rojas (E_4 = posclimaterio) y se determinaron los siguientes parámetros: humedad, carbohidratos, fibra, proteína y cenizas de acuerdo a los métodos analíticos descritos en el apartado 4.5.

4.4.3. ESTABLECER LA SUSCEPTIBILIDAD AL ATAQUE DE HONGOS DE JITOMATE CULTIVADO EN HIDROPONÍA Y EN SUELO

De un lote de 6 cajas para cada tipo de cultivo, 3 se almacenaron a 5° C y las otras 3 a 20° C, se realizó una inspección visual diaria, en la que se observó la manifestación de síntomas de enfermedad, se anotaron el tipo de lesiones que aparecieron en cada estadio y se tomó la muestra del tejido, el cual se cultivó en agar papa dextrosa y se dejó en condiciones óptimas para el crecimiento de hongos, posteriormente se realizó la identificación por microscopía por el método de microcultivo descrito en el apartado 4.5.5.



4.5. MÉTODOS ANALÍTICOS

4.5.1. PARÁMETROS FISIOLÓGICOS

RESPIRACIÓN:

Las mediciones de respiración del fruto se hicieron con un sistema de 24 contenedores o frascos de vidrio de 480 ml cada uno. Se utilizaron 12 frascos para el almacenamiento a 5° C y 12 frascos para el almacenamiento a 20° C para cada tipo de cultivo, en cada frasco se colocó un jitomate de 80 g aproximadamente. A estos contenedores de vidrio se les colocó una entrada y salida de aire en la parte superior y fueron sellados herméticamente (Figura 24). Después de un periodo de 1 hora, una muestra de CO₂ fue extraída de cada uno de los 12 contenedores por medio de un analizador de CO₂ (ANALYZER marca Nitec, LLC). Los resultados se expresaron en mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹.



Figura 24. Determinación de la respiración

4.5.2. PARÁMETROS DE CALIDAD

PÉRDIDA DE PESO:

Se determinó mediante la diferencia de peso tomada diariamente para las muestras a 20° C y cada 5 días para las muestras a 5° C durante el tiempo de almacenamiento, esto con la ayuda de una balanza analítica (Citizen, modelo CY204).

COLOR:

La determinación de color se llevó a cabo con un colorímetro (marca MINOLTA, modelo CR300) por el sistema Hunter Lab que está basado en la sensibilidad de color a través del ojo humano (Figura 25). El instrumento fue estandarizado por medio de una baldosa blanca de cerámica. Las medidas de color fueron realizadas en la piel en un punto de la zona ecuatorial del fruto, en tres réplicas para cada tratamiento. Se obtuvo lectura directa de los valores de L*, a* y b*.



Figura 25. Medición de color

En la figura 26 se puede observar la escala con la cual se mide la luminosidad (L^*), que es un indicador de la claridad de un color, la escala oscila entre 100=puro blanco a 0=puro negro (NEURTEC, 2004).



Figura 26. Escala para medir la luminosidad

La tonalidad o el ángulo Hue ($^{\circ}$ Hue) se calculó con los valores de a^* y b^* que se obtuvieron por medio del colorímetro, con la ecuación $h^{\circ} = \arctan (b/a)$, el cual es un valor angular que indica el cuadrante correspondiente al color de la muestra en un sistema cartesiano donde el eje X corresponde a los valores de a^* y el eje Y a los valores de b^* (0° = rojo-púrpura; 90° = amarillo; 180° azul-verdoso y 270° = azul) (NEURTEC, 2004).

En la figura 27 se muestra la gama de colores en las que se puede encontrar el valor del ángulo Hue.

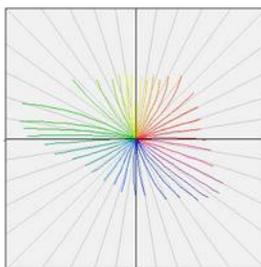


Figura 27. Escala en la que se puede encontrar el ángulo Hue

El croma que indica la intensidad de color o saturación de color se calculó mediante la ecuación $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ (Juárez, 2006). Croma es el grado en el que un color sale de la neutralidad, los colores de bajo croma son llamados a veces colores débiles mientras que los de alto croma son llamados “altamente saturados”, “fuertes” o “vivos” (NEURTEC, 2004).



METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

En la figura 28 se muestra el aumento en la cromaticidad del color rojo, desde un gris hasta un rojo brillante o altamente saturado.

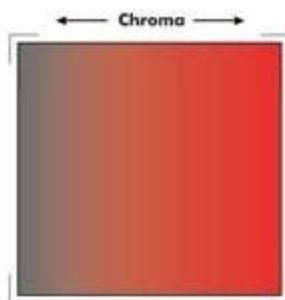


Figura 28. Cambio en la cromaticidad del color rojo

SÓLIDOS SOLUBLES:



Figura 29. Refractómetro marca ATAGO

El contenido de sólidos solubles se determinó por medio de la lectura directa en un refractómetro (marca ATAGO, modelo Master M). Se tomó el jugo del fruto que se obtiene al partirlo por la mitad y se colocó en el prisma del refractómetro, el cuál fue previamente calibrado con agua destilada y ajustado a cero (Figura 29). Los resultados se expresaron en °Bx.

DETERMINACIÓN DE pH:

Se tomaron 10 g de la pulpa de un jitomate y se homogenizaron con 90 ml de agua destilada, se filtró la solución y del filtrado se determinó el pH tomando la lectura directa de un potenciómetro manual digital (marca HANNA Instruments, modelo pHep1) (Figura 30), al sumergir el electrodo en la solución a temperatura ambiente.



Figura 30. Potenciómetro marca HANNA



METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

DETERMINACIÓN DE ACIDEZ:

Se determinó tomando 20 ml de la solución con la que se midió el pH, se le adicionaron 3 gotas de fenolftaleína y se valoró con hidróxido de sodio (NaOH) 0.1N (Figura 31). Se calculó la cantidad de ácido cítrico presente en la muestra y los resultados se expresaron como % de ácido cítrico (AOAC, 1990).



Figura 31. Determinación de la acidez

4.5.3. PARÁMETROS NUTRICIONALES

VITAMINA C (ACIDO ASCÓRBICO):

La cantidad de Vitamina C se determinó por el método 976.21 AOAC. La cantidad de ácido ascórbico se expresa en mg de vitamina C por 100 g de alimento (Anexo 1).

DETERMINACIÓN DE CAROTENOIDES:

Los carotenoides son altamente lipofílicos, y son degradables mediante factores físicos y químicos como exposición a la luz, exposición al oxígeno, condiciones extremas de pH, temperaturas elevadas y contacto con superficies activas.

Para la extracción se utilizó el método de extracción por etapas en el cual el material vegetal se somete a troceado, molienda y posteriormente extracción (Cardona *et al.*, 2006). Los resultados se expresan en mg de caroteno por 100 g de muestra (Anexo 2).

DETERMINACIÓN DEL LICOPENO:

La determinación de licopeno se realizó a partir de las lecturas de color realizadas en el colorímetro por el sistema Hunter Lab, utilizando las coordenadas a^* , b^* . Se calculó el valor de licopeno utilizando la siguiente ecuación (Núñez *et al.*, 2005):

$$\text{Licopeno (mg/100g)} = 11.848 (a^*/b^*) + 1.5471$$



4.5.4. PARÁMETROS QUÍMICOS

DETERMINACIÓN DE HUMEDAD:

Se realiza por el método de secado en estufa, en el cual se homogeneiza el jitomate y se calcula el porcentaje de agua pérdida por evaporación durante el calentamiento a 75° C bajo condiciones normalizadas (Pearson, 1998).

DETERMINACIÓN DE CARBOHIDRATOS:

Se determinó por medio de la técnica de Lane y Eynon (Pearson, 1998), que se basa en la oxido-reducción del ión cúprico (Cu^{**}) a ión cuproso (Cu^*) o agentes oxidantes suaves, que reaccionan con las aldosas de los azúcares reductores en presencia de un indicador. Los resultados se expresaron en g/100 g de muestra.

DETERMINACIÓN DE FIBRA CRUDA:

La determinación de fibra cruda se realizó por el método Kennedy y Wendy (Pearson 1998). La fibra contiene hemicelulosas, gomas, mucilagos, celulosa, lignina y polisacáridos, la técnica se fundamenta en la determinación de los anteriores materiales, los cuales son insolubles mediante la realización de una hidrólisis en medio ácido y básico. Los resultados se expresan en g/100 g de muestra.

DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA:

La cantidad de proteína en el jitomate fue determinada por el método de Lowry, que se basa en la reacción de las proteínas con cobre en solución alcalina, mediante la reducción del reactivo de Folin-Ciocalteu (ácido fosfomolibdicofosfotúngstenico) que se reduce a heteropolimolibdeno azul por la oxidación de aminoácidos aromáticos catalizada por cobre. La reacción se lleva a cabo en medio alcalino (pH 10.0-10.5). Se utilizó como estándar la albúmina sérica bovina a una concentración de 1mg/ml. Los valores de concentración de proteína se determinaron por interpolación gráfica en una curva patrón de longitud de onda de 720 nm (Lowry *et al.*, 1951).

CENIZAS:

Se realizó por el método de incineración directa de acuerdo al método descrito en el AOAC (1990). El método se basa en la obtención del residuo inorgánico que queda después de la incineración de la materia orgánica a 550° C. Los resultados se expresaron en g/100 g de muestra.



4.5.5. PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS

4.5.5.1. IDENTIFICACIÓN DE LA PRESENCIA DE HONGOS

Se realizó mediante la observación diaria de los jitomates en almacenamiento a 20 y 5° C, en la cual se recolectaron jitomates con diferentes etapas de desarrollo de la enfermedad; para posteriormente realizar el aislamiento (Figura 32).



Figura 32. Presencia de hongos en jitomate 'Saladette' cultivado en suelo.

4.5.5.2. AISLAMIENTO

Se realizó un aislamiento de partes vegetales en medio de cultivo, a partir de un jitomate enfermo (Figura 33) del cual se tomó la parte dañada con bisturí y pinzas (Figura 34), posteriormente se desinfectó en hipoclorito de sodio al 2% (Figura 35), se enjuagó en agua destilada estéril y se colocó en cajas petri con agar papa-dextrosa (Figura 36 y 37), se incubó a 24° C y se observó después de 5 días (Espadas, 2008).



Figura 33. Jitomate cultivado en suelo con tejido dañado por hongo.



Figura 34. Corte con bisturí en el tejido dañado.



Figura 35. Desinfección del tejido con hipoclorito de sodio al 2%.



Figura 36. Tejido en agar papa dextrosa.

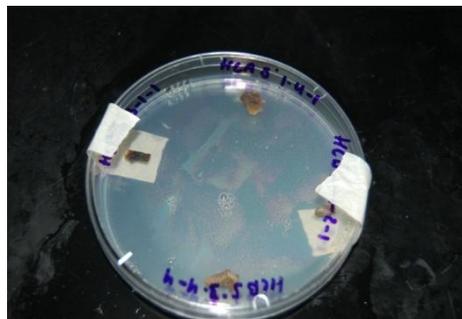


Figura 37. Cultivo mixto de diferentes tejidos.

A partir de la primera muestra que se colocó en el medio de cultivo, se obtuvo un cultivo mixto (Figura 38), del que se tomó nueva muestra para realizar otros cultivos seleccionados de las diferentes colonias (Figura 39 y 40) (Espadas, 2008).

Cuando las colonias de hongos crecieron, se transfirieron a pequeñas cajas petri, con papel filtro estéril colocado alrededor del inoculo y a tubos microbiológicos con medio estéril, con ayuda de una asa esterilizada (Figura 41, 42 y 43) (Espadas, 2008).



Figura 38. Crecimiento de hongos en cultivo mixto



Figura 39. Toma de muestra del cultivo mixto con asa esterilizada



Figura 40. Cultivo seleccionado obtenido a partir de un cultivo mixto



Figura 41. Toma de muestra del cultivo seleccionado



Figura 42. Hongo invadiendo el papel filtro estéril colocado en caja petri pequeña



Figura 43. Hongo creciendo en un tubo microbiológico con medio de cultivo estéril

4.5.5.3. CONSERVACIÓN

Se retiró el papel filtro invadido del hongo con la ayuda de unas pinzas estériles (Figura 44).

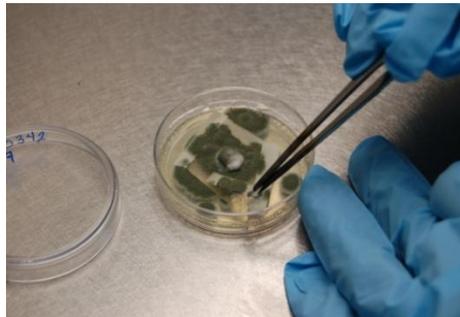


Figura 44. Retiro del papel filtro invadido del hongo.

Se colocó el papel filtro en un vial, se rotuló y se guardó en una caja en refrigeración a 5°C (Figura 45).



Figura 45. Almacenamiento del papel filtro invadido en un tubo microbiológico.

4.5.5.4. IDENTIFICACIÓN

Se utilizó la técnica de microcultivo, ya que con esta técnica se obtienen las distintas fases del ciclo de vida de los hongos, que va de germinación de la espora, formación del tubo



germinativo, hifas, micelio, diferenciación de las estructuras reproductivas asexuales y sexuales (Espadas, 2008).

4.5.5.4.1. DESCRIPCIÓN LA TÉCNICA DE MICROCULTIVO

Con un bisturí estéril se cuadrículó el medio de cultivo de la caja de petri con PDA en cuadros de aproximadamente 1 cm² (Figura 46).



Figura 46. Medio de cultivo cuadrículado.

Uno de los cuadros de PDA se transfirió al portaobjetos que está en la cámara de microcultivo; este portaobjetos debe de estar sobre el triángulo de vidrio (Figura 47).



Figura 47. Cámara de microcultivo con cuadro de agar al centro del portaobjetos.

Con la aguja de disección estéril se llevó el inoculo al cuadro de PDA (Figura 48 y 49).



Figura 48. Toma de muestra del hongo.

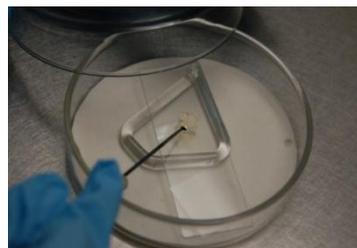


Figura 49. Inoculación del cuadro de agar papa dextrosa.



METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

Se colocó el cubre objetos sobre el cuadro de PDA inoculado, procurando que quede bien centrado (Figura 50).

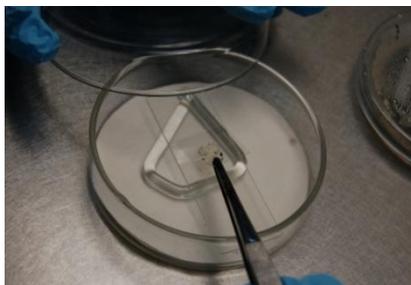


Figura 50. Colocación del cubre objetos sobre el cuadro de agar.

Se agregaron 2 ml de agua estéril, en el fondo de la cámara de microcultivo para mantener la humedad, sin mojar el área de crecimiento del hongo (Figura 51). Lo anterior se llevó a cabo en el interior de una campana de flujo laminar (marca Telstar, modelo AH-100) (Figura 52).



Figura 51. Humidificación de la cámara de microcultivo.



Figura 52. Campana de flujo laminar.

Se selló el dispositivo de microcultivo con papel parafilm y se rotuló (Figura 53). Se colocaron las cajas en una incubadora (modelo Dry Type Bacteriological Incubator, marca BLUE M Electric Company) (Figura 54).

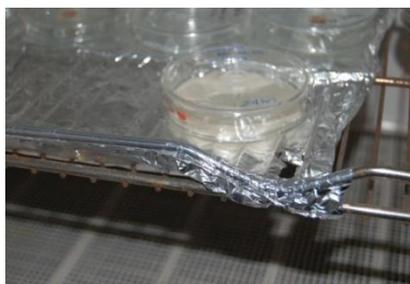


Figura 53. Cámara de microcultivo sellada y rotulada.



Figura 54. Incubadora modelo Dry Type.



METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

Se observó el crecimiento del hongo cada 24 horas hasta llegar a 96 horas, esto se realizó quitando el cubreobjetos que se colocó sobre el cuadrado de agar y se trasladó a un portaobjetos limpio, al cual previamente se le colocó una gota de azul de lactofenol en el centro del mismo y se selló el cubreobjetos al portaobjetos con barniz para evitar que se moviera (Figura 55).

Posteriormente se rotuló y se guardó en una caja para conservarlo, hasta que al final de las 96 horas se tuvieran todos los portaobjetos con el desarrollo del microorganismo.

Finalmente se llevó a cabo la observación e identificación de las estructuras micóticas por medio de un microscopio óptico (marca Carl Zeiss, modelo 45290) (Figura 56).



Figura 55. Preparación permanente para observar directamente en el microscopio.



Figura 56. Microscopio óptico

La identificación de las estructuras micóticas se realizó a partir de información bibliográfica de diversos autores (Holliday, 1980; Leslie y Summerel, 2006; Ulloa, 1991, Romero, 1993; Agrios 1988; Moreno, 1988; Kiffer, 1999).

4.5.6. TRATAMIENTO DE RESULTADOS

Se realizó un tratamiento estadístico de análisis de varianza (ANOVA), el cual sirve para comparar si los valores de un conjunto de datos numéricos son significativamente distintos a los valores de otro o más conjunto de datos.

Estos resultados se sometieron a su vez a la prueba de rango múltiple Tukey y Duncan, para tener un comparativo más preciso entre muestras y así poder establecer entre cuales de las muestras se presentaba la diferencia significativa de $\alpha=0.05$ y así saber la diferencia que existe en los resultados de cada cultivo y tipo de almacenamiento y poder de esta forma determinar que parámetros son los que más influyen en la vida útil de jitomate variedad 'Saladette'.



5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS FISIOLÓGICOS Y DE CALIDAD EN JITOMATE ‘Saladette’ CULTIVADO EN SUELO Y EN HIDROPONÍA

RESPIRACIÓN:

La respiración es un proceso metabólico fundamental, tanto en el producto recolectado como en cualquier producto vegetal vivo. Puede describirse como la degradación oxidativa de los productos más complejos normalmente presentes en las células, como el almidón, los azúcares y los ácidos orgánicos a moléculas más simples, como el dióxido de carbono y el agua con liberación de energía y otras moléculas que pueden ser utilizadas en las reacciones sintéticas acaecidas en las células (Juárez, 2006).

En la figura 57-A se muestran los cambios en la respiración, medida en función de la producción de CO₂ a temperatura de 20° C en el jitomate cultivado en hidroponía y en suelo durante la maduración. En el inicio del climaterio ambos jitomates se comportaron de manera muy similar, los jitomates hidropónicos iniciaron el climaterio (E2) en el día 8 alcanzando valores de 85.3 mg CO₂/Kg PF h llegando al máximo climaterio (E3) en el día 9 con valores de 184.1 mg CO₂/Kg PF h, culminando con el posclimaterio (E4) al día 12 del almacenamiento, mientras que el jitomate cultivado en suelo inició el climaterio en el día 7 con valores de 43.0 mg CO₂/Kg PF h, alcanzando el máximo climaterio igualmente el día 9 con valores de 77.2 mg CO₂/Kg PF h, finalizando en el posclimaterio en el día 12 de almacenamiento.

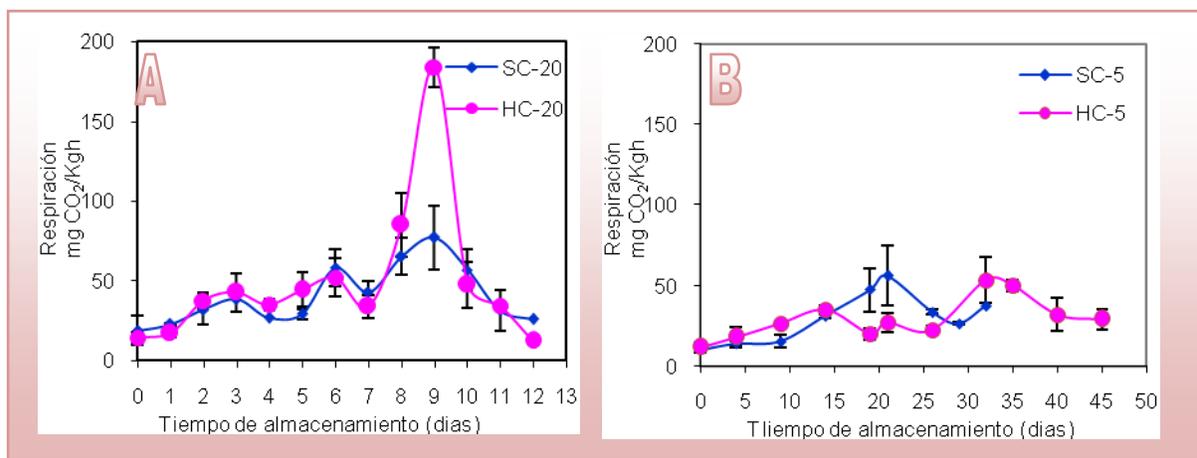


Figura 57. Cambios en la respiración de jitomate cultivado en suelo (SC) y en hidroponía (HC) almacenados a 20° C (A) y 5° C (B). Cada valor representa la medida de 12 réplicas. Las barras verticales representan \pm la SD.



En la figura 57-B se presentan los cambios en la respiración del jitomate cultivado en hidroponía y en suelo, almacenados a temperatura de 5° C. El hidropónico presentó en el inicio del climaterio (E2) 22.7 mg CO₂/Kg PF h en el día 26 de almacenamiento, alcanzando su máximo climaterio (E3) en el día 32 con valores de 53.3 mg CO₂/Kg PF h, terminando el pos-climaterio (E4) en el día 45 con valor de 29.3 mg CO₂/Kg PF h, mientras que el jitomate cultivado en suelo inició el climaterio (E2) el día 14 con un valor de 35.3 mg CO₂/Kg PF h, alcanzando el máximo climaterio el día 21 con un valor de 56.2 mg CO₂/Kg PF h y terminando el pos-climaterio el día 32 con un valor de 37.6 mg CO₂/Kg PF h.

Como se esperaba en el almacenamiento refrigerado a 5°C los valores de dióxido de carbono disminuyeron significativamente en el máximo climaterio para el jitomate hidropónico obteniendo 184.1 mg CO₂/Kg PF h a 20° C y 53.3 mg CO₂/Kg PF h en almacenamiento a 5°C, además de prolongar el máximo climaterio de 9 días a 20°C a 32 días en 5°C. Para el jitomate cultivado en suelo no hubo una diferencia significativa en cuanto a la producción de dióxido de carbono, ya que para 20°C se obtuvo un valor de 77.15 mg CO₂/Kg PF h y para 5°C se obtuvo 56.19 mg CO₂/Kg PF h, sin embargo se observó un retraso en el máximo climaterio que pasó del 9° día a 20°C al 21° día en refrigeración.

Como se puede observar existe un incremento repentino en la actividad respiratoria, esto es importante, ya que la respiración está asociada con la velocidad de maduración y envejecimiento de los frutos, por lo que se considera un índice de vida potencial del producto. Una velocidad de respiración alta, se asocia con una vida útil corta y viceversa (CONAFRUT, 1984).

Con base en lo anterior se observó que la vida útil del jitomate cultivado en suelo y almacenado a 20° C fue de 12 días, mientras que a 5° C fue de 32. Encontrándose que el cultivo hidropónico presentó una vida útil de 12 y 45 días a 20° y 5° C respectivamente, por lo que se puede decir que el efecto de la temperatura de almacenamiento y el tipo de cultivo son un factor determinante en la vida útil de los frutos.

PERDIDA DE PESO:

El estado hídrico presente en las células vegetales es uno de los factores principales que determinan la calidad y la vida de anaquel de los productos perecederos. El estrés de agua provocado por una transpiración excesiva al almacenar los frutos en condiciones deficientes de humedad, provoca frutos marchitos y flácidos, acelera los procesos de maduración y acorta la vida de anaquel (Muy *et al.*, 2003).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN



La pérdida de agua de los frutos ocurre principalmente, vía permeabilidad, así como también a través de los estomas y las lenticelas localizadas en la cutícula de los frutos. Este fenómeno, se puede reducir de manera significativa en función de las condiciones óptimas de almacenamiento del producto (temperatura y humedad relativa) (Muy *et al.*, 2003).

En la figura 58-A se puede observar que en el 3º día de almacenamiento (E1) ambos jitomates registran la misma pérdida de peso con un valor de 1.4%, posteriormente en el 8º día de almacenamiento al inicio del climaterio (E2) el jitomate cultivado en suelo presentó una diferencia significativa ($p \geq 0.05$) con respecto al hidropónico obteniendo un valor de 3.9%, en tanto que el hidropónico obtiene 2.9%, al final del almacenamiento (E4) se observó la mayor diferencia entre ambos cultivos registrándose un valor de 6.2% para el de suelo, mientras que para el hidropónico se obtuvo un valor de 4.3%, encontrándose una diferencia significativa ($p \geq 0.05$) entre la pérdida de peso registrada para ambos tipos de cultivo.

Cuando el almacenamiento fue a 5°C (Figura 58-B) los jitomates presentaron menores pérdidas de peso durante los primeros días de almacenamiento, comparados a los frutos conservados a 20°C. Posteriormente los jitomates cultivados en suelo alcanzaron una pérdida de peso de 4.8%, en el día 32, mientras que el hidropónico obtuvo un valor de 3.2% observándose diferencia significativa ($p \geq 0.05$) entre ellos, sin embargo, como la vida útil del jitomate hidropónico fue mayor, la pérdida de peso llegó hasta 4.7% el día 45 de almacenamiento, no encontrándose diferencia significativa con respecto al valor del cultivo en suelo.

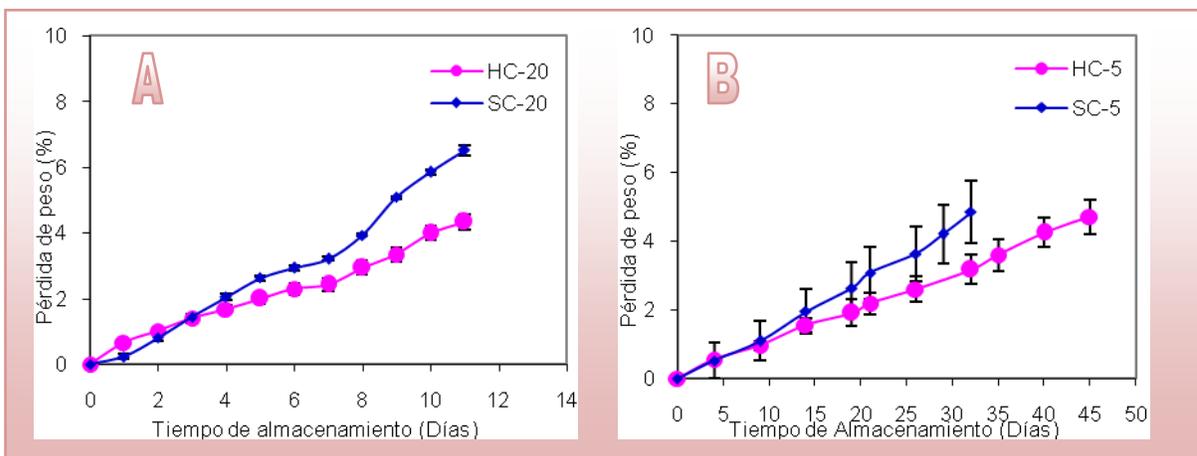


Figura 58. Pérdida de peso en el jitomate cultivado en suelo (SC) y en hidroponía (HC) almacenados a 20° C (A) y 5° C (B). Cada valor representa la medida de 12 réplicas. Las barras verticales representan \pm la SD.



Con base a lo anterior se observó que la temperatura de almacenamiento afectó significativamente la vida útil del jitomate variedad 'Saladette' cultivado en suelo, ya que mientras en el almacenamiento refrigerado se registró 4.8% de pérdida de peso, en el almacenamiento a 20° C se obtuvo un valor de 6.5%, esto se pudo deber a la transpiración que tuvo el fruto ocasionada por la temperatura de almacenamiento, entre otros factores como la presión de vapor de agua, el tamaño del fruto y la variedad (Muy *et al.*, 2004), en el caso del jitomate hidropónico se observa que la temperatura de almacenamiento influyó significativamente en la pérdida de peso ya que en el día 12, que representa el final para el almacenamiento a 20° C se obtuvieron valores de 4.3% y 1.9% para al almacenamiento a 5° C en el mismo día.

CAMBIOS EN EL COLOR:

El color externo del tomate es el resultado de la pigmentación de la epidermis y de la pulpa. Hay cultivares de color rojo, rosado, púrpura y color amarillo en el estado de madurez de consumo.

El signo más visible de la maduración organoléptica en frutos de jitomate es el cambio de la coloración verde a rojo. Este cambio se debe a la descomposición de la clorofila y a la síntesis de licopeno y otros carotenoides.

En la figura 59-A se observa la luminosidad del jitomate cultivado en suelo y en hidroponía almacenado a 20°C. El comportamiento fue similar para ambos jitomates, sin embargo en el inicio del almacenamiento se obtuvo una diferencia significativa ($p \geq 0.05$) entre ambos jitomates; el jitomate cultivado en suelo tuvo un valor de $L=52.7$ mientras el hidropónico obtuvo un valor de $L=58.9$, lo cual indicó que el color verde del jitomate cultivado en suelo fue más oscuro que el cultivado en hidroponía, para las siguientes mediciones los valores fueron muy similares sin obtener diferencia significativa ($p \geq 0.05$), terminando el almacenamiento en el día 12 con un valor de $L=38.6$, lo cual fué indicativo de que llegaron a un rojo claro.

En la figura 59-B se muestra el cambio en la luminosidad de jitomate cultivado en suelo y en hidroponía almacenado a 5°C. Se puede observar que el color verde del jitomate cultivado en suelo fue más oscuro que el cultivado en hidroponía en las primeras etapas del almacenamiento hasta llegar a un color rojo ligeramente más claro al final del almacenamiento con una luminosidad de 45.4, mientras el hidropónico obtiene un valor de $L=44.0$ no encontrándose diferencia significativa ($p \geq 0.05$) entre estos valores.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

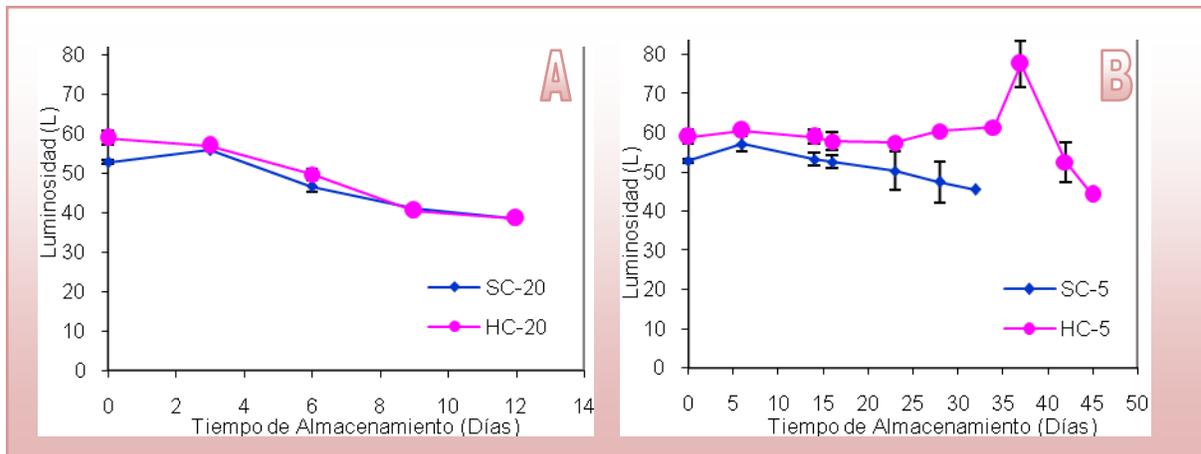


Figura 59. Cambio en la luminosidad de jitomate cultivado en suelo (SC) y en hidroponía (HC) almacenados a 20° C (A) y 5° C (B). Cada valor representa la medida de 6 réplicas. Las barras verticales representan \pm la SD.

En la figura 60-A se puede observar el cambio en la tonalidad en jitomate cultivado en suelo y en hidroponía almacenado a 20°C, la cual fue muy similar, ambos jitomates iniciaron el almacenamiento con un valor de 65.5° sin diferencia significativa ($p \geq 0.05$), en el día 3 su tonalidad se volvió más amarilla y aumentó a 84.3°, a partir de este día la tonalidad empezó a bajar y se volvió cada vez más roja para llegar al día 9 que coincidió con el máximo climaterio (E3) a un valor de 45.8° para el hidropónico y de 40.6° para el de suelo con diferencia significativa ($p \geq 0.05$), finalmente en el día 12 ambos jitomates tienen un valor de 40.9°.

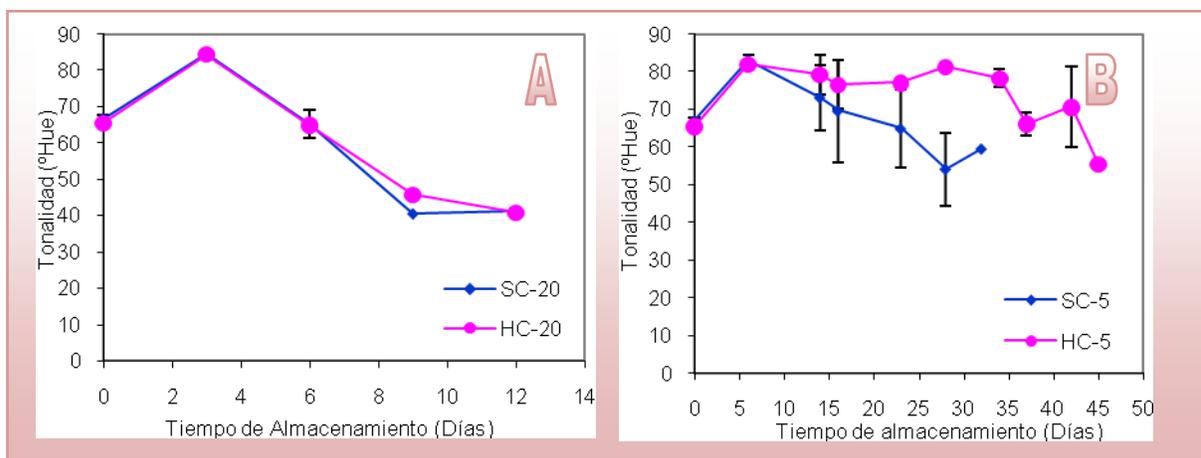


Figura 60. Cambio en la tonalidad de jitomate cultivado en suelo (SC) y en hidroponía (HC) almacenados a 20° C (A) y 5° C (B). Cada valor representa la medida de 6 réplicas. Las barras verticales representan \pm la SD.



En la figura 60-B se puede observar el cambio en la tonalidad de jitomate cultivado en suelo y en hidroponía almacenado a 5°C, ambos jitomates iniciaron el almacenamiento con un valor de 65.5°, durante los primeros 5 días ambos suben el tono a colores más amarillos llegando a un valor de 81.9°, sin embargo el jitomate cultivado en suelo baja a tonos más rojos en menor tiempo, alcanzando su máxima tonalidad roja al final del máximo climaterio (día 28) con un valor de 54.0°, mientras el hidropónico llegó a su máxima tonalidad roja en el día 45 con un valor de 55.5° que representó el final del almacenamiento, en tanto que el de suelo finalizó el almacenamiento con un valor de 59.4°, lo cual indicó que el jitomate cultivado en hidroponía presentó un tono más rojo que el cultivo en suelo al final del almacenamiento.

Es importante mencionar que el almacenamiento refrigerado influyó sobre el cambio en la tonalidad, ya que las muestras que se almacenaron a 20°C presentaron un valor de 40.9° para ambos jitomates, mientras que los almacenados a 5°C tuvieron valores de 59.4° para el jitomate cultivado en suelo y de 55.5 para el hidropónico con diferencia significativa ($p \geq 0.05$), lo cual indicó que frutos almacenados a temperaturas más altas obtuvieron tonalidades más rojas que los almacenados a 5°C que presentaron tonalidades más anaranjadas.

Este comportamiento se debe principalmente a la temperatura de almacenamiento que afecta el desarrollo del color de los frutos de jitomate, debido a que la temperatura óptima para la síntesis de licopeno es a 20°C, temperaturas altas (mayores a 32°C) o bajas (menores a 15°C) favorecen la formación del colores amarillos, anaranjado y rojo poco intenso (INTA, 2008), tal es el caso de lo observado en el presente estudio

En la figura 61-A se observa el cambio en la cromaticidad de jitomate 'Saladette' cultivado en suelo y en hidroponía almacenado a 20°C. El jitomate cultivado en suelo en el inicio del almacenamiento tuvo un valor de 37.2, mientras el hidropónico obtuvo 29.7, con diferencia significativa ($p \geq 0.05$), lo cual indicó que el de suelo presentó un color más fuerte ó brillante que el hidropónico, lo anterior se puede observar en las figura 62 y 63.

Conforme transcurrió el almacenamiento el jitomate cultivado en suelo se mantuvo en su valor, mientras el jitomate hidropónico aumentó el valor de la cromaticidad, y obtiene un valor de 39.1, mientras el de suelo obtuvo un valor de 37.1, sin diferencia significativa ($p \geq 0.05$), lo cual se observa en las figuras 64 y 65.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

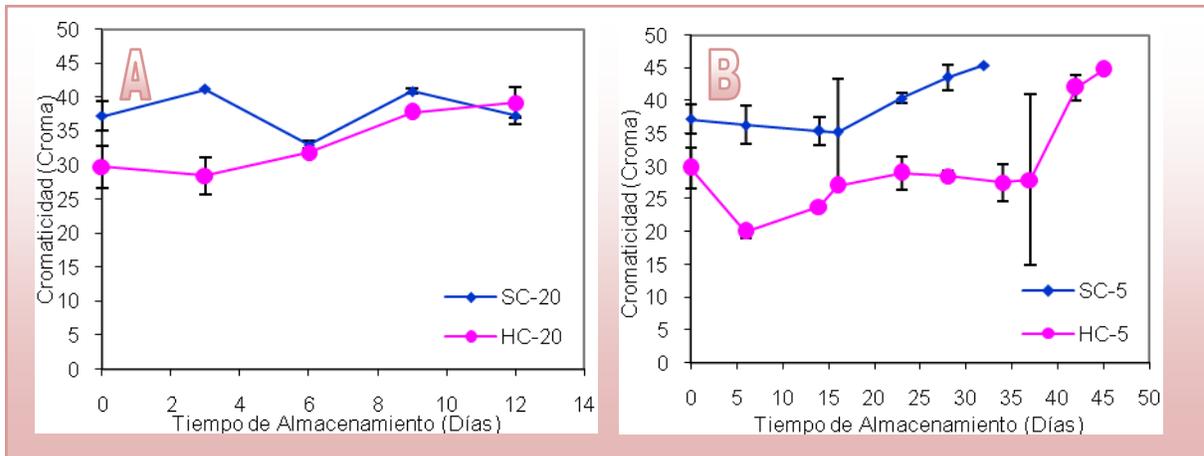


Figura 61. Cambio en la cromaticidad de jitomate cultivado en suelo (SC) y en hidroponía (HC) almacenados a 20° C (A) y 5° C (B). Cada valor representa la medida de 6 réplicas. Las barras verticales representan \pm la SD.



Figura 62. Jitomate cultivado en suelo en el preclimatario.



Figura 63. Jitomate cultivado en hidroponía en el preclimatario.



Figura 64. Jitomate cultivado en suelo en el posclimatario.



Figura 65. Jitomate cultivado en hidroponía en el posclimatario.

En la figura 61-B se observa el cambio en la cromaticidad de jitomate ‘Saladette’ cultivado en suelo y en hidroponía almacenados a 5° C. Para ambos jitomates se observó la tendencia al incremento en la cromaticidad durante el tiempo de almacenamiento, sin embargo, el jitomate cultivado en suelo presentó colores más fuertes ó brillantes que el hidropónico durante todo el almacenamiento obteniendo al final del almacenamiento un valor de 45.4 mientras que el hidropónico de 44.8, sin observarse diferencia significativa ($p \geq 0.05$).

Las figuras 66 y 67 muestran los cambios en el color que tuvieron los jitomates en el tiempo de almacenamiento a 20° C y a 5° C, las fotos coinciden con los 4 estadios que presenta un fruto climatérico.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN



Los jitomates almacenados a 5° C obtuvieron a un color más brillante que los jitomates almacenados a 20° C, lo cual repercute en la calidad de los mismos, ya que aunque el tiempo de almacenamiento fue mayor la brillantez de los colores no se pierde, en cambio en los frutos almacenados a 20° C la cromaticidad no es tan alta quizá sea que la temperatura afecta este parámetro.

El color también nos indica que estado de madurez se encuentra el jitomate, así un color muy rojo nos indica que su tiempo de vida útil esta por terminar, lo cual es elemental si el producto se va a transportar a lugares más alejados o si se va a comercializar en el momento.

Temperaturas altas (mayores a 32°C) o bajas (menores a 15°C) favorecen la formación del colores amarillos, anaranjado y rojo poco intenso (INTA, 2008). Tal es el caso de lo observado en el presente estudio, ya que los frutos almacenados a 5° C presentaron tonalidades más amarillas al final del almacenamiento, por lo tanto la temperatura afectó el desarrollo del color en los frutos, no así en el caso del tipo de cultivo, ya que no se presentaron diferencias significativas entre los resultados obtenidos en ninguno de los almacenamientos.

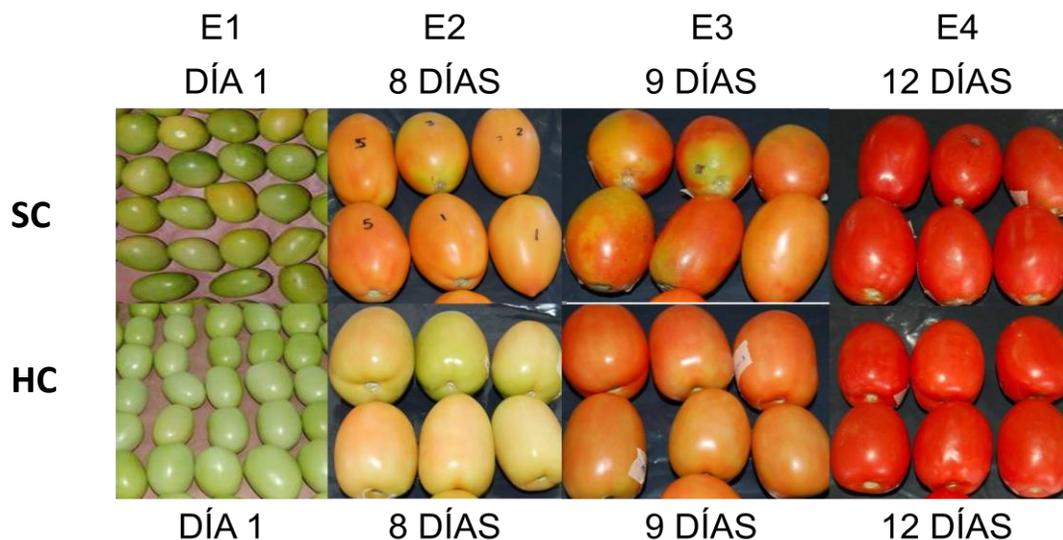


Figura 66. Cambio en color de jitomate cultivado en suelo (SC) y en hidroponía (HC) almacenados a 20° C.



Figura 67. Cambio en color de jitomate cultivado en suelo (SC) y en hidroponía (HC) almacenados a 5° C.

CAMBIOS EN EL CONTENIDO DE SÓLIDOS SOLUBLES (°Brix):

Los frutos contienen muchos productos solubles en agua como por ejemplo: azúcares, ácidos, vitamina C, aminoácidos y algunas pectinas. Estos compuestos solubles forman el contenido de sólidos solubles del fruto. Los azúcares representan el principal componente de los ácidos solubles en frutos (Juárez, 2006).

En la figura 68-A se observa el cambio en el contenido de sólidos solubles en jitomate cultivado en suelo y en hidroponía almacenados a 20°C. Se observó que el contenido de sólidos solubles permaneció casi constante durante el tiempo de almacenamiento para ambos jitomates, sin embargo se observaron diferencias significativas en cuanto al tipo de cultivo, ya que en el inicio del almacenamiento el jitomate hidropónico obtuvo un valor de 4.5 °Bx mientras el de suelo obtuvo 3.9 °Bx, para el inicio del climaterio (E2), en el día 6 ambos jitomates aumentaron ligeramente el contenido en sólidos solubles con un valor de 5 °Bx para el hidropónico y de 4.1 °Bx para el de suelo, en el máximo climaterio (9° día) se observó una disminución en el contenido de sólidos ya que el hidropónico presentó un valor de 4.1° Bx y el de suelo 3.7 °Bx, al final del almacenamiento se observó un incremento en ambos cultivos con un valor de 4.9 °Bx para el hidropónico y de 3.9 °Bx para el de suelo presentando diferencia significativa ($p \geq 0.05$).

En la figura 68-B se observa el cambio en el contenido de sólidos solubles en jitomate 'Saladette' cultivado en suelo y en hidroponía almacenados a 5° C. Los valores de °Bx del

RESULTADOS Y DISCUSIÓN



jitomate cultivado en suelo permanecieron por debajo de los valores del jitomate cultivado en hidroponía durante todo el tiempo de almacenamiento, manteniéndose en valores de 3.9 a 4.2 °Bx mientras el jitomate hidropónico presentó valores de 3.9 a 4.9 °Bx, al final del almacenamiento se observa la disminución de los °Bx en el jitomate hidropónico obteniendo un valor de 3.9 °Bx.

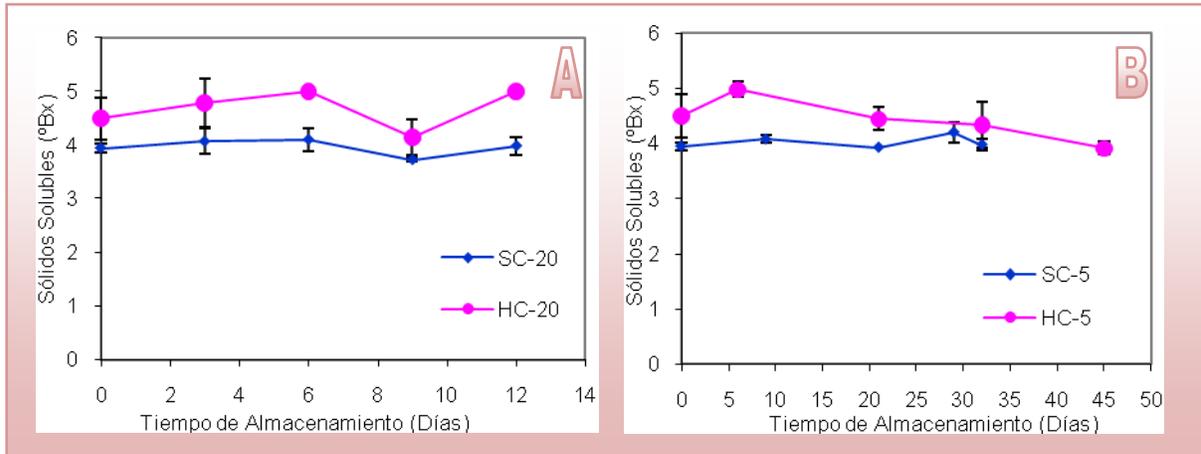


Figura 68. Cambio los sólidos solubles de jitomate cultivado en suelo (SC) y en hidroponía (HC) almacenados a 20° C (A) y 5° C (B). Cada valor representa la medida de 6 réplicas. Las barras verticales representan \pm la SD.

De lo anterior podemos decir que las condiciones de almacenamiento no afectaron significativamente ($p \geq 0.05$) el contenido de sólidos solubles, pero se observó una influencia significativa ($p \geq 0.05$) por el tipo de cultivo tipo de cultivo.

La mayor parte de las variedades contienen entre 4.5 y 5.5 °Brix, aunque, más que el carácter varietal, lo que influye sobre el contenido en sólidos solubles son factores agrologicos, especialmente la climatología durante el período de maduración y el riego (volumen total de agua, momento de corte de riego, etc.) que pueden provocar una variación el contenido en °Brix para frutos de una misma variedad entre 4 y 7 °Bx (Ciruelos *et al.*, 2008). Tal es el caso del presente estudio teniendo como resultado que los valores para el hidropónico están en el rango de 4.5 - 5.0 °Bx para ambas temperaturas, mientras que para el jitomate cultivado en suelo estuvieron entre 3.9 - 3.98 °Bx para ambas temperaturas, lo que indicó que el tipo de cultivo influye directamente en el contenido de sólidos solubles, no así en el caso de las condiciones de almacenamiento, ya que al comparar los valores en este sentido no se observó diferencia significativa ($p \geq 0.05$)



CAMBIOS EN EL pH:

El pH de un alimento es la medida de su acidez o alcalinidad. La mayoría de los alimentos tiene un pH de alrededor de 7 ó menos.

La mayoría de las bacterias patógenas (dañinas) crecen en alimentos de pH neutro a alcalino. Por ello cuando el alimento tiene un pH de 7 ó mayor es muy susceptible a la contaminación bacteriana. Generalmente, en los alimentos que poseen un pH menor de 4.5 no se desarrollarán bacterias patógenas. El alimento se conserva mejor pero debe tenerse en cuenta que es más susceptible a daños por hongos y/o levaduras (Aluffi y Rembado, 2005).

En la figura 69-A se observa el cambio en el pH en jitomate ‘Saladette’ cultivado en suelo y en hidroponía almacenado a 20° C. El valor de pH se mantuvo casi constante durante el tiempo de almacenamiento iniciando con un valor de 4.8 para el cultivo en suelo y de 4.6 para el hidropónico, presentándose diferencia significativa ($p \geq 0.05$). En el posclimaterio (E4) el pH de los jitomates presentó un valor de 4.7 y 4.6 para el de suelo y el hidropónico, respectivamente, sin registrar diferencia significativa ($p \geq 0.05$).

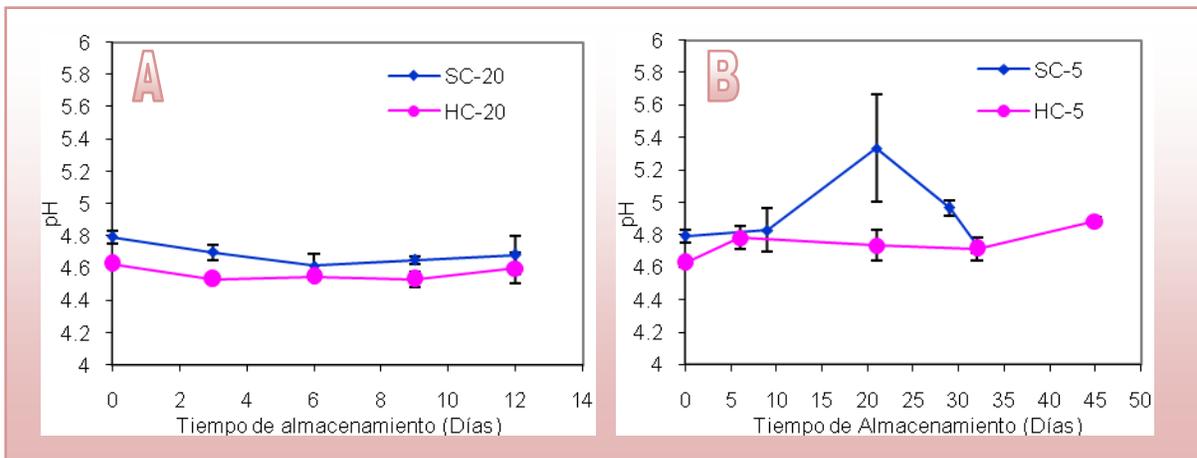


Figura 69. Cambio en el pH de jitomate cultivado en suelo (SC) y en hidroponía (HC) almacenados a 20° C (A) y 5° C (B). Cada valor representa la medida de 6 réplicas. Las barras verticales representan \pm la SD.

En la figura 69-B se observa el cambio en el pH de jitomate ‘Saladette’ cultivado en suelo y en hidroponía almacenados a 5° C. Se observó que los valores del jitomate cultivado en suelo se mantuvieron por encima del jitomate cultivado en hidroponía durante el tiempo de almacenamiento, sin embargo hay que prestar atención cuando en el día 21 de almacenamiento que representó el máximo climaterio, el pH del jitomate cultivado en suelo

RESULTADOS Y DISCUSIÓN



sube hasta un valor de 5.3 , para finalizar el almacenamiento con un valor de 4.7, mientras que el hidropónico se mantuvo casi constante con valor de 4.6 para el inicio del almacenamiento, 4.71 para el máximo climaterio (E3) y de 4.9 para el final del almacenamiento.

Ciruelos *et al.* (2008) indicaron que el pH del jugo de jitomate se sitúa normalmente entre 4.2 y 4.4, siendo muy raro que se superen estos valores, lo que asegura la estabilidad microbiológica durante el procesado. Este valor de pH hace que el jitomate sea un producto relativamente fácil de manejar a nivel industrial. Su bajo pH lo hace poco atractivo a la contaminación microbiana siendo suficiente la pasterización para su envasado tras el proceso de concentrado.

CAMBIOS EN LA ACIDEZ:

En La figura 70-A se observa el cambio en la acidez del jitomate cultivado en suelo y en hidroponía almacenados a 20° C. El jitomate hidropónico presentó un valor más alto en su contenido de ácido cítrico durante todo el almacenamiento, es decir este cultivo presentó una acidez dos veces mayor que el de suelo, manteniéndose ese comportamiento durante el tiempo de almacenamiento. Al inicio el jitomate hidropónico presentó un valor de 0.057%, mientras el de suelo presentó un valor de 0.031%, y llegando al inicio del climaterio (6° día) presentó una valor de 0.039%, mientras el de suelo presentó un valor de 0.028%. En el máximo climaterio (9° día) se presentaron valores de 0.42% para el hidropónico y de 0.020% para el de suelo, finalizando el almacenamiento en el 12° día con un valor de 0.039% para el hidropónico y de 0.018% para el de suelo, presentando diferencia significativa ($p \geq 0.05$) a lo largo de todo el periodo de almacenamiento.

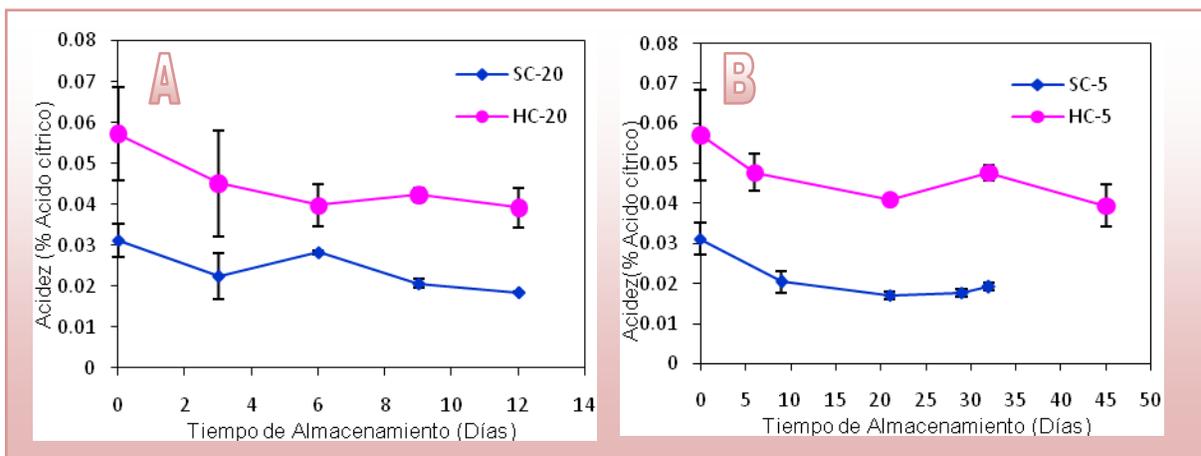


Figura 70. Cambio en la acidez de jitomate cultivado en suelo (SC) y en hidroponía (HC) almacenados a 20° C (A) y 5° C (B). Cada valor representa la medida de 6 réplicas. Las barras verticales representan \pm la SD.



En la figura 70-B se observa el cambio en la acidez del jitomate cultivado en suelo y en hidroponía almacenados a 5° C. Se observó que el jitomate cultivado en hidroponía presentó mayor acidez iniciando el almacenamiento con un valor de 0.057%, mientras que el de suelo presentó un valor de 0.031%. En el máximo climaterio (32° día) para el hidropónico, presentó un valor de 0.047%, mientras el de suelo presentó en el máximo climaterio (día 21) un valor de 0.017%, para finalizar el almacenamiento con un valor de 0.039% para el hidropónico y de 0.019% para el de suelo, con diferencia significativa ($p \geq 0.05$) en todo el periodo de almacenamiento.

Al observar el comportamiento a 20° C y 5° C se observó una disminución en la acidez en ambas condiciones de almacenamiento con valores muy similares y sin presentar diferencia significativa ($p \geq 0.05$), lo que indicó que la temperatura de almacenamiento no afectó la acidez, no así al comparar el tipo de cultivo, que se observó que para el hidropónico representó más del doble del porcentaje de ácido cítrico que para el de suelo, esto probablemente se deba a la cantidad de nutrientes disponibles durante el cultivo.

Los ácidos cítricos no volátiles se encuentran entre los primeros constituyentes celulares que sufren cambios durante la maduración de los frutos, ordinariamente durante la maduración, los ácidos orgánicos son respirados y convertidos en azúcares. Los ácidos pueden ser considerados como una reserva energética más de la fruta, siendo por consiguiente esperar que su contenido decline en el periodo de actividad metabólica máxima durante el curso de la maduración (Acosta y Nieto, 2002).

5.2. DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS NUTRICIONALES EN JITOMATE ‘Saladette’ CULTIVADO EN SUELO Y EN HIDROPONÍA

CAMBIOS EN EL CONTENIDO DE VITAMINA C (ACIDO ASCÓRBICO):

Los jitomates han sido considerados tradicionalmente como hortalizas con un valor nutritivo medio; sin embargo, su elevado consumo durante todo el año hace que sea una hortaliza interesante desde el punto de vista nutritivo. En este contexto, el incremento de su contenido en vitamina C se presenta como un objetivo de mejora prometedor, ya que esta vitamina desempeña un papel importante en la prevención de enfermedades degenerativas, cánceres, desórdenes neurológicos y de la vista (Roselló *et al.*, 2006).

La vitamina C está presente en las frutas y verduras en forma de ácido L-ascórbico y ácido dehidroascórbico. El ascorbato es, probablemente, el antioxidante hidrosoluble más efectivo

RESULTADOS Y DISCUSIÓN



presente en el plasma. Es capaz de atrapar y reducir nitritos, inhibiendo por tanto la formación en el estómago de compuestos carcinogénico N-nitroso (Zapata *et al.*, 2007).

En la figura 71-A se muestra el cambio en el contenido de ácido ascórbico de jitomate almacenado a 20° C cultivado en suelo y en hidroponía. En dicho almacenamiento se observó que el jitomate cultivado en suelo presentó mayor contenido de ácido ascórbico con un valor en el preclimaterio (6° día) de 19.6 mg/100 g, alcanzando un máximo de 23.1 mg/100 g en el máximo climaterio (9° día), para finalmente concluir el almacenamiento en el posclimaterio (12° día) con un valor de 21.7 mg/100 g. El jitomate cultivado en hidroponía inició con un nivel de ácido ascórbico de 14.9 mg/100 g en el preclimaterio (6° día), alcanzando en el máximo climaterio (9° día) un valor de 18.4 mg/100g y manteniéndose hasta el final del almacenamiento en el mismo valor. En el tiempo que duró el almacenamiento se observó diferencia significativa ($p \geq 0.05$) en las muestras en el preclimaterio (día 6), mientras que en el máximo climaterio (9° día) y posclimaterio (12° día) no se tuvieron diferencias significativas.

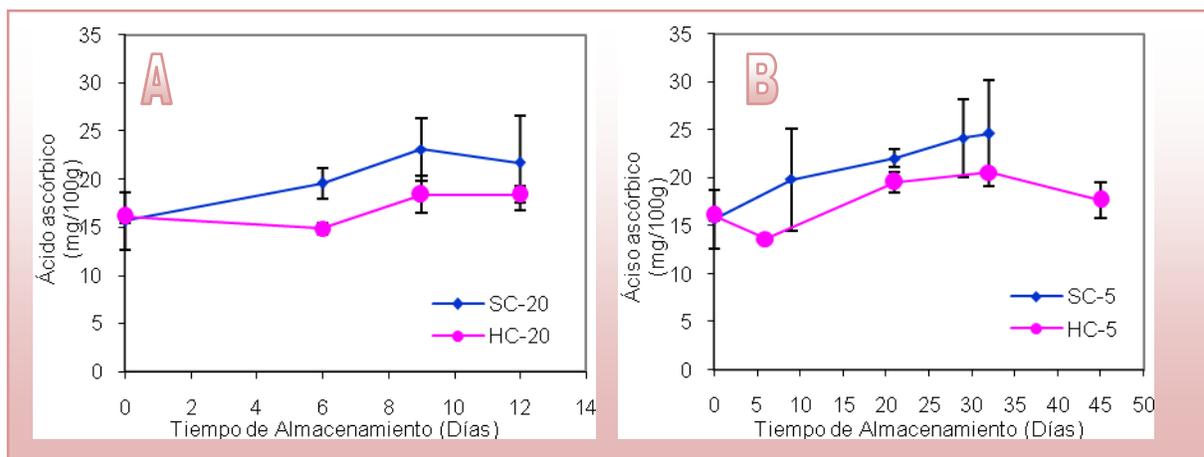


Figura 71. Cambio en el contenido de ácido ascórbico de jitomate cultivado en suelo (SC) y en hidroponía (HC) almacenados a: 20° C (A) y 5° C (B). Cada valor representa la medida de 6 réplicas. Las barras verticales representan \pm la SD.

En la figura 71-B se muestran los cambios en el ácido ascórbico de los jitomates cultivados en hidroponía y en suelo almacenados a 5° C. Los jitomates cultivados en suelo fueron los que presentaron mayor cantidad de ácido ascórbico obteniendo un valor de 19.8 mg/100g en el 9° día de muestreo, aumentando a 22 mg/100g en el 21° día, para posteriormente pasar a 24.1 mg/100g y finalizar el almacenamiento con 24.6 mg/100g muestra en el día 32. El jitomate cultivado en hidroponía presentó un nivel de ácido ascórbico menor al jitomate



cultivado en suelo obteniendo un valor de 13.6 mg/100g en el 6º día de almacenamiento, pasando al 21º día a 19.5 mg/100g, y manteniéndose en el 32º día de almacenamiento, para finalizar en el día 45 de almacenamiento con un valor de 17.7 mg/100g.

De acuerdo a lo anterior se puede señalar que existe un incremento en el contenido de vitamina C (ácido ascórbico) durante el periodo de maduración, para posteriormente descender en el pos-climaterio (E4). Zapata *et al.* (2007), indica que los factores medioambientales pueden afectar el contenido de antioxidantes en jitomates. La exposición de los jitomates a la luz favorece la acumulación de vitamina C. En tomates cultivados en invernaderos la literatura ha reportado un contenido menor de ácido L-ascórbico que los cultivados a campo debido a la menor intensidad de luz. Además en el estado verde maduro de los tomates de invernadero se ha observado una correlación entre la temperatura y el contenido de vitamina C.

El mismo autor señala que se observa un notable incremento de ácido L-ascórbico al momento en que los frutos son arrancados de la planta y al modificar las condiciones medioambientales para simular una comercialización. Esto podría estar relacionado en que los efectos climáticos y factores previos a la cosecha afectan el contenido de antioxidantes en jitomates. Por lo tanto, se puede pensar que el cambio en el contenido de vitamina C en jitomate puede ser una respuesta al estrés producido por los cambios medioambientales.

CAMBIOS EN EL CONTENIDO DE CAROTENO:

Los carotenoides son compuestos solubles en lípidos, y son los encargados de dar color a los frutos y vegetales, entre los más importantes para el organismo se tienen los: β -carotenos, α -carotenos, licopeno, criptoxantina, luteína y zeaxantina. El licopeno es el pigmento responsable del color rojo que presentan los tomates, pomelos, sandías, pimentones, etc. El licopeno es un pigmento con una estructura química de cadena abierta con once dobles enlaces conjugados, de estructura sencilla con una cadena alifática formada por cuarenta átomos de carbono, éste se absorbe mejor a través de las grasas y aceites por su liposolubilidad y se encuentra presente en el organismo humano tanto en la sangre como en tejidos (Fernández *et al.*, 2007).

En la figura 72-A se puede observar el cambio en el contenido de carotenos de jitomate 'Saladette' cultivado en hidroponía y en suelo almacenado a 20°C. Durante el tiempo de almacenamiento a 20° C el comportamiento en el contenido de carotenos fue muy similar en

RESULTADOS Y DISCUSIÓN



ambos jitomates, no obteniendo una diferencia significativa en ninguna de las muestras. Ambos jitomates iniciaron el almacenamiento con un valor de 38.5 mg/100g, el hidropónico mantuvo ese valor para el 3º día de almacenamiento, mientras el jitomate cultivado en suelo aumentó su valor a 43.1 mg/100g, sin presentar diferencia significativa ($p \geq 0.05$), para el inicio del climaterio (E2) en el 6º día, ambos jitomates aumentaron la cantidad de carotenos obteniendo un valor de 62.9 mg/100g para el hidropónico y de 55.4 mg/100g para el de suelo, al llegar al máximo climaterio (9º día) los valores se igualaron quedando en 72.60 mg/100g para el hidropónico y de 74.23 mg/100g para el de suelo, para finalmente llegar al posclimaterio (E4) en el 12 día con un valor de 90.16 mg/100g para el hidropónico y de 85.62 mg/100g para el de suelo sin observarse diferencia significativa ($p \geq 0.05$) a lo largo de todo el almacenamiento.

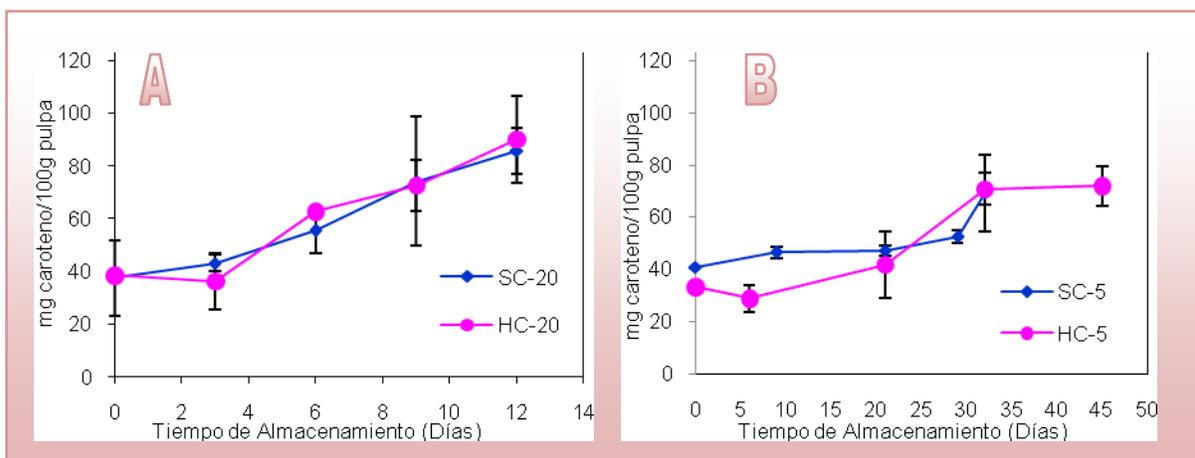


Figura 72. Cambio en el contenido de carotenos de jitomate cultivado en suelo (SC) y en hidroponía (HC) almacenados a 20° C (A) y 5° C (B). Cada valor representa la medida de 6 réplicas. Las barras verticales representan \pm la SD.

En la figura 72-B se observó el cambio en el contenido de carotenos para el jitomate hidropónico y para el de suelo, almacenados a una temperatura de 5°C. En su almacenamiento a 5°C se observó que el jitomate cultivado en suelo obtuvo un valor de 40.8 mg/100g en el inicio del almacenamiento, aumentando su valor para el día 9 de almacenamiento a 46.4 mg/100g, el cual se mantuvo casi constante para el día 21 de almacenamiento, la cantidad aumentó a 52.4 mg/100g para el día 29 sin diferencia significativa entre éstas tres últimas cantidades ($p \geq 0.05$); sin embargo en el día 32 que fue la etapa final del almacenamiento (E4) aumentó significativamente a 69.1 mg/100g. En el caso del jitomate hidropónico se observó una clara tendencia de incremento iniciando el almacenamiento con un valor de 33.2 mg/100g aumentando al 21º día a 40.8 mg/100g,



igualando su valor con el jitomate cultivado en suelo en el día 32 con un valor de 70.7 mg/100g, para finalizar el almacenamiento con un valor de 71.8 mg/100g.

Se observó un efecto por la temperatura de almacenamiento en el contenido de carotenos, ya que el almacenamiento a 20° C favorece la síntesis de estos compuestos. La diferencia entre los valores que se obtienen comparando el tipo de cultivo no tiene diferencia significativa ($p \geq 0.5$), por lo que se concluye que el tipo de cultivo no tuvo influencia sobre los carotenos.

CAMBIOS EN EL CONTENIDO DE LICOPENO:

El desarrollo del color rojo durante la maduración se debe principalmente a la síntesis de varios pigmentos carotenoides, en particular el licopeno. La temperatura óptima de maduración que asegura buena calidad sensorial y nutricional es 20 °C. A esta temperatura el desarrollo de color es óptimo (INTA, 2006).

El licopeno se produce en los frutos del jitomate como una respuesta de defensa ante algún tipo de estrés ya sea del medio ambiente, principalmente la incidencia de rayos ultravioleta e infrarrojos (Núñez *et al.*, 2005)

El Licopeno representa aproximadamente el 80 – 90% del los carotenoides que se encuentran en un jitomate maduro promedio, de la variedad *Lycopersicum esculentum* (tomate chonto), y su cantidad aproximada en la hortaliza es alrededor de 3000 µg/100g (0.003%) (Cardona *et al.*, 2006).

En la figura 73-A se muestra el cambio en el contenido de licopeno de jitomate ‘Saladette’ cultivado en suelo y en hidroponía almacenados a 20° C, en la cual se puede observar que ambos jitomates presentaron valores similares en los primeros días de almacenamiento, para el 3° día de almacenamiento se observó un valor de 1.9 mg licopeno/100g, aumentando a 7.1 mg licopeno/100g para el 6° día. En el máximo climaterio (día 9), se observó que el jitomate cultivado en suelo presentó mayor cantidad de licopeno, 15.4 mg licopeno/100g, mientras que el hidropónico presentó valores de 13.6 mg licopeno/100g, se observó diferencia significativa ($p \geq 0.05$) para ambos valores. Finalmente al llegar al posclimaterio (E4) en el día 12 ambos se igualaron en contenido obteniendo 15.30 mg licopeno/100g.

En la figura 73-B se muestra el cambio en el contenido de licopeno para el jitomate cultivado en suelo y en hidroponía almacenados a 5° C, en la cual se observa que al inicio del

RESULTADOS Y DISCUSIÓN



almacenamiento se obtienen valores muy bajos y conforme transcurrió el almacenamiento y el fruto fue cambiando de color este valor se incrementó para ambos jitomates. En el caso del jitomate cultivado en suelo se observó un incremento constante en el contenido de licopeno durante los primeros nueve días alcanzando un valor en este día de 6.2 mg licopeno/100g, y del día 9 al día 15 se mantuvo constante llegando al máximo climaterio (día 21) con un valor de 10.4 mg licopeno/100g, que fue cuando mostró el mayor incremento, para finalizar el almacenamiento en el día 32 con un valor de 8.6 mg licopeno/100g. Mientras que el jitomate hidropónico se comportó de manera distinta, ya que en el inicio del almacenamiento presentó igualmente valores muy bajos, sin embargo, estos valores se mantienen durante 32 días llegando a obtener un máximo de 1.2 mg licopeno/100g, valor que en los días siguientes disminuyó a 0.05 mg licopeno/100g, el cual se mantuvo hasta el día 40, coincidiendo con el fin del máximo climaterio, día en el que se registraron 5.1 mg licopeno/100g, para el día 45 que es el posclimaterio (E4) el jitomate hidropónico alcanzó su máxima cantidad de licopeno obteniendo un valor de 9.8 mg licopeno/100g.

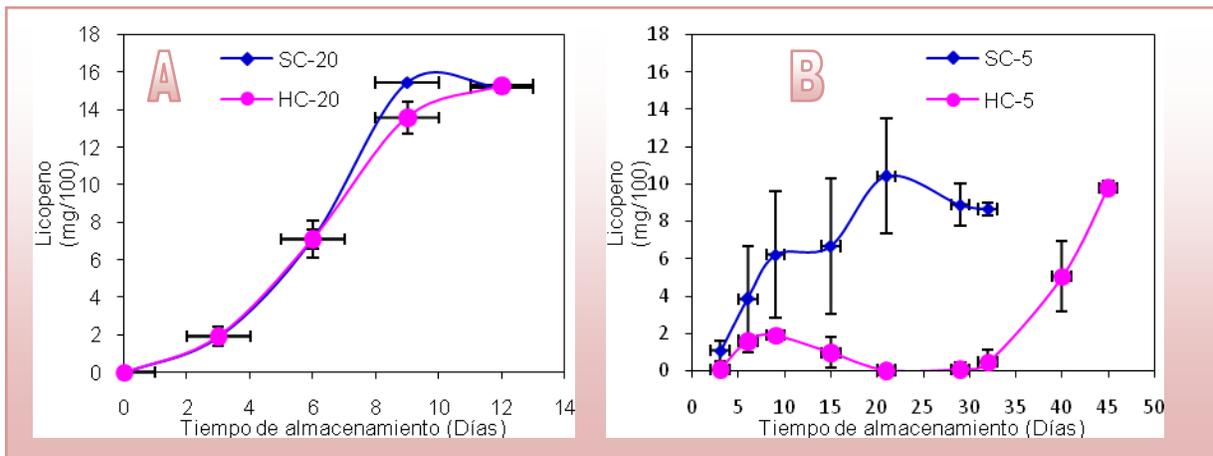


Figura 73. Cambio en el licopeno de jitomate cultivado en suelo (SC) y en hidroponía (HC) almacenados a: 20° C (A) y 5° C (B). Cada valor representa la medida de 6 replicas. Las barras verticales representan \pm la SD

El incremento en la cantidad de licopeno fue un aspecto importante durante el máximo climaterio del fruto, excepto en el jitomate hidropónico almacenado a 5°C que se da finalizando el máximo climaterio, además se ve una tendencia clara de que después de llegar a un máximo en la concentración de licopeno disminuye en todos los casos al llegar el posclimaterio, excepto en el jitomate hidropónico almacenado a 5° C.



Finalmente se puede observar que en los frutos almacenados a 5°C se obtuvo una menor síntesis de licopeno en ambos casos, esto debido principalmente a la temperatura de almacenamiento, aunque también está influenciado por la iluminación durante el cultivo y el almacenamiento, el oxígeno disponible entre otros factores (Nuez, 2001).

5.3. CAMBIOS EN LA COMPOSICIÓN QUÍMICA AL INICIO Y AL FINAL DEL ALMACENAMIENTO DE JITOMATE ‘Saladette’ CULTIVADO EN SUELO Y EN HIDROPONÍA

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE AZÚCARES:

Los constituyentes orgánicos prevaletentes son los azúcares. Los azúcares reductores, fructosa y glucosa, representan cerca del 50 % de la materia seca y más del 95% de los azúcares totales en el tomate. Éstos se determinan mediante diversos métodos analíticos basados en reacciones de oxidación-reducción o por análisis con cromatografía líquida y sus valores oscilan entre 2.5 y 3.0 g/100 ml (Ciruelos *et al.*, 2008).

En la tabla 18 se observa el contenido de azúcares reductores en jitomate ‘Saladette’ cultivado en suelo y en hidroponía almacenado a 5 y a 20° C, se observó que en el inicio del almacenamiento el jitomate hidropónico presentó mayor cantidad de carbohidratos que el de suelo obteniendo un valor de 2.20% mientras el de suelo 2.15%. Sin embargo al finalizar el almacenamiento el contenido de azúcares fue mayor para el jitomate cultivado en suelo obteniendo un valor de 2.31% y 2.81% para el almacenamiento a 20° C y a 5° C, respectivamente, mientras el hidropónico presentó 2.11% y 2.48% para el almacenamiento a 20° C y a 5° C, respectivamente.

Tabla 18. Contenido de carbohidratos en jitomate ‘Saladette’ cultivado en suelo (SC) y en hidroponía (HC).

Tipo de cultivo	Inicial (E1)	Final (E4) 20° C	Final (E4) 5° C
HC	2,20 ± 0,12a	2,11 ± 0,05a	2,48 ± 0,08a
SC	2,15 ± 0,02a	2,31 ± 0,07b	2,81 ± 0,15b

Los valores representan la media de tres determinaciones ± desviación estándar. Los valores seguidos de diferente letra por columna difieren significativamente ($p \leq 0.05$).

En estudios del INTA (2006) indican que la concentración de azúcares en la fruta se ve influenciada por factores ambientales entre los cuales la luz juega un rol principal. A



mayor cantidad de luz incidiendo sobre la fruta, mayor cantidad de azúcar. En consecuencia, los tomates cultivados en invernadero en épocas del año de baja intensidad lumínica, tienen mucho menos concentración de azúcar que los cultivados en condiciones de luz más favorables.

Lo anterior explica la mayor cantidad de azúcares en el jitomate cultivado en suelo y a cielo abierto que en el hidropónico.

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD:

El componente más abundante y el único que casi está presente en los alimentos es el agua. La determinación del contenido de humedad de los alimentos es una de las más importantes y ampliamente usadas en el proceso y control de los alimentos ya que indica la cantidad de agua involucrada en la composición de los mismos. El contenido de humedad se expresa generalmente como porcentaje, las cifras varían entre 60-95% en los alimentos naturales (Parra, 2007).

En la tabla 19 se observa el contenido de humedad en jitomate 'Saladette' cultivado en suelo y en hidroponía almacenados a 5 y a 20° C. Se observó que el jitomate cultivado en suelo es más acuoso que el hidropónico, tanto al inicio como al final del almacenamiento, ya que en el inicio del almacenamiento (E1) presentó un valor de 93.6%, mientras el hidropónico de 92.9%. En el posclimaterio el jitomate cultivado en suelo presentó mayor cantidad de agua obteniendo un valor de 94.2% en el almacenamiento a 20°C y de 93.9% en el almacenamiento a 5° C, mientras que el jitomate cultivado en hidroponía presentó una humedad de 93.7 y 93.4 a 20° C y 5° C, respectivamente.

Tabla 19. Contenido de humedad en jitomate 'Saladette' cultivado en suelo (SC) y en hidroponía (HC)

Tipo de cultivo	Inicial (E1)	Final (E4) 20° C	Final (E4) 5° C
HC	92,9 ± 0.14a	93,7 ± 0.04a	93,4 ± 0.15a
SC	93,6 ± 0.35b	94,2 ± 0.10b	93,9 ± 0.43b

Los valores representan la media de tres determinaciones ± desviación estándar. Los valores seguidos de diferente letra por columna difieren significativamente ($p \leq 0.05$).

Se observa que el contenido de agua aumentó al final del almacenamiento, sin embargo el mayor aumento se da en el almacenamiento a 20°C.



DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE FIBRA CRUDA:

La fibra vegetal, conocida también como fibra alimentaria o fibra dietética, es la parte no digerible de todo alimento de origen vegetal como frutas, verduras, cereales y leguminosas, que pasando a través de todo el tracto intestinal, se elimina por las heces. No es un nutrimento, pero es indispensable en la alimentación ya que contribuye a eliminar del organismo, aquello que no necesita.

La fibra dietética esta constituida por: celulosa, hemicelulosas y ligninas.

La celulosa de la fibra dietética, está constituida por las paredes celulares de los cereales, frutas, verduras y leguminosas. Las ligninas, se localizan en las partes duras de los vegetales. La fibra tiene además pequeñas cantidades de pectina (que en el intestino, se une al colesterol) gomas y mucílagos (Llamas, 2007).

En la tabla 20 se observa el contenido de fibra cruda al inicio y al final del almacenamiento a 20 y a 5° C. Podemos observar que en el inicio del almacenamiento (E1) el jitomate de suelo presentó mayor cantidad de fibra con un valor de 1.31% mientras el hidropónico presentó un valor de 1.2% presentando diferencia significativa, el valor del contenido de fibra para el jitomate cultivado en suelo disminuyó para el final del almacenamiento para ambas condiciones obteniendo 1.03 y 1.3% a 20° C a 5° C respectivamente; mientras en el caso del hidropónico el valor de fibra para el final del almacenamiento fue de 1.35 y 1.06% a 20° C y 5° C, respectivamente.

Tabla 20. Contenido de fibra en jitomate 'Saladette' cultivado en suelo (SC) y en hidroponía (HC).

Tipo de cultivo	Inicial (E1)	Final (E4) 20° C	Final (E4) 5° C
HC	1.21 ± 0.05a	1.06 ± 0.14a	1.03 ± 0.11a
SC	1.31 ± 0.08b	1.29 ± 0.01b	1.35 ± 0.12b

Los valores representan la media de tres determinaciones ± desviación estándar. Los valores seguidos de diferente letra por columna difieren significativamente ($p \leq 0.05$).

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE PROTEÍNA:

Las proteínas tienen funciones estructurales (de sostén), metabólicas (enzimas), de transporte, de reserva de aminoácidos y estimulación del crecimiento entre otras (BIODERPAC, 2007).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN



El metabolismo de los aminoácidos es de gran importancia durante la maduración. El aminoácido metionina puede actuar como precursor inmediato del etileno en los tejidos de frutas y hortalizas (Emilio, 1998).

Durante la maduración, los aminoácidos libres totales permanecen relativamente constantes, pero la concentración de ácido glutámico, que tiene acción quelante, estimula el crecimiento y favorece la germinación y además es el predominante en el jitomate maduro, aumenta de forma acusada mientras el ácido aspártico lo hace en menor proporción. Se ha encontrado un pequeño aumento en el nitrógeno proteico precediendo al pico climatérico, parece que la fertilización nitrogenada aumenta el contenido en algunos aminoácidos, particularmente glutámico y aspártico (Nuez, 2001).

En la tabla 21 se observa el contenido de proteína presente en el jitomate 'Saladette' cultivado en suelo y en hidroponía al inicio y al final del almacenamiento a 5° y 20° C. En el caso del jitomate cultivado en suelo se observó un aumento considerable de proteína en el almacenamiento, ya que en el inicio del almacenamiento presentó un valor de 0.64% obteniendo al final del almacenamiento 1.24% y 0.92% en el almacenamiento a 20° C y 5° C respectivamente.

Tabla 21. Contenido de proteína en jitomate 'Saladette' cultivado en suelo (SC) y en hidroponía (HC).

Tipo de cultivo	Inicial (E1)	Final (E4) 20° C	Final (E4) 5° C
HC	0.66 ± 0.07a	1.14 ± 0.10a	0.95 ± 0.02b
SC	0.64 ± 0.04a	1.24 ± 0.04a	0.92 ± 0.04b

Los valores representan la media de tres determinaciones ± desviación estándar. Los valores seguidos de diferente letra por columna difieren significativamente ($p \leq 0.05$).

En el caso del jitomate hidropónico se observó que inicialmente contiene mayor cantidad de proteína que el de suelo, obteniendo un valor de 0.66%, sin embargo termina el almacenamiento a 20° C con un valor de 1.14% que es inferior al de suelo, en el caso del almacenamiento a 5° C obtuvo un valor de 0.95%, que supera sin diferencia significativa ($p \geq 0.05$) al de suelo. En ambos casos se observó un incremento en la proteína sin embargo el mayor incremento se da en el almacenamiento a 20° C.

Se observa que el tipo de cultivo no influyó directamente en el contenido de proteína, no así en el caso de la temperatura de almacenamiento, ya que en el almacenamiento a



20°C el contenido de proteína aumentó significativamente al final del almacenamiento obteniendo valores de 1.14% y 1.24% para el jitomate hidropónico y de suelo, respectivamente; mientras que en el caso del almacenamiento a 5° C se observó un aumento en el contenido de proteína al final del almacenamiento para ambos cultivos presentando valores de 0.95% y 0.92% para el jitomate hidropónico y de suelo, respectivamente, sin embargo este aumento fue menor al reportado a 20° C

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE CENIZAS:

En la tabla 22 se observa el contenido de cenizas presente en el jitomate ‘Saladette’ cultivado en suelo y en hidroponía al inicio y al final del almacenamiento a 5° y 20° C. En el cual, se puede observar que el jitomate cultivado en hidroponía contiene mayor proporción de componentes minerales obteniendo un valor de 1.04%, mientras que el de suelo tiene 0.85%, los valores se mantienen constantes al final del almacenamiento para ambas condiciones, sin diferencia significativa ($p \geq 0.05$) entre las mismas.

Tabla 22. Contenido de cenizas en jitomate ‘Saladette’ cultivado en suelo (SC) y en hidroponía (HC).

Tipo de cultivo	Inicial (E1)	Final (E4) 20° C	Final (E4) 5° C
HC	1.04 ± 0.05a	1.10 ± 0.06a	1.08 ± 0.10a
SC	0.85 ± 0.00b	0.84 ± 0.08b	0.93 ± 0.04b

Los valores representan la media de tres determinaciones ± desviación estándar. Los valores seguidos de diferente letra por columna difieren significativamente ($p \leq 0.05$).

5.4. SUSCEPTIBILIDAD A ENFERMEDADES FÚNGICAS

Los hongos son células eucarióticas, carecen de clorofila y tienen una pared celular rígida, pueden ser unicelulares o multicelulares y microscópicos o macroscópicos. Se reproducen asexual o sexualmente. Al carecer de clorofila deben nutrirse a expensas de materia orgánica. Los hongos tienen un hábitat muy diverso la mayoría son terrestres y habitan en el suelo, sobre materia orgánica muerta (saprófitos o saprobios), desempeñando una actividad crucial en la mineralización del carbono orgánico; otros muchos son parásitos vegetales ocasionando la mayoría de las enfermedades significativas económicamente de plantas y frutos cultivados (Kiffer, 1999).



Los patógenos pueden penetrar a la planta huésped por medio de tres vías de ingreso; penetración directa a través de la cutícula y la epidermis; a través de las aberturas naturales: Lenticelas, estomas, etc. o a través de la superficie que muestre heridas.

Parece ser que la forma más común en la que los hongos penetran en las plantas de jitomate es por la cavidad estomática (Figura 74), y la penetración se realiza mediante el tubo germinativo, el cual desarrolla una hifa infecciosa, el desarrollo del hongo prosigue de manera similar ya sea por penetración directa o estomática (Kiffer, 1999).



Figura 74. Jitomate con manifestación de enfermedad.

Los microorganismos encontrados en los jitomates se desarrollaron en el almacenamiento, en esta etapa no es fácil conocer si el microorganismo es aprobio o saprobio, los microorganismos aprobios son propios de la flora bacteriana del jitomate, por otro lado los microorganismos saprobios son microorganismos oportunistas que proliferan en el alimento debido a lesiones provocadas por otros microorganismos y que encuentran las condiciones propicias para el desarrollo del microorganismos (Kiffer, 1999).

5.4.1 JITOMATE 'Saladette' CULTIVADO EN SUELO

En el día 10 almacenamiento a 20° C de jitomate 'Saladette' cultivado en suelo se observó la aparición de manchas en la epidermis y en el pedúnculo, además hubo desprendimiento de tejido, lo cual puede verse en la figura 75.

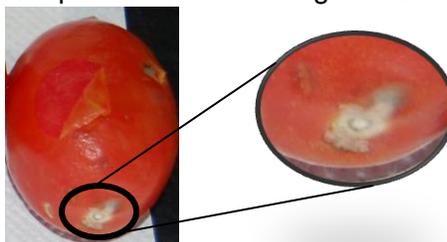


Figura 75. Jitomate con enfermedad en el pedúnculo y con desprendimiento de tejido

RESULTADOS Y DISCUSIÓN



Para el 12 día de almacenamiento se observó el crecimiento de hongo filamentososo en la parte del pedúnculo y la epidermis, así como liberación de jugo, ablandamiento de tejido y en algunos casos la invasión total por el hongo (Figuras 76 y 77).



Figura 76. Ablandamiento de tejido en jitomate.

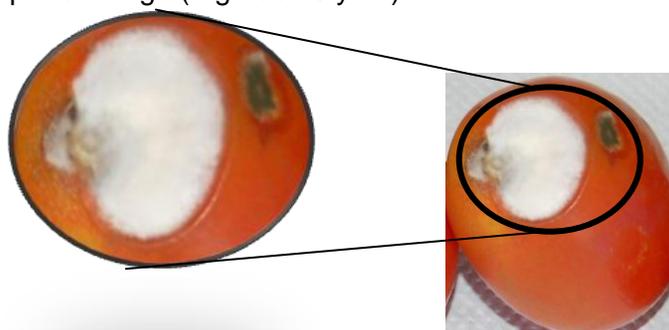


Figura 77. Jitomate invadido por hongo.

Después de realizar la técnica de microcultivo para la identificación de patógenos se encontraron los géneros *Penicillium sp.*, *Verticillium sp.* y *Alternaria sp.* (Tabla 23).

Tabla 23. Hongos identificados en jitomate cultivado en suelo almacenado a 20° C

Número de jitomate	Clave	Género
No 1	SCB-20-3-4-2	<i>Verticillium</i>
No 4	SCB-20-3-4-2	No identificado
No 7	SCB-20-3-4-2	<i>Penicillium</i>
No 9	SCB-20-3-4-2	No identificado
No 11	SCA-20-2-MB-1	<i>Penicillium</i>
No 13	SCB-20-3-4-2	No identificado
No 14	SCA-20-2-MB-1	<i>Alternaria</i>
No 16	SCB-20-3-4-2	<i>Verticillium</i>
No 18	SCA-20-2-MB-1	<i>Alternaria</i>
No 21	SCB-20-3-4-2	<i>Verticillium</i>

Para el jitomate cultivado en suelo almacenado a 5° C se observó la aparición de manchas negras filamentosas en el tejido (Figura 78) ante lo cual se decidió terminar la experimentación en el día 32 de almacenamiento.



Figura 78. Manchas negras filamentosas en jitomate.

Después de realizar la técnica de microcultivo se identificaron los siguientes patógenos: *Alternaria*, *Verticillium* y *Stemphyllium* (Tabla 24).

Tabla 24. Hongos identificados en jitomate cultivado en suelo almacenado a 5° C.

Número de jitomate	Clave	Género
No 3	SCA-5-3-4-4	<i>Alternaria</i>
No 6	SCA-5-2-2-2	<i>Alternaria</i>
No 12	SCB-5-3-1-1	<i>Stemphyllium</i>
No 17	SCB-5-3-1-1	<i>Stemphyllium</i>
No 19	SCB-5-2-1-1	<i>Alternaria</i>
No 20	SCB-5-3-1-1	<i>Verticillium</i>

5.4.2 JITOMATE ‘Saladette’ CULTIVADO EN HIDROPONÍA

En el jitomate ‘Saladette’ cultivado en hidroponía se observó la aparición de manchas en el área del pedúnculo (Figura 79), ablandamiento de tejido e invasión por patógeno en un 50% de los jitomates en el día 48 de almacenamiento ante lo cual se decidió terminar la experimentación en este día.



Figura 79. Jitomate hidropónico con daño en el pedúnculo.

En los jitomates hidropónicos, sólo se encontraron hongos en los almacenados a 5 °C identificándose los géneros *Verticillium* y *Alternaria* (Tabla 25).



Tabla 25. Hongos identificados en jitomate cultivado en hidroponía almacenado a 5° C

Número de jitomate	Clave	Género
No 2	HCB-5-3-4-4	<i>Alternaria</i>
No 5	HCA-5-1-4-1	<i>Verticillium</i>
No 8	HCB-5-1-2-1	<i>Alternaria</i>
No 10	HCA-5-1-4-1	<i>Verticillium</i>
No 15	HCB-5-3-4-4	No identificado

5.4.3 DESCRIPCIÓN DE LOS GÉNEROS IDENTIFICADOS

5.4.3.1 *Penicillium*

Micelio vegetativo incoloro, con colores pálidos o con colores brillantes, nunca dematiceo, septado, predominantemente sumergido o en parte sumergido y en parte aéreo, con la parte aérea enredada crecimiento libre veloso parcial como el hilo de la hifa. Los conidióforos se elevan más o menos perpendiculares desde las hifas sumergidas o aéreas desatadas de algún otro o para algún grado, agregando a los racimos compactados en una definitiva coremia, septada, suave o áspera, terminando en una tipo escoba girada de ramas de *Penicillium*. La parte posterior consiste en un sencillo conjunto de esporas sosteniendo los órganos (fialides) doblemente ramificado como verticilio con el sistema de ramificaciones simétrico o asimétrico, las ramificaciones finales son las fialides.

La conidia producida por abscisión forma cadenas sin ramificación, globosas, ovoides, elípticas o piriformes, suaves o ásperas en la mayoría de los casos es verde durante el crecimiento, pero algunas veces es incoloro y en otras con colores pálidos.

El peritecio producido por algunas especies es parecido al esclerosio, madura tardíamente desde el centro al exterior, si es suave madura rápidamente. El esclerosio es producido por diversas especies. En *Penicillium* con más de una etapas de ramificación, las ramas sostienen las fialides y son llamadas métulas, las ramas que soportan la métula son comparativamente cortas y una parte obvia del *Penicillium* (Holliday, 1980).

Clasificación taxonómica (García, 2004).

Clase: Euascomycetes



Orden: Eurotiales

Familia: Trichomaceae

Género: *Penicillium*



El crecimiento del hongo en medio de cultivo tuvo una tonalidad verde aterciopelada con micelio inmerso y micelio aéreo incoloro solo en la parte central (Figura 80).

Figura 80. Crecimiento del hongo en medio de cultivo.



Figura 81. Esporas de *Penicillium* a 24 horas.

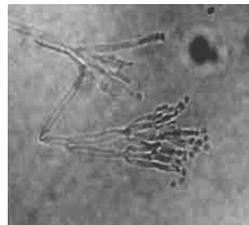


Figura 82. Esporas de *Penicillium* a 48 horas.

Las esporas de *Penicillium sp.* se hincharon entre las 24 y 48 horas incrementando su tamaño de 4 micras hasta 8 micras, generando el tubo germinativo y posteriormente la hifa (Figuras 81 y 82).

La hifa se desarrolló para formar el micelio a las 72 horas de emitir el tubo germinativo, el cual soporta las fialides donde se forman las esporas (Figuras 83 y 84).

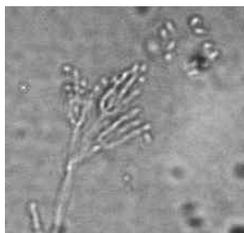


Figura 83. Desarrollo de la hifa.

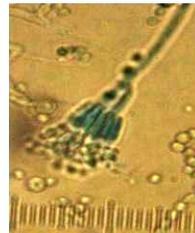


Figura 84. Micelio soportando fialides.



Las cadenas de esporas *Penicillium sp.* Se formaron después de 96 horas (Figura 85).

Figura 85. Cadenas de esporas de *Penicillium sp.*



5.4.3.2. *Verticillium*

Micelio compuesto de hifas rastreras ramificadas septadas, hialino o ligeramente coloreado. Los conidióforos son erectos septados, sencillos o ramificados. Las ramas de primer orden giradas opuestas o alternadas, las ramas de segundo orden son dicotomaceas o tricotomaceas (Ulloa, 1991).

En las ramas de primer orden los elementos terminales están en el tallo principal y las ramas de las fialides. Las fialides tienen aspecto de botella o frasco un poco alargados y estrechos hacia la punta. La conidia usualmente aseptada, se forman una a una desde las puntas de las fialides, a menudo sostenidas juntas en una área viscosa en forma de falsa cabeza, globosa, elíptica, oval con aspecto de huevo invertido, corta, fusiforme, hialina, ligeramente coloreada (Holliday, 1980).

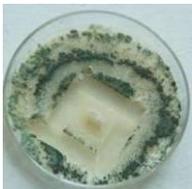
Clasificación taxonómica (González, 1991b).

Clase Hyphomycetes

Orden Moniliales

Familia Moniciliacea

Género: *Verticillium*



Colonia en color verde, con micelio inmerso y aéreo de color blanco, al igual que los otros géneros las esporas liberan el tubo germinativo entre las 24 y 48 horas de inoculación (Figura 86).

Figura 86. Colonia en color verde, con micelio inmerso y aéreo de color blanco.

El tamaño de las esporas de *Verticillium sp.* fue de entre 2 y 4 micras, previamente a la germinación las esporas aumentan de tamaño, hasta 8 micras. La germinación de las esporas presentes comenzó entre las 24 y 48 horas (Figuras 87 y 88).

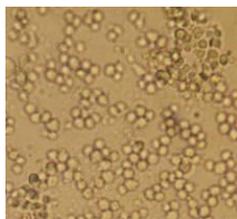


Figura 87. Esporas de *Verticillium* a 24 horas



Figura 88. Esporas de *Verticillium* a 48 horas.



La hifa se desarrolla entre 48 y 72 horas (Figuras 89 y 90), en el micelio formado, comienza el desarrollo de los conidióforos.

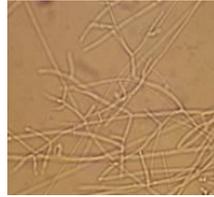
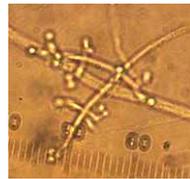


Figura 89. Formación de micelio.



Figura 90. Desarrollo de conidióforos.

El desarrollo de las esporas comenzó entre las 72 y 96 horas, en pequeños grupos en forma de cabezas (Figuras 91 y 92). Las hifas forman las ramificaciones que a su vez formaron las esporas, el tamaño de las esporas fue de entre 1 y 3 micras.



Figuras 91 y 92. Desarrollo de esporas

Las estructuras de *Verticillium sp.* estuvieron totalmente en la etapa de esporulación en 96 horas. Las esporas forman conjuntos en las puntas de las hifas (asemejan a un arbusto), se conforman en una especie de falsa cabeza, globosa, de la cual se liberan las esporas (Figuras 93 y 94).

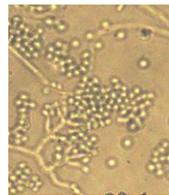


Figura 93. Conjuntos de esporas en la punta de las hifas.

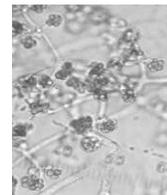


Figura 94. Semejanza de arbusto de las esporas.

5.4.3.3. *Stemphyllium*

Colonias vertidas en colores café gris, café oliva o negras, aterciopeladas o algodonosas. Micelio inmerso o en parte superficial. Algunas veces se presenta el estroma, setas e hifopodia ausentes. Los conidióforos, macronematosos o mononematosos, diseminados o cespitosos, sin ramificaciones u ocasionalmente ramificados libremente, rectos y flexibles,



usualmente nodosos con inflamaciones vesiculares, café pálido o café claro o café oliváceo liso o en parte verrucoso.

Las células conidiogenas monoblasticas integradas terminales clavado o subesférico con la pared en el ápice delgada posteriormente y frecuentemente se torna calciforme con invaginación, conidios solitarios, secos, acrógenos, redondeados en los extremos, elipsoides, obclavado o subesférico, algunas especies con puntas cónicas agudas y una con protuberancias cónicas laterales de pálidas a grises o café oliváceo, suave o verrucoso o equinulada muriforme frecuentemente construida de una o más de las septas cicatrizadas en la base (Holliday, 1980).

Clasificación taxonómica (Gil, 1994).

Clase: Deuteromycetes

Orden: Moniliales

Familia: Dematiaceae.

Género: *Stemphyllium*.



Colonia en color beige lechoso, con presencia de micelio inmerso y aéreo, con aspecto aterciopelado, con aspecto verrucoso en la zona central donde fue la inoculación (Figura 95).

Figura 95. Colonia color beige.



Figura 96. Esporas de *Stemphyllium sp.* a 24 horas.

Las esporas de *Stemphyllium sp.* germinaron a las 24 horas, los conidios llegaron a medir entre 25 y 42 micras. Los conidios a diferencia con el género *Alternaria* presentaron la forma ovoide, pero sin adelgazamiento hacia el ápice, con una forma similar a un rectángulo, redondeado de las esquinas. Los conidios liberan su tubo germinativo para producir la hifa (Figura 96).

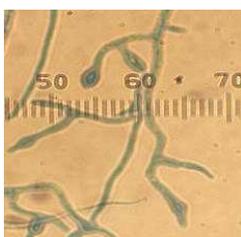


Figura 97. Micelio de

Stemphyllium a 48 horas.
Lycopersicon esculentum Mill

El micelio se formó entre las 24 y 48 horas de microcultivo, presenta ramificaciones múltiples, con la particularidad de que la punta es delgada, en la punta se formara el conidio de *Stemphyllium* (Figura 97).



El conidioforo y el micelio se segmentan y a las 72 horas los conidios están completamente maduros y formados, la longitud de los conidios fue de aproximadamente 40 micras presentando múltiples segmentaciones transversales y longitudinales (Figuras 98 y 99).



Figuras 98 y 99. Conidios de *Stemphyllium* de 40 micras.

5.4.3.4. *Alternaria*

Colonias dispersas usualmente grises oscuras, café negruzco o negro, con micelio totalmente inmerso o parte superficial, las hifas fueron incoloras, café oliváceo o café (Figura 100). El estroma se formó raramente. Setas e hifodia ausentes. Los conidióforos macronematodos sencillos o irregulares, libremente ramificados café o café pálido, solitarios o en racimos.



Figura 100. Colonia de *Alternaria*

Las células conidiogenas integradas terminales interpuestas politreto, simpodial o algunas veces monotreto cicatrizadas. Conidias solitarias, secas típicamente ovoide u ovoclavada frecuentemente rostrado, pálido o café oliváceo claro o café, suave o verrucoso con septas transversales y también frecuentemente con septas oblicuas o longitudinales (Holliday, 1980).

Clasificación taxonómica (Gil, 1994).

Clase Hyphomycetes

Orden Moniliales

Familia Dematiaceae

Género: *Alternaria*.

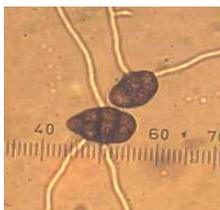


Figura 101. Germinación de conidios de *Alternaria*

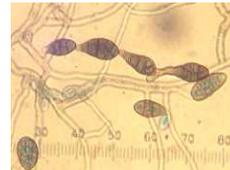
La germinación de los conidios de *Alternaria sp.* se dio a las 24 horas (Figura 101). Los conidios midieron alrededor de 26 y 35 micras el tubo germinativo emitido por la hifa posteriormente se convirtió en micelio.



La formación de los conidióforos comenzó entre las 48 y 72 horas, el micelio presentó ligeras segmentaciones que sostienen a los conidios. Estos presentaron forma ovoide estrechos hacia el ápice, lo cual permitió la formación de las cadenas de conidios (Figura 102).

Figura 102. Formación de conidióforos a 48 horas.

Después de 72 a 96 horas de crecimiento se observó la segmentación de la cadena de conidios con hasta 5 conidios, los cuales al alcanzar su madurez se separaron y se diseminaron, la longitud aproximada fue de 120 micras. Cada conidio se encontró segmentado con 5 ó 6 líneas transversales y con al menos una línea longitudinal (Figuras 103 y 104).



Figuras 103 y 104. Cadenas de conidios de *Alternaria sp.*

5.4.3.5. MICELIO ESTÉRIL

En algunos jitomates de cultivo en suelo almacenados a 20° C y en un jitomate hidropónico almacenado a 5° C se encontró crecimiento micelar. Sin embargo, no se logró observar ninguna estructura que contribuyera para la identificación de algún posible hongo, por lo que fue reportado como micelio estéril (Figuras 105 y 106).



Figura 105. Crecimiento de colonia en medio de cultivo.



Figura 106. Crecimiento micelar.

5.5. RELACIÓN ENTRE EL TIPO DE CULTIVO Y LAS CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO EN LA VIDA ÚTIL DEL JITOMATE 'Saladette'

Se define la vida útil como el número de días desde que el fruto está dispuesto para ser comercializado con un mínimo de calidad hasta que es inaceptable por estar demasiado



blando. La vida útil depende de la calidad inicial, las condiciones de almacenamiento, las condiciones externas y los métodos de manipulación (Nuez, 2001).

Típicamente las temperaturas de refrigeración están comprendidas entre el punto de congelación del alimento -1°C y unos 10°C . Mediante el descenso de la temperatura se aumenta la vida útil del producto fresco por la disminución en la proliferación de microorganismos, las actividades metabólicas de los tejidos vegetales, y reacciones químicas o bioquímicas deteriorantes (Dorais *et al*, 2001).

La durabilidad de un alimento refrigerado no solo depende de la temperatura de almacenamiento. La vida útil o de anaquel de los productos frescos vegetales depende de la variedad, las condiciones del producto al momento de la cosecha (daño mecánico, contaminación microbiana y grado de madurez por ejemplo) y la humedad relativa del sistema de almacenamiento.

En los vegetales la característica más importante luego de la cosecha es la respiración aeróbica, que en su almacenamiento puede producir importantes cantidades de calor. El daño por frío o por refrigeración es otro factor a considerar en el caso de frutas y vegetales caracterizado por una variedad de efectos como picaduras, veteado, pardeamiento, manchas, pérdida de textura, ablandamientos localizados, malos sabores, propensión a enfermedades fungosas, etc. La manera de controlarlo es mantener la temperatura por encima del valor crítico según el alimento almacenado.

En cuanto al tipo de cultivo se ha señalado que el jitomate cultivado por métodos hidropónicos tiene mayor calidad que el cultivado en suelo, ya que el eficiente control sobre la nutrición, aireación, etc. Permiten tener frutos más uniformes, en tamaño, peso y color, además son menos acuosos y más consistentes, con altos porcentajes de azúcares y grasas y menos cantidad de fibra bruta y se ven marcados incrementos en los contenidos de ácido ascórbico, carotenos y tocoferoles (Sánchez y Escalante, 1999).

La evaluación de la vida útil se realizó en condiciones perfectamente definidas, en las que se llevaron a cabo las operaciones de selección, empaquetado y almacenamiento. Posteriormente se llevó a cabo la evaluación periódica de respiración, pérdida de peso y color, así como las referentes a los análisis fisicoquímicos, lo anterior con el fin de determinar que influencia tienen las condiciones de almacenamiento y tipo de cultivo en la vida de anaquel del jitomate. Encontrándose que de acuerdo a los resultados obtenidos,

RESULTADOS Y DISCUSIÓN



el jitomate 'Saladette' cultivado en hidroponía presentó mejoras en los parámetros fisiológicos, de calidad, nutricionales, químicos y microbiológicos que hacen de este una propuesta muy atractiva para la comercialización en fresco en cortas distancias, así como un producto atractivo para el mercado internacional, ya que su tiempo de vida útil se alargó hasta 48 días con un almacenamiento refrigerado a 5° C, además con base a los resultados presentados en los parámetros de calidad y nutricionales se puede afirmar que es un producto que se puede llevar a la industria y con el cual se pueden tener mejores rendimientos que con el cultivado en suelo.



6. CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos en el presente trabajo se concluye lo siguiente:

- Los dos tipos de cultivo de jitomate presentaron el comportamiento típico de un fruto climatérico, sin embargo el jitomate hidropónico presentó un mayor tiempo de vida útil en el almacenamiento a 5° C.
- El almacenamiento refrigerado alargó el tiempo de vida útil de ambos jitomates en más de 3 veces para el jitomate cultivado en suelo y de 4 veces para el jitomate cultivado en hidroponía.
- Durante la maduración ambos jitomates sufrieron cambios físicos y químicos que determinan su calidad, sin embargo el jitomate cultivado en hidroponía presentó menor pérdida de peso y humedad, mientras que su contenido en sólidos solubles y acidez fue mayor, que el cultivado en suelo, lo que lo hace más atractivo tanto para el consumo en fresco como para un procesamiento industrial al hidropónico.
- La composición química de ambos jitomates cambió durante el tiempo de almacenamiento, en el que el contenido de carbohidratos y la humedad aumentó en ambos casos. La cantidad de proteína aumentó para el jitomate cultivado en suelo y disminuyó para el hidropónico en el almacenamiento a 20° C, pero aumentó en ambos casos a 5° C, el contenido de cenizas se mantuvo constante y el contenido de fibra bruta presentó un comportamiento diferente en cada tipo de cultivo y condición de almacenamiento.
- El jitomate cultivado en suelo fue más susceptible al ataque de hongos, ya que presentó síntomas de enfermedad en un menor tiempo de almacenamiento, tanto a 20 como a 5° C. Además fueron identificados la presencia de *Verticillium*, *Alternaria*, *Penicillium* y *Stemphyllium*.
- El jitomate hidropónico fue menos susceptible al desarrollo de enfermedades, ya que no presentó ataque de hongos en el almacenamiento a 20° C y en el de 5° C se observaron síntomas de podredumbre únicamente al final del almacenamiento. Además fueron identificados solamente *Alternaria* y *Verticillium*.



7. RECOMENDACIONES

Con base en los resultados obtenidos en el presente trabajo se recomienda:

- Estudiar el efecto del almacenamiento tanto refrigerado como a temperatura ambiente en las diferentes variedades de jitomate que se comercializan en México.
- Evaluar la pérdida de firmeza en las diferentes variedades de jitomate y relacionarlo con el tipo de cultivo.
- Realizar la identificación microscópica y molecular de las especies de cada uno de los géneros que se identificaron.
- Evaluar los cambios fisiológicos y bioquímicos que tiene el jitomate hidropónico una vez terminado el almacenamiento refrigerado y puesto en condiciones de temperatura ambiente.
- Evaluar el contenido de los distintos carotenoides presentes en el jitomate cultivado en suelo e hidropónico.
- Evaluar la susceptibilidad al ataque de hongos de jitomates provenientes de semillas genéticamente modificadas.
- Evaluar las actividades de enzimas responsables de la degradación de la pared celular y comparar estas enzimas en el comportamiento de los jitomates cultivados en suelo e hidropónicos.
- Estudiar otros cultivos hidropónicos, ya que aunque el costo de infraestructura es mayor, se obtienen mayores rendimientos, además con base en este estudio se puede decir que son de mejor calidad.



8. BIBLIOGRAFÍA

1. Acosta, R. y Nieto, A. (2002). *Efecto del tratamiento hidrotérmico en el control del Colletotrichum gloeosporoides y calidad de los frutos de papaya cv. Maradol*. Libro de memorias del XXIX Congreso Internacional de la Sociedad Mexicana de Patología. A. C. Monterrey, México. pp.20.
2. Adams, P; Winsor, W. y Donald, J. (1973). *The effects of nitrogen, potassium and sub irrigation on the yield, quality and composition of single trust tomatoes*. J. Hort. pp. 123-133.
3. Agrios, G. (1988). *Plant Pathology*. 3rd. Edition. Academic Press. San Diego, California.
4. Alba, F; Chávez, R. y Mendoza, M. (1994). *Inducción de madurez comercial en jitomate (Lycopersicon esculentum Mill.) mediante el uso de Etherel, bajo condiciones de anaquel*. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Fitotecnia. pp. 32.
5. Aluffi, L. y Rembado, M. (2005). Bacterias. Disponible en: <http://www.calidadalimentaria.net/bacterias.php>
6. AOAC (1990). *Official methods of analysis of the association of analytical chemists AOAC, Food composition; additives; natural contaminants*, Volumen II, publicado por: The association of official analytical chemist, Inc. Arlington, Virginia, USA 15ª edición. pp 1298.
7. ASERCA, (2009). *La agricultura protegida, opción para aumentar la oferta de alimentos*. Disponible en: www.aserca.gob.mx/artman/publish/article_1823.asp
8. Atherton, J. (1986). *The tomato crop a scientific basis for improvement*. Champman and Hall, New York USA. pp. 8.
9. Bidwell, R. (1977). *Fisiología vegetal*. AGT Editor. México, D.F. pp. 784.
10. BIODERPAC (2007). Biologically extracted chitin, astaxanthine and free aminoacids. *Detalles técnicos sobre aminoácidos y bioamin forte*. Shrimp Shell. Disponible en: http://www.mayamagic.com/docs/bioaminforte/711_Informacion_sobre_los_aminoacidos.pdf
11. Cardona, E; Ríos, L. y Restrepo, G. (2006). *Extracción del Carotenoide Licopeno del Tomate Chonto (Lycopersicum esculentum)*. Vitae, Revista De La Facultad De Química Farmacéutica. ISSN 0121-4004. Volumen 13, número 2. pp. 44-53.



12. Carrasco, G.; Izquierdo, J. (1996). *Manual Técnico. La Empresa Hidropónica de Mediana Escala: La Técnica de la solución Nutritiva Recirculante ("NTF")*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Universidad de Talca. pp. 12.
13. Carrillo, A. (2004a). *Empresa y agricultura de exportación en el Noroeste de México. Historia Económica y tendencias actuales*, CONACYT U42007H. pp. 1.
14. Carrillo, A. (2004b). *Tendencias históricas de la producción de jitomate en México y Sinaloa*. De la ponencia: Empresa y agricultura de exportación en el Noroeste de México. Historia Económica y tendencias actuales. CONACYT pp. 1-5.
15. Castro, F. (1997). *Evaluación nutrimental de cuatro variedades de jitomate (Lycopersicon esculentum Mill.) bajo condiciones de invernadero hidropónico*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Fitotecnia. pp. 3-6.
16. Cerdas, M. y Montero, M. (2002). *Manual del manejo post-cosecha del tomate*. Universidad de Costa Rica, Centro de Investigaciones Agronómicas. pp. 9.
17. Ciruelos, A; De la Torre, R. y González, C. (2008). *La agricultura y la ganadería Extremeñas*. Facultad de Ciencias Económicas y empresariales. Escuela de Ingenierías Agrarias. Universidad de Extremadura. España. pp. 157-168.
18. Clinton, S. (1998). *Lycopene: Chemistry, biology, and implications for human health and disease*. Nutrition. Institute Harvard Medical School. Boston, Ma. U.S.A. pp. 56, 166.
19. Codex Alimentarius. (2008). *Norma del CODEX para el tomate (CODEX STAN 293-2008)* pp. 1-3 disponible en: www.codexalimentarius.net/download/standards/11013/CXS_293s.pdf
20. Coletto, J. (1989). *Crecimiento y desarrollo de las especies frutales*. Ediciones MUNDI-PRENSA. Madrid, España. pp. 43.
21. Colin, D. (1983). *Post-harvest pathology of fruits and vegetables*. Ed. Academic Press London, England. pp. 2-17.
22. CONAFRUT (1984). *Cosecha y Acondicionamiento de Frutas y Hortalizas*. Manuales Técnicos para la Elaboración de Cursos de Capacitación. SECOFI. pp.1-5
23. Corpeño, B. (2004). *Manual del cultivo del Tomate*. Centro de Inversión, Desarrollo y Exportación de Agronegocios. El Salvador. pp. 2-5.



24. Del Busto, A; Palomino, L; León, L; Cruz, R; Hernández, R y Santana, Y. (2008). *El cultivo de Lycopersicon esculentum Mill, (Tomate) y la experiencia cubana en la tecnología de cultivos protegidos*. pp. 3-4.
25. Dorais, M; A. Papadopoulou, P. y Gosselin, A. (2001). Influence of Electric Conductivity management on greenhouse tomato yield and fruit quality. *Agronomy* 21:367-383.
26. Emilio, C. (1998). *Manejo Poscosecha y evaluación de la calidad para tomate de árbol (Cyphomandra betacea Sendt) que se comercializa en la ciudad de Neiva*. Universidad Surcolombiana, Facultad de Ingeniería. pp. 13-31.
27. EROSKY, (1998). *Todo sobre 31 hortalizas y verduras. Tomate*. Disponible en: verduras.consumer.es/documentos/hortalizas/tomate/intro.php
28. Escalante, R. (2000). *La agricultura y la Agroindustria ante los retos del nuevo milenio*. Memoria CIESTAAM-RECTORIA-CEE. Chapingo, México. pp. 189-197.
29. Espadas, M. (2008). *Manual de laboratorio de Fitopatología*. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM. Departamento de Ciencias Agrícolas. pp. 1-28.
30. FAO. (2003). *Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas del campo al mercado*. Departamento de Agricultura. Disponible en: www.fao.org/ag/aqs/subjects/es/harvest/perishables.html
31. FAO. (2004). Food and agricultural organization. *Base de datos de producción mundial y comercio internacional de jitomate*. Disponible en: <http://faostat.fao.org/faostat>
32. FAO. (2005). *Principales productores de alimentos y productos agrícolas*. Disponible en: www.fao.org/countryprofiles/index.asp?lang=es&iso3=MEX&subj=4
33. Fernández, C; Pitre, A; Llobregat, M. y Rondón, Y. (2007). Evaluación del Contenido de Licopeno en Pastas de Tomate Comerciales. *Revista Información Tecnológica* - Vol.18, N° 3. pp. 31-38.
34. Fernández, G. y Ariosti, A. (2006). *¿Qué son los bioplásticos o plásticos biodegradables?*. International Biodegradable Polymers Association and Working Groups (IBAW). Disponible en: www.quiminet.com.mx
35. FIDE, Fundación para la Inversión y Desarrollo de Exportaciones de Honduras. (2007). *Importancia del empaque en la comercialización de productos*. Boletín informativo. Etapa II, No. 24. pp. 1-6.
36. Gallegos, F. (2002). *Caracterización fisiológica de tomate (Lycopersicon esculentum Mill.) hidropónico sometido a diversas atmosferas controladas*. Tesis de Licenciatura.



- Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Ingeniería Agroindustrial. pp. 34-35.
37. García, V. (2004). *Determinación y control químico de las enfermedades principales fungosas del jitomate (Lycopersicon Esculentum Mill), en post-cosecha*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. pp. 3.
38. Garza, L. (1985). *Las hortalizas cultivadas en México características botánicas*. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. pp. 52.
39. Gil, I; Sánchez, F. y Miranda, I. (2003). *Producción de Tomate Rojo en Hidroponía bajo invernadero. Manual de Manejo*. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Preparatoria Agrícola. pp. 1-12.
40. Gil, J. (1994). *Control químico de las enfermedades foliares del jitomate (Lycopersicon esculentum mill), Tizón temprano (Alternaria solani), Tizón tardío (Phytophthora infestans), y la mancha gris (Stemphylium solani) en la región de Nepantla*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. pp. 20-48.
41. González, A. (1991a) *.El jitomate (Lycopersicon esculentum mill). Aspectos relevantes para su cultivo en México*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. pp. 10-28.
42. González, I. (1991b). *Evaluación de cinco variedades de jitomate (Lycopersicon esculentum Mill.) bajo invernadero*. Tesis Profesional. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. pp. 15.
43. Grierson, D. y Kader, A. (1986). *Fruit ripening and quality*. The tomato crop. Ed. Chapman, Hall. pp. 241-275.
44. Hayward, H. (1951). *The structure of economics plants. Third printing*. Ed. McMillan Company. Ney York. pp. 550-579.
45. Higuera, I. (1992). *Análisis de Riesgos para la industria alimentaria*. Productos Congelados, S.A. y CONACYT. pp. 22
46. Hollday, P. (1980). *Fungus diseases of tropical crops*. Cambridge University Press University of Cambridge. New York, Estados Unidos. pp. 35-180.
47. Hulme, A. (1970). *The Biochemistry of fruits and their products*. Academic Press INC. (London) LTD. New York, United States. pp. 45-48.
48. **INFOAGRO (2007). Tomate, Tomatera, Jitomate**
Lycopersicum esculentum = Solanum Lycopersicum. Disponible en:
<fichas.infojardin.com/hortalizas-verduras/tomate-tomatera-jitomate.ht>



49. INTA, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. (2006). *Calidad en tomates para consumo en fresco: color y sabor*. Disponible en: <www.inta.gov.ar>
50. INTA, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. (2008). *Boletín electrónico de Tomate*. Disponible en: <<http://www.mercadocentral.com.ar/site2006/publicaciones/boletin/pdf/Tomate15.pdf>>
51. ISSSTE, Instituto de Seguridad y Servicios sociales de los Trabajadores del Estado. (2007). *Manual de Hidroponía*. pp. 2-9.
52. ITGA, Instituto Técnico y de Gestión Agrícola. (2003). *El Tomate*. Disponible en: <[www.itga.com/docs/GUIATOMATE\(0\).pdf](http://www.itga.com/docs/GUIATOMATE(0).pdf)>
53. Jiménez, J. (2001). *Contenido de licopeno de 6 genotipos comerciales de jitomate (Lycopersicon esculentum Mill) en sistema hidropónico bajo condiciones de invernadero*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Fitotecnia. pp. 3-57.
54. Juárez, H. (2006). *Caracterización fisiológica y mejoramiento de la calidad de la Guayaba durante su vida postcosecha*. Tesis de Licenciatura. UNAM-Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Ingeniería en Alimentos. pp. 46; 62-64.
55. Kalloo, G. (1991). *Genetic improvement of tomato*. Ed. Springer-Verlag. Berlin, Alemania. pp. 358.
56. Kiffer, E. (1999). *The Deuteromycetes mitosporic fungi*. Science Publishers, EUA. pp. 69-82.correccion autores
57. Lehninger, A. (1977). *Biochemistry*. Second Edition. Worth Publishers, Inc. N.Y. pp. 200-203
58. Leslie, J. y Summerel, B. (2006). *The Fusarium Laboratory Manual*. Ed. Wiley-Blackwell. pp. 1-388
59. Llamas, J. (2007). *La adolescencia*. Asociación Nacional de Tiendas de Autoservicio y Departamentales A. C. (ANTAD). pp. 5
60. Lowry, O; Rosebrough, N; Farr, A. y Randall, R. (1951). Protein measurement with the folin phenol reagent. *Journal of Biology and Chemistry*, Vol. 193. No. 1. pp. 265-275.
61. Lugo, O. (1980). *Aspectos relevantes de la acción del etileno y su aplicación en la maduración de plátano encerado*. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Química. México, D.F. pp. 30.
62. Maroto, B. (1983). *Horticultura herbácea especial*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. pp. 206; 319-320.



63. Martínez, H. (2000). Hortalizas de invernadero. *Revista Agro-Red*. Noviembre, Año 1, No. 10. México. pp. 1
64. Mitidieri, M. y Polack, L. (2005). Guía de monitoreo y reconocimiento de plagas, enfermedades y enemigos naturales de tomate y pimiento. *Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Argentina. pp. 1.*
65. Moreno, E. (1988). *Manual para la identificación de hongos en granos y sus derivados*. Ed. UNAM. México, D.F. pp. 1-109
66. Muñoz, R. (2003). *El cultivo de tomate en invernadero. Ed. Castellanos Manual de producción hortícola en invernadero. INCAPA. México. pp. 58.*
67. Muy, D; Siller, J; Días, J y Valdéz, B. (2004). Efecto de las Condiciones de Almacenamiento y el Encerado en el Estatus Hídrico y la Calidad Poscosecha de Pepino de Mesa. *Revista Fitotecnia Mexicana*, abril-junio, año/vol. 27, número 002, Chapingo, México. pp. 157-165.
68. Muy, D; Siller, J; Días, J; García, R. y Osasuna, T. (2003). *Efecto de las Condiciones de Almacenamiento y el Encerado en el Estatus Hídrico y la Calidad Poscosecha en Frutos de Pepino de Mesa y Mango*. Trabajo de Tesis de Doctorado de la Primera Autora CIAD, A.C. Unidad Culiacán. pp. 5
69. Neurtek instruments. (2004). *Cartas de Color Munsell*. Disponible en: http://neurtek.com/catalogo/fichas/c_GreMunsell.pdf
70. Nuez, F. (2001), *El cultivo del tomate*. Ed. Mundi-Prensa. Barcelona, España. pp. 1-87.
71. Núñez, N; García, P; Medina, M; Miranda, R; Rodríguez, A. y Hernández, D. (2005). *Efecto sobre el Contenido de Licopeno de Tomate (Lycopersicon esculentum Var. Gironda) Sembrado en Invernadero bajo Diferentes Sistemas de Cultivo con y sin Injerto*. VII Congreso Nacional de Ciencia de los Alimentos y III Foro de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Guanajuato, Gto.
72. Núñez, S. (2008). *Tecnología de empaques para frutas y verduras*. Cauca, Colombia. Disponible en: www.blogger.com/profile/05068955658757747089
73. Ocegueda, A. (2004). *Evaluación de nueve variedades de jitomate (Lycopersicon Esculentum Mill) tipo Saladette en campo abierto*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo, . pp. 4-22.
74. Parra, O. (2007). *Determinación de humedad*. Universidad Nacional Experimental del Yaracuy. *Revista VENESUELOS*. Deposito Legal DLPP92-0468 3(2):73-82.



75. Pearson, D. (1998). *Técnicas de laboratorio para el análisis de Alimentos*. Editorial Acriba, S.A. Zaragoza, España. pp. 116-125.
76. PLAFUSA, Plásticos del Futuro, S.A. de C.V.. (2006). *Un empaque natural en el horizonte de México*. Revista ambiente Plástico. Disponible en: [<www.ambientoplastico.com/artman/publish/article_489.php#top>](http://www.ambientoplastico.com/artman/publish/article_489.php#top)
77. Productores de Hortalizas. (2006). *Plagas y Enfermedades del Tomate. Guía de Identificación y Manejo*. Suplemento Especial. pp. 2-15
78. Rick, C. (1978). El tomate. *Investigación y Ciencia*, No. 25, p. 45-55.
79. Rodríguez, R; Tabares, K. y Medina, S. (1984). *Cultivo moderno del tomate*. Ed. Mundi-Prensa. España. pp. 206.
80. Romero, S. (1993). *Hongos fitopatógenos*. Ed. Universidad Autónoma Chapingo. Dirección General de Difusión Cultural y Servicio. pp. 1-361.
81. Roselló, S.; Galiana-Balaguer, L.; Adalid, A.; Nuez, F. (2006). *Influencia del ambiente en la evaluación del contenido de vitamina C en germoplasma de Lycopersicon*. III Congreso de mejora Genética de Plantas. València: 13-09-2006. Nacional. 2006 Editorial de la UPV. ISBN: 84-7721-946-X. pp. 1-2
82. Sánchez, F. y Escalante, E. (1988) *Un sistema de producción de plantas. Hidroponía. Principios y métodos de cultivo*. Universidad Autónoma Chapingo. pp. 21.
83. Sánchez, F. y Escalante, E. (1999). *Hidroponía. Principios y Métodos de Cultivo*. Universidad Autónoma Chapingo. pp. 17-171.
84. Santos, M. (1993). *Química y Bioquímica de alimentos*. Departamento de Ingeniería Agroindustrial. Universidad Autónoma Chapingo. México. pp. 68.
85. SIAP / SAGARPA (2002). Servicio de información y estadística agroalimentaria y pesquera. Secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación. *Análisis Agropecuario: Tomate*. Secretaria de Agricultura, Ganadería y Pesca. Disponible en: [<www.siap.sagarpa.gob.mx>](http://www.siap.sagarpa.gob.mx)
86. SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2002). *Análisis del jitomate*. Disponible en: [<www.siea.sagarpa.gob.mx/InfOMer/analisis/antomate.html>](http://www.siea.sagarpa.gob.mx/InfOMer/analisis/antomate.html)
87. SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2008). *Resumen por producto*. Disponible en: [<http://reportes.siap.gob.mx/Agricola_siap/ResumenProducto.do?producto=30800&invitado=true&ciclo=1>](http://reportes.siap.gob.mx/Agricola_siap/ResumenProducto.do?producto=30800&invitado=true&ciclo=1)



88. SRA, Secretaría de la Reforma Agraria. (2005). *Manual del Participante. Cultivo de Jitomate con Hidroponía*. Fondo de Tierras e Instalación del Joven Emprendedor Rural. pp. 7-20.
89. Suslow, T. y Cantweel, (2001). *Tomate (jitomate): recomendaciones para mantener la calidad poscosecha*. Department of Vegetable Crops, University of California, Davis, CA.95616. Disponible en: <www.postharvest.ucdavis.edu>
90. Ulloa, M. (1991). *Diccionario ilustrado de micología*. Ed Robin. México, UNAM. pp. 10-50.
91. USDA, (2007). *Banco de Datos del comportamiento de variedades hortofrutícolas*. Disponible en: <<http://www.ars.usda.gov/nutrientdata>>
92. Vargas, J. y Martínez, M. (2004). *Un modelo econométrico del mercado del jitomate (Lycopersicon Esculentum Mill) en México, 1970 – 1994*. Comunicaciones en Socioeconomía, Estadística e Informática, Vol. 8 Núm. 2 pp. 115-133.
93. Villareal, R. (1982). *Tomates*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, San José, Costa Rica. pp. 184.
94. Zapata, L; Gerard, L.; Davies, C.; Schvab, M. (2007). *Estudio de los componentes antioxidantes y actividad antioxidante en tomates*. *Ciencia, Docencia y Tecnología* N° 35, Año XVIII. pp. 179, 184-186.

ABREVIATURAS

°Bx - Grados Brix.

ACC — 1- amino ciclopropano- 1- ácido carboxílico

ASERCA – Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria

CO₂ – Dióxido de Carbono

FAO – Food and Agriculture Organization

FIDE – Fundación para la Inversión y Desarrollo de Exportaciones de Honduras.

HC - Cultivado en hidroponía

HR - Humedad relativa

nl g⁻¹ h⁻¹ – nanolitros sobre gramo por hora

NTF – Nutrient Film Technique (Técnica de la Solución Recirculante)

PDA - Agar Papa Dextrosa

PET – polietilentereftalato

pH – Potencial de Hidrógeno

PLA - Ácido poliláctico

PVC – Cloruro de vinilo

RPM - Revoluciones por minuto

SAGARPA – Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación.

SAM – S-adenosil metionina.

SC - Cultivado en Suelo

SIAP – Secretaría de Información Agroalimentaria y Pesquera.

SRA - Secretaría de la Reforma Agraria.

Wh/m² – Watts por hora sobre metro cuadrado.

GLOSARIO

Apresorio – Hinchamiento aplanado que se forma en el tubo germinativo de una espora o en una hifa vegetativa, y que se adhiere a la superficie de hospedante antes de penetrarlo con una hifa infectiva.

Asurcados – Con surcos o hendiduras.

Cloróticos – Padecimiento debido a clorosis deficiencia de hierro de células falciformes.

Conidio – También se le llama conidiospora, es una espora asexual, no móvil, generalmente formada en el ápice o en un lado de la célula esporógena especializada. Los conidios pueden ser uni, bi o pluricelulares. Son las esporas asexuales de los deuteromicetes, ascomicetes y basidiomicetes.

Conidióforos – Hifas simple o ramificada, que se diferencia morfológicamente y fisiológicamente de una somática por producir y sustentar conidios; estos son generados en células especializadas llamadas conidiogenas.

Dicotomaceas – Dicotómico Ramificación en que el punto vegetativo se divide en dos equivalentes, de manera que se produce una horcadura de ramas iguales.

Esclerotias – Esclerosio estructura dura, que resiste condiciones desfavorables del medio, los esclerocios están compuestos de plecténquima, con una corteza firme, frecuentemente quitinizada y de color negruzco, aunque puede tener otras coloraciones, son capaces de germinar y reiniciar un crecimiento vegetativo.

Espora – Pequeña unidad de propagación de, unicelular o pluricelular, asexual o sexual, móvil o inmóvil, que funciona como una semilla, aunque difiere de esta última porque una espora no tiene un embrión preformado.

Estroma – Masa compacta de hifas somáticas, constituida de plecténquima (prosénquimia,seudoparénquimia o ambos) sobre la cual o dentro de la cual se producen comúnmente hifas fértiles que generan órganos productores de asexuales o sexuales.

Fialides – Tipo de célula conidiógena en forma de botella, que produce conidios blásticos (fialoconidios o fialosporas) en sucesión basípeta.

Fitopatógenos – Microorganismo que desarrolla u origina una enfermedad en las plantas.

Foliolo – Cada una de las pequeñas excrescencias parecidas a hojas que se forman en la superficie de un líquen folioso.

Fusiforme – Como un huso, aguzado de los extremos, como los conidios.

Hifas – Filamento tubular que representa la unidad estructural de la mayoría de los hongos. Las hifas pueden ser somáticas o fértiles y de su diferenciación se deriva una gran

diversidad de estructuras relacionadas con las funciones asimilativas y reproductivas. Sus dos formas generales son cenocíticas y septadas.

Hifopodia – Corresponde a una breve rama hifal de una o dos células, ya sea acabada en punta o redondeada en su extremo, que se adhiere a la superficie del hospedante y desarrolla un haustorio que penetra la cutícula.

Hipóginas – Se refiere al gametangio masculino dispuesto debajo del femenino.

Liquen – Afectación cutánea provocada por dermatofitosis, antiguamente llamado empeine.

Lóbulos - Porción redondeada y saliente de un órgano cualquiera.

Lóculos – Cavidad o cámara dentro de un estroma donde se localizan las ascas, también se aplica a la cavidad del picnidio de los *sphaeropsidiales* en la que se producen los conidióforos y los conidios.

Macronematoso – Se dice de un conidioforo especializado, que se distingue morfológicamente de las hifas asimilativas adyacentes o subyacentes en el resto del micelio.

Métulas – Ramita del conidioforo que origina fialides o células conidiogenas.

Micelio – Conjunto o masa de hifas que constituyen el cuerpo o talo de un hongo.

Pecíolos - Pezón que sostiene la hoja.

Pedúnculos - Pezón de la flor o fruto

Peritecio – Cuerpo fructífero es piriforme o de forma de botella generalmente posee un ostiolo por donde libera las ascosporas, y las ascas constituyen un himenio.

Verticilio – Tipo de ramificación en el que las ramas (pedicelos, métulas o fialides) nacen a un mismo nivel de la hifa o sustentáculo (esporangióforo o conidioforo) y crecen oblicuamente hacia arriba con respecto al eje central, generalmente alcanzando la misma longitud y rodeando dicha hifa o sustentáculo.

*ANEXOS***ANEXO1. DETERMINACIÓN DE VITAMINA C**

Se determina por método volumétrico (976.21 AOAC). Se fundamenta en que la vitamina C tiene la propiedad de decolorar el indofenol (2,6 dicloroindofenol) colorante azul y la cantidad decolorada es proporcional a la cantidad de vitamina C presente en el alimento (AOAC, 1990).

Reactivos:

- a. Ácido acético al 5% en 1 litro.
- b. Preparación de la solución estandar, solución de ácido acético al 5% que contenga 1 mg de la solución de ácido ascórbico (vitamina C) por ml.
- c. Solución indofenol. Pesar 25 mg de (2,6 dicloro fenol indofenol) + 21 mg de bicarbonato de sodio aforar a 500 ml con agua destilada.

Procedimiento:

1. Se pesan 5 g de muestra, se homogenizo en 100 ml de ácido acético (moler en la licuadora forrada con papel aluminio). La vitamina C se encuentra ahora en solución.
2. Se filtra la muestra en matraces erlenmeyer cubiertos con papel aluminio.
3. Se aforar con agua el filtrado en matraz (forrado con papel aluminio) de 100ml.
4. Colocar la solución de indofenol en la bureta.
5. Agregar 10 ml de la muestra en un matraz erlenmeyer y titular hasta un color rosa persistente. El color azul vira al rosa tan pronto como se pone en contacto con el ácido e inmediatamente se decolora por la vitamina C presente; continuar la adición del indofenol hasta que persista un color rosa por lo menos durante 10 segundos, esto significa que la cantidad de colorante ha reaccionado con todo el ácido ascórbico presente.
6. Tomar 1 ml de la solución estándar y agregar 9 ml de solución de ácido acético 5%, titular hasta un color rosa persistente (anotar gasto).

* Nota aproximadamente 37.5 ml de indofenol corresponde a 1mg de vitamina C. La cantidad de vitamina C se expresa en mg de vitamina C por 100 g de alimento

ANEXO 2. DETERMINACIÓN DE CAROTENOIDES

Se determina por el método de extracción con solventes por etapas, en donde el material vegetal se somete a troceado, molienda y posteriormente extracción (Cardona *et al.*, 2006).

El extracto obtenido se somete a un proceso de eliminación del solvente y el producto resultante se analiza mediante espectrometría visible UV, utilizando como solvente éter de petróleo, y el contenido de carotenoides en el producto se determina de acuerdo a la absorbancia de la solución diluida. La extracción se realizó en condiciones de obscuridad para evitar la isomerización y degradación de los carotenoides. (Cardona *et al.*, 2006)

1) Preparación Del extracto

Reactivos:

- a) Acetona
- b) Éter de petróleo

2) Procedimiento

- a) Pesar 200 mg de piel con pulpa de fruto
- b) Homogeneizar en mortero con nitrógeno líquido
- c) Colectar cuantitativamente la muestra en un tubo eppendorf de 1.5 ml
- d) Adicionar 0.5 ml de acetona
- e) Homogeneizar durante 1 min. en el vortex
- f) Dejar reposar 2 horas en la oscuridad
- g) Centrifugar a 3000 RPM durante 5 min.
- h) Recuperar el sobrenadante en tubos eppendorf de 1.5 ml
- i) Adicionar 0.5 ml de éter de petróleo, cerrar el tubo eppendorf y homogeneizar 10 s en el vortex
- j) Reposar 15 min. en la oscuridad
- k) Agregar 0.5 ml de agua destilada, agitar 10 s en el vortex y dejar reposar 15 min.
- l) Observar el tubo para ver las 2 fases
- m) Recuperar la fase orgánica superior en tubos eppendorf de 2 ml y agregar 0.5 ml de agua destilada; observar que se formen las dos fases.
- n) Colectar la fase orgánica
- o) Aforar el volumen de la alícuota de 1.5 ml con éter de petróleo

- 3) Determinación espectrofotométrica
 - a) Colocar la muestra en una celda
 - b) Tomar la lectura de la longitud de onda a 470 nm
 - c) Usar éter de petróleo como blanco para calibrar el equipo
- 4) Calcular la cantidad de caroteno en la muestra por medio de la siguiente ecuación:

$$\text{Carotenoides}(\text{mgcaroteno} / 100\text{gmuestra}) = \frac{D.O. \times 3.857 \times Vm \times 100}{M}$$

Donde:

D.O. = longitud de onda a 470 nm

Vm = Volumen líquido recolectado (ml)

M = Cantidad de muestra (g)