



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS**

**FACULTAD DE NUTRICIÓN**

**“Evaluación de productos comerciales y cubiertas de quitosano/aceites esenciales, en el desarrollo de hongos postcosecha *in vitro* y en jitomate Saladette”**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
MAESTRO EN CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN**

**P R E S E N T A:**  
**I.A. LIZETTE SERRANO MOLINA**

**DIRECTORA DE TESIS:**  
**Dra. Margarita de Lorena Ramos García**

**CODIRECTORA:**  
**Dra. Silvia Bautista Baños**

**COMITÉ TUTORAL:**  
**Dra. Dolores Azucena Salazar Piña**  
**Dra. Ollin Celeste Martínez Ramírez**

**Cuernavaca Morelos a 22 de noviembre de 2023**

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Dra. Margarita de Lorena Ramos García por el apoyo, la confianza y la motivación que me mostró desde el inicio de este proyecto. Agradezco los consejos y cada palabra que guió mi recorrido en la maestría, profesional y personalmente.

A la Dra. Silvia Bautista Baños, por su codirección y su apoyo en el desarrollo del proyecto de investigación. Sus aportaciones siempre acertadas y reflexivas permitieron mejorar el trabajo final.

A la Dra. Dolores Azucena Salazar Piña y Ollin Celeste Martínez Ramírez, integrantes del comité tutorial, por sus aportaciones que fueron una pauta importante en la construcción de este proyecto.

Este trabajo se realizó en el Laboratorio de Tecnología de Conservación de Alimentos, participando en el proyecto de CONACYT número 316090, denominado “USO DE PRODUCTOS NATURALES PARA LA DESINFECCIÓN DE FRUTAS Y VEGETALES CONTAMINADOS CON HONGOS POSTCOSECHA PARA SU TRANSFORMACIÓN, CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO” bajo la dirección de la Dra. Margarita de Lorena Ramos García y co-diracción de la Dra. Silvia Bautista Baños

Para la realización de los estudios se contó con el apoyo económico de CONACYT (No. Becario: 797663).

## DEDICATORIAS

A mi esposo Omar Zaragoza y a mi primogénito Ian, por la motivación y el apoyo que me dieron desde que emprendí este proyecto. Especialmente por sostenerme en los momentos más complicados, por el tiempo y la comprensión para acompañarme a cumplir este reto. Mil gracias.

A mi mamá Hugolina Molina † que sembró en mi la semilla de la ciencia y siempre me enseñó a luchar por mis objetivos.

A mi papá Gregorio Serrano y mis hermanos Dalia y Hugo Luis, que estuvieron siempre cerca de mi, dando apoyo emocional. Por sus recomendaciones y consejos.

## RESUMEN

El jitomate (*Lycopersicon esculentum* L.) es una de las hortalizas de mayor consumo en México, su alto valor nutricional y su versatilidad para poder consumirse hacen uno de los productos hortofrutícolas con mayor importancia económica en México, además de interés para estudios en el campo de la salud. El jitomate es también altamente perecedero, es susceptible a contaminación por hongos, lo que ocasiona que grandes porcentajes de producto postcosecha se pierda por mal manejo durante la cadena de producción de alimentos.

El principal problema de la contaminación con hongos, es el desarrollo de micotoxinas. Están asociadas al desarrollo de enfermedades crónicas no transmisibles, como cáncer, enfermedades inmunológicas y neurodegenerativas. Las tendencias actuales sugieren el uso de productos con bajo impacto ambiental, a la salud, pero altamente efectivos en el control de microorganismos.

En el presente trabajo se evaluaron 3 productos comerciales, dos extractos cítricos, Citro-80 y Citrocover, y la plata coloidal de marca Microdyn, así como cubiertas de quitosano con aceite esencial de naranja y de limón, sobre el desarrollo de cuatro hongos aislados de jitomate: *Rhizopus stolonifer*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Fusarium oxysporum* y *Aspergillus flavus* de forma *in vitro* y en frutos de jitomate Saladette. Además se evaluaron las micotoxinas de *F. oxysporum* y *A. flavus* *in vitro* y en muestras de jitomate deshidratado. Se evaluaron los parámetros de calidad, sólidos solubles totales, firmeza y porcentaje de pérdida de peso. Los extractos cítricos controlaron la infección *in vitro* y en jitomate, y redujeron la presencia de micotoxinas, no de forma significativa. Los cambios fisicoquímicos de los jitomates están asociados más al proceso de maduración que al efecto de los tratamientos.

## ABSTRACT

Tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) is one of the most consumed vegetables in Mexico, its high nutritional value and its versatility in being consumed make it one of the fruit and vegetable products with the greatest economic importance in México, as well as of interest for studies in the field of health. Tomato is also highly perishable, it is susceptible to fungal contamination, which causes large percentages of post-harvest product to be lost due to mishandling during the food production chain.

The main problem with fungal contamination is the development of mycotoxins. They are associated with the development of chronic non-communicable diseases, such as cancer, immunological and neurodegenerative diseases. Current trends suggest the use of products with low environmental and health impact, but highly effective in controlling microorganisms.

In the present work, 3 commercial products are evaluated, two citrus extracts, Citro-80 and Citrocover, and Microdyn brand colloidal silver, as well as chitosan covers with orange and lemon essential oil, on the development of four fungi isolated from tomato: *Rhizopus stolonifer*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Fusarium oxysporum* and *Aspergillus flavus* *in vitro* and in Saladette tomato fruits. In addition, the mycotoxins of *F. oxysporum* and *A. flavus* were evaluated *in vitro* and in dehydrated tomato samples. The quality parameters, total soluble solids, firmness and percentage of weight loss were evaluated. Citrus extracts control infection *in vitro* and in tomato, and reduce the presence of mycotoxins, not significantly. The physicochemical changes of tomatoes are associated more with the ripening process than with the effect of the treatments.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE FIGURAS .....	ix
ÍNDICE DE TABLAS .....	xi
SIGLAS, SIMBOLOS Y ABREVIATURAS.....	xiii
1 ANTECEDENTES.....	1
1.1. Jitomate .....	1
1.1.1 Cambios fisicoquímicos asociados con la calidad del fruto durante su almacenamiento .....	4
1.1.2 Composición química y nutrimental del jitomate fresco .....	5
1.2 Hongos fitopatógenos asociados con el jitomate durante su almacenamiento.....	7
1.2.1 <i>Rhizopus stolonifer</i> .....	7
1.2.2 <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> .....	9
1.2.3 <i>Fusarium oxysporum</i> .....	10
1.2.4 <i>Aspergillus flavus</i> .....	11
1.3 Micotoxinas producidas por <i>Fusarium</i> spp y <i>Aspergillus</i> spp.....	12
1.3.1 <i>Fusarium</i> spp .....	12
1.3.2 <i>Aspergillus flavus</i> .....	13
1.4 Métodos de detección de micotoxinas en alimentos contaminados.....	14
1.4.1 Determinación de micotoxinas en alimentos contaminados por lámpara UV.....	14
1.4.2 Cromatografía para la detección de micotoxinas en alimentos contaminados .....	15
1.4.3 Inmunoensayos.....	16
1.5 Métodos de control de hongos fitopatógenos .....	16
1.5.1 Métodos de control .....	16
1.5.2 Extractos vegetales de cítricos .....	19
1.5.3 Quitosano .....	20
1.5.4 Productos comerciales.....	21
1.5.5 Desinfectantes .....	24

1.5.5.1 Plata coloidal.....	24
1.6 Alternativas de conservación de productos hortofrutícolas .....	25
1.6.1 Deshidratación como método de conservación .....	26
2. JUSTIFICACIÓN .....	30
3. HIPÓTESIS .....	31
4. OBJETIVOS .....	31
4.1 General .....	31
4.2 Específicos.....	32
5. METODOLOGÍA.....	33
5.1 Materiales .....	33
5.1.1 Obtención del jitomate .....	33
5.1.2 Obtención de los productos comerciales y quitosano .....	34
5.1.3 Obtención de las cepas fúngicas .....	34
5.1.4 Preparación de la solución de esporas .....	36
5.1.5 Tratamientos.....	37
5.1.6 Preparación de los tratamientos .....	37
5.2. Variables evaluadas <i>in vitro</i> .....	38
5.2.1 Crecimiento micelial mediante la técnica de envenenamiento del medio .	38
5.3 Evaluación del efecto de los tratamientos sobre el desarrollo de los hongos fitopatógenos en frutos de jitomate Saladette .....	43
5.3.1 Aplicación de los tratamientos .....	43
5.3.2 Variables evaluadas en jitomate .....	44
5.3.2.1 Crecimiento micelial.....	44
5.3.2.2 Severidad.....	45
5.4 Evaluación del efecto de los tratamientos sobre variables fisicoquímicas en frutos de jitomate Saladette. ....	46
5.4.1 Variables fisicoquímicas evaluadas en jitomate.....	46
5.5 Evaluación fungicida y producción de aflatoxinas de los tratamientos en frutos de deshidratados.....	48
5.5.1 Deshidratación de frutos de jitomate.....	48
5.5.2 Variables evaluadas en jitomates deshidratados .....	49
5.6 Análisis estadístico.....	49

6. RESULTADOS .....	49
6.1 Efecto de los tratamientos sobre el desarrollo <i>in vitro</i> de hongos fitopatógenos y la producción de aflatoxinas en <i>A. flavus</i> . .....	50
6.1.1 Crecimiento micelial.....	50
6.1.2 Inhibición de la germinación de esporas.....	53
6.1.3 Producción <i>in vitro</i> de aflatoxinas en <i>A. flavus</i> .....	56
6.1.3 Producción <i>in vitro</i> de fumonisinas de <i>F. oxysporum</i> .....	56
6.2 Efecto de los tratamientos sobre el desarrollo de hongos fitopatógenos y producción de aflatoxinas en <i>A. flavus</i> , en jitomate Saladette durante el almacenamiento.....	57
6.2.1 Crecimiento micelial en el jitomate.....	57
6.3 Severidad.....	60
6.4 Efecto de los tratamientos sobre variables fisicoquímicas en jitomates Saladette.....	64
6.4.1 Firmeza.....	64
6.4.2 SST.....	64
6.4.3 Pérdida de peso.....	66
6.5 Efecto de los tratamientos en la producción de aflatoxinas en jitomate Saladette procesados. ....	67
6.6 Efecto de los tratamientos en la producción de fumonisinas en jitomate Saladette procesados. ....	67
7. DISCUSIÓN .....	68
8. CONCLUSIONES.....	73
9. REFERENCIAS.....	75
10. ANEXOS.....	85

## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Escala de maduración del jitomate con base al cambio de color en la superficie del fruto. ....	5
Fig. 2. Desarrollo de <i>Rhizopus stolonifer</i> en jitomate Saladette .....	8
Fig. 3. Desarrollo de <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> en jitomate Saladette.....	9
Fig. 4. Desarrollo de <i>Fusarium oxysporum</i> en jitomate Saladette. ....	10
Fig. 5. Desarrollo de <i>Aspergillus flavus</i> en jitomate Saladette.....	11
Fig. 6. Clasificación química general de los polifenoles.. ....	23
Fig. 7. Estructura general de los flavonoides.....	24
Fig. 8. Jitomate Saladette en diferentes estados de madurez.....	33
Fig. 9. Crecimiento de diferentes hongos fitopatógenos en jitomates tomados de puntos de venta en Cuernavaca.....	35
Fig. 10. Crecimiento en medios nutritivos de a) <i>Rhizopus stolonifer</i> , b) <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> , c) <i>Fusarium oxysporum</i> y d) <i>Aspergillus flavus</i> .....	36
Fig. 11. Conteo de esporas en cámara de Neubauer en microscopio óptico a 40X. ....	36
Fig. 12. Preparación de los tratamientos: a) Citro-801% y Citrocover 1%, b) Plata coloidal, c) Quitosano, d) Quitosano adicionado con aceite esencial. ....	38
Fig. 13. Evaluación del crecimiento micelial de <i>F. oxysporum</i> en medio nutritivo con el uso de un vernier digital.....	39
Fig. 14. Esporas de <i>R. stolonifer</i> germinadas después de 2 h de incubación. ....	40
Fig. 15. Preparación de las muestras para la determinación de aflatoxinas por inmunoensayo.....	41
Fig. 16. Cuantificación de aflatoxinas por ELISA.....	42
Fig. 17. Jitomates Saladette seleccionados y lavados con una solución de hipoclorito de sodio a 1%.....	44
Fig. 18. Medición del crecimiento micelial en jitomate inoculado con <i>F. oxysporum</i> . ....	45
Fig. 19. Ejemplo de escala de severidad de infección de <i>Rhizopus stolonifer</i> en jitomate Saladette durante 6 días de almacenamiento.....	45
Fig. 20. Evaluación de la firmeza con el uso del penetrómetro. ....	47
Fig. 21. Medición de SST a partir del jugo de jitomates. a) Extracción de jugo de jitomate, b) Medición con el refractómetro.....	47

Fig. 22. Deshidratación de jitomates a) Frescos cortados, b) Deshidratados a 60°C por 24h. ....	48
Fig. 23. Efecto de extractos cítricos comerciales, quitosano con aceites esenciales de cítricos y plata coloidal, en la cinética de germinación de esporas de <i>R. stolonifer</i> durante 10 h de incubación a 27 ± 2°C. ....	53
Fig. 24. Efecto de extractos cítricos comerciales, quitosano con aceites esenciales de cítricos y plata coloidal, en la cinética de germinación de esporas de <i>F. oxysporum</i> durante 10 h de incubación a 27± 2°C. ....	54
Fig. 25. Efecto de extractos cítricos comerciales, quitosano con aceites esenciales de cítricos y plata coloidal, en la cinética de germinación de esporas de <i>A. flavus</i> durante 10 h de incubación a 27± 2°C. ....	55
Fig. 26. Efecto de extractos cítricos comerciales, quitosano con aceites esenciales de cítricos y plata coloidal, en la cinética de germinación de esporas de <i>C. gloeosporioides</i> durante 10 h de incubación a 27± 2°C. ....	55
Fig. 27. Pérdida de peso de jitomates Saladette, tratado con productos comerciales a base de cítricos, cubiertas de quitosano con aceites esenciales de naranja y limón y plata coloidal, almacenados a durante 7 días a 27± 2°C. ....	66

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición química y nutritiva del jitomate.....	6
Tabla 2. Características morfológicas (micelio y esporas), producción de enzimas y metabolitos secundarios de algunos hongos fitopatógenos que infectan al jitomate. ....	8
Tabla 3. Hongos fitopatógenos que afectan al jitomate durante su almacenamiento, métodos de control, concentraciones aplicadas del tratamiento y efectividad. ....	18
Tabla 4. Métodos de conservación de jitomate procesado, tipo de envases, efecto en la vida de anaquel y presencia de microorganismos durante el almacenamiento. ....	27
Tabla 5. Tratamientos, abreviaciones y concentraciones aplicadas en los hongos fitopatógenos.....	37
Tabla 6. Escala de severidad de infección para los cuatro hongos estudiados. ...	45
Tabla 7. Efecto de extractos cítricos comerciales, quitosano con aceites esenciales de cítricos y plata coloidal en la cinética del crecimiento micelial de <i>R. stolonifer</i> durante 4 días de incubación a $27 \pm 2^{\circ}\text{C}$ .....	50
Tabla 8. Efecto de extractos cítricos comerciales, quitosano con aceites esenciales de cítricos y plata coloidal en la cinética del crecimiento micelial de <i>F. oxysporum</i> durante 8 días de incubación a $27 \pm 2^{\circ}\text{C}$ .....	51
Tabla 9. Efecto de extractos cítricos comerciales, quitosano con aceites esenciales de cítricos y plata coloidal en la cinética del crecimiento micelial de <i>A. flavus</i> durante 8 días de incubación a $27 \pm 2^{\circ}\text{C}$ .....	52
Tabla 10. Efecto de extractos cítricos comerciales, quitosano con aceites esenciales de cítricos y plata coloidal en la cinética del crecimiento micelial de <i>C. gloeosporioides</i> durante 16 días de incubación a $27 \pm 2^{\circ}\text{C}$ .....	52
Tabla 11. Efecto de extractos cítricos comerciales, quitosano con aceites esenciales de cítricos y plata coloidal, en la producción in vitro de aflatoxinas de <i>A. flavus</i> ...	56
Tabla 12. Efecto de extractos cítricos comerciales, quitosano con aceites esenciales de cítricos y plata coloidal, en la producción in vitro de fumonisinas de <i>F. oxysporum</i> . ....	57
Tabla 13. Efecto de extractos cítricos comerciales, quitosano con aceites esenciales de cítricos y plata coloidal, en el desarrollo de <i>R. stolonifer</i> en frutos de jitomate Saladette almacenados durante 3 días a $27 \pm 2^{\circ}\text{C}$ . ....	58
Tabla 14. Efecto de extractos cítricos comerciales, quitosano con aceites esenciales de cítricos y plata coloidal, en el desarrollo de <i>F. oxysporum</i> en frutos de jitomate Saladette almacenados durante 6 días a $27 \pm 2^{\circ}\text{C}$ . ....	58

Tabla 15. Efecto de los extractos cítricos comerciales, quitosano con aceites esenciales de cítricos y plata coloidal, en el desarrollo de <i>A. flavus</i> en frutos de jitomate Saladette almacenados durante 7 días a $27 \pm 2^{\circ}\text{C}$ .....	59
Tabla 16. Efecto de los extractos cítricos comerciales, quitosano con aceites esenciales de cítricos y plata coloidal, en el desarrollo de <i>C. gloeosporioides</i> en frutos de jitomate Saladette almacenados durante 6 días a $27 \pm 2^{\circ}\text{C}$ .....	60
Tabla 17. Efecto de extractos cítricos comerciales, quitosano con aceites esenciales de cítricos y plata coloidal, en la severidad de <i>R. stolonifer</i> en frutos de jitomate Saladette almacenados durante 3 días a $27 \pm 2^{\circ}\text{C}$ . ....	61
Tabla 18. Efecto de extractos cítricos comerciales, quitosano con aceites esenciales de cítricos y plata coloidal, en la severidad de <i>F. oxysporum</i> en frutos de jitomate Saladette almacenados durante 6 días a $27 \pm 2^{\circ}\text{C}$ . ....	61
Tabla 19. Efecto de los extractos cítricos comerciales, quitosano con aceites esenciales de cítricos y plata coloidal, en la severidad de <i>A. flavus</i> en frutos de jitomate Saladette almacenados durante 7 días a $27 \pm 2^{\circ}\text{C}$ .....	62
Tabla 20. Efecto de los extractos cítricos comerciales, quitosano con aceites esenciales de cítricos y plata coloidal, en la severidad de <i>C. gloeosporioides</i> en frutos de jitomate Saladette almacenados durante 6 días a $27 \pm 2^{\circ}\text{C}$ .....	63
Tabla 21. Efecto de los extractos cítricos comerciales, quitosano con aceites esenciales de cítricos y plata coloidal, sobre la firmeza de jitomates almacenados 7 días a $27 \pm 2^{\circ}\text{C}$ .....	65
Tabla 22. Efecto de los extractos cítricos comerciales, quitosano con aceites esenciales de cítricos y plata coloidal, sobre los Sólidos Solubles Totales de jitomates almacenados 7 días a $27 \pm 2^{\circ}\text{C}$ . ....	65
Tabla 23. Efecto de productos comerciales a base de cítricos, cubiertas de quitosano con aceites esenciales de naranja y limón y plata coloidal, sobre la producción de aflatoxinas en jitomates Saladette inoculados con <i>A. flavus</i> y deshidratados.....	67
Tabla 24. Efecto de productos comerciales a base de cítricos, cubiertas de quitosano con aceites esenciales de naranja y limón y plata coloidal, sobre la producción de fumonisinas en jitomates Saladette inoculados con <i>F. oxysporum</i> y deshidratados.....	68

## SIGLAS, SIMBOLOS Y ABREVIATURAS

% EG .....	Porcentaje de esporas germinadas
°Bx .....	Grados Brix
µg .....	Microgramos
A .....	Agua
ATP .....	Adenosin trifosfato
Aw .....	Actividad de agua
C80 .....	Citro – 80
CC .....	Citrocover
CEPROBI-IPN .....	Centro de Desarrollo de Productos Bióticos del Instituto Politécnico Nacional
cm <sup>2</sup> .....	Centímetros cuadrados
COV .....	Compuestos orgánicos volátiles
CQ/AEL .....	Cubierta de quitosano con aceite esencial de limón
CQ/AEN .....	Cubierta de quitosano con aceite esencial de naranja
DL50 .....	Dosis letal media 50
DNA .....	Ácido Desoxirribonucleico
DON .....	Deoxinivalenol
ELISA .....	Ensayo por inmunoadsorción ligado a enzimas
FAO .....	Food and Agriculture Organization
FB1 .....	Fumonisin B1
FDA .....	Food and Drugs Administration
GRAS .....	Generally recognized as safe
H .....	Horas
HR .....	Humedad Relativa

IU .....	International Unit
Mg .....	Miligramo
N .....	Newton
°C .....	Grados centígrados
OMS .....	Organización Mundial de la Salud
<i>p</i> .....	Valor de probabilidad
PC .....	Plata coloidal
PDA .....	Agar Papa Dextrosa
pH .....	Potencial de hidrógeno
PP .....	Pérdida de peso
ppb .....	Partes por billón
Ppm .....	Partes por millón
RNA .....	Ácido Ribonucleico
RPM .....	Revoluciones por minuto
SADER .....	Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural
Spp.....	Especies
SST .....	Sólidos Solubles Totales
USA .....	United State of American
USDA .....	United States Department of Agriculture
UV.....	Ultravioleta – cercano
Mmol .....	Micromol

# 1 ANTECEDENTES

## 1.1. Jitomate

En México, el jitomate (*Solanum lycopersicum L.*) es considerado como uno de los productos con mayor demanda por su valor nutricional y su versatilidad para cocinarlo en diferentes platillos. Su consumo per cápita asciende aproximadamente a 13.4 kg anualmente y es superior a alimentos como el arroz y frijol. Durante el año 2021 la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) reportó una producción de 3.32 millones de ton con una superficie de cultivo de 48 mil ha. Además, México es el noveno país con mayor producción de jitomate a nivel mundial, lo que permite cubrir la demanda nacional y destinar a mercado de exportaciones un volumen aproximado de 1.8 millones de ton de producción (1,2). En términos económicos, en el año 2021 la producción de jitomate que se exporta dejó una derrama económica de 1.96 millones de dólares. De acuerdo al reporte mensual de productos agroalimentarios de enero de 2023, las exportaciones aumentaron 4.8% respecto al mismo periodo del año anterior, siendo Estados Unidos de América el principal comprador. El estado de Morelos fue la sexta entidad con mayor producción de jitomate en el año 2022, con una participación de 6.2% del total nacional (3,4).

El jitomate es una planta herbácea perenne de vida corta que pertenece a la familia solanácea, es una planta originaria del sur de América, existen reportes que indican que al llegar a México el producto se popularizó y se llevó a Europa para su

domesticación (5). Su fruto es climatérico y se desarrolla en un rango de temperatura de 20 a 25°C, con una humedad relativa del 75%. Requiere de 45 días desde la germinación de la semilla para llegar a la floración y de 90 a 100 días promedio para alcanzar el índice de madurez del fruto. La forma del fruto comúnmente es ovoide, aunque puede ser bilocular o multilocular y puede contener de 50 a 200 semillas (6).

La pérdida de alimentos es un punto clave en el desarrollo económico de todos los países, las razones por las que se desperdician alimentos son variadas y estas pérdidas pueden ocurrir desde la producción, durante toda la cadena de suministros, hasta llegar al consumidor y el manejo en casa. El jitomate es un fruto perecedero y delicado, por lo tanto, es susceptible a sufrir magulladuras y perforaciones en su piel causados por la inadecuada manipulación al momento de la cosecha, que lo vuelve susceptible a la contaminación por microorganismos en las diversas etapas del proceso postcosecha. La base de datos sobre pérdidas y desperdicios de los alimentos de la FAO, informan que en México en el año 2016, las pérdidas estimadas de jitomate de todas las variedades cultivadas, fueron de aproximadamente de 10.3% durante la cosecha y de 7.6% durante las diferentes etapas postcosecha hasta llegar al punto venta (7). Países como Arabia Saudita reportaron en el año 2019 pérdidas del 23% de la producción del país, durante todas las etapas de la cadena de suministro, mientras que, en Estados Unidos de América, el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés) reportó un promedio de 15% de la producción total (8). Factores ambientales como

la temperatura, cantidad de luz solar, humedad, gases como oxígeno y dióxido de carbon y concentración de antioxidantes sintetizados y el manejo postcosecha, favorecen o disminuyen las pérdidas del producto cosechado (9,10).

En general, el manejo postcosecha de los productos hortofrutícolas debe garantizar la calidad en los productos al conservar, su color, apariencia y firmeza. En el caso del jitomate, las etapas en las que se debe tener mayor cuidado y atención son la cosecha, transporte del campo a la empacadora (o lugar de venta), la selección, empaado y almacenamiento; debido a que, en estas etapas se somete al fruto al mayor estrés físico, lo que puede provocar daños visibles que pueden ocasionar el ingreso de microorganismo patógenos y una maduración acelerada. En el caso del almacenamiento, esta una etapa crítica, ya que, el producto es más susceptible a contaminación por microorganismos debido a las condiciones de humedad relativa (HR), la temperatura del medioambiente y el contacto con materiales contaminados. El mal manejo del producto también puede provocar disminución de la calidad como aumento en la pérdida de peso y firmeza, cambios drásticos de color, aumento en la tasa de respiración y modificación en las propiedades sensoriales como olor y sabor (9,11).

Durante el almacenamiento, los hongos son los principales microorganismos que causan daños en el jitomate y los generos más frecuentes son *Alternaria alternata*, *Rhizopus stolonifer*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Fusarium oxysporum* y *Aspergillus flavus*. Estos dos últimos, además de causar daño físico al fruto y

afectar su calidad, producen metabolitos secundarios denominados micotoxinas, los cuales son tóxicos para el consumidor (5).

### 1.1.1 Cambios fisicoquímicos asociados con la calidad del fruto durante su almacenamiento

Las principales características del jitomate se atribuyen a las variables de calidad condicionadas en gran medida por el manejo pre y postcosecha, las cuales resultan de interés porque se consideran como indicadores del estado de calidad del fruto (12).

La calidad se considera como un atributo de excelencia; para el caso de jitomate las variables fisicoquímicas de mayor relevancia que determinarán la calidad son: pH, acidez titulable, azúcares reductores, color, sólidos solubles totales (SST), firmeza y pérdida de peso (PP). Las primeras cuatro características son de interés para productos procesados, en cambio, las variables SST, firmeza y PP resultan de mayor interés cuando se destinan al consumo en fresco (9).

Los SST se relacionan directamente con el grado de madurez en la que el fruto se cosechó (7,9). La firmeza se puede ver comprometida cuando se altera el metabolismo y la apariencia del fruto por daño mecánico, mientras que la PP además de la apariencia se asocian a factores externos como la temperatura ambiental de almacenamiento y la HR. Otros factores externos, como la incidencia de microorganismos acelerará el proceso de maduración debido a la degradación

de la pared celular del epicarpo por la acción de enzimas pectinolíticas sintetizadas por los hongos patógenos (13).

Los cambios asociados con la maduración incluyen modificaciones en todas las variables mencionadas anteriormente. En la Fig. 1, se muestra una escala de maduración del jitomate de acuerdo a la variable color (14).



Fig. 1. Escala de maduración del jitomate con base al cambio de color en la superficie del fruto: a) 100% verde, b) 15% verde-amarillo, c) 30-60% amarillo-rosado, d) 60 a 90% rojo claro, e) 100% rojo intenso. Fuente: USDA (1991).

### 1.1.2 Composición química y nutrimental del jitomate fresco

El jitomate contiene una gran cantidad de agua, proporciona un aporte importante de carbohidratos y de fibra soluble, así como de vitaminas, minerales y otros macronutrientes considerados compuestos bioactivos (Tabla 1) (15).

El consumo de jitomate está asociado al aumento de colesterol de alta densidad en personas con sobre peso (16), debido a que se ha estudiado que la suplementación de licopeno tiene efectos sobre la concentración de colesterol en sangre, la presión arterial y disminución de riesgos cardiovasculares (17).

**Tabla 1. Composición química y nutritiva del jitomate**

Compuesto	100 g de jitomate
Energía (kcal)	18
<b>Macronutrientes</b>	
Agua (g)	94.52
Proteínas (g)	0.88
Lípidos totales (g)	0.2
Carbohidratos (g)	3.89
Fibra dietética total (g)	1.2
<b>Minerales</b>	
Calcio (mg)	10
Hierro (mg)	0.27
Magnesio (mg)	11
Fósforo (mg)	24
Potasio (mg)	237
Sodio (mg)	5
Zinc (mg)	0.17
<b>Vitaminas</b>	
Vitamina C, Ac. ascórbico (mg)	13.7
Tiamina	0.037
Riboflavina (mg)	0.019
Niacina	0.594
Vitamina B6 (mg)	0.08
Folato, DFE (µg)	15
Vitamina A, RAE (µg)	42
Vitamina A, (IU)	833
Vitamina E, α-tocoferol (mg)	0.54
Vitamina K, Foloquinona (mg)	7.9
<b>Carotenoides</b>	
β-Caroteno (mg)	0.11 - 1.07
Licopeno (mg)	1.86 - 14.62

Fuente: USDA (2015)

## 1.2 Hongos fitopatógenos asociados con el jitomate durante su almacenamiento

### 1.2.1 *Rhizopus stolonifer*

*Rhizopus stolonifer* es un hongo fitopatógeno que deteriora a los frutos de jitomate en postcosecha. Es el responsable de las pudriciones blandas, debido a que excreta enzimas pectolíticas y celulolíticas, principalmente poligalacturonasa, que ablandan la pared celular e inducen pérdida de estructura del fruto. Las principales características morfológicas de este hongo son el micelio aéreo algodonoso que van de color blanco a gris oscuro y la abundancia de esporas llamadas esporangiosporas (Tabla 2) (Fig. 2). Alcanza un diámetro entre 10 y 25  $\mu\text{m}$ . Se desarrollan en humedad relativa de 70 a 80% con una temperatura óptima de crecimiento de 25 °C; sin embargo, puede soportar temperaturas bajas, cercanas a 0 °C (18,19). Puede colonizar un fruto en pocos días, ya que, su la velocidad de crecimiento se asocia a la carga de esporas o cantidad de micelio. La manera en que infecta al fruto es a través de heridas, lesiones o abrasiones, que pueden ocasionarse desde el corte, transporte y almacenamiento. A partir de la germinación, pueden pasar en promedio 3 días para que la totalidad del fruto se vea comprometida. Es el responsable de hasta 50% de las pérdidas por hongos en la etapa postcosecha (19).



Fig. 2. Desarrollo de *Rhizopus stolonifer* en jitomate Saladette

**Tabla 2. Características morfológicas (micelio y esporas), producción de enzimas y metabolitos secundarios de algunos hongos fitopatógenos que infectan al jitomate.**

Hongo	Morfología micelar	Esporas	Enzimas	Metabolitos secundarios	Ref.
<i>Rhizopus stolonifer</i>	Micelio algodonoso aéreo blanco, abundantes	Esporangiosporas de color negro a café globosas, elipsoidal y angular	Poligalacturonasas Pectinmetilesterasas y Pectinglicosidasas	No aplica	(20–22)
<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	Micelio área algodonoso en coloración gris, oliva, marrón	Cilíndricos con bordes obtusos, hialinos, sin septos, 9-24 x 3-6 µm, formados en fiáldes cilíndricas hialinas.	Poligalacturonasas y Pectatoliasas	No aplica	(23,24)
<i>Fusarium oxysporum</i>	Micelio subaéreo plano – rosado con tono morado.	Producción de clamidoesporas abundantes	Endo y Exopoligalacturonas Pectatoliasas, Xilanasas y Proteasas	Fumonisinias Zerealanona Ocratoxinas	(25–27)
<i>Aspergillus flavus</i>	Aterciopelado. Color amarillo verdoso o marrón	Rugosas, alta producción de conidios, fiáldes uniseriadas o biseriadas que cubren completamente la vesícula	Peptidasas, Fitasas, Lipasa, DNAsa Elastasa Keratinasas, Quitinasas y Poligalacturonasa	Ciclopentanonas (B, M, P, Q) y lactonas (G)	(23, 34)

### 1.2.2 *Colletotrichum gloeosporioides*

El género *Colletotrichum* ocasiona la enfermedad denominada antracnosis. *Colletotrichum gloeosporioides* causa principalmente pérdidas en postcosecha y suele aparecer con frecuencia en mango y papaya, sin embargo, se ha reportado su presencia recientemente en frutos de jitomate (30). La sintomatología de este hongo se manifiesta con lesiones circulares elipsoidales, con grandes cantidades de esporas las cuales forman una masa compacta de color salmón, naranja o rosadas con abundante producción de conidiósporas en los frutos (Fig. 3) (31). El desarrollo de las conidiósporas es mayor a temperaturas entre 25 y 30°C y humedad relativa de 95%. La germinación de *C. gloeosporioides* puede iniciar en las etapas tempranas de la maduración del fruto y posteriormente se desarrolla hasta cubrir la totalidad del fruto. Generalmente, el fruto se infecta vía cutícula y su crecimiento es hacia la pulpa, esta acción se facilita por la producción de las enzimas poligalacturonasa y pectatoliasa que segregan sus hifas (23).



Fig. 3. Desarrollo de *Colletotrichum gloeosporioides* en jitomate Saladette.

### 1.2.3 *Fusarium oxysporum*

Es un hongo que afecta principalmente el desarrollo de las plantas de jitomate, aunque puede permanecer hasta la cosecha y almacenamiento de los frutos. Produce clamidosporas que son capaces de permanecer por períodos largos en el suelo sin condiciones para desarrollo y se pueden diseminar a frutos sanos ocasionando daños visibles en postcosecha. Los frutos infectados presentan coloración café por necrosis en el tejido vascular ocasionado por la producción de enzimas del hongo, como endo y exopoligalacturonasas, endoxilanasas, endopectato liasa; las cuales degradan la pared celular y comprometen la firmeza del fruto (Fig. 4) (25).

*Fusarium oxysporum* es capaz de desarrollarse en un rango de temperatura amplio desde 15°C a 28°C y las clamidosporas que produce son resistentes a temperaturas altas y pH ácidos (32,33) lo que, favorece la permanencia del hongo en el fruto.



Fig. 4. Desarrollo de *Fusarium oxysporum* en jitomate Saladette.

#### 1.2.4 *Aspergillus flavus*

El género *Aspergillus* se encuentra de forma abundante en los suelos sin cultivar y favorece la descomposición de la materia orgánica, puede llegar a los cultivos por insectos, agua o aire e infectar a los frutos en las etapas de pre y postcosecha. Se desarrolla en ambientes de 70 a 90% de HR y temperaturas entre 15 y 30°C. Produce abundantes esporas y micelio con coloración amarillenta a verde dependiendo del sustrato (Tabla 2). Los frutos infectados por *A. flavus* desarrollan pudrición (Fig. 5) y metabolitos secundarios llamados aflatoxinas, las cuales presentan un efecto teratogénico, genotóxico y nocivo a la salud humana y animal (34). Ha sido ampliamente reportado que la mayor presencia de aflatoxinas es en cereales y granos debido a su bajo contenido de humedad (14% de humedad) y la asociación con un contenido alto de ácidos grasos en la matriz alimentaria donde se desarrolla el hongo favorecen la síntesis de las aflatoxinas (35). Sin embargo la presencia de este hongo en productos frescos tales como; frutos, purés y pastas de tomate es cada vez más frecuente (36).



Fig. 5. Desarrollo de *Aspergillus flavus* en jitomate Saladette.

### 1.3 Micotoxinas producidas por *Fusarium* spp y *Aspergillus* spp.

Las micotoxinas de los géneros *Fusarium* y *Aspergillus* son compuestos tóxicos que se producen como parte de su mecanismo de permanencia y defensa, afectan la inocuidad de los frutos y principalmente ponen en riesgo la salud del consumidor, debido a que, se asocian a intoxicaciones como la micotoxicosis, que compromete el sistema inmunológico de individuos inmunosuprimidos. La micotoxicosis que es una intoxicación severa por exposición a concentraciones altas de micotoxinas y las afecciones crónicas por la exposición a largo plazo, suelen manifestarse como padecimientos renales, pulmonares o neurológicos, afectaciones vasculares y algunos tipos de cáncer de esófago, estómago o hepático (28,37–40).

#### 1.3.1 *Fusarium* spp

Los hongos del género *Fusarium* producen micotoxinas dentro de las que destacan las zearalenonas y las fumosinas.

La zearalenona es una lactona de ácido  $\beta$ -resorcíclico macrocíclico asociada con alteraciones de los niveles de estrógenos y con problemas reproductivos en especies animales y en humanos (40). Los tricotecenos son otro grupo de micotoxinas que químicamente es el deoxinivalenol (DON) asociado a carcinogénesis. La toxicidad de los DON causa náuseas, vómitos, diarrea, dolor abdominal y de cabeza, mareos y fiebre, debido a la inhibición de síntesis de

proteínas a nivel ribosomal y alteraciones en la síntesis de DNA y RNA. La dosis máxima permitida en alimentos para consumo humano por la Agencia de Drogas y Alimentos (FDA, por sus siglas en inglés) es de 1 ppm (41).

Las fumonisinas se clasifican en 4 grupos (A, B, C y P) y se asocian a daños a nivel de esófago induciendo cáncer de estómago. También se metabolizan en hígado y tienen impacto a nivel renal. La Organización Mundial de la Salud (OMS) y la FDA recomiendan que la ingesta máxima no supere las 2 y 4 ppm; sin embargo, la UE restringe hasta 1 ppm para alimentos listos para consumo (41). Las fumonisinas del grupo B1 (FB1) están asociadas como factor de riesgo de cáncer de esófago, alteraciones al metabolismo lipídico y aumento en la producción de radicales libres (42). Se ha determinado que las concentraciones bajas de oxígeno, el estrés hídrico del hospedero y las temperaturas superiores a 26°C pueden favorecer la síntesis de fumonisinas (43).

### 1.3.2 *Aspergillus flavus*

Las micotoxinas producidas por el hongo *A. flavus* se denominan aflatoxinas, las cuales son dihidro-difuranos unidos a una molécula de cumarina que se localizan en las plantas y son reconocidas por su efecto antimicrobiano. Su estructura es afín al DNA y forman enlaces covalentes con la guanina (44). Las principales difuranocumarinas se clasifican en ciclopentanonas (B, M, P, Q) y lactonas (G). La serie B (B1, B2) son las de mayor efecto teratogénico, igualmente, la serie G (G1 y G2) que se obtienen por síntesis natural del hongo. Las aflatoxinas B se han

registrado como factor de riesgo casos de cáncer de hígado, por su alta incidencia; sin embargo, también se asocian a otros tipos de carcinomas en menor frecuencia como pulmón y páncreas. De acuerdo con los resultados de Smela *et al.* (45) y revisiones realizadas por Guzmán y Flores (46,47) el efecto tóxico radica en la alteración al gen P53 que regula la replicación celular y termino de su ciclo en apoptosis. Las aflatoxinas forman aductos (complejos ADN – aflatoxina), principalmente en los hepatocitos donde se metabolizan. Estas uniones ocurren específicamente sobre el codón 249 en el triplete guanina citocina, en el exón 7, Cuando el gen se inactiva no es posible la síntesis de la proteína p53, por lo tanto, se asocia al desarrollo de tumores (35,48,49).

#### 1.4 Métodos de detección de micotoxinas en alimentos contaminados.

Existen varias metodologías para determinar el contenido de micotoxinas de un alimento, las cuales ofrecen resultados confiables, tales como, determinación por lámpara UV, cromatografía e inmunoensayos con diferentes niveles de sensibilidad reportada (40,50).

##### 1.4.1 Determinación de micotoxinas en alimentos contaminados por lámpara UV

El uso de las lámparas UV solo son útiles para un grupo reducido de micotoxinas, específicamente, las aflatoxinas que presentan las del tipo B1 y B2 fluorescencia azul, y verde las del tipo G. De acuerdo con esto, Contreras *et al.* (50)

y Ellis *et al.* (51) indicaron que ésta es una prueba rápida a través de una lámpara UV en un rango de 363 – 366 nm. Es una prueba económica de sensibilidad media; sin embargo, no es posible cuantificarlas en caso de presencia, por lo tanto, es una técnica cualitativa de detección de aflatoxinas fluorescentes con limitaciones para micotoxinas de otros géneros (51).

#### 1.4.2 Cromatografía para la detección de micotoxinas en alimentos contaminados

La cromatografía se utiliza en la detección de micotoxinas, debido a su alta sensibilidad en la determinación cuantitativa del tóxico. En la actualidad se utilizan varias técnicas en las cromatografías las cuales involucran la a) cromatografía de capa fina, b) cromatografía de columna y c) cromatografía de gases (51).

a) La cromatografía de capa fina permite detectar hasta 10 µg/kg, es compacta, sencilla y de fácil interpretación. Para la cromatografía de columna el nivel es de 5 µg/kg, es práctica, pero imprecisa.

b) La Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC), detecta hasta 1 µg/kg, es de alta precisión y automatizada, pero de mayor costo.

c) La cromatografía de gases es la técnica con mayor precisión en los análisis químicos, su limitante es la naturaleza de la muestra y para la detección de micotoxinas tiene bajo nivel de sensibilidad, inclusive puede no detectarlas. De acuerdo con la experimentación de Li *et al.* (52) el crecimiento de *A. flavus* genera

compuestos orgánicos volátiles (COV) producto del metabolismo secundario lo que hace posible establecer una relación respecto a la concentración de los diversos COV según su estado de desarrollo.

### 1.4.3 Inmunoensayos

Los inmunoensayos son identificaciones biológicas en cultivos de células y tejidos en animales y microorganismos, como la prueba de ELISA (51).

El cromatógrafo de flujo lateral de un paso, consiste en un inmunoensayo competitivo con uno acoplado con especificidad para micotoxinas (aflatoxinas y fumonisinas), conjugadas con partículas coloidales de oro. La detección se realiza una vez que el extracto de la muestra a medir se colocó sobre la tira reactiva y formó un complejo con el anticuerpo y las partículas de oro, los anticuerpos que no formaron complejos se detectan y leen por densidad óptica por el equipo. Los resultados se expresan en partes por millón (ppm) o partes por billón (ppb), de acuerdo con el logaritmo programado (53).

## 1.5 Métodos de control de hongos fitopatógenos

### 1.5.1 Métodos de control

La incidencia de microorganismos de los productos agrícolas en la etapa postcosecha se asocia fundamentalmente con el manejo, aunque la aplicación de métodos de control de los fitopatógenos es clave en la presencia de éstos.

El uso de metodos para controlar el desarrollo de hongos en los frutos de jitomates, tiene la finalidad de reducir inhibir la producción de esporas y su germinación, así como, el desarrollo de su micelio y síntesis de micotoxinas y por consiguiente aumentar la vida de anaquel (54).

En el jitomate, se ha observado una tendencia clara en la experimentación y validación de técnicas de control, que sean seguras, eficaces y que no involucre la aplicación de compuestos sintéticos. Las técnicas de control reportadas en la literatura, deben su eficiencia a tres factores principales: microorganismo objeto, método y concentración aplicada (Tabla 3) (55).

Existen métodos físicos, como la aplicación de agua caliente, ozono, ultrasonificación, radiación UV-C y métodos biológicos como los aceites esenciales, extractos de plantas, cubiertas y antagonistas microbianos, que se aplican de forma preventiva o curativa. En general, estos métodos tienen efecto sobre el desarrollo de los fitopatógenos y la calidad del fruto (56,57).

Los agentes biológicos como los extractos de plantas y aceites esenciales, también pueden ser alternativas para el control de microorganismos en los productos hortícolas. Los extractos de plantas tienen cierta ventaja ante los fungicidas sintéticos, ya que, son seguros para el consumidor, los fitoquímicos presentes actúan como sustancias bioactivas para el control de los hongos (58,59).

**Tabla 3. Hongos fitopatógenos que afectan al jitomate durante su almacenamiento, métodos de control, concentraciones aplicadas del tratamiento y efectividad.**

Microorganismo	Método de control	Concentración	% de eficiencia	Ref.
<b>Rhizopus stolonifer</b>	Hipoclorito de sodio	0.50%	60 - 95 %	(60)
	<i>Pichia guilliermondii</i>	(10 <sup>8</sup> , 10 <sup>7</sup> , 10 <sup>6</sup> , 10 <sup>5</sup> )	78%	(57)
	<i>Candida guilliermondii</i>	10 <sup>3</sup>	87%	(57)
	Extracto metanólico de Neem y ajo	2 y 3 mg/mL	98-100%	(61)
	Quitosano con aceite esencial de orégano	5, 2.5, 1.25 µL/mL	75–84 %	(62)
	Quitosano con aceite esencial de limonaria	1.25 µL/mL	85.9–97.8%	(63)
	Radiación UV-C	3.6 kJm <sup>-2</sup> , 5 min	53%	(64)
	Inmersiones con agua caliente	Temp. 60 °C	75-98%	(60)
<b>Colletotrichum gloeosporioides</b>	Ozono	5 µmol/mol	75%	(65)
	Inmersiones con agua caliente	58 – 62 °C de 8 a 15 seg	80-83%	(66)
<b>Fusarium oxysporum</b>	Hipoclorito de potasio en forma electrolítica	0.5 mg/L (ORP 780 mV)	100%	(67)
	<i>Trichoderma harzianum</i>	10 <sup>7</sup> , 10 <sup>8</sup>	80%	(68)
	Extractos y aceite esencial de clavo	100 a 500 ppm	80-100%	(69)
	Extracto de Neem, ajo y jengibre	2 y 3 mg/mL	100%	(59)
	Agua neutra electrolizada con cloro disponible	60 mg/L	100%	(70)
<b>Aspergillus flavus</b>	<i>Trichoderma harzianum</i>	10 <sup>3</sup> , 10 <sup>5</sup>	80-82%	(68)
	Extractos comerciales de cítricos (Citrocover)	1%	90%	(71)
	Resina de pino (Resinadher)	0.50%	100%	(71)
	Cubiertas de quitosano	2%	65-75%	(72)
	Agua neutra electrolizada con cloro disponible	40, 60 mg/L	85-100%	(70)

Directamente sobre los microorganismos, pueden tener efecto sobre la germinación y producción de esporas, debido a que, provocan la ruptura de las membranas plasmáticas en el micelio y deterioro de la pared celular en las esporas

(56). En el caso de las cubiertas comestibles que normalmente se aplican en el jitomate y muchos otros productos hortofrutícolas, es común que se empleen ceras, almidones, alginato y quitosano, además, bajo experimentación se han adicionado otros compuestos como extractos botánicos y aceites esenciales, con efectividad en el control de diferentes microorganismos fitopatógenos (61,62,63).

### 1.5.2 Extractos vegetales de cítricos

Los extractos vegetales del género *Citrus* son generalmente ricos en vitamina C, antocianinas y flavonoides, entre otros. Dentro de los componentes más abundantes se encuentra la hesperidina, naranjina, limoneno y pectina los cuales han demostrado tener actividad antioxidante, antiinflamatoria, antiviral y sobre todo antimicrobiana. Actualmente, los extractos y aceites elaborados a partir de cítricos se reconocen como compuestos GRAS (Generalmente Reconocido como Seguros, por sus siglas inglés) por la FDA (58,73–75). Además, poseen una importante actividad antifúngica en hongos postcosecha como a continuación se ejemplifica.

El extracto metanólico de cáscara de mandarina (*C. reticulata*) y el extracto acuoso de cáscara de limón (*C. limon*) demostraron tener efecto en la inhibición *in vitro* de *Staphylococcus aureus* y *Candida albicans*. En el caso de los hongos, los extractos acuosos y etanólicos de mandarina (*C. reticulata*) fueron efectivos para inhibir el crecimiento de *A. flavus* (76), mientras que, los extractos metanólicos y acuosos de limón, ejercieron un efecto notable sobre la inhibición *in vitro* de *F. oxysporum* y *R. stolonifer* (77). El uso del extracto etanólico de toronja (*C. paradisi*),

adicionado en cubiertas de quitosano utilizado el control de *C. gloeosporioides* en mango, redujo la antracnosis durante el almacenamiento del fruto (78), mientras que, la cubierta a base de extracto etanólico de naranja dulce (*C. sinensis*,) y quitosano, controló el desarrollo de *A. niger* y *Penicillium citrinum* en jitomate durante ocho días de almacenamiento a 25°C (79).

Por otro lado, en otros estudios, Negeira *et al.* (2019) (80) plantearon la recuperación de granos de maíz contaminados por *A. flavus* con el uso de extracto de limón, pudiendo disminuir la producción de aflatoxinas de 250 a 20 ppm.

### 1.5.3 Quitosano

El quitosano es un producto resultado de la desacetilación de la quitina que se obtiene del exoesqueleto de insectos, crustáceos y de paredes celulares de algunos hongos, levaduras y algas. Se ha determinado que es seguro para el ser humano y que tiene efecto antifúngico notable. El efecto antifúngico se ha probado en plantas de jitomate infectadas con el hongo *Alternaria* spp. (81) y en control *In vitro* de *A. ochraceus* (82), ello se debe a que, debilita la pared celular del microorganismo y ejerce control sobre el desarrollo de esporas, debido a la disminución del pH del medio (83). Existen estudios para caracterizar las propiedades del quitosano, como la toxicidad. En el caso de la dosis letal media (DL50) con *Artemia salina* se determinó que el quitosano es seguro hasta 1364.41 ppm (84).

Por otro lado, a partir del quitosano, pueden formularse una gran variedad de cubiertas comestibles, las cuales pueden aplicarse a diversos productos hortofrutícolas, debido a que no cambia las propiedades sensoriales del alimento y la calidad no se ve comprometida. Por ejemplo, el efecto sobre las variables SST, PP y firmeza en manzanas tratadas con quitosano, mostraron que el período de almacenamiento fue superior a 3 meses, comparado con manzanas tratadas sólo con agua (85).

El quitosano forma una matriz estructural que cubre toda la superficie del fruto y que además, permite que los compuestos que se adicionen permanezcan por más tiempo, por tal motivo, es un vehículo ideal para adicionar diferentes las especies de aceites esenciales como, los de canela (86,87), orégano (62), clavo (88), naranja (89) y limón (90).

#### 1.5.4 Productos comerciales

Existen en el mercado productos comerciales a base de extracto de semillas de cítricos y aceites esenciales de limón y naranja, que han sido utilizados como en el control de hongos pre y postcosecha. Por ejemplo, el extracto de semilla de *C. paradisi*, marca comercial Citrex, se evaluó *in vitro* contra *F. oxysporum* y en plantas de jitomate con una efectividad del 85 – 64% de reducción de la marchitez vascular (91). Otros productos a base de cítricos tales como, Biocto® 6 y Agrilife® 100 mostraron una efectividad 66 y 77%, respectivamente, mientras que en *C. musae* mostraron una efectividad de 100% y 90%, respectivamente (92). El extracto

Ecolife® se evaluó en *Acremonium* sp. en frutos de papaya 'Maradol' y tuvo una inhibición del crecimiento del 65 al 70%, mientras que, para *Penicillium* spp. en manzanas, se reportó una efectividad de 75%. Esta acción fungicida puede deberse a sus componentes principales que son ácidos orgánicos, bioflavonoides y efecto antioxidante (92–94).

La oferta de extractos comerciales usados como fungicida es variada, ya que, representan una opción práctica, de fácil aplicación y de alta disponibilidad, además, se consideran seguros por ser de grado alimenticio. Además, la preparación de las soluciones no requiere equipos costosos ni personal especializados, por lo que, su utilización asegura la homogeneidad en el control de microorganismos de los productos cosechados. El principio activo que declaran los fabricantes suele ser fitoquímicos como los compuestos fenólicos y flavonoides, ya que, en general este grupo de compuestos tiene efecto sobre la cadena respiratoria de los hongos, pero no genera alteraciones sobre el sustrato ni se han reportado efectos nocivos sobre el sujeto que aplica el compuesto (95).

Citrocover es un producto natural comercial elaborado a partir de extracto de semilla de cítricos, tales como limón persa y naranja dulce, del mismo modo, el producto natural Citro-80 contiene extracto de semillas de cítricos, tales como naranja dulce y toronja. Ambos extractos se obtienen por destilación de arrastre de vapor y se estandarizan a 7%, mezclándolos con componentes inertes. Los extractos a partir de semillas de cítricos se componen principalmente de ácido ascórbico, ácido palmítico, manitosa, glucosa, glicéridos, ácidos grasos,

aminoácidos, bioflavonoides cítricos mezclados con grupos de aminas, tocoferoles y terpenos. De estos últimos, se reconoce al limoneno, pineno, linalol, por mencionar algunos, que posiblemente son los que proporcionan la actividad antifúngica (71,96).

Las biomoléculas presentes en los extractos de cítricos se pueden clasificar de varias formas, entre las que destacan por su grupo químico y su estructura (97). De forma química, los polifenoles se clasifican en fenoles, flavonoides y taninos (Fig. 6).

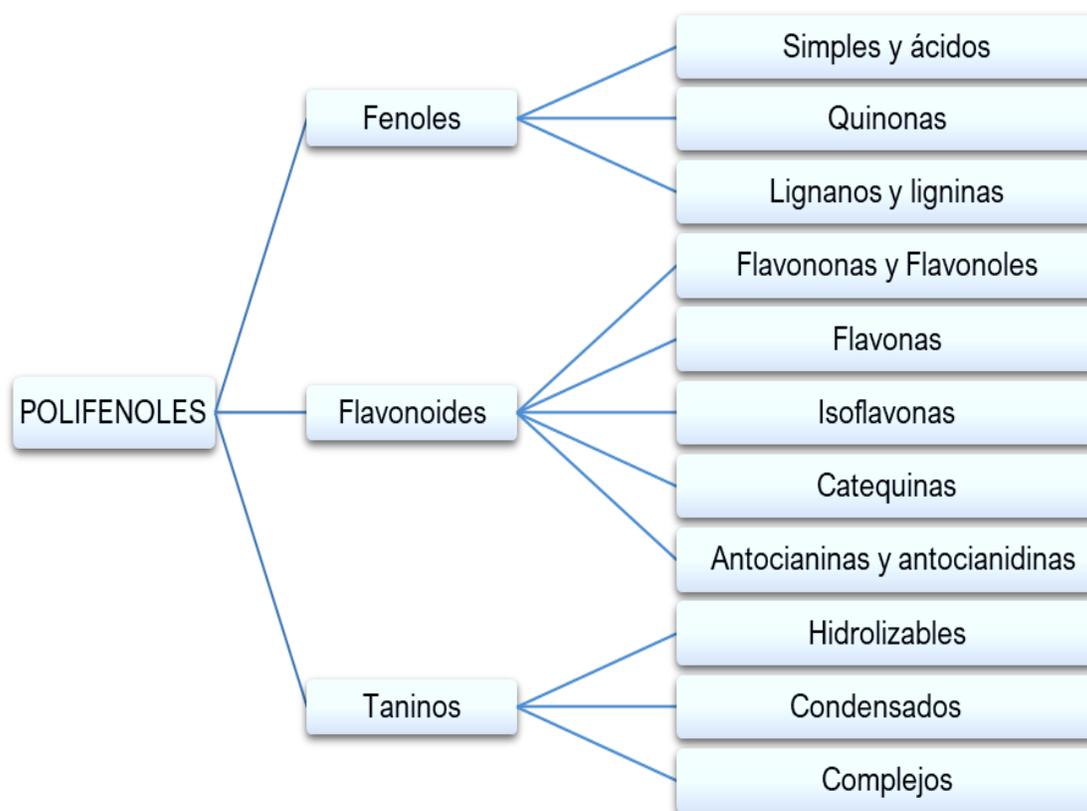


Fig. 6. Clasificación química general de los polifenoles. Fuente: Tuberoso et al. (97)

De forma estructural, los compuestos fenólicos como los flavonoides se caracterizan por poseer un grupo hidroxilo, un grupo fenol y dobles enlaces carbono-

carbono y carbono-oxígeno (Fig. 7) que le dan el carácter antioxidante y favorecen los mecanismos de acción antifúngica (90).

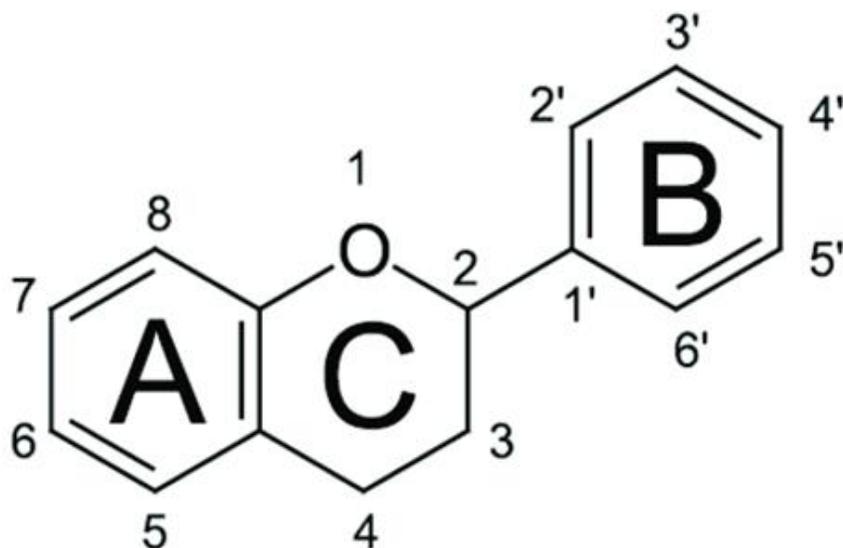


Fig. 7. Estructura general de los flavonoides. Fuente: Trujillo (98).

### 1.5.5 Desinfectantes

#### 1.5.5.1 Plata coloidal

La plata coloidal ha cobrado importancia entre los compuestos comerciales empleados para la desinfección principalmente de vegetales. Se caracteriza por su acción biocida, principalmente en la inhibición de bacterias coliformes en hojas y hortalizas como fresa y cilantro (95,99), así como, en el control de hongos. Se ha evaluado su efectividad *in vitro* sobre *A. brassicicola*, *A. flavus*, *A. niger*, *Botrytis cinerea*, *F. culmorum*, *F. oxysporum*, *P. digitatum* y *Sclerotinia sclerotiorum* (100). Los mecanismos de acción de la plata coloidal son a través de un sistema de

dispersión en el que las partículas de plata iónica forman un complejo con una proteína para formar una estructura que permiten tener mayor área de contacto. Su mecanismo de acción también se relaciona con el principio de los metales pesados y su función citotóxica en la membrana celular, así como, daño al material genético, debido a que, los iones de plata libre tienen mucha afinidad con lípidos y proteínas, por lo que se adhieren a la materia orgánica con mucha facilidad (101).

## 1.6 Alternativas de conservación de productos hortofrutícolas

La conservación de alimentos incluye la aplicación de tecnologías para aumentar el tiempo de anaquel de los alimentos agrícolas. Usar métodos de conservación en productos hortofrutícolas permite, entre otros, disminuir el deterioro de los productos durante el almacenamiento, para así disponer de ellos en cualquier época del año y ofertarlos en regiones donde no es posible su producción. Igualmente, el objetivo es asegurar la calidad nutricional y disminuir el crecimiento microbiológico. De las tecnologías de conservación para algunas hortalizas, destaca la deshidratación, ya que, disminuye costos de almacenamiento y no requiere condiciones de frío para mantener su calidad. Los productos deshidratados pueden presentarse en rebanadas, chips, como parte de sazonadores y otras formulaciones listas para reconstituirse con agua (102).

### 1.6.1 Deshidratación como método de conservación

La demanda de variedad de productos de jitomate que estén libres de microorganismos patógenos, accesibles y prácticos para consumo, ha propiciado el uso de métodos de conservación que prolongue su vida de anaquel entre lo cuales destacan el uso de purés pasteurizados y esterilizados.

La deshidratación de frutas y hortalizas es una de las técnicas más empleadas en la industria agrícola para la conservación de alimentos agrícolas. Esta técnica tiene grandes ventajas, ya que, mediante la eliminación de humedad en el producto, se reduce la actividad enzimática y la capacidad de desarrollo de microorganismos, principalmente coliformes fecales, mesófilos aerobios, hongos y levaduras. Además, permite prolongar la permanencia del producto en el mercado, le da un valor agregado, aumenta su aprovechamiento y disminuye costos de transportación, distribución y almacenamiento por la disminución del peso y volumen (103–105) (Tabla 4).

Con la aplicación de métodos de conservación se busca modificar la actividad de agua ( $A_w$ ) presente en el alimento; Los productos frescos como el jitomate poseen una  $A_w$  de 0.97, mientras que al deshidratarse su  $A_w$  es de 0.3 a 0.4 (106).

Existen diferentes tipos de deshidratación que implican variantes en temperatura, velocidad de aire y transmisión del calor. Los deshidratadores más comunes son el liofilizador, el deshidratador solar y el aire caliente (103,106).

**Tabla 4. Métodos de conservación de jitomate procesado, tipo de envases, efecto en la vida de anaquel y presencia de microorganismos durante el almacenamiento.**

Tipo de producto	Método de conservación	Envase	Condiciones de almacenamiento	Vida de anaquel promedio	Riesgo microbiológico, físico y químico	Ref.
Jugo	Escaldado y pasteurizado, adición de ácidos	Lata de aluminio. Envase de pet	Fresco y seco < 25 °C	3 a 6 meses	Residuos de reacción entre ácido del jugo y el aluminio	(107,108)
Polvo	Reducción de agua disponible por calor o liofilización	Bolsas de polipropileno y aluminio	Fresco y seco (HR < 60% y < 25 °C)	De 2 a 10 meses (vida promedio de acuerdo con las condiciones iniciales del producto en fresco)	Permanencia y crecimiento de levaduras y hongos	(109)
Puré	Pasteurizado	Envase tetrapack (policapa de: polietileno, cartón, aluminio) Envases de Polietileno de alta densidad.	Fresco y seco (HR < 60% y < 25 °C).	3 a 6 meses	Crecimiento bacteriano	(108)
Puré	Esterilizado	Latas y resinas epóxicas, grado alimentario	Fresco y seco (HR < 60% y < 25 °C)	12 a 18 meses (vida de anaquel prolongada con manejo adecuado de la lata)	Crecimiento de microorganismos anaerobios ( <i>Clostridium</i> spp) Ruptura de la resina epóxica)	(110)

a) El liofilizador es un equipo sofisticado que permite la remoción del agua basado en la congelación del alimento, sublimación del hielo a bajas presión y la desorción de agua considerando el punto triple del agua. Es útil para producto con alto contenido de aromáticos o componentes extremadamente sensibles a la temperatura como el café o leche. Los productos liofilizados requieren empaques impermeables para su distribución lo que hace que al final sea de elevado costo.

b) El deshidratador solar representa una técnica económica, ya que, el aire caliente que se emplea para retirar el agua del producto proviene del calentamiento del sol; sin embargo, no se tiene control sobre la temperatura, humedad y velocidad del aire por lo tanto el deshidratado puede ser heterogéneo.

c) El deshidratador de aire caliente es el método industrial más común y existe una variedad de equipos que trabajan con este principio, en él se controla la velocidad, temperatura y humedad del aire que circula de forma constante a través del alimento. Resulta práctico para obtener grandes volúmenes de producto en poco tiempo, además de que se puede controlar la calidad microbiológica del aire circulante, además tiene una relación beneficio/costo aceptable.

La elección del método a emplear depende del tipo de producto y composición nutricional, ya que, algunos componentes son sensibles a cambios de temperatura o radiación. En el caso del jitomate, debe considerarse que es alto en licopeno y polifenoles, los cuales pueden deteriorarse a temperaturas

elevadas. Diversos estudios refieren la deshidratación a bajas temperaturas satisfactoria en la conservación de licopeno, tal es el caso de un estudio realizado en jitomates Saladette tratados a 60 °C, en el cual se logró disminuir significativamente la humedad después de 12 h, además, se mantuvo en peso constante y se conservaron las propiedades sensoriales como el aroma, sabor y color. También se presentaron texturas crujientes y contenido de carotenoides aceptable. En otros estudios realizados con jitomates 'Chonto' deshidratado a 70 °C, se observaron cambios de color y sabor en el producto que fueron desagradables y a mayor temperatura, el porcentaje de licopeno disminuyó respecto al producto fresco (111,112).

## 2. JUSTIFICACIÓN

El jitomate es una de las hortalizas con mayor consumo en México. Por su aporte nutricional se considera el cuarto cultivo con mayor producción por ha en el país. Su consumo se relaciona con aumento del colesterol de alta densidad y en el control de peso en sujetos obesos. Sin embargo, es susceptible a infectarse en la etapa precosecha por distintos hongos fitopatógenos como *A. flavus*, *C. gloeosporioides*, *F. oxysporum* y *R. stolonifer*, cuya sintomatología se manifiesta principalmente en el almacenamiento del jitomate. Adicionalmente los hongos *A. flavus* y *F. oxysporum* son capaces de producir micotoxinas, relacionadas con la aparición del cáncer, mutaciones y múltiples alteraciones durante el desarrollo fetal, así como la incidencia de enfermedades neurodegenerativas, lo cual es un riesgo si la población las consume. Las estrategias para el control de hongos en jitomate incluyen los compuestos clorados, yodados y fungicidas sintéticos; sin embargo, estos productos pueden representar un riesgo para la salud, debido a que las trazas pueden quedar sobre la superficie de los frutos. Para determinar el efecto de los productos con propiedades fungidas, se utilizan técnicas *in vitro* e *in vivo*, las cuales pueden determinar la capacidad antifúngica de los compuestos.

Existen productos con acción fungicida que se obtienen a partir de residuos de cítricos, como los extractos de semillas, cáscaras y aceites esenciales y otros como el quitosano derivado de los residuos de los crustáceos y el Microdyn derivado de la plata coloidal, que se comercializan para su aplicación en productos vegetales. Por su origen son de bajo impacto ambiental e inocuos para

el consumidor; sin embargo, a la fecha, existe poca información sobre su actividad fungicida en el jitomate. Por ello el presente trabajo se ha diseñado en el sentido de validar la metodología para recuperar alimentos, como el jitomate, que han sido afectados por hongos, dándole mayor valor a la cadena de producción de alimentos y a la inocuidad, pues estas opciones no deben representar un riesgo a la salud, ya sea por contaminación química o por la presencia de micotoxinas y todo lo antes mencionado.

### **3. HIPÓTESIS**

El uso de productos comerciales naturales a base de extractos de cítricos, las cubiertas de quitosano adicionadas con aceites esenciales de limón y naranja y la plata coloidal inhibirán el crecimiento de los principales hongos fitopatógenos asociados al jitomate y reducirán su producción de aflatoxinas en productos deshidratados e *in vitro*, sin afectar la calidad del fruto durante su almacenamiento.

### **4. OBJETIVOS**

#### **4.1 General**

Evaluar el efecto de productos comerciales y cubiertas de quitosano adicionadas con aceites esenciales a base de cítricos, en el desarrollo de hongos postcosecha *in vitro* y en jitomate Saladette fresco y deshidratado.

## 4.2 Específicos

1. Evaluar *in vitro* el efecto de Citrocover, Citro-80 y Microdyn y cubiertas de quitosano adicionadas con aceites esenciales de naranja o limón, sobre el control del crecimiento micelial y germinación de los hongos *R. stolonifer*, *C. gloeosporioides*, *F. oxysporum* y *A. flavus* y la producción de aflatoxinas en *A. flavus* y fumonisinas de *F. oxysporum*.
2. Evaluar el efecto de Citrocover, Citro-80 y Microdyn y cubiertas de quitosano adicionadas con aceites esenciales de naranja o limón, sobre el control de los hongos *R. stolonifer*, *C. gloeosporioides*, *F. oxysporum* y *A. flavus* en jitomate Saladette, mediante el crecimiento micelial y severidad de la infección.
3. Evaluar el efecto de Citrocover, Citro-80 y Microdyn y cubiertas de quitosano adicionadas con aceites esenciales de naranja o limón, sobre la firmeza, contenido de SST y la pérdida de peso en jitomates Saladette.
4. Evaluar el efecto de Citro-80, Citrocover y Microdyn y cubiertas de quitosano adicionadas con aceites esenciales de naranja o limón, en la producción de aflatoxinas y fumonisinas en jitomates Saladette deshidratados.

## 5. METODOLOGÍA

El presente trabajo es de diseño completamente experimental, evaluado *in vitro* e *in situ* (jitomate Saladette). Se utilizó para la evaluación *in vitro* 10 cajas Petri por cada hongo. Y para la evaluación *in situ* se emplearon 10 frutos sanos, en estado de madurez rojo maduro, por cada hongo, para cada variable. Los experimentos tuvieron un arreglo completamente al azar.

### 5.1 Materiales

#### 5.1.1 Obtención del jitomate

Los jitomates Saladette (Fig. 8) se obtuvieron de huertas localizadas en el municipio de Tlaltizapán en el estado de Morelos ( $18^{\circ}24'36''N$   $99^{\circ}04'13''O$ ). Los experimentos *in situ* se realizaron en frutos con índice de madurez rojo maduro y libres de enfermedades y daños.



Fig. 8. Jitomate Saladette en diferentes estados de madurez.

### 5.1.2 Obtención de los productos comerciales y quitosano

Se utilizaron los productos comerciales Citrocover y Citro-80 en las concentraciones de 1%, de la empresa MS Agros S.A. de C.V (Morelos, México). Los aceites esenciales de limón y naranja se obtuvieron por prensado y refinado por destilación con vapor de la empresa MS Agros S.A. de C.V (Morelos, México). La concentración final de éstos fue de 0.5% en una solución de quitosano al 1%. Se evaluó también la plata coloidal comercial de la marca Microdyn 0.0021%.de la empresa Mercancías Salubres S.A. de C.V. (Ciudad de México, México).

Para elaborar las cubiertas se empleó quitosano de bajo peso molecular (grado de desacetilación de 75-85%) (Sigma-Aldrich, Darmstadt, Germany, CAS: 9012-76-4), ácido acético glacial (Fermont, Ciudad de México, México) y glicerol (J.T. Baker, USA) Se emplearon los medios nutritivos agar Czapek-Dox, para *A. flavus* y agar papa dextrosa (PDA) (BD Bioxon, Ciudad de México, México) para los hongos restantes.

### 5.1.3 Obtención de las cepas fúngicas

Se recolectaron muestras de jitomates Saladette con sintomatología por hongos en diferentes puntos de venta de la ciudad de Cuernavaca, Morelos. Los jitomates infectados se colocaron en cámaras húmedas, formadas con recipientes desechables y una cama de algodón humedecida dentro de una bolsa plástica a temperatura ambiente durante 5 días. Posteriormente, se confirmó el crecimiento

de los hongos con una inspección visual y con ayuda de una aguja de disección se tomaron fragmentos de hifas y esporas de los hongos desarrollados sobre los jitomates.



Fig. 9. Crecimiento de diferentes hongos fitopatógenos en jitomates tomados de puntos de venta en Cuernavaca

Las muestras se colocaron en cajas Petri (10 cm de diámetro) con Czapek-Dox o PDA. Las cajas se incubaron a  $27\pm 2^{\circ}\text{C}$  por 5 días. Las resiembras se repitieron hasta obtener cepas puras, para su posterior identificación molecular por PCR y amplificación de genes. El servicio de secuenciación se realizó en el Laboratorio Nacional de Investigación y Servicios Agroalimentarios y Forestales (LANISAF) de la Universidad Autónoma Chapingo. Los resultados identificaron a los siguientes hongos: *Rhizopus stolonifer*, *Colletotrichum gloeosporioides* y *Fusarium oxysporum* (Fig. 9).

En el caso de *A. flavus*, la cepa se obtuvo de la colección de hongos del Laboratorio de Tecnología de Postcosecha de Productos Agrícolas del CEPROBI-IPN.

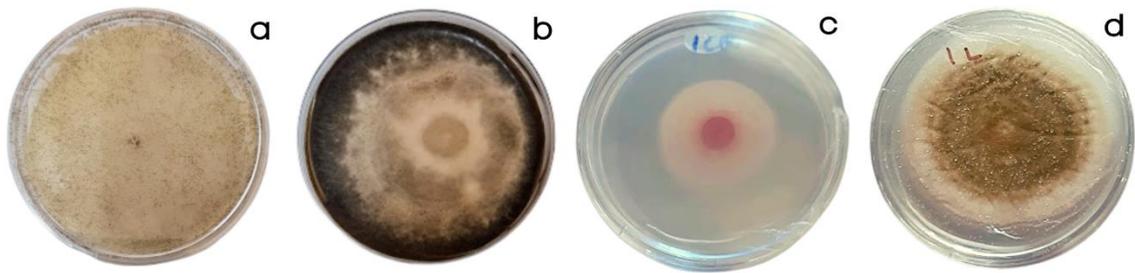


Fig. 10. Crecimiento en medios nutritivos de a) *Rhizopus stolonifer*, b) *Colletotrichum gloeosporioides*, c) *Fusarium oxysporum* y d) *Aspergillus flavus*

#### 5.1.4 Preparación de la solución de esporas

Se preparó la solución de esporas, adicionando 20 mL de agua destilada estéril sobre la superficie de la caja Petri. Se raspó la superficie con ayuda de la aguja de disección estéril para recuperar el líquido sobre un matraz Erlen Meyer, el cual se filtró a través de papel Whatman No. 10. Para cuantificar las esporas se utilizó la cámara de Neubauer y microscopio óptico a 40X (Fig. 10). Se contabilizaron las esporas y a través de diluciones se ajustó la solución a  $10^5$  esporas  $\text{mL}^{-1}$  (113,114).

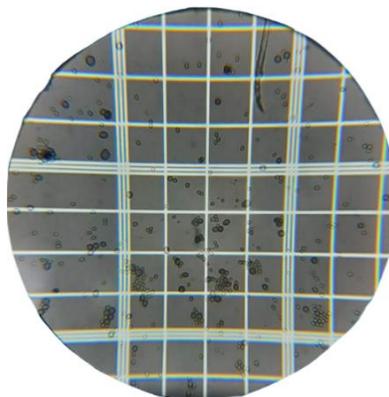


Fig. 11. Conteo de esporas en cámara de Neubauer en microscopio óptico a 40X.

### 5.1.5 Tratamientos

Las concentraciones de los extractos comerciales, las cubiertas de quitosano adicionadas con aceites esenciales de naranja o limón y plata coloidal se emplearon de acuerdo con las recomendaciones del proveedor y previos estudios publicados (Tabla 5).

**Tabla 5. Tratamientos, abreviaciones y concentraciones aplicadas en los hongos fitopatógenos**

<b>TRATAMIENTO</b>	<b>ABREVIACIÓN</b>	<b>CONCENTRACIÓN</b>
Extracto de semilla de cítricos <b>Citro-80</b>	<b>C80</b>	1%
Extracto de semilla de cítricos <b>Citrocover</b>	<b>CC</b>	1%
Cubierta de quitosano / aceite esencial de naranja	<b>CQ/AEN</b>	1% / 0.1%
Cubierta de quitosano / aceite esencial de limón	<b>CQ/AEL</b>	1% / 0.1%
Plata coloidal	<b>PC</b>	0.0021%
PDA o Agar Czapek-Dox (control)	<b>A</b>	-

### 5.1.6 Preparación de los tratamientos

Para la preparación de Citro-80 o Citrocover, se adicionaron 5 mL del producto en 500 mL de agua destilada y se mezclaron (Fig. 11). Para la cubierta de quitosano al 1%, se adicionaron 5 mL de ácido acético glacial en 500 mL de agua destilada con agitación constante durante 5 min, posteriormente, se incorporaron 5 g de quitosano, con agitación magnética a 70°C durante 1 h. Después de homogeneizar completamente el quitosano se integraron 1.5 mL de glicerol para favorecer la flexibilidad de la cubierta. Se incorporaron 0.5 mL de los

aceites esenciales de limón o naranja, ambos al 0.1%. Se homogeneizó por 1 min en el procesador de alimentos (Oster, México) a 12000 RPM (115).

La solución de plata coloidal se preparó a una concentración de 0.0021% siguiendo las recomendaciones del fabricante. Se agregaron 2.5 mL / l de agua destilada y se homogeneizó.

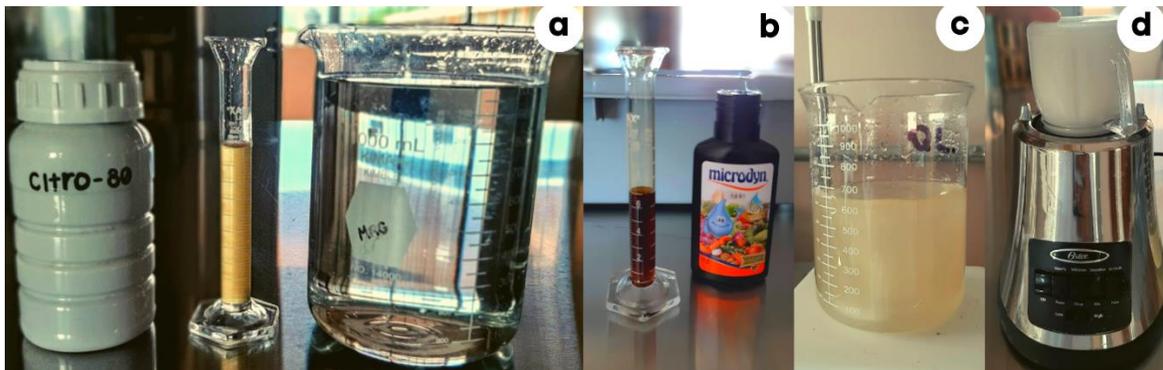


Fig. 12. Preparación de los tratamientos: a) Citro-801% y Citrocover 1%, b) Plata coloidal, c) Quitosano, d) Quitosano adicionado con aceite esencial.

## 5.2. Variables evaluadas *in vitro*

### 5.2.1 Crecimiento micelial mediante la técnica de envenenamiento del medio

En cajas Petri con los medios de cultivo Czapek-Dox o PDA, se adicionaron 0.5 mL de cada tratamiento, las cuales se dejaron secar en una campana de flujo laminar y posteriormente se les adicionó en la parte central de la caja Petri 10  $\mu$ l de la solución de esporas ( $10^5$  esporas  $\text{mL}^{-1}$ ). Se incubaron por 7 días a  $27 \pm 2$  °C. Cada 24 h se midió en cada caja Petri con un vernier digital el diámetro del

crecimiento micelial (Fig. 12). Los datos se transformaron en área con la fórmula de  $a = r^2\pi$  (116,117). Para cada hongo, se emplearon 10 cajas por tratamiento.

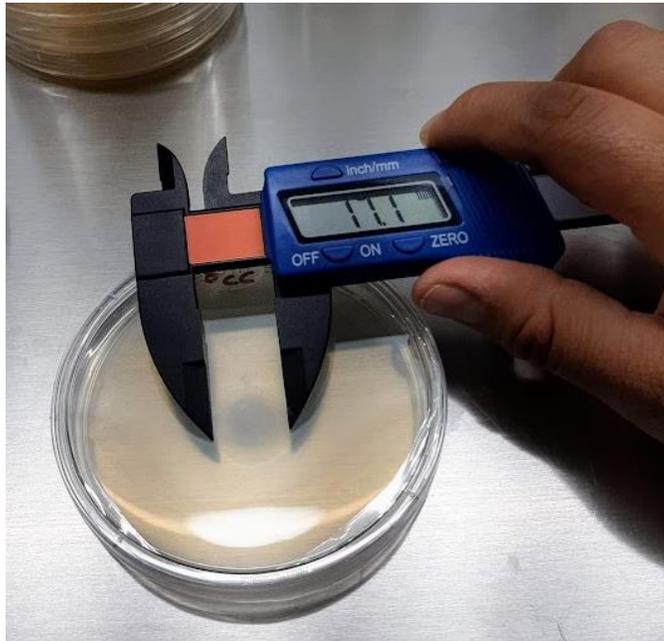


Fig. 13. Evaluación del crecimiento micelial de *F. oxysporum* en medio nutritivo con el uso de un vernier digital (Karlen).

### 5.2.2 Cinética de germinación de esporas

Después de evaluar el crecimiento micelial, se tomaron dos cajas de forma aleatoria y se realizó la solución de esporas, como se reportó en el inciso 5.1.4. En cajas Petri estériles de 9.0 cm de diámetro se colocaron discos de 5 mm de medio Czapek-Dox o PDA sobre un portaobjeto. En cada disco se depositaron 5  $\mu$ l de la solución de esporas. Las cajas Petri se sellaron e incubaron a  $27\pm 2^\circ\text{C}$  por 2, 4, 6, 8 y 10 h. Al término del tiempo de incubación de 10 h se adicionó una gota de lactofenol y se observaron las esporas al microscopio óptico con objetivo 40X. Se contaron 100 esporas por tratamiento. Se consideró que una espora germinó

cuando el tubo germinativo se pudo observar (Fig. 13). Los datos se reportaron en porcentaje de esporas germinadas (% EG) (118).

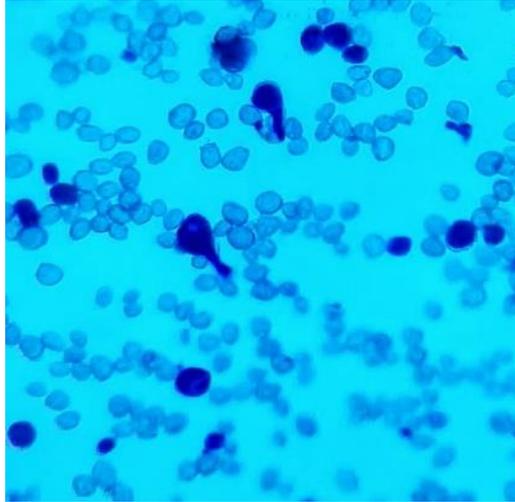


Fig. 14. Esporas de *R. stolonifer* germinadas después de 2 h de incubación.

### 5.2.3. Cuantificación de aflatoxinas en *A. flavus*

Las aflatoxinas se cuantificaron a través del kit Veratox Aflatoxin HS (Neogen Corporation, Michigan USA) el cual es un ensayo de ELISA de alta sensibilidad para aflatoxinas. Para preparar la muestra, se licuaron 10 g de Czapek-Dox con *A. flavus* con 50 mL de metanol al 70%. Se filtraron los extractos a través de un filtro Whatman No. 1 y se guardaron en tubos de borosilicato (Fig. 14).

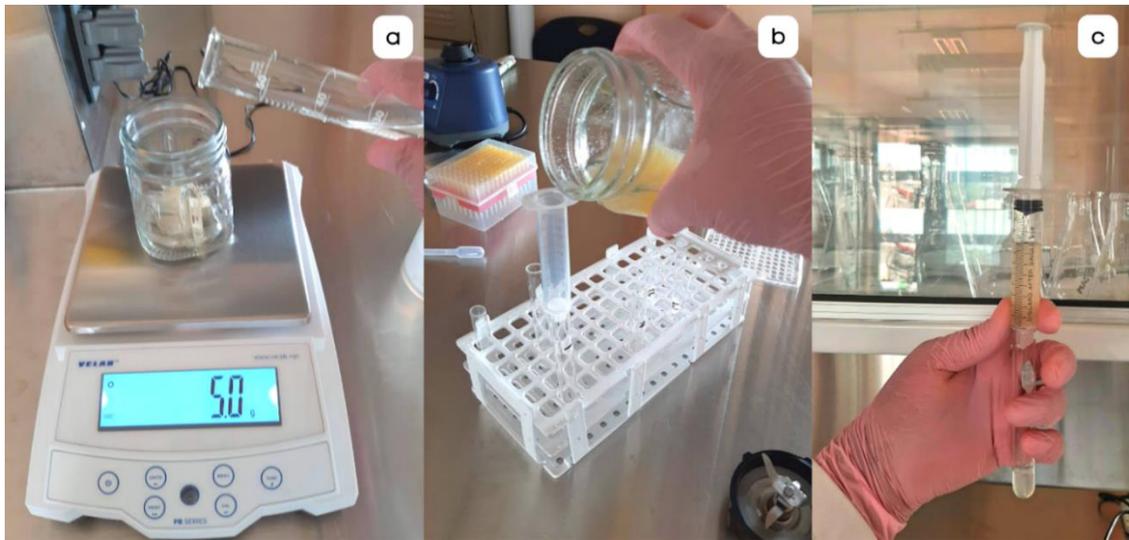


Fig. 15. Preparación de las muestras para la determinación de aflatoxinas por inmunoensayo. a) Pesado de muestras y adición de metanol, b) Adición de la mezcla en columna con papel Whatman No. 1, c) Obtención del extracto por filtrado.

En pocillos de mezclado, se adicionaron 100  $\mu$ L de la solución conjugada de aflatoxina–HRP (anticuerpo monoclonal de aflatoxina). Posteriormente, se añadieron 100  $\mu$ L de los controles de micotoxinas para el ajuste de la curva de calibración de 0, 1, 2, 4 y 8 ppb, así como, 100  $\mu$ L del filtrado muestra. Cada pocillo se mezcló con ayuda de la pipeta multicanal y se transfirieron 100  $\mu$ L de la mezcla a los pocillos de anticuerpos e incubaron por 10 min. Se enjuagaron 5 veces los pocillos con agua desionizada y se secaron profusamente con ayuda de papel absorbente. Después, a los pocillos se les adicionaron 100  $\mu$ L de la solución sustrato K-Blue®, se incubaron por 10 min y se agitaron suavemente sobre una superficie. Al terminó del tiempo se adicionaron 100  $\mu$ L de la solución Red Stop® (Fig. 15). Los pocillos se leyeron en el lector de micropocillos 'Stat-Fax 4700' a 650 nm (Neogen Corporation, Michigan USA). Los resultados se expresaron en absorbancia y ppb (53).

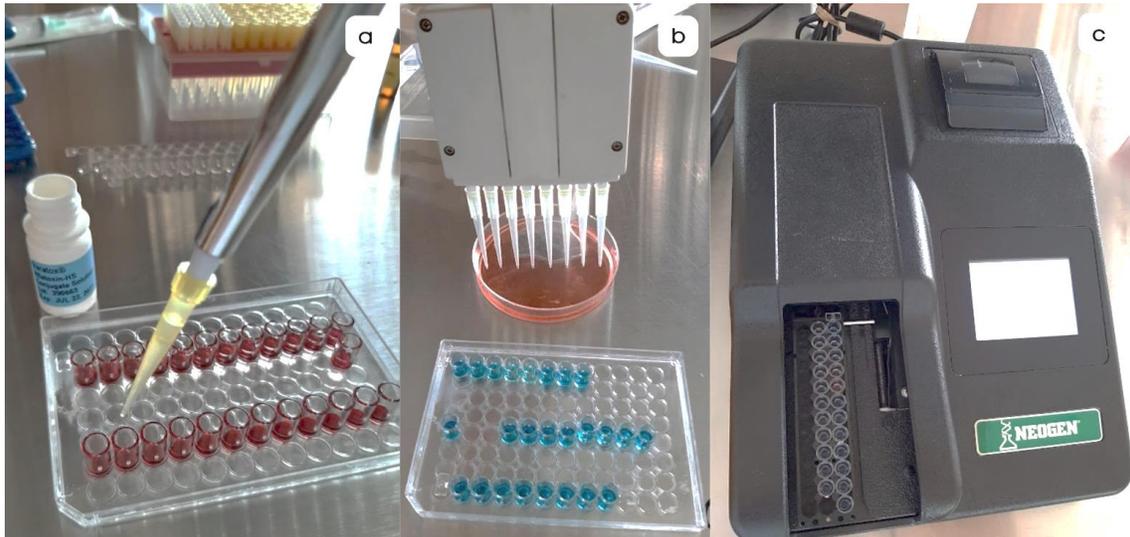


Fig. 16. Cuantificación de aflatoxinas por ELISA. a) Adición de la solución conjugada y extracto metanólico, b) adición de la solución red stop a pocillos con anticuerpos, c) Lectura de absorbancia de pocillos en Stat-fax a 650 nm.

### 5.2.2.3 Cuantificación de fumonisinas en *F. oxysporum*

Las fumonisinas se evaluaron a través de la prueba cuantitativa de flujo lateral. Para preparar la muestra se licuaron 10 g de muestra con 50 mL de 65% etanol, las mezclas se centrifugaron a 1000 RPM (Gusto®, Illinois USA) por 1 min y se reservaron 3 mL los extractos en tubos Eppendorf. Se adicionaron 200  $\mu$ L de extracto y 400  $\mu$ L de diluyente en tubos de mezclado y se homogeneizó con ayuda de la micropipeta. Se colocaron los cartuchos con las tiras reactivas en el equipo Raptor y se adicionaron 400  $\mu$ L de la mezcla, la lectura se realizó de forma automática y se expresó en ppm.

## 5.3 Evaluación del efecto de los tratamientos sobre el desarrollo de los hongos fitopatógenos en frutos de jitomate Saladette

### 5.3.1 Aplicación de los tratamientos

Se realizó una clasificación de los jitomates Saladette por estado de madurez y se seleccionaron aquellos que presentaban color rojo maduro (Fig. 16). Los frutos se sumergieron en una solución de hipoclorito al 1%, para descartar la presencia de otros microorganismos y se dejaron secar al medio ambiente durante 2 min. Posteriormente se les realizó una punción con ayuda de una aguja de disección estéril a una profundidad aproximada de 3 mm. Se adicionó directamente a la herida del fruto, 20  $\mu\text{L}$  de solución de  $10^5$  esporas  $\text{mL}^{-1}$  de los hongos a evaluar. En los frutos inoculados con *R. stolonifer*, *C. gloeosporioides* y *F. oxysporum*, los tratamientos se aplicaron 48 h después de la inoculación, mientras que en los frutos inoculados con *A. flavus*, la aplicación de los tratamientos se aplicó después de las 72 h de incubación. La aplicación de los tratamientos consistió en sumergir los frutos durante 15 min, posteriormente, se dejaron secar a temperatura ambiente. Los jitomates se almacenaron a temperatura ambiente de  $28 \pm 2$  °C.



Fig. 17. Jitomates Saladette seleccionados y lavados con una solución de hipoclorito de sodio a 1%.

### 5.3.2 Variables evaluadas en jitomate

#### 5.3.2.1 Crecimiento micelial

Se evaluó en la superficie de los jitomates el crecimiento micelial de los hongos inoculados longitudinal y transversalmente cada 24 h con ayuda de un vernier (Fig. 17). Las mediciones continuaron de acuerdo al crecimiento de cada hongo, así, para *R. stolonifer* 4 días, *C. gloeosporioides* y *F. oxysporum* 6 días, y *A. flavus* 8 días. El tamaño de la muestra fue de 10 jitomates por tratamiento con tres repeticiones por cada uno.



Fig. 18. Medición del crecimiento micelial en jitomate inoculado con *F. oxysporum*.

### 5.3.2.2 Severidad

Se evaluó la superficie infectada de acuerdo a la escala que se describe en la Tabla 6 y las imágenes de la Fig. 18.

**Tabla 6. Escala de severidad de infección para los cuatro hongos estudiados.**

Valor	Desarrollo del hongo en la superficie del fruto
1	0%
2	1 – 25%
3	26 – 50%
4	51 – 75%
5	76 – 100%

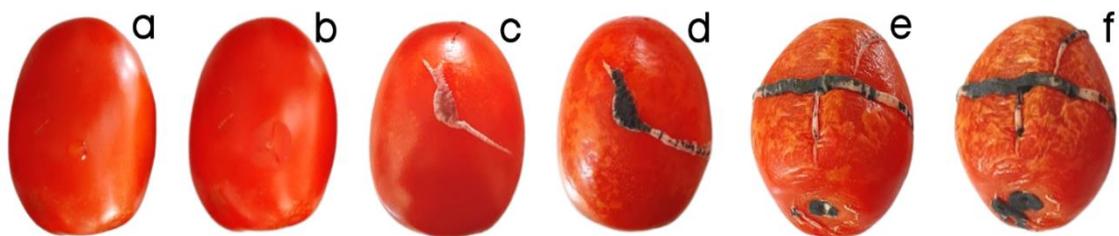


Fig. 19. Ejemplo de escala de severidad de infección de *Rhizopus stolonifer* en jitomate Saladette durante 6 días de almacenamiento.

## 5.4 Evaluación del efecto de los tratamientos sobre variables fisicoquímicas en frutos de jitomate Saladette.

Se determinaron los variables de pérdida de peso (%), firmeza (N) y SST (°Brix).

### 5.4.1 Variables fisicoquímicas evaluadas en jitomate

#### 5.4.1.1 Pérdida de peso

Para la pérdida de peso (PP) se determinó el peso diario de 10 jitomates por tratamiento durante 7 días y se obtuvo el porcentaje de pérdida de peso con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Pérdida de peso} = \frac{\text{Peso Inicial} - \text{Peso Final}}{\text{Peso Inicial}} * 100\%$$

#### 5.4.1.2 Firmeza

Para las variables firmeza, se utilizaron 3 frutos por tratamiento con 2 repeticiones. Con la ayuda de un penetrómetro análogo (marca Handpi, China), las mediciones se realizaron en la parte ecuatorial del fruto diariamente durante 7 días. Los resultados se expresaron en Newtons (N) (Fig. 19).



Fig. 20. Evaluación de la firmeza con el uso del penetrómetro.

#### 5.4.1.3 Sólidos Solubles Totales (SST)

La determinación de los SST se realizó diariamente durante 7 días, se emplearon 3 frutos por tratamiento con tres repeticiones. Para esto, se obtuvo una gota del jugo de jitomate y se colocó sobre el prisma del refractómetro Atago con escala de 0 a 30 °Bx. Entre cada observación fue necesario limpiar y calibrar el instrumento con agua destilada (Fig. 20).

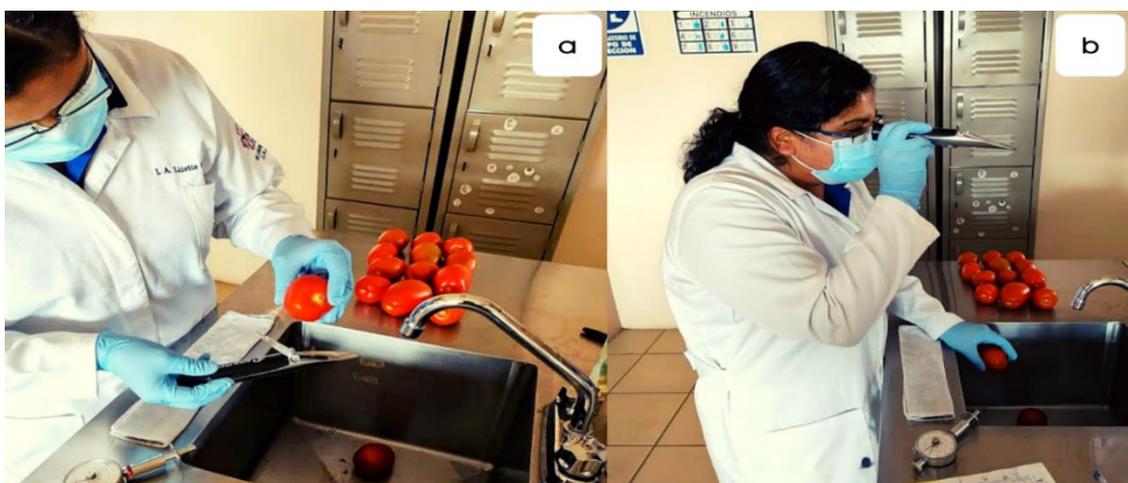


Fig. 21. Medición de SST a partir del jugo de jitomates. a) Extracción de jugo de jitomate, b) Medición con el refractómetro.

## 5.5 Evaluación fungicida y producción de aflatoxinas de los tratamientos en frutos de deshidratados.

### 5.5.1 Deshidratación de frutos de jitomate

Los frutos de jitomates previamente inoculados con *A. flavus* se sumergieron en cada uno de los tratamientos por 15 min. Posteriormente, se sometieron al proceso de reducción de agua por deshidratación con flujo de aire caliente. Los frutos se cortaron en rebanadas de aproximadamente 0.5 cm y se colocaron en un deshidratador de alimentos (Hamilton Beach, China) con bandejas de plástico a 60 °C por 24 h. Se realizó la reducción de tamaño mediante molienda en el procesador de alimentos (Oster, México) y se conservó en un lugar fresco y seco para las evaluaciones posteriores (Fig. 21). El tamaño de la muestra fue de 5 jitomates por tratamiento.



Fig. 22. Deshidratación de jitomates a) Frescos cortados, b) Deshidratados a 60°C por 24h.

## 5.5.2 Variables evaluadas en jitomates deshidratados

### 5.5.2.1 Determinación de aflatoxinas

La metodología para evaluar aflatoxinas de *A. flavus* en jitomate deshidratado se ha descrito previamente en el inciso **5.2.2.2**

### 5.5.2.2 Determinación de fumonisinas

La metodología para evaluar fumonisinas de *F. oxysporum* en jitomate deshidratado se ha descrito en el inciso **5.2.2.3**.

## 5.6 Análisis estadístico

Los datos se sometieron a un análisis de varianza con un método de comparación de medias de Tukey  $p < 0.05$ . Se utilizó el programa estadístico Infostat 2017.

## 6. RESULTADOS

A continuación, se presenta los resultados obtenidos, en orden de los objetivos, evaluación *in vitro* y micotoxinas, seguimiento de crecimiento micelial y severidad de la infección en jitomates; evaluación de variables de calidad, SST, firmeza y porcentaje de pérdida de peso y la evaluación de micotoxinas en jitomate deshidratado.

6.1 Efecto de los tratamientos sobre el desarrollo *in vitro* de hongos fitopatógenos y la producción de aflatoxinas en *A. flavus*.

6.1.1 Crecimiento micelial

Con respecto al crecimiento micelial de *R. stolonifer*, el tratamiento que mostró un menor desarrollo fue Citro-80 1% (47.6 cm<sup>2</sup>); sin embargo, fue estadísticamente similar ( $p < 0.05$ ) con los tratamientos Citrocover 1% y CQ/AEL 0.1% (54.31 y 54.25 cm<sup>2</sup>, respectivamente) al término del periodo de los cuatro días de incubación. En los tratamientos restantes se observó un crecimiento total de *R. stolonifer* en la caja Petri al cuarto día de la incubación (Tabla 7).

**Tabla 7. Efecto de extractos cítricos comerciales, quitosano con aceites esenciales de cítricos y plata coloidal en la cinética del crecimiento micelial de *R. stolonifer* durante 4 días de incubación a 27± 2°C.**

TRATAMIENTO	CRECIMIENTO MICELIAL (cm <sup>2</sup> )			
	TIEMPO DE INCUBACIÓN (DÍAS)			
	1	2	3	4
Citro-80 1%	1.9 ± 0.3 <sup>a*</sup>	7.0 ± 2 <sup>a</sup>	24.0 ± 4.2 <sup>a</sup>	47.6 ± 9.6 <sup>a</sup>
Citrocover 1%	2.0 ± 0.4 <sup>a</sup>	8.8 ± 1.9 <sup>ab</sup>	30.8 ± 3.8 <sup>b</sup>	54.3 ± 7.4 <sup>ab</sup>
CQ/AEN 0.1%	3.4 ± 1.0 <sup>bc</sup>	17.3 ± 4.8 <sup>c</sup>	44.7 ± 3.1 <sup>c</sup>	58.9 ± 0 <sup>b</sup>
CQ/AEL 0.1%	2.6 ± 0.7 <sup>ab</sup>	11.2 ± 2.3 <sup>b</sup>	34.1 ± 5.6 <sup>b</sup>	54.2 ± 4.1 <sup>ab</sup>
PC 0.002%	4.0 ± 0.4 <sup>cd</sup>	18.1 ± 2.2 <sup>c</sup>	48.1 ± 5.1 <sup>c</sup>	58.9 ± 0 <sup>b</sup>
A	4.5 ± 0.5 <sup>d</sup>	18.4 ± 1.5 <sup>c</sup>	42. ± 6.5 <sup>c</sup>	58.9 ± 0 <sup>b</sup>

\*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (Tukey,  $p < 0.05$ )

Citro 80%, Citrocover 1% y Plata coloidal (PC)= productos comerciales

CQ/AEN = Quitosano con aceite esencial de naranja

CQ/AEL = Quitosano con aceite esencial de limón

A = Agua + PDA

Para el caso de *F. oxysporum*, el compuesto comercial Citrocover 1% mostró el menor desarrollo (3.78 cm<sup>2</sup>) al término de los ocho días de incubación

y fue estadísticamente diferente ( $p < 0.05$ ) a resto de tratamientos, incluyendo al control (18.76 cm<sup>2</sup>) (Tabla 8).

**Tabla 8. Efecto de extractos cítricos comerciales, quitosano con aceites esenciales de cítricos y plata coloidal en la cinética del crecimiento micelial de *F. oxysporum* durante 8 días de incubación a 27± 2°C.**

CRECIMIENTO MICELIAL (cm <sup>2</sup> )				
TIEMPO DE INCUBACIÓN (DÍAS)				
TRATAMIENTO	2	4	6	8
Citro-80 1%	4.3 ± 0.4 <sup>ab*</sup>	10.9 ± 1.4 <sup>d</sup>	18.1 ± 2.3 <sup>d</sup>	25.7 ± 3.6 <sup>c</sup>
Citrocover 1%	0.7 ± 0.1 <sup>a</sup>	1.3 ± 0.6 <sup>a</sup>	2.4 ± 1.4 <sup>aA</sup>	3.7 ± 2.6 <sup>a</sup>
CQ/AEN 0.1%	0.6 ± 0.3 <sup>a</sup>	5.3 ± 0.8 <sup>bc</sup>	11.4 ± 1.1 <sup>bc</sup>	21.2 ± 1.2 <sup>bc</sup>
CQ/AEL 0.1%	0.5 ± 0.09 <sup>a</sup>	3.2 ± 1.3 <sup>ab</sup>	8.4 ± 3.3 <sup>b</sup>	15.7 ± 6.3 <sup>b</sup>
PC 0.002%	4.3 ± 0.3 <sup>ab</sup>	14.3 ± 1.4 <sup>e</sup>	24.5 ± 3.6 <sup>e</sup>	37.5 ± 8.8 <sup>d</sup>
A	3.5 ± 0.4 <sup>b</sup>	6.9 ± 3.1 <sup>c</sup>	13.1 ± 0.3 <sup>c</sup>	18.7 ± 1.4 <sup>bc</sup>

\*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (Tukey,  $p < 0.05$ )

Citro 80%, Citrocover 1% y Plata coloidal (PC) = productos comerciales

CQ/AEN = Quitosano con aceite esencial de naranja

CQ/AEL = Quitosano con aceite esencial de limón

A = Agua + PDA

El tratamiento con Citrocover al 1% fue el que mostró mayor inhibición en el crecimiento de *A. flavus* al término de su almacenamiento (8 días), con un crecimiento final aproximado de 11.2 cm<sup>2</sup>, en comparación con el control y los tratamientos restantes cuyo valor promedio aproximado de 42.0 cm<sup>2</sup> (Tabla 9).

En relación a *C. gloeosporioides*, el Citrocover al 1% inhibió significativamente ( $p < 0.05$ ) el crecimiento micelial durante su periodo de incubación, en comparación con los tratamientos restantes. Al término de los 16 días de incubación, el crecimiento de este hongo alcanzó un valor aproximado de 1.2 cm<sup>2</sup>, mientras que, en los demás tratamientos el crecimiento promedio fue de 50 cm<sup>2</sup> (Tabla 10).

**Tabla 9. Efecto de extractos cítricos comerciales, quitosano con aceites esenciales de cítricos y plata coloidal en la cinética del crecimiento micelial de *A. flavus* durante 8 días de incubación a 27 ± 2°C.**

CRECIMIENTO MICELIAL (cm <sup>2</sup> )				
TIEMPO DE INCUBACIÓN (DÍAS)				
TRATAMIENTO	2	4	6	8
Citro-80 1%	2.1 ± 0.2 <sup>cd*</sup>	7.0 ± 1.3 <sup>b</sup>	15.3 ± 2.9 <sup>b</sup>	26.8 ± 4.1 <sup>c</sup>
Citrocover 1%	1.0 ± 0.2 <sup>a</sup>	3.1 ± 1.2 <sup>b</sup>	6.7 ± 2.9 <sup>a</sup>	11.2 ± 4.8 <sup>a</sup>
CQ/AEN 0.1%	1.5 ± 0.1 <sup>b</sup>	9.3 ± 1.2 <sup>c</sup>	24.0 ± 4.5 <sup>c</sup>	42.0 ± 6.6 <sup>c</sup>
CQ/AEL 0.1%	1.9 ± 0.4 <sup>bc</sup>	10.8 ± 1.0 <sup>c</sup>	26.2 ± 3.0 <sup>c</sup>	42.5 ± 3.1 <sup>c</sup>
PC 0.002%	2.3 ± 0.1 <sup>de</sup>	10.5 ± 1.2 <sup>c</sup>	25.2 ± 2.9 <sup>c</sup>	43.1 ± 4.0 <sup>c</sup>
A	2.5 ± 0.1 <sup>e</sup>	10.1 ± 1.1 <sup>c</sup>	23.7 ± 3.4 <sup>c</sup>	41.0 ± 5.0 <sup>c</sup>

\*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (Tukey,  $p < 0.05$ )

Citro 80%, Citrocover 1% y Plata coloidal (PC) = productos comerciales

CQ/AEN = Quitosano con aceite esencial de naranja

CQ/AEL = Quitosano con aceite esencial de limón

A = Agua + Czapek Dox

**Tabla 10. Efecto de extractos cítricos comerciales, quitosano con aceites esenciales de cítricos y plata coloidal en la cinética del crecimiento micelial de *C. gloeosporioides* durante 16 días de incubación a 27 ± 2°C**

CRECIMIENTO MICELIAL (cm <sup>2</sup> )				
TIEMPO DE INCUBACIÓN (DÍAS)				
TRATAMIENTO	4	8	12	16
Citro-80 1%	3.5 ± 0.3 <sup>cd*</sup>	12.1 ± 0.7 <sup>cd</sup>	25.5 ± 1.1 <sup>c</sup>	49.9 ± 4.0 <sup>bc</sup>
Citrocover 1%	0 ± 0 <sup>aA</sup>	0.03 ± 0.07 <sup>d</sup>	0.27 ± 0.7 <sup>a</sup>	1.24 ± 3.2 <sup>a</sup>
CQ/AEN 0.1%	1.5 ± 0.7 <sup>b</sup>	5.8 ± 1.7 <sup>b</sup>	14.1 ± 2.7 <sup>b</sup>	43.1 ± 7.7 <sup>b</sup>
CQ/AEL 0.1%	1.6 ± 0.4 <sup>b</sup>	6.3 ± 0.6 <sup>b</sup>	15.6 ± 2.5 <sup>b</sup>	45.4 ± 7.1 <sup>bc</sup>
PC 0.002%	3.1 ± 1.2 <sup>c</sup>	10.8 ± 3.7 <sup>c</sup>	22.9 ± 7.9 <sup>c</sup>	48.0 ± 10.4 <sup>bc</sup>
A	4.4 ± 0.3 <sup>d</sup>	15 ± 1.7 <sup>d</sup>	30.4 ± 3.02 <sup>d</sup>	54.3 ± 1.1 <sup>c</sup>

\*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (Tukey,  $p < 0.05$ )

Citro 80%, Citrocover 1% y Plata coloidal (PC) = productos comerciales

CQ/AEN = Quitosano con aceite esencial de naranja

CQ/AEL = Quitosano con aceite esencial de limón

A = Agua + PDA

### 6.1.2 Inhibición de la germinación de esporas

La inhibición de germinación de las esporas de *R. stolonifer* fue mínima, ya que, al final del periodo de 10 h de incubación, las esporas de *R. stolonifer* germinaron al 100% (Fig. 22). Únicamente el tratamiento con Citro-80 1% inhibió la germinación hasta el 4º día de incubación.

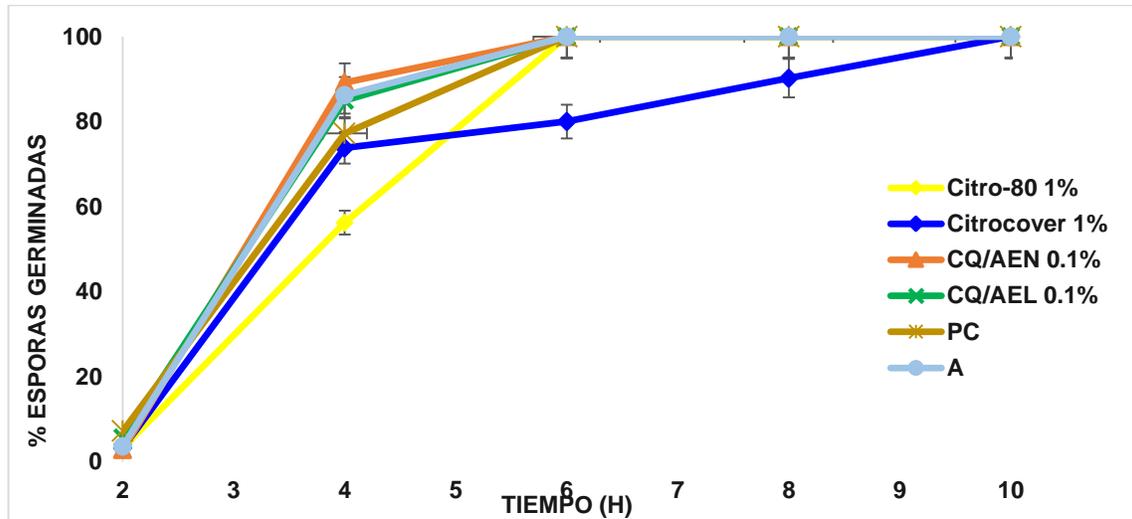


Fig. 23. Efecto de extractos cítricos comerciales, quitosano con aceites esenciales de cítricos y plata coloidal, en la cinética de germinación de esporas de *R. stolonifer* durante 10 h de incubación a  $27 \pm 2^\circ\text{C}$ .

\*Citro 80%, Citrocover y Plata coloidal (PC) = productos comerciales, CQ/AEN = Quitosano con aceite esencial de naranja, CQ/AEL = Quitosano con aceite esencial de limón, A = Agua (control).

Para *F. oxysporum*, la germinación de las esporas se controló de 85 a 60% a las 6 h de incubación en todos los tratamientos, incluyendo al control. Sin embargo, con los productos Citrocover 1% y CQ/AEL 0.1%, la inhibición continuó hasta las 8 horas (Fig. 23).

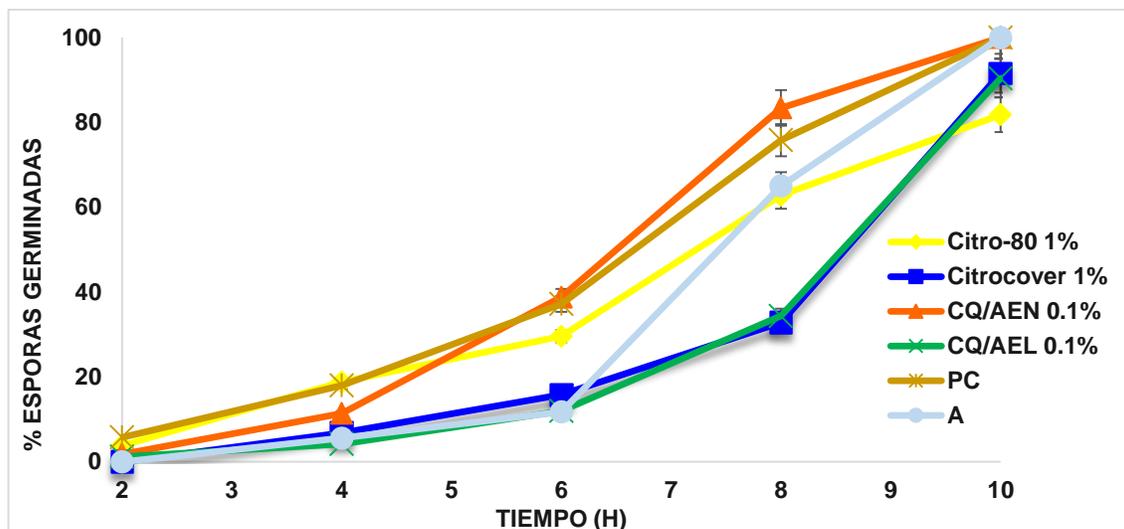


Fig. 24. Efecto de extractos cítricos comerciales, quitosano con aceites esenciales de cítricos y plata coloidal, en la cinética de germinación de esporas de *F. oxysporum* durante 10 h de incubación a  $27 \pm 2^\circ\text{C}$ . Citro-80%, Citrocover y Plata coloidal (PC) = productos comerciales, CQ/AEN = Quitosano con aceite esencial de naranja, CQ/AEL = Quitosano con aceite esencial de limón, A = Agua (control).

La germinación de las esporas de *A. flavus* se redujo aproximadamente 60% con el tratamiento Citrocover al 1% al final de las 10 h de incubación, resultado estadísticamente diferente ( $p < 0.01$ ) en comparación con los tratamientos restantes (Fig. 24). En relación con los tratamientos Citro-80 y CQ/AEN la inhibición fue de aproximadamente 40%. La inhibición de las esporas bajo el tratamiento con PC y el control no fue significativa.

El desarrollo de las esporas de *C. gloeosporioides* fue notablemente menor en la mayoría de los tratamientos, incluyendo las esporas no tratadas. Al término de las 10 h de incubación excepto por el tratamiento CQ/AEL 0.1%, la inhibición en la germinación de las esporas fue en un rango aproximado de 60% a 80% (Fig. 25). El tratamiento CQ/AEL 0.1% promovió la germinación hasta 80%.

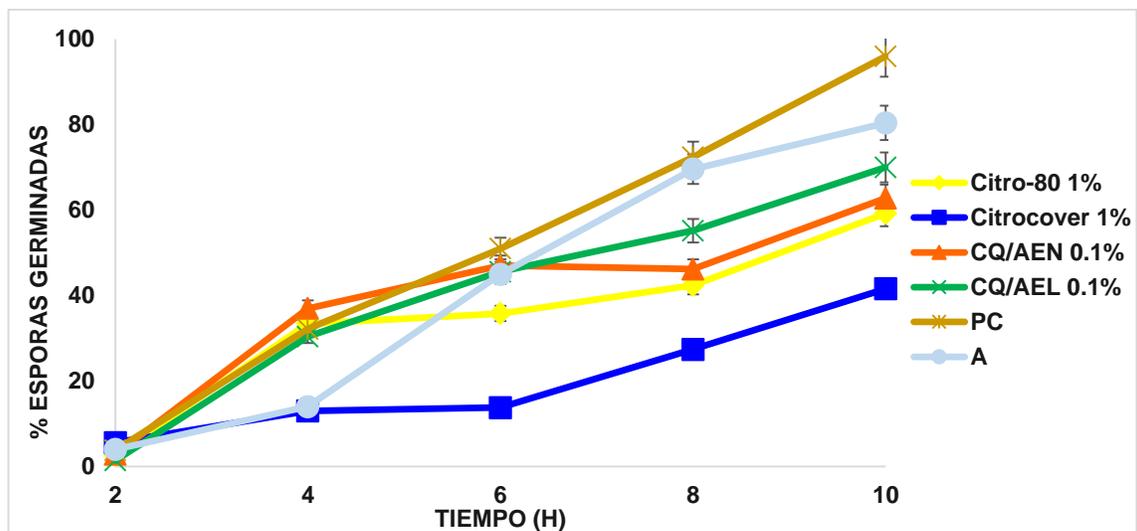


Fig. 25. Efecto de extractos cítricos comerciales, quitosano con aceites esenciales de cítricos y plata coloidal, en la cinética de germinación de esporas de *A. flavus* durante 10 h de incubación a  $27 \pm 2^\circ\text{C}$ .

Citro 80%, Citrocover 1% y Plata coloidal (PC) = productos comerciales, CQ/AEN = Quitosano con aceite esencial de naranja, CQ/AEL = Quitosano con aceite esencial de limón, A = Agua (control).

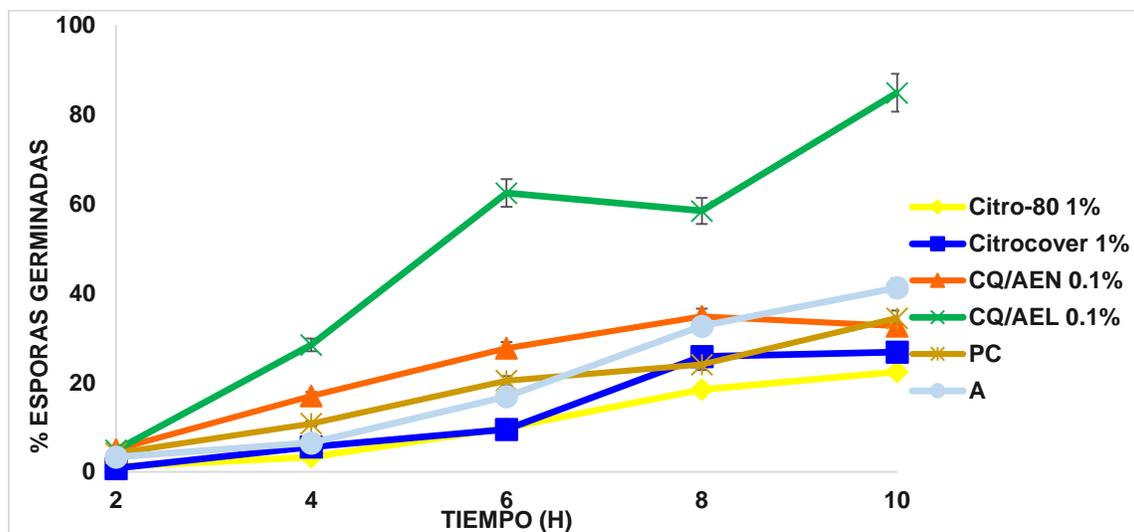


Fig. 26. Efecto de extractos cítricos comerciales, quitosano con aceites esenciales de cítricos y plata coloidal, en la cinética de germinación de esporas de *C. gloeosporioides* durante 10 h de incubación a  $27 \pm 2^\circ\text{C}$ .

Citro-80 1%, Citrocover 1% y Plata coloidal (PC) = productos comerciales, CQ/AEN = Quitosano con aceite esencial de naranja, CQ/AEL = Quitosano con aceite esencial de limón, A = Agua.

### 6.1.3 Producción *in vitro* de aflatoxinas en *A. flavus*

Respecto a la producción de aflatoxinas por *A. flavus*, se observaron diferencias estadísticas entre los tratamientos ( $p < 0.05$ ). La producción de aflatoxinas fue de 0.1 a 0.5 ppb (Tabla 11). Con los productos comerciales Citro-80 1% y Citrocover 1% se obtuvo la menor producción de aflatoxinas con un valor de 0.1 ppb.

**Tabla 11. Efecto de extractos cítricos comerciales, quitosano con aceites esenciales de cítricos y plata coloidal, en la producción *in vitro* de aflatoxinas de *A. flavus*.**

TRATAMIENTO	PRODUCCIÓN DE AFLATOXINAS ppb
Citro-80 1%	0.1 ± 0.09 <sup>a*</sup>
Citrocover 1%	0.1 ± 0.1 <sup>ab</sup>
CQ/AEN 0.1%	0.3 ± 0.1 <sup>bc</sup>
CQ/AEL 0.1%	0.4 ± 0.1 <sup>cd</sup>
PC 0.0021%	0.2 ± 0.1 <sup>ab</sup>
A	0.5 ± 0.2 <sup>d</sup>

\*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (Tukey,  $p < 0.05$ )

Citro 80%, Citrocover 1% y Plata coloidal (PC) = productos comerciales

CQ/AEN = Quitosano con aceite esencial de naranja

CQ/AEL = Quitosano con aceite esencial de limón

A = Agua + Czapek Dox

### 6.1.3 Producción *in vitro* de fumonisinas de *F. oxysporum*

Se observaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.01$ ) en la producción de fumonisinas en los diferentes tratamientos en los que se incubó a *F. oxysporum* (Tabla 12). La menor producción (0.1 ppb) correspondió al tratamiento CQ/AEN., mientras que, la mayor producción de fumosinas correspondió al tratamiento control (0.21 ppm).

**Tabla 12. Efecto de extractos cítricos comerciales, quitosano con aceites esenciales de cítricos y plata coloidal, en la producción *in vitro* de fumonisinas de *F. oxysporum*.**

TRATAMIENTO	PRODUCCIÓN DE FUMONISINAS	
	ppm	
Citro-80 1%	0.16	± 0.01 <sup>ab*</sup>
Citrocover 1%	0.15	± 0.01 <sup>ab</sup>
CQ/AEN 0.1%	0.10	± 0.02 <sup>a</sup>
CQ/AEL 0.1%	0.18	± 0.04 <sup>b</sup>
PC 0.0021%	0.18	± 0.04 <sup>b</sup>
A	0.21	± 0.02 <sup>b</sup>

\*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (Tukey,  $p < 0.05$ ). Se muestra media y desviación estándar

Citro 80%, Citrocover 1% y Plata coloidal (PC) = productos comerciales

CQ/AEN = Quitosano con aceite esencial de naranja

CQ/AEL = Quitosano con aceite esencial de limón

A = Agua + PDA

6.2 Efecto de los tratamientos sobre el desarrollo de hongos fitopatógenos y producción de aflatoxinas en *A. flavus*, en jitomate Saladette durante el almacenamiento.

### 6.2.1 Crecimiento micelial en el jitomate

Respecto al desarrollo de *R. stolonifer* en los jitomates inoculados e independientemente del tratamiento aplicado éste avanzó rápidamente a medida que aumentaron los días de almacenamiento, sin diferencia marcada respecto al control. Al término de los tres días de almacenamiento, el crecimiento menor de aproximadamente 26 cm<sup>2</sup> correspondió con la aplicación de la plata coloidal. (Tabla 13). Se observaron diferencias estadísticas ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos en cada día de almacenamiento.

**Tabla 13. Efecto de extractos cítricos comerciales, quitosano con aceites esenciales de cítricos y plata coloidal, en el desarrollo de *R. stolonifer* en frutos de jitomate Saladette almacenados durante 3 días a 27±2°C.**

TRATAMIENTO	CRECIMIENTO MICELIAL (cm <sup>2</sup> )		
	TIEMPO DE INCUBACIÓN (DÍAS)		
	1	2	3
Citro-80 1%	6.6 ± 0.7 <sup>ab*</sup>	31.3 ± 2.0 <sup>b</sup>	32 ± 1.7 <sup>bc</sup>
Citrocover 1%	7.2 ± 1.3 <sup>ab</sup>	29.0 ± 2.0 <sup>b</sup>	32 ± 3.3 <sup>bc</sup>
CQ/AEN 0.1%	6.6 ± 2.2 <sup>ab</sup>	31.0 ± 4.0 <sup>b</sup>	35 ± 6.6 <sup>c</sup>
CQ/AEL 0.1%	6.7 ± 0.9 <sup>ab</sup>	28.4 ± 2.5 <sup>b</sup>	29 ± 2.8 <sup>ab</sup>
PC 0.0021%	8.9 ± 4.0 <sup>b</sup>	21.3 ± 2.3 <sup>a</sup>	26 ± 2.2 <sup>a</sup>
Agua	6 ± 1.5 <sup>a</sup>	30.6 ± 3.0 <sup>b</sup>	33 ± 3.1 <sup>bc</sup>

\*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos (Tukey,  $p < 0.05$ )

Citro 80%, Citrocover 1% y Plata coloidal (PC) = productos comerciales

CQ/AEN = Quitosano con aceite esencial de naranja

CQ/AEL = Quitosano con aceite esencial de limón

Con respecto al desarrollo de *F. oxysporum* en los jitomates tratados, se observó que en general el crecimiento de este hongo se incrementó a medida que aumentó el tiempo de almacenamiento; sin embargo, al término del almacenamiento (6 días), la plata coloidal, mostró una infección significativamente mayor (16.2 cm<sup>2</sup>) a los tratamientos restantes (Tabla 14).

**Tabla 14. Efecto de extractos cítricos comerciales, quitosano con aceites esenciales de cítricos y plata coloidal, en el desarrollo de *F. oxysporum* en frutos de jitomate Saladette almacenados durante 6 días a 27±2°C.**

TRATAMIENTO	CRECIMIENTO MICELIAL (cm <sup>2</sup> )				
	TIEMPO DE INCUBACIÓN (DÍAS)				
	2	3	4	5	6
Citro-80 1%	0.3 ± 0.2 <sup>a*</sup>	0.6 ± 0.3 <sup>a</sup>	1.2 ± 0.5 <sup>a</sup>	1.6 ± 0.7 <sup>a</sup>	2.2 ± 1.0 <sup>a</sup>
Citrocover 1%	0.3 ± 0.1 <sup>a</sup>	0.7 ± 0.3 <sup>a</sup>	1.2 ± 0.5 <sup>a</sup>	2.4 ± 1.4 <sup>a</sup>	3.4 ± 1.8 <sup>a</sup>
CQ/AEN 0.1%	0.2 ± 0.04 <sup>a</sup>	0.7 ± 0.3 <sup>a</sup>	0.9 ± 0.5 <sup>a</sup>	1.6 ± 1.0 <sup>a</sup>	2.9 ± 1.6 <sup>a</sup>
CQ/AEL 0.1%	0.3 ± 0.05 <sup>a</sup>	0.6 ± 0.2 <sup>a</sup>	0.9 ± 0.3 <sup>a</sup>	1.5 ± 0.4 <sup>a</sup>	2.4 ± 0.7 <sup>a</sup>
PC 0.0021%	7.5 ± 4.9 <sup>b</sup>	8.2 ± 4.3 <sup>b</sup>	10.2 ± 3.8 <sup>b</sup>	12.9 ± 4.0 <sup>b</sup>	16.2 ± 3.3 <sup>b</sup>
Agua	0.3 ± 0.07 <sup>a</sup>	0.8 ± 0.3 <sup>a</sup>	1.7 ± 0.8 <sup>a</sup>	2 ± 0.5 <sup>a</sup>	3.01 ± 0.8 <sup>a</sup>

\*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos (Tukey,  $p < 0.05$ )

Citro 80%, Citrocover 1% y Plata coloidal (PC) = productos comerciales

CQ/AEN = Quitosano con aceite esencial de naranja

CQ/AEL = Quitosano con aceite esencial de limón

Con respecto al hongo *A. flavus*, en todos los tratamientos la infección se menor en los frutos tratados con CQ/AEN al 1% en relación a los tratamientos restantes y el control (Tabla 15). Así, al término de los siete días de almacenamiento, el desarrollo final del hongo con este tratamiento fue aproximadamente de 3.5 cm<sup>2</sup>. En el caso de la aplicación de la plata coloidal, el crecimiento de *A. flavus* fue promovido, ya que, al término del almacenamiento el valor aproximado fue de 14.6 cm<sup>2</sup> en comparación con los tratamientos restantes (7.9-8.7 cm<sup>2</sup>) y el control (10.3 cm<sup>2</sup>).

**Tabla 15. Efecto de los extractos cítricos comerciales, quitosano con aceites esenciales de cítricos y plata coloidal, en el desarrollo de *A. flavus* en frutos de jitomate Saladette almacenados durante 7 días a 27 ± 2°C.**

TRATAMIENTO	CRECIMIENTO MICELIAL (cm <sup>2</sup> )									
	TIEMPO DE INCUBACIÓN (DÍAS)									
	3	4	5	6	7	3	4	5	6	7
Citro-80 1% 0.4	± 0.1 <sup>a*</sup>	1.2 ± 1.07 <sup>a</sup>	2.6 ± 1.7 <sup>a</sup>	4.8 ± 3.5 <sup>a</sup>	8.7 ± 2.3 <sup>ab</sup>	± 0.2 <sup>a</sup>	1.5 ± 0.2 <sup>a</sup>	3.5 ± 1.5 <sup>a</sup>	5.1 ± 2.2 <sup>ab</sup>	7.9 ± 3.0 <sup>ab</sup>
Citrocover 1% 0.7	± 0.2 <sup>a</sup>	0.8 ± 0.1 <sup>a</sup>	2.3 ± 1.6 <sup>a</sup>	3.1 ± 1.9 <sup>a</sup>	3.5 ± 0.9 <sup>a</sup>	± 0.1 <sup>a</sup>	1.4 ± 0.8 <sup>a</sup>	2.7 ± 1.1 <sup>a</sup>	5.0 ± 3.4 <sup>a</sup>	8.3 ± 5.1 <sup>ab</sup>
CQ/AEN 0.1% 0.5	± 0.2 <sup>a</sup>	5.6 ± 3.0 <sup>b</sup>	8.3 ± 6.0 <sup>b</sup>	7.8 ± 3.3 <sup>b</sup>	10.7 ± 3.3 <sup>b</sup>	14.6 ± 2.8 <sup>c</sup>	± 0.1 <sup>a</sup>	1.3 ± 0.4 <sup>a</sup>	5.6 ± 2.1 <sup>ab</sup>	8.0 ± 2.6 <sup>a</sup>
CQ/AEL 0.1% 0.4	± 0.1 <sup>a</sup>	5.6 ± 3.0 <sup>b</sup>	8.3 ± 6.0 <sup>b</sup>	7.8 ± 3.3 <sup>b</sup>	10.7 ± 3.3 <sup>b</sup>	14.6 ± 2.8 <sup>c</sup>	± 0.1 <sup>a</sup>	1.3 ± 0.4 <sup>a</sup>	5.6 ± 2.1 <sup>ab</sup>	8.0 ± 2.6 <sup>a</sup>
PC 0.0021%	± 0.1 <sup>a</sup>	5.6 ± 3.0 <sup>b</sup>	8.3 ± 6.0 <sup>b</sup>	7.8 ± 3.3 <sup>b</sup>	10.7 ± 3.3 <sup>b</sup>	14.6 ± 2.8 <sup>c</sup>	± 0.1 <sup>a</sup>	1.3 ± 0.4 <sup>a</sup>	5.6 ± 2.1 <sup>ab</sup>	8.0 ± 2.6 <sup>a</sup>
Agua	± 0.1 <sup>a</sup>	5.6 ± 3.0 <sup>b</sup>	8.3 ± 6.0 <sup>b</sup>	7.8 ± 3.3 <sup>b</sup>	10.7 ± 3.3 <sup>b</sup>	14.6 ± 2.8 <sup>c</sup>	± 0.1 <sup>a</sup>	1.3 ± 0.4 <sup>a</sup>	5.6 ± 2.1 <sup>ab</sup>	8.0 ± 2.6 <sup>a</sup>

\*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos (Tukey,  $p < 0.05$ )

Citro 80% y Citrocover 1% y Plata coloidal (PC) = productos comerciales

CQ/AEN = Quitosano con aceite esencial de naranja

CQ/AEL = Quitosano con aceite esencial de limón

El crecimiento del hongo *C. gloeosporioides* en los jitomates infectados, se incrementó con el tiempo de incubación. En este caso, se observó que la aplicación de la plata coloidal promovió su crecimiento desde el segundo día de almacenamiento (3.6 cm<sup>2</sup>), continuando su desarrollo hasta alcanzar un valor significativamente mayor ( $p < 0.05$ ) de 15.3 cm<sup>2</sup> al término del almacenamiento.

En general, en los tratamientos restantes, no se observaron diferencias estadísticas al término del del periodo de almacenamiento (Tabla 16).

**Tabla 16. Efecto de los extractos cítricos comerciales, quitosano con aceites esenciales de cítricos y plata coloidal, en el desarrollo de *C. gloeosporioides* en frutos de jitomate Saladette almacenados durante 6 días a  $27 \pm 2^\circ\text{C}$ .**

CRECIMIENTO MICELIAL ( $\text{cm}^2$ )					
TIEMPO DE INCUBACIÓN (DÍAS)					
TRATAMIENTO	2	3	4	5	6
Citro-80 1%	$0.5 \pm 0.2^a$	$0.5 \pm 0.2^a$	$0.8 \pm 0.3^a$	$1.2 \pm 0.3^a$	$1.8 \pm 0.5^a$
Citrocover 1%	$0.7 \pm 0.2^a$	$1 \pm 0.3^a$	$1.4 \pm 0.4^a$	$1.9 \pm 0.7^a$	$2.6 \pm 1.1^a$
CQ/AEN 0.1%	$0.6 \pm 0.3^a$	$0.9 \pm 0.4^a$	$1.3 \pm 0.5^a$	$1.8 \pm 0.6^a$	$2.6 \pm 0.9^a$
CQ/AEL 0.1%	$0.6 \pm 0.7^a$	$1 \pm 1.4^a$	$2.1 \pm 3.1^a$	$3.0 \pm 4.1^a$	$3.8 \pm 4.7^a$
PC 0.0021%	$3.6 \pm 1.8^b$	$4 \pm 1.5^a$	$6.8 \pm 2.0^b$	$10.4 \pm 3.0^b$	$15.3 \pm 3.8^b$
Agua	$0.5 \pm 0.2^a$	$0.6 \pm 0.2^a$	$0.8 \pm 0.3^a$	$1 \pm 0.2^a$	$1.7 \pm 0.2^a$

\*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos (Tukey,  $p < 0.05$ )

Citro 80%, Citrocover 1% y Plata coloidal (PC) = productos comerciales

CQ/AEN = Quitosano con aceite esencial de naranja

CQ/AEL = Quitosano con aceite esencial de limón

### 6.3 Severidad

Al término del almacenamiento (tres días, todos los tratamientos incluyendo al control, tuvieron la misma escala de severidad (4.1 a 4.5). En este caso, el desarrollo de la enfermedad abarcó de 51 a 75% de la superficie del jitomate (Tabla 17).

**Tabla 17. Efecto de extractos cítricos comerciales, quitosano con aceites esenciales de cítricos y plata coloidal, en la severidad de *R. stolonifer* en frutos de jitomate Saladette almacenados durante 3 días a 27 ± 2°C.**

TRATAMIENTO	SEVERIDAD TIEMPO DE INCUBACIÓN (DÍAS)		
	1	2	3
Citro-80 1%	2.4 ± 0.5 <sup>a*</sup>	3.9 ± 0.3 <sup>bc</sup>	4.5 ± 0.5 <sup>a</sup>
Citrocover 1%	2.1 ± 0.3 <sup>a</sup>	3.3 ± 0.4 <sup>ab</sup>	4.4 ± 0.5 <sup>a</sup>
CQ/AEN 0.1%	2.0 ± 0 <sup>a</sup>	3.1 ± 0.3 <sup>a</sup>	4.5 ± 0.5 <sup>a</sup>
CQ/AEL 0.1%	2.2 ± 0.4 <sup>a</sup>	4.2 ± 0.4 <sup>c</sup>	4.3 ± 0.4 <sup>a</sup>
PC 0.0021%	2.2 ± 0.3 <sup>a</sup>	3.4 ± 0.5 <sup>ab</sup>	4.3 ± 0.6 <sup>a</sup>
Agua	2.2 ± 0.42 <sup>abc</sup>	3.6 ± 0.7 <sup>abc</sup>	4.4 ± 0.52 <sup>a</sup>

\*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos (Tukey,  $p < 0.05$ )

Citro 80%, Citrocover 1% y Plata coloidal (PC) = productos comerciales

CQ/AEN = Quitosano con aceite esencial de naranja

CQ/AEL = Quitosano con aceite esencial de limón

Escala de severidad: 1= 0 %, 2= 1-25 %, 3= 26-50 %, 4= 51-75 %, 5= 76-100 % de infección en la superficie de los frutos de jitomate.

Para *F. oxysporum*, la severidad de la enfermedad en los jitomates fue muy similar entre los tratamientos y estuvo en la escala de 2 (Tabla 18). Al término del periodo de los 6 días, el jitomate tratado con PC tuvo la mayor escala de severidad equivalente a 3.

**Tabla 18. Efecto de extractos cítricos comerciales, quitosano con aceites esenciales de cítricos y plata coloidal, en la severidad de *F. oxysporum* en frutos de jitomate Saladette almacenados durante 6 días a 27 ± 2°C.**

TRATAMIENTO	SEVERIDAD TIEMPO DE INCUBACIÓN (DÍAS)				
	2	3	4	5	6
Citro-80 1%	2 ± 0 <sup>a*</sup>	2 ± 0 <sup>a</sup>			
Citrocover 1%	2 ± 0 <sup>a</sup>	2 ± 0 <sup>a</sup>	2 ± 0 <sup>a</sup>	2 ± 0 <sup>a</sup>	2.2 ± 0.45 <sup>a</sup>
CQ/AEN 0.1%	2 ± 0 <sup>a</sup>	2 ± 0 <sup>a</sup>	2 ± 0 <sup>a</sup>	2 ± 0 <sup>a</sup>	2.2 ± 0.45 <sup>a</sup>
CQ/AEL 0.1%	2 ± 0 <sup>a</sup>	2 ± 0 <sup>a</sup>	2 ± 0 <sup>a</sup>	2 ± 0 <sup>a</sup>	2 ± 0 <sup>a</sup>
PC 0.0021%	2 ± 0 <sup>a</sup>	2.2 ± 0.4 <sup>a</sup>	2.3 ± 0.4 <sup>a</sup>	2.5 ± 0.5 <sup>a</sup>	3.6 ± 0.5 <sup>b</sup>
Agua	2 ± 0 <sup>a</sup>	2 ± 0 <sup>a</sup>	2 ± 0 <sup>a</sup>	2 ± 0 <sup>a</sup>	2 ± 0 <sup>a</sup>

\*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos (Tukey,  $p < 0.05$ )

Citro 80%, Citrocover 1% y Plata coloidal (PC) = productos comerciales

CQ/AEN = Quitosano con aceite esencial de naranja

CQ/AEL = Quitosano con aceite esencial de limón

Escala de severidad: 1= 0 %, 2= 1-25 %, 3= 26-50 %, 4= 51-75 %, 5= 76-100 % de infección en la superficie de los frutos de jitomate.

Respecto a los tratamientos empleados para el control de la severidad de la infección por *A. flavus*, se observó al término de 6 días de almacenamiento, que el jitomate tratado con PC promovió la infección, ya que, con este tratamiento la severidad ascendió a la escala de 3.4. Con los tratamientos restantes, la severidad llegó a una escala de 2.6, equivalente a un rango de 1.0 – 25% de desarrollo de la enfermedad sobre la superficie del jitomate (Tabla 19).

**Tabla 19. Efecto de los extractos cítricos comerciales, quitosano con aceites esenciales de cítricos y plata coloidal, en la severidad de *A. flavus* en frutos de jitomate Saladette almacenados durante 7 días a 27±2°C.**

TRATAMIENTO	SEVERIDAD TIEMPO DE INCUBACIÓN (DÍAS)				
	2	3	4	5	6
	Citro-80 1%	2 ± 0 <sup>a*</sup>	2 ± 0 <sup>a</sup>	2 ± 0 <sup>a</sup>	2.2 ± 0.4 <sup>a</sup>
Citrocover 1%	2 ± 0 <sup>a</sup>	2 ± 0 <sup>a</sup>	2 ± 0 <sup>a</sup>	2.6 ± 0.5 <sup>a</sup>	2.6 ± 0.5 <sup>ab</sup>
CQ/AEN 0.1%	2 ± 0 <sup>a</sup>	2 ± 0 <sup>a</sup>	2 ± 0 <sup>a</sup>	2.2 ± 0.4 <sup>a</sup>	2.2 ± 0.4 <sup>a</sup>
CQ/AEL 0.1%	2 ± 0 <sup>a</sup>	2 ± 0 <sup>a</sup>	2 ± 0 <sup>a</sup>	2.6 ± 0.5 <sup>a</sup>	2.8 ± 0.8 <sup>ab</sup>
PC 0.0021%	2 ± 0 <sup>a</sup>	2.6 ± 0.7 <sup>b</sup>	2.5 ± 0.7 <sup>a</sup>	3.1 ± 0.7 <sup>a</sup>	3.4 ± 0.5 <sup>b</sup>
Agua	2 ± 0 <sup>a</sup>	2 ± 0 <sup>a</sup>	2 ± 0 <sup>a</sup>	3 ± 0 <sup>a</sup>	3 ± 0 <sup>ab</sup>

\*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos (Tukey,  $p < 0.05$ )

Citro 80% y Citrocover 1% y Plata coloidal (PC) = productos comerciales

CQ/AEN = Quitosano con aceite esencial de naranja

CQ/AEL = Quitosano con aceite esencial de limón

Escala de severidad: 1= 0 %, 2= 1-25 %, 3= 26-50 %, 4= 51-75 %, 5= 76-100 % de infección en la superficie de los frutos de jitomate.

La severidad de la infección en frutos de jitomate inoculados con *C. gloeosporioides*, se observó que, en todos los tratamientos, excepto por PC, fue en la escala del 2 (1-25%) (Tabla 20). Para los jitomates del tratamiento con PC, éstos alcanzaron la escala 4, es decir, que del 75 al 100% de la superficie del fruto se infectó.

**Tabla 20. Efecto de los extractos cítricos comerciales, quitosano con aceites esenciales de cítricos y plata coloidal, en la severidad de *C. gloeosporioides* en frutos de jitomate Saladette almacenados durante 6 días a 27±2°C.**

TRATAMIENTO	SEVERIDAD TIEMPO DE INCUBACIÓN (DÍAS)				
	2	3	4	5	6
Citro-80 1%	2 ± 0 <sup>a*</sup>	2 ± 0 <sup>a</sup>	2 ± 0 <sup>a</sup>	2 ± 0 <sup>a</sup>	2.2 ± 0.4 <sup>a</sup>
Citrocover 1%	2 ± 0 <sup>a</sup>	2 ± 0 <sup>a</sup>	2 ± 0 <sup>a</sup>	2 ± 0 <sup>a</sup>	2.8 ± 0.4 <sup>a</sup>
CQ/AEN 0.1%	2 ± 0 <sup>a</sup>	2 ± 0 <sup>a</sup>	2 ± 0 <sup>a</sup>	2 ± 0 <sup>a</sup>	2.6 ± 0.4 <sup>a</sup>
CQ/AEL 0.1%	2 ± 0 <sup>a</sup>	2.2 ± 0.4 <sup>a</sup>	2.2 ± 0.4 <sup>a</sup>	2.4 ± 0.8 <sup>a</sup>	2.6 ± 0.5 <sup>a</sup>
PC 0.0021%	2.5 ± 0.5 <sup>a</sup>	2.5 ± 0.5 <sup>a</sup>	3.3 ± 0.5 <sup>b</sup>	3.6 ± 0.5 <sup>a</sup>	4 ± 0 <sup>b</sup>
Agua	2 ± 0 <sup>a</sup>	2 ± 0 <sup>a</sup>	2 ± 0 <sup>a</sup>	2 ± 0 <sup>a</sup>	2.2 ± 0.4 <sup>a</sup>

\* Letras minúsculas diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (Tukey,  $p < 0.05$ )

Citro 80%, Citrocover 1% y Plata coloidal (PC) = productos comerciales

CQ/AE: Cubierta de quitosano con aceite esencial

CQ/AEL = Quitosano con aceite esencial de limón

Escala de severidad: 1= 0 %, 2= 1-25 %, 3= 26-50 %, 4= 51-75 %, 5= 76-100 % de infección en la superficie de los frutos de jitomate.

## 6.4 Efecto de los tratamientos sobre variables fisicoquímicas en jitomates Saladette

### 6.4.1 Firmeza

Los datos de la variable de calidad firmeza en los jitomates tratados fueron similar entre los tratamientos evaluados (Tabla 21). En general, los valores de firmeza durante los 7 días de almacenamiento estuvieron en un rango de 2.1 N a 3.3 N. No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. Las variaciones en los valores son características de frutos en proceso de maduración.

### 6.4.2 SST

Con respecto a los SST, los valores que se obtuvieron fueron similares estadísticamente durante todo el periodo de almacenamiento del jitomate (Tabla 22). Excepto por el tratamiento con la plata coloidal, en los tratamientos restantes, incluyendo el control, se observó un incremento en la concentración de SST a través de los días de almacenamiento. En el caso de la plata coloidal y en comparación con los otros tratamientos incluyendo al control, el contenido de SST fue menor desde el primer hasta el día último día de almacenamiento. Las variaciones en los valores se deben a la transformación y maduración de jitomate.

**Tabla 21. Efecto de los extractos cítricos comerciales, quitosano con aceites esenciales de cítricos y plata coloidal, sobre la firmeza de jitomates almacenados 7 días a 27± 2°C.**

FIRMEZA (N)							
TRATAMIENTO	DÍAS						
	1	2	3	4	5	6	7
Citro-80 1%	2.81 ± 0.25 <sup>abA</sup>	2.46 ± 0.45 <sup>aA</sup>	2.1 ± 0.33 <sup>aA</sup>	2.3 ± 0.3 <sup>aA</sup>	2.12 ± 0.18 <sup>aA</sup>	2.54 ± 0.08 <sup>aA</sup>	2.08 ± 0.1 <sup>aA</sup>
Citrocover 1%	3.11 ± 0.33 <sup>abB</sup>	2.43 ± 0.32 <sup>aAB</sup>	2.3 ± 0.45 <sup>abAB</sup>	2.4 ± 0.37 <sup>abAB</sup>	2.41 ± 0.2 <sup>aAB</sup>	2.4 ± 0.19 <sup>aAB</sup>	2.17 ± 0.06 <sup>aA</sup>
CQ/AEN 0.1%	3.09 ± 0.59 <sup>abA</sup>	2.43 ± 0.21 <sup>aA</sup>	2.6 ± 0.21 <sup>abA</sup>	2.4 ± 0.2 <sup>abA</sup>	2.3 ± 0.29 <sup>aA</sup>	2.39 ± 0.31 <sup>aA</sup>	2.58 ± 0.05 <sup>aA</sup>
CQ/AEL 0.1%	3.1 ± 0.27 <sup>abB</sup>	2.79 ± 0.14 <sup>abAB</sup>	2.6 ± 0.35 <sup>abAB</sup>	2.4 ± 0.2 <sup>abA</sup>	2.19 ± 0.17 <sup>aA</sup>	2.7 ± 0.1 <sup>abAB</sup>	2.52 ± 0.32 <sup>aAB</sup>
PC 0.0021%	2.52 ± 0.11 <sup>aA</sup>	3.29 ± 0.12 <sup>bB</sup>	3.3 ± 0.12 <sup>bB</sup>	3.1 ± 0.28 <sup>bB</sup>	3.37 ± 0.18 <sup>bB</sup>	3.11 ± 0.16 <sup>bB</sup>	3.31 ± 0.13 <sup>bB</sup>
Agua	3.66 ± 0.62 <sup>bB</sup>	2.49 ± 0.31 <sup>aA</sup>	2.3 ± 0.06 <sup>aA</sup>	2.2 ± 0.35 <sup>aA</sup>	2.18 ± 0.13 <sup>aA</sup>	2.47 ± 0.24 <sup>aA</sup>	2.31 ± 0.38 <sup>aA</sup>

\* Letras minúsculas diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (Tukey,  $p < 0.05$ )

Citro 80%, Citrocover 1% y Plata coloidal (PC) = productos comerciales

CQ/AE: Cubierta de quitosano con aceite esencial

CQ/AEL = Quitosano con aceite esencial de limón

**Tabla 22. Efecto de los extractos cítricos comerciales, quitosano con aceites esenciales de cítricos y plata coloidal, sobre los Sólidos Solubles Totales de jitomates almacenados 7 días a 27± 2°C.**

SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES (SST)							
TRATAMIENTO	DÍAS						
	1	2	3	4	5	6	7
Citro-80 1%	3.6 ± 0.46 <sup>abAB</sup>	3 ± 0.2 <sup>abA</sup>	3 ± 0 <sup>aA</sup>	3 ± 0 <sup>bA</sup>	3.87 ± 0.12 <sup>Bb</sup>	3.6 ± 0.35 <sup>aAB</sup>	3.4 ± 0.35 <sup>bAB</sup>
Citrocover 1%	3.2 ± 0.26 <sup>abA</sup>	3.03 ± 0.68 <sup>abA</sup>	3.4 ± 0.35 <sup>aA</sup>	3.4 ± 0.35 <sup>bA</sup>	3.43 ± 0.06 <sup>abA</sup>	3.33 ± 0.76 <sup>aA</sup>	3.07 ± 0.12 <sup>bA</sup>
CQ/AEN 0.1%	3.4 ± 0.53 <sup>abA</sup>	3.67 ± 0.29 <sup>bA</sup>	3.2 ± 0.35 <sup>aA</sup>	3.2 ± 0.35 <sup>bA</sup>	3.23 ± 0.25 <sup>abA</sup>	3.4 ± 0.69 <sup>aA</sup>	3.07 ± 0.12 <sup>bA</sup>
CQ/AEL 0.1%	3.5 ± 0.5 <sup>abA</sup>	3.67 ± 0.31 <sup>bA</sup>	3.3 ± 0.26 <sup>aA</sup>	3.3 ± 0.26 <sup>bA</sup>	3.67 ± 0.42 <sup>bA</sup>	3.33 ± 0.58 <sup>aA</sup>	3.67 ± 0.29 <sup>bA</sup>
PC 0.0021%	2.7 ± 0.26 <sup>aA</sup>	2.07 ± 0.12 <sup>aA</sup>	2.7 ± 0.58 <sup>aA</sup>	2.1 ± 0.12 <sup>a</sup>	2.8 ± 0.35 <sup>aA</sup>	2.8 ± 0.2 <sup>aA</sup>	2.13 ± 0.12 <sup>aA</sup>
Agua	3.83 ± 0.29 <sup>bA</sup>	3.53 ± 0.42 <sup>bA</sup>	3.4 ± 0.53 <sup>aA</sup>	3.4 ± 0.53 <sup>bA</sup>	3.67 ± 0.42 <sup>bA</sup>	3.23 ± 0.25 <sup>aA</sup>	3.4 ± 0.53 <sup>bA</sup>

\* Letras minúsculas diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (Tukey,  $p < 0.05$ )

Citro 80%, Citrocover 1% y Plata coloidal (PC) = productos comerciales

CQ/AE: Cubierta de quitosano con aceite esencial

CQ/AEL = Quitosano con aceite esencial de limón

### 6.4.3 Pérdida de peso

Los valores de la variable PP, se incrementaron en el jitomate respecto al tiempo de almacenamiento en todos los tratamientos (Fig. 27). Al final del periodo, la PP fue significativamente igual ( $p < 0.05$ ), excepto por el tratamiento con PC. En este caso, la aplicación de este compuesto químico aumentó la PP hasta 10%; sin embargo, se observó que en los jitomates tratados con ambas cubiertas con quitosano y los aceites esenciales, la PP fue mayor (7.5-8.7%) en comparación con el agua (6.8%). La menor pérdida de peso se observó en los jitomates tratados con Citro-80 1% (5.9%). Los valores reportados de PP están en función a la tasa de respiración y grado de madurez del fruto.

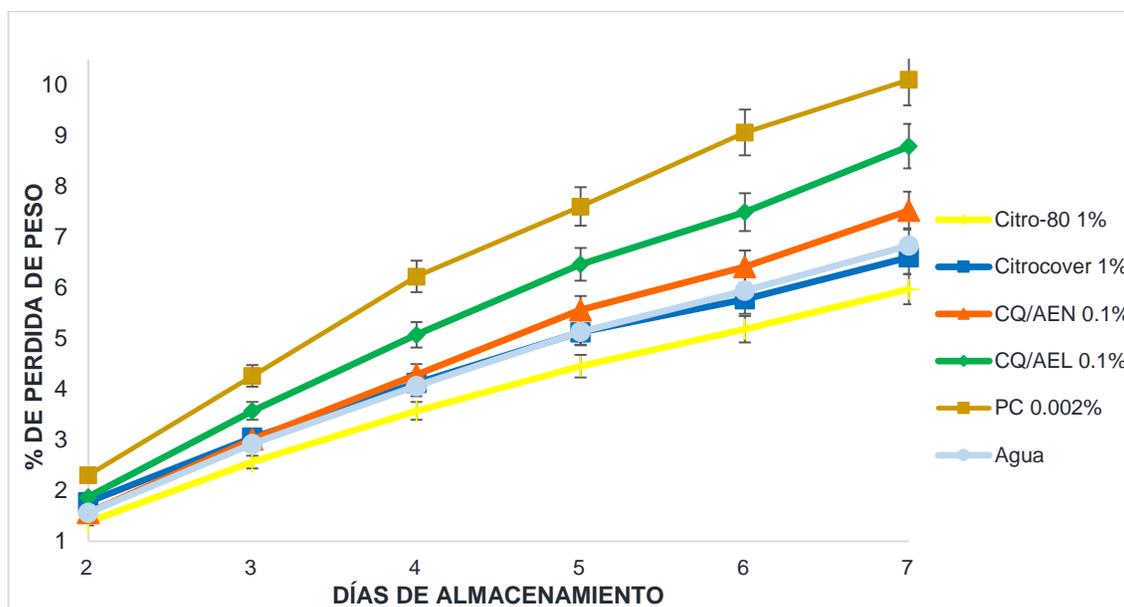


Fig. 277. Pérdida de peso de jitomates Saladette, tratado con productos comerciales a base de cítricos, cubiertas de quitosano con aceites esenciales de naranja y limón y plata coloidal, almacenados a durante 7 días a  $27 \pm 2^\circ\text{C}$ .

Citro 80% y Citrocover 1% = productos comerciales, CQ/AEN = Quitosano con aceite esencial de naranja, CQ/AEL = Quitosano con aceite esencial de limón, PC = Plata coloidal

## 6.5 Efecto de los tratamientos en la producción de aflatoxinas en jitomate Saladette procesados.

La cepa de *A. flavus* inoculada en jitomate no produjo suficiente concentración de aflatoxinas (12 – 20 ppb) que nos permitiera tener como referencia, En general, la baja producción de aflatoxinas en los jitomates tratados y no tratados fue entre 1.3 a 2.4 ppb (Tabla 23). La menor producción de aflatoxinas fue con el tratamiento Citro-80 1% (1.3 ppb) y el mayor valor corresponde al tratamiento con CQ/AEL 0.1% (2.4 ppb) que fue estadísticamente diferente ( $p > 0.05$ ) al resto de los tratamientos y al control agua.

**Tabla 23. Efecto de productos comerciales a base de cítricos, cubiertas de quitosano con aceites esenciales de naranja y limón y plata coloidal, sobre la producción de aflatoxinas en jitomates Saladette inoculados con *A. flavus* y deshidratados**

PRODUCCIÓN DE AFLATOXINAS	
TRATAMIENTO	ppb
Citro-80 1%	1.3 ± 0.2 <sup>a*</sup>
Citrocover 1%	1.4 ± 0.8 <sup>a</sup>
CQ/AEN 0.1%	1.7 ± 0.2 <sup>a</sup>
CQ/AEL 0.1%	2.4 ± 0.6 <sup>b</sup>
PC 0.0021%	1.6 ± 0.1 <sup>a</sup>
A	1.6 ± 0.3 <sup>a</sup>

\*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (Tukey,  $p < 0.05$ ). Se muestra media y desviación estándar

Citro 80%, Citrocover 1% y Plata coloidal (PC) = productos comerciales

CQ/AEN = Quitosano con aceite esencial de naranja

CQ/AEL = Quitosano con aceite esencial de limón

A = Agua + Czapek Dox

## 6.6 Efecto de los tratamientos en la producción de fumonisinas en jitomate Saladette procesados.

Se observó diferencia estadísticamente significativa ( $p > 0.05$ ) en la producción de fumonisinas en jitomate Saladette deshidratado tratado con Citro-

80 (0.19 ppm) respecto al resto de los tratamientos (Tabla 24). Sólo la CQ/AEL (0.43 ppm) fue estadísticamente similar a Citro-80.

**Tabla 244. Efecto de productos comerciales a base de cítricos, cubiertas de quitosano con aceites esenciales de naranja y limón y plata coloidal, sobre la producción de fumonisinas en jitomates Saladette inoculados con *F. oxysporum* y deshidratados.**

PRODUCCIÓN DE FUMONISINAS	
TRATAMIENTO	ppm
Citro-80 1%	0.19 ± 0.03 <sup>a*</sup>
Citrocover 1%	0.66 ± 0.07 <sup>bc</sup>
CQ/AEN 0.1%	0.56 ± 0.06 <sup>bc</sup>
CQ/AEL 0.1%	0.43 ± 0.02 <sup>ab</sup>
PC 0.0021%	0.72 ± 0.2 <sup>c</sup>
A	0.67 ± 0.09 <sup>bc</sup>

\*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (Tukey,  $p < 0.05$ ). Se muestra media y desviación estándar

Citro 80%, Citrocover 1% y Plata coloidal (PC) = productos comerciales

CQ/AEN = Quitosano con aceite esencial de naranja

CQ/AEL = Quitosano con aceite esencial de limón

A = Agua + PDA

## 7. DISCUSIÓN

En general, se observaron diferencias significativas en el crecimiento micelial y la germinación de los conidios, entre los tratamientos. Igualmente, el efecto de éstos fue diferente de acuerdo al género del hongo que se evaluó.

A excepción del hongo *R. stolonifer*, el producto comercial Citrocover 1% tuvo un efecto inhibitorio notable sobre el desarrollo y la viabilidad de esporas de los hongos fitopatógenos evaluados en el estudio. Citro-80, tuvo un efecto inhibitorio en el desarrollo de *A. flavus*, mientras que, el tratamiento con la CQ/AEL 0.1% afectó únicamente a *F. oxysporum*. En relación a la germinación, el hongo *A. flavus* fue el más afectado, ya que, todos los tratamientos excepto por la Plata coloidal (PC) inhibieron esta variable de 40 a 60%.

Los resultados obtenidos en esta investigación concuerdan con lo reportado por otros investigadores Rodríguez y Montilla (91) los cuales mencionaron que el producto comercial Citrex a base de extractos de semilla y pulpa del híbrido de *C. paradisi*, tuvo un efecto significativo sobre la disminución del desarrollo micelial de *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*. De igual forma, Segura-Palacios *et al.* (71), evaluaron Citrocover al 1% en *A. flavus* aislado de higo, obteniendo un efecto inhibitorio respecto al control en las variables crecimiento micelial y esporulación con valores de 3.0 cm<sup>2</sup> y 0.2 x 10<sup>5</sup> esporas mL<sup>-1</sup>, respectivamente.

A la fecha, se han descrito diversos mecanismos de acción contra microorganismos (hongos y bacterias principalmente) de los extractos cítricos (119,120). Se ha descrito que la unión de los polifenoles de los extractos con el ergosterol, glucolípidos de la bicapa y proteínas de la membrana del microorganismo patógeno por enlaces covalentes o puentes de hidrógeno, deriva en su desestabilización y adelgazamiento, así, se genera un cambio en el equilibrio de H<sup>+</sup> y K<sup>+</sup> y se induce a la ruptura de la membrana y pérdida del contenido celular (121). Lo anterior se debe químicamente al doble enlace de los carbonos 2 y 3 que genera una estructura plana con mucha afinidad con la membrana y en otros casos al enlace C=O en la posición 4, que puede ciclar la molécula en sitios de actividad enzimática impidiendo el desarrollo del microorganismo.

Otro mecanismo observado en las bacterias *Proteus vulgaris* y *Staphylococcus aureus* se ha asociado con la síntesis de DNA. En esa

investigación se resaltó que, cuando las biomoléculas cruzaron las membranas de las bacterias, el material genético que es el sitio blanco (esto se debe a la afinidad del anillo B de los flavonoides con los ácidos nucleicos que da origen a enlaces de hidrógeno e intercalaciones) perdió la capacidad de replicar el material genético y la síntesis de proteínas necesarias para la supervivencia del microorganismo (122). En otra investigación sobre los flavonoides y su actividad antibacteriana en *Escherichia coli*, se demostró que se afectó la función de las topoisomerasas, se bloqueó el complejo III mitocondrial y se inhibió a la ATPasa lo que, disminuyó o impidió el desarrollo del microorganismo significativamente (123).

En relación a los resultados *in vivo*, se observó que el efecto fungicida fue poco significativo en los jitomates Saladette al término del almacenamiento, ya que, respecto al control (asperjado solo con agua), únicamente la aplicación de la CQ/AEN 0.1% afectó el crecimiento micelial de *A. flavus*. En los tres hongos restantes, la infección fue muy similar al control y en ocasiones se estimuló como fue en el caso de la aplicación de la PC. Mientras que, para cada hongo inoculado, la escala de severidad fue similar entre los tratamientos aplicados. Sin embargo, la mayor severidad de infección se manifestó en el hongo *R. stolonifer* ya que abarcó del 51 al 75% de la superficie del hongo. Para los tres hongos restantes, excepto por la PC, la severidad alcanzó únicamente hasta un 25% de la superficie de los jitomates tratados.

Estos resultados no coincidieron con otras investigaciones reportadas sobre la efectividad *in situ* de los extractos de cítricos. Por ejemplo, mediante la

aplicación de cubiertas de quitosano incorporadas con 20 mL L<sup>-1</sup> de extracto de pomelo en mango 'Keitt', la enfermedad de la antracnosis se redujo significativamente y retrasó la aparición de los síntomas (78). Otro ejemplo es la evaluación del extracto cítrico 'Citryantibio' a una concentración de 8000 ppm, también en jitomates Saladette inoculados con *R. stolonifer*, *C. coccodes* y *F. oxysporum*. En donde se reportó el retraso en la aparición de su sintomatología hasta los días 6, 9 y 11, respectivamente (124).

De acuerdo a la FDA, el contenido final de aflatoxinas en los alimentos debe ser menor a los 20 ppb. En esta investigación, la producción de aflatoxinas y fumonisinas *in vitro* y en los jitomates Saladette por *A. flavus* y *F. oxysporum*, respectivamente, fue muy bajo en los jitomates provenientes de todos los tratamientos, incluyendo al control. En el caso de las aflatoxinas, la síntesis al término del almacenamiento fue en un rango de 0.1 a 0.5 ppb y 1.3 a 2.4 ppb (*in vitro* e *in situ*, respectivamente), mientras que, la producción de fumonisinas fue de 0.1 a 0.2 ppm y 0.1 a 0.7 ppm (*in vitro* e *in situ*, respectivamente).

Estos resultados sugieren que, las cepas utilizadas en los ensayos tal vez han adaptado sus mecanismos de síntesis de aflatoxinas y fumosinas (125).

Resultados similares reportaron Villegas-Rascón *et al.* (2020) con el uso de nanopartículas de quitosano y aceites esenciales encapsulados de canela, tomillo y eucalipto, los cuales no tuvieron ningún efecto en la producción *in vitro* de aflatoxinas por *A. parasiticus* (86).

Por otro lado, en esta investigación se observó que la concentración de micotoxinas en jitomate Saladette deshidratado fue ligeramente mayor que las concentraciones *in vitro*. Esto pudo deberse a la composición de la matriz evaluada, ya que, en las mediciones *in vitro* se utilizó medio de cultivo con aproximadamente 95% de agua y en el caso del polvo, el jitomate deshidratado contenía aproximadamente 5% de agua; al realizar las extracciones para los inmunoensayos, el polvo con mayor contenido de sólidos que el medio nutritivo pudo resultar en una mayor concentración de micotoxinas.

Los jitomates rojo maduros, tratados con Citro-80 y Citrocover y CQ/AE de limón y naranja no mostraron cambios significativos en la firmeza y el contenido de SST durante los siete días de almacenamiento asignados a temperatura ambiente ( $27 \pm 2^\circ\text{C}$ ).

En general, en todos los tratamientos, la pérdida de peso de los jitomates aumentó durante los siete días de almacenamiento. En esta variable, el porcentaje de pérdida de peso menor correspondió a los tratados con Citro-80, Citrocover y agua en un rango de 5.7 a 6% al término del almacenamiento.

En esta investigación los cambios observados pueden asociarse con los aspectos normales del proceso de maduración. Al respecto, López-Vidal *et al.* (2014) reportaron cambios en la maduración del jitomate Saladette mediante la pérdida de firmeza y el aumento de SST (11). En previos ensayos para evaluar la vida de anaquel de jitomate tratado con CQ/AE de limón, se determinó que la magnitud de los cambios en la maduración del fruto dependieron de factores como

el estado de maduración al momento de la cosecha, la temperatura y la HR de almacenamiento y los tratamientos aplicados para su conservación (126).

Por otro lado, en el proceso de maduración de la mayoría de los productos vegetales, debido a la degradación de los polisacáridos a monosacáridos, se aumenta la concentración de SST y se disminuye la firmeza del epicarpio (127).

## **8. CONCLUSIONES**

La aplicación de los productos comerciales a base de cítricos, principalmente Citrocover, disminuyeron notablemente el crecimiento micelial y la germinación de esporas *in vitro* de *A. flavus*, *F. oxysporum* y *C. gloeosporioides* durante el periodo de incubación, no así la producción de micotoxinas de *A. flavus* y *F. oxysporum* durante el periodo de incubación, la cual fue similar al control.

El efecto fungicida de los productos cítricos comerciales Citrocover y Citro-80 y de las cubiertas de quitosano adicionadas con los aceites esenciales de naranja y limón al 0.1% fue menor en los jitomates tratados. En el caso del producto Microdyn, la infección se incrementó.

El uso de productos cítricos comerciales Citrocover y Citro-80 y las cubiertas de quitosano adicionadas con los aceites esenciales de limón y naranja al 0.1 % no afectó el proceso de maduración de los jitomates tratados. La aplicación de Microdyn, incrementó la pérdida de peso y la pérdida de firmeza durante el almacenamiento.

La producción de aflatoxinas y fumonisinas en los jitomates deshidratados tratados fue baja, pero no fue significativamente menor al jitomate control.

## 9. REFERENCIAS

1. USDA. Report Tomatoes and Products Annual. 2022.
2. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera - SIAP. Panorama Agroalimentario 2022 [Internet]. Mexico; 2022 [cited 2022 Dec 16]. Available from: [https://nube.siap.gob.mx/panorama\\_siap/pag/2022/Panorama-Agroalimentario-2022](https://nube.siap.gob.mx/panorama_siap/pag/2022/Panorama-Agroalimentario-2022)
3. SIAP. Escenario mensual de productos agroalimentarios [Internet]. 2021 Jul [cited 2022 Nov 13]. Available from: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/653162/Escenario\\_jitomate\\_jun21.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/653162/Escenario_jitomate_jun21.pdf)
4. SIAP. Escenario mensual de productos agroalimentarios. Tomate rojo (Jitomate). Agricultura [Internet]. 2023;2023:1–2. Available from: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/653161/Escenario\\_huevo\\_jun21.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/653161/Escenario_huevo_jun21.pdf)
5. Hobson G, Grierson D. Tomato. In: Biochemistry of Fruit Ripening [Internet]. Dordrecht: Springer, Dordrecht; 1993 [cited 2022 Nov 6]. p. 405–42. Available from: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-011-1584-1\\_14](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-011-1584-1_14)
6. Oecd Consensus Documents. Tomato (*Solanum lycopersicum*). In: Safety Assessment of Transgenic Organisms in the Environment, Volume 7 [Internet]. OECD; 2017 [cited 2022 Nov 13]. p. 69–104. (Harmonisation of Regulatory Oversight in Biotechnology). Available from: [https://read.oecd-ilibrary.org/environment/safety-assessment-of-transgenic-organisms-in-the-environment-volume-7\\_9789264279728-en](https://read.oecd-ilibrary.org/environment/safety-assessment-of-transgenic-organisms-in-the-environment-volume-7_9789264279728-en)
7. FAO. Fao. 2021 [cited 2022 Nov 13]. Antecedentes | Plataforma técnica sobre la medición y la reducción de las pérdidas y el desperdicio de alimentos | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Available from: <https://www.fao.org/platform-food-loss-waste/es/%0Ahttps://www.fao.org/platform-food-loss-waste/es/%0Ahttp://www.fao.org/platform-food-loss-waste/background/es/>
8. U.S. Department of Agriculture - ERS. Food Availability (Per Capita) Data System [Internet]. 2023 [cited 2023 Mar 12]. Available from: <https://www.ers.usda.gov/data-products/food-availability-per-capita-data-system/food-availability-per-capita-data-system/#Loss-Adjusted-Food-Availability>
9. Casierra F, Aguilar ÓE. Calidad en frutos de tomate ( *Solanum lycopersicum* L .) cosechados en diferentes estados de madurez Quality of tomato fruits ( *Solanum lycopersicum* L .) harvested at different maturity stages. Red Rev Científicas América Lat el Caribe, España y Port [Internet]. 2008 Dec [cited 2022 Nov 13];26(2):300–7. Available from: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-99652008000200015&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652008000200015&lng=en&nrm=iso&tlng=es)
10. Parra-Coronado A, Miranda D. La calidad poscosecha de los frutos en respuesta a los factores climáticos en el cultivo. Agron Colomb. 2016;34(1Supl.):S1415–8.
11. López-Vidal O, Escalona-Buendía H, Pelayo-Zaldívar C, Cruz-Salazar J, Villa-Hernández JM, Rivera-Cabrera F, et al. Carotenoid content, antioxidant capacity and volatile compounds of the aroma during tomato ripening | Carotenoides, capacidad antioxidante y compuestos volátiles del aroma durante la maduración de jitomate. Phytol (B Aires). 2014;83:185–92.
12. Calvo AC, De R, Carreras T, Ramos CG. 9. Parámetros De Calidad En El Tomate Para Industria. In: La agricultura y la ganadería extremeñas. Badajoz: Edelibros; 2008. p. 157–70.

13. San Martín-Hernández C, Ordaz-Chaparro VM, Sánchez-García P, Beryl Colinas-Leon MT, Borges-Gómez L. Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) quality produced in hydroponics with different particle sizes of tezontle | Calidad de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) producido en hidroponía con diferentes granulometrías de tezontle. *Agrociencia*. 2012 Mar;46(3):243–54.
14. USDA. United States Standards for Grades of Fresh Tomatoes. United States Dep Agric. 1991;1991(January):1–13.
15. USDA-AGS. Composition of Foods Raw, Processed, Prepared USDA National Nutrient Database for Standard Reference. 2012;(September):128. Available from: <http://www.ars.usda.gov/ba/bhnrc/ndl>
16. Cuevas-Ramos D, Almeda-Valdés P, Chávez-Manzanera E, Meza-Arana CE, Brito-Córdova G, Mehta R, et al. Effect of tomato consumption on high-density lipoprotein cholesterol level: A randomized, single-blinded, controlled clinical trial. *Diabetes, Metab Syndr Obes Targets Ther*. 2013;6(May 2014):263–73.
17. Cheng HM, Koutsidis G, Lodge JK, Ashor A, Siervo M, Lara J. Tomato and lycopene supplementation and cardiovascular risk factors: A systematic review and meta-analysis. *Atherosclerosis*. 2017 Feb 1;257:100–8.
18. Ames de Icochea T. Enfermedades fungosas y bacterianas de raíces y tubérculos andinos. Lima (Perú); 1997.
19. Bautista-Baños S, Bosquez-Molina E, Barrera-Necha LL. *Rhizopus stolonifer* (Soft Rot). In: Bautista-Baños S, editor. *Postharvest Decay: Control Strategies* [Internet]. Elsevier Inc.; 2014 [cited 2022 Nov 13]. p. 1–44. Available from: <https://ipn.elsevierpure.com/en/publications/rhizopus-stolonifer-soft-rot>
20. Actinomicetos HY. Hongos Y Actinomicetos. In: Pontón j, Moragues M, Gené J, Guarro J, Quindós G, editors. *Revista Iberoamericana*. *Revista Iberoamericana de Micología*; 2002. p. 38.
21. Sommer NF, Creasy MT, Maxie EC, Romani RJ. Production of Pectolytic Enzymes by *Rhizopus stolonifer* Sporangiospores After “Lethal” Gamma Irradiation . *Appl Microbiol* [Internet]. 1963 Nov [cited 2022 Nov 6];11(6):463–6. Available from: [/pmc/articles/PMC1058030/?report=abstract](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1058030/)
22. Hernández-Lauzardo AN, Velázquez-Del Valle MG, Veranza-Castelán L, Melo-Giorgana GE, Guerra-Sánchez MG. Effect of chitosan on three isolates of *Rhizopus stolonifer* obtained from peach, papaya and tomato. *Fruits* [Internet]. 2010 Aug 5 [cited 2022 Nov 6];65(4):245–53. Available from: [https://www.academia.edu/10003761/Effect\\_of\\_chitosan\\_on\\_three\\_isolates\\_of\\_Rhizopus\\_stolonifer\\_obtained\\_from\\_peach\\_papaya\\_and\\_tomato](https://www.academia.edu/10003761/Effect_of_chitosan_on_three_isolates_of_Rhizopus_stolonifer_obtained_from_peach_papaya_and_tomato)
23. Siddiqui Y, Ali A. *Colletotrichum gloeosporioides* (Anthracnose). In: Bautista-Baños S, editor. *Postharvest Decay: Control Strategies*. Academic Press; 2014. p. 337–71.
24. Rojo-Báez I, Álvarez-Rodríguez B, García-Estrada RS, León-Félix J, Sañudo-Barajas A, Allende-Molar R. Situación actual de *Colletotrichums* spp. en México: Taxonomía, caracterización, patogénesis y control. *Rev Mex Fitopatol Mex J Phytopathol* [Internet]. 2017 Jun 9 [cited 2022 Nov 6];35(3):549–70. Available from: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0185-33092017000300549&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092017000300549&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
25. Roncero MIG, Di Pietro A, Ruiz-Roldán MC, Huertas-González MD, Garcia- Maceira FI, Méglecz E, et al. Papel de enzimas liticas de la pared celular en la patogeniciad de *Fusarium oxysporum*. *Rev Iberoam Micol*. 2000;17(1):47–53.
26. Torres E, Arenas R, Atoche-Diéguéz C. Infecciones causadas por el género *Malassezia*. Vol. 36, *Medicina Cutanea Ibero-Latino-Americana*. 2008.

27. Retana K, Ramírez-Coché JA, Castro O, Blanco-Meneses M. Caracterización morfológica y molecular de *Fusarium oxysporum* F. SP. *Apii* asociado a la marchitez del apio en Costa Rica. *Agron Costarric* [Internet]. 2018 Jan 29 [cited 2022 Nov 6];42(1):115–26. Available from: [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0377-94242018000100115&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0377-94242018000100115&lng=en&nrm=iso&tlng=es)
28. Sanchís V, Viñas I, Jiménez M, Hernández E. Diferencias Morfológicas Y Enzimáticas Entre Cepas De *Aspergillus flavus* Productoras Y No Productoras De Aflatoxinas. *An Biol* [Internet]. 1984 Nov 1 [cited 2022 Nov 14];0(1):109–14. Available from: <https://revistas.um.es/analesbio/article/view/33361>
29. Balakrishnan Sangeetha A, Abdel-hadi A, Hassan AS, Shobana CS, Suresh S, Abirami B, et al. Evaluation of in vitro activities of extracellular enzymes from *Aspergillus* species isolated from corneal ulcer/keratitis. *Saudi J Biol Sci*. 2020 Feb 1;27(2):701–5.
30. Hernández Gayosso B. Efecto de extractos de *Allium sativum* y *Verbesina persicifolia* en el desarrollo de *Collectotrichum gloesporioides* aislados de Mango (*Mangífera indica* L.) y de Jitomate (*Solanum lycopersicum*). [Internet]. ICAP-BD-UAEH; 2018 [cited 2022 Nov 29]. Available from: <http://200.57.56.70:8080/xmlui/handle/231104/2501>
31. Trinidad-Ángel E, Ascencio-Valle F de J, Ulloa OA, Ramírez-Ramírez OC, Ragazzo-Sánchez JA, Calderón-Santoyo M, et al. Identificación y caracterización de *Colletotrichum* spp. causante de antracnosis en aguacate de Nayarit, México. *Rev Mex Ciencias Agrícolas* [Internet]. 2017 Dec 12 [cited 2022 Nov 13];(19):3953–64. Available from: <http://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/article/view/664>
32. Vásquez Ramírez LM, Castaño Zapata J. Manejo integrado de la marchitez vascular del tomate [*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (SACC.) W.C. Snyder & H.N. Hansen]: una revisión. *Rev UDCA Actual Divulg Científica* [Internet]. 2017 Dec [cited 2022 Nov 13];20(2):363–74. Available from: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0123-42262017000200014&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262017000200014&lng=en&nrm=iso&tlng=es)
33. Báez-Valdez E, Carrillo-Fasio J, Báez-Sañudo M, García-Estrada S, Valdez-Torres B, Ez-Valdez B, et al. Uso de Portainjertos Resistentes para el Control de la Fusariosis. *Rev Mex Fitopatol*. 2010;28(2).
34. Plascencia-Jatomea M, Susana M, Gómez Y, Velez-Haro JM. *Aspergillus* spp. (Black Mold). In: Buatista-Baños S, editor. *Postharvest Decay: Control Strategies*. Academic Press; 2014. p. 267–86.
35. Caceres I, Khoury A Al, El Khoury R, Lorber S, Oswald IP, El Khoury A, et al. Aflatoxin Biosynthesis and Genetic Regulation: A Review. *Toxins* 2020, Vol 12, Page 150 [Internet]. 2020 Feb 28 [cited 2023 Jun 4];12(3):150. Available from: <https://www.mdpi.com/2072-6651/12/3/150/htm>
36. Mariutti LRB, Soares LMV. Aflatoxinas em produtos de tomate. *Cienc e Tecnol Aliment* [Internet]. 2009 [cited 2022 Nov 16];29(2):431–4. Available from: <http://www.scielo.br/j/cta/a/BZXgP8nK6VmcT37CMyxXhbh/?lang=en>
37. Omotayo OP, Omotayo AO, Mwanza M, Babalola OO. Prevalence of mycotoxins and their consequences on human health. *Toxicol Res*. 2019;35(1):1–7.
38. Amaike S, Keller NP. *Aspergillus flavus*. *Annu Rev Phytopathol*. 2011;49:107–33.
39. Schrenk D, Bignami M, Bodin L, Chipman JK, del Mazo J, Grasl-Kraupp B, et al. Risk assessment of aflatoxins in food. *EFSA J* [Internet]. 2020 Mar 1 [cited 2023 Jun

- 19];18(3):e06040. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.2903/j.efsa.2020.6040>
40. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Inocuidad y calidad de los alimentos. 2021 [cited 2022 Nov 14]. Food safety and quality: Micotoxinas. Available from: <https://www.fao.org/food/food-safety-quality/a-z-index/mycotoxins/es/>
  41. Alshannaq A, Yu JH. Occurrence, toxicity, and analysis of major mycotoxins in food. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 2017 Jun 13 [cited 2022 Nov 14];14(6). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28608841/>
  42. Stockmann-Juvala H, Savolainen K. A review of the toxic effects and mechanisms of action of fumonisin B 1. *Hum Exp Toxicol*. 2008;27(11):799–809.
  43. Miller JD. Factors that affect the occurrence of fumonisin. *Environ Health Perspect*. 2001;109(SUPPL. 2):321–4.
  44. Abarca ML. Taxonomía e identificación de especies implicadas en la aspergilosis nosocomial. *Rev Iberoam Micol*. 2000;17(3):79–84.
  45. Smela ME, Currier SS, Bailey EA, Essigmann JM. The chemistry and biology of aflatoxin B1: From mutational spectrometry to carcinogenesis. *Carcinogenesis* [Internet]. 2001 Apr 1 [cited 2022 Nov 14];22(4):535–45. Available from: <https://academic.oup.com/carcin/article/22/4/535/2529893>
  46. De Peña DG. La exposición a la aflatoxina B1 en animales de laboratorio y su significado en la salud pública. *Salud Publica Mex*. 2007;49(3):227–35.
  47. Flores J. *Farmacología Humana 6º Ed* por Florez, J. - 9788445823163 - Journal [Internet]. 6º. Elsevier Castellano; 2013 [cited 2022 Nov 14]. Available from: <https://www.edicionesjournal.com/Papel/9788445823163/Farmacología+Humana+6º+Ed>
  48. Bedard LL, Alessi M, Davey S, Massey TE. Susceptibility to Aflatoxin B1-Induced Carcinogenesis Correlates with Tissue-Specific Differences in DNA Repair Activity in Mouse and in Rat. *Cancer Res* [Internet]. 2005 Feb 15 [cited 2023 Jun 4];65(4):1265–70. Available from: <https://aacrjournals.org/cancerres/article/65/4/1265/519078/Susceptibility-to-Aflatoxin-B1-Induced>
  49. Hamid AS, Tesfamariam SG, Zhang Y, Zhang ZG. Aflatoxin B1-induced hepatocellular carcinoma in developing countries: Geographical distribution, mechanism of action and prevention. *Oncol Lett* [Internet]. 2013 Apr [cited 2023 Jun 4];5(4):1087. Available from: [/pmc/articles/PMC3629261/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23629261/)
  50. Rojas L, Wilches M. Determinación de aflatoxinas en alimentos de mayor consumo infantil comercializados en la ciudad de Pamplona, norte de Santander. *BISTUA Rev Fac Ciencias Básicas* [Internet]. 2009 [cited 2022 Nov 22];7(1):1–11. Available from: [http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home\\_10/recursos/general/pag\\_contenido/publicaciones/bistua\\_revista\\_ciencias\\_basica/2009/23022010/art\\_15.pdf](http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home_10/recursos/general/pag_contenido/publicaciones/bistua_revista_ciencias_basica/2009/23022010/art_15.pdf)
  51. Oldham JH, Smith JP, Simpson BK. Aflatoxins in food: Occurrence, biosynthesis, effects on organisms, detection, and methods of control. *Crit Rev Food Sci Nutr* [Internet]. 1991 Jan 1 [cited 2022 Nov 14];30(4):403–39. Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10408399109527551>
  52. Li H, Kang X, Wang S, Mo H, Xu D, Zhou W, et al. Early detection and monitoring for *Aspergillus flavus* contamination in maize kernels. *Food Control*. 2021 Mar 1;121:107636.
  53. NEOOGEN. MICOTOXINAS. 2018 [cited 2022 Nov 14]. Reveal® Q+ for Aflatoxin |

- Neogen. Available from: <https://www.neogen.com/es/categories/mycotoxins/reveal-q-plus-aflatoxin/>
54. Garmendia G, Vero S. Métodos para la desinfección de frutas y hortalizas. Catedra Microbiol Fac Quim UDELAR [Internet]. 2015 [cited 2022 Nov 14];23(1):18–22. Available from: [https://www.researchgate.net/publication/28282408%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/28282408\\_Metodos\\_para\\_la\\_desinfeccion\\_de\\_frutas\\_y\\_hortalizas](https://www.researchgate.net/publication/28282408%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/28282408_Metodos_para_la_desinfeccion_de_frutas_y_hortalizas)
  55. Ruiz Martínez JAVAMSJCRHRAGCN. Un tesoro percedero en México: el tomate, tecnologías para prolongar su vida de anaquel. Investig y Cienc la Univ Autónoma Aguascalientes [Internet]. 2012 [cited 2022 Nov 14];54(54):57–63. Available from: [https://investigacion.uaa.mx/RevistalyC/archivo/revista54/Articulo 8.pdf](https://investigacion.uaa.mx/RevistalyC/archivo/revista54/Articulo%208.pdf)
  56. Lu H, Li L, Limwachiranon J, Xie J, Luo Z. Effect of UV-C on ripening of tomato fruits in response to wound. Sci Hortic (Amsterdam). 2016 Dec 14;213:104–9.
  57. Zhao Y, Tu K, Tu S, Liu M, Su J, Hou Y peng. A combination of heat treatment and *Pichia guilliermondii* prevents cherry tomato spoilage by fungi. Int J Food Microbiol [Internet]. 2010 Jan 31 [cited 2022 Nov 14];137(1):106–10. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19923029/>
  58. Narváez Baque FJ, Barzola Miranda S, Fon-Fay Vásquez FM, Martínez Chávez MJ, Neira Mosquera JA, Sánchez Llaguno SN. Potencial antifúngico de *Citrus sinensis* y *Citrus nobilis* sobre el crecimiento de *Rhizopus stolonifer* y *Colletotrichum gloeosporioides* en papaya. Cienc y Tecnol [Internet]. 2017 Jul 10 [cited 2022 Nov 14];10(1):41–6. Available from: <https://revistas.uteq.edu.ec/index.php/cyt/article/view/194>
  59. Mugao LG. In-vitro Activity of Selected Plant Extracts on Post-Harvest Pathogens Causing Tomato Fruit Rot. J Phytopharm. 2021;10(4):236–41.
  60. Alfaro-Sifuentes L, Juan M, Troncoso-Rojas R, Meca DE, Elorrieta MA, Valenzuela JL. Effectiveness of chemical and thermal treatments on control *Rhizopus stolonifer* fruit infection comparing tomato cultivars with different sensitivities to cracking. Int J Environ Res Public Health [Internet]. 2019 Aug 1 [cited 2022 Nov 14];16(15). Available from: <https://pmc/articles/PMC6696333/>
  61. Rodríguez-Guzmán CA, Montaña-Leyva B, Velázquez-Estrada RM, Sánchez-Burgos JA, García-Magaña MDL, González-Estrada RR, et al. Estado actual de métodos alternativos, de control de hongos y su efecto en la calidad postcosecha de frutos de jitomate (*Solanum lycopersicum*). TIP Rev Espec en Ciencias Químico-Biológicas [Internet]. 2021 [cited 2022 Nov 14];24(1):1–15. Available from: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8201480&info=resumen&idioma=ENG>
  62. Barreto TA, Andrade SCA, Maciel JF, Arcanjo NMO, Madruga MS, Meireles B, et al. A chitosan coating containing essential oil from *Origanum vulgare* L. to control postharvest mold infections and keep the quality of cherry tomato fruit. Front Microbiol [Internet]. 2016 Nov 8 [cited 2022 Nov 14];7(NOV). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27877156/>
  63. Athayde AJAA, de Oliveira PDL, Guerra ICD, da Conceição ML, de Lima MAB, Arcanjo NMO, et al. A coating composed of chitosan and *Cymbopogon citratus* (Dc. Ex Nees) essential oil to control *Rhizopus* soft rot and quality in tomato fruit stored at room temperature. J Hortic Sci Biotechnol. 2016;91(6):582–91.
  64. Stevens C, Liu J, Khan VA, Lu JY, Kabwe MK, Wilson CL, et al. The effects of low-dose ultraviolet light-C treatment on polygalacturonase activity, delay ripening and *Rhizopus* soft rot development of tomatoes. Crop Prot. 2004 Jun 1;23(6):551–4.

65. Tzortzakis N, Singleton I, Barnes J. Impact of low-level atmospheric ozone-enrichment on black spot and anthracnose rot of tomato fruit. *Postharvest Biol Technol*. 2008 Jan 1;47(1):1–9.
66. Ziena LW. Integration of Rapid Hot Water Treatments and Biocontrol Agents to Control Postharvest Pathogens of Tomato. [Pietermaritzburg]: School of Agricultural, Earth and Environmental Sciences ; 2019.
67. Rodriguez MH, Bandte M, Gaskin T, Fischer G, Büttner C. Efficacy of electrolytically-derived disinfectant against dispersal of *Fusarium oxysporum* and *Rhizoctonia solani* in hydroponic tomatoes. *Sci Hortic (Amsterdam)*. 2018 Apr 14;234:116–25.
68. El-katatny MH, Emam AS. Control of Postharvest Tomato Rot By Spore Suspension and. *J Microbiol Biotechnol food Sci* . 2012;1(6):1505–28.
69. Muñoz Castellanos L, Amaya Olivas N, Ayala-Soto J, De La O Contreras CM, Zermeño Ortega M, Sandoval Salas F, et al. *In Vitro* and *in Vivo* Antifungal Activity of Clove (*Eugenia caryophyllata*) and Pepper (*Piper nigrum* L.) Essential Oils and Functional Extracts against *Fusarium oxysporum* and *Aspergillus niger* in Tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Int J Microbiol [Internet]*. 2020 [cited 2022 Nov 14];2020. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32399036/>
70. Guerra-Fuentes NR, Chávez-Bautista M, Treviño-Espinosa RS, Garcia-Mazcorro JF, Torres-Castillo JA, Méndez-Albores A, et al. Effects of Neutral Electrolysed Water on tomato seeds artificially contaminated with *Fusarium* and *Aspergillus* . *Seed Sci Technol*. 2019 Aug 21;47(2):211–27.
71. Segura-Palacios MA, Correa-Pacheco ZN, Corona-Rangel ML, Martínez-Ramírez OC, Salazar-Piña DA, Ramos-García M de L, et al. Use of natural products on the control of *Aspergillus flavus* and production of aflatoxins in vitro and on tomato fruit. *Plants [Internet]*. 2021 Nov 23 [cited 2022 Nov 6];10(12):2553. Available from: <https://www.mdpi.com/2223-7747/10/12/2553/htm>
72. da S, Bitencourt T, Saltoratto A, Selegim M, Assis O. Antifungal activity of chitosan and its quaternized derivative in gel form and as an edible coating on cut cherry tomatoes. *J Agric Sci Belgrade [Internet]*. 2018 [cited 2022 Nov 14];63(3):271–85. Available from: [https://www.researchgate.net/publication/328846862\\_Antifungal\\_activity\\_of\\_chitosan\\_and\\_its\\_quaternized\\_derivative\\_in\\_gel\\_form\\_and\\_as\\_an\\_edible\\_coating\\_on\\_cut\\_cherry\\_tomatoes](https://www.researchgate.net/publication/328846862_Antifungal_activity_of_chitosan_and_its_quaternized_derivative_in_gel_form_and_as_an_edible_coating_on_cut_cherry_tomatoes)
73. Bajaña, A. Cabrera J. Elaboración de un producto derivado de los desechos de toronja (*citrus paradisi*) con capacidad antimicrobiana [Internet]. Vol. 66, Universidad de Guayaquil. Universidad de Guayaquil; 2018 [cited 2022 Nov 14]. Available from: [https://www.fairportlibrary.org/images/files/RenovationProject/Concept\\_cost\\_estimate\\_accepted\\_031914.pdf](https://www.fairportlibrary.org/images/files/RenovationProject/Concept_cost_estimate_accepted_031914.pdf)
74. Yousaf T, Rafique S, Wahid F, Rehman S, Nazir A, Rafique J, et al. Phytochemical profiling and antiviral activity of *Ajuga bracteosa*, *Ajuga parviflora*, *Berberis lycium* and *Citrus lemon* against Hepatitis C Virus. *Microb Pathog [Internet]*. 2018 May 1 [cited 2022 Nov 14];118:154–8. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29571723/>
75. Malik A, Najda A, Bains A, Nurzyńska-Wierdak R, Chawla P. Characterization of *Citrus nobilis* Peel Methanolic Extract for Antioxidant, Antimicrobial, and Anti-Inflammatory Activity. *Mol* 2021, Vol 26, Page 4310 [Internet]. 2021 Jul 16 [cited 2022 Dec 17];26(14):4310. Available from: <https://www.mdpi.com/1420-3049/26/14/4310/htm>
76. Liu Y, Benohoud M, Galani Yamdeu JH, Gong YY, Orfila C. Green extraction of

- polyphenols from *citrus* peel by-products and their antifungal activity against *Aspergillus flavus*. *Food Chem X*. 2021;12.
77. Bashir LU, Abdulkadir A, Shah MM, Hamisu A, Sharif U, Kamalu AA. Phytochemical screening and antifungal potentials of *Citrus limon* peels against *Fusarium oxysporum* and *Rhizopus stolonifer* causing rots in water melon (*Citrullus lanatus* L.). *J Exp Sci*. 2020;11:17–21.
  78. Cheng YJ, Wu YJ, Lee FW, Ou LY, Chen CN, Chu YY, et al. Impact of Storage Condition on Chemical Composition and Antifungal Activity of Pomelo Extract against *Colletotrichum gloeosporioides* and Anthracnose in Post-harvest Mango. *Plants* [Internet]. 2022 Aug 1 [cited 2022 Dec 17];11(15):2064. Available from: <https://www.mdpi.com/2223-7747/11/15/2064/htm>
  79. Sheikh M, Mehnaz S, Sadiq MB. Prevalence of fungi in fresh tomatoes and their control by chitosan and sweet orange (*Citrus sinensis*) peel essential oil coating. *J Sci Food Agric* [Internet]. 2021 Dec 1 [cited 2022 Dec 17];101(15):6248–57. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33937995/>
  80. Negera M, Washe AP. Use of natural dietary spices for reclamation of food quality impairment by aflatoxin. *J Food Qual*. 2019;2019.
  81. Rodríguez-Guzmán CA, González-Estrada RR, Bautista-Baños S, Gutiérrez-Martínez P. Efecto del quitosano en el control de *Alternaria* sp. en plantas de jitomate en invernadero. *TIP Rev Espec en Ciencias Químico-Biológicas*. 2019;22:1–7.
  82. Meng D, Garba B, Ren Y, Yao M, Xia X, Li M, et al. Antifungal activity of chitosan against *Aspergillus ochraceus* and its possible mechanisms of action. *Int J Biol Macromol*. 2020 Sep 1;158:1063–70.
  83. Valencia A. Efecto Antimicrobiano Del Quitosano: Una Revisión De La Literatura Antimicrobial Effect of Chitosan: a Review. *Sci Agroaliment*. 2015;2:32–8.
  84. Kurniasih M, Purwati, Dewi RS. Toxicity tests, antioxidant activity, and antimicrobial activity of chitosan. *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*. 2018;349(1).
  85. Pashazadeh B, Hossein Elhami Rad A, Haj Najjari H, Shari'aei P. Examination of chitosan and extracted coating on qualitative, physicochemical and microbial properties of apple fruit during cold storage. *J Food Process Preserv* [Internet]. 2021 Dec 22 [cited 2022 Dec 17];13(4):23–42. Available from: [https://fppj.gau.ac.ir/article\\_5914.html](https://fppj.gau.ac.ir/article_5914.html)
  86. Villegas-Rascón RE, Plascencia-Jatomea M, Rosas-Burgos EC, López-Franco YL, Tánori-Córdova JC, López-Meneses AK, et al. Chitosan / essential oils biocomposites for suppressing the growth of *Aspergillus parasiticus*. *Int Food Res J*. 2020 Apr 1;27(2):316–26.
  87. Yu K, Xu J, Zhou L, Zou L, Liu W. Effect of Chitosan Coatings with *Cinnamon* Essential Oil on Postharvest Quality of Mangoes. *Foods* (Basel, Switzerland) [Internet]. 2021 Dec 1 [cited 2022 Dec 17];10(12). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34945553/>
  88. Li H, Shui Y, Li S, Xing Y, Xu Q, Li X, et al. Quality of fresh cut lemon during different temperature as affected by chitosan coating with clove oil. *Int J Food Prop* [Internet]. 2020 Jan 1 [cited 2022 Dec 17];23(1):1214–30. Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10942912.2020.1792924>
  89. Bento R, Pagán E, Berdejo D, de Carvalho RJ, García-Embid S, Maggi F, et al. Chitosan nanoemulsions of cold-pressed orange essential oil to preserve fruit juices. *Int J Food Microbiol* [Internet]. 2020 Oct 16 [cited 2022 Dec 17];331. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32659617/>
  90. Iftikhar A, Rehman A, Usman M, Ali A, Ahmad MM, Shehzad Q, et al. Influence of

- guar gum and chitosan enriched with lemon peel essential oil coatings on the quality of pears. *Food Sci Nutr* [Internet]. 2022 Jul 1 [cited 2022 Dec 17];10(7):2443–54. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/fsn3.2851>
91. Rodríguez DA, Montilla JO. Disminución de la marchitez causada por *Fusarium* en tomate con extracto de *Citrus paradisi*. *Manejo Integr Plagas* [Internet]. 2002;(63):5. Available from: <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/6062/A2100e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
  92. Malcolm P, Guzmán M. Actividad in vitro de ácidos grasos y fungicidas de origen vegetal sobre *Fusarium* sp. Y *Colletotrichum musae*, agentes causales de enfermedades poscosecha en banano (Musa AAA). *Corbana*. 2007;33(60):15–27.
  93. Silva-Cruz ME, Schwan-Estrada KRF, Balbi-Peña MI, Terumi A, Clemente E, Stangarlin JR. Control of apple postharvest blue mold by natural products. *Idesia*. 2015;33(2):57–63.
  94. Vivas JMS, Silveira SF, Mussi-Dias V, Santos PHD, Ramos GKS, Santos PR, et al. Sensitivity of hyperparasitic fungi to alternative products for use in the control of papaya black spot. *Brazilian J Biol* [Internet]. 2020 Feb 17 [cited 2022 Dec 17];81(1):27–36. Available from: <http://www.scielo.br/j/bjb/a/k5PrLgYwzBBXK3hfnmTDTLb/?lang=en>
  95. Salgado-Escobar I, Hernández-Rodríguez G, Suárez-López Y del C, Mancera-Ugarte MJ, Guerra-Ramírez D. Eficacia de métodos de desinfección y los efectos sobre las propiedades nutraceuticas en cilantro y fresa. *Rev Mex Ciencias Agrícolas* [Internet]. 2020 Mar 24 [cited 2022 Nov 22];11(2):327–37. Available from: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342020000200327&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342020000200327&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
  96. Barros DB de, Lima L de O e, Silva LA, Fonseca MC, Diniz-Neto H, Rocha WP da S, et al. Antifungal effect of  $\alpha$ -pinene alone and in association with antifungals against *Candida albicans* strains. *Res Soc Dev* [Internet]. 2022 Mar 27 [cited 2022 Dec 17];11(4):e58711427748–e58711427748. Available from: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/27748>
  97. Tuberoso CIG, Orrù CD. Phenolic compounds in food. *Prog Food Chem*. 2008 Dec 15;31(2):1–45.
  98. Espinosa-Trujillo E, Cosmocel SA. *Bioquímica y Genética de las Antocianinas del Grano de*. 2017.
  99. Rangel-Vargas E, Gutiérrez-Alcántara EJ, Gómez-Aldapa CA, Falfán-Cortés RN, Segovia-Cruz JA, Salas-Rangel LP, et al. Antibacterial activity of roselle calyx extracts, sodium hypochlorite, colloidal silver and acetic acid against multidrug-resistant *Salmonella serotypes* isolated from coriander. *J Food Saf* [Internet]. 2017 May 1 [cited 2022 Nov 14];37(2):e12320. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jfs.12320>
  100. Venat O, Iacomí B, Peticila AG. *In Vitro* studies of antifungal activity of colloidal silver against important plants pathogens. *Not Bot Horti Agrobot Cluj-Napoca*. 2018;46(2):533–7.
  101. Rodríguez EM del RC. Plata Coloidal: Xenobiótico, Antígeno y Disruptor Hormonal. *REB Rev Educ bioquímica* [Internet]. 2015 Mar 31 [cited 2022 Nov 14];34(1):1–14. Available from: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1665-19952015000100010](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-19952015000100010)
  102. Bosquez-Molina E, Colina Irezabal ML. *Procesamiento térmico de frutas y hortalizas*. 1°. Trillas, editor. México; 2010. 7,8.

103. Ochoa-Reyes E, Ornelas-Paz JDJ, Ruiz-Cruz S, Ibarra-Junquera V, Pérez-Martínez JD, Guevara-Arauz JC, et al. Tecnologías De Deshidratación Para La Preservación De Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Biotecnia*. 2013;15(2):39.
104. Elizabeth D, Secado O. Deshidratación Y Desechado De Frutas, Hortalizas Y Hongos Procedimientos hogareños y comerciales de pequeña escala [Internet]. INTA Ediciones ; 2014 [cited 2022 Nov 14]. Available from: [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_cartilla\\_secado.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_cartilla_secado.pdf)
105. Pereira AG, Becerá SM, Gómez AH, González LM, Valdes DF. Análisis comparativo de la cinética de deshidratación osmótica y por flujo de aire caliente de la piña (*Ananas Comosus*, variedad Cayena lisa ). *Rev Ciencias Tec Agropecu* [Internet]. 2013 [cited 2022 Nov 14];22(1):62–9. Available from: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93225708012>
106. Colina Irezabal ML. Deshidratación de alimentos. Trillas; 2010.
107. Stevenson M, Evans C, Forgie J, Huttinger L. Evaluating the Environmental Impacts of Packaging Fresh Tomatoes Using Life-Cycle Thinking & Assessment: A Sustainable Materials Management Demonstration Project [Internet]. Washington, DC, USA; 2010 [cited 2022 Nov 14]. Available from: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/P100DNJK.TXT?ZyActionD=ZyDocument&Client=EPA&Index=2006+Thru+2010&Docs=&Query=&Time=&EndTime=&SearchMethod=1&TocRestrict=n&Toc=&TocEntry=&QField=&QFieldYear=&QFieldMonth=&QFieldDay=&IntQFieldOp=0&ExtQFieldOp=0&XmlQuery=>
108. Solunke, R V. Development of Heat Processed Tomato Salsa and its Shelf-Life Extension Using HDPE and Retort Packaging. *Int J Food Ferment Technol* [Internet]. 2018 Jun 25 [cited 2022 Nov 14];8(1). Available from: [https://www.researchgate.net/publication/327982674\\_Development\\_of\\_Heat\\_Processed\\_Tomato\\_Salsa\\_and\\_its\\_Shelf-Life\\_Extension\\_Using\\_HDPE\\_and\\_Retort\\_Packaging](https://www.researchgate.net/publication/327982674_Development_of_Heat_Processed_Tomato_Salsa_and_its_Shelf-Life_Extension_Using_HDPE_and_Retort_Packaging)
109. Parnell TL, Suslow T V, Harris LJ. Tomatoes: Safe Methods to Store, Preserve, and Enjoy. *Tomatoes Safe Methods to Store, Preserv Enjoy*. 2004 Mar;
110. Oficial N. Norma oficial mexicana [Internet]. Bienes y servicios. Alimentos envasados en recipientes de cierre hermético y sometidos a tratamiento térmico. Disposiciones y especificaciones sanitarias. 1993 p. NOM-027-SSA1-1993. Available from: [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4901457&fecha=21/11/1997#gsc.tab=0](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4901457&fecha=21/11/1997#gsc.tab=0)
111. Sánchez Castañón MD. Deshidratado convencional por aire forzado de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) y zanahoria (*Daucus carota*), evaluación del efecto en las propiedades físicas y nutraceuticas [Internet]. Universidad Autónoma De Querétaro; 2015 [cited 2022 Nov 14]. Available from: <http://localhost:8080/xmlui/handle/123456789/2669>
112. Moreno Diana. Evaluación y estandarización de las condiciones del proceso de deshidratación de tomate [Internet]. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos; 2012 [cited 2022 Nov 14]. Available from: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/20294>
113. CAÑEDO V, AMES T. Manual de Laboratorio para el Manejo de Hongos Entomopatógenos. 2004. 1–62 p.
114. Barbedo J. Automatic Object Counting In Neubauer Chambers. 2013;
115. Ramos-García M, Bosquez-Molina E, Hernández-Romano J, Zavala-Padilla G, Terrés-Rojas E, Alía-Tejacal I, et al. Use of chitosan-based edible coatings in combination with other natural compounds, to control *Rhizopus stolonifer* and *Escherichia coli* DH5 $\alpha$  in fresh tomatoes. *Crop Prot*. 2012 Aug 1;38:1–6.

116. Guerrero-Rodríguez E, Solís Gaona S, Hernández-Castillo FD, Flores-Olivas A, Sandoval-López V, Jasso-Cantú D. Actividad biológica *in vitro* de extractos de *Flourensia cernua* D.C. en patógenos de postcosecha: *Alternaria alternata* ( Fr .: Fr .) Keissl ., *Colletotrichum gloeosporioides* ( Penz .) Penz . y Sacc . y *Penicillium digitatum* ( Pers .: Fr .) Sacc . Rev Mex Fitopatol. 2007;25(1):48–53.
117. Peñuelas-Rubio O, Arellano-Gil M, Vargas-Arispuro IC, Lares-Villa F, Cantú-Soto EU, Hernández-Rodríguez SE, et al. Bioactividad *in vitro* de extractos de gobernadora (*Larrea tridentata*) sobre la inhibición de hongos poscosecha: *Alternaria tenuissima*, *Aspergillus niger*, *Penicillium polonicum* y *Rhizopus oryzae*. Polibotánica [Internet]. 2015 [cited 2022 Dec 17];40(40):183–98. Available from: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-27682015000200012&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-27682015000200012&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
118. Hernández-Lauzardo AN, Hernández-Martínez M, Miguel Gerardo V del V. Actividad Antifúngica del Quitosano en el Control de *Rhizopus stolonifer* (Ehrenb.:Fr.) Vuill. y *Mucor* spp. Rev Mex Fitopatol. 2007;25(2):109–13.
119. Sanver D, Murray BS, Sadeghpour A, Rappolt M, Nelson AL. Experimental Modeling of Flavonoid-Biomembrane Interactions. Langmuir [Internet]. 2016 Dec 13 [cited 2022 Nov 23];32(49):13234–43. Available from: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.langmuir.6b02219>
120. Makarewicz M, Drożdż I, Tarko T, Duda-Chodak A. The interactions between polyphenols and microorganisms, especially gut microbiota. Antioxidants [Internet]. 2021 Jan 28 [cited 2022 Nov 23];10(2):1–70. Available from: <https://www.mdpi.com/2076-3921/10/2/188/htm>
121. Tian F, Woo SY, Lee SY, Park SB, Zheng Y, Chun HS. Antifungal Activity of Essential Oil and Plant-Derived Natural Compounds against *Aspergillus flavus*. Antibiot 2022, Vol 11, Page 1727 [Internet]. 2022 Dec 1 [cited 2023 Jun 4];11(12):1727. Available from: <https://www.mdpi.com/2079-6382/11/12/1727/htm>
122. Mori A, Nishino C, Enoki N, Tawata S. Antibacterial activity and mode of action of plant flavonoids against *Proteus vulgaris* and *Staphylococcus aureus*. Phytochemistry. 1987 Jan 1;26(8):2231–4.
123. Plaper A, Golob M, Hafner I, Oblak M, Šolmajer T, Jerala R. Characterization of quercetin binding site on DNA gyrase. Biochem Biophys Res Commun. 2003 Jun 27;306(2):530–6.
124. Ruíz-Alvarado C, Reyes-Pérez JJ, Hernández-Montiel, Luis Guillermo, Murillo B, Rueda E. Control of phytopathogenic microorganisms of post-harvest in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) with the use of citrus extract. J Plant Sci Phytopathol. 2018;2:037–43.
125. Wrather A, Sweets L, Bailey W, Claxton T, Sexten J, Carlson M. Aflatoxins in Corn. Univ Missouri Ext [Internet]. 2010;(g04155):1–4. Available from: <https://extension.missouri.edu/publications/g4155>
126. Bautista-Baños S, González-Soto R, Ramos-García ML. Physical properties of chitosan films with lemon essential oil added and their impact on the shelf life of tomatoes (*Lycopersicon esculentum* L.). Rev Mex Ing Quim [Internet]. 2018 Apr 14 [cited 2022 Nov 14];17(1):1–11. Available from: <http://rmiq.org/ojs311/index.php/rmiq/article/view/1>
127. Valenzuela J, Juárez F, Torres S, Angulo G, García M. Efecto del almacenamiento en atmósfera controlada sobre la calidad poscosecha y nutricional del tomate. Rev Chapingo, Ser Hortic. 2011;17(2):115–28.

LA SOCIEDAD MEXICANA DE FITOPATOLOGÍA A.C. EN EL

MARCO DEL



SOCIEDAD MEXICANA DE FITOPATOLOGÍA A.C.

**XXIX** CONGRESO INTERNACIONAL Y  
CONGRESO NACIONAL DE LA SOCIEDAD  
MEXICANA DE FITOPATOLOGÍA A.C.

OTORGA EL PRESENTE

**RECONOCIMIENTO**

**A LIZETTE SERRANO MOLINA**

Por su participación en el III Concurso Nacional de Fotografía 2022 de la Sociedad Mexicana de Fitopatología A.C. con el tema,

“La fitopatología contribuyendo con la salud y seguridad alimentaria del campo mexicano”, por sus fotografías tituladas:

“Crecimiento *Aspergillus flavus* en medio Czapek-Dox bajo el efecto del extracto de semillas de cítricos Citrocover”

“Daño ocasionado por *Fusarium oxysporum* en jitomate saladette”

“Efecto extracto de semillas de cítricos (Citrocover) en la producción de esporas de *Rhizopus stolonifer* en PDA”

Dra. Patricia Rivas Valencia

Presidencia

Sociedad Mexicana de Fitopatología A.C.  
2020-2022

M.A. Elanit Rubalcava Ávila  
Coordinadora del Concurso de Fotografía





SOCIEDAD MEXICANA DE FITOPATOLOGÍA A.C.

El Comité Organizador del

**XIII CONGRESO INTERNACIONAL Y  
LVIII CONGRESO NACIONAL DE LA SOCIEDAD  
MEXICANA DE FITOPATOLOGÍA A.C.**

Otorga la presente

*Constancia a:*

**LIZETTE SERRANO-MOLINA, MARGARITA RAMOS-GARCÍA, SILVIA  
BAUTISTA-BAÑOS**

Por su participación en la presentación del **e-Póster** titulado:

**Efecto de cubietas de quitosano adicionadas con aceite de limon/naranja y extracto de semilla de citricos comercial en la desinfección de frutos de jitomate contaminados con hongos fitopatógenos**



*Dra. Patricia Rivas Valencia*  
Presidencia  
Sociedad Mexicana de Fitopatología A.C.  
2020-2022

**10 al 12 NOVIEMBRE 2021**

**“La fitopatología contribuyendo con la salud y seguridad alimentaria del campo mexicano”**

El Comité Organizador del



SOCIEDAD MEXICANA DE FITOPATOLOGÍA A.C.

# XXIX CONGRESO INTERNACIONAL Y CONGRESO NACIONAL DE LA SOCIEDAD MEXICANA DE FITOPATOLOGÍA A.C.

Otorga la presente

## Constancia a:

**Lizette Serrano Molina,** Margarita de Lorena Ramos García, Ollin Celeste Martínez Ramírez y Silvia Bautista Baños.

Como **1er Lugar** en **PRESENTACIÓN ORAL** en la categoría de **Maestría**, con el trabajo titulado:

**“Evaluación *in vitro* de alternativas naturales en el control con hongos fitopatógenos que afectan al jitomate Saladette”.**

Dra. Patricia Rivas Valencia  
Presidencia  
Sociedad Mexicana de Fitopatología A.C.  
2020-2022

# 19 al 21 OCTUBRE 2022

“La fitopatología contribuyendo con la salud y seguridad alimentaria del campo mexicano”



LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

# Facultad de Nutrición

Otorga la presente

## CONSTANCIA

A LA

**I.A. Lizette Serrano Molina**

Por: su participación como ponente en el undécimo seminario de investigación 2022 con el tema: “ Efecto de derivados cítricos comerciales y cubiertas de quitosano en la desinfección y conservación de jitomates contaminados con hongos fitopatógenos”

Horas: 2

Sede: Facultad de Nutrición

Cuernavaca, Morelos. 14 de septiembre de 2022

Mtra. Jérica López Bucio Fabián

Directora Interina de la Facultad de Nutrición

*Por una humanidad culta*

*Una universidad de excelencia*



**UA  
EM**

RECTORÍA  
2017-2023

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

JESICA LOPEZ BUCIO FABIAN | Fecha:2022-09-20 15:45:08 | Firmante

Iglqir6MZvHRwIx7RMxPvht/qgcBMJ1b5Me2Jeb9xSfblQwilkEHUCEGhZ5jb3v+Q2A5FCPUyS3cRDRWYwwbYlbgDTUnYEBbg8zSWa01GkhyDhsVRo1iowKfX5kPhVJ3n8cliffZ+Z3S5FzwnNnKBueiD4O/II3d4vt4xft4KxdFMCH/tlYoVzZyErb0ZGwKyLpvPuxy8wvf9moNS4nMfkBKeoBXMvm/UD3DaCK5rb/WDDW2ruCjF2wH1ABIUzogcJcrVwyTbUnOqgssZzmlTfzYYsJfLoDD1pi4MRA7nc/wQBQpQogZQhaMwx/dxuWCqXs7gIKwYXhJFvzXppNHYA==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[ZojDwFLQx](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/THvibWOiKoMexNKlbrYk0O6kPt6QUZ7o>

El Comité Organizador del

**XXIX** CONGRESO INTERNACIONAL Y  
**XLIX** CONGRESO NACIONAL DE LA SOCIEDAD  
MEXICANA DE FITOPATOLOGÍA A.C.



SOCIEDAD MEXICANA DE FITOPATOLOGÍA A.C.

Otorga la presente

# Constancia a:

**LIZETTE SERRANO-MOLINA, MARGARITA RAMOS-GARCÍA, OLLIN MARTÍNEZ-RAMÍREZ, SILVIA BAUTISTA-BAÑOS**

Por su participación en la presentación de la Ponencia Oral titulado:

**Evaluación in vitro de alternativas naturales en el control con hongos fitopatógenos que afectan al jitomate saladatte.**

Dra. Patricia Rivas Valencia  
Presidencia  
Sociedad Mexicana de Fitopatología A.C.  
2020-2022

# 19 al 21 OCTUBRE 2022

“La fitopatología contribuyendo con la salud y seguridad alimentaria del campo mexicano”



# XXIV Congreso Internacional Inocuidad de Alimentos

XXXIX Reunión Nacional de Microbiología, Higiene y Toxicología de los Alimentos  
Edición Online 3, 4 y 5 de noviembre 2022



La Universidad de Guadalajara a través del  
Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías  
Otorga la presente



# CONSTANCIA

A: Serrano Molina L, Ramos García M. de L, Bautista Baños S.

**Por su participación como:**

**Autores del trabajo libre presentado en modalidad oral**

**"Evaluación de métodos naturales de desinfección sobre el control de aflatoxinas  
en frutos de jitomate saladette"**

**Dr. Marco Antonio Pérez Cisneros**  
Rector del Centro Universitario de Ciencias Exactas e  
Ingenierías

**Dr. Humberto Gutiérrez Pulido**  
Secretario Académico del Centro Universitario de  
Ciencias Exactas e Ingenierías

## Nivel educativo del congreso

- Disciplinar

## Forma de impartición del congreso

- Conferencias
- Trabajos libres
- Mesa redonda

## Duración en horas

- 20 horas

## Validación del XXIV Congreso Internacional Inocuidad de Alimentos

XXXIX Reunión Nacional de Microbiología, Higiene y Toxicología de los Alimentos  
Edición Online 3, 4 y 5 de noviembre 2022



## Contenido temático

- Uso de luz azul como nueva estrategia desinfectante de superficies
- Estrategias para detoxificar maíz y productos alimentarios con niveles altos de aflatoxinas y fumonisinas
- Epidemiología basada en aguas residuales: Una herramienta prometedora para detener la propagación de virus entéricos y respiratorios
- *Aeromonas* un patógeno emergente
- Herramientas de microbiología predictiva
- Importancia del microbioma y patobioma en la inocuidad y el procesamiento de alimentos
- *Chronobacter* un patógeno transmitido por alimentos
- Percepciones y realidades sobre la inocuidad de alimentos importados de Latinoamérica en los Estados Unidos de América
- Las enigmáticas acetogeninas del aguacate: Un viaje hacia la validación de la eficacia antimicrobiana e inocuidad
- Actividades de regulación y fomento sanitario en plantas purificadoras de agua y hielo en el municipio de Irapuato
- Inocuidad de alimentos de baja humedad
- Habilidades blandas en la inocuidad de alimentos

### Este documento quedó registrado en el libro de constancias y reconocimientos

Libro No. 04  
Foja 02  
Folio 3020



XXXVI  
CONGRESO NACIONAL  
AMMFEN

Trascendencia de la  
nutriología para la salud  
integral de la humanidad

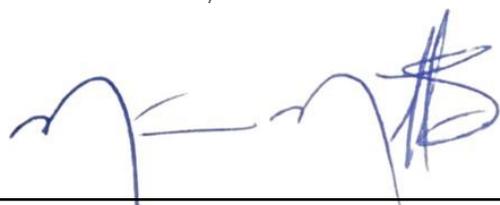
29 AL 31 MARZO 2023

OTORGA LA PRESENTE  
*Constancia*

Lizette Serrano Molina

por su participación en la Convocatoria de Trabajo de investigación en Cartel con el título “Evaluación de productos naturales derivados de cítricos y cubiertas de quitosano en el desarrollo de fumonisinas I *n vitro* y en jitomate Saladette deshidratado” dentro del XXXVI Congreso Nacional de la Asociación Mexicana de Miembros de Facultades y Escuelas de Nutrición, A.C. (AMMFEN)

Realizado del 29 al 31 de marzo de 2023, en la ciudad de Puerto Vallarta, Jalisco, México.



MTRA. MÓNICA MINUTTI SÁNCHEZ ALCOCER  
PRESIDENTA AMMFEN 2022-2024





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

FACULTAD DE NUTRICIÓN



## MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN.

### Voto Sinodal.

#### COMISIÓN ACADÉMICA DE LA MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN PRESENTE

Toda vez que el trabajo de Tesis realizado por el (la) C. **Lizette Serrano Molina**, estudiante de la Maestría en Ciencias de la Nutrición, con número de matrícula **10053480**, y que lleva por título “**Evaluación de productos comerciales y cubiertas de quitosano/aceites esenciales, en el desarrollo de hongos postcosecha *in vitro* y en jitomate Saladette**” ha sido revisado a satisfacción me permito en mi carácter como miembro de la Comisión Revisora comunicar lo siguiente:

- I. La tesis se aprueba, dado que reúne los requisitos para ser presentada y defendida ante el examen correspondiente.

Sin otro particular, agradezco la atención que sirva prestar a la presente.

A t e n t a m e n t e

Dra. Dolores Azucena Salazar Piña  
Sinodal

Firmo para lo que resulte conducente, en la ciudad de Cuernavaca Morelos, a los 12 días del mes de octubre de 2023.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

### Sello electrónico

**DOLORES AZUCENA SALAZAR PIÑA | Fecha:2023-10-13 13:35:08 | Firmante**

sZIR6+O1h7g3WW+zWF+PJFePBnuDEXIANTPCsBrExu2ZJACgU6V+MttXyQk1egqBw5MKWTmGCX8JcA1azaZLCJZ7QjIKyk8dfCsIIYT6GFA5kK3XQgzTFFChNcGmnFAkiTX  
K28c7HY3z6ypjo/RT52EXMI1J4qaiSr/HJDnJdhj3bBW5bVxwfbWbagAdFopLC4rom87yJAYPatf3ub7j6eyrvCT4By/77EclXrdz0jk5CfKY+J70w6F622giecJOAIbn1JBvvlIgUm6DY  
DNytkX7Y2//qOWsiMn5+zJwHUQKxjgnlnJ6SLH1eP2pYZ0OFqbbQyNDJ175NUEgHU2xyA==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o  
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[UvQO06HI8](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/0FDcNaGRMCUn5Pg19tcGfZsHpD1KeDhq>





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

FACULTAD DE NUTRICIÓN



## MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN.

### Voto Sinodal.

#### COMISIÓN ACADÉMICA DE LA MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN PRESENTE

Toda vez que el trabajo de Tesis realizado por el (la) C. **Lizette Serrano Molina**, estudiante de la Maestría en Ciencias de la Nutrición, con número de matrícula **10053480**, y que lleva por título “**Evaluación de productos comerciales y cubiertas de quitosano/aceites esenciales, en el desarrollo de hongos postcosecha *in vitro* y en jitomate Saladette**” ha sido revisado a satisfacción me permito en mi carácter como miembro de la Comisión Revisora comunicar lo siguiente:

- I. La tesis se aprueba, dado que reúne los requisitos para ser presentada y defendida ante el examen correspondiente.

Sin otro particular, agradezco la atención que sirva prestar a la presente.

A t e n t a m e n t e

Dra. Ollin Celeste Martínez Ramírez  
Sinodal

Firmo para lo que resulte conducente, en la ciudad de Cuernavaca Morelos, a los 09 días del mes de octubre de 2023.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

### Sello electrónico

**OLLIN CELESTE MARTINEZ RAMIREZ | Fecha:2023-10-12 13:33:00 | Firmante**

LuCjiwDtb9je7Ko38wFY6mgklr6o7zh8uGM6RpieaWV10HJNSRB8SwZ0Zmq2iv7gwayoZZGeRcEdxRYyc8WkfleutTjSAhOz2vdpHWyy8lrkBy+GpRifF1XR3n2G69IUTaop9sZCbz  
odqemneJ9esb3DTojjUyl9Zs2XJatCTWWCn1R9jJu91uvdzsppKygl7NMqjozni9oyLDHpQwx5hnrkyNHZPx3QbLmacopnyabl5J+0yZJsl1VsSxivw1v2YpwezOwRRsoWTyqsdPjr  
ihSsmfnehb54C4+Bxuu4hQEJp+ToCtBjn1V1vFHZ7r648VQBwtMG+m6BbX+Ik1wQ==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o  
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



**JO72eQRtl**

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/sGs6v4SI2tE4kommHKg3de7qgvJ6PAnr>





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

FACULTAD DE NUTRICIÓN



## MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN.

### Voto Sinodal.

#### COMISIÓN ACADÉMICA DE LA MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN PRESENTE

Toda vez que el trabajo de Tesis realizado por el (la) C. **Lizette Serrano Molina**, estudiante de la Maestría en Ciencias de la Nutrición, con número de matrícula **10053480**, y que lleva por título “**Evaluación de productos comerciales y cubiertas de quitosano/aceites esenciales, en el desarrollo de hongos postcosecha *in vitro* y en jitomate Saladette**” ha sido revisado a satisfacción me permito en mi carácter como miembro de la Comisión Revisora comunicar lo siguiente:

- I. La tesis se aprueba, dado que reúne los requisitos para ser presentada y defendida ante el examen correspondiente.

Sin otro particular, agradezco la atención que sirva prestar a la presente.

A t e n t a m e n t e

Dra. Margarita de Lorena Ramos García  
Sinodal

Firmo para lo que resulte conducente, en la ciudad de Cuernavaca Morelos, a los 10 días del mes de octubre de 2023.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

### Sello electrónico

**MARGARITA DE LORENA RAMOS GARCIA | Fecha:2023-10-16 11:50:54 | Firmante**

BoMZBgyCmWAuCG72F2vIKLUuSbCm7n8dxPW0OGBDT2Wpo0J932cCyDw+ZRbTThk1/jvZ9Ba+In+oH8jFU3DGFxUxWWZAZrXpk+c2IbcD4T6177/bjwIbs8jfmTeaOBhOzXjoS  
W1JnTklwUwPLW1pNwQ8+tJDFdhm3loYMhfl/TS/i1gbjWd7egH4xsUNvvisGARvwwbCf/HrI3lAr5Fh3o4Ebjel/1EnrsvJj1sn78YxxvmOdc/pjqUvrKKoPmOXfXx1vBMt1JLEcDMeqIm  
5eX8I8VpL6REG5pkm2QhNjIL+vVQHJZGInn8FDPSkRLiJqmFd3zRebPaOctlNyJ6VIA==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o  
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[T4VdvwuGF](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/JkXVZ49dLgGI5KdJeQ4fhOrxipsHewcx>





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

FACULTAD DE NUTRICIÓN



## MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN.

### Voto Sinodal.

#### COMISIÓN ACADÉMICA DE LA MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN PRESENTE

Toda vez que el trabajo de Tesis realizado por el (la) C. **Lizette Serrano Molina**, estudiante de la Maestría en Ciencias de la Nutrición, con número de matrícula **10053480**, y que lleva por título “**Evaluación de productos comerciales y cubiertas de quitosano/aceites esenciales, en el desarrollo de hongos postcosecha *in vitro* y en jitomate Saladette**” ha sido revisado a satisfacción me permito en mi carácter como miembro de la Comisión Revisora comunicar lo siguiente:

- I. La tesis se aprueba, dado que reúne los requisitos para ser presentada y defendida ante el examen correspondiente.

Sin otro particular, agradezco la atención que sirva prestar a la presente.

A t e n t a m e n t e

Dra. Silva Bautista Baños  
Sinodal

Firmo para lo que resulte conducente, en la ciudad de Cuernavaca Morelos, a los 7 días del mes de noviembre de 2023.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

### Sello electrónico

**SILVIA BAUTISTA BAÑOS** | Fecha:2023-11-08 07:24:50 | Firmante

SKsuYwtdNUdJ35n8VklKPRYWsb0pw4sae7mhAUPKOE0XRO117RUJ+nZFuZOkIQBdce9HPBMtquaPdga4bsg2og9J38HS5i7U8nP2Y7tyyIBULdRhGel88nqZKLpm4er75sD  
pFWvWAVHjhlL0uiMb/R4daMBbuvfzjzx2c7HX5t9giYo0GdkX0z1m2mlskG5zWZ7I9zcJPgcSZQz6jDAgDtQp6k3nvHCqamYDjxf/ZNotT20l+xRUHzLEtuflMfegkqy5vMPHiBy6UMk  
SoKBJwOnvBxo7gb+1s6XsYdmq1iYCFmMUO1iuhD4xcadaFgPKAKPthh7ZQ9i0mXmL1A==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o  
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[mrCoGVIBR](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/0Wpk16qXt0Sv1EQKEqRsOo1r5Rnmb5A>





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

FACULTAD DE NUTRICIÓN



## MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN.

### Voto Sinodal.

#### COMISIÓN ACADÉMICA DE LA MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN PRESENTE

Toda vez que el trabajo de Tesis realizado por el (la) C. **Lizette Serrano Molina**, estudiante de la Maestría en Ciencias de la Nutrición, con número de matrícula **10053480**, y que lleva por título “**Evaluación de productos comerciales y cubiertas de quitosano/aceites esenciales, en el desarrollo de hongos postcosecha *in vitro* y en jitomate Saladette**” ha sido revisado a satisfacción me permito en mi carácter como miembro de la Comisión Revisora comunicar lo siguiente:

- I. La tesis se aprueba, dado que reúne los requisitos para ser presentada y defendida ante el examen correspondiente.

Sin otro particular, agradezco la atención que sirva prestar a la presente.

A t e n t a m e n t e

Dra. María Alejandra Terrazas Meraz  
Sinodal

Firmo para lo que resulte conducente, en la ciudad de Cuernavaca Morelos, a los 10 días del mes de noviembre de 2023.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

### Sello electrónico

**MARIA ALEJANDRA TERRAZAS MERAZ | Fecha:2023-11-15 07:12:51 | Firmante**

ZBNOiL55mJ8M5G4dteyik8ENXWvFeJjoj9/1ai1gZBqsf6avDf9XFM4D2SgF9eAA4kh3YBJ44ZvVCuh1vgxB4Sb7RLiCSXg8a2y7uxQ8sc09ffyQp3vcn5EOeEzCuOLjY8a2IXZNM8MfdbAAumja4ITglX1Q8edVjN/+Tpt6uAo/nOnZjkcYZromlIFkxvEUUyaXPLqVZAjk4nxeyAoxYz4iaWn5mUUYBYF1HI33AUuRHpNtme7v+VDxwPWly16o9XXHPZZKFb6MAFPkQfXZ5AZaa2Ba3myKk923qn/wEpJE99oZztGVWMTiGuLk7XNqzDbwAEmZ2ouFgC61aZQ==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[DO2qSKGov](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/mzpjGaXlmsPi5Ax9keGH83WY3gbd3Cmv>

