



Universidad Autónoma de Querétaro

Facultad de Química

Efecto de un desinfectante para el control de la pudrición por el hongo *Rhizopus* spp. en pepino fresco.

Trabajo escrito

Que como parte de los requisitos para obtener el Diploma de
Especialidad en Inocuidad de los Alimentos

Presenta:

Lic. Gabriela Berenice Cabrera Barrón

Dirigido por:

Dra. Angélica Godínez Oviedo

Querétaro, Qro. a 13 de noviembre de 2023



Dirección General de Bibliotecas y Servicios Digitales
de Información



Efecto de un desinfectante para el control de la
pudrición por el hongo *Rhizopus* spp. en pepino
fresco.

por

Gabriela Berenice Cabrera Barrón

se distribuye bajo una [Licencia Creative Commons
Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional](#).

Clave RI: FQESN-317896



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Química
Especialidad en Inocuidad de los Alimentos

Efecto de un desinfectante para el control de pudrición por el hongo *Rhizopus* sp.
en pepinos frescos.

Trabajo escrito

Que como parte de los requisitos para obtener el Diploma de
Especialidad en Inocuidad de los Alimentos

Presenta:

Lic. Gabriela Berenice Cabrera Barrón

Dirigido por:

Dra. Angélica Godínez Oviedo

Dra. Angélica Godínez Oviedo

Presidente

Firma

M. en C. Manuel Alonzo Báez Sañudo

Secretario

Firma

Dr. Mauricio A. Redondo Solano

Vocal

Firma

Dra. Dalia Elizabeth Miranda Castilleja

Suplente

Firma

Dra. Montserrat Hernández Iturriaga

Suplente

Firma

Centro Universitario, Querétaro, Qro.

13 de noviembre de 2023

México

Declaro que los datos propios obtenidos en esta investigación fueron generados durante la ejecución de mi trabajo de tesis de manera ética y que incluí los detalles metodológicos necesarios para que los resultados de esta tesis sean reproducibles en investigaciones futuras.

Este manuscrito es un trabajo original en el cual se declaró y dio reconocimiento a cualquier colaboración o cita textual presentadas en el documento.

Gabriela Berenice Cabrera Barrón

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'GCB' or similar, written in a cursive style.

RESUMEN

La calidad del pepino 'persa' durante las etapas de postcosecha, distribución y comercialización se ve afectada por el desarrollo del hongo *Rhizopus* sp. causando altas pérdidas postcosecha con impacto económico que afectan a los agricultores mexicanos. En este estudio se analizó el desarrollo y la efectividad de un desinfectante orgánico llamado F1 para fines de investigación y comparado con dos de los principales desinfectantes sintéticos aplicados en la industria: ácido peracético e hipoclorito de sodio. Los resultados demostraron que el uso del desinfectante F1 logró reducir un 14% el crecimiento de *Rhizopus* sp. en comparación con los otros desinfectantes respecto al testigo. Este trabajo incluye los esfuerzos y financiamiento de una empresa exportadora de vegetales frescos del sector privado mencionada en este estudio como "Empresa X" así como la colaboración e investigación soporte del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo de Culiacán (CIAD).

Palabras clave: pepino 'persa', *Rhizopus* sp., desinfectante F1, empresa empaadora, enfermedades postcosecha.

ABSTRACT

The quality of Persian cucumbers during post-harvest handling, distribution at retailer level and commercialization is affected by the development of the fungus *Rhizopus* sp. causing high post-harvest losses with economic impact that affect Mexican growers and exporters. In this study we examined, for research purposes, the development and efficacy of an organic disinfectant F1 and we compared it with two of the principal synthetic disinfectants applied in the industry: peracetic acid and sodium hypochlorite. The results showed that the use of the F1 disinfectant was the best to reduce 14% of the growth of *Rhizopus* sp. compared to the other disinfectants and the control. This work includes the efforts and financing of a private sector fresh vegetable exporting company referred to as "Company X" as well as the collaboration and research support of the Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo de Culiacán (CIAD).

Keywords: persian cucumbers, *Rhizopus* sp, F1 disinfectants, packinghouse company, postharvest diseases.

DEDICATORIAS

Con todo mi corazón, esfuerzo y pasión, esta tesis va dedicada a mi familia.

A mis hijas Aishel y Sofia, por llenar de amor mis días y robarme una sonrisa cuando más lo necesito y quienes son mi motor de vida y superación.

A mi esposo, por sus palabras de aliento y motivación principalmente en los días difíciles, gracias por ser mi fortaleza y compañero de vida.

A mis padres, por el gran ejemplo de vida que me han dado y por brindarme su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, doy gracias a dios por permitirme estar en este hermoso camino de la vida que me ha llenado de grandes satisfacciones, aprendizajes y retos.

Gracias a la Dra. Angelica Godínez Oviedo y a la Dra. Sofia Arvizu Medrano por todo su tiempo y dedicación en este proyecto, gracias por su tiempo y conocimientos, mi agradecimiento y admiración por su trabajo, son excelentes profesoras de la especialidad en inocuidad de los alimentos.

Gracias al Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo de Culiacán (CIAD) y principalmente al M. en C. Manuel Alonzo Báez Sañudo quien me ha compartido su conocimiento sin límites.

Agradezco a la empresa que me ha forjado en esta carrera y que me ha permitido desarrollarme y conocer personas extraordinarias. Gracias Joselo, por ser una inspiración personal y profesional, lo admiro y respeto enormemente.

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
2.1 Pepino.....	3
2.2 Características generales	3
2.3 Producción de pepino en México.....	4
2.4 Manejo post cosecha de los vegetales.....	6
2.4.1 Principales problemas post cosecha de los vegetales	8
2.5 <i>Rhizopus spp.</i>	10
2.6 Compuestos que se han empleado para el control de <i>Rhizopus spp.</i>	11
2.6.1 Empleo de fungicida orgánico.....	11
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
4. OBJETIVOS.....	13
5. METODOLOGIA	14
5.1 MATERIALES	14
5.2 MÉTODOS.....	14
5.2.1 Preparación de la muestra de pepinos.....	14
5.2.2 Preparación del inóculo.	16
5.2.3 Inoculación de los pepinos.	16
5.2.4 Preparación de soluciones desinfectantes.....	17
5.2.5 Aplicación de tratamientos desinfectantes en pepinos persas.	19
5.2.6 Condiciones de empaqueo y almacenamiento.	20
5.2.7 Determinación de parámetros de calidad durante el almacenamiento	21
5.2.8 Análisis estadístico	25
6. RESULTADOS Y DISCUSIONES	26
6.1 Resultados preliminares ante los diferentes tratamientos desinfectantes contra <i>Rhizopus sp.</i> inoculado en pepino persa.....	26

6.2 Efecto de los desinfectantes en los tratamientos aplicados.....	27
6.3 Evaluación de parámetros de calidad pepino persa después de tratamiento	33
6.3.1 Peso.....	33
6.3.2 Firmeza	36
6.3.3 Color.....	37
6.3.4 pH.....	38
7. CONCLUSIONES.....	41
8. BIBLIOGRAFIA	42

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Producción total de pepino en México (SIAP, 2022)	5
Tabla 2. Producción para exportación de pepino en México (SIAP, 2022)	6
Tabla 3. Producción para exportación de pepino persa en México (SIAP, 2022)	6
Tabla 4. Especificaciones de tamaño y defectos de calidad permitidos en pepino persa.....	15
Tabla 5. Resultados preliminares de la evaluación de los diferentes tratamientos desinfectantes.....	26
Tabla 6. Resultados estadísticos de los tratamientos desinfectantes y materiales empleados	31
Tabla 7. Resultados estadísticos de pérdida de peso.....	34
Tabla 8. Resultados estadísticos de firmeza	36
Tabla 9. Resultados estadísticos de color (luminosidad, croma y ángulo de matriz)	37
Tabla 10. Resultados estadísticos del efecto de factores e interacciones sobre el pH, acidez y °Brix	38

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Selección y uniformización de pepinos persas.....	15
Figura 2. Preparación del inóculo de <i>Rhizopus</i> sp.	16
Figura 3. Inoculación de pepinos persas con <i>Rhizopus</i> sp.....	17
Figura 4. Apariencia de cada una de las soluciones desinfectantes	19
Figura 5. Empacado de muestras	20
Figura 6. Condiciones de almacenamiento	21
Figura 7. Medición de peso	22
Figura 8. Medición de firmeza	23
Figura 9. Medición de color	24
Figura 10. Preparación de muestra y medición de pH, acidez titulable y °Brix	25
Figura 11. Resultados de la evaluación de los diferentes tratamientos desinfectantes	30

INDICE DE GRAFICAS

Gráfica 1. Porcentaje de pudrición por Rhizopus sp. en pepino persa después de los tratamientos con emplaye no perforado.....	28
Gráfica 2. Porcentaje de pudrición por Rhizopus sp. en pepino persa después de los tratamientos con emplaye perforado.....	29
Gráfica 3. Desarrollo de hongo en función al desinfectante aplicado	32
Gráfica 4. Tratamientos desinfectantes aplicados en los diferentes materiales de empaque	33
Gráfica 5. Resultados estadísticos del promedio de pérdida de peso en los tipos de tratamiento	35
Gráfica 6. Resultados estadísticos del promedio de pérdida de peso en uso de materiales.....	35

1. INTRODUCCIÓN

La producción y exportación de vegetales frescos en nuestro país, tiene sus retos e implicaciones, México se ubica en el segundo lugar de exportación en vegetales frescos a los Estados Unidos de América con \$283.18 millones de dólares por alimentos exportados; de los cuales los vegetales frescos representan \$7,939,928,000 dólares (USDA, 2023).

A nivel mundial, el pepino se produce principalmente en España y Holanda, mientras que México se encuentra en el octavo lugar mundial. El estado de Sinaloa es el mayor productor del país, aunque también se produce en los estados de Michoacán, Morelos, Guanajuato, Jalisco, entre otros; el pepino se encuentra en el segundo lugar de exportaciones de México por vegetales frescos, seguido del tomate (BAYER, 2018).

Las enfermedades postcosecha llegan a causar pérdidas elevadas por los alimentos en descomposición a causa de microorganismos, normalmente hongos y/o bacterias, que aceleran el deterioro del alimento, en su mayoría los microorganismos oportunistas se hospedan cuando existe mallugadura, daño mecánico durante su cosecha, transporte o empaque. Se pueden desarrollar con mayor probabilidad cuando las temperaturas rebasan los 20°C (InfoAgro, 2019).

La pérdida y el desperdicio de los alimentos alcanza hasta un 14% mundial, durante producción, cosecha, empaque, distribución y almacenamiento en la cadena de suministro, esto es alarmante ya que la seguridad alimentaria no solo es garantizar que los alimentos no causen un riesgo al consumidor; sino también, asegurar que los alimentos lleguen a más consumidores y se disminuyan los desperdicios de estos (FAO, 2023).

En los últimos años se ha registrado un crecimiento considerable en la producción de hortalizas ligado a un crecimiento en las exportaciones, alcanzando un 96% de exportación de hortalizas a los Estados Unidos de América, liderando más del 50%

de la distribución a través de los principales supermercados del país: Wal-Mart, Kroger, Costco, entre otros (Macías, 2010).

Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar la efectividad de un desinfectante orgánico F1 para el control de hongo *Rhizopus* sp. en pepino 'persa', comparado con dos desinfectantes tradicionales utilizados en postcosecha para prolongar la vida útil del pepino.

2. ANTECEDENTES

2.1 Pepino

La planta de pepino tiene como nombre científico *Cucumis sativus* L. Esta planta pertenece a la familia de las cucurbitáceas, la cual comprende alrededor de 850 especies como es el caso de otras frutas como los melones, sandías y calabazas. El pepino es nativo de la India desde hace más de 3000 años (SADER, 2022).

La planta de pepino crece en forma de enredadera, con apoyo de guías de tutoreo para producción en invernadero, y en mallas o estacas para producción en campo abierto o malla sombras, los soportes permiten el desarrollo de la planta con vitalidad y vigor para soportar el peso de la planta y evitar que los frutos toquen el suelo, los frutos de la variedad persa pueden medir de 14 a 16 cm dependiendo del tipo de semilla utilizada, hoy en día las casa semilleras ofrecen una diversidad de tolerancias a condiciones climatológicas o fitosanitarias que permiten mantener una meta productiva (Koppert, 2023).

El pepino es la parte comestible de la planta y es un fruto prematuro de cascara suave, libre de espinas y de coloración verde claro a verde oscuro dependiendo su proceso de maduración. Además de ser una hortaliza de consumo, sus usos han incrementado por su importancia en la producción en nuestro país y los beneficios que se le atribuyen, entre ellos, la medicina natural y la farmacéutica (CONABIO, 2023), por su bajo aporte calórico y elevado contenido de vitaminas A, C y E así como minerales, es una de las hortaliza que se enlista en la dieta diaria de las personas, no solo en México sino en otros países como Estados Unidos de América ya que contiene más del 90% de agua (SADER, 2022).

2.2 Características generales

El pepino persa o mini pepino es una de las variedades pequeñas de los pepinos, aunque existen muchas otras, el pepino persa se come fresco y con cascara ya que es de textura suave, libre de espinas y fácil de digerir, tiene un sabor ligeramente

dulce, debido a su alto porcentaje de humedad alcanza entre 14 a 18 días de vida de anaquel, siempre y cuando se mantenga en almacenamiento entre 7 a 10 °C (FAO, 2023).

El pepino es cosechado 40 días posteriores al trasplante o 57 días en siembra directa y puede recolectarse todos los días durante 10 a 12 semanas incluso extenderse hasta 4 meses, los frutos llegan a pesar menos de 100g, con longitud de 14 a 18cm y un diámetro de 2.5 a 2.8cm (Zamora, 2017).

Los defectos de calidad principales del pepino es la pérdida de humedad y amarillamiento conforme se acerca a los 14 días, es un cultivo muy susceptible al etileno, por lo que su manejo post cosecha debe ser vigilado para no almacenarse o transportarse con otros cultivos que liberan etileno (FAO, 2023).

Con el propósito de ser productivos y mantener las características físicas en cumplimiento con los estándares de calidad, los productores de México se han inclinado en invertir en horticultura protegida por lo que principalmente se siembra y se cosecha el pepino en condiciones controladas de invernadero, este sistema incrementa su rendimiento, ya que disminuye el ingreso de plagas, se regulan las condiciones ambientales y por lo tanto directamente relacionadas se manifiestan menos enfermedades a la planta y el cultivo (Ortiz, Castillo, Mendoza, & Torres, 2009).

2.3 Producción de pepino en México

De acuerdo con el anuario estadístico de la producción Agrícola en 2022 se generó una producción total de 1,028,567.57 ton y un valor comercial promedio de \$7,873,913,000 pesos mexicanos (Tabla 1)., de los cuales se reporta exportación de 187,510.88 ton y un valor comercial de \$1,853,837,260 pesos (Tabla 2). Los estados de Sinaloa, Sonora, Baja California, Coahuila y Tamaulipas son los productores de pepino en todas sus variedades para la exportación (SIAP, 2022).

Tabla 1. Producción total de pepino en México (SIAP, 2022)

	Entidad	Superficie (ha)			Producción	Rendimiento (udm/ha)	PMR (\$/udm)	Valor Producción (miles de Pesos)
		Sembrada	Cosechada	Siniestrada				
1	Aguascalientes	96.04	96.04	0	5,947.56	61.93	2,441.65	14,521.85
2	Baja California	345.65	345.35	0.3	26,731.26	77.4	20,760.75	554,961.13
3	Baja California Sur	296.35	296.35	0	24,318.00	82.06	7,401.80	179,997.07
4	Campeche	35	35	0	357	10.2	8,092.43	2,889.00
5	Coahuila	275.5	275.5	0	28,784.90	104.48	9,448.06	271,961.33
6	Colima	699.3	699.3	0	27,262.73	38.99	5,778.58	157,539.95
7	Chiapas	38.8	38.8	0	881.54	22.72	4,519.59	3,984.20
8	Chihuahua	87.6	87.6	0	5,906.80	67.43	9,537.09	56,333.70
9	Durango	11.25	11.25	0	1,220.59	108.5	7,848.74	9,580.09
10	Guanajuato	1,374.15	1,374.15	0	62,998.47	45.85	10,255.84	646,102.43
11	Guerrero	163.1	163.1	0	3,184.51	19.52	4,964.29	15,808.83
12	Hidalgo	106.7	106.7	0	2,161.18	20.25	5,410.42	11,692.89
13	Jalisco	1,021.01	1,021.01	0	25,947.34	25.41	7,210.12	187,083.43
14	México	371.76	371.76	0	10,374.21	27.91	5,291.29	54,892.96
15	Michoacán	3,407.26	3,407.26	0	111,921.90	32.85	6,995.87	782,990.91
16	Morelos	1,673.00	1,673.00	0	63,075.40	37.7	5,907.90	372,643.10
17	Nayarit	311	311	0	5,006.31	16.1	5,245.15	26,258.86
18	Oaxaca	53.38	53.38	0	678.94	12.72	6,985.18	4,742.52
19	Puebla	412.47	412.47	0	10,368.76	25.14	6,558.20	68,000.37
20	Querétaro	24.02	24.02	0	6,453.39	268.67	14,285.91	92,192.55
21	Quintana Roo	106.01	106.01	0	6,976.24	65.81	19,583.65	136,620.27
22	San Luis Potosí	204.5	204.5	0	22,987.25	112.41	11,355.48	261,031.18
23	Sinaloa	3,874.97	3,874.97	0	308,487.33	79.61	6,666.44	2,056,511.97
24	Sonora	1,907.50	1,907.50	0	178,460.32	93.56	7,197.09	1,284,394.81
25	Tabasco	19	19	0	207.06	10.9	4,004.68	829.21
26	Tamaulipas	220	220	0	11,074.80	50.34	9,065.92	100,403.25
27	Veracruz	520.42	520.42	0	13,515.06	25.97	4,418.09	59,710.73
28	Yucatán	827.97	827.97	0	40,025.32	48.34	8,212.96	328,726.25
29	Zacatecas	284.34	284.34	0	23,253.40	81.78	5,655.48	131,509.16
Total		18,768.05	18,767.75	0.3	1,028,567.57	54.81	7,655.22	7,873,913.99

Tabla 2. Producción para exportación de pepino en México (SIAP, 2022)

Entidad	Superficie (ha)			Producción	Rendimiento (udm/ha)	PMR (\$/udm)	Valor Producción (miles de Pesos)	
	Sembrada	Cosechada	Siniestrada					
1	Baja California	214.65	214.35	0.30	17,606.26	82.14	20,165.00	355,046.13
2	Coahuila	130.00	130.00	0.00	12,350.00	95.00	11,290.09	139,432.61
3	Chihuahua	200.00	20.00	0.00	4,500.00	225.00	10,213.89	45,962.51
4	Guanajuato	5.38	5.38	0.00	533.70	99.20	23,338.13	10,140.30
5	Quintana Roo	20.00	20.00	0.00	5,500.00	275.00	7,549.84	128,359.72
6	Sinaloa	1,164.91	1,164.91	0.00	97,010.79	83.28	7,549.84	732,415.50
7	Sonora	333.00	333.00	0.00	38,935.33	116.92	8,785.78	342,077.25
8	Tamaulipas	220.00	220.00	0.00	11,074.80	50.34	9,065.92	100,403.25
Total		2,287.94	2,107.64	0.30	187,510.88	88.97	9,886.56	1,853,837.27

Mientras tanto; el pepino persa es una variedad que se siembra para exportación en Baja California, Sonora y Guanajuato, por lo que representa 9,999.96 ton sobre la producción bruta del país, y un valor comercial de \$174,294,430 de pesos mexicanos de acuerdo al reporte de producción agrícola (SIAP, 2022) (Tabla 3).

Tabla 3. Producción para exportación de pepino persa en México (SIAP, 2022)

Entidad	Superficie (ha)			Producción	Rendimiento (udm/ha)	PMR (\$/udm)	Valor Producción (miles de Pesos)	
	Sembrada	Cosechada	Siniestrada					
1	Baja California	92.15	91.85	0.30	7,561.26	82.32	19,987.76	151,132.63
2	Guanajuato	5.38	5.38	0.00	533.70	99.20	19,000.00	10,140.30
3	Sonora	20.00	20.00	0.00	1,905.00	95.25	6,835.43	13,021.50
Total		117.53	117.53	0.30	9,999.96	85.30	17,429.51	174,294.43

2.4 Manejo post cosecha de los vegetales

El manejo post cosecha de los vegetales, se refiere a los métodos aplicados en la manipulación del proceso después de que han sido cosechados los productos con la finalidad de mantener las características fisiológicas y las condiciones de calidad, así como la integridad inocua del alimento. Dentro de los métodos para un manejo

post cosecha adecuado, se destacan las buenas prácticas de manejo, limpieza, secado, selección, almacenamiento, cadena de frío, entre otros. (Siller, Báez, Sañudo, & Báez, 2002).

Los productos agrícolas son susceptibles al ataque de microorganismos. Generalmente las pérdidas postcosecha son causadas por bacterias y/u hongos; los géneros que se detectan son: *Alternaria*, *Botrytis*, *Diplodia*, *Monilinia*, *Penicillium*, *Colletotrichum*, *Phomopsis*, *Fusarium*, *Rhizopus* y *Mucor*. Estos microorganismos son oportunistas ya que se desarrollan cuando el fruto presenta daño o heridas causados por manipulación o durante la cosecha cuando el patógeno penetra la piel y permanece activo hasta que se desarrolla el síntoma. (Trigos, Ramírez, & Salinas, 2008). *Rhizopus* spp. es considerado uno de los principales fitopatógenos que provocan enfermedades post cosecha ya que es el agente causal de pudrición en las frutas y hortalizas. Entre sus características, se encuentra una formación de micelio aéreo carente de septos y la producción de esporangióforos que presentan en sus puntas esporangios esféricos donde se alojan las esporangiosporas (Velázquez, Bautista, Hernández, Guerra, & Amora, 2008).

Las mayores pérdidas se presentan por las pudriciones causadas por hongos oportunistas como es el *Rhizopus* spp. que invaden el alimento acelerando su descomposición, (Velázquez, Bautista, Hernández, Guerra, & Amora, 2008); durante varios años se han empleado compuestos químicos para controlar las pudriciones postcosecha causadas por este fitopatógeno, adicionalmente, se han valorado otras opciones como los cambios físicos en el medio ambiente como son las temperaturas bajas, así como el empleo de atmosferas modificadas (AM) y controles químicos, principalmente usando fungicidas.

La temperatura y humedad alta, también favorecen el deterioro de los alimentos, por lo que es recomendable enfriar los pepinos tan pronto se hayan cosechado (InfoAgro, 2019), se debe cuidar la exposición directa del aire frío ya que causa deshidratación en los frutos.

Los desinfectantes se han desarrollado como parte fundamental de los controles microbiológicos del proceso en la producción, fabricación o manipulación de alimentos, y se usan para eliminar o prevenir contaminación microbiana y así preservar los alimentos; por ejemplo, un agente biocida tiene la capacidad de matar un organismo celular como son los fungicidas, bactericidas, nematocidas, plaguicidas, entre otros. (Siller, Báez, Sañudo, & Báez, 2002).

Cabe mencionar que el mayor reto se interpone en la producción orgánica, pues en los últimos años han tenido crecimiento potencial en la industria por la demanda de los consumidores ya que se fomenta el cuidado de los recursos naturales, la biodiversidad así como de las prácticas naturales durante la fabricación o elaboración de los alimentos y por lo tanto la salud de quienes lo consumen debido al remplazo de métodos tradicionales como plaguicidas, fungicidas y fertilizantes químicos para la producción con insumos naturales (Soto, 2020)

2.4.1 Principales problemas post cosecha de los vegetales

Los problemas post cosecha se presentan principalmente en manos del hombre a falta de estandarización de procedimientos, ausencia de diseño sanitario, entrenamiento a trabajadores y desarrollo de habilidades, durante el transporte, manipulación, entre otros; ya que los microorganismos como hongos y bacterias aparecen en el alimento cuando presenta una herida durante los daños ocasionados en alguna de estas etapas de producción, países como México, pierden del 20 al 50% de alimentos por problemas post cosecha (InfoAgro, 2019).

Se han aplicado infinidad de técnicas para reducir la pérdida de frutos por manejo post cosecha como es la adaptación de embalajes, colocar almohadillas contra impacto, superficies limpias y libres de materiales que puedan causar un daño o herida, reducir la fricción entre un fruto y otro, rediseño de embalajes, entre otros. (Sargent n.d.).

Los bordes afilados, herramientas o estructuras con objetos expuestos como clavos y grapas pueden provocar heridas en el fruto, aunque también sucede por dejar caer las cajas de cosecha, sobrellenarlas, el mal acomodo de los frutos, causando mallugaduras (Casamali, Williamson, Kovaleski, Sargent, & Darnell, 2016), en pepino persa, la falta de filo en las herramientas de corte, ocasiona desgarre en el pedúnculo (InfoAgro, 2019).

2.4.3 Principales problemas del pepino persa en la post cosecha

El pepino persa, al ser un producto perecedero, está presente en las estadísticas de pérdidas de alimentos por contaminación de patógenos como ocurre con los hongos y bacterias. Las pudriciones postcosecha ocurren generalmente como resultado de un manejo brusco durante el proceso de comercialización y son causadas por una amplia gama de microorganismos, entre los más comunes se encuentra el moho gris *Botrytis cinerea* que es un patógeno capaz de afectar a los alimentos perecederos aun en temperaturas bajas (Kader & Rolle, 2004); así como el *Rhizopus sp* que es capaz de crecer rápidamente y donde las esporas de este hongo se encuentran en el aire y aumenta en lugares con alta humedad y materia orgánica. (Velázquez–del Valle, y otros, 2007).

2.4.4 Estrategias empleadas para evitar la pérdida de pepino por *Rhizopus spp.*

El principal fitopatógeno causante de pudriciones en frutas y hortalizas es el *Rhizopus sp*; estudios han demostrado que los compuestos sintéticos empleados en el control de este microorganismo, ocasionan resistencia en las cepas por eso se han estudiado alternativas naturales, entre ellos se nombran extractos vegetales, microorganismos antagonistas, controles físicos por ejemplo bajas temperaturas o tratamientos de calor, uso de atmosferas controladas (AC) , luz ultravioleta y el quitosano como control biológico. (Velázquez–del Valle, y otros, 2007).

En la agricultura desde años, se ha empleado el uso de plaguicidas durante su producción con el objetivo de controlar plagas y enfermedades en las plantas y por lo tanto evitar pérdidas económicas en los cultivos; sin embargo, esto se interpone en afectaciones al medio ambiente e incluso a la salud pública (Velázquez–del Valle, y otros, 2007). Para preservar la integridad no solo de consumidor sino de las personas asociadas a su producción y cosecha, se ha optado por agricultura sustentable como es la producción orgánica, aunque esto representa un incremento en los costos de producción y un menor rendimiento en comparación con los cultivos convencionales, se ha demostrado la eficiencia de controles químicos, sin embargo no se han encontrado estudios de productos orgánicos que puedan ser aplicados a frutas y/o vegetales para consumo fresco.

2.5 *Rhizopus spp.*

Se describe como hongo saprófito causante del deterioro de los alimentos, especialmente de los cultivos; lo que genera enormes pérdidas económicas post cosecha durante el almacenamiento y el transporte; puede prosperar en pan, frutas, verduras y productos lácteos, entre otros; es fundamental manipular y almacenar los alimentos adecuadamente para evitar su crecimiento, ya que puede desarrollarse en un amplio rango de temperaturas, desde 15 °C a 40 °C, y con una temperatura óptima de crecimiento de 30 °C. así como alta humedad para crecer y a un pH óptimo de 5.5 a 6.5. lo que coloca en riesgo a gran cantidad de alimentos.

2.5.1 Patogenia de *Rhizopus spp*

El género *Rhizopus spp.* son patógenos oportunistas que pueden causar una amplia gama de infecciones en humanos, particularmente en individuos con enfermedades del sistema inmunológico. Las infecciones causadas por *Rhizopus spp.* generalmente comienzan con la inhalación de esporas de hongos, lo que puede provocar una infección pulmonar. En pacientes inmunocomprometidos, el hongo puede propagarse a otros tejidos y órganos, causando una enfermedad invasiva. (Sourav, 2023).

2.6 Compuestos que se han empleado para el control de *Rhizopus spp.*

Se han probado diversos métodos químicos y fungicidas sintéticos aplicados para el tratamiento contra el hongo *Rhizopus*, los estudios muestran reducción de la pérdida de los alimentos por desarrollo del hongo en frutas y hortalizas logrando controlar desde el 59% hasta 90% dependiendo del tipo de alimento y la lista numerosa de químicos, en los que se mencionan: Dicloran, Iprodione, Fludioxonil y Tebuconazole. (Velázquez-del Valle, 2008). Por otra parte, es importante mencionar que se han empleado algunas soluciones químicas con el objetivo de explorar su potencial antifúngico. Se han probado en otros cultivos soluciones etanólicas a una temperatura de 40°C resultando el 50% de inhibición de la germinación de las esporas. Otros desinfectantes que se han empleado para el control de *Rhizopus sp* son ácido peracético (250 mgL⁻¹ durante 2 min) y dióxido de cloro (100 mg mL⁻¹ durante 30 min) (Velázquez-del Valle, 2008).

2.6.1 Empleo de fungicida orgánico

Hasta el momento hay poca información de fungicidas orgánicos empleados en frutas y hortalizas en Latinoamérica, y no se han observado resultados que permitan controlar la presencia de hongos de interés. En Argentina se probó en fruto del banano la eficiencia de fungicidas sintéticos y orgánicos sobre la pudrición de corona del fruto. En este estudio se encontró que los fungicidas sintéticos (Azoxystrobín y Tebuconazole + Carbendazím) permitieron controlar la pudrición respecto al testigo. Sin embargo, el fungicida orgánico no presentó resultados significativos (Scribano & Garcete, 2016).

La presente investigación, nos alienta a continuar realizando evaluaciones *in vitro* de desinfectante F1 que permita controlar la presencia de los hongos patógenos que causan pérdidas cuantiosas de alimentos en postcosecha.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la producción del pepino persa de la empresa empacadora X se ha presentado una situación anormal ya que a inicios del mes de junio de 2022 se comenzó a presentar el crecimiento de un hongo en el producto, manifestándose a los 4 a 6 días en post cosecha. Los pepinos contaminados fueron analizados para determinar el agente etiológico responsable y obtener un diagnóstico fitosanitario a través de laboratorio acreditado SA-1359-044/21-S1 confirmando con el informe de resultados PF-1664, la presencia de *Rhizopus* sp. (saprófito). La presencia de este patógeno es un problema grave ya que está causando pérdidas del 30% de la producción en pepinos persas y la empresa empacadora tiene una certificación sobre el manejo orgánico ante la National Organic Program – NOP, lo que les impide el empleo de productos fungicidas de origen sintético o proceso químico. Este trabajo de investigación se enfoca en la búsqueda de una solución ante el problema de la empresa empacadora X y se plantea evaluar diferentes tipos de desinfectantes que puedan ser utilizados en la producción agrícola con manejo orgánico, para asegurar la calidad e inocuidad al consumidor y a su vez reducir los desperdicios de este producto.

4. OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar la efectividad del desinfectante orgánico F1 para control de hongo *Rhizopus sp* en pepino persa y prolongar la vida útil del pepino.

Objetivos particulares

- Evaluar la actividad antifúngica del desinfectante orgánico F1 y comparar su efectividad contra dos desinfectantes sintéticos ante el hongo *Rhizopus sp.* inoculado en pepinos persas.
- Evaluar las características fisicoquímicas de los pepinos persas cuando son sometidos al desinfectante orgánico F1 y los desinfectantes sintéticos.

5. METODOLOGIA

5.1 MATERIALES

Se utilizaron frutos de pepino persa cosechados en uno de los campos vecinos en Culiacán, Sinaloa. Las muestras fueron recolectadas y trasladadas el mismo día a las instalaciones del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD) en condiciones inocuas aplicando las buenas prácticas para muestreo.

Se utilizo una cepa de *Rhizopus* sp., la cual se obtuvo previamente del aislamiento en frutos de pepino persa proveniente de la empresa empacadora en colaboración para esta investigación. El hongo fue aislado en el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD) en el laboratorio de Agricultura y Manejo Post cosecha con el liderazgo de M.C. Manuel Báez Sañudo, profesor investigador asociado C (IAC) y en colaboración con el M.C. Armando Carrillo Facio, profesor investigador titular A (ITA).

Se utilizo el compuesto generado por una especie de *Streptomyces* con espectro fungicida nombrado F1 para inhibir el crecimiento de esporas de *Rhizopus* sp.

Se utilizaron 3 tipos de charolas como material de empaque para simular el manejo comercial del producto terminado, solicitados por la empresa empacadora, las charolas fueron:

1. Charola negra desechable marca Reyma
2. Charola alargado color craft
3. Charola café compostable

5.2 MÉTODOS

5.2.1 Preparación de la muestra de pepinos

En la Figura 1 se muestra como los frutos fueron seleccionados y uniformizados en relación a tamaño y libre de defectos. Los parámetros de especificación son

obtenidos del manual de especificaciones de empaque de la empresa empacadora y están basadas en el estándar del Departamento de Agricultura de Estados Unidos, (USDA, por sus siglas en inglés) (Tabla 4).

Tabla 4. Especificaciones de tamaño y defectos de calidad permitidos en pepino persa

Especificación de tamaño y defectos de calidad		
Tamaño	Longitud	5-6"
	Diámetro	1" – 1 ½"
Defectos	Cicatriz	≤ ¼"
	Curvatura	≤ ¼"
	Área hundida	≤ ¼"
	Mal cierre	≤ ½"
	Pedúnculo	≤ ¼"



Figura 1. Selección y uniformización de pepinos persas

5.2.2 Preparación del inóculo.

Se tomaron porciones del hongo *Rhizopus* sp., que se desarrolló en el fruto naturalmente y se pasaron a un matraz con 100 ml de agua destilada esterilizada. A partir de esta suspensión se hizo cuantificación de esporas, con la ayuda de una Cámara Neubauer y se realizaron diluciones hasta obtener una concentración de 1×10^6 esporas/ mL de agua (Figura 2).



Figura 2. Preparación del inóculo de *Rhizopus* sp.

5.2.3 Inoculación de los pepinos.

En la parte apical de cada uno de los frutos con una aguja de disección se realizaron 5 perforaciones, para facilitar el desarrollo de la enfermedad. Posteriormente se preparó una solución de 9 L de agua destilada con la cepa para la obtención de 24,800,000 esporas de *Rhizopus* sp., y los pepinos se sumergieron durante 5 min para promover su infección (Figura 3). Al finalizar el tiempo, los pepinos persas fueron colocados sobre la mesa en una base de papel absorbente para retirar el exceso de solución.



Figura 3. Inoculación de pepinos persas con *Rhizopus* sp.

5.2.4 Preparación de soluciones desinfectantes

Se evaluaron cuatro tratamientos desinfectantes, de los cuales 2 desinfectantes son de origen sintético, uno de origen orgánico y un tratamiento de control que no recibió ninguna aplicación (testigo inoculado). Los tratamientos desinfectantes fueron los siguientes:

1. Testigo inoculado
2. Hipoclorito de sodio (Sani-Chlor 12%®) – 150 ppm
3. Ácido Peracético (Bioside® HS 15%) – 80 ppm
4. F1 – 100 ppm

Se evaluó la efectividad de cada desinfectante para inhibir el crecimiento de las esporas de *Rhizopus* sp. así como las condiciones fisicoquímicas de los pepinos persas, con la finalidad de verificar que estos no afecten sus características de apariencia o sabor y beneficie la vida de anaquel.

A continuación, se muestra la apariencia de la preparación de cada una de las soluciones desinfectantes (Figura 4):

1. Testigo inoculado (sin aplicación de desinfectante)

Este tratamiento es nuestro blanco y punto de comparación de infección ya que los pepinos persas fueron contaminados con el inóculo de *Rhizopus* sp y se espera una invasión del hongo en las condiciones de almacenamiento; esta muestra no será tratada con ningún desinfectante.

2. Hipoclorito de sodio (Sani-Chlor 12%®) – 150 ppm

Se prepara la solución desinfectante con hipoclorito de sodio al 12% de pureza y a una concentración de 150 ppm, usando la siguiente metodología:

$$ml \text{ de cloro} = \frac{(ppm \text{ deseados}) \times (\text{volumen de solución a preparar})}{(\% \text{ de concentración de cloro}) \times (\text{factor de dilución})}$$

$$ml \text{ de cloro} = \frac{(150 \text{ ppm}) \times (20,000 \text{ mL})}{(12\%) \times \left(\frac{10,000 \text{ ppm}}{\%}\right)}$$

$$ml \text{ de cloro} = 25mL$$

3. Ácido Peracético (Bioside® HS 15%) – 80 ppm

Se prepara la solución desinfectante con ácido peracético al 15% de pureza y a una concentración de 80 ppm usando la siguiente metodología:

$$ml \text{ de ácido peracético} = \frac{(ppm \text{ deseados}) \times (\text{volumen de solución a preparar})}{(\% \text{ de concentración}) \times (\text{factor de dilución})}$$

$$ml \text{ de ácido peracético} = \frac{(80 \text{ ppm}) \times (20,000 \text{ mL})}{(15\%) \times \left(\frac{10,000 \text{ ppm}}{\%}\right)}$$

$$ml \text{ de ácido peracético} = 10.66mL$$

4. F1 - 100 ppm

Se prepara la solución desinfectante con el producto en desarrollo F1 al 95% de pureza y a una concentración de 100 ppm usando la siguiente metodología:

$$ml\ de\ F1 = \frac{(ppm\ deseados) \times (volumen\ de\ solución\ a\ preparar)}{(\% \text{ de concentración}) \times (\text{factor de dilución})}$$

$$ml\ de\ F1 = \frac{(100\ ppm) \times (20,000\ mL)}{(95\%) \times \left(\frac{10,000\ ppm}{\%}\right)}$$

$$ml\ de\ F1 = 2.11mL$$

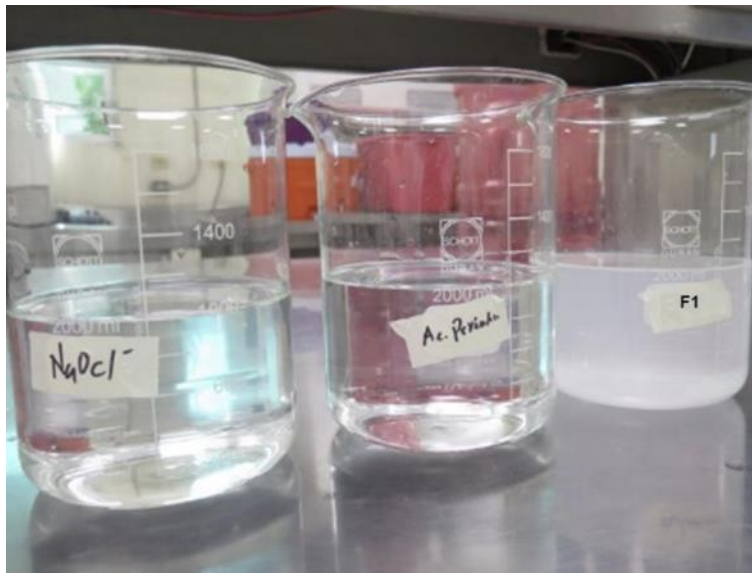


Figura 4. Apariencia de cada una de las soluciones desinfectantes

5.2.5 Aplicación de tratamientos desinfectantes en pepinos persas.

Después de la inoculación, el número de piezas de pepino para cada tratamiento se separaron en cuatro mesas de trabajo. Las soluciones desinfectantes previamente preparadas, se colocan en aspersores y se rociaron sobre los pepinos inoculados.

La aplicación del desinfectante cubrió completamente la superficie del pepino sin causar exceso de humedad. Se verificó que la partícula de aspersion fuera la más pequeña de la válvula de salida. El tratamiento se dejó un tiempo de contacto de 3 a 5 min con los pepinos.

5.2.6 Condiciones de empaqueo y almacenamiento.

Después de la aplicación de los tratamientos desinfectantes, todos los frutos se dejaron secar a temperatura ambiente del laboratorio y posteriormente se colocaron de 6 a 8 pepinos equivalentes a 1 libra en 3 los tipos de charola y emplayados con plástico perforado y sin perforar, quedando en total 24 tratamientos: 4 desinfectantes x 3 tipos de charola x 2 tipos de emplaye. Estas condiciones de empaque fueron seleccionadas por la empresa empacadora ya que son las presentaciones que requiere para venta al por menor en los supermercados de los Estados Unidos de América con la finalidad evaluar la efectividad de los tratamientos en las condiciones reales en los que se venden los pepinos persas (Figura 5).



Figura 5. Empacado de muestras

Cada uno de los tratamientos se evaluó a los 7, 14 y 21 días de almacenamiento en una cámara frigorífica programada a temperatura de 10°C y 90-95% HR (Figura 6)

con la finalidad de simular las condiciones de empaque, transporte y almacenamiento en el centro de distribución. El porcentaje de pudrición se determina con base a la prevalencia de hongo en las piezas de pepino, entre el número de pepinos totales de cada tratamiento por 100 (Ecuación 1), donde PH son el número de pepinos con hongo y PT el número de pepinos totales.

$$Pudrición(\%) = \frac{PH}{PT} * 100$$



Figura 6. Condiciones de almacenamiento

5.2.7 Determinación de parámetros de calidad durante el almacenamiento

Los pepinos persas en condiciones favorables se mantienen con una vida de anaquel de 16 a 18 días. La maduración del pepino se muestra tornando coloración de verde intenso a verde claro ligeramente amarillento. En comparación con un pepino sano, los pepinos que han sido inoculados con *Rhizopus* sp., se miden en los parámetros de calidad para monitorear la factibilidad del tratamiento no solo en la inhibición del hongo, sino también de sus características fisicoquímicas que mantienen en su vida de anaquel.

5.2.7.1 Peso

La balanza de laboratorio empleada en este ensayo fue una Mettler Toledo, cuenta con un sistema digital de precisión con un rango de lecturas mínimo de 320 g y un máximo de 12.200 g. Este procedimiento nos permite comparar las características físicas del pepino en comparación con el tratamiento aplicado y el tipo de envase. La medición del peso en las charolas al inicio y después de cada periodo de almacenamiento determinará el comportamiento de los materiales empleados (Figura 7).

$$\text{Pérdida de peso (\%)} = \frac{(\text{peso inicial} - \text{peso en cada evaluación})}{\text{peso inicial}} \times 100$$



Figura 7. Medición de peso

5.2.7.2 Firmeza

Para determinar la firmeza se empleó un textuómetro digital Ametek-Catillon que nos permita medir las magnitudes físicas del pepino en sus tiempos de almacenamiento y comparar sus propiedades de acuerdo a los tratamientos aplicados; este atributo nos permitirá determinar su vida de anaquel conforme a las características en cada tratamiento. Con esta técnica podemos mantener en

vigilancia la firmeza del pepino e identificar a partir de qué momento en que presenta riesgos de deshidratación. Se empleó la fuerza (lb) para penetrar el fruto 10 mm con un punzón de 8 mm de diámetro en 3 puntos longitudinales de cada fruto (Figura 8).



Figura 8. Medición de firmeza

5.2.7.3 Color

El color se midió mediante un espectrofotómetro portátil Konica Minolta CM-700d en lados opuestos de la parte ecuatorial de cada fruto. El color nos permite medir los cambios de coloración y su vida de anaquel (Figura 9).



Figura 9. Medición de color

5.2.7.4 pH, acidez titulable y °Brix

Para la determinación de las variables anteriores que influyen en el sabor, se preparó un extracto con 10 g de fruta homogenizada de cada uno de los frutos utilizados en la medición de firmeza de cada tratamiento y fecha de análisis, diluido con 50 ml de agua destilada en una licuadora comercial y posteriormente fueron filtrados a través de una tela de organza.

pH & ACIDEZ TITULABLE (% de ácido málico). Se colocan 50 ml del extracto obtenido en un titulador automático METTLER Toledo T50 equipado con un electrodo de cristal DGi 111-SC, previamente calibrado y se toma la lectura del equipo cada vez que se hace repetición se registra en la bitácora de resultados.

SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES (°Brix). Unas gotas del extracto fueron colocadas en un refractómetro METTLER Toledo mod. RM40 y se toma lectura después de cada muestra con previa calibración.



Figura 10. Preparación de muestra y medición de pH, acidez titulable y °Brix

5.2.8 Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para conocer el efecto de tipo de empaque, charola y tipos de desinfectantes sobre el desarrollo del hongo. En este estudio para evaluar la pudrición del hongo se contabiliza de acuerdo al número de pepinos afectados por charola, es decir, medimos prevalencia y no severidad; también se evalúan las características fisicoquímicas de los pepinos persas; las medias se compararon mediante la prueba de Tukey. Para contrastar la incidencia de daño al final del almacenamiento del producto que fue tratado con los diferentes desinfectantes, el análisis estadístico se realizó con el programa JMP.




6. RESULTADOS Y DISCUSIONES

6.1 Resultados preliminares ante los diferentes tratamientos desinfectantes contra *Rhizopus* sp. inoculado en pepino persa.

Los pepinos persa sobrantes de los tratamientos desinfectantes propuestos se emplearon para evaluar de forma acelerada el efecto de los desinfectantes en postcosecha contra *Rhizopus* sp. Estos pepinos fueron colocados en bolsas plásticas simulando una cámara húmeda a temperatura ambiente por 7 días. De forma general se observó que el desinfectante orgánico (F1) en comparación con los dos sintéticos tuvo un mejor efecto (Tabla 5).

Tabla 5. Resultados preliminares de la evaluación de los diferentes tratamientos desinfectantes

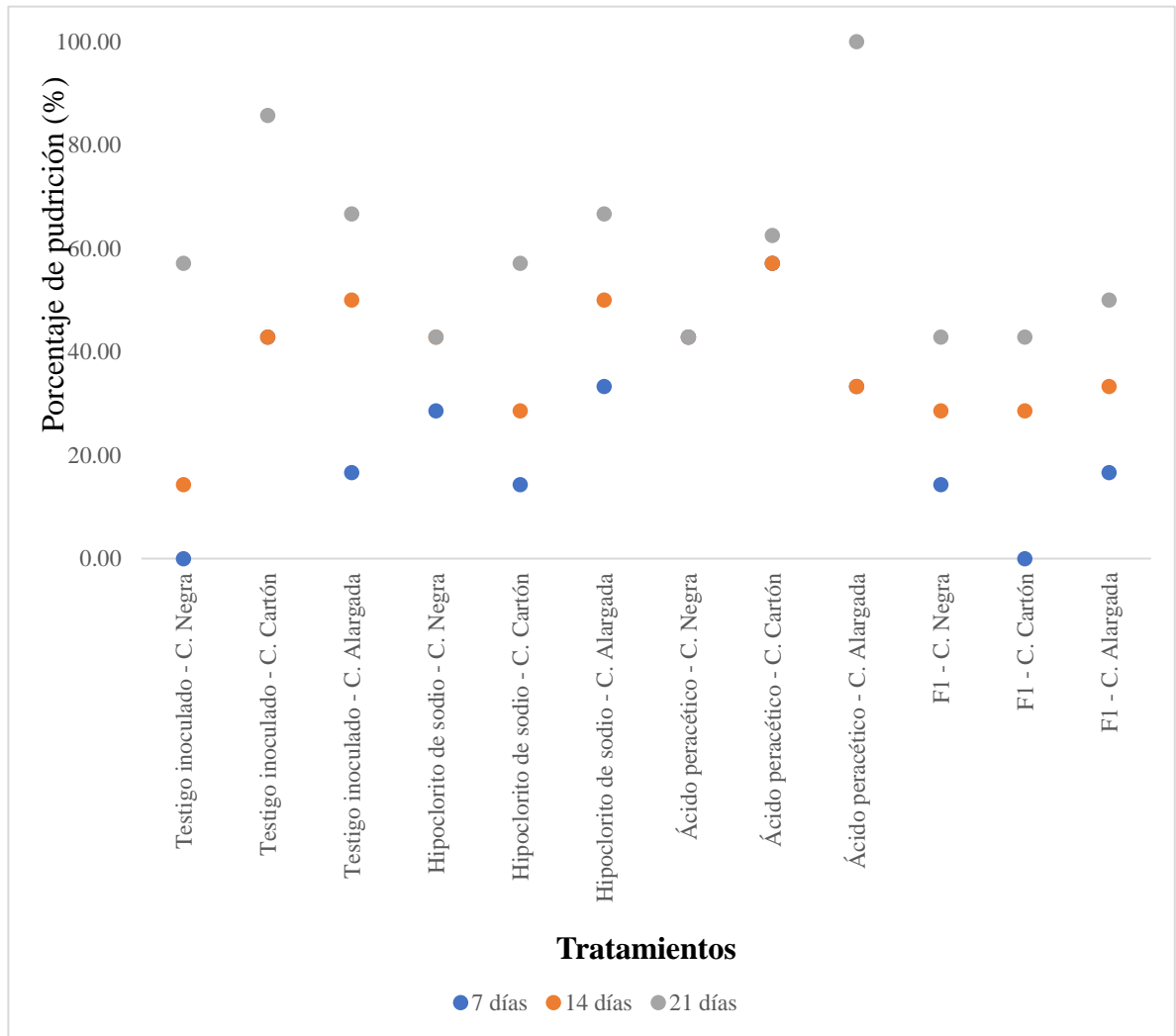
Tratamiento	Descripción
 A photograph showing several cucumbers packaged in clear plastic bags, arranged on a white surface. The cucumbers appear fresh and are ready for treatment.	<p>Pepinos embolsados día 0.</p> <p>El tratamiento preliminar nos permitió establecer una hipótesis de la eficiencia de cada uno de los desinfectantes aplicados ya que se dejaron a temperatura ambiente para acelerar el crecimiento del hongo.</p>
 A photograph showing cucumbers that have been inoculated with the fungus <i>Rhizopus</i> sp. The cucumbers are covered in a white, fuzzy growth, indicating mold development. A small white label with the word "INOCULADO" is visible at the bottom of the image.	<p>Pepinos inoculados y sin tratamiento. 7 días</p> <p>Se observó un desarrollo del hongo, con una descomposición acelerada de los pepinos; esto nos indica el nivel de afectación que los tratamientos desinfectantes deben controlar.</p>

	<p>Pepinos inoculados y cloro. 7 días</p> <p>Los pepinos tratados con hipoclorito de sodio a 150 ppm, muestran crecimiento de hongo y los micelios cubren la mayoría de los pepinos, aunque no se observaron inicios de pudrición.</p>
	<p>Pepinos inoculados y ácido peracético. 7 días</p> <p>Los pepinos tratados con el desinfectante ácido peracético a 80 ppm, se muestra con crecimiento del hongo en 3 de los pepinos donde su resultado impacta mínimamente la muestra. Este resultado nos permite anticipar que el desinfectante es favorable al tratamiento contra <i>Rhizopus</i> sp.</p>
	<p>Pepinos inoculados y F1. 7 días</p> <p>Los pepinos tratados con el desinfectante en desarrollo F1, muestran resultado prometedor en la primera fase, ya que se muestra nulo crecimiento del hongo.</p>

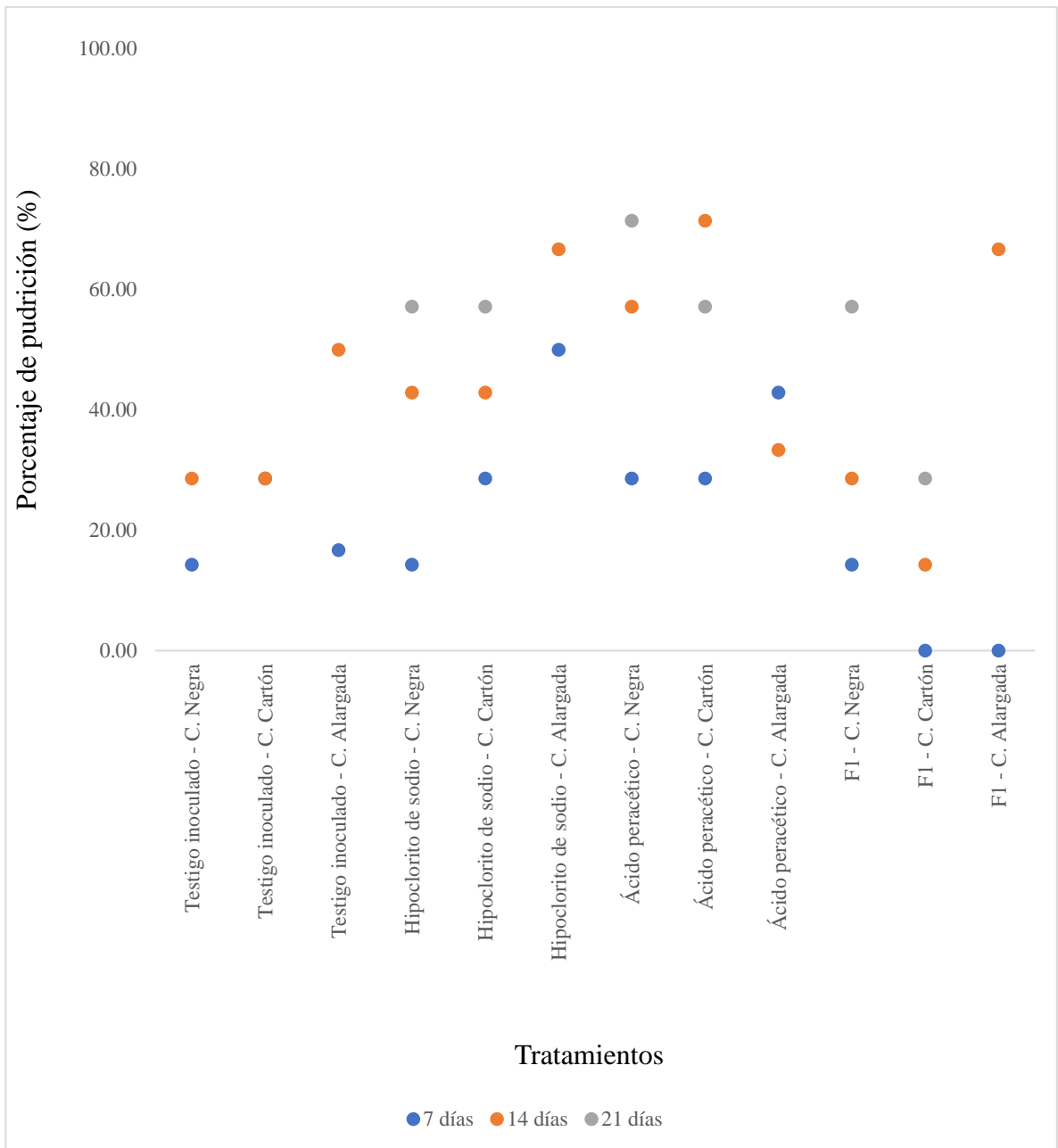
6.2 Efecto de los desinfectantes en los tratamientos aplicados.

Debido a la importancia y urgencia en atender el problema de las pudriciones de pepinos persa por *Rhizopus* sp. en la Empresa X, se realizó un estudio general y de tamiz para evaluar el efecto que tienen diferentes tratamientos (desinfectante-charola-emplaye) a través del tiempo sobre la vida de anaquel de este producto. La vida de anaquel deseada para el producto son un mínimo de 21 días. En la Gráfica 1 y Gráfica 2 podemos observar todos los tratamientos evaluados sobre la pudrición

por *Rhizopus* sp., encontrando que a mayor tiempo de almacenamiento (puntos grises) mayor pudrición generada por el hongo. El mejor tratamiento a los 21 días de almacenamiento a 10°C fue con el desinfectante orgánico F1 en charola de cartón con empaque perforado (Figura 11).



Gráfica 1. Porcentaje de pudrición por *Rhizopus* sp. en pepino persa después de los tratamientos con empaque no perforado



Gráfica 2. Porcentaje de pudrición por *Rhizopus* sp. en pepino persa después de los tratamientos con empaque perforado

Dada la urgencia del problema, algunos de los tratamientos, solo se evaluaron hasta los 14 días por falta de muestra.



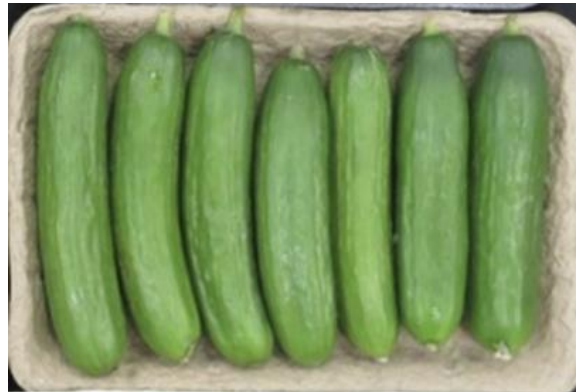
Inoculado – sin tratamiento



Hipoclorito de sodio - 150ppm



Acido peracético - 80ppm



F1 - 100ppm

Figura 11. Resultados de la evaluación de los diferentes tratamientos desinfectantes

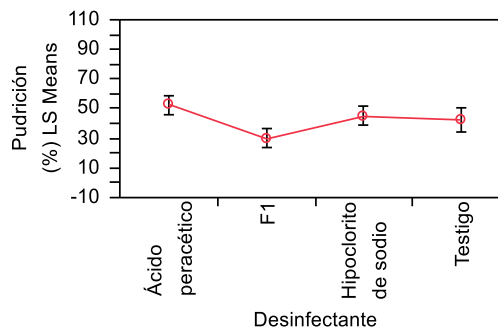
En la Tabla 6 se muestra los factores e interacciones que tuvieron un efecto significativo sobre el porcentaje de pudrición (%). El análisis estadístico mostró que hay un efecto del tratamiento desinfectante y tipo de charola.

Tabla 6. Resultados estadísticos de los tratamientos desinfectantes y materiales empleados

Factores e Interacción	Valor p Pudrición %
Condición de evaluación	<.0001*
Desinfectante	0.0001*
Charola	0.0095*
Emplaye	0.3485
Condición de evaluación*Desinfectante	0.4799
Condición de evaluación*Charola	0.5846
Condición de evaluación*Emplaye	0.3916
Desinfectante*Charola	0.0435*
Desinfectante*Emplaye	0.6985
Charola*Emplaye	0.2016

En el caso de los desinfectantes, de manera general se observó que la pudrición por el hongo fue mayor en el tratamiento con ácido peracético, que, en el testigo únicamente inoculado, resultado interesante ya que este comportamiento no se esperaba. En un estudio externo M22.32363-001/004 se evaluó *in vitro* el efecto de ácido peracético contra la cepa de *Rhizopus* sp. aislada de los pepinos persa, encontrando que la desinfección de estos con ácido peracético a 80 ppm representa incremento en el recuento de UFC/g de hongos. Estos resultados pueden deberse a que el hongo *Rhizopus* sp. necesita de un medio ácido para favorecer su crecimiento y es posible que las concentraciones a las que se analizó con referencia a las especificaciones establecidas en el plan HACCP de la empresa X, favorezcan el desarrollo de hongos en lugar de inhibirlo. La concentración está basada en las tolerancias del eCFR de los Estados Unidos para vegetales frescos listos para consumo. Mientras que los pepinos tratados con cloro a 150 ppm, tuvieron un crecimiento similar a los que no fueron tratados con desinfectante (Gráfica 3). Resultados similares a lo obtenido fue observado por Alfaro-Sifuentes et al. (2019),

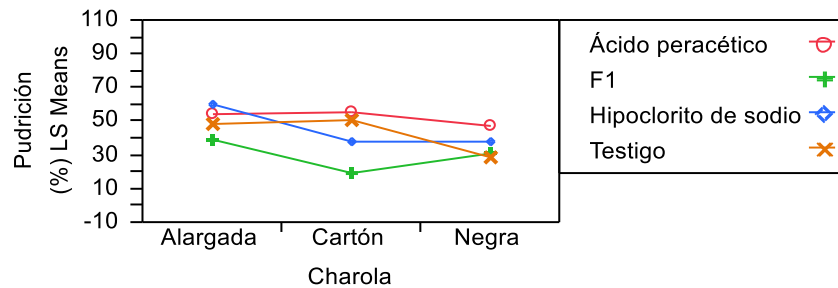
donde evaluaron la incidencia de *Rhizopus sotolonifer* en tomate después de diferentes tratamientos desinfectantes y comparándolos contra un control durante 3, 6 y 10 días, encontrando que la incidencia fue similar para todos los tratamientos en los primeros tres días. A los 6 y 10 días algunos tratamientos mostraron menores incidencias sobre el control sin embargo los tratamientos con peróxido de hidrogeno al 50%, y peróxido de hidrogeno 0.6% con ácido peracético 15% tuvieron el mismo comportamiento. El ácido peracético es un compuesto muy reactivo por lo cual tiende a descomponerse rápidamente, siendo su efecto residual mucho menor. En este mismo estudio se observó que el hipoclorito de sodio tenía un mejor efecto, al paso del tiempo, ya que en los primeros tres días la incidencia fue similar que el control. El efecto durante el paso del tiempo esta atribuido a su capacidad antimicrobiana residual.



Gráfica 3. Desarrollo de hongo en función al desinfectante aplicado

La interacción entre el desinfectante y el tipo de charola fue una de las interacciones significativas más importantes. En la Gráfica 4 podemos ver que cuando se aplica el desinfectante orgánico F1 y el hipoclorito de sodio a los pepinos que se almacenaron en charola de cartón, tienen una menor incidencia de pudrición en comparación con el ácido peracético y la muestra testigo. Esto puede deberse a que el cartón es permeable al etileno, mientras que la charola negra es de poliestireno, compuesto que es impermeable a este compuesto. El etileno favorece la maduración y el agrietamiento del producto y por lo tanto acelera la pudrición (Alfaro-Sifuentes et al. 2019). Actualmente la charola negra es la más usada en la

industria y se puede encontrar en la mayoría de vegetales en los supermercados, mientras que la charola de cartón es una innovación de la industria, ya que es un material compostable y que actualmente solo se encuentra en supermercados de valor agregado como es “Whole Foods Market”.



Gráfica 4. Tratamientos desinfectantes aplicados en los diferentes materiales de empaque

6.3 Evaluación de parámetros de calidad pepino persa después de tratamiento

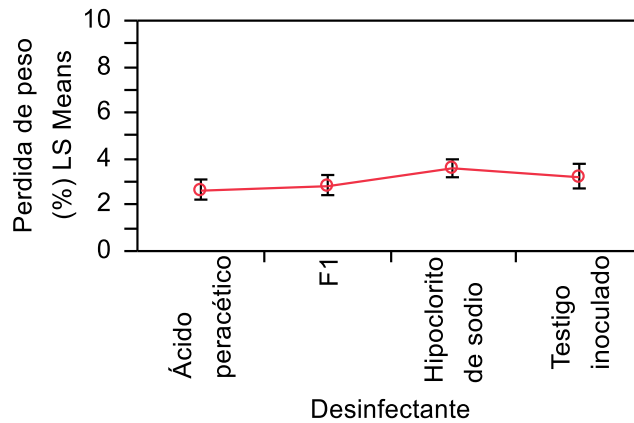
6.3.1 Peso

En la Tabla 7 se muestran los resultados del análisis de varianza de la pérdida de peso, encontrando que el tiempo de evaluación, desinfectante, el empaque y la interacción condición de evaluación y empaque, tuvieron un efecto estadísticamente significativo. De forma general se observó que la pérdida de peso incrementaba conforme al tiempo. Según los resultados (Fahad Al-Juhaimi *et al.*, 2012) Pérdida de peso significativa de los frutos de control aumentó con el tiempo de almacenamiento.

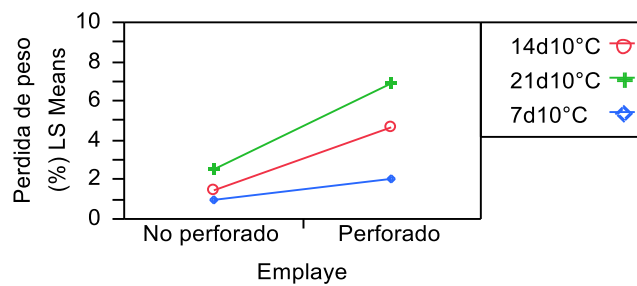
Tabla 7. Resultados estadísticos de pérdida de peso

Factores e interacciones	Valor p peso
Condiciones de evaluación	<.0001*
Desinfectante	0.0091*
Condiciones de evaluación*Desinfectante	0.3386
Charola	0.3779
Condiciones de evaluación*Charola	0.4339
Desinfectante*Charola	0.7687
Emplaye	<.0001*
Condiciones de evaluación*Emplaye	<.0001*
Desinfectante*Emplaye	0.0535
Charola*Emplaye	0.5774

En la Gráfica 5 se puede observar que el ácido peracético y el desinfectante F1 son los que influyen menos en la pérdida de peso en la media de los tratamientos. Se muestran los resultados extraídos del análisis de varianza donde se evalúa el factor de desinfectante, Mientras que el emplaye perforado es el que incrementa la pérdida de peso, siendo mayor esta a los 21 días en comparación con el no perforado. A través del tiempo no se observa incremento en la pérdida de peso con el emplaye no perforado.



Gráfica 5. Resultados estadísticos del promedio de pérdida de peso en los tipos de tratamiento



Gráfica 6. Resultados estadísticos del promedio de pérdida de peso en uso de materiales

La pérdida de peso, aumento significativamente en las muestras donde se utilizó empleye perforado, conforme los días de evaluación 7, 14 y 21., los resultados sugieren que el empleye no perforado mantiene la vida útil del pepino, disminuyendo la pérdida de peso en los materiales evaluados. Los resultados siguen la tendencia y discusión de Fahad Al-Juhaimi et al., (2012) en donde colocó un recubrimiento a los pepinos y redujo la pérdida de peso y firmeza significativamente ($p \leq 0.05$) con el tiempo de almacenamiento tanto a 10 como a 25°C. La aplicación de recubrimiento comestible de goma retrasó el ablandamiento del fruto del pepino durante 16 días de almacenamiento.

6.3.2 Firmeza

En el caso de la firmeza, no se observó diferencia estadística entre los diferentes factores, así como tampoco en las interacciones como se muestra (Tabla 8).

Tabla 8. Resultados estadísticos de firmeza

Factores e interacciones	Valor p firmeza
Condiciones de evaluación	0.7652
Desinfectante	0.8823
Charola	0.6783
Emplaye	0.1476
Condiciones de evaluación*Desinfectante	0.3141
Condiciones de evaluación*Charola	0.2828
Condiciones de evaluación*Emplaye	0.4047
Desinfectante*Charola	0.5189
Desinfectante*Emplaye	0.3928
Charola*Emplaye	0.5853

La firmeza de la fruta disminuyó significativamente durante el tiempo de almacenamiento, confirmando la investigación durante la conservación de calidad y prolongación de vida útil de los pepinos (Preetinder Kaur, Kumar, Kaur, Kumar, & Sanhdu, 2021).

En otros estudios se han aplicado tratamientos de silicato de potasio y nanopartículas de óxido de silicio en aplicación foliar a plantas de pepino como elemento promotor de la fruta donde se estimuló la firmeza de los pepinos reduciendo la pérdida de humedad, donde se demostró, los cambios fisiológicos de los frutos de pepino mejoró la vida útil con efectos positivos (González-Gacia, Cadenas-Pliego, Benavides-Mendoza, & Cabrera-De la Fuente, 2022), por lo tanto el uso de emplaye no perforado está de acuerdo a los hallazgos presentando

resultados similares a las películas utilizadas como polímeros para la protección de alimentos para mejorar la integridad, calidad y vida útil. (Kumar, Ghoshal, & Goyal, 2020).

6.3.3 Color

El color se compone de 3 variables: cromaticidad, luminosidad y ángulo de matiz (°Hue) o tono. En la Tabla 9 se observan los factores e interacciones que tuvieron efecto en estos tres parámetros. Los factores condición de evaluación y empaque tuvieron efecto en los tres parámetros.

Tabla 9. Resultados estadísticos de color (luminosidad, croma y ángulo de matriz)

Factores e interacciones	Valor p	Valor p	Valor p
	L	Croma	Hue
Condiciones de evaluación	<.0001*	<.0001*	<.0001*
Desinfectante	0.1386	0.2038	0.0308*
Charola	0.056	0.6458	0.4829
Empaque	0.0463*	0.0064*	0.0135*
Condiciones de evaluación*Desinfectante	0.5608	0.0616	0.1484
Condiciones de evaluación*Charola	0.8006	0.8405	0.7793
Condiciones de evaluación*Empaque	0.9453	0.4068	0.3151
Desinfectante*Charola	0.3472	0.1316	0.1074
Desinfectante*Empaque	0.7016	0.6512	0.6244
Charola*Empaque	0.4573	0.358	0.0882

Durante el envejecimiento del pepino, el ángulo de matiz (°Hue) del color de cáscara disminuye hasta alcanzar el color amarillo asociado con senescencia, lo que está asociado altamente al tiempo de almacenamiento. Valores más bajos de °Hue significa frutos con cáscara menos verde. Sobre el valor de Hue el tratamiento desinfectante tuvo un efecto significativo siendo el tratamiento únicamente inoculado el que tenía un menor valor ($111.6 \pm y$ y el tratamiento con hipoclorito que

tenía los valores más altos (112.0 ± 0.3). A pesar de las diferencias estadísticas en la industria estas diferencias son casi imperceptibles.

La cromaticidad es la intensidad del color y valores más altos indican frutos con coloraciones más intensas o puras (menos grisáceas). Valores más altos de croma significa frutos con color de cáscara más intenso o saturado, aunque a veces es imperceptible a la vista. Mientras que la luminosidad, muestra valores de 0 a 100 en una escala vertical, donde valores altos indican frutos con coloración más luminosa o clara, y valores bajos cercanos a 0 son colores oscuros. Valores bajos de luminosidad (L) significa frutos menos luminosos o menos claros, aunque a veces es imperceptible a la vista. En general a mayor tiempo de almacenamiento el valor de Hue es menor y el valor Croma y L mayor.

6.3.4 pH

El pH tiene una estrecha relación entre la maduración del fruto, a mayor vida de anaquel mayor acidez presenta, mientras que los tratamientos de F1 destacan manteniendo el pH inicial del fruto. En la tabla 10 se muestran los factores e interacciones que tuvieron efecto sobre el pH, acidez y grados Brix.

El pH tuvo un efecto significativo sobre el tratamiento desinfectante en función al tipo de charola, mientras que la ácidos y los grados Brix no muestran interacción en relación al tiempo.

Tabla 10. Resultados estadísticos del efecto de factores e interacciones sobre el pH, acidez y °Brix

Factores e interacciones	Valor p pH	Valor p Acidez	Valor p °Brix
Condiciones de evaluación	<.0001*	<.0001*	<.0001*

Desinfectante	<.0001*	0.0003*	0.3607
Charola	0.0012*	0.0090*	0.5307
Emplaye	0.1277	0.0951	0.7272
Condiciones de evaluación*Desinfectante	<.0001*	0.0245*	0.0346*
Condiciones de evaluación*Charola	0.0485*	0.0948	0.6289
Condiciones de evaluación*Emplaye	0.6883	0.5958	0.417
Desinfectante*Charola	0.0110*	0.1172	0.6037
Desinfectante*Emplaye	0.2079	0.8793	0.1426
Charola*Emplaye	0.939	0.4238	0.1316

A medida que los pepinos envejecen, el porcentaje de °Brix disminuye; se puede argumentar que existe una relación con el aumento del pH, teniendo en cuenta que cuando esto ocurre cuando los ácidos orgánicos se transforman en azúcares durante todo el proceso de maduración, debido a que son fuente de energía para frutas y verduras; y son utilizados en el proceso respiratorio o transformados en azúcares durante la maduración (Rodríguez-Borbón & al, 2023) .

El efecto del desinfectante F1 fue superior al hipoclorito de sodio un 34% a los 7 días para el control de la pudrición por el hongo *Rhizopus* sp en pepino fresco; mientras que los resultados son opuestos con los reportados por Álvaro *et al* (2009) de la evaluación realizada en verduras crudas para ensaladas como son tomate, pimiento y pepino donde compararon el ácido peracético con el hipoclorito de sodio como desinfectante de las hortalizas en el periodo postcosecha, en el estudio, se confirma que el ácido peracético muestra mejor rendimiento de desinfección comparado con el hipoclorito de sodio sin afectar las características organolépticas de la fruta a partir del día 5 hasta el 25 postcosecha y con mayor semejanza al experimento 2 donde las muestras de tomates, pimientos y pepinos fueron inoculadas con *Rhizopues stolonifer* y se aplicaron tratamientos desinfectantes; tratamiento 1 con ácido peracético a 500 ppm, tratamiento 2 Tsunami® 100,

compuesta por peróxido de hidrógenos y ácido acético, tratamiento 3 Hipoclorito de sodio 500 ppm y tratamiento 4 agua esterilizada. (Álvaro, Moreno, & Diane, 2009).

7. CONCLUSIONES

El desinfectante F1 demuestra efectividad para el control de *Rhizopus* sp., en pepinos persa y permite mantener las características de calidad en producto terminado hasta 21 días después de su aplicación, sin afectar significativamente en pérdida de peso, firmeza, color ni pH.

Al finalizar los periodos de evaluación, los pepinos con tratamientos desinfectantes con ácido peracético e hipoclorito de sodio se mostraron con defectos significativos a la etapa de maduración y descomposición; mientras que la muestra testigo que fue inoculada y sin tratamiento desinfectante, se mostró con cambios fisiológicos menores.

La aplicación del desinfectante F1 tuvo una influencia positiva sobre la reducción de desarrollo de hongo *Rhizopus* sp. en la etapa de almacenamiento. El uso y aplicación de F1 a escala de producción realizado en la empresa empacadora, ha disminuido el 95% de sus pérdidas post cosecha derivados de rechazos o destrucciones por desarrollo de hongo.

8. BIBLIOGRAFIA

- Alfaro-Sifuentes, L., Juan, M., Troncoso-Rojas, R., Meca, D. E., Elorrieta, M. A., & Valenzuela, J. L. (2019). Effectiveness of chemical and thermal treatments on control *Rhizopus stolonifer* fruit infection comparing tomato cultivars with different sensitivities to cracking. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(15), 2754.
- Sourav. (2023, agosto). Retrieved from Microbiology Note:
<https://microbiologynote.com/es/rhizopus-spp-estructura-ciclo-de-vida-h%C3%A1bitat-patogenia/>
- Álvaro, J. E., Moreno, S., & Dianez, F. (2009, november). ResearchGate. Retrieved from Effects of peracetic acid disinfectant on the postharvest of some fresh vegetables:
https://www.researchgate.net/publication/222002590_Effects_of_peracetic_acid_disinfectant_on_the_postharvest_of_some_fresh_vegetables
- BAYER. (2018, abril 4). Vegetables México. Retrieved from Producción y exportación del pepino cultivado en México:
<https://www.vegetables.bayer.com/mx/es-mx/recursos/noticias/produccion-y-exportacion-del-pepino-cultivado-en-mexico.html>
- Casamali, B., Williamson, J., Kovaleski, A., Sargent, S., & Darnell, R. (2016). University of Florida Horticultural Sciences. Retrieved from Mechanical Harvesting and:
<https://hos.ifas.ufl.edu/media/hosifasufledu/documents/pdf/in-service-training/shared-related-publications/Mechanical-Harvesting-and-Postharvest-Storage.pdf>
- CONABIO. (2023, septiembre). Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad. Retrieved from Comportamiento de la especie - Pepino:
http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/bioseguridad/pdf/21650_sg7.pdf
- FAO. (2023). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Retrieved from Portal de apoyo a las políticas y la gobernanza:
<https://www.fao.org/policy-support/policy-themes/food-loss-food-waste/es/>
- FAO. (2023, septiembre). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Retrieved from ASPECTOS ECONÓMICOS DE LAS PÉRDIDAS POST-COSECHA:
<https://www.fao.org/3/AC301S/ac301s05.htm>
- González-Gacia, Y., Cadenas-Pliego, G., Benavides-Mendoza, A., & Cabrera-De la Fuente, M. (2022). Application of two forms of silicon and their impact on the

- postharvest and the content of bioactive compounds in cucumber (*Cucumis sativus* L.) fruits. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/361971697_Application_of_two_forms_of_silicon_and_their_impact_on_the_postharvest_and_the_content_of_bioactive_compounds_in_cucumber_Cucumis_sativus_L_fruits
- InfoAgro. (2019, diciembre 18). Deterioro de drutas y hortalizas en post cosecha. Retrieved from <https://mexico.infoagro.com/deterioro-de-frutas-y-hortalizas-en-post-cosecha/>
- Koppert. (2023). Koppert México. Retrieved from Hortalizas de cultivo protegido: <https://www.koppert.mx/cultivos/hortalizas-de-cultivo-protegido/pepino/>
- Kumar, R., Ghoshal, G. G., & Goyal, M. (2020, August). ResearchGate. Retrieved from Biodegradable composite films/coatings of modified corn starch/gelatin for shelf life improvement of cucumber: https://www.researchgate.net/publication/343483606_Biodegradable_composite_filmscoatings_of_modified_corn_starchgelatin_for_shelf_life_improvement_of_cucumber
- Lifeder. (2020, diciembre 18). Lifeder. Retrieved from Rhizopus stolonifer: características, morfología y ciclo vital.: <https://www.lifeder.com/rhizopus-stolonifer/>
- Macías, A. M. (2010, Julio). SciELO. Retrieved from Competitividad de México en el mercado de Frutas y Hortalizas de los Estados Unidos de América: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-03542010000200003
- Neves-da-Cruz, J., & al, e. (2022, August). ResearchGate. Retrieved from Comparative analysis of the antimicrobial activity of peracetic acid and sodium hypochlorite in the fight against *Staphylococcus aureus*: https://www.researchgate.net/publication/363036031_Comparative_analysis_of_the_antimicrobial_activity_of_peracetic_acid_and_sodium_hypochlorite_in_the_fight_against_Staphylococcus_aureus
- Ortiz, J., Castillo, F. S., Mendoza, M. d., & Torres, A. (2009, octubre 05). SciELO. Retrieved from Características deseables de plantas de pepino crecidas en invernadero e hidroponía en altas densidades de población: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802009000400007
- Preetinder Kaur, K. D., Kumar, N., Kaur, A., Kumar, M., & Sanhdu, K. (2021, May 17). Research article. Retrieved from DBT, India, Grant/Award Numbers: BT/IN/Innovate-UK /37/JBS/2016-17, BT/IN/Innovate-UK/37/JBS/2016-17

- Rodríguez-Borbón, & al, e. (2023, february). ResearchGate. Retrieved from Shelf-life Assessment on European Cucumber Based on Accelerated Temperature–Humidity Stresses.
- SADER. (2022, marzo 16). Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Retrieved from De la familia de las cucurbitáceas, el pepino es el consentido: <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/de-la-familia-de-las-cucurbitaceas-el-pepino-es-el-consentido>
- Sargent, S. A. (n.d.). University of Florida Gainesville. Retrieved from Postharvest Handling for Quality : <https://hos.ifas.ufl.edu/media/hosifasufledu/documents/pdf/in-service-training/ist30932/IST30932---11.pdf>
- Scribano, F., & Garcete, V. (2016). Eficiencia de fungicidas de síntesis y orgánicos sobre la pudrición de corona del fruto de banano *Musa acuminata* Colla en la provincia de Formosa, Argentina. *Revista de Investigaciones Agropecuarias* , 201 - 206. Retrieved from *Revista de Investigaciones Agropecuarias*: <https://www.redalyc.org/pdf/864/86447075013.pdf>
- SIAP. (2022). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Retrieved from Anuario Estadístico de la Producción Agrícola: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Siller, J., Báez, M., Sañudo, A., & Báez, R. (2002). Manual de Buenas Prácticas Agrícolas para Frutas y Hortalizas Frescas. Retrieved from https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/681706/Manual_de_Buenas_Practicas_Agricolas_-_ comprimido.pdf
- Soto, G. (2020). *Revista de Ciencias ambientales*. Retrieved from El continuo crecimiento de la agricultura orgánica: <https://www.redalyc.org/pdf/6650/665070594013.pdf>
- Trigos, Á., Ramírez, K., & Salinas, A. (2008, diciembre 12). *Revista Mexicana de Micología*. Retrieved from SciELO: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-31802008000300015
- USDA. (2023, Septiembre). Foreign Agricultural Service U.S. Department of Agriculture. Retrieved from Foreign Agricultural Service U.S. Department of Agriculture: <https://www.fas.usda.gov/regions/mexico>
- Velázquez, M., Bautista, S., Hernández, A., Guerra, M., & Amora, E. (2008, enero). *SciELO* . Retrieved from Estrategias de Control de *Rhizopus stolonifer* Ehrenb. (Ex Fr.) Lind, Agente Causal de Pudriciones Postcosecha en Productos Agrícolas:

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092008000100008

Velázquez-del Valle, M. G.-B.-L.-S.-L. (2008). Estrategias de Control de Rhizopus stolonifer Ehrenb. (Ex Fr.) Lind, Agente Causal de Pudriciones Postcosecha en Productos Agrícolas. Retrieved from Revista mexicana de fitopatología: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092008000100008&lng=es&tlng=es

Velázquez-del Valle, M., Bautista-Baños, S., Ana, Hernández-Lauzardo, Guerra-Sánchez, M., & Amora-Lazcano, E. (2007). Revista Mexicana de Fitopatología. Retrieved from Estrategias de Control de Rhizopus stolonifer Ehrenb. (Ex Fr.) Lind, Agente Causal de Pudriciones Postcosecha en Productos Agrícolas: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092008000100008

Zamora, E. (2017, febrero). Universidad de Sonora, Departamento de Agricultura y Ganadería. Retrieved from El cultivo de pepino persa (Cucumis sativus L.) Bajo cubiertas plásticas: [https://dagus.unison.mx/Zamora/7.%20EL%20CULTIVO%20DE%20PEPINO%20PERSA%20\(Cucumis%20sativus%20L.\)%20BAJO%20CUBIERTAS%20PLASTICAS.pdf](https://dagus.unison.mx/Zamora/7.%20EL%20CULTIVO%20DE%20PEPINO%20PERSA%20(Cucumis%20sativus%20L.)%20BAJO%20CUBIERTAS%20PLASTICAS.pdf)