

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria
Ingeniería Agronómica



Proyecto Especial de Graduación

**Análisis comparativo de las cámaras de enfriamiento COOLBOT® y COLD
STORE de Teja para el mantenimiento de la calidad postcosecha del chile dulce tipo
lamuyo (*Capsicum annuum L.*)**

Estudiante

Gustavo Sebastian Cepeda Solís

Asesores

Julio Isabel López Montes, M. Sc.

Patricia Azucena Arce Valladares, MAP.

Honduras, noviembre 2024

Autoridades

SERGIO ANDRÉS RODRÍGUEZ ROYO

Rector

ANA M. MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

CELIA ODILA TREJO RAMOS

Directora del Departamento de ingeniería Agronómica

JULIO NAVARRO

Secretario General

Contenido

Contenido.....	3
Índice de Cuadros.....	5
Índice de Figuras	8
Índice de Anexos.....	9
Resumen	10
Abstract.....	11
Introducción.....	12
Materiales y Métodos	15
Ubicación Geográfica	15
Datos Climatológicos.....	15
Estructura de las Cámaras de Enfriamiento (Tratamientos Evaluados)	15
Cámara COLD STORE de Tejas.....	15
Cámara COOLBOT [®]	15
Área Postcosecha (Control)	16
Cultivo para Analizar	16
Diseño del Estudio	16
VARIABLES MEDIDAS.....	17
Temperatura y Humedad Relativa	18
Peso.....	18
Calibre	19
Longitud y Grosor.....	19
Resistencia a la Penetración	19
Sólidos Solubles Totales °Brix	19
pH.....	20

Calidades Evaluadas	20
Calidad Morfológica	20
Calidad Sólidos Solubles Totales o °Brix.....	22
Calidad Patogénica.....	22
Preparación del Estudio	23
Resultados y Discusión.....	24
Análisis de Calidad por Color (Colorimetría).....	25
Análisis del Estudio por Apariencia (Morfología).....	29
Porcentaje de pérdida de peso de los frutos por deshidratación	33
Niveles de °Brix Presentes en el Producto	34
Grosor de los Frutos.....	35
Calibre de los frutos	36
Resistencia a la Penetración de los Frutos.....	37
pH de los Frutos a lo Largo del Estudio.....	38
Plagas y Enfermedades	39
Plagas y Problemas Provenientes del Campo	39
Plagas y Problemas en COOLBOT®	39
Plagas y Problemas en COLD STORE de Tejas	40
Plagas y Problemas en el Área Postcosecha (Control).....	41
Conclusiones	43
Recomendaciones.....	44
Referencias.....	45
Anexos.....	47

Índice de Cuadros

Cuadro 1. Distribución de los tratamientos para evaluar la calidad del chile dulce almacenado en cámaras de enfriamiento, Zamorano, Honduras.....	17
Cuadro 2. Escala de clasificación por calidad visual del chile dulce.	20
Cuadro 3. Escala de clasificación por color del chile dulce.....	21
Cuadro 4. Clasificación de los chiles dulces presentes en cada tratamiento (COLD STORE de Tejas, COOLBOT® y Control) según categorías de Color (COLOR 1 - COLOR 5) para la evaluación de la maduración del producto al inicio del estudio. Zamorano, Honduras.	25
Cuadro 5. Clasificación de los chiles dulces presentes en cada tratamiento (COLD STORE de Tejas, COOLBOT® y Control) según categorías de Color (COLOR 1 - COLOR 5) para la evaluación de la maduración del producto al cuarto día del estudio, Zamorano, Honduras.	27
Cuadro 6. Clasificación de los chiles dulces presentes en cada tratamiento (COLD STORE de Tejas, COOLBOT® y Control) según categorías de Color (COLOR 1 - COLOR 5) para la evaluación de la maduración del producto al octavo día del estudio, Zamorano, Honduras.	27
Cuadro 7. Clasificación de los chiles dulces presentes en cada tratamiento (COLD STORE de Tejas, COOLBOT® y Control) según categorías de Color (COLOR 1 - COLOR 5) para la evaluación de la maduración del producto al día 12 del estudio, Zamorano, Honduras.....	28
Cuadro 8. Clasificación de los chiles dulces presentes en cada tratamiento (COLD STORE de Tejas, COOLBOT® y Control) según categorías de Color (COLOR 1 - COLOR 5) para la evaluación de la maduración del producto al día 16 del estudio, Zamorano, Honduras.....	28

Cuadro 9. Clasificación de los chiles dulces presentes en cada tratamiento (COLD STORE de Tejas, COOLBOT® y Control) según categorías de Morfología (MORF 1 - MORF 5) para la evaluación del deterioro del producto al inicio del estudio. Zamorano, Honduras.....	29
Cuadro 10. Clasificación de los chiles dulces presentes en cada tratamiento (COLD STORE de Tejas, COOLBOT® y Control) según categorías de Morfología (MORF 1 - MORF 5) para la evaluación del deterioro del producto al cuarto día del estudio, Zamorano, Honduras.	30
Cuadro 11. Clasificación de los chiles dulces presentes en cada tratamiento (COLD STORE de Tejas, COOLBOT® y Control) según categorías de Morfología (MORF 1 - MORF 5) para la evaluación del deterioro del producto al octavo día del estudio, Zamorano, Honduras.....	31
Cuadro 12. Clasificación de los chiles dulces presentes en cada tratamiento (COLD STORE de Tejas, COOLBOT® y Control) según categorías de Morfología (MORF 1 - MORF 5) para la evaluación del deterioro del producto al día 12 del estudio, Zamorano, Honduras.	32
Cuadro 13. Clasificación de los chiles dulces presentes en cada tratamiento (COLD STORE de Tejas, COOLBOT® y Control) según categorías de Morfología (MORF 1 - MORF 5) para la evaluación del deterioro del producto al día 16 del estudio, Zamorano, Honduras.	33
Cuadro 14. Peso promedio inicial y final por chile y cambios en el porcentaje de pérdida de peso por deshidratación (%) del chile dulce almacenado en cada Tratamiento (COLD STORE de Tejas, COOLBOT® y Control) evaluados al día 4, 8, 12 y 16 del estudio para medir su eficiencia a lo largo del tiempo, Zamorano, Honduras.....	34
Cuadro 15. Cambios en la cantidad de solidos solubles totales (°Brix) del chile dulce almacenado en cada Tratamiento (COLD STORE de Tejas, COOLBOT® y Control) evaluados al	

dia inicio, 4, 8, 12 y 16 del estudio para medir su eficiencia a lo largo del tiempo, Zamorano, Honduras.....	35
Cuadro 16. Cambios el grosor (mm) del chile dulce almacenado en cada Tratamiento (COLD STORE de Tejas, COOLBOT® y Control) evaluados al dia inicio, 4, 8, 12 y 16 del estudio para medir su eficiencia a lo largo del tiempo, Zamorano, Honduras.....	36
Cuadro 17. Cambios el calibre (mm) del chile dulce almacenado en cada Tratamiento (COLD STORE de Tejas, COOLBOT® y Control) evaluados al dia inicio, 4, 8, 12 y 16 del estudio para medir su eficiencia a lo largo del tiempo, Zamorano, Honduras.....	37
Cuadro 18. Cambios en la resistencia a la penetracion (lb) del chile dulce almacenado en cada Tratamiento (COLD STORE de Tejas, COOLBOT® y Control) evaluados al dia inicio, 4, 8, 12 y 16 del estudio para medir su eficiencia a lo largo del tiempo, Zamorano, Honduras.	38
Cuadro 19. Cambios en los niveles de pH (pH) del chile dulce almacenado en cada Tratamiento (COLD STORE de Tejas, COOLBOT® y Control) evaluados al dia inicio, 4, 8, 12 y 16 del estudio para medir su eficiencia a lo largo del tiempo, Zamorano, Honduras.	39

Índice de Figuras

Figura 1. Clasificación de los chiles dulces según su morfología con los productos recolectados en el presente estudio, Francisco Moraán, Honduras.....	21
Figura 2. Clasificación de los chiles según su color y etapa de madurez con los productos recolectados en el presente estudio, Francisco Moraán, Honduras.	21
Figura 3. Comportamiento de la Temperatura (°C) en los tratamientos evaluados (Control, COLD STORE de Tejas y COOLBOT®) Durante 16 días, por su influencia potencial en en el deterioro del chile dulce, Zamorano, Honduras.....	24
Figura 4. Comportamiento de la Humedad Relativa (%HR) en los tratamientos evaluados (Control, COLD STORE de Tejas y COOLBOT®) Durante 16 días, por su influencia potencial en en el deterioro del chile dulce, Zamorano, Honduras.	25

Índice de Anexos

Anexo 1. Cámara COLD STORE de Tejas.....	47
Anexo 2. Cámara COLD BOT®	48
Anexo 3. Área Postcosecha (Control).	49
Anexo 4. Área de trabajo.	50
Anexo 5. Protocolo de preparación del estudio	51
Anexo 6. Protocolo para la toma de datos	52
Anexo 7. Tabla para facilitar la recolección de datos	53
Anexo 8. Sensor de temperatura y humedad relativa HOBO® Pro v2.....	54
Anexo 9. Quemadura del chile proveniente del campo	55
Anexo 10. Gusano del algodón <i>Helicoverpa Zea</i> y su daño en producto proveniente del campo.....	56
Anexo 11. Daño por deshidratación en la cámara de enfriamiento COOLBOT®	57
Anexo 12. Aparición de <i>Leidyula floridana</i> (A) y <i>Lordithon lunulatus</i> (B) en la cámara COLD STORE de Tejas.	58
Anexo 13. Daños por: pudrición (A) y aparición de hongos en el pedúnculo del fruto (B) en la cámara COLD STORE de Tejas.....	59
Anexo 14. Presencia de <i>Curculionidae</i> (A), <i>Reduviidae</i> (B) y <i>Blattidae</i> (C) en el área postcosecha.....	60
Anexo 15. Daños por: pudrición del chile en la baya (A) y mayor deshidratación en el área postcosecha.	61

Resumen

El chile dulce (*Capsicum annuum L.*) es un vegetal de alto consumo mundial, con una pérdida significativa en su calidad postcosecha, especialmente en regiones con recursos limitados de tecnologías para el almacenamiento. Este estudio analizó la eficacia de los sistemas de almacenamiento COOLBOT® y COLD STORE de Tejas, comparados con un área control, para preservar la calidad del chile dulce a lo largo de 16 días. Cada 4 días, se evaluaron parámetros de calidad como colorimetría, morfología, grosor y resistencia a la deshidratación. Los resultados obtenidos muestran que hay diferencias significativas ($P \leq 0.05$), el sistema COOLBOT® logró mantener mejor apariencia visual y morfológica del fruto, ralentizando el proceso de maduración y el cambio de color en los frutos. En el COLD STORE de teja, la alta humedad relativa favoreció la conservación del grosor y la resistencia del fruto, aunque se observó la aparición de patógenos tipo hongos y bacterias, afectando su apariencia comercial y pérdidas por pudrición. En el área control, los frutos experimentaron mayor deshidratación y reducción de la calidad. En general, el COOLBOT® mostró resultados superiores en la conservación de los frutos, sugiriéndose como una alternativa efectiva para prolongar la vida útil comercial del chile dulce.

Palabras clave: Calidad postcosecha, COLD STORE de Tejas, COOLBOT®, colorimetría, humedad relativa, morfología, temperatura, vida útil.

Abstract

Green pepper (*Capsicum annuum* L.) is a high consumption vegetable worldwide, with a significant loss in post-harvest quality, especially in regions with limited storage technology resources. This study analyzed the efficacy of two storage systems, the *COOLBOT*[®] and the COLD STORE of Tiles, compared to a control area, to preserve the quality of green pepper over 16 days. Quality parameters such as colorimetry, morphology, thickness and resistance to dehydration were evaluated every 4 days. The results obtained show that there are significant differences ($P \leq 0.05$), the *COOLBOT*[®] system was able to maintain a better visual and morphological appearance of the fruit, slowing the ripening process and the change of color in the fruit. In the Tiles COLD STORE, the high relative humidity favored the conservation of fruit thickness and resistance, although the appearance of fungal and bacterial pathogens was observed, affecting its commercial appearance and rotting losses. In the control area, the fruits experienced greater dehydration and reduced quality. In general, *COOLBOT*[®] showed superior results in fruit preservation, suggesting it as an effective alternative to prolong the commercial shelf life of green pepper.

Key words: *COOLBOT*[®], COLD STORE of Tiles, colorimetry, morphology, Postharvest quality, relative humidity, shelf life, temperature.

Introducción

El proceso de postcosecha es el manejo adecuado de los productos agrícolas, algunos de ellos son almacenados para mantener la calidad para el consumo y la comercialización, esto a través de técnicas de almacenamiento y tratamientos. Además, se estima que un pequeño productor tiene una merma del 10-40% de su producción total por pérdidas en post cosecha (Gobierno de México, 2019). De acuerdo con las problemáticas principales el rendimiento comercial y sostenibilidad del producto de chile dulce o pimiento, aproximadamente el 35% de los pimientos de color cosechados muestran un daño representativo en su calidad por malas condiciones en la postcosecha, llegando así a convertirse en pérdidas (Bielinski, 2010).

En países de bajos recursos, las limitaciones económicas, falta de infraestructuras refrigerantes y mala gestión, son los principales inconvenientes para el almacenamiento post cosecha. Esto ha generado grandes desperdicios de alimentos, especialmente en productos perecederos, impactando en la seguridad alimentaria y en los ingresos del productor (Gustavsson et al., 2012). El desarrollo de nuevas técnicas para prolongar la vida anaquel de los productos es necesaria para un desarrollo óptimo del sector agrícola.

Es esencial determinar el correcto manejo para preservar la calidad de los productos hortofrutícolas. Los requisitos para prolongar la vida anaquel varían con base en el producto, y su proceso de deterioro biológico se lleva a cabo mediante la respiración, producción de etileno, temperatura y humedad relativa principalmente deteriorando el fruto a lo largo del tiempo (Kader, 2013). Realizando un buen manejo de las condiciones se puede prolongar la vida anaquel de los productos hortofrutícolas y mantener sus características adecuadas para la comercialización.

La calidad del producto se ve afectada debido a que, después de la cosecha, este debe sobrevivir mediante sus propios sustratos acumulados hasta su senescencia (dos Santos et al., 2015). Al culminar con la cosecha aparecen las actividades bioquímicas y fisiológicas, mismas que tienen

efecto en el ablandamiento, firmeza y velocidad de respiración del fruto. Sus efectos son irreversibles una vez iniciados, pero se puede retardar mediante procedimientos externos (Omboki et al., 2015).

Podemos decir que la calidad comercial es la sanidad, el valor nutricional, características organolépticas y propiedades físico-mecánicas, mismas que fluctúan entre diferentes regiones debido a parámetros de hábitos de consumo y el poder adquisitivo de la región establecida (Parra, 1989). También se considera calidad a la estrategia con fines de aumento de competitividad, satisfaciendo al cliente, dándole el producto que cumpla con sus estándares de aceptabilidad y expectativa (López, 2003).

Una de las principales preocupaciones de los pequeños productores son las grandes pérdidas postcosecha por falta de tecnología adecuada. El reducir las pérdidas de los alimentos es un punto importante para el mejoramiento económico de los productores a pequeña escala (Pérez, 2014). Esta problemática refleja la importancia de generar tecnologías de bajo costo que funcionen para mantener la calidad de los productos y reducir pérdidas durante el proceso de post cosecha.

Dentro de la comercialización de productos agrícolas se ha buscado prolongar la vida de anaquel hasta el momento de consumo, manteniendo los parámetros de calidad establecidos y la sanidad de estos. Se usan técnicas para prolongar su vida útil post recolección así como la refrigeración, sin llegar a un punto de congelación o generar daños por sensibilidad al frío y elevar la humedad relativa sin llegar a condiciones de condensación sobre los productos (Artés, 2006). Esto ha permitido que existan varios mecanismos de enfriamiento y almacenamiento utilizados por los pequeños productores ayudándoles a mejorar el producto y prolongándoles una vida útil por más tiempo.

El uso de la tecnología de enfriamiento evaporativa tiene como objetivo mejorar la calidad de los productos hortofrutícolas, con fines de minimizar las pérdidas postcosecha. De igual manera se reducen los gastos eléctricos comparados con el uso de tecnologías industriales costosas y a la vez ayudan a la reducción de impactos ambientales menores (Nenguwo, 2000). El COLD STORE a base de

tejas es un mecanismo que hace uso de esta tecnología, mismo que proporciona niveles de temperatura que oscilan entre 5 a 10 °C menos que la temperatura ambiente brindando a su vez mayor humedad relativa para mantener los productos frescos.

Otra de las tecnologías utilizadas es el COOL BOT[®], este dispositivo permite que cualquier aire acondicionado de ventana tenga la opción de enfriar hasta los 4-5 °C si su capacidad lo permite, a diferencia de lo tradicional que se limita hasta 16 °C. Esta tecnología combinada con una habitación aislada puede ser capaz de convertirse en una cámara frigorífica más accesible (Dubey, 2016).

Los chiles o pimientos son unos de los principales productos agrícolas y se encuentran ubicados en el puesto número 8 de la lista de los vegetales mayormente producidos a nivel mundial, alcanzó un volumen de aproximadamente 36.97 millones de toneladas métricas (Statista, 2024).

Este estudio se realizó para validar el uso de tecnologías postcosecha de bajo costo para uso de pequeños y medianos productores en el cultivo de Chile dulce o pimiento, teniendo en consideración la influencia e importancia de este cultivo para el área agrícola y sus altos niveles de pérdidas durante la post cosecha, todo esto con la finalidad de reducir las pérdidas y velar por la seguridad alimentaria.

El objetivo de este estudio fue evaluar dos métodos de almacenamiento en frío (COOLBOT[®] y COLD STORE de tejas), en la conservación de parámetros de calidad del cultivo de chile dulce tipo lamuyo (*Capsicum annum L.*), y para determinar el más adecuado y con mayor beneficio para pequeños y medianos productores, con la finalidad de aumentar la vida útil de los productos y reducir las pérdidas en la postcosecha.

Materiales y Métodos

Ubicación Geográfica

Este estudio se desarrolló en las cámaras de enfriamiento ubicadas en las instalaciones del Centro Regional de Innovación para las Hortalizas y Frutas, módulo de Manejo Integrado de Cultivos y Cambio Climático (MIC-CC), ubicado en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Datos Climatológicos

Se establecieron dos repeticiones en el tiempo en la época de invierno entre los meses de agosto y octubre. La temperatura promedio anual fue de 24°C y los niveles de humedad relativa promedios anuales fueron del 76%, mientras que se reportaron corrientes de viento muy bajas, obteniendo valores de 0.001 km/h promedio entre los meses de agosto y septiembre.

Estructura de las Cámaras de Enfriamiento (Tratamientos Evaluados)

Cámara COLD STORE de Tejas

Consiste en una caseta de madera de dimensiones de 2m de largo x 1.5 m de ancho, el punto más alto de la cámara cuenta con 2.6 m, y paredes de 2 m de alto. Es una habitación con doble pared recubiertas de mallas hexagonales. La separación entre pared es de 10 cm. Entre la doble pared esta rellena con trozos de tejas recicladas de arcilla y el techo de tejas a base de arcilla. Se usan ladrillos para el piso y cuenta con un sistema de cinta de riego por goteo tipo gotero español, el cual permite regular el caudal y humedecer las tejas de arcilla. Posee un reservorio de agua tipo bolsa de polipropileno con capacidad de 200 litros, para su constante flujo. (Anexo A)

Cámara COOLBOT®

La tecnología COOLBOT® se encuentra en un cuarto con medidas de 4 m de largo x 2.75 m de ancho x 3 m de altura. Este cuenta con un recubrimiento interno térmico y lámina termoacústica que ayuda a mantener la temperatura en la cavidad interna. Posee un aire acondicionado de 18,000 BTU y el equipo COOLBOT® el cual se encuentra conectado a través del termostato al aire acondicionado

permitiendo bajar la temperatura a más de lo que el aire acondicionado puede, de acuerdo con su capacidad y generando un ambiente adecuado para el almacenamiento de frutas y hortalizas (**Error!**

Reference source not found.).

Área Postcosecha (Control)

Esta área es una zona techada, con piso de cemento y paredes abiertas que permite la entrada de luz por los laterales, al igual que la entrada de aire fresco. Esta área bajo estas condiciones es capaz de reducir 2 °C la temperatura externa fuera del área techada (Anexo C).

En esta misma zona se encuentra un mesón donde se realizaron las tomas de datos por muestra de los diferentes tratamientos (Anexo D).

Cultivo para Analizar

El chile dulce es una baya hueca de origen centroamericano de forma cónica, carnosa y de gran tamaño. Para este estudio se usó el chile dulce tipo lamuyo. Este chile dulce es un fruto alargado y consta de una capa de carne gruesa. Es caracterizado por su aroma a fruta dulce, al igual que su sabor dulce y fresco. Su almacenamiento debe ser entre 8 a 12 °C y su vida anaquel es de 10 días. (Dynaverde, 2018). Sus valores de grados Brix varían entre 5 a 8 °Brix, la cantidad de sólidos solubles totales en el chile dulce está directamente ligada al manejo durante el desarrollo del cultivo (Agrologica, 2024).

Diseño del Estudio

Se utilizó el chile dulce tipo lamuyo, de la variedad Iguazú. Los frutos fueron traídas de La Estancia, en San Antonio de Oriente, Francisco Morazán, Honduras. Este cultivo fue establecido en campo del productor el 25 de mayo del 2024. Se realizó una cosecha por repetición. La primera fue cosechada el 31 de julio y la segunda el 4 de septiembre del 2024.

Se realizaron 2 repeticiones en el tiempo, mismas que tuvieron un seguimiento cada 4 días durante 16 días. La primera repetición se realizó el 1 de agosto hasta el 17 de agosto. Mientras que la segunda tuvo lugar del 5 de septiembre al 21 de septiembre.

Se evaluaron tres tratamientos: COOLBOT[®], COLD STORE de Tejas y Área postcosecha (Control). Se ubicaron 4 cestas con producto por tratamiento (Cuadro 1), las cestas tenían las siguientes dimensiones: 55.5 cm x 38 cm x 32 cm, y se colocó 9 kg (20 Lb) de producto cada una.

Cuadro 1

Distribución de los tratamientos para evaluar la calidad del chile dulce almacenado en cámaras de enfriamiento, Zamorano, Honduras.

Tratamiento	Distribución de cestas por tratamiento
COLD STORE de tejas	CT1/CT2/CT3/CT4
COOL BOT [®]	CB1/CB2/CB3/CB4
(CONTROL) Área postcosecha	CA1/CA2/CA3/CA4

Nota. Número de cestas = 4 cestas/Tratamiento; CST = COLD STORE de Tejas; CB = COOLBOT; CA = CONTROL

VARIABLES MEDIDAS

Se realizó un análisis cada 4 días para poder determinar con mayor precisión el proceso de pérdida de calidad del producto a lo largo de los 16 días del estudio en cada uno de los tratamientos. Esto se desarrolló mediante una tabla de variables donde se especificó cada punto a evaluar, la misma que se utilizó para archivar los datos recolectados.

Para realizar este proyecto lo más inocuo posible y evitar la presencia de patógenos se realizó una desinfección previa a las cámaras de enfriamiento y áreas utilizadas con una solución de cloro granulado a 50 ppm. Dicha aplicación se hizo antes y después del ingreso del producto a las cámaras. De esta manera se minimizaron los riesgos de contaminación cruzada entre repeticiones (Anexo E).

Los parámetros evaluados en este estudio se agruparon principalmente en el análisis de la morfología, sabor y patogenicidad. Esto con la finalidad de obtener un producto de muy buena calidad siguiendo los niveles de aceptación del mercado. Al ser este un análisis de muestras destructivo se diseñó un protocolo para evitar que las tomas de datos afecten sus valores entre si (Anexo F), así como

una tabla de recolección de datos que facilitó todo el proceso (Anexo G), para modo de la toma de datos se seleccionaron 12 chiles aleatoriamente en cada uno de los tratamientos tratamiento, mismos que van a ser descartados tras el análisis de cada una de las variables.

Se recolectaron muestras al azar para realizar el análisis de presencia de patógenos por tratamiento por repetición en 4 momentos diferentes del estudio. La primera recolección se realizó al inicio del proyecto, previo a la desinfección para determinar los patógenos que provenían del campo, las siguientes se realizaron a los 5, 10 y 16 días del estudio.

Temperatura y Humedad Relativa

Para este estudio se consideraron la temperatura y humedad relativa como factores que puedan afectar a la vida útil del producto en cada uno de los tratamientos. Se recolectaron estos datos mediante el uso de los dispositivos Data Logger Onset® HOBO® Pro v2, y el software HOBOWare (Anexo H).

Esta tecnología ayuda a tener un registro completo de la temperatura y humedad relativa presente a lo largo de cada una de las repeticiones, recopilando datos a lo largo de los 16 días, cada 30 minutos. Dichos dispositivos proporcionaron una tabla donde se reportó un promedio el cual sirvió la guía base en este estudio. Se reportaron los datos en grados Centígrados y humedad relativa en %.

También se tomaron los datos de temperatura interna en cada una de las muestras mediante un termómetro digital de mano. Los datos fueron registrados en grados centígrados.

Peso

Se recopilaron los datos de peso por canasta en cada uno de los tratamientos, mediante la báscula tipo reloj, estos datos se recogieron al inicio, durante y final del ensayo. Los datos fueron registrados en Libras y luego transformados a kilo gramos y sirvieron para analizar los valores de pérdida de peso por día mediante la siguiente fórmula 1.

$$Pp = \frac{Pi - Pf}{Pi} \times 100 \quad [1]$$

Donde:

Pp= porcentaje de pérdida (%)

Pi= Peso inicial (kg)

Pf= Peso final (kg)

Para el análisis unitario de muestras se utilizó una báscula registrando los datos en gramos. Se tomo el peso de 12 muestras por tratamiento cada día de toma de datos, registrando los datos al inicio, al día 4, 12, 16 días del estudio.

Calibre

Para recolectar los datos de calibre se hizo uso de un medidor de calibre marca Craston. Mismo que se ubicó rodeando la baya en un punto medio y ajustándolo a su medida. Los datos fueron recolectados en milímetros.

Longitud y Grosor

Para medir la longitud y el grosor se utilizó el pie de rey marca Caliper, el cual tomó datos del largo de la baya. El grosor se tomó posterior al corte transversal, en el segundo cuarto del chile más cercano al pedúnculo. Estos datos se reportaron en milímetros.

Resistencia a la Penetración

Se utilizó un penetrómetro para medir la resistencia del chile dulce a lo largo del estudio, se procedió a pelar la cutícula externa del chile tratando de extraer la menor cantidad de carne del fruto para proceder a insertar el penetrómetro hasta la perforación de este. Este dato fue recolectado en Lb.

Solidos Solubles Totales °Brix

El dulzor o presencia de azúcares en el producto está ligada a la cantidad de sólidos solubles en el jugo extraído de chile, es por ello por lo que se usó el refractómetro de mano para saber la

cantidad de sólidos solubles presentes en él. Los valores a lo largo del estudio fueron reportados en grados Brix.

pH

La madurez provoca cambios en el pH del producto. Además de ello, las bacterias y hongos aparecen a niveles específicos de pH. Es por lo que se hizo un seguimiento en el pH del chile dulce a lo largo del estudio mediante el Low Range Combo® pH, EC, TDS de la marca HANNA.

Calidades Evaluadas

Calidad Morfológica

En este estudio se realizó un análisis visual cada cuatro días donde se revisaron los cambios físicos del producto, clasificándolo en una escala de 5 niveles de calidad distribuidos entre A y E (Cuadro 2). De igual forma, se realizó un seguimiento de cambios en la colorimetría del producto. Este aspecto se trabajó con base en la tabla de escala de clasificación de madurez para chile dulce (Cuadro 3) tomando referencia de la elaborada por (Cantwell y Kader, 2010).

Cuadro 2

Escala de clasificación por calidad visual del chile dulce.

Calidad	Factores visuales generales
A	Producto que se encuentre turgido, liso y con un color parejo.
B	No se encuentra turjido del todo, pero, todavía muestra resistencia moderada o cuentan daños mecánicos mínimos.
C	Se puede evidenciar aparición de arrugas con resistencia moderada y golpes en el productos de manera más agresiva e indicios de aparición de hongo.
D	Se encuentra con mayor cantidad de arrugas, baja resistencia y mayor cantidad de golpes, incluyen los indicios de pudrición.
E	Rechazo, producto que no cuenta con rigidez, tiene un aspecto flácido, efectos de pudrición y contaminación de hongo severa.

Nota. Tomada de (Cantwell y Kader, 2010).

Cuadro 3

Escala de clasificación por color del chile dulce.

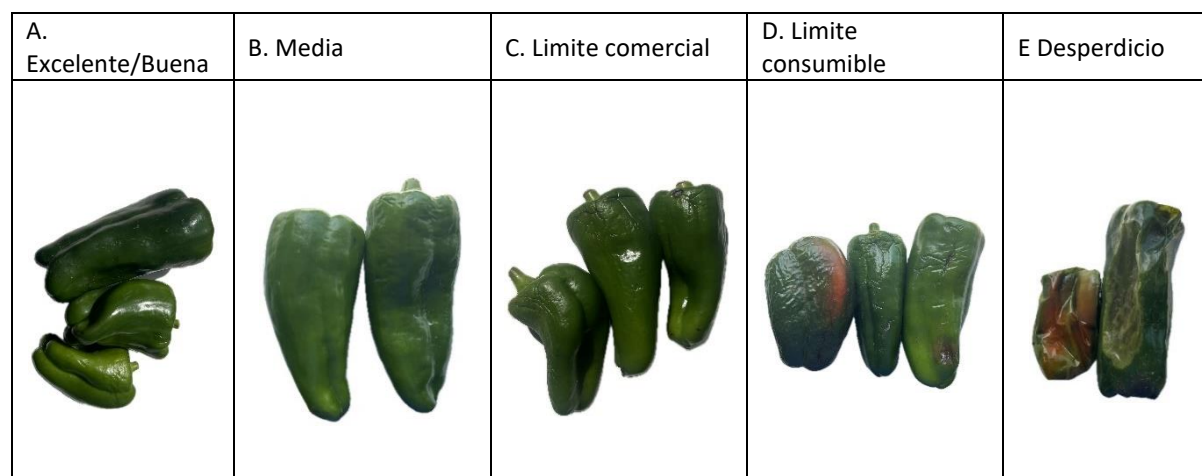
Estado	Color del fruto
1	Verde oscuro
2	Verde claro
3	Aparición del color chocolate hasta <30% rojo
4	Color rojo entre 30-80%
5	Color rojo de más del 80%

Nota. Tomada de (Cantwell y Kader, 2010).

También, se elaboraron dos tablas guía de calidad visual (Figura 1) y colorimetría (Figura 2) respectivamente. Estas tablas fueron creadas con los productos de este estudio.

Figura 1

Clasificación de los chiles dulces según su morfología con los productos recolectados en el presente estudio, Francisco Moraán, Honduras.



Nota. Tomada de (Cantwell y Kader, 2010).

Figura 2

Clasificación de los chiles según su color y etapa de madurez con los productos recolectados en el presente estudio, Francisco Moraán, Honduras.

1. Verde oscuro	2. Verde claro	3. <30% Color rojo	4. 30-80% Color rojo	5. >80% Color rojo



Nota. Tomada de (Cantwell y Kader, 2010).

Calidad Sólidos Solubles Totales o °Brix

En cuanto a las mediciones de calidad del sabor en el chile dulce se siguieron los parámetros de niveles de grados brix. Se tomaron los datos con ayuda de un refractómetro de mano, marca QA Supplies.

Calidad Patogénica

La calidad patogénica se basa en la presencia de microorganismos vivos en el producto, en este estudio se realizaron 4 análisis, el primero previo a la desinfección para identificar los patógenos provenientes del campo, y los siguientes 3 se efectuaron a lo largo del estudio a los 5, 10 y 16 días.

Se analizaron en el Laboratorio de fitopatología, diagnóstico e investigación molecular de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Este proporcionó los resultados de la presencia de organismos vivos perjudiciales para el producto y la salud humana.

Se aplicaron análisis macroscópicos y microscópicos, con el fin de identificar a los organismos causantes de las lesiones observadas en el material tratado. A cada muestra se le realizó el cultivo correspondiente de tejidos del material vegetativo enfermo, utilizando medios de cultivos sintéticos específicos para el crecimiento de hongos y bacterias.

Preparación del Estudio

Según la OIRSA, el uso de hipoclorito de calcio (NaClO) es un mecanismo efectivo para la erradicación de organismos microbianos. Este compuesto se utiliza principalmente para desinfección de superficies, equipos y mesas de trabajo, erradicando olores y patógenos (OIRSA, 2023).

Se realizó una limpieza y desinfección de las áreas a utilizar. Primero se limpió con el fin de eliminar partículas extrañas, posteriormente se hizo una desinfección mediante jabón diluido en agua, después se realizó un enjuague con agua y finalmente se aplicó mediante una bomba de mano hipoclorito de calcio con una concentración de 50ppm diluido en agua. Este mismo proceso se utilizó para la desinfección de las tarimas y cestas donde se almacenó el producto. La limpieza y desinfección se realizó previo al ingreso de los chiles dulces, ejecutándose en cada repetición.

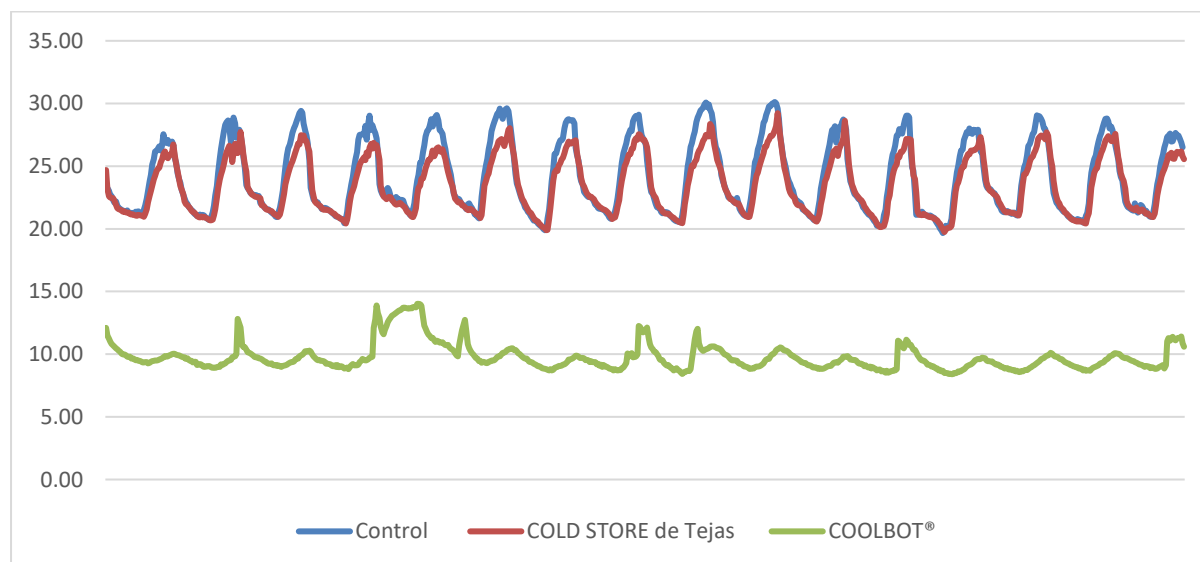
Con una solución de 50ppm de (NaClO) se procedió a desinfectar los chiles dulces antes de ingresarlos a las áreas del estudio. Estos se sumergieron por 2 minutos en la solución mencionada para asegurar una adecuada desinfección de patógenos.

Resultados y Discusión

Las bajas temperaturas han sido el mecanismo de preservación por excelencia a lo largo del tiempo. La reducción de temperaturas disminuye la tasa de transpiración, respiración y senescencia; además, reducen el crecimiento de microorganismos alterantes. Como se puede evidenciar en la Figura 3 se expresan los niveles de temperatura a lo largo del estudio, donde se nota que el tratamiento COOLBOT® mantuvo temperaturas bajas en comparación con los otros tratamientos, obteniendo valores máximos de 14.02°C y mínimos de 8.41°C con una temperatura promedio a lo largo del estudio de 9.75°C. Por otra parte, el tratamiento COLD STORE de Tejas mantuvo temperaturas promedio de 23.47°C con temperaturas máximas de 29.23 y mínimas de 19.75°C. para el tratamiento Control, se reportaron temperaturas máximas de 30.12°C y mínimas de 19.66°C y temperaturas promedio de 24.12°C (Figura 3)

Figura 3

Comportamiento de la Temperatura (°C) en los tratamientos evaluados (Control, COLD STORE de Tejas y COOLBOT®) Durante 16 días, por su influencia potencial en el deterioro del chile dulce, Zamorano, Honduras.

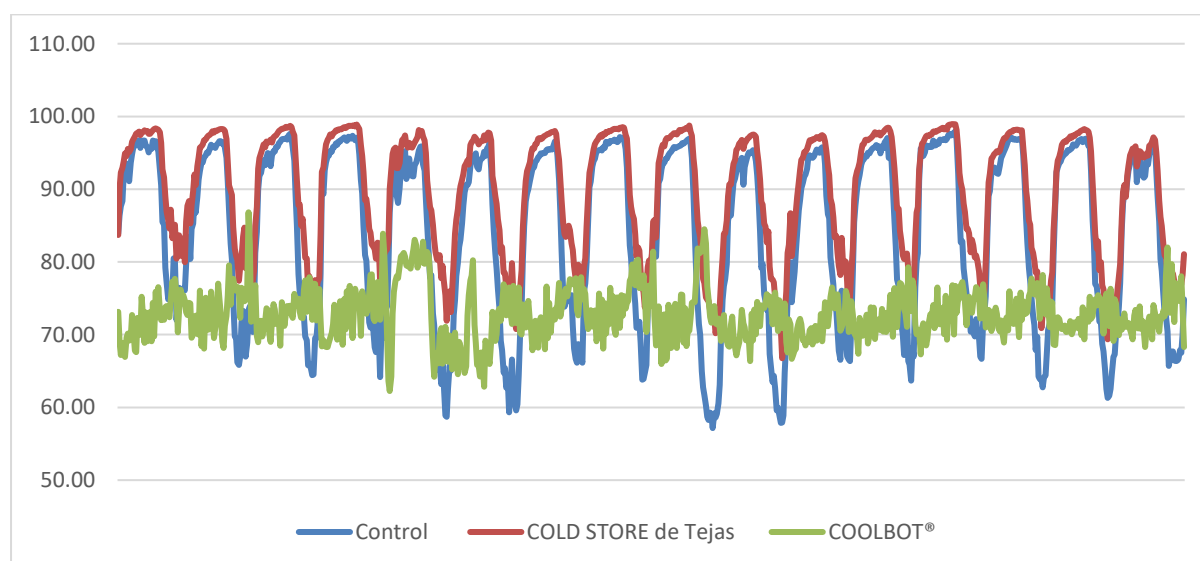


Los altos niveles de humedades relativas facilitan la retención de líquidos en el producto. Como se puede evidenciar en la figura 4, el tratamiento COOLBOT® obtuvo niveles de humedades relativas máximas de 86.82% y mínimas de 62.25%, así mismo obtuvo una media de 72.85%. por otro

lado, el tratamiento COLD STORE de Tejas obtuvo humedades relativas promedio de 89.59%, con humedades relativas máximas de 98.96% y mínimas de 66.76. Así mismo, el tratamiento Control mantuvo humedades relativas promedio de 84.41% con rangos comprendidos entre 57% y 97.8% (Figura 4).

Figura 4

Comportamiento de la Humedad Relativa (%HR) en los tratamientos evaluados (Control, COLD STORE de Tejas y COOLBOT®) Durante 16 días, por su influencia potencial en en el deterioro del chile dulce, Zamorano, Honduras.



Análisis de Calidad por Color (Colorimetría)

Al día del inicio del estudio, en cuanto a color, no se identificaron diferencias significativas entre tratamientos, esto refleja la uniformidad y la correcta distribución de las muestras en las diferentes unidades experimentales (Cuadro 4).

Cuadro 4

Clasificación de los chiles dulces presentes en cada tratamiento (COLD STORE de Tejas, COOLBOT® y Control) según categorías de Color (COLOR 1 - COLOR 5) para la evaluación de la maduración del producto al inicio del estudio. Zamorano, Honduras.

Tratamientos	COLOR 1	COLOR 2	COLOR 3	COLOR 4	COLOR 5
COLD STORE de Teja	57.00 a	19.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a

COOLBOT®	51.63 a	23.88 a	0.25 a	0.00 a	0.00 a
Control	52.50 a	23.50 a	0.38 a	0.38 a	0.50 a
R ²					0.94
% C.V					36.25

Nota. ^{abc}= Letras diferentes dentro de la misma columna indican diferencias estadísticas entre tratamientos ($P \leq 0.05$); % C.V= Coeficiente de Variación (%).

La coloración de los chiles se ve afectada por la temperatura de almacenamiento, obteniendo que a partir del tercer día de almacenamiento a temperaturas de 8 y 20 °C, se presentan diferencias significativas entre sí. El producto almacenado a 20 °C comienza a presentar un aumento de la coloración roja (Banaras et al., 2005).

Estos resultados concuerdan con los obtenidos en este estudio, ya que desde el cuarto día se observa una tendencia de incremento en el desarrollo del color rojo en los chiles almacenados a temperaturas superiores a 20 °C en comparación con el almacenamiento en el COOLBOT® a temperaturas de 10°C (Cuadro 5).

El almacenamiento en humedades relativas elevadas retrasa el cambio de color, de forma que a una humedad relativa de 80% los chiles dulces alcanzan la escala 3 a los 6 días, mientras que a humedades relativas de 90%, estos llegan a los 12 días (M. Nunes et al., 2012).

Estos estudios concuerdan con los resultados obtenidos, en los que, a mayor humedad relativa, menor es el desarrollo de madurez del fruto, a temperaturas superiores a 20 °C. En el COLD STORE de Tejas se observó una aparición pausada en el color rojo, en comparación con el control, donde el proceso de maduración fue más rápido.

Se evidenció el incremento de los niveles de maduración a lo largo del tiempo. Al cuarto día se encontraron diferencias significativas solamente entre el COLD STORE de tejas y el resto de los tratamientos en la sección Color 1 y Color 2, sin hallarse diferencias significativas entre tratamientos en la escala de Color 3, Color 4 y Color 5 (Cuadro 5).

Cuadro 5

Clasificación de los chiles dulces presentes en cada tratamiento (COLD STORE de Tejas, COOLBOT® y Control) según categorías de Color (COLOR 1 - COLOR 5) para la evaluación de la maduración del producto al cuarto día del estudio, Zamorano, Honduras.

Tratamientos	COLOR 1	COLOR 2	COLOR 3	COLOR 4	COLOR 5
COLD STORE de Teja	36.00 b	35.5 a	2.00 a	0.375 a	0.00 a
COOLBOT®	45.625 a	27 b	0.25 a	0.00 a	0.00 a
Control	42.5 a	27.125 b	2.875 a	0.375 a	0.5 a
R ²					0.94
% C.V					30.02

Nota. ^{abc}= Letras diferentes dentro de la misma columna indican diferencias estadísticas entre tratamientos ($P \leq 0.05$); % C.V= Coeficiente de Variación (%).

Al octavo día los tratamientos sometidos a temperaturas mayores a 20 °C tuvieron diferencias significativas con el COOLBOT® en las escalas Color 1 y Color 2 sin mostrar diferencias significativas entre los otros niveles (Cuadro 6).

Cuadro 6

Clasificación de los chiles dulces presentes en cada tratamiento (COLD STORE de Tejas, COOLBOT® y Control) según categorías de Color (COLOR 1 - COLOR 5) para la evaluación de la maduración del producto al octavo día del estudio, Zamorano, Honduras.

Tratamientos	COLOR 1	COLOR 2	COLOR 3	COLOR 4	COLOR 5
COLD STORE de Teja	28.625 b	32.5 a	4.50 a	1.00 a	0.25 a
COOLBOT®	43.25 a	25.25 b	0.50 a	0.00 a	0.00 a
Control	25.75 b	33.00 a	6.00 a	2.125 a	0.5 a
R ²					0.87
% C.V					46.05

Nota. ^{abc}= Letras diferentes dentro de la misma columna indican diferencias estadísticas entre tratamientos ($P \leq 0.05$); % C.V= Coeficiente de Variación (%).

A los 12 días de almacenamiento en los diferentes tratamientos, los chiles presenciaron diferencias significativas en el estudio, donde la cámara COOLBOT® demostró mayor eficacia en las escalas de Color 1 y Color 2 obteniendo los mejores resultados, seguido del COLD STORE de Tejas no tuvo diferencias significativas con el tratamiento control en la escala de Color 1, pero en la escala Color 2 sí presentó diferencias significativas con el tratamiento control, aunque no con el COOLBOT®, en la

escala de Color 3, tuvo diferencias significativas con los dos tratamientos, siendo el punto intermedio entre estos (Cuadro 7).

Cuadro 7

Clasificación de los chiles dulces presentes en cada tratamiento (COLD STORE de Tejas, COOLBOT® y Control) según categorías de Color (COLOR 1 - COLOR 5) para la evaluación de la maduración del producto al día 12 del estudio, Zamorano, Honduras.

Tratamientos	COLOR 1	COLOR 2	COLOR 3	COLOR 4	COLOR 5
COLD STORE de Teja	19.00 b	28.75 a	6.75 b	2.125 ab	1.00 a
COOLBOT®	40.375 a	24.75 ab	0.50 c	0.125 b	0.00 a
Control	20.50 b	22.125 b	12.50 a	4.875 a	0.75 a
R ²					0.90
% C.V					34.45

Nota. ^{abc}= Letras diferentes dentro de la misma columna indican diferencias estadísticas entre tratamientos ($P \leq 0.05$); % C.V= Coeficiente de Variación (%)

Al día 16 del estudio se evidenció que el tratamiento que presentó un menor desarrollo de maduración fue el chile dulce almacenado dentro de la cámara COOLBOT®, concentró sus valores mayormente en la escala de Color 1 y Color 2. Seguido de la cámara COLD STORE de Tejas que tuvo diferencias significativas con los otros tratamientos en la escala Color 3. De acuerdo con la escala de Color 4, no se encontraron diferencias significativas en los chiles dulces almacenados en el COOLBOT® en relación con el tratamiento control, donde si se encontraron diferencias significativas. Ningún tratamiento presentó diferencias significativas en la escala de Color 5 (Cuadro 8).

Cuadro 8

Clasificación de los chiles dulces presentes en cada tratamiento (COLD STORE de Tejas, COOLBOT® y Control) según categorías de Color (COLOR 1 - COLOR 5) para la evaluación de la maduración del producto al día 16 del estudio, Zamorano, Honduras.

Tratamientos	COLOR 1	COLOR 2	COLOR 3	COLOR 4	COLOR 5
COLD STORE de Teja	15.00 b	14.25 b	10.625 b	2.375 b	1.125 a
COOLBOT®	36.625 a	24.625 a	1.00 c	0.25 b	0.00 a
Control	12.00 c	13.625 b	23.375 a	6.25 a	2.375 a
R ²					0.93
% C.V					27.93

Nota. ^{abc}= Letras diferentes dentro de la misma columna indican diferencias estadísticas entre tratamientos ($P \leq 0.05$); % C.V= Coeficiente de Variación (%).

Análisis del Estudio por Apariencia (Morfología)

Al día de inicio del estudio, no se identificaron diferencias significativas entre tratamientos, esto refleja la uniformidad y la correcta distribución de las muestras en las diferentes unidades experimentales (Cuadro 9).

Cuadro 9

Clasificación de los chiles dulces presentes en cada tratamiento (COLD STORE de Tejas, COOLBOT® y Control) según categorías de Morfología (MORF 1 - MORF 5) para la evaluación del deterioro del producto al inicio del estudio. Zamorano, Honduras.

Tratamientos	MORF 1	MORF 2	MORF 3	MORF 4	MORF 5
COLD STORE de Teja	71.625 a	5.50 a	0.25 a	0.00 a	0.00 a
COOLBOT®	70.125 a	5.50 a	0.25 a	0.00 a	0.00 a
Control	72.75 a	3.625 a	0.125 a	0.00 a	0.00 a
R ²					0.99
% C.V					14.77

Nota. ^{abc}= Letras diferentes dentro de la misma columna indican diferencias estadísticas entre tratamientos ($P \leq 0.05$); % C.V= Coeficiente de Variación (%).

Dentro de los daños morfológicos se encuentran el desarrollo de hongos y bacterias, que generan un deterioro significativo en el producto, acortando su vida de anaquel. Se recomiendan el almacenamiento de productos a humedades relativas menores a 85%, ya que valores superiores benefician el crecimiento de hongos (Enyiukwu et al., 2020).

Las temperaturas en las que el desarrollo de hongos es más hostil oscilan entre 24 - 30 °C (Zhan et al., 2021), por lo que almacenar productos a estas temperaturas favorece el crecimiento de hongos patógenos, que reducirían la vida anaquel del producto.

A lo largo del estudio, la cámara COLD STORE de Tejas presentó un número alto de chiles dulces en la escala Morfológica 5, misma que significa que no está apto para el consumo. Su principal problema fue el desarrollo de hongos en la zona peduncular de la baya, mismos que generaron

grandes pérdidas. Esto se amerita a los altos niveles de humedad relativa que favorecen al desarrollo de los hongos, al igual que las temperaturas altas.

El tratamiento control presentó mayormente daños por deshidratación, mismos se atribuye a que el producto baje de calidad. A diferencia de la proliferación de hongos reportada en el COLD STORE de Tejas, el tratamiento control presento mínimos daños por hongos y bacterias que se generaban en el cuerpo de la baya, posiblemente por el rompimiento de células por deshidratación.

El COOLBOT® no presentó problemas mayores por daño de patógenos, esto debido a que las temperaturas bajas y los valores de humedad relativa no eran los aptos para el desarrollo de patógenos. Su pérdida de calidad fue mínima y se debe principalmente a la deshidratación por humedades relativas bajas.

Al día 4 del estudio se puede evidenciar que el COLD STORE de Tejas y el COOLBOT® no tuvieron diferencias significativas durante la escala, mientras que el tratamiento control demostró menor cantidad de chiles en la escala morfológica 1 y mayor cantidad en morfología 2, demostrando el inicio de la maduración y deterioro (Cuadro 10).

Cuadro 10

Clasificación de los chiles dulces presentes en cada tratamiento (COLD STORE de Tejas, COOLBOT® y Control) según categorías de Morfología (MORF 1 - MORF 5) para la evaluación del deterioro del producto al cuarto día del estudio, Zamorano, Honduras.

Tratamientos	MORF 1	MORF 2	MORF 3	MORF 4	MORF 5
COLD STORE de Teja	65.50 a	7.25 b	0.25 a	0.125 a	1.50 a
COOLBOT®	62.75 a	8.25 b	1.625 a	0.00 a	0.125 a
Control	56.00 b	12.25 a	2.25 a	0.625 a	2.00 a
R ²					0.73
% C.V					65.43

Nota. ^{abc}= Letras diferentes dentro de la misma columna indican diferencias estadísticas entre tratamientos ($P \leq 0.05$); % C.V= Coeficiente de Variación (%).

Estudios indican que al día 8 de almacenamiento control no tiene diferencias significativas con el uso de cámara COLD STORE de Tejas, obteniendo valores estadísticamente similares entre ellos

(Martínez, 2022). Contrastando con los obtenidos en este estudio, donde los valores en la sección morfológica 1 fueron mayores en el tratamiento COLD STORE de Tejas, al igual que en la escala Morfología 5 donde se encontraron mayor cantidad de producto no apto para el consumo y comercialización (Cuadro 11).

Al octavo día de almacenamiento, el COLD STORE de Tejas no tuvo diferencias significativas en relación con el COOLBOT® en la escala de Morfología 1. De igual forma, el COLD STORE de Teja obtuvo mayores valores en los parámetros de Morfología 4 y 5, mismos que se deben a la pudrición por hongos en el pedúnculo. Estos valores demuestran el principal problema que presenta el COLD STORE de tejas, por sus temperaturas y valores de humedad relativa altos representan un ambiente óptimo para crecimiento de hongos. Además, el daño mecánico presente en el pedúnculo por malas prácticas culturales al momento de la cosecha facilita la proliferación de los patógenos (Cuadro 11).

Cuadro 11

Clasificación de los chiles dulces presentes en cada tratamiento (COLD STORE de Tejas, COOLBOT® y Control) según categorías de Morfología (MORF 1 - MORF 5) para la evaluación del deterioro del producto al octavo día del estudio, Zamorano, Honduras.

Tratamientos	MORF 1	MORF 2	MORF 3	MORF 4	MORF 5
COLD STORE de Teja	41.75 a	5.75 c	5.625 ab	9.00 a	10.25 a
COOLBOT®	47.125 a	19.375 b	2.625 b	0.00 b	0.25 b
Control	23.375 b	28.5 a	12.00 a	2.375 ab	3.50 ab
R ²					0.73
% C.V					65.43

Nota. ^{abc}= Letras diferentes dentro de la misma columna indican diferencias estadísticas entre tratamientos ($P \leq 0.05$); % C.V= Coeficiente de Variación (%).

Al día 12 del estudio, el COOLBOT® demostró valores significativos en la preservación de productos, mismos que no han perdido su calidad de manera brusca. Por otro lado, en el COLD STORE de Tejas se evidencio un desarrollo acelerado de hongos mismo que se refleja en las diferencias significativas en los parámetros de Morfología 4 y 5 (Cuadro 12).

Cuadro 12

Clasificación de los chiles dulces presentes en cada tratamiento (COLD STORE de Tejas, COOLBOT® y Control) según categorías de Morfología (MORF 1 - MORF 5) para la evaluación del deterioro del producto al día 12 del estudio, Zamorano, Honduras.

Tratamientos	MORF 1	MORF 2	MORF 3	MORF 4	MORF 5
COLD STORE de Teja	23.875 b	7.5 c	6.875 ab	8.625 a	20.75 a
COOLBOT®	46.5 a	15.5 b	3.75 b	0.00 b	0.50 b
Control	13.5 c	28.75 a	16.625 a	1.5 ab	5.75 b
R ²					0.73
% C.V					59.89

Nota. ^{abc}= Letras diferentes dentro de la misma columna indican diferencias estadísticas entre tratamientos ($P \leq 0.05$); % C.V= Coeficiente de Variación (%).

Según estudios en el almacenamiento de Chile, al día 15 el producto almacenado en el área postcosecha y en la cámara COLD STORE de Tejas obtuvieron diferencias significativas en los parámetros de límite comercial, límite de uso y calidad extremadamente mala, siendo el COLD STORE de Tejas el que mostró los mejores resultados entre estas dos (Martínez, 2022).

En el presente estudio al día 16 los chiles ubicados en la cámara COLD STORE de Tejas mantuvo resistencia y firmeza a comparación a de área tratamiento control, donde el COLD STORE de Tejas obtuvo diferencias significativas con el control en todas las escalas, a excepción de Morfología 4 donde no tuvieron diferencias significativas. Cabe recalcar que en la sección Morfológica 5 la cámara de Cold store de Tejas destacó en el deterioro de producto (Cuadro 13).

Al día 16 del estudio se evidenció que el COOLBOT® fue el tratamiento más eficiente donde obtuvo los mejores resultados en la escala, concentrando en su mayoría los productos en una escala de Morfología 1 y morfología 2. Por otro lado, el COLD STORE de Tejas obtuvo diferencias significativas entre los otros tratamientos, donde sus valores se concentraron en la escala de Morfología 5 (Cuadro 13).

Cuadro 13

Clasificación de los chiles dulces presentes en cada tratamiento (COLD STORE de Tejas, COOLBOT® y Control) según categorías de Morfología (MORF 1 - MORF 5) para la evaluación del deterioro del producto al día 16 del estudio, Zamorano, Honduras.

Tratamientos	MORF 1	MORF 2	MORF 3	MORF 4	MORF 5
COLD STORE de Teja	18.25 b	5.00 c	3.75 b	7.00 ab	30.50 a
COOLBOT®	33.625 a	22.75 a	6.125 b	0.00 b	0.50 c
Control	0.00 c	13.375 b	31.625 a	8.375 a	10.00 b
R ²					0.67
% C.V					67.07

Nota. ^{abc}= Letras diferentes dentro de la misma columna indican diferencias estadísticas entre tratamientos ($P \leq 0.05$); % C.V= Coeficiente de Variación (%).

Porcentaje de pérdida de peso de los frutos por deshidratación

Mediante el análisis estadístico se evidenció diferencias significativas a lo largo del estudio desde el día 4 hasta el final entre los tratamientos del COLD STORE de Tejas y el control. De igual forma, el COOLBOT® no demostró diferencias significativas entre los tratamientos los días 4 y 8, mientras que a los días 12 y 16 se encontraron diferencias significativas con el tratamiento control. En los días 12 y 16 el tratamiento COLDSTORE de Tejas y el COOLBOT® no evidenciaron diferencias significativas (Cuadro 14).

Los chiles dulces sometidos a humedades relativas de 60 y 90% tienen una reducción en su peso de un 10 y 6 por ciento respectivamente a los 14 días de almacenados (Nunes et al., 2012). Los chiles dulces almacenados a una temperatura aproximada de 25 °C pierden 7.59 y 18.77 por ciento de su peso a los días 9 y 18 (Rao et al., 2011). Estos datos son similares a los obtenidos en el estudio, donde se expresa que en el control se obtuvieron pérdidas de 10.36 y 18.1 por ciento respectivamente.

También en el mismo estudio encontraron que los chiles almacenados a 10 °C sufren una pérdida de 5.4 y 10.65 por ciento a los días 9 y 18 (Rao et al., 2011). Mientras que, en los resultados obtenidos en el COOLBOT® se expresa una pérdida de 6.56 y 11.23 por ciento a los días 8 y 16.

Los máximos rangos de aceptabilidad de pérdida de peso de los productos de chile dulce oscilan entre 5-12%, ya que pasados estos rangos el deterioro del chile se ve acelerado (Nunes y Emond, 2007). En el estudio podemos determinar que según estos rangos las cámaras COOLBOT® y COLD STORE de Tejas se mantienen dentro de los rangos aceptables al finalizar el estudio, mientras que el tratamiento control sobrepasa estos valores al día 12 del estudio con 14% de pérdida de peso.

Cuadro 14

Peso promedio inicial (kg) y final por chile y cambios en el porcentaje de pérdida de peso por deshidratación (%) del chile dulce almacenado en cada Tratamiento (COLD STORE de Tejas, COOLBOT® y Control) evaluados al día 4, 8, 12 y 16 del estudio para medir su eficiencia a lo largo del tiempo, Zamorano, Honduras.

Tratamientos	Peso promedio inicial por chile (kg)	Día 4 (% PP)	Día 8 (% PP)	Día 12 (% PP)	Día 16 (% PP)	Peso promedio final por chile (kg)
COLD STORE de Teja	0.130 +- 0.012	1.78 b	3.08 b	5.11 b	7.01 a	0.121 +- 0.011
COOLBOT®	0.131 +- 0.001	4.33 ab	6.56 ab	8.81 b	11.23 a	0.216 +- 0.012
Control	0.133 +- 0.011	6.09 a	10.36 a	14.40 a	18.10 b	0.108 +- 0.007
R ²		0.96	0.93	0.97	0.97	
% C.V		15.57	22.06	13.07	10.01	

Nota. ^{abc}= Letras diferentes dentro de la misma columna indican diferencias estadísticas entre tratamientos ($P \leq 0.05$); %PP= porcentaje de pérdida de peso; % C.V= Coeficiente de Variación (%).

Niveles de °Brix Presentes en el Producto

La baja temperatura induce cambios en las propiedades físicas de la membrana celular debido a cambios en el estado físico de los lípidos de la membrana. El daño por frío provoca la liberación de metabolitos como aminoácidos, azúcares y sales minerales de las células (Nyanjage et al., 2005).

La mayor cantidad de sólidos solubles sometiendo el producto a mayores temperaturas, es por ello por lo que a temperaturas de 25 °C obtuvieron 6.4 y 10.8 °Brix a los 9 y 18 días respectivamente. Mientras que a temperaturas de 10 °C obtuvieron 5.3 y 5.8 °Brix a los 9 y 18 días respectivamente (Rao et al., 2011).

Se pudo observar que en los resultados en el COLD STORE de Tejas no se evidenció daños por frío que afecten en el desarrollo de los metabolitos, pero, las temperaturas altas favorecieron a un leve desarrollo en el cambio de coloración. Por otro lado, el COOLBOT® evidenció un incremento leve en los sólidos solubles debido al daño por frío. No obstante, los tratamientos COOLBOT® y COLD STORE de Tejas no presentaron diferencias significativas entre ellos, pero sí destacaron al compararse con el tratamiento Control (Cuadro 15).

Cuadro 15

Cambios en la cantidad de sólidos solubles totales (°Brix) del chile dulce almacenado en cada Tratamiento (COLD STORE de Tejas, COOLBOT® y Control) evaluados al día inicio, 4, 8, 12 y 16 del estudio para medir su eficiencia a lo largo del tiempo, Zamorano, Honduras.

Tratamientos	Inicio	Día 4	Día 8	Día 12	Día 16
COLD STORE de Teja	4.02 a	4.14 ab	4.22 b	4.38 b	4.40 b
COOLBOT®	3.98 a	4.05 b	4.18 b	4.41 b	4.65 b
Control	4.04 a	4.38 a	4.70 a	4.82 a	5.30 a
R ²	0.68	0.76	0.67	0.79	0.82
% C.V	9.50	9.85	11.82	9.49	10.28

Nota. ^{abc}= Letras diferentes dentro de la misma columna indican diferencias estadísticas entre tratamientos ($P \leq 0.05$); % C.V= Coeficiente de Variación (%).

Grosor de los Frutos

A lo largo del estudio se evidenció una tendencia en la disminución del grosor de la baya. Al día 4 del estudio no se encontraron diferencias significativas entre las cámaras COOLBOT® y el tratamiento control, pero la cámara COLD STORE de Teja evidenció diferencias significativas manteniendo los valores más altos de grosor de la baya. Al día 8 se encontraron diferencias significativas entre cada uno de los tratamientos, siendo el COLD STORE de Tejas el mejor en preservar el grosor, seguido del COOLBOT® que refleja menores valores y por último el control con valores bajos. Al día 12 se presentó la misma tendencia que el día 4. Mientras que al día 16 se evidenciaron diferencias significativas entre todos los tratamientos, donde la cámara COLD STORE de Tejas obtuvo los mejores resultados, seguido del COOLBOT® y finalmente el tratamiento Control demostró los resultados más bajos (Cuadro 16).

Humedades relativas mayores a 85% ayudan a mantener el peso de los productos almacenados generando menor pérdida de agua, manteniendo su resistencia y su grosor, mientras que humedades relativas de 60% generan mayores pérdidas de peso que afectan directamente al grosor reduciéndolo significativamente (Del Amor, 2007).

Lo mencionado por Del Amor (2007), respalda los resultados obtenidos en el estudio, donde se pudo evidenciar que la cámara COLD STORE de Tejas con niveles de humedades relativas altas logró preservar de mejor manera el grosor del producto almacenado obteniendo diferencias significativas respecto a todos los tratamientos.

Cuadro 16

Cambios el grosor (mm) del chile dulce almacenado en cada Tratamiento (COLD STORE de Tejas, COOLBOT® y Control) evaluados al día inicio, 4, 8, 12 y 16 del estudio para medir su eficiencia a lo largo del tiempo, Zamorano, Honduras.

Tratamientos	Inicio	Día 4	Día 8	Día 12	Día 16
COLD STORE de Teja	4.60 a	4.68 a	4.88 a	4.86 a	4.53 a
COOLBOT®	3.79 b	3.90 b	3.58 b	3.45 b	3.38 b
Control	4.87 a	3.61 b	2.90 c	3.21 b	2.85 c
R ²	0.92	0.74	0.86	0.83	0.95
% C.V	12.26	21.99	20.29	22.01	11.20

Nota. ^{abc}= Letras diferentes dentro de la misma columna indican diferencias estadísticas entre tratamientos ($P \leq 0.05$); % C.V= Coeficiente de Variación (%).

Calibre de los frutos

El calibre de la baya se ve afectada por diversos factores, como la temperatura y humedad relativa. Al día 4 la baya se mantuvo con niveles similares de calibre entre tratamientos sin tener diferencias significativas. Al día 8 del estudio destaco el tratamiento COLD STORE donde tuvo diferencias significativas con el control, mientras que el COOLBOT® no mostro diferencias significativas entre tratamientos. Al día 12, siguió tendencias similares del día 8. Mientras que al día 16 el COLD STORE de Tejas y el COOLBOT® no tuvieron diferencias significativas entre ellos, pero sí en comparación con el tratamiento control (Cuadro 17).

Cuadro 17

Cambios el calibre (mm) del chile dulce almacenado en cada Tratamiento (COLD STORE de Tejas, COOLBOT® y Control) evaluados al día inicio, 4, 8, 12 y 16 del estudio para medir su eficiencia a lo largo del tiempo, Zamorano, Honduras.

Tratamientos	Inicio	Día 4	Día 8	Día 12	Día 16
COLD STORE de Teja	58.21 a	57.88 a	58.50 a	58.42 a	53.67 a
COOLBOT®	57.88 a	55.83 a	55.88 a	53.50 b	53.04 a
Control	57.58 a	54.21 a	50.08 b	50.63 b	47.42 b
R ²	0.75	0.56	0.81	0.82	0.89
% C.V	9.69	12.30	8.85	8.95	6.42

Nota. ^{abc}= Letras diferentes dentro de la misma columna indican diferencias estadísticas entre tratamientos ($P \leq 0.05$); % C.V= Coeficiente de Variación (%).

Resistencia a la Penetración de los Frutos

Al día 4 del estudio, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos en cuanto a la resistencia a la penetración. Al día 8 del estudio existieron diferencias significativas entre el COLD STORE de Tejas y el control, mientras que el COOLBOT® no muestra diferencias significativas entre tratamientos. Al día 12 se encontraron diferencias significativas entre todos los tratamientos y al día 16 se evidenció unas tendencias similares a la del día 8 con diferencias significativas entre el COLDSTORE y el control, mientras que el COOLBOT® no mostró diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 18).

Las temperaturas bajas al momento del almacenamiento favorecen a que el potencial hídrico de los frutos se mantenga por más tiempo. Así mismo, mencionan que las temperaturas comprendidas entre 5 y 12 °C ayudan a mantener la firmeza sin generar daños por frío (Espinosa et al., 2010).

Se puede observar como las temperaturas de almacenamiento del COOLBOT® lograron conservar medianamente la firmeza de los productos, teniendo diferencias significativas entre los tratamientos siendo superior al tratamiento control.

En estudios realizados mostraron una tendencia de disminución de firmeza del producto mientras más alta es la temperatura, por lo que al día 12 y 18 de almacenamiento a 25 °C los chiles

dulces obtuvieron valores de 5 y 1.45 lb respectivamente. Mientras que a temperaturas de 8 °C estos mantuvieron su firmeza a 6 y 4.5 lb respectivamente. (Miranda, 2020).

La investigación de Miranda (2020) respalda los resultados obtenidos, donde se refleja que a menor temperatura se consiguieron valores mayores en la resistencia a la penetración. Obteniendo diferencias significativas entre los 3 tratamientos, donde el COOLBOT® logró mantener de mejor manera la turgencia con respecto al tratamiento Control. Sin embargo, la cámara COLD STORE de Tejas demostró mejores resultados

Cuadro 18

Cambios en la resistencia a la penetración (lb) del chile dulce almacenado en cada Tratamiento (COLD STORE de Tejas, COOLBOT® y Control) evaluados al día inicio, 4, 8, 12 y 16 del estudio para medir su eficiencia a lo largo del tiempo, Zamorano, Honduras.

Tratamientos	Inicio	Día 4	Día 8	Día 12	Día 16
COLD STORE de Teja	3.65 ab	2.56 a	2.79 a	2.71 a	2.18 a
COOLBOT®	4.06 a	2.71 a	1.84 b	1.58 b	1.42 b
Control	3.20 b	1.76 b	1.33 c	0.94 c	0.83 c
R ²	0.71	0.78	0.85	0.75	0.89
% C.V	33.66	31.63	29.11	53.28	32.03

Nota. ^{abc}= Letras diferentes dentro de la misma columna indican diferencias estadísticas entre tratamientos ($P \leq 0.05$); % C.V= Coeficiente de Variación (%).

pH de los Frutos a lo Largo del Estudio

El pH de las frutas y hortalizas influye directamente en la formación de patógenos, los cuales favorecen el deterioro durante el almacenamiento postcosecha. Se menciona que niveles de pH superiores a 4.5 facilitan el crecimiento de microorganismos patógenos, como *Pseudomonas* y *Erwinia* (Barth et al.).

Durante el estudio, los valores de pH se mantuvieron dentro del rango óptimo para el desarrollo de estos patógenos desde el día de inicio hasta el final del estudio, lo que contribuye a su proliferación en condiciones postcosecha (Cuadro 19).

Cuadro 19

Cambios en los niveles de pH (pH) del chile dulce almacenado en cada Tratamiento (COLD STORE de Tejas, COOLBOT® y Control) evaluados al día inicio, 4, 8, 12 y 16 del estudio para medir su eficiencia a lo largo del tiempo, Zamorano, Honduras.

Tratamientos	Inicio	Día 4	Día 8	Día 12	Día 16
COLD STORE de Teja	5.65 b	5.40 a	5.75 a	5.39 a	5.22 b
COOLBOT®	5.8 a	5.51 a	5.40 b	5.21 b	5.35 a
Control	4.84 c	5.34 a	5.29 b	5.21 b	5.19 b
R ²	0.96	0.80	0.86	0.75	0.75
% C.V	3.95	6.58	3.41	3.38	3.49

Nota. ^{abc}= Letras diferentes dentro de la misma columna indican diferencias estadísticas entre tratamientos ($P \leq 0.05$); % C.V= Coeficiente de Variación (%).

Plagas y Enfermedades

Plagas y Problemas Provenientes del Campo

Se encontraron productos con quemaduras por sol en campo, estos productos fueron retirados y descartados para el estudio. Esto pudo ser posible debido a una deficiencia de calcio que afecta directamente a la pared celular, generando mayor susceptibilidad a enfermedades.

Se evidenció la presencia de *Helicoverpa spp.*, en los productos previos al ingreso a los tratamientos. Esta larva tuvo acción en daño por consumo tanto en la baya como en pedúnculo, consumiéndolo internamente. Estos productos fueron separados y descartados para el estudio.

En los análisis de laboratorio realizados de muestras previas a desinfección, se evidenció una distribución de patógenos de 0-100 con base en el 100% de bacterias y hongos respectivamente. Los hongos fueron identificados a nivel de género, mismo que respondían a *Glomerella spp.*

Plagas y Problemas en COOLBOT®

Los bajos niveles de humedad relativa en el área del COOLBOT® y la corriente de viento del aire acondicionado pueden ser la base de la deshidratación leve que se presenta en este tratamiento, donde se evidenció ser el único problema en cuanto a calidad.

En los análisis para identificación de patógenos se observó que al día 5 se encontraron patógenos a una proporción 50-50 de bacterias y hongos, donde la bacteria identificada fue

Pseudomona Fluorescens y el hongo fue *Glomerella spp.* Al día 10 de estudio la distribución correspondió a 30% de bacterias y 70% de hongos, la bacteria nuevamente fue *Pseudomonas Fluorescens* y los hongos fueron *Lasiodiplodia spp.* Y *Curvularia spp.* Al día final del estudio, los patógenos se distribuyeron en una relación 10% bacteria y 90% hongos, con *Erwinia spp.* Como bacteria predominante y *Lasiodiplodia spp.* y *Glomerella spp.* Presentes.

Plagas y Problemas en COLD STORE de Tejas

Se evidenció en el COLD STORE de tejas la presencia de *Leidyula floridana* conocida comúnmente como babosa de jardín, misma que su alimentación se basa de material vegetativo fresco. Su presencia puede ser ligada debido a los niveles altos de humedad de la cámara que mantienen la frescura del producto. Además, sus daños se evidenciaron en la zona peduncular del producto más no en la baya

También se encontró la presencia de *Lordithon lunulatus*, su presencia puede estar ligada a la presencia de hongos en la cámara debido a que la base de alimentación de este insecto son otros insectos presentes en hongos de épocas veraniegas.

Se evidenció en la primera repetición mayor pudrición apical y presencia de hongos en el pedúnculo en el tratamiento de COLD STORE de Tejas, esto pudo darse debido a las malas prácticas de cosecha donde el pedúnculo queda con heridas abiertas que junto con los altos índices de humedad relativa son de fácil acceso para hongos y bacterias.

En los análisis respectivos al día 10 en el COLD STORE de Tejas se evidenció la presencia de patógenos, mismos distribuidos en una relación 30-70 con base en el 100% distribuida en bacterias y hongos respectivamente. La bacteria fue reconocida perteneciente al género *Erwinia spp* y respecto a hongos se evidencio principalmente *Lasiodiplodia spp.* y *Glomerella spp.*

A los 16 días de almacenamiento en el COLD STORE de Tejas se evidencio la presencia de patógenos, mismos distribuidos en una escala 0-100 en base a 100% distribuida en bacterias y hongos

respectivamente. Los hongos evidenciados fueron principalmente *Aspergillus spp*, *Penicillium spp*. y *Glomerella spp*.

Plagas y Problemas en el Área Postcosecha (Control)

La presencia de insectos se puede dar por la facilidad de entrada y las barreras externas que protejan los cultivos.

La familia de los *Curculionidae* son insectos conocidos como gorgojos o picudos, que pueden afectar diversos cultivos. En el caso del Chile se pueden considerar plagas debido a que consumen las raíces y los frutos causando daños en la baya y problemas de desarrollo del cultivo.

La chinche asesina perteneciente a la familia de los *Reduviidae* es considerada como un organismo benéfico que se alimenta netamente de insectos plagas. Su aparato bucal ayuda a extraer los fluidos de sus presas. En este caso se encuentra en un estadio inmaduro "ninfa".

La especie *Periplaneta australiasea*, conocida comúnmente como cucaracha australiana pertenece a la familia de las *Blattidae*. Estos insectos son oportunistas teniendo un amplio espectro de consumo, son capaces de consumir productos frescos tanto como desechos orgánicos. Es por ello por lo que su presencia viene ligada a la calidad de patógenos. Estos insectos pueden ser vectores de hongos y bacterias.

En el tratamiento control se evidenció mayores índices de deshidratación, esto puede ser a causa de una aceleración en las actividades fisiológicas y bioquímicas por la combinación de baja humedad relativa y altas temperaturas del fruto. Al absorber las reservas del fruto este queda debilitado permitiendo que se genere pudrición desde el cuerpo del fruto y no del pedúnculo a diferencia que en la COLD STORE de Tejas.

En los análisis respectivos al día 5 en el tratamiento control se evidenció la presencia de patógenos, mismos distribuidos en una escala 60-40 en base a 100% distribuida en bacterias y hongos respectivamente. La bacteria fue reconocida perteneciente al género *Erwinia spp* y *Pseudomonas*

fluorescens. En cuanto a los hongos se evidencio principalmente *Colletotrichum spp*, *Acremonium spp* y *Lasiodiplodia spp*.

En los análisis del día 10 en el tratamiento control se evidencio la presencia de patógenos, mismos distribuidos en una escala 30-70 en base a 100% distribuida en bacterias y hongos respectivamente. La bacteria fue reconocida perteneciente al género *Xanthomonas spp*. y el hongo que se evidenció principalmente fue *Lasiodiplodia spp*.

A los 16 días de almacenamiento en el tratamiento control se evidenció la presencia de patógenos, distribuidos en una escala 0-100 en base a 100% distribuida en bacterias y hongos respectivamente. Los hongos evidenciados fueron principalmente *Curvularia spp* y *Glomerella spp*.

Conclusiones

Se logró evaluar la calidad morfológica de los frutos almacenados en las cámaras COOLBOT® y COLD STORE de Tejas. Los resultados indicaron que el COOLBOT® fue más eficiente en preservar las características a nivel macro de morfología y colorimetría de los frutos durante el periodo de almacenamiento de 16 días, mientras que el COLD STORE de Tejas mostró una mayor incidencia de cambios en la apariencia y apariciones de patógenos debido a su elevada humedad relativa.

La evaluación del deterioro del producto a lo largo del tiempo reveló que el COLD STORE de Tejas, con un ambiente más húmedo, consiguió mantener las características de calidad, destacando en las variables de grosor, resistencia a la penetración y % de pérdida de peso al día 16 de estudio, seguido del tratamiento COOLBOT®.

Recomendaciones

Se recomienda que para futuros estudios con tecnologías evaporativas como la cámara de enfriamiento COLD STORE de tejas se realice en áreas donde las corrientes de viento sean constantes y no tenga barreras que impidan su paso.

Se recomienda el uso del COLD STORE de Tejas hasta un máximo de 4 días, en el almacenamiento de chile dulce a condiciones similares a las presentes en este estudio.

Se recomienda probar otro método de desinfección a modo de medir la eficiencia y evitar mojar el producto lo que puede producir pudriciones y crecimiento de colonias patógenas.

Usar un mecanismo que permita incrementar la humedad relativa en la cámara COOLBOT® para que el producto no sufra deshidratación por los bajos niveles de humedad relativa.

Referencias

- Agrologica. (2024). *Guía sobre Refractómetros y Tabla de Grados Brix de Frutas*.
- Artés, F. (2006). El envasado en atmósfera modificada mejora la calidad de consumo de los productos hortofrutícolas intactos y mínimamente procesados en fresco. *Revista Iberoamericana De Tecnología Postcosecha*, 7(2), 61–85.
- Banaras, M., Bosland, P. y Lownds, N. (2005). Effects of harvest time and growth conditions on storage and post-storage quality of fresh peppers (*Capsicum annum* L.), 37(2), 337–344.
- Barth, M., Hankinson, T., Zhuang, H. y Breidt, F. Microbiological Spoilage of Fruits and Vegetables. En *Speber, Doyle (Ed.) 2009 -Compendium of the microbiological spoilage* (pp. 135–183). <https://www.ars.usda.gov/ARUserFiles/60701000/Pickle%20Pubs/p363.pdf>
- Bielinski, S. (2010). *Mejoramiento de la calidad postcosecha a través de buenas prácticas agrícolas un proyecto de impacto inmediato*. USAID.
- Cantwell, M. y Kader, A. (2010). *Produce Quality Rating Scales and Color Charts* (2ª ed.). <https://postharvest.ucdavis.edu/publication/produce-quality-rating-scales-and-color-charts>
- Del Amor, F. M. (2007). Yield and fruit quality response of sweet pepper to organic and mineral fertilization. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 22(3), 233–238. <https://doi.org/10.1017/S1742170507001792>
- dos Santos, R., Pacheco, L., Iribarem, S., Machado, N., Celso, P., Valmor, C. y Costa, A. (2015). Genetic regulation and the impact of omics in fruit ripening. *Plant Omics Journal*, 8, Artículo 2, 78–88.
- Dubey, N. (2016). Use of coolbot technology for construction of low cost-low capacity cold storages on farms.
- Dynaverde. (2018). *Ficha técnica de pimiento ficha (Capsicum annum L.)*.
- Enyiukwu, Basse, Nwaogu, Chukwu y Maranzu (2020). Postharvest Spoilage and Management of Fruits and Vegetables: A Perspective on Small-Holder Agricultural Systems of the Tropics Enyiukwu et al / Greener Trends in Plant Pathology and Entomology. *Greener Trends in Plant Pathology and Entomology*, 3(1), 1–17.
- Espinosa, Pérez, Martínez, Castro y Barrios (2010). Efecto de empaques y temperaturas en el almacenamiento de chile manzano (*Capsicum pubescens* Ruiz y Pavón). *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 16(2), 115–121. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rcsh/v16n2/v16n2a7.pdf>
- Gobierno de México. (2019). *¿Qué es la poscosecha y por qué es importante?* <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/que-es-la-poscosecha-y-por-que-es-importante>
- Gustavsson, J., Cederberg, C., Sonesson, U., Van Otterdijk, R. y Meybeck, A. (2012). *Pérdidas y desperdicios de alimentos en el mundo: Alcances, causas y prevención*. Organizaciones Unidas para la Alimentación y Agricultura.
- Kader, A. (2013). Postharvest Technology of Horticultural Crops - An Overview from Farm to Fork. *Ethiopian Journal of Applied Science and Technology*, 1, 1–8. <https://journals.ju.edu.et/index.php/ejast/article/view/537>

- López, A. C. (2003). Manual para preparación y venta de frutas y hortalizas. *Servicios Agrícolas De La FAO*, 1.
- Martínez, K. (2022). *Análisis comparativo de dos cámaras de enfriamiento cero energía (COLD STORE®) como tecnología alternativa para el almacenamiento postcosecha de tomate (Solanum lycopersicum) dirigido a pequeños productores* [Proyecto Especial de Graduación]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. <https://bdigital.zamorano.edu/items/7028e6d0-6f78-4818-bd37-0f4a9748a322>
- Miranda, F. (2020). *Cambios fisiológicos, daños por frío, perfil químico y extracción de capsaicinoides de frutos de chile serrano (capsicum annum l.) durante su desarrollo y en poscosecha* [Tesis]. Universidad Autónoma de Chapingo, México.
- Nenguwo, N. (2000). *Appropriate Technology Cold Store Construction and Review of Post-harvest Transport and Handling Practices for Export of Fresh Produce from Rwanda*. https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/Pnacq751.pdf
- Nunes, C. y Emond, J.-P. (2007). Relationship between weight loss and visual quality of fruits and vegetables. *Proceeding of the Florida State Horticultural Society*, 120, 235–245.
- Nunes, M., Delgado, A. y Emond, J. P. (2012). Quality curves for green bell pepper (*Capsicum annum* L.) stored at low and recommended relative humidity levels. *Acta Horticulturae*(945), 71–78. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.945.8>
- Nyanjage, M. O., Nyalala, S. P. O., Illa, A. O., Mugo, B. W., Limbe, A. E. y Vulimu, E. M (2005). Extending post-harvest life of sweet pepper (*Capsicum annum* L. 'California Wonder') with modified atmosphere packaging and storage temperature. *Agricultural Tropica Et Subtropica*, 38(2), 28–34.
- OIRSA. (2023). *Guía para el uso de cloro en desinfección de frutas y hortalizas de consumo fresco, equipos y superficies en establecimientos*.
- Omboki, R. B., Marmadou, G., Wu, W. y Xie, X. (2015). *Ripening Genetics of the Tomato Fruit*.
- Parra, A. (1989). Comercialización de frutas y hortalizas. *Ingeniería E Investigación*, 19, 14–19.
- Pérez, C. V. (2014). *Tecnología apropiada para pequeños agricultores: Evaluación de cámara de enfriamiento con cero energía (ZECC)* [Proyecto Especial de Graduación]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. <https://bdigital.zamorano.edu/items/d8cf6031-2a79-42ec-a514-e38019100fda>
- Rao, T. R., Gol, N. B. y Shah, K. K. (2011). Effect of postharvest treatments and storage temperatures on the quality and shelf life of sweet pepper (*Capsicum annum* L.). *Scientia Horticulturae*, 132, 18–26. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.09.032>
- Statista. (2024). *Global production of vegetables in 2022, by type*. Shahbandeh, M. <https://www.statista.com/statistics/264065/global-production-of-vegetables-by-type/>
- Zhan, Z., Xu, M., Li, Y. y Dong, M. (2021). The Relationship between Fungal Growth Rate and Temperature and Humidity. *International Journal of Engineering and Management Research*, 11(3). <https://doi.org/10.31033/ijemr.11.3.13>

Anexos

Anexo A

Cámara COLD STORE de Tejas.



Anexo B

Cámara COLD BOT



Anexo C

Área Postcosecha (Control).



Anexo D

Área de trabajo.










Anexo E

Protocolo de preparación del estudio

Preparación del estudio		
 <p>1. Cosecha</p>	 <p>2. Recepción del producto</p>	 <p>3. Corte del pedúnculo</p>
 <p>4. Desinfección de Patógenos</p>	 <p>5. Secado de los chiles</p>	 <p>6. Distribución al azar</p>
 <p>7. limpieza del área</p>	 <p>8. enjuague del área</p>	 <p>9. Desinfección del área</p>

Anexo F

Protocolo para la toma de datos

Análisis del estudio		
		
1. Pesaje de cesta	2. Separación y conteo (colorimetría)	3. Separación y conteo (aparición)
Análisis por muestra		
		
1) Peso de la muestra.	2) Temperatura interna de la muestra.	3) Diámetro de la muestra.
		 <div data-bbox="1281 1402 1366 1480" style="border: 1px solid black; padding: 2px; font-size: 8px;">Zona de medición de grosor.</div>
4) Longitud de la muestra.	5) Resistencia a la penetración de la muestra.	6) Corte transversal.
		
7) Grosor de la muestra.	8) Grados Brix de la muestra.	9) pH de la muestra.

Anexo H

Sensor de temperatura y humedad relativa HOBO® Pro v2.



Anexo I

Quemadura del chile proveniente del campo



Anexo J

*Gusano del algodón *Helicoverpa Zea* y su daño en producto proveniente del campo.*



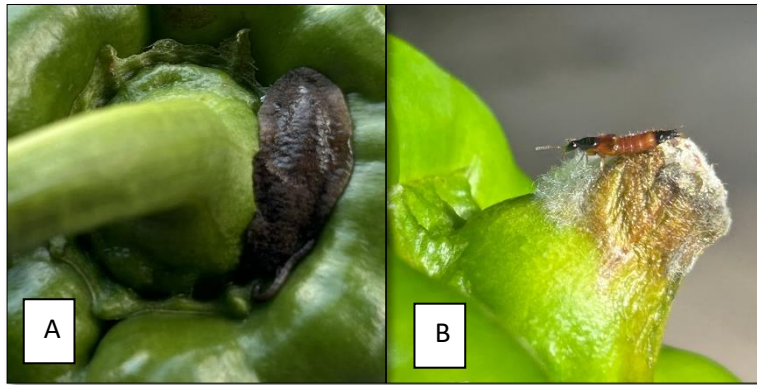
Anexo K

Daño por deshidratación en la cámara de enfriamiento COOLBOT



Anexo L

Aparición de Leidyula floridana (A) y Lordithon lunulatus (B) en la cámara COLD STORE de Tejas.



Anexo M

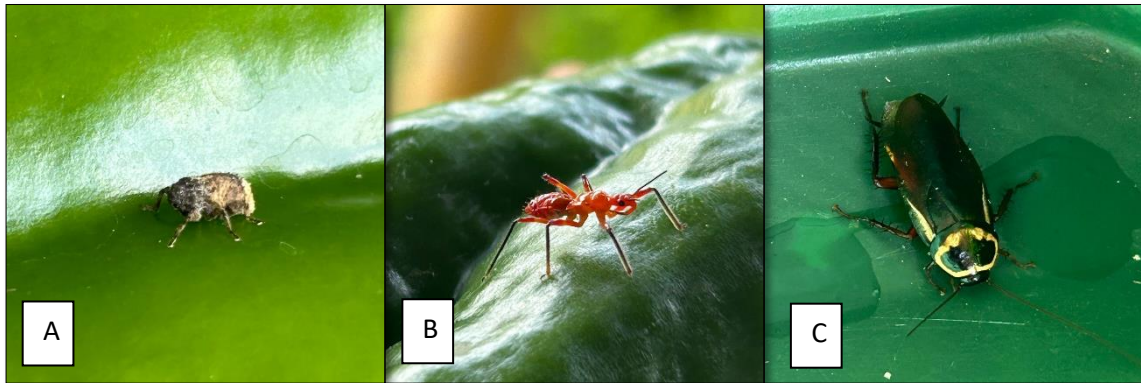
Daños por: pudrición (A) y aparición de hongos en el pedúnculo del fruto (B) en la cámara COLD

STORE de Tejas.



Anexo N

Presencia de Curculionidae (A), Reduviidae (B) y Blattidae (C) en el área postcosecha.



Anexo O

Daños por: pudrición del chile en la baya (A) y mayor deshidratación en el área postcosecha.

