

**Universidad de El Salvador
Facultad de Ciencias Agronómicas**



Efecto del recubrimiento a base de gel de sábila (*Aloe barbadensis miller*) sobre la calidad postcosecha del limón pérsico (*Citrus latifolia Tan.*) en madurez fisiológica.

por

Faustina del Carmen Sandoval Bolaños

**Universidad de El Salvador
Facultad de Ciencias Agronómicas
Departamento de Ingeniería Agroindustrial**



Efecto del recubrimiento a base de gel de sábila (*Aloe barbadensis miller*) sobre la calidad postcosecha del limón pérsico (*Citrus latifolia Tan.*) en madurez fisiológica.

**por
Faustina del Carmen Sandoval Bolaños**

**Presentada como requisito para obtener el
Título de Ingeniero Agroindustrial**

San Salvador, El Salvador, Centro América, 2023

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

MSc. Juan Rosa Quintanilla

SECRETARIO GENERAL

Lic. Pedro Rosalío Escobar Castaneda

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS

DECANO

Ing. Agr. Nelson Bernabé Granados Alvarado

SECRETARIO

M.Sc. Edgar Geovany Reyes Melara

**JEFE DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA
AGROINDUSTRIAL**

Ing. Agr. Humberto Ruíz Mejía

ASESOR DIRECTO

Ing. Agr. M.Sc. Omar Antonio Lara Díaz

TRIBUNAL CALIFICADOR

Ing. Agr. M.Sc. Omar Antonio Lara Díaz

Ing. Agr. Humberto Ruíz Mejía

Ing. Agr. Sara Anabel Mejía Arteaga

COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADUACIÓN

Ing. Haydee Esmeralda Munguía de Pérez

DEDICATORIA

A mi amado Dios, fuente inagotable de fortaleza y guía en cada paso de mi vida, este logro es un testimonio vivo de tu constante presencia y respaldo incondicional. En los momentos desafiantes y en las victorias, he sentido tu mano guiándome.

A mis queridos padres, Vilma Ruth Viana de Sandoval y a mi amado padre Francisco Raúl Sandoval (de grata recordación), les debo más de lo que las palabras pueden expresar. Su amor incondicional y el sólido fundamento que construyeron para mí fueron las bases sobre las cuales crecieron mis sueños y aspiraciones. Cada sacrificio que realizaron en su amor por mí es un capítulo esencial en este logro, y sé que su legado perdurará en cada paso que doy.

A mi esposo e hijos, mis pilares inquebrantables, su presencia ha sido mi mayor motivación y el motor que me impulsó a seguir adelante incluso en los momentos más difíciles. Este logro lleva impreso su amor y es un tributo a nuestra fortaleza como familia.

A mis hermanos, cuyo apoyo incondicional ha sido una constante en este camino, Sus palabras alentadoras y su presencia cercana hicieron más llevadera la carga. Juntos, hemos enfrentado los desafíos y celebrado los triunfos, creando recuerdos que atesoro con cariño.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por ser mi guía y fortaleza. Este logro es un testimonio palpable de tu amor inagotable y tu misericordia constante.

A mis padres, Vilma Ruth Viana de Sandoval y a mi amado padre Francisco Raúl Sandoval (de grata recordación), les debo el cimiento sólido sobre el cual he construido mis sueños.

A mi esposo e hijos, por compartir conmigo cada sacrificio y victoria, por ser mi inspiración y mi mayor razón para seguir adelante.

A mis hermanos, por su apoyo incondicional dando ejemplo de sacrificio, dedicación y lucha que heredamos de nuestros padres, aunque uno de ellos es un Ángel que estoy segura se alegra por mi desde el cielo Ing. Carlos Ernesto Castro y en particular mi gratitud a Dr. Angelica María Sandoval y su esposo por estar siempre presente en cada paso de mi camino y a mi tía Gela, quien desde mi niñez me brinda su amor y apoyo incondicional. Su presencia y sabiduría han sido un regalo invaluable en mi vida.

A la Universidad de El Salvador, especialmente a la facultad de Ciencias Agronómicas mi gratitud por ofrecer la modalidad en línea, esta flexibilidad hizo posible alcanzar este logro. A mis respetados docentes, quienes con su dedicación y pasión por la enseñanza me inspiraron a alcanzar la excelencia académica.

A mis compañeros de carrera porque logramos ser un equipo, nos convertimos en familia y ahora tengo hermanos en distintas partes del país les aprecio y admiro a cada uno de ustedes por su esfuerzo y dedicación; quiero dar un reconocimiento especial a Cecilia Fabiola por nuestras noches de desvelo, por ser apoyo en la parte experimental de la investigación.

Un reconocimiento especial al Ingeniero Omar Lara, mi maestro tutor, Ing. Juan de Dios por su paciencia infinita, su orientación experta y por ser un guía excepcional a lo largo de este proyecto de tesina.

Este logro no es solo mío, sino de cada persona que creyó en mí y me acompañó en este viaje

A todos ustedes, mi familia, amigos, docentes y colegas, les extiendo mi más sincero agradecimiento. Gracias por ser parte esencial de este triunfo.

Tabla de contenido

| | |
|---|----|
| I. Introducción | 1 |
| II. Planteamiento del problema..... | 2 |
| III. Objetivos..... | 3 |
| 3.1 Objetivo General..... | 3 |
| 3.2 Objetivo Específico | 3 |
| IV. Estado del Arte | 4 |
| V. Revisión Bibliográfica..... | 6 |
| 5.1 Limón pérsico (<i>Citrus latifolia Tanaka</i>)..... | 6 |
| 5.1.1 Contenido Nutricional | 6 |
| 5.1.2 Clasificación Taxonómica | 7 |
| 5.1.3 Principales variedades de limón | 7 |
| 5.1.4 Descripción botánica del árbol | 8 |
| 5.1.5 Madurez y cosecha de limón pérsico..... | 9 |
| 5.2 Factores que afectan el Almacenamiento | 11 |
| 5.3 Calidad del fruto. | 12 |
| 5.4 Formas habituales de conservar el limón..... | 13 |
| 5.5 Agentes de recubrimiento | 14 |
| 5.5.1 características de las ceras para frutas | 14 |
| 5.5.2 Tipos de ceras utilizadas..... | 15 |
| 5.6 Sábila (<i>Aloe barbadensis miller</i>) | 16 |
| 5.6.1 Antecedentes del cultivo..... | 16 |
| 5.6.2 Composición de la Gel de sábila..... | 17 |
| 5.6.3 Sábila como recubrimiento para frutas | 17 |
| 5.7 Glicerol de grado alimenticio | 18 |
| VI. Metodología | 19 |
| 6.1 Ubicación del Estudio..... | 19 |
| 6.2 Fase de Campo | 19 |
| 6.2.1 Materiales y equipo | 19 |
| 6.2.2 Descripción de la materia prima..... | 20 |
| 6.2.3 El limón pérsico..... | 20 |
| 6.2.4 La Sábila | 20 |
| 6.2.5 Glicerol de grado alimenticio | 21 |

| | |
|---|----|
| 6.3 Fase de Laboratorio | 22 |
| 6.3.1 Preparación del recubrimiento de Sábila y glicerina | 22 |
| 6.3.2 Aplicación de la cobertura para el limón pérsico | 23 |
| 6.3.3 Determinación de la calidad post cosecha del limón pérsico almacenado a temperatura ambiente..... | 24 |
| 6.3.3.1 Pérdida de peso..... | 24 |
| 6.3.3.2 Medición del color..... | 24 |
| 6.3.3.3 Tasa de respiración..... | 25 |
| 6.3.3.4 Medición de los grados brix | 26 |
| 6.3.3.5 pH | 26 |
| 6.3.3.6 Acidez titulable..... | 27 |
| 6.3.4 Diseño experimental..... | 27 |
| VII. Resultados y discusión..... | 29 |
| 7.1 Pérdida de peso..... | 29 |
| 7.2 pH | 30 |
| 7.3 Grados Brix | 31 |
| 7.4 Tasa de respiración..... | 32 |
| 7.5 Efecto de la acidez titulable..... | 33 |
| 7.6 Color | 34 |
| 7.5.1 Luminosidad del limón pérsico | 34 |
| 7.5.2 Componente verde- rojo (a)..... | 34 |
| 7.5.3 Componente amarillo- azul (b)..... | 35 |
| VIII. Conclusiones..... | 36 |
| IX. Recomendaciones..... | 37 |
| X. Bibliografía..... | 38 |
| XI. Anexos..... | 42 |

Índice de cuadros

| | |
|--|----|
| Cuadro 1: Composición Química del Limón..... | 6 |
| Cuadro 2: Materiales y equipo..... | 19 |
| Cuadro 3: Tratamientos y proporciones..... | 27 |

Índice de Figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1: Limón Pérsico..... | 6 |
| Figura 2: Sábila..... | 17 |
| Figura 3 : Recubrimiento con sábila..... | 17 |
| Figura 4: Limón pérsico en sus etapas de maduración..... | 20 |
| Figura 5: Plantación de sábila..... | 20 |
| Figura 6: Glicerol grado alimenticio..... | 21 |
| Figura 7: Proceso de preparación de la cobertura de sábila y glicerina..... | 22 |
| Figura 8 Proceso de la aplicación de la cobertura para el limón pérsico..... | 23 |
| Figura 9: Pesado del limón pérsico..... | 24 |
| Figura 10: Colorímetro; (A) enfoque del lente, (B) lectura del aparato..... | 25 |
| Figura 11: Medición de la tasa de respiración, (A) preparación de las repeticiones, (B) lectura del aparato..... | 25 |
| Figura 12: Medida de grados Brix, (A) colocando la muestra, (B) lectura de los resultados..... | 26 |
| Figura 13: Medición del PH, (A) preparación de la muestra, (B) lectura del parámetro..... | 26 |
| Figura 14: Titulación, (A) titulación de la muestra, (B) viraje de color rosa suave..... | 27 |
| Figura 15: Pérdida de peso del limón pérsico, medias con letras distintas representan diferencias estadísticamente significativas según la prueba de Tukey con un p-valor de 0.0009 menor a 0.05 (anexo 1)..... | 29 |
| Figura 16: pH de los limones pérsicos, medias con letras iguales representan diferencias no significativas entre tratamientos según la prueba de Tukey, con un p-valor de 0.0983 mayor a 0.05 (anexo 2)..... | 30 |
| Figura 17: Grados Brix del limón pérsico, medias con letras iguales no presentan diferencia significativa según la prueba de Tukey con un p-valor de 0.3922 mayor a 0.05 (anexo 3). | 31 |

| | |
|---|----|
| Figura 18: Tasa de respiración del limo pérsico, medias con letras distintas presentan diferencias significativas según la prueba de Tukey con un p-valor de 0.0001 menor a 0.05 (anexo 5)..... | 32 |
| Figura 19: Porcentaje de ácido cítrico, medias con letras iguales no presentan diferencias significativas según la prueba de Tukey con un p-valor de 0.0924 mayor a 0.05 (anexo 4). | 33 |
| Figura 20: Luminosidad del limón pérsico, medias con letras iguales representa diferencias no significativas entre los tratamientos según la prueba de Tukey con un p-valor de 0.2780 siendo mayor a 0.05 (anexo 6) | 34 |
| Figura 21: Para el componente (a), las medias que presentan letras igual no muestran diferencias significativas según la prueba de Tukey con p-valor de 0.3164 mayor a 0.05.. | 34 |
| Figura 22: Para (b) las medias con letras iguales indican que no existen diferencias significativas entre los tratamientos según la prueba de Tukey con un p-valor de 0.3291 mayor de 0.05..... | 35 |

Índice de anexos

| | |
|--|----|
| Anexo 1: Análisis de varianza para la variable peso..... | 42 |
| Anexo 2 :Análisis de varianza para pH..... | 43 |
| Anexo 3: Análisis de varianza para grados Brix..... | 44 |
| Anexo 4: Análisis de varianza para acidez titulable | 44 |
| Anexo 5: Análisis de varianza tasa de respiración | 45 |
| Anexo 6: Análisis de varianza para color | 46 |
| Anexo 7: Fotografías del montaje de la investigación | 48 |
| Anexo 8: Preparación del recubrimiento..... | 48 |
| Anexo 9: Materia prima para el recubrimiento | 49 |
| Anexo 10: Selección de los limones pérsicos | 49 |
| Anexo 11: Rotulación de los tratamientos | 50 |
| Anexo 12: Estado final del ensayo (día 15.)..... | 51 |
| Anexo 13: Preparación de 300 ml de recubrimiento de sábila y glicerina para 500 limones | 53 |

Resumen

La fase experimental de este estudio se realizó en la Estación Experimental y de prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador en el municipio de San Luis Talpa del departamento de La Paz del 28 de junio al 12 de julio de 2023.

La calidad del limón pérsico en los mercados es afectada en gran medida por la reducción de la turgencia, del peso y de la coloración verde durante el transporte y el almacenamiento. Existen una serie de tecnología orientadas a solventar este tipo de inconvenientes dentro de las cuales se encuentran las películas y recubrimientos comestibles las cuales son elaboradas a partir de una gran variedad de polisacáridos, proteínas, ceras y productos naturales ya sea como componente únicos o combinados con la que se pretende retardar el proceso de maduración y senescencia del fruto. Es por ello que en este ensayo se evaluó el efecto del gel de sábila diluida en diferentes concentraciones de glicerina en frutos de limón pérsico a temperatura ambiente en estado de madurez fisiológica durante 15 días. Los tratamientos establecidos fueron testigo T0, tratamiento uno T1 (25% sábila + 75% glicerina), tratamiento dos T2 (50% sábila + 50% glicerina), tratamiento tres T3 (75% sábila + 25% glicerina). Sobre estos se evaluaron las variables siguientes: pérdida de peso, color, tasa de respiración, grados Brix, pH y acidez titulable, realizando mediciones el día que se estableció el ensayo, el día 5, 8 y 15. Los datos obtenidos fueron analizados en el programa Infostat con un nivel de significancia del 5% mediante el análisis de varianza y la prueba de Tukey.

Los resultados mostraron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados particularmente en el tratamiento (T3) obteniendo menor pérdida de peso y tasa de respiración, en las variables grados brix, acidez titulable, pH y color hubo cambios no significativos según la prueba de Tukey , partiendo de esto podemos decir que el uso de sábila en frutas de limón pérsico ayuda a conservar los atributos de calidad importantes ya que actúa como una barrera protectora que disminuye la transpiración y la respiración del fruto. Mejores resultados se hubieran obtenido almacenando a más baja temperatura ya que el ambiente acelera los procesos metabólicos que llevan los frutos a su senescencia.

ABSTRACT

The experimental phase of this study was carried out at the Experimental and Practice Station of the Faculty of Agricultural Sciences of the University of El Salvador in the municipality of San Luis Talpa in the department of La Paz. From June 28 to July 12, 2023.

The quality of Persian lemon in the markets is greatly affected by the reduction in turgor, weight and green color during transportation and storage. There are a series of technologies aimed at solving this type of problems, among which are edible films and coatings, which are made from a wide variety of polysaccharides, proteins, waxes and natural products, either as single components or combined with which is intended to slow down the process of ripening and senescence of the fruit. That is why in this trial the effect of aloe vera gel diluted in different concentrations of glycerin was evaluated on Persian lemon fruits at room temperature in a state of physiological maturity for 15 days. The established treatments were control T0, treatment one T1 (25% aloe vera + 75% glycerin), treatment two T2 (50% aloe vera + 50% glycerin), treatment three T3 (75% aloe vera + 25% glycerin). The following variables were evaluated on these: weight loss, color, respiration rate, degrees Brix, pH and titratable acidity, making measurements on the day the trial was established, on day 5, 8 and 15. The data obtained were analyzed in the Infostat program with a significance level of 5% using the analysis of variance and the Tukey test.

The results showed significant differences between the treatments evaluated, particularly in treatment (T3), obtaining less weight loss and respiration rate, in the variables degrees brix, titratable acidity, pH and color there were non-significant changes according to the Tukey test, based on This we can say that the use of aloe vera in Persian lemon fruits helps preserve important quality attributes since it acts as a protective barrier that reduces transpiration and respiration of the fruit. Better results would have been obtained by storing at a lower temperature since the environment accelerates the metabolic processes that lead the fruits to senescence.

I. Introducción

Los cítricos, particularmente el limón, tienen un gran valor comercial debido a su alto consumo por la importancia que esto representan en la dieta alimenticia, pero también por sus propiedades medicinales ya que es utilizado para la prevención de enfermedades respiratorias y otras.

A pesar que el limón no es un fruto climatérico siempre se ve afectado por malas prácticas que se realizan durante la cosecha y postcosecha ya que por su naturaleza son productos muy perecederos que alcanzan en un tiempo relativamente corto su madurez comercial, pasando rápidamente a la senescencia y posteriormente su muerte y este efecto es muy notable en frutos climatéricos y en menor cuantía en los no climatéricos.

El proceso fisiológico responsable de todo este deterioro es la respiración ya que a través de todo este proceso el fruto va consumiendo sus sustancias de reserva repercutiendo en su estado físico como es la deshidratación, cambio de color, pérdida de peso, textura, turgencia. Es por ello que es necesario la aplicación de técnicas post cosecha que nos ayuden a ralentizar este proceso. Una de esas técnicas es la aplicación de películas comestibles que tiene como función volver más lento los procesos fisiológicos y metabólicos de los frutos recién cosechados.

En la presente investigación se utilizó gel de sábila (*Aloe barbadensis miller*) sobre la superficie del limón pérsico (*Citrus latifolia Tan.*) recién cosechados para poder mantener sus características organolépticas de calidad hasta su consumidor final.

II. Planteamiento del problema

El cultivo de cítricos, particularmente el limón es una actividad de gran importancia a nivel mundial porque dinamiza la economía de los países productores, pero además contribuye a la dieta humana consumiéndose de diferente forma: el jugo fresco como fuente de vitamina C, usos gastronómicos, cosméticos, etc. Se estima que la producción del limón pérsico a nivel nacional según el Anuario estadístico agropecuario (2020) se cultivan cerca de 1,396 mz de tierra dando una producción de 581,685 qq de limones; la cual se reduce en un 40% debido a las practicas inadecuadas durante su manejo en la fase de cosecha y postcosecha. Algunas prácticas que afectan la calidad del producto están relacionadas a la falta de instalaciones apropiadas para su almacenamiento y al limitado manejo de los factores climáticos de temperatura y humedad relativa que favorecen el deterioro de los frutos por un incremento de la tasa respiratoria que facilita la perdida de sustancias de reservas, dando paso al proceso de senescencia y consiguientemente la muerte.

Durante el almacenamiento y transporte de estas frutas se encuentran elementos físicos químicos y biológicos que afectan la calidad del producto, los cuales pueden causar daños al consumidor final. Se recomienda temperaturas de almacenamiento entre 10 y 18 °C para el limón Pérsico no pierda sus características de calidad.

Una de las tecnologías tendientes a minimizar este problema es el uso de las ceras que se han desarrollado para mejorar los atributos en las frutas, controlando el efecto de los microorganismos causantes del deterioro. En consecuencia, se ve mejorada la apariencia del fruto como es el color, brillo, entre otros factores, disminuyendo la incidencia de microorganismos durante la etapa de almacenamiento. Además, las ceras proporcionan un aspecto brillante a la fruta para reducir la pérdida de peso y disminuir la senescencia durante su almacenamiento, actúan como películas protectoras manteniendo la firmeza de la pulpa por un período más largo de tiempo. En el presente estudio se ha utilizado la gel de sábila que está compuesto principalmente por polisacáridos, para actuar como barrera natural contra la humedad y el oxígeno, factores que pueden acelerar el deterioro de los alimentos. Pero este gel también aumenta la seguridad de los alimentos.

III. Objetivos

3.1 Objetivo General

Determinar el efecto del recubrimiento comestible a base de gel de sábila, para mantener las características de calidad postcosecha del limón p_{ersico} en almacenamiento en madurez fisiol_{ogica}.

3.2 Objetivo Específico

- Medir los parámetros físicos y químicos que constituyen la calidad del limón p_{ersico}.
- Documentar el comportamiento de respiración durante el almacenamiento postcosecha.
- Evaluar el comportamiento en los cambios de color sucedidos en función de los tratamientos y del tiempo de almacenamiento

IV. Estado del Arte

El Limón Pérsico, también conocido como Lima Tahití o Tahití Lime en inglés, es de origen desconocido. Se considera un híbrido entre lima mexicana (*Citrus aurantifolia swingle*) y la cidra (*Citrus medica linn*) puesto que las flores están desprovistas de granos de polen u óvulos viables y los frutos raras veces tienen semilla. Es una fruta relativamente nueva que aparece en los huertos de California en el siglo XIX, presumiblemente procedente de Tahití en Oceanía. En El Salvador se conoció en los años 40's, cuando se estableció la primera plantación en la estación experimental San Andrés. El cultivo se ha extendido a todos los países tropicales del mundo (Vanegas 2002).

El limón pérsico es consumido principalmente en forma fresca, la importación mundial de limón en fresco, es ampliamente mayor a la de jugo; como referencia, en Estados Unidos, el 40% de la producción nacional es destinada a la transformación en jugo. A nivel mundial, los principales países importadores son: Estados Unidos con 179 mil TM (73.4 millones dólares), Alemania con 133 mil TM (95.5 millones dólares), Francia con 122 mil TM (90 millones dólares) y Holanda con 98 mil TM (64 millones dólares). Japón ocupa el séptimo lugar en términos de importación en volumen con 84 mil TM. Sin embargo, respecto al valor de importación, constituye al importador más importante con 126 millones dólares. Esto demuestra que se trata de un mercado altamente exigente en la calidad del limón (MAG 2002).

Para disminuir las pérdidas post cosecha del limón y poder aprovechar el mercado Nacional e internacional se ha seleccionado al aloe vera como un recubrimiento natural para mantener la calidad post cosecha y alargar la vida de anaquel.

Estudios previos han demostrado la eficacia de los recubrimientos en disminuir la tasa de respiración, en este sentido Hernández et al. Sf. Nos muestra que los frutos que fueron tratados y almacenados a 5°C, con un lote testigo (sin recubrimiento). Se evaluaron las variables de: %Daño por Frío (%DF), velocidad de respiración (CO₂), producción de etileno, %Pérdida de Peso (%PP), cambio de color, Sólidos Solubles Totales (STT), %Acidez Titulable (% Ácido Cítrico) y % de jugo.

Los análisis se realizaron por triplicado teniendo como unidad experimental un fruto en intervalos de 6 días. Nuestro resultado muestra que el recubrimiento SemperFresh a menor concentración fue más efectivo ya que indujo un efecto protector contra el DF. Mientras que los frutos tratados a mayor concentración provocaron una incidencia al DF de hasta un 11.16% por lo que se encontraba en la categoría 2 (11-25%, daño moderado) y por tanto no comerciable, presentando un deterioro físico en la parte del flavedo a partir de los 12 días de su almacenamiento lo que demerito su calidad para comercializarlos debido al aumento del DF, sin embargo la parte de interés comestible no presento daños físicos considerables y los parámetros fisicoquímicos (SST, %Ácido Cítrico y %jugo) relacionados con esta parte del fruto no presentaron modificaciones considerables durante el periodo de almacenamiento. El uso del recubrimiento SemperFresh a menor concentración induce mayor protección al DF, no tiene efecto con respecto a la producción de etileno, color, SST y porcentaje de jugo.

Así mismo Corella et al., en el 2020 siguiendo una línea de investigación similar encontraron que el efecto del tratamiento con ácido giberélico y cera de carnauba en frutos de limón persa en dos estados de madurez fisiológica, identificados según la coloración, a 25 ± 2 °C e 85 ± 2 % de humedad relativa, durante 21 días. Los tratamientos establecidos fueron: E2 (frutos no tratados del estado de madurez 2), - E3 (frutos no tratados del estado de madurez 3), E2:AG+C - (frutos tratados del estado de madurez 2), E3:AG+C (frutos tratados del estado de madurez 3). Los tratamientos fueron evaluados en cuanto a la pérdida de masa fresca, pérdida de color verde, actividad respiratoria y producción de etileno. Los resultados mostraron que el tratamiento aplicado ayudó a conservar por más tiempo la coloración verde en los frutos, a reducir la actividad respiratoria, la producción de etileno y la pérdida de masa fresca. El uso de ácido giberélico y cera de carnauba en frutos de limón persa ayuda en la conservación de atributos de calidad importantes, así como también el realizar la cosecha y el beneficiado en el punto óptimo de madurez. Estos estudios sirven de referencia para la aplicación de un recubrimiento comestible como la sábila que se vuelve fundamental para retardar la senescencia de los frutos y alargar sus características durante más tiempo.

V. Revisión Bibliográfica

5.1 Limón pérsico (*Citrus latifolia Tanaka*)

El limón es un fruto de árbol, que pertenece al grupo de los cítricos. El árbol de limón puede llegar a medir hasta 6 metros de altura, sus hojas son brillosas y el fruto es redondo-ovalado con una textura de piel brillante y con pequeños orificios como se observa en la (figura 1).



Figura 1: Limón Pérsico

El limón tiene como característica principal un sabor ácido intenso, y su versatilidad a la hora de querer consumirlo, además es portador de muchas vitaminas y propiedades curativas. Entre las vitaminas que el limón nos brinda están: Vitamina B1 5%, B2 1%, B3 2%, B6 4%, B9 3%, C 64%, E 7%, fósforo, hierro, proteína, bromo, yodo, calcio, magnesio, zinc, cloro, níquel, potasio las más destacadas. El limón nos brinda muchísimos beneficios a la salud, por ejemplo: es excelente actuando contra los resfriados, alivia la migraña, desintoxica el organismo, cura las encías del sangrado, por nombrar solamente unas pocas de ellas (Aloe Eco Park, Martinnav 2016).

5.1.1 Contenido Nutricional

El contenido nutricional detallado y sus porcentajes en 100 g tanto en el limón como en su jugo lo podemos observar en el (cuadro 1).

Cuadro 1: Composición Química del Limón.

| COMPOSICIÓN | En cada 100 g | |
|---------------|---------------|---------------|
| | Limón | Jugo de Limón |
| Agua % | 87.3 | 97.5 |
| Energía Kcal. | 37 | 26 |
| Proteínas g | 0.8 | 0.4 |

| | | |
|----------------------|-------|------|
| Lípidos g | 0.6 | 0.2 |
| Glúcidos g | 9.6 | 7.6 |
| Celulosa g | 1.2 | |
| Calcio mg | 16 | 7 |
| Fosforo mg | 13 | 9 |
| Hierro mg | 0.2 | 0.1 |
| Potasio mg | 120 | 100 |
| Azufre mg | | 9 |
| Sodio mg | | 2 |
| Cloro mg | | 4 |
| Magnesio mg | | 9 |
| Vitamina B mg | | 0.04 |
| Vitamina c mg | 49-90 | 45 |

Fuente: MAG, IICA 2002

5.1.2 Clasificación Taxonómica

Tanaka (1966) clasifica al limón pérsico como una especie denominada *Citrus latifolia*.

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta Clase: Dicotiledóneas

Sub-clase: Arquiclamídeas Orden: Geraniales

Sub-orden: Geraniineas Familia: Rutaceae

Sub-familia: Aurantioideas Género: Citrus

Especie: latifolia

5.1.3 Principales variedades de limón

Existen numerosas variedades de limón en el mundo, las más conocidas y las principales son: Meyer, Colima, Eureka, Lisbon, Femminello, Interdonato, Verna, Fino, Verna, Villafranca, Primofiori, Genova. Todas las clases de limón tienen su peculiaridad física y sobre todo en sabor (Aloe Eco Park, Martinnav 2016).

5.1.4 Descripción botánica del árbol

Es pequeño con muchas ramas o un arbusto arborescente; alcanza una altura de 6 a 7 metros y un diámetro de 5 a 6 metros. Su tronco es corto y sus ramas crecen en varias direcciones por lo que es necesario realizar poda de formación de manera sistemática. Posee brotes con espinas cortas y muy agudas (MAG, IICA 2002).

❖ Hojas

Son oblongas-ovales o elípticas-ovales, de 2.5 a 9 centímetros de largo, 1.5 – 5.5 centímetros de ancho, con la base redondeada, obtusa, el ápice ligeramente recortado (MAG, IICA 2002).

❖ Inflorescencia

Las flores fragantes son portadas en inflorescencias axilares de 1 a 7 flores. Cuando están plenamente expandidas, las flores son de 1.5 a 2.5 centímetros de diámetro con lóbulos del cáliz y pétalos de color blanco amarillento, estos últimos teñidos demorado a lo largo de sus márgenes. Las yemas son blancas en el interior y pequeñas (MAG, IICA 2002).

❖ El fruto

El fruto es un tipo especial de baya denominado Hesperidio, que consiste en una epidermis y una pulpa carnosa de 9 a 12 segmentos característicos (carpelos o lóbulos), unidos alrededor de un eje central. La corteza o epidermis comprende dos partes: una exterior, coloreada, o flavedo y una interior blanca y esponjosa, denominada albedo. El flavedo está cubierto de cera y lleva numerosas células de aceite. Las estomas quedan relegados a la parte de corteza situada entre las glándulas de aceite (Hernández, Rodríguez & Siliézar 2003 citando a Timmer L.W.2002).

Tiene forma oval o de globo, con un ápice ligeramente deprimido, coronados por una cicatriz estilar corta en forma de pezón, tersa y con numerosas glándulas hundidas, de tamaño mediano, con un diámetro ecuatorial que oscila entre 50 y 70 milímetros; la pulpa es verde - amarilla y con ausencia de semillas, es jugosa, ácida y fragante. La cáscara presenta una coloración verde, desde tonalidades intensas hasta claras, es delgada, se rompe fácilmente y tiene sabor amargo. El peso promedio del fruto es de 76 gramos (MAG, IICA 2002).

5.1.5 Madurez y cosecha de limón pérsico.

La maduración de frutos perecederos cosechados tiene gran significado en el sentido que a partir de ahí son manipulados, transportados y comercializados e influye sobre su calidad y vida de almacenaje. Los cítricos una vez cosechados continúan vivos en funciones vitales. Los frutos cítricos corresponden a aquellos denominados no climatéricos, caracterizados por una tasa respiratoria estable y sin cambios después de la cosecha, es decir que su calidad gustativa no se incrementa después de la cosecha y su almacenaje en atmósferas controladas no aumenta su vida (Hernández, Rodríguez & Siliézar 2003). Por el contrario, los cítricos solo son capaces de efectuar un incremento sustancial de los azúcares y una disminución de la acidez mientras están unidos al árbol, lo cual implica que ellos deben ser cosechados ya aptos para el consumo, pues no mejoran sus cualidades gustativas una vez cosechados, si no que con el tiempo el fruto lo que hace es evolucionar hacia la senescencia (Hernández, Rodríguez & Siliézar 2003).

Los frutos alcanzan su madurez, entre los 100 a 120 días después de la floración, con un diámetro mínimo de 4.5 cm, una coloración verde brillante y un contenido mínimo de jugo del 42 % (Hernández, Rodríguez & Siliézar 2003 citando a Campbell, C. W. 1979).

❖ Cosecha.

La cosecha se hace a mano, usando guantes de algodón y de preferencia tijeras especiales para cortar el pedúnculo, teniendo especial cuidado en entresacar, sujetar, desprender y manipular el producto, a fin de reducir pérdidas. Los frutos no deben recolectarse si están mojados por la lluvia o por el rocío de la noche (MAG, IICA 2002).

Deben cosecharse en un estado óptimo de madurez, dependiendo del mercado al cual será ofertado. Una vez cosechado, se limpia y se pone en jvas dependiendo de las calidades o se puede transportar a granel si se vende al por mayor, siempre y cuando se pueda reducir el daño a la cáscara para que sea bien visto por el comprador o consumidor. Para el caso de los frutos de exportación, los cuidados son más exigentes (MAG, IICA 2002).

La práctica de cosecha y transporte de limón pérsico exigen atención para evitar daños, que puedan maltratar los frutos, causar ruptura de células, oleocelosis y pudrición del fruto. Para esto se vuelve necesario, además de los cuidados mencionados, la utilización de un mínimo de materiales y equipo, consistentes en:

- Sacos de lona con capacidad de 20 kg y falso fondo, con cierre de ganchos y correas, de modo que permitan retirar los frutos por abajo, sin causarles daño.
- Cestas o jabas plásticas con capacidad de 27 kg.

Es común observar en el campo que la cosecha de limón pérsico es efectuada por personas sin la debida preparación, utilizando métodos extremadamente dañinos al fruto y a la propia planta. Lo ideal sería realizar la cosecha mediante el uso de tijeras, efectuando el corte al ras del fruto.

❖ Entre los errores más comunes que se observan en la fase de cosecha están:

- El corte de frutos en forma indebida, con el auxilio de varas o ganchos, es una práctica que no solo puede dañar el fruto, sino causar también desgarre de ramas o caída de hojas, flores y frutos pequeños que no han alcanzado su punto comercial.
- Cosecha de frutos mojados, facilitando el apareamiento de manchas oscuras, enfermedades o pudriciones.
- La fruta cosechada y depositada directamente en el suelo, provocando el apareamiento de manchas, lesiones y machacaduras.
- Los frutos son expuestos por mucho tiempo al sol, provocando requemo en la cáscara y alteración en el sabor.
- Cosecha de frutas excesivamente maduras o verdes.

5.2 Factores que afectan el Almacenamiento

❖ Prácticas de cosecha y de manejo

Las magulladuras, picaduras, raspones y otras lesiones mecánicas producirán grandes daños. Por lo tanto, se debe efectuar un manejo cuidadoso y un almacenamiento rápido (Reina, Vargas & Witz 1995).

❖ Respiración

Es una reacción básica de toda la materia vegetal, tanto en los campos como después de la cosecha. En la planta en crecimiento, el proceso se prolonga sin interrupción mientras las hojas sigan fabricando hidratos de carbono, y no puede detenerse, sin dañar a la planta o al producto cosechado. Los productos frescos no pueden seguir reponiendo los hidratos de carbono ni el agua una vez recolectados, por lo que la respiración utiliza el almidón o el azúcar almacenado y se detienen cuando se agotan las reservas de esas sustancias; se inicia entonces un proceso de envejecimiento que conduce a la muerte y la putrefacción del producto (Reina, Vargas & Witz 1995).

❖ Influencia de la disponibilidad de aire en la respiración

El aire contiene alrededor de un 20 % de oxígeno, que es esencial para el proceso normal de respiración de la planta, en el que los almidones se convierten en dióxido de carbono y vapor de agua. Cuando disminuye la disponibilidad de aire y la proporción de oxígeno en el entorno se reduce alrededor del 2 %, la respiración es sustituida por un proceso de fermentación que descompone los azúcares en alcohol y dióxido de carbono, y ese alcohol hace que el producto tenga un sabor desagradable y promueve el envejecimiento prematuro (Reina, Vargas & Witz 1995).

❖ Transpiración

La mayoría de los productos frescos contienen en el momento de la cosecha, del 65 al 95 % de agua. Dentro de las plantas en crecimiento existe un flujo continuo de agua. Esta se absorbe del suelo por las raíces, sube por los tallos y se desprende por las partes aéreas, sobre todo por las hojas, como vapor de agua.

Los productos frescos siguen teniendo agua después de la cosecha, pero a diferencia de las plantas en crecimiento, ya no pueden reponer el agua a partir de la tierra, y tienen que recurrir al contenido de agua que tuvieron en el momento de la recolección. Esta pérdida de agua de los productos frescos después de la cosecha constituye un grave problema, que da lugar a mermas y a pérdidas de peso. Cuando el producto recolectado pierde un 5 a un 10 % de su peso original, empieza a secarse y pronto resulta inutilizable. Para prolongar la vida útil del producto, el nivel de pérdida de agua debe ser lo más bajo posible (Reina, Vargas & Witz 1995).

5.3 Calidad del fruto.

Examinando a grandes rasgos el aspecto de la cosecha, se debe tener presente que hay dos factores que intervienen para valorarla: 1) el volumen total de la producción cosechada, que puede expresarse en número de frutos, o número de cajas cosechadas, por planta y por hectárea; y 2) la calidad de la fruta cosechada. Por supuesto el ideal sería el obtener ambos factores reunidos al mismo tiempo, es decir una buena producción acompañada por una buena calidad de frutos.

La calidad de una fruta cítrica está dada por factores externos e internos bien definidos:

1. Externos:

- Coloración
- Forma uniforme
- Tamaño
- Rugosidad
- Sanidad externa
- Peso
- Firmeza o grosor de la cáscara
- Ausencia de daños mecánicos.

2. Internos:

- Porcentaje de jugo
- Contenido de Sólidos Solubles Totales (SST)
- Contenido de ácidos (A)
- Color de la pulpa. (Hernández, Rodríguez & Siliézar 2003 citando a Morín, C. 1983).

Los atributos que se toman en cuenta para definir la norma de calidad en el mercado internacional son: tamaño, porcentaje de la superficie de color verde oscuro, rugosidad de la cáscara, madurez e integridad del fruto. Los tamaños (calibres) manejados en los mercados estadounidenses y europeos se refieren al número de frutos que pueden contener las cajas de 38 a 40 libras. En Estados Unidos aceptan tamaños de 110 a 250 limones y los países europeos de 200 a 300. El mercado japonés es el más exigente de todos y demanda calibres de 32-36, 40-48 y 52-54 frutos por cajas de 10 libras (Hernández, Rodríguez & Siliézar 2003)

El porcentaje de la superficie de color verde demandado por Japón es del 95 %, Europa del 75 % y estados unidos del 50 al 60 % (Curti-Díaz, S. A. 2000). Por otra parte, el grado de madurez se relaciona con el contenido de jugo, de modo que solo se exporta el producto cuyo contenido de jugo es igual o mayor de 42.7 %, con lo que se garantiza la madurez de los frutos (Hernández, Rodríguez & Siliézar 2003)

Los daños ocasionados por el manejo, hongos e insectos causan rechazo en los productos de exportación, aunque en época de escasez se tolera discrecionalmente un mínimo de daños (Hernández, Rodríguez & Siliézar 2003 citando a Espinoza S.T, et al. 1992).

5.4 Formas habituales de conservar el limón

La técnica más común para darle conservación a los limones después del enfriamiento es el encerado. Con el fin de dar al limón mayor brillo y mejor apariencia al consumidor, se aplica la cobertura de cera. Las coberturas de ceras ayudan a prolongar la vida de anaquel, dar mejor apariencia, mejorar el precio del fruto, disminuir pérdidas en postcosecha, reducir el riesgo de fisuras en el fruto, etc. La gran mayoría de las ceras contienen antioxidantes naturales y las ceras a base de vegetales contienen más de estas sustancias

antioxidantes. Definitivamente el uso de ceras combinadas con otros manejos agrícolas influye en mejores resultados en el proceso de postcosecha brindando producciones verdaderamente favorables (Aloe Eco Park, Martinnav 2016).

5.5 Agentes de recubrimiento

La mayoría de las frutas y verduras forman su propia capa de cera natural para ayudar a retener la humedad. Debe tenerse en cuenta que son productos con una importante cantidad de agua y que, tras la cosecha, continúa con el proceso de maduración. Uno de los procesos a los que se somete la fruta después de recolectarla es un lavado minucioso para quitar la suciedad. Este lavado elimina la cera natural que pueda tener el producto.

Por este motivo, se aplica cera en algunas frutas, con el fin de reemplazar la cera natural que se pierde durante este proceso.

Entre las principales razones para usar estas ceras en ciertas frutas está disminuir la transpiración, prevenir la pérdida de agua, por tanto, inhibir la deshidratación y mejorar la apariencia de los alimentos. Esta técnica, utilizada desde hace muchos años, empezó a usarse para extender la vida útil de frutas como los cítricos. Los agentes de recubrimiento, por eso, forman parte de un proceso industrial en el cual se aplica una sustancia sobre la superficie de un alimento para mejorar, sobretodo, las propiedades sensoriales (Chavarrias 2016).

Los recubrimientos comestibles forman una atmósfera modificada pasiva que puede influenciar diferentes cambios en productos frescos y mínimamente procesados en aspectos tales como actividad antioxidante, color, firmeza, calidad sensorial, inhibición del crecimiento microbiano, producción de etileno y compuestos volátiles como resultado de anaerobiosis (Quintero et al., 2010).

5.5.1 características de las ceras para frutas

Aunque la mayoría de frutas cuentan con su propio recubrimiento de cera natural, tras su recolección éste se va perdiendo, y por eso, se hace necesaria la aplicación de uno nuevo.

Entre otras razones, las ceras para frutas son positivas porque:

- Retrasan la senescencia de los frutos, proceso posterior a la maduración por el cual los frutos se deterioran.
- Reducen la pérdida de peso.

- Mejoran el aspecto general de las frutas.
- Aportándoles un aspecto más saludable.
- Reducen el arrugamiento provocado por la deshidratación.
- Sirven de capa protectora contra agentes nocivo
- Son una ayuda para que se mantenga más tiempo la calidad nutricional de las frutas.
- Incrementan su vida comercial.

Antes de someter a los frutos al proceso de encerado, estos deben ser lavados y desinfectados. Después hay que asegurarse de que están completamente secos antes de aplicar la cera ya que, si no, no se adhiere bien sobre la piel. De la misma manera, tras el encerado las frutas deberán pasar por un proceso de secado, puesto que las ceras están compuestas por formulaciones acuosas que, tras su aplicación, se deben evaporar para que se forme la película de cera (Deco Ibérica 2015).

5.5.2 Tipos de ceras utilizadas

Aquí tienes más información sobre las ceras utilizadas y las frutas sobre las que puede aplicarse.

- **Cera de abejas (E-901)**

producida por las abejas obreras. Puede ser utilizada en cítricos, melones, manzanas, peras, melocotones, piñas, plátanos, mangos, aguacates y granadas

- **Cera candelilla (E-902)**

Se obtiene a partir de las hojas de la planta del mismo nombre. Puede ser utilizada en cítricos, melones, manzanas, peras, melocotones y piñas

- **Cera carnaúba (E-903)**

Se obtiene de las hojas de la planta con el mismo nombre puede ser utilizado en cítricos, melones, manzanas, peras, melocotones, piñas, granadas, mangos, aguacates y papayas.

- **Goma laca (E-904)**

Se obtiene a partir de la secreción resinosa de un insecto llamado gusano de la laca. Puede utilizarse en cítricos, melones, manzanas, peras, melocotones, piñas, granadas, mangos, aguacates y papayas

- **Cera microcristalina (E-905)**

Producto obtenido a partir del refinado del petróleo. Puede utilizarse en melón, papaya, mango, aguacate y piña.

- **Ésteres de ácido montánico (E-912)**

Se trata de un ácido graso saturado que forma parte de ceras como la de abeja. Puede estar presente en cítricos, melón, papaya, mango, aguacate y piña.

- **Cera de polietileno oxidada (E-914)**

Se trata de una resina producida a partir de la oxidación del polietileno y puede utilizarse en cítricos, melón, papaya, mango, aguacate y piña.

- **Éster glicérido de la colofonia de madera (E-445)**

Se trata de una resina natural de color ámbar que producen las coníferas y puede utilizarse en los cítricos.

5.6 Sábila (*Aloe barbadensis miller*)

5.6.1 Antecedentes del cultivo

La sábila es una planta originaria del Norte de África y Arabia. Las mejores condiciones climáticas para este cultivo son climas calurosos con suficiente agua y suelos adecuados, principalmente países que se ubican cercanos a los trópicos

Descripción:

La planta se compone de raíz, tallo, hojas y flores en época de floración. Las hojas crecen alrededor del tallo a nivel del suelo en forma de roseta, planta siempre verde. Tallo de 1 a 2 m de alto, de unos 10 cm de grosor, aplanado.

Hojas carnosas de hasta 40 a 60 cm largo y de aprox. 10 a 15 cm de ancho, aplanadas en la base, con aguijón terminal, lisas. Inflorescencia de hasta 1 a 1,2 m de largo, amarillo anaranjado como se muestra en la (figura 2).



El aloe se cultiva para uso medicinal y como planta decorativa. La corteza representa aproximadamente del 20 al 30% del peso de toda la planta y dicha estructura es de color verde o verde azulado, dependiendo de diversos factores tales como: el lugar, clima o nutrición de la planta.

Figura 2: Sábila

El parénquima, conocido comúnmente como pulpa o gel se localiza en la parte central de la hoja y representa del 65 al 80 % del peso total de la planta (Domínguez 2012).

5.6.2 Composición de la Gel de sábila

El gel está constituido principalmente de agua, mucílagos y otros carbohidratos, ácidos y sales orgánicas, enzimas, saponinas, taninos, heteróxidos antracénicos, esteroides, triacilglicéridos, aminoácidos, ARN, trazas de alcaloides, vitaminas y diversos minerales (Domínguez 2012).

5.6.3 Sábila como recubrimiento para frutas



La planta es tropical o subtropical empleada como planta medicinal con múltiples beneficios y aplicaciones a nivel farmacológico, cosmético, alimenticio y para recubrimiento en frutas como en la (figura 3). A nivel mundial los productos que contienen Aloe vera se incrementan cada vez más y tienen alta demanda en el mercado por ser un recurso natural, económico, y accesible.

Figura 3 : Recubrimiento con sábila

Los recubrimientos comestibles a base del gel de sábila tienen el mecanismo de acción similar a la atmósfera modificada que sirven como: barrera al intercambio gaseoso, vapor de agua y sólidos, disminuyen la pérdida de peso, pérdida de compuestos fenólicos provocada por la oxidación, ayudan a la calidad visual principalmente en los frutos cortados, evitando así un cambio significativo de las características sensoriales, prolongan el tiempo de vida útil, inhiben el rápido crecimiento bacteriano, levaduras y mohos por lo que otorgan seguridad alimentaria para el consumo de las frutas y hortalizas expuestas a estos recubrimientos comestibles. Incluso se pueden considerar como una alternativa natural para los plaguicidas o fungicidas químicos (UCE 2022).

5.7 Glicerol de grado alimenticio

La glicerina vegetal, glicerol o glicerina líquida es también conocida con el nombre de glicerol. Se extrae de algunos aceites vegetales, como el de coco o el de palma, mediante un proceso conocido como hidrólisis. Es un líquido sin color, inodoro, con un sabor dulce y es soluble tanto en agua como en alcohol.

La glicerina vegetal es muy usada por sus propiedades en las industrias cosmética, alimentaria y farmacéutica.

El glicerol se utiliza en preparados médicos y farmacéuticos y en cosmética, principalmente como un medio para mejorar su suavidad, proporcionando lubricación. Debido a que es una sustancia higroscópica, se emplea como humectante, lo que permite elaborar preparaciones que tengan que mantenerse húmedas. También es ampliamente utilizado como laxante y en los jarabes para la tos y expectorantes. El origen de la glicerina es mixto: vegetal y animal. Se extrae de los aceites y grasas animales y vegetales naturales. En cuanto al proceso de obtención hay que decir que se extraen a través del proceso de la destilación, filtrado y solidificación (Lafuente 2017).

VI. Metodología

6.1 Ubicación del Estudio

La investigación se realizó en la Estación Experimental y de Prácticas de la facultad de ciencias agronómicas que está, ubicada en el cantón Tecualuya, Municipio de San Luís Talpa, Departamento de la Paz; a una elevación de 50 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.) con coordenadas geográficas; 13°28'3" Latitud Norte, 89°05'8" Longitud Oeste y Coordenadas Planas de 261.5Km Latitud Norte, 489.6Km Longitud Oeste (UES 2021).

6.2 Fase de Campo

6.2.1 Materiales y equipo

Los materiales y equipos que se utilizaron en la investigación para la conservación del limón pérsico se muestran en el (cuadro 2).

Cuadro 2: Materiales y equipo

| Materiales | Equipos | Utensilios |
|--------------------------------------|------------------------|---------------------------------|
| 128 limones | analizador de gas | Recipientes de acero inoxidable |
| 6 pencas de Sábila | Brixometro | Agitadores |
| Glicerol en grado alimenticio | PH-metro | 16 bandejas |
| Desinfectante | Balanza semi analítica | Cuchillos |
| Fenolftaleína | Colorímetro | Cristalería de laboratorio |
| Agua destilada | | |
| NAOH 0.1 N | | |

Fuente: Propia.

6.2.2 Descripción de la materia prima

6.2.3 El limón pérsico

El limón fue cosechado en Aldea Bolaños municipio de candelaria de la frontera departamento de Santa Ana el día 27 de junio a las 4:00 pm seleccionando los frutos más uniformes en color, peso y tamaño. Con un diámetro polar entre 30-35 mm y diámetro ecuatorial de 20-26 mm; los pesos oscilaron entre 81-103 g, fue cosechado en el estado de madures 2 como se observa en la (figura 4).



Figura 4: Limón pérsico en sus etapas de maduración.

6.2.4 La Sábila

La sábila se cosecho en Aldea Bolaños municipio de Candelaria de la frontera departamento de Santa Ana, seleccionando pencas de buen tamaño y grosor, sanas y sin ningún tipo de golpe como se puede apreciar en la (figura 5), se utilizó un aproximado de 6 pencas que median aproximadamente 60 cm de largo y 8 cm de ancho, para el montaje de 4 repeticiones.



Figura 5: Plantación de sábila

6.2.5 Glicerol de grado alimenticio

El glicerol de grado alimenticio (figura 6) se obtuvo por la compra del producto en la empresa “El trigo” en Santa Ana, que se dedica a la comercialización de materia prima para la panificación. La Glicerina Vegetal VG USP es un gran conservante, edulcorante y humectante. Lo encontraremos en miles de productos del sector alimentario: chicles, bebidas, panadería, productos para diabéticos, es el famoso E422 (Ladco 2023).



Figura 6: Glicerol grado alimenticio

6.3 Fase de Laboratorio

6.3.1 Preparación del recubrimiento de Sábila y glicerina

Para la preparación del recubrimiento fue necesario cortarlas un día antes las pencas de sábila realizando el proceso según la (figura 7).



Figura 7: Proceso de preparación de la cobertura de sábila y glicerina

6.3.2 Aplicación de la cobertura para el limón pérsico

Para aplicar la cobertura se cosecho el limón pérsico en horas de la tarde una vez ingresada a la estación experimental se realizó la sanitización de mesas de trabajo (anexo 8), posteriormente se realizó el proceso que describe la (figura 8).

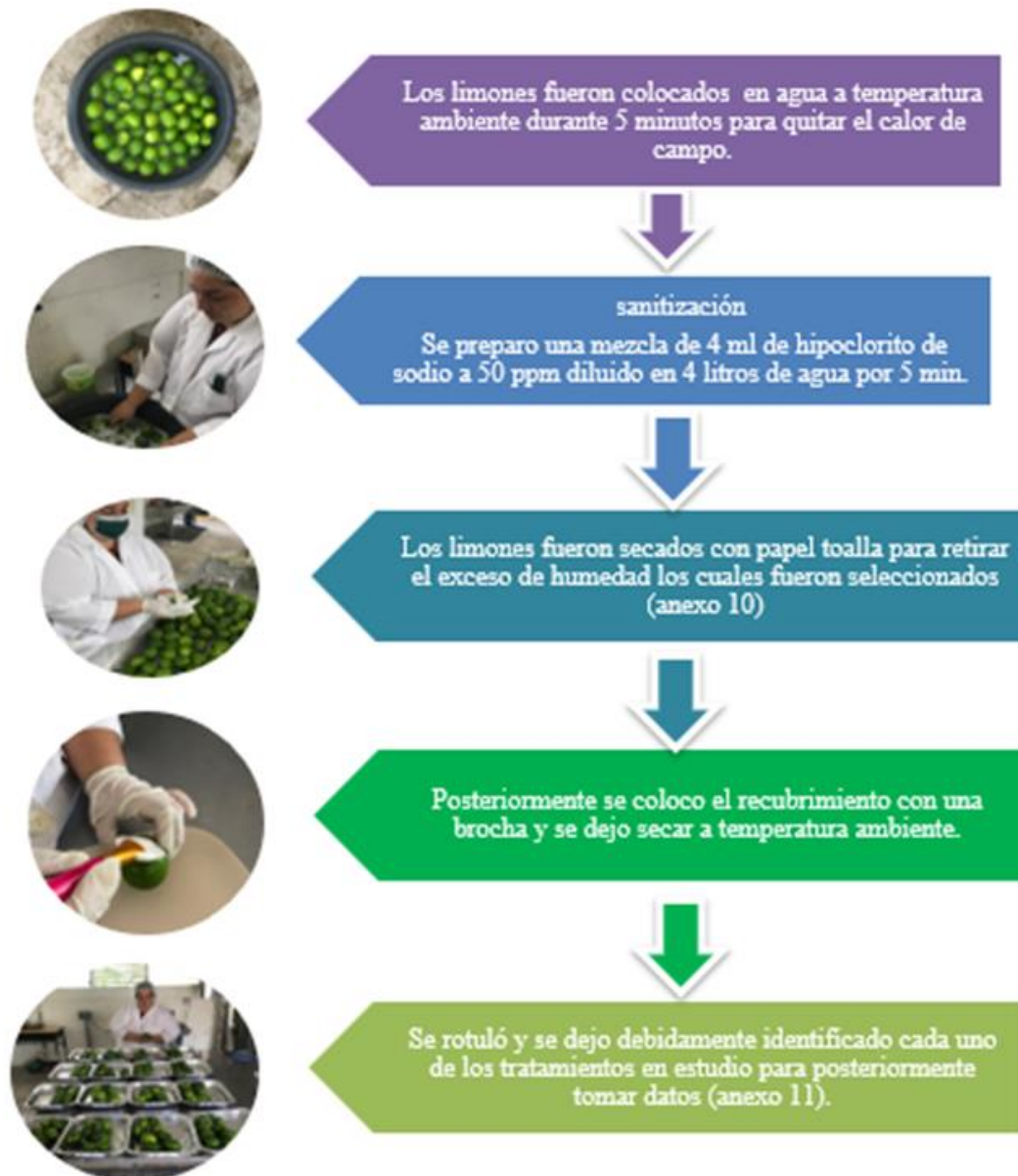


Figura 8 Proceso de la aplicación de la cobertura para el limón pérsico

6.3.3 Determinación de la calidad post cosecha del limón pérsico almacenado a temperatura ambiente

Variables físicas

6.3.3.1 Pérdida de peso

Desde el día cero se registró el peso de los limones para poder cuantificar sus cambios por medio de una báscula digital marca SCALTEC (Figura 9) a temperatura ambiente de (34°C), este proceso se realizó marcando los limones para tener un control en los pesos de cada uno de los tratamientos en estudio.



Figura 9: Pesado del limón pérsico

6.3.3.2 Medición del color

Para determinar el color se utilizó un colorímetro marca Minolta, modelo CR-410 (Figura 10) Para ello se enumeraron los limones sometidos a los distintos tratamiento para que coincidieran en las subsiguientes mediciones que se realizaron en los días 5,8 y 15 posterior al establecimiento del para la toma del color se calibro el aparato y se tomó la lectura de cada uno de los limones en estudio, los valores que se registraron fueron luminosidad (L) y componentes de a y b referidos a los colores rojo, verde, amarillo y azul respectivamente .



Figura 10: Colorímetro; (A) enfoque del lente, (B) lectura del aparato

Variables químicas

6.3.3.3 Tasa de respiración.

Para medir la tasa de respiración se utilizaron frascos de vidrio con un tapón de hule en la parte superior evitando que no hubiese fuga de aire, colocando los frutos dentro, la medición se realizó utilizando un analizador de gases portátil Dansensor checkPoint 3 (Figura 11).

Se tomo el peso de los limones para poder determinar su tasa de respiración en $\text{ml de CO}_2 / \text{kg} \cdot \text{h}$.

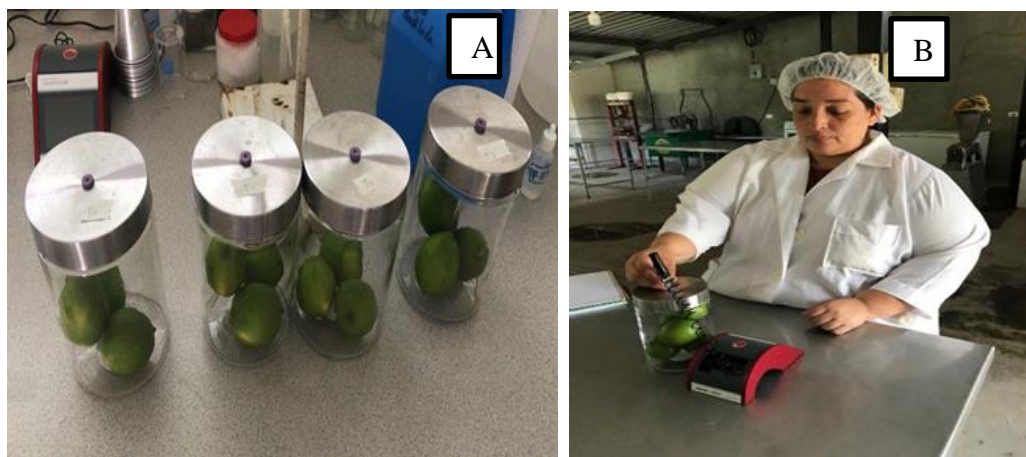


Figura 11: Medición de la tasa de respiración, (A) preparación de las repeticiones, (B) lectura del aparato.

6.3.3.4 Medición de los grados brix

Para la medición de esta variable se extrajo el jugo de un limón por cada unidad experimental del cual se tomó una muestra y se calibro el aparato (marca Milwaukee MAB 871) con agua destilada posteriormente se secó y se colocó la muestra para registrar su lectura como se observa en la (figura 12).



Figura 12: Medida de grados Brix, (A) colocando la muestra, (B) lectura de los resultados.

6.3.3.5 pH

Del jugo extraído para la medición de los grados brix se tomó una muestra para determinar el pH, previo a tomar la lectura, se procedió a calibrar el equipo con agua destilada y se introdujo el aparato en la muestra y se registró la respectiva realizando este procedimiento para todos los tratamientos en estudio (Figura 13).



Figura 13: Medición del PH, (A) preparación de la muestra, (B) lectura del parámetro.

6.3.3.6 Acidez titulable

Para medir la acidez titulable del jugo se realizó mediante la toma de 10 ml de muestra los cuales fueron diluidos en 10 ml de agua destilada dentro de un Erlenmeyer y se colocaron 3 gotas de fenolftaleína como indicador para titular con hidróxido de sodio 0.1 N, hasta notar un viraje de color rosa suave (figura 14).



Figura 14: Titulación, (A) titulación de la muestra, (B) viraje de color rosa suave

6.3.4 Diseño experimental

Para la organización, procesamiento y análisis estadísticos de los datos se utilizó el método estadístico descriptivo como medidas de resumen y representación gráficas haciendo uso del software Infostat para lo que se desarrolló una base de datos con la información obtenida de las variables de los tratamientos en estudio.

Los tratamientos fueron analizados con un diseño completamente al azar (DCA) porque las unidades experimentales son homogéneas y se encuentran distribuidas aleatoriamente, en donde se tendrán los siguientes tratamientos (cuadro 3).

Cuadro 3: Tratamientos y proporciones

| Tratamiento | %sábila | % Glicerol |
|-------------|---------|------------|
| T0 | 0% | 0% |
| T1 | 25% | 75% |
| T2 | 50% | 50% |
| T3 | 75% | 25% |

Se realizaron 4 repeticiones por tratamiento para obtener 16 unidades experimentales con 8 limones cada unidad, con los datos que se obtuvieron se realizó el análisis de varianza para demostrar estadísticamente si había o no diferencias significativas entre los tratamientos, para finalmente realizar las pruebas de comparación de medias y obtener estadísticamente cual tratamientos dará lo mejores resultados. Todo el análisis se realiza con una probabilidad estadística del 5% utilizando el programa Infostat.

VII. Resultados y discusión

7.1 Pérdida de peso

La pérdida de peso en los limones fue de 12.02 g, 11.06g, 10.9 g y 8.83g para los tratamientos T0, T1, T2 Y T3 respectivamente. El tratamiento uno, dos y el testigo tuvieron valores similares sin embargo el tratamiento T3 presento una pérdida de peso estadísticamente menor que el resto de tratamientos (figura 15).

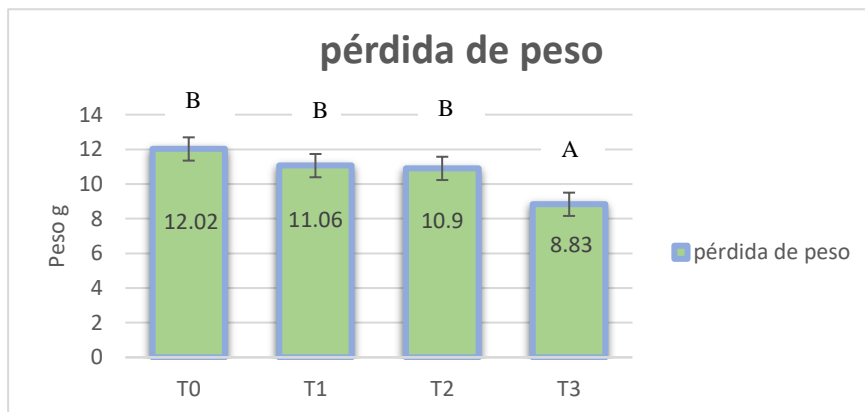


Figura 15: Pérdida de peso del limón pérsico, medias con letras distintas representan diferencias estadísticamente significativas según la prueba de Tukey con un p-valor de 0.0009 menor a 0.05 (anexo 1).

Los resultados observados son similares a los reportados por Corella et al., 2020 quienes indicaron que el recubrimiento de cera de carnauba benefició la conservación del peso y la turgencia de los frutos de limón pérsico, como dos atributos de calidad importantes en los mercados. Por otra parte, los datos generados en la presente investigación en el T3 presentan una disminución estadísticamente significativa de la pérdida de peso, esto probablemente se debe a que la sábila le proporciono una barrera la cual evito la perdida de agua por la transpiración que ocurre a través de las estomas y que fueron bloqueados por la alta concentración de la gel de Aloe (75%). le proporciono una barrera evitando la pérdida de agua del fruto la que se ve reflejada en la menor pérdida de peso. Así mismo Guardado (2023) presento resultados favorables en la variable peso con recubrimiento de sábila en papayas mencionando que esta variable está relacionada con la cantidad de agua interna que los frutos trasladan al ambiente.

7.2 pH

Los valores de pH de los limones pérsicos fueron: 3.23, 2.90, 3.10 y 3.20 para los tratamientos T0, T1, T2 y T3 respectivamente. Todos los tratamientos tuvieron valores similares estadísticamente (figura 16).

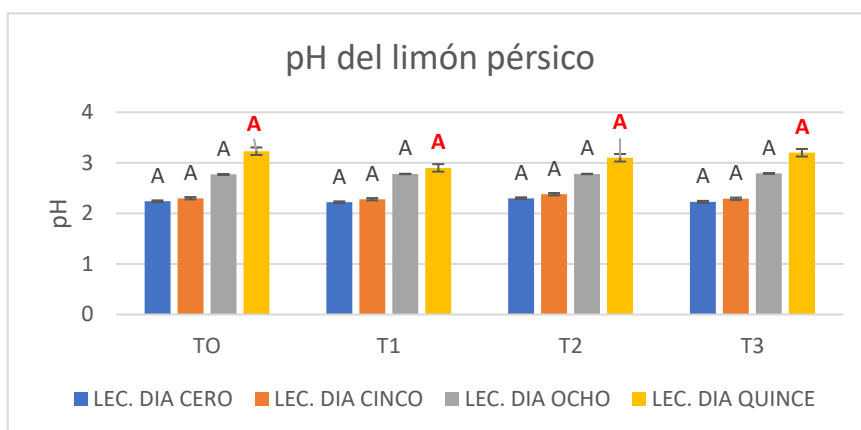


Figura 16: pH de los limones pérsicos, medias con letras iguales representan diferencias no significativas entre tratamientos según la prueba de Tukey, con un p-valor de 0.0983 mayor a 0.05 (anexo 2).

En esta misma línea, pero utilizando quitosano como recubrimiento, Zevallos (2017) manifiesta que la combinación realizada en el tratamiento 5, compuesta por (Quitosano 0.7 (g) al 1 % + sábila. 20 ml al 15% + PVA 10 ml al 0.5 %) para el limón persa; es la que muestra un comportamiento constante en el grado de acidez desde el inicio hasta el final del ensayo manteniendo una mínima variación lo que serviría como complemento en la postcosecha del limón pérsico. Durante este ensayo se observó una tendencia similar entre el testigo y los tratamientos con sábila observando una tendencia creciente en los valores de pH, estos valores aumentan conforme avanza el proceso de maduración debido a que los principales ácidos orgánicos en el limón (cítrico, málico y oxálico) que disminuyen por la actividad de la hidrogenasa, ácido que se utiliza en el proceso respiratorio y se emplea en el metabolismo del fruto (Núñez 2015). Es probable que la variación en el pH es similar debido a que el recubrimiento utilizado y la temperatura de almacenamiento no lograron colocar una barrera en el limón porque la fruta se ve afectada por los factores medio ambientales notándose una tendencia a bajar su acidez que da paso a la maduración y senescencia del fruto.

7.3 Grados Brix

Los grados Brix obtenidos fue de 8.83, 8.70, 8.58 y 8.63 para los tratamientos TO, T1, T2 Y T3 respectivamente, los datos obtenidos entre tratamientos son similares estadísticamente, sin embargo, el tratamiento testigo tuvo un mayor valor que los tratamientos que fueron tratados con sábila (figura 17).

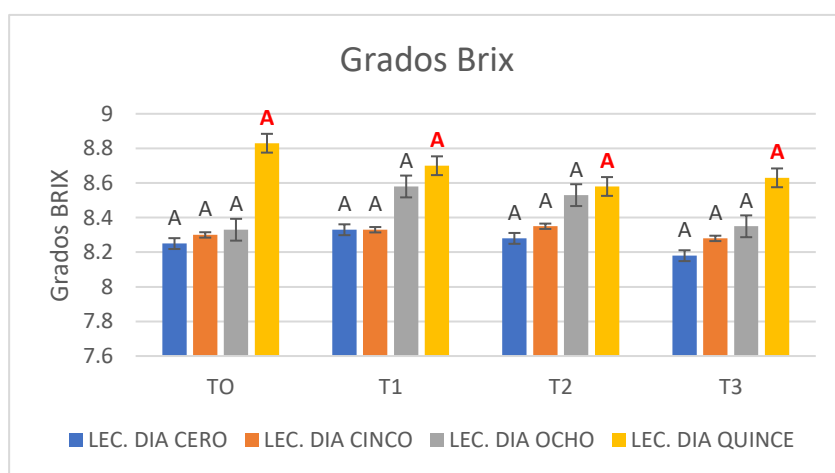


Figura 17: Grados Brix del limón pérsico, medias con letras iguales no presentan diferencia significativa según la prueba de Tukey con un p-valor de 0.3922 mayor a 0.05 (anexo 3).

Resultados similares obtuvo Hernández et al., Sf. Donde observaron el efecto que tuvo la aplicación de esteres de sacarosa SemperFresh® (Alcohol Isopropílico, Etanol e Ingredientes registrados de grado alimenticio), no presentaron efecto en los tratamientos con respecto a la calidad interna de los frutos de limón pérsico.

Sin embargo en este estudio los datos no muestran diferencias significativas entre los tratamientos con sábila ,comparado con el testigo quien muestra mayor concentración de azucares, en general se observar un aumento en los grados brix, posiblemente a medida que el limón se va deshidratando los azucares se van concentrando y aumentando durante el almacenamiento; según Núñez (2015) durante la maduración el incremento de solidos solubles se debe a la hidrolisis de los almidones y otros carbohidratos, así como a la oxidación de ácidos consumidos en la respiración durante el proceso de maduración en las frutas. El gel de sábila no tuvo incidencia en esta variable posiblemente por la temperatura ambiente y por el carácter no-climatérico y fisiología típica de los cítricos particularmente el limón pérsico.

7.4 Tasa de respiración.

La tasa de respiración del limón pérsico fue de 0.04,0.04,0.04 y 0.02 ml de CO₂K⁻¹h para los tratamientos T0, T1, T2 y T3 respectivamente. El tratamiento testigo, T1 y T2 tienen datos iguales y el tratamiento T3 tiene un dato estadísticamente menor que el resto de tratamientos (figura 18).

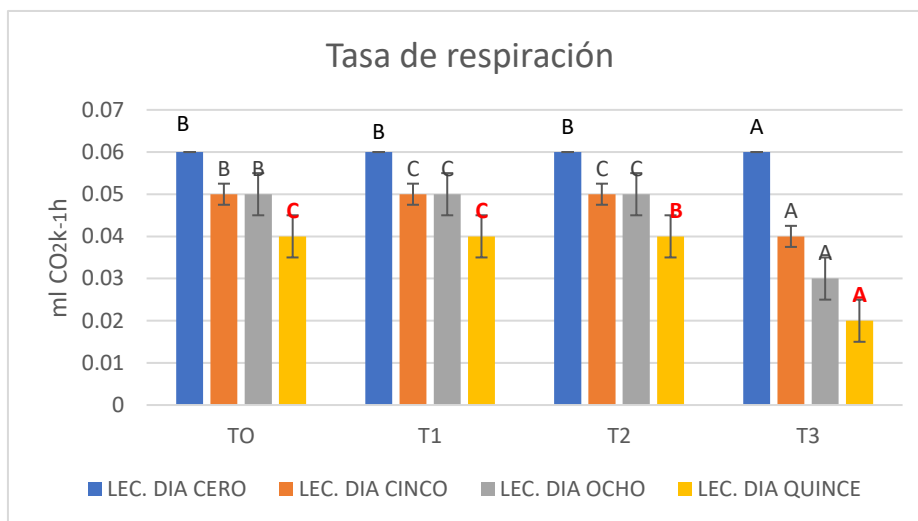


Figura 18: Tasa de respiraci3n del limo pérsico, medias con letras distintas presentan diferencias significativas según la prueba de Tukey con un p-valor de 0.0001 menor a 0.05 (anexo 5).

Los resultados obtenidos por Corella (2020) coinciden con este estudio porque muestran que la actividad respiratoria se mantiene en una tasa menor en los frutos tratados con ácido giberélico y cera en lim3n persa; por otra parte, Martínez (2014) afirma que el recubrimiento de aloe vera redujo significativamente la tasa de respiraci3n en cerezas y uvas. La actividad respiratoria en esta investigaci3n se mantuvo relativamente bajas y con tendencia similar entre tratamientos T1,T2 y observándose una mayor tasa respiratoria en el testigo a lo largo de todo el periodo de almacenamiento, sin embargo el tratamiento T3 con 75% de sábila obtuvo una menor tasa respiratoria comparado con el testigo, este comportamiento pueda deberse a la acci3n de la sábila que probablemente funcion3 como una barrera que disminuy3 la difusi3n del oxígeno atmosférico a través de los estomas en la epidermis hacia dentro de los fruto a pesar de ser el lim3n no climatérico los cuales generan bajo CO₂ durante su maduraci3n.

7.5 Efecto de la acidez titulable

Los datos obtenidos de ácido cítrico fueron de 41.0%,41.3%, 41.4% y 42.4% para los tratamientos T0, T1, T2 Y T3 respectivamente. Los porcentajes son similares y no presentan una diferencia estadística (figura 19).

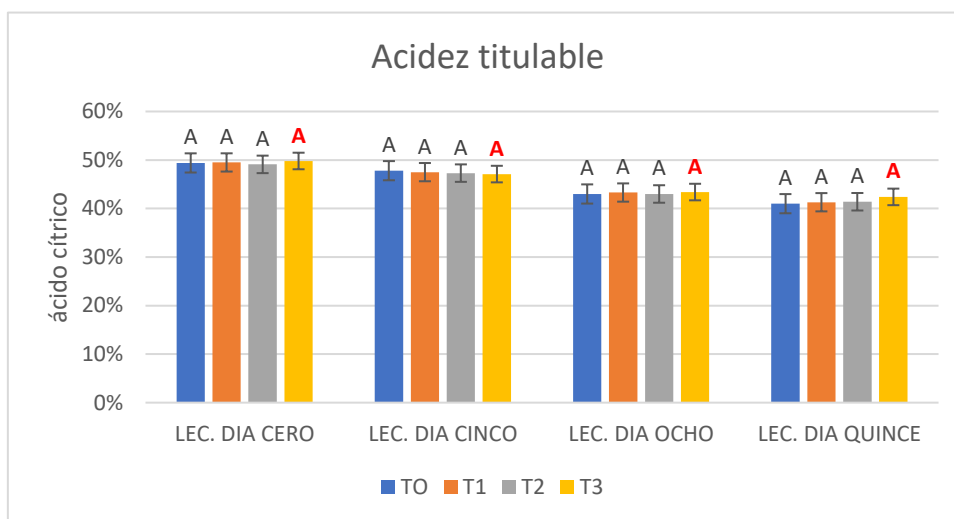


Figura 19: Porcentaje de ácido cítrico, medias con letras iguales no presentan diferencias significativas según la prueba de Tukey con un p-valor de 0.0924 mayor a 0.05 (anexo 4).

En contraposición a los datos obtenidos en esta investigación para esta variable, González (2015) sostiene que cuando utilizó un recubrimiento en guayaba a base de sábila y glicerol, logro retardar cambios en el descenso de la acidez. El recubrimiento en este ensayo tuvo concentración más baja que el tratamiento testigo, el tratamiento T1 y T2 tuvieron porcentajes cercanos, el tratamiento T3 es quien tuvo menos descenso de ácido cítrico; la tendencia de los tratamientos en estudio es de disminución de ácido cítrico, los limones tienen un alto contenido de ácido cítrico debido a la función biológica y al papel que desempeña, contribuye a mantener regulado el pH ácido y actúa como un conservante dentro de la fruta, la concentración de ácido cítrico decrece a medida que el fruto avanza en madurez, los resultados indican que la sábila trabaja débilmente como una barrera en el limón para esta variable ya que los cambios ocurridos en este estudio no es estadísticamente significativa.

7.6 Color

7.5.1 Luminosidad del limón pérsico

El resultado para (L) fueron de 27.92, 32.36, 27.97 y 29.78 para los tratamientos T0, T1, T2 y T3 respectivamente, los tratamientos tuvieron datos similares por lo que no existe estadísticamente diferencia entre los tratamientos (figura 20).

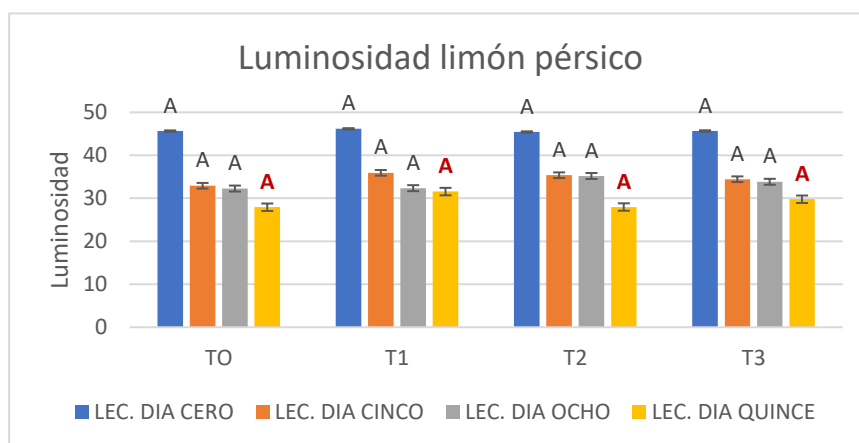


Figura 20: Luminosidad del limón pérsico, medias con letras iguales representa diferencias no significativas entre los tratamientos según la prueba de Tukey con un p-valor de 0.2780 siendo mayor a 0.05 (anexo 6)

7.5.2 Componente verde-rojo (a)

Los valores para (a) fueron de -8.13, -9.79, -8.59 y -9.27 para los tratamientos T0, T1, T2 Y T3 respectivamente, los tratamientos presentan datos similares por lo que no existe diferencias estadísticas (figura 21).

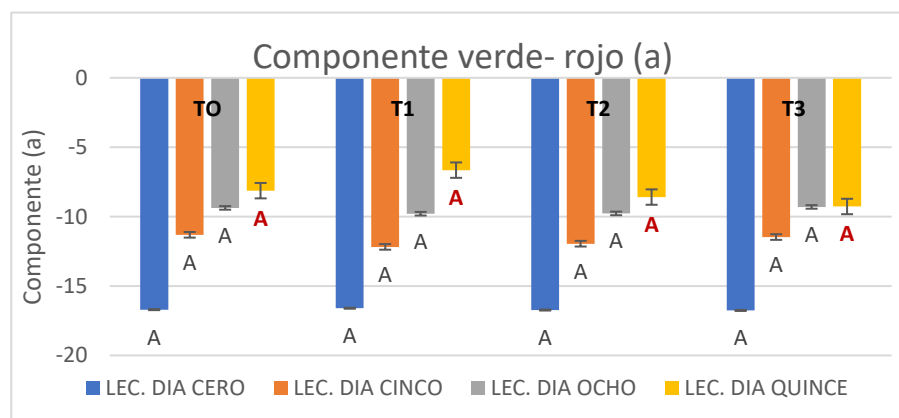


Figura 21: Para el componente (a), las medias que presentan letras igual no muestran diferencias significativas según la prueba de Tukey con p-valor de 0.3164 mayor a 0.05

7.5.3 Componente amarillo- azul (b)

Los resultados en (b) son 14.25,20.05, 15.31 y 17.38 para los tratamientos T0, T1, T2 y T3 respectivamente, los tratamientos muestran datos similares por lo que no existe una diferencia estadísticamente significativa (figura 22).

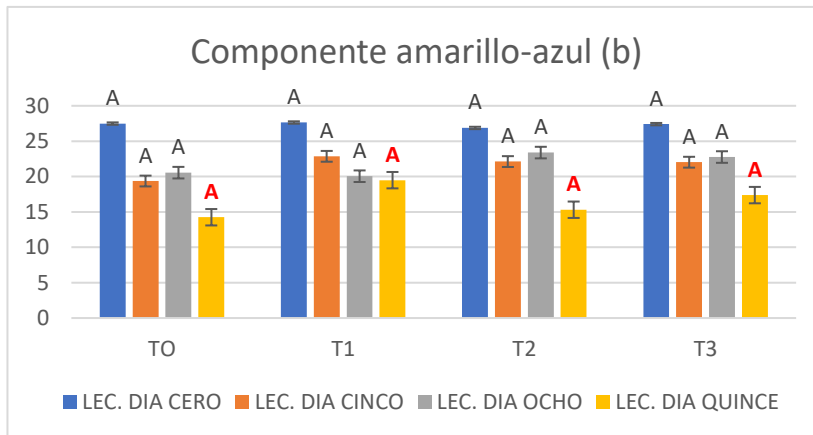


Figura 22: Para (b) las medias con letras iguales indican que no existen diferencias significativas entre los tratamientos según la prueba de Tukey con un p-valor de 0.3291 mayor de 0.05

Los estudios anteriores por Ramírez (2012) afirman que el recubrimiento de gel de sábila promueve un ligero retraso en el desarrollo del color de la epidermis en comparación con el testigo en frutos de mora de castilla. Según García SF. el color del fruto se ve afectado por la luminosidad, cuando existe una baja luminosidad induce frutos amarillos, de menor firmeza y con una mayor presencia de plagas y enfermedades. la coloración del fruto, que va del tono verde oscuro al verde amarillento en la etapa de mayor maduración.

Los parámetros medidos en color no tuvieron diferencias significativas según la prueba de Tukey, pero tanto la luminosidad como los componentes a y b del tratamiento T1 tiene las lecturas más alta, observándose, mejor el color durante el ensayo (anexo12) ya que este puede degradarse por la actividad de la enzima clorofilasa en el flavedo en frutos cítricos que aumenta durante la maduración, a medida que los cloroplastos son reducidos en número y tamaño, simultáneamente se da la síntesis de carotenoides.

VIII. Conclusiones

En los grados brix, acidez titulable y pH no hubo diferencias significativas entre tratamientos mostrando una leve diferencia los tratados con sábila comparados con el testigo demostrando que la sábila coloca una barrera débil en el fruto para estas variables causando que el deterioro del fruto siga su curso lo que no es beneficioso para la comercialización.

El tratamiento T3 con concentraciones de 75% de sábila + 25 % de glicerina presentan resultados favorables en el parámetro peso y tasa de respiración ayudando en gran medida a la conservación de atributos de calidad importantes en frutos de limón, por tanto, sería de mucha ayuda a los productores en las épocas de mayor producción para alargar la vida útil del fruto.

El color de los tratamientos en estudio no mostro diferencias significativas entre tratamientos, sin embargo, el tratamiento T1 presente una leve diferencia perdiendo menos luminosidad, y componentes en a y b, por tanto 25% de sábila propicio una buena barrera para retardar la degradación del color que ocurre con el proceso de maduración del fruto dando un buen aspecto al momento de comercializarlo.

Por medio de esta investigación se establece que el recubrimiento de sábila ayuda a retardar la senescencia del fruto durante 12 días aproximadamente brindando una apariencia más hidratada al fruto en temperatura ambiente.

IX. Recomendaciones

- Para ensayos posteriores es necesario realizar el estudio en temperaturas de almacenamiento controladas y que estas oscilen entre los 10 y 12 grados Celsius y una humedad relativa entre 90 y 95% a fin de ralentizar el proceso de deshidratación.
- El estudio puede realizarse por un tiempo más prolongado para evaluar los cambios que puedan ocurrir en ese periodo de tiempo.
- La aplicación de sábila pueda tener mejores efectos si se realizan una doble capa de recubrimiento para generar una película más gruesa en proporción de 75% de sábila y 25% de glicerina.
- El recubrimiento con 75% de sábila y 25% de glicerina tiene un costo de \$ 2.62 para un ciento de limones (anexo 13).
- Es necesario en estudios posteriores realizar pruebas sensoriales a los tratamientos en estudios.

X. Bibliografía

- Aloe Eco Park, Martinnav. 2016. Buenas Prácticas Agrícolas de Manejo Pre Cosecha y Post Cosecha en Limón (en línea, sitio web). Consultado 23 de julio de 2023. Disponible en <https://aloeecopark.com/buenas-practicas-agricolas-de-manejo-pre-cosecha-y-post-cosecha-en-lim%C3%B3n>
- Chavarrias. Martha, 2016. Cuanto sabes sobre la cera para las frutas. Documento en línea. Consultado en marzo de 2023. Disponible en: <https://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/cuanto-sabes-sobre-la-cera-para-lustrar-frutas.html>
- Corella C, Figueiredo A, Arrieta R & Jacomino A. 2020. Ácido giberélico y cera de carnauba prolongan la calidad del limón persa (*Citrus latifolia* Tanaka) durante el almacenamiento. Revista en línea. Consultada en julio de 2023. Disponible en: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/343/3431370010/html/>
- Deco Ibérica, 2015. Usos y características de las ceras. Documento en línea. Consultado en marzo de 2023. Disponible en: <https://www.deccoiberica.es/usos-caracteristicas-ceras-para-frutas/>
- García María; Botina Azaín Blanca; Martínez Mauricio, López Jairo; Murcia Nubia SF. La calidad y el manejo de la cosecha y la postcosecha de la lima ácida Tahití. Artículo en línea. Consultado en septiembre de 2023. Disponible en: <https://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/download/67>
- González M., 2015 LEA (Universidad Laice Eloy Alfaro de Manabí). Empleo de un recubrimiento comestible natural utilizando la sábila (Aloe vera) para mitigar el deterioro de la guayaba (*Psidium guajava* L). Tesis en línea. Consultada en octubre de 2023. Disponible en: <https://repositorio.ulead.edu.ec/bitstream/123456789/80/1/ULEAM-AGROIN-0006.pdf>

- Guardado V. 2023. UES (Universidad de El Salvador). Recubrimiento comestible natural con base de gel de sábila (*Aloe barbadensis miller*) para la conservación y su efecto en la calidad postcosecha de papaya (*Carica papaya*) variedad Tainung”. Tesina en línea consultada en octubre de 2023. Disponible enfile:///C:/Users/MINEDUCYT/Desktop/DOCUMENTO%20FINAL%20YA%20CORREGIDO%20POR%20TRIBUNAL%20(1).pdf
- Hernández F., Rodríguez O & Siliézar E. 2003. Determinación del tiempo de floracióna fruto de limón pérsico (*Citrus latifolia Tan.*) en 3 diferentes pisos altitudinales(en línea, pdf, tesis). Consultado 22 de julio de 2023. Disponible en <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/1602/1/13100767.pdf>
- Hernández M, Pascual B, Medina J, García H, Manuel A & Vargas Ortiz, Sf. Efectode un recubrimiento comestible en limón persa (*Citrus latifolia Tanaka*) almacenado a 5 °C. Artículo en línea. Consultado en julio de 2023. Disponible en<http://www.itsalamo.edu.mx/investigacion/publicaciones/ARTICULO%20LIMON%20PERSA.pdf>
- Ladco, 2013. Glicerina USP (VG). Documento en línea. Consultado en mayo de2023. Disponible en:<https://www.ladco.com.ar/product/glicerina-vegetal-vg-usp-grado-alimenticio/#:~:text=La%20glicerina%20vegetal%20USP%2C%20no,de%20jab%C3%B3n%20y%20gel%20desinfectante>
- Lafuente Arana, Gustavo 2017. Glicerol: síntesis y aplicaciones. Documento en línea, consultado en abril de 2023.Disponible en: <http://espacio.uned.es/fez/view/bibliuned:master-Ciencias-CyTQ-Glafuen>
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería) & IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2002. Guía Técnica Cultivo del Limón Pérsico (en línea, pdf). Consultado 22 de julio de 2022. Disponible en <http://repiica.iica.int/docs/B0217E/B0217E.PDF>

MAG (Ministerio de agricultura y ganadería), 2002. Mercado de limón pérsico. Boletín en línea consultado en julio de 2023. Disponible en:<http://repiica.iica.int/docs/b0601e/b0601e.pdf>

MAG (Ministerio de agricultura y ganadería), Dirección General de economía agropecuaria 2020. Anuario de estadística agropecuaria (en línea). Consultado en octubre de 2023. Disponible en:file:///C:/Users/MINEDUCYT/Downloads/Anuario_Stat%20Agr%20pecuarias_2019-2020.pdf

Núñez K; Castellano G; Ramírez R; Sindoni M; Hidalgo P. & Marín C, 2015. Efecto del estado de madurez sobre las características fisicoquímicas del limón *Citrus aurantifolia* Chris). Artículo en línea. Consultado en octubre de 2023. Disponible en:https://www.researchgate.net/publication/318813473_Efecto_del_estado_de_madurez_sobre_las_caracteristicas_fisicoquimicas_del_limon_criollo_Citrus_aurantifolia_Chris/50/723-1?inline=1

Quintero, C. Juan; Falguera O, Víctor.; Muñoz & H. Aldemar. 2010. Películas y recubrimientos comestibles: importancia y tendencias recientes en la cadena hortofrutícola. Artículo en línea. Consultado en abril de 2023. Disponible en:<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3628239.pdf>

Ramírez J.,2012. UNAL (Universidad nacional de Colombia). Conservación de mora de castilla (*Rubus glaucus benth*) mediante la aplicación de un recubrimiento comestible de gel de mucílago de penca de sábila (*Aloe barbadensis miller*). Tesis en línea. Consultada en octubre de 2023. Disponible en:<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/9871/71378544.2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Reina C., Vargas E & Witz M. 1995. Manejo postcosecha y evaluación de la calidad para la naranja (*Citrus Sinences*), limón (*Citrus Aurantifolia*) y mandarina (*Citrus*

Reticulata) que se comercializa en la ciudad de Neiva (en línea, pdf). Consultado 22 de julio de 2023. Disponible en <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4698/2/Manejo%20pos cosecha%20y%20evaluacion%20de%20la%20calidad%20en%20limon.pdf>

Rodríguez M. 2002. Guía Técnica. Cultivo de Limón Pérsico (en línea, pdf). Consultado 22 de julio de 2023. Disponible en <https://webquery.ujmd.edu.sv/siab/bvirtual/BIBLIOTECA%20VIRTUAL/DOCUMENTOS%20WEB/0002526-ADDOCCG.pdf>

UCE (Universidad Central del Ecuador), 2022. Recubrimiento comestible a base de gel de Aloe vera como aditivo alimentario para prolongar la conservación de frutas y hortalizas. Tesis en línea. Consultada en marzo de 2023. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/26673/1/FCQ-CQ-VILLEGAS%20EVELYN.pdf>

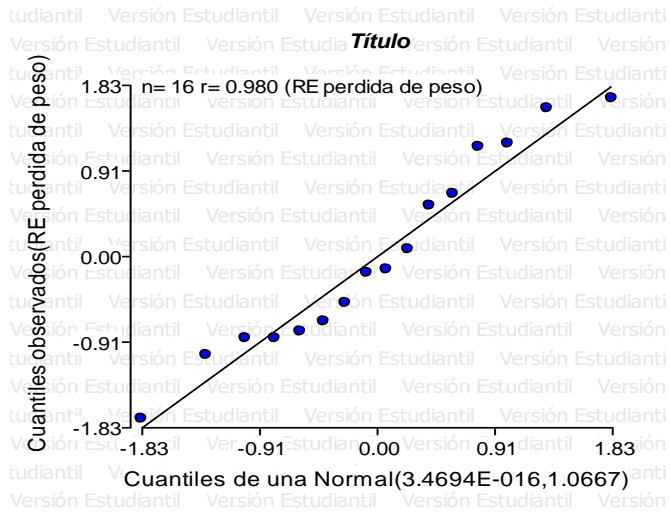
Vanegas, Mauricio de Jesús. 2002. MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). Guía técnica cultivo del limón pérsico. Programa nacional de frutas del EL Salvador en línea. Consultado en julio de 2023. Disponible en: <http://repiica.iica.int/docs/B0217E/B0217E.PDF>

Zevallos Cesar, 2017. formulación y aplicación de un recubrimiento a base de quitosano y gel de sábila (*Aloe vera*) para el tratamiento postcosecha del limón sutil. Tesis en línea. Consultado en septiembre de 2023. Disponible en: http://repositorio.untumbes.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12874/354/TE_SIS-%20ZEVALLOS%20MARCHAN.pdf?sequence=1&isAllowed=y

XI. Anexos

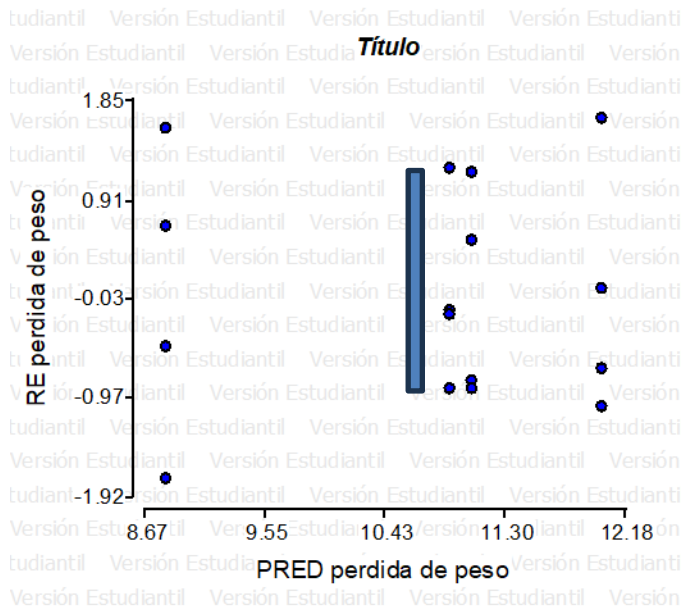
Anexo 1: Análisis de varianza para la variable peso

DISTRUBUCION NORMAL



r: 0.980 mayor a 0.94. presentan una distribución normal

HOMOGENEIDAD DE VARIANZA



La varianza de los tratamientos en estudio presenta varianza homogénea

Análisis de varianza

Análisis de la varianza

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|-----------------|----|----------------|-------------------|------|
| pérdida de peso | 16 | 0.74 | 0.67 | 7.50 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor | |
|-------------|-------|-------|------|-------|---------|--------|
| Modelo | 21.61 | 3 | 7.20 | 11.18 | 0.0009 | |
| Tratamiento | | 21.61 | 3 | 7.20 | 11.18 | 0.0009 |
| Error | 7.73 | 12 | 0.64 | | | |
| Total | 29.34 | 15 | | | | |

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.68486

Error: 0.6441 gl: 12

| Tratamiento | Medias | n | E.E. | |
|-------------|--------|---|------|---|
| T3 | 8.83 | 4 | 0.40 | A |
| T2 | 10.91 | 4 | 0.40 | B |
| T1 | 11.06 | 4 | 0.40 | B |
| T0 | 12.02 | 4 | 0.40 | B |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 2 :Análisis de varianza para pH

Análisis de la varianza

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|----------|----|----------------|-------------------|------|
| PH | 16 | 0.40 | 0.25 | 1.89 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|-------------|------|----|---------|------|---------|
| Modelo | 0.01 | 3 | 4.7E-03 | 2.63 | 0.0983 |
| TRATAMIENTO | 0.01 | 3 | 4.7E-03 | 2.63 | 0.0983 |
| Error | 0.02 | 12 | 1.8E-03 | | |
| Total | 0.04 | 15 | | | |

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.08896

Error: 0.0018 gl: 12

| TRATAMIENTO | Medias | n | E.E. | |
|-------------|--------|---|------|---|
| T1 | 2.22 | 4 | 0.02 | A |
| T3 | 2.23 | 4 | 0.02 | A |
| T0 | 2.24 | 4 | 0.02 | A |
| T2 | 2.30 | 4 | 0.02 | A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 3: Análisis de varianza para grados Brix

Análisis de la varianza

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|----------|----|----------------|-------------------|------|
| BRIX | 16 | 0.21 | 0.02 | 2.40 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|-------------|------|----|------|------|---------|
| Modelo | 0.14 | 3 | 0.05 | 1.09 | 0.3922 |
| TRATAMIENTO | 0.14 | 3 | 0.05 | 1.09 | 0.3922 |
| Error | 0.52 | 12 | 0.04 | | |
| Total | 0.66 | 15 | | | |

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.43806

Error: 0.0435 gl: 12

| TRATAMIENTO | Medias | n | E.E. |
|-------------|--------|---|--------|
| T2 | 8.58 | 4 | 0.10 A |
| T3 | 8.63 | 4 | 0.10 A |
| T1 | 8.70 | 4 | 0.10 A |
| T0 | 8.83 | 4 | 0.10 A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 4: Análisis de varianza para acidez titulable

ANALISIS DE VARIANZA

ANALISI DE VARIANZA

Análisis de la varianza

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|-----------|----|----------------|-------------------|------|
| Acidez t. | 16 | 0.40 | 0.25 | 1.26 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|-------------|---------|----|---------|------|---------|
| Modelo | 2.2E-04 | 3 | 7.3E-05 | 2.70 | 0.0924 |
| TRATAMIENTO | 2.2E-04 | 3 | 7.3E-05 | 2.70 | 0.0924 |
| Error | 3.2E-04 | 12 | 2.7E-05 | | |
| Total | 5.4E-04 | 15 | | | |

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.01090

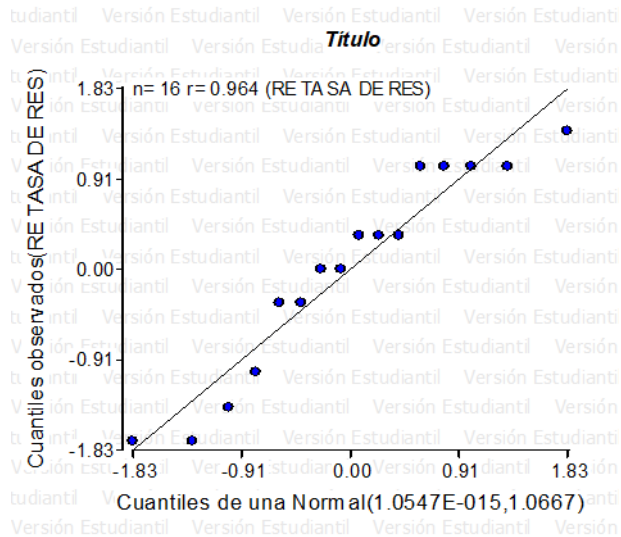
Error: 0.0000 gl: 12

| TRATAMIENTO | Medias | n | E.E. |
|-------------|--------|---|-----------|
| T2 | 0.41 | 4 | 2.6E-03 A |
| T1 | 0.41 | 4 | 2.6E-03 A |
| T0 | 0.41 | 4 | 2.6E-03 A |
| T3 | 0.42 | 4 | 2.6E-03 A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

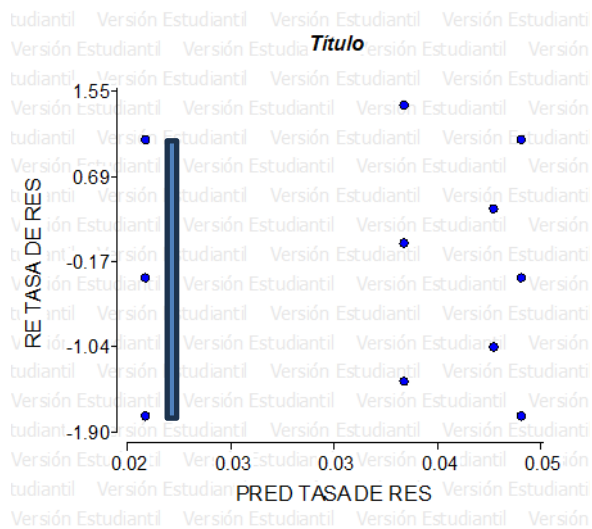
Anexo 5: Análisis de varianza tasa de respiración

Distribución Normal



Con un r de 0.964 es mayor de 0.94, lo que nos indica que los tratamientos se distribuyen de una forma normal.

Homogeneidad de varianza



La varianza de los tratamientos en estudio presentan varianza homogeneas

ANÁLISIS DE VARIANZA

Análisis de la varianza

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|-------------|----|----------------|-------------------|------|
| TASA DE RES | 16 | 0.99 | 0.99 | 2.22 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|-------------|---------|----|---------|--------|---------|
| Modelo | 1.0E-03 | 3 | 3.3E-04 | 482.52 | <0.0001 |
| TRATAMIENTO | 1.0E-03 | 3 | 3.3E-04 | 482.52 | <0.0001 |
| Error | 8.2E-06 | 12 | 6.9E-07 | | |
| Total | 1.0E-03 | 15 | | | |

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.00174

Error: 0.0000 gl: 12

| TRATAMIENTO | Medias | n | E.E. | |
|-------------|--------|---|---------|---|
| T3 | 0.02 | 4 | 4.1E-04 | A |
| T2 | 0.04 | 4 | 4.1E-04 | B |
| T0 | 0.04 | 4 | 4.1E-04 | C |
| T1 | 0.04 | 4 | 4.1E-04 | C |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 6: Análisis de varianza para color

LUMINOSIDAD

Análisis de varianza

Análisis de la varianza

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| l | 16 | 0.27 | 0.08 | 11.78 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|--------------|--------|----|-------|------|---------|
| Modelo | 52.43 | 3 | 17.48 | 1.45 | 0.2780 |
| Tratamientos | 52.43 | 3 | 17.48 | 1.45 | 0.2780 |
| Error | 144.92 | 12 | 12.08 | | |
| Total | 197.35 | 15 | | | |

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=7.29551

Error: 12.0767 gl: 12

| Tratamientos | Medias | n | E.E. | |
|--------------|--------|---|------|---|
| T0 | 27.92 | 4 | 1.74 | A |
| T2 | 27.97 | 4 | 1.74 | A |
| T3 | 29.78 | 4 | 1.74 | A |
| T1 | 32.36 | 4 | 1.74 | A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

COMPONENTE VERDE- ROJO (a)

Análisis de varianza

Análisis de la varianza

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| a | 16 | 0.25 | 0.06 | 14.32 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|--------------|-------|----|------|------|---------|
| Modelo | 6.45 | 3 | 2.15 | 1.31 | 0.3164 |
| Tratamientos | 6.45 | 3 | 2.15 | 1.31 | 0.3164 |
| Error | 19.69 | 12 | 1.64 | | |
| Total | 26.14 | 15 | | | |

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=2.68887

Error: 1.6405 gl: 12

| Tratamientos | Medias | n | E.E. |
|--------------|--------|---|--------|
| T1 | -9.79 | 4 | 0.64 A |
| T3 | -9.27 | 4 | 0.64 A |
| T2 | -8.59 | 4 | 0.64 A |
| T0 | -8.13 | 4 | 0.64 A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

COMPONENTE AMARILLO-AZUL (b)

ANALISIS DE VARIANZA

ANALISIS DE VARIANZA

Análisis de la varianza

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|----------|----|----------------|-------------------|-------|
| b | 16 | 0.24 | 0.05 | 27.12 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|--------------|--------|----|-------|------|---------|
| Modelo | 78.50 | 3 | 26.17 | 1.27 | 0.3291 |
| Tratamientos | 78.50 | 3 | 26.17 | 1.27 | 0.3291 |
| Error | 247.48 | 12 | 20.62 | | |
| Total | 325.99 | 15 | | | |

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=9.53371

Error: 20.6235 gl: 12

| Tratamientos | Medias | n | E.E. |
|--------------|--------|---|--------|
| T0 | 14.25 | 4 | 2.27 A |
| T2 | 15.31 | 4 | 2.27 A |
| T3 | 17.38 | 4 | 2.27 A |
| T1 | 20.05 | 4 | 2.27 A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 7: Fotografías del montaje de la investigación



Sanitización del área de trabajo



Anexo 8: Preparación del recubrimiento



Anexo 9: Materia prima para el recubrimiento



Anexo 10: Selección de los limones pérsicos



Anexo 11: Rotulación de los tratamientos



Inicio del ensayo

Anexo 12: Estado final del ensayo (día 15.)



INICIO DEL ENSAYO



FIN DEL ENSAYO (DURANTE 15 DIAS)



Anexo 13: Preparación de 300 ml de recubrimiento de sábila y glicerina para 500 limones

| | Cantidad | Precio unitario (\$US) | Total (\$US) |
|----------------------------|----------|------------------------|--------------|
| Materiales y equipo | | | |
| Brocha | 1 | \$0.10 | \$0.10 |
| Bandeja | 1 | \$0.10 | \$0.10 |
| Bote de vidrio | 1 | \$0.10 | \$0.10 |
| Glicerina | 150 ml | \$10.00 | \$10.00 |
| sábila | 150 ml | \$0.50 | \$0.50 |
| Mano de obra | 2 hora | \$1.13 | \$2.26 |
| TOTAL (\$US) | | | \$13.06 |

Para preparar 300 ml de recubrimiento se necesitan \$13.06 y se pueden cubrir 500 limones aproximadamente, cada ciento tiene un costo de \$2.62