



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y
URBANISMO ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL
DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL Y COMERCIO
EXTERIOR**

TESIS

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE UN
RECUBRIMIENTO A BASE DE SÁBILA (*Aloe vera*)
Y ACEITE ESENCIAL DE CANELA (*Cinnamomum
verum*) EN EL TIEMPO DE VIDA ÚTIL DEL
TOMATE (*Lycopersicum esculentum Mill*) roma.
LAMBAYEQUE – 2016**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL Y COMERCIO
EXTERIOR**

Autores

Bach. Molocho Flores Luz Violeta

Bach. Orbegoso Moreno Loany Coraly

Pimentel – Enero

2017

TESIS

Evaluación del efecto de un recubrimiento a base de sábila (*Aloe vera*) y Aceite Esencial de Canela (*Cinnamomum verum*) en el tiempo de vida útil del tomate (*Lycopersicum esculentum Mill*). Lambayeque – 2016.

APROBADO POR:

Molocho Flores Luz Violeta
Autor

Orbegoso Moreno Loany Coraly
Autor

Ing. Símpalo López Walter
Bernardo
Asesor Metodológico

Ms. Esquivel Paredes Lourdes
Jossefine
Asesor Especialista

Ms. Castillo Martínez Williams S.
Presidente de Jurado

Ing. Símpalo López Walter
Bernardo
Asesor Metodológico

Ms. Esquivel Paredes Lourdes
Jossefine
Vocal/Asesor de Jurado

DEDICATORIA

A Dios por darme la vida, la fortaleza, sabiduría y salud para llegar a esta etapa muy importante de mi vida.

A mi Mamá mi “Ángel” que aunque no estemos juntas físicamente, he sentido tu amor y protección siempre, lo cual me ha dado fuerzas para vencer adversidades que se han ido presentando.

A mi Padre que me ha demostrado a cada momento su inmenso amor y apoyo para culminar mis estudios universitarios.

A mi hermana Hada, mi compañera y amiga, eres el motor de mi vida.

A mis abuelitos Esperanza y Carlos que han sido un ejemplo de amor, sencillez, perseverancia y esfuerzo.

Molocho Flores Luz Violeta

DEDICATORIA

A Dios por darme la vida y la fortaleza necesaria para culminar mis estudios universitarios.

A mis padres, que son el motor de mi vida, por todo el esfuerzo realizado y por brindarme su apoyo incondicional permitiéndome tener una carrera profesional.

A mi hermano, compañero eterno que está a mi lado en cada etapa de mi vida.

A mi abuela por sus palabras de amor y confianza, que siempre llevo conmigo.

Orbegoso Moreno Loany Coraly

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por infinito amor y por darme fuerzas y valor para culminar esta etapa de mi vida.

A mi padre por su apoyo incondicional, comprensión y esfuerzo para brindarme los recursos necesarios para finalizar mis estudios.

A mi hermana por acompañarme en cada momento y apoyarme siempre.

A mis abuelitos Esperanza y Carlos que son como mis padres, por su dedicación y amor.

A mi asesora de tesis Ms. Lourdes Esquivel Paredes por el conocimiento y tiempo brindado en el desarrollo de la investigación.

A mi compañera de tesis por su esfuerzo y perseverancia para lograr culminar esta investigación, el cual simboliza el fin de nuestra etapa universitaria.

Molocho Flores Luz Violeta

AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradecer infinitamente a Dios por su infinito amor y por darme una vida llena de felicidad y bendiciones.

A mis padres por su constante dedicación, por todo el esfuerzo y trabajo al que se sometieron para brindarme una profesión. No tengo palabras para agradecer el increíble amor que me brindan día a día.

A mi abuela por su infinita paciencia, comprensión y apoyo.

A mi hermano mayor por sus constantes incentivos y fuerzas de aliento.

Agradezco también a mi asesora de tesis por dedicar su tiempo y conocimientos y guiar de principio a fin el desarrollo de la presente tesis.

A los docentes de la escuela de Ingeniería Agroindustrial y Comercio Exterior por brindarnos constante interés y asesoramiento.

Por último agradecer a mi compañera de tesis por acompañarme en este importante proyecto que finaliza nuestra vida universitaria.

Orbegoso Moreno Loany Coraly

RESUMEN

En la actualidad, el tomate es la hortaliza de mayor consumo en el mundo, ya que su producción total al año alcanza los 130 millones de toneladas. En el Perú la producción de tomate asciende a 253 588 toneladas y en la región Lambayeque unas 11178 toneladas para el año 2013. (MINAGRI, 2015).

Las pérdidas poscosecha de las hortalizas se originan principalmente por daños mecánicos, manipulación, almacenamiento inadecuado y transporte incorrecto, en los países subdesarrollados se registran pérdidas entre el 30 – 50 % del total producido.

Entre los principales métodos utilizados para la conservación de hortalizas tenemos altas temperaturas, atmósferas modificadas, radiaciones ionizantes y refrigeración. Sin embargo tanto las altas como bajas temperaturas tienden a dañar al producto. Otro método utilizado es la aplicación de recubrimientos los cuales se adhieren al fruto y/o alimento para su mejorar su apariencia y forman una barrera en cuanto la transferencia de gases lo cual retrasa la maduración del fruto.

El estudio estuvo dirigido a la evaluación del efecto de un recubrimiento a base de sábila (aloe vera) y aceite esencial de canela (*Cinnamomum verum*) en el tiempo de vida útil del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) roma; teniendo como variables independientes: la concentración de Aloe vera, glicerol y aceite esencial de canela y como la interacción de estas influyen en las variables dependientes tasa de respiración, acidez, pérdida de peso y pH.

Para su evaluación se planteó la metodología superficie respuesta con el diseño estadístico D- optimal con 13 tratamientos y una muestra testigo. Se emplearon 40 kilos de tomate variedad roma provenientes del mercado mayorista “Moshoqueque” - Chiclayo libres de insectos, enfermedades y materiales extraños (residuos de fungicidas), exentos de olor extraño, de consistencia firme, con aspecto fresco y saludable, que presentan un estado de madures 1.

En la formulación de recubrimiento se trabajó con proporciones de 50 – 75% de Aloe Vera, 50 – 25% Glicerol y 0.03 – 0.06 de aceite esencial de canela. Las muestras fueron almacenadas a 23 °C con humedad relativa de 48 a 55 % y analizadas durante 12 días; registrando una tasa de respiración máxima de 14.62 mg.CO₂/kg.hr y 10.38% pérdida de peso; y respecto a las características fisicoquímicas un comportamiento semejante, 0.44% acidez y un pH entre 4.43 – 4.49. Luego del análisis estadístico se logró establecer que las concentraciones optimas de aloe vera, glicerol, aceite esencial de canela fueron 59.44%, 40.56% y 0.03% respectivamente la cual fue sometida a un proceso de validación por un periodo de 12 días a las mismas condiciones ambientales.

El análisis microbiológico mostró resultados beneficiosos para la conservación del fruto, presentó ausencia de carga microbiana a lo largo del almacenamiento. Lo cual comprueba que los dos componentes pueden ser utilizados como fungicidas naturales reemplazando a los productos sintéticos.

Palabras clave: Aloe Vera, Aceite Esencial de Canela, Recubrimiento, Tomate. Mohos.

Índice

| | |
|---|-----------|
| INTRODUCCIÓN | 12 |
| CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN | 14 |
| 1.1. Situación Problemática..... | 14 |
| 1.2. Formulación del Problema: | 16 |
| 1.3. Delimitación de la Investigación | 16 |
| 1.4. Justificación e importancia de la Investigación: | 16 |
| 1.5. Limitaciones de la Investigación..... | 17 |
| 1.6. Objetivos de la Investigación: | 18 |
| CAPITULO II: MARCO TEÓRICO | 19 |
| 2.1. Antecedentes de la investigación:..... | 19 |
| 2.2. Estado del arte | 24 |
| 2.3. Bases teórico científicas:..... | 26 |
| 2.3.1. El tomate..... | 26 |
| 2.3.2. Aloe Vera | 38 |
| 2.3.3. Glicerol..... | 39 |
| 2.3.4. TWEN 80..... | 39 |
| 2.3.5. Tecnología Poscosecha | 39 |
| 2.3.6. Manejo poscosecha del tomate:..... | 40 |
| 2.3.7. Aplicación de Frío | 41 |
| 2.3.8. Modificación de atmósferas | 42 |
| 2.3.9. Tratamientos Hormonales:..... | 42 |
| 2.3.10. Fisiología de la respiración: | 42 |
| 2.3.11. Recubrimiento Comestible | 44 |
| 2.3.12. Tipos de recubrimientos | 44 |
| 2.3.12.1. Recubrimiento en bicapa | 44 |
| 2.3.12.2. Recubrimiento emulsificado | 44 |
| 2.4. Definición de terminología..... | 45 |
| CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO | 47 |
| 3.1. Tipo y Diseño de investigación: | 47 |
| 3.1.1. Tipo de Investigación:..... | 47 |
| 3.1.2. Diseño de la investigación..... | 47 |

| | | |
|---|---|-----------|
| 3.2. | Población y muestras | 47 |
| 3.3. | Hipótesis | 48 |
| 3.4. | Operacionalización de las variables | 49 |
| 3.5. | Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos | 49 |
| 3.5.1. | Materia prima: | 49 |
| 3.5.2. | Reactivos e insumos: | 49 |
| 3.5.3. | Materiales complementarios: | 49 |
| 3.5.4. | Equipos e instrumentos: | 50 |
| 3.6. | Procedimiento para la recolección de datos | 50 |
| 3.6.1. | Procedimiento para la obtención del gel de sábila (<i>Aloe Vera</i>) | 50 |
| 3.6.2. | Procedimiento para la formulación del Recubrimiento | 51 |
| 3.6.3. | Aplicación de Recubrimiento: | 52 |
| 3.6.4. | Análisis fisicoquímicos | 53 |
| 3.6.4.1. | Determinación de la acidez: | 53 |
| 3.6.4.2. | Determinación de pH: | 54 |
| 3.6.4.3. | Determinación del contenido de sólidos solubles: | 54 |
| 3.6.4.4. | Medición de la tasa de respiración | 54 |
| 3.6.4.5. | Medición de la transpiración: | 55 |
| 3.6.4.6. | Análisis microbiológico | 55 |
| 3.7. | Plan de análisis estadístico de datos | 55 |
| 3.8. | Criterios éticos | 56 |
| 3.9. | Criterios de rigor científico | 56 |
| CAPITULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS | | 57 |
| 4.1. | Acondicionamiento de materia prima para obtención de gel de Aloe vera 57 | |
| 4.2. | Formulación de recubrimiento | 58 |
| 4.3. | Acondicionamiento de materia prima para la aplicación de recubrimiento 58 | |
| 4.4. | Evaluación de las variables dependiente | 60 |
| 4.4.1. | Tasa de Respiración | 60 |
| 4.4.2. | Porcentaje de acidez | 68 |
| 4.4.3. | Pérdida de peso | 75 |
| 4.4.4. | Ph | 82 |
| 4.5. | Evaluación estadística de las variables dependiente | 89 |
| 4.5.1. | Matriz del Proceso Experimental | 90 |
| 4.5.2. | Tasa de respiración | 91 |

| | |
|--|------------|
| 4.5.3. Acidez..... | 96 |
| 4.5.4. Transpiración | 102 |
| 4.5.5. pH | 107 |
| 4.5.6. Optimización de las variables..... | 113 |
| 4.5.7. Evaluación Microbiológica..... | 115 |
| CAPITULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 118 |
| CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 121 |
| 6.1. Conclusiones..... | 121 |
| 6.2. Recomendaciones..... | 122 |
| REFERENCIAS | 123 |

INTRODUCCIÓN

Las frutas y hortalizas han formado parte de la dieta humana desde el inicio de la historia. Sin embargo, solo en tiempos recientes se ha reconocido su importancia nutricional en términos reales. El concepto público de las frutas y hortalizas ha mejorado considerablemente debido a los avances en las investigaciones sobre la nutrición y las opiniones de los profesionales de la salud, especialmente en los países desarrollados.

El reconocimiento de la importancia del consumo habitual de frutas y hortalizas frescas, unido a un notable aumento de interés en el mercado por consumir alimentos frescos sanos, ha contribuido a un incremento importante del consumo de frutas y hortalizas frescas en la última década. Sin embargo las frutas y hortalizas son productos vegetales, los cuales se encuentran vivos aún después de la cosecha; por lo tanto continúan sus procesos metabólicos hasta llegar al deterioro. Las causas del deterioro de las frutas y hortalizas presentan un carácter diferente dependiendo del tipo de cambios que intervengan. Para evitar estas alteraciones es necesario establecer un adecuado manejo pos cosecha.

Para satisfacer las necesidades de consumo de frutas y hortalizas de alta calidad es necesario dedicar tiempo y esfuerzo a investigación de nuevas alternativas de conservación pos cosecha para reducir los cambios en los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales que se desarrollan en los productos vegetales tras la recolección.

Es por esto que la presente investigación tiene como objetivo la evaluación del efecto de un recubrimiento a base de Aloe Vera y Aceite Esencial de Canela, en el tiempo de vida útil del tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill).

CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Situación Problemática

En la actualidad, el tomate es la hortaliza de mayor consumo en el mundo, ya que su producción total al año alcanza los 130 millones de toneladas. La demanda ha ido aumentando significativamente por el creciente reconocimiento de su valor nutritivo, representado por el licopeno, calcio y fósforo (Numata, 2014). Los principales productores de tomate son China, India, Estados Unidos, Turquía, Italia.

En el Perú la producción de tomate asciende a 253 588 toneladas y en la región Lambayeque unas 11178 toneladas para el año 2013. (MINAGRI, 2015). Las exportaciones peruanas de tomate fresco alcanza los U\$ 442 mil a un precio promedio de U\$ 0.65 kilo (Agrodata, 2015). Siendo los principales mercados de destino Países Bajos, Estados Unidos y Francia siendo la exportación con volúmenes limitados. (Promperu, 2015).

Las pérdidas poscosecha en las hortalizas se origina por daños mecánicos, almacenamiento inadecuado, manipulación, transporte incorrecto (Ferreira *et al.* 2005 citado en Casierra y Aguilar, 2008).

La calidad de la mayoría de las frutas y hortalizas se ven afectadas por las pérdidas de agua durante su almacenamiento, que dependen de la humedad relativa (Perez *et al.*, 2003 citado en Casierra y Aguilar, 2008). Las pérdidas son más elevadas cuanto mayor sea la relación superficie/volumen, en el caso del tomate se registran pérdidas del 50 % del peso total de la hortaliza.

Investigaciones realizadas en el mundo han confirmado, que las pérdidas poscosecha en el cultivo de tomate en países subdesarrollados son elevadas entre un 30 – 50 %, mientras que en los países desarrollados no sobrepasan el 25% (Abd-Allah *et al.*, 2011 citado en Alarcón, 2013), relacionada principalmente con daños mecánicos, almacenamiento,

trastornos nutricionales y cambios fisiológicos que experimentan los frutos durante el envasado y transporte. (Prigojin *et al* 2005, citado en Alarcón, 2013).

Entre los principales métodos utilizados para la conservación de hortalizas tenemos altas temperaturas, atmósferas modificadas, radiaciones ionizantes y refrigeración. Para evitar podredumbres del tomate se utilizan tratamientos térmicos como inmersión en agua caliente a 50 – 55 °C, este tratamiento debe ser controlado con precisión dado que el intervalo de temperatura está muy próximo a las temperaturas que comienzan a dañar el producto. En cuanto a la aplicación de bajas temperaturas tiene efectos beneficiosos debido a que frena tanto la actividad respiratoria como el ritmo metabólico (Wills, *et al.*, 1998); sin embargo los tomates son sensibles al daño por frío a temperaturas inferiores a 10°C (50°F) si se les mantiene en estas condiciones por 2 semanas o a 5°C (41°F) por un período mayor a los 6-8 días. Los síntomas del daño por frío son alteración de la maduración (incapacidad para desarrollar completo color y pleno sabor, aparición irregular del color o manchado, suavización prematura), picado (depresiones en la superficie), pardeamiento de las semillas e incremento de pudriciones (especialmente pudrición negra, black mold, causada por *Alternaria* spp.) (Suslow y Cantwell, 2013) que propician la pérdida de su calidad comercial.

Otro método utilizado en la conservación pos cosecha de tomates es la aplicación de recubrimientos los cuales se adhieren al fruto y/o alimento para su mejorar su apariencia. Generalmente están compuestas por aceites vegetales, grasas, ceras, pectinas de bajo metóxilo, albumen de huevo, proteína de soya o mezclas de las anteriores. (Guevara, 2010). Sin embargo muchas de las ceras aplicadas son emulsiones acuosas, por lo que tras su aplicación, se debe evaporar el agua para formar la película de cera, a mayor temperatura de secado mayor el impacto sobre las características organolépticas y fisiológicas del fruto (Gómez, 2014). Por otro lado algunas ceras y recubrimientos son frágiles y poco resistentes al agua, otras confieren olor desagradables el fruto y afectan

su aspecto sensorial (Vásquez y Guerrero, 2013), en el caso del tomate se utiliza generalmente la cera de parafina la cual presenta una buena barrera contra la pérdida de agua, sin embargo no le confiere buena apariencia al fruto. (Wills, R., Macglasson, B., Graham, D., y Joyce, D., 1998).

En nuestra región existen muy pocas investigaciones acerca de la aplicación en frutos frescos de recubrimientos formulados a partir de ceras o resinas naturales, carbohidratos, gomas, proteínas, etc.

1.2. Formulación del Problema:

¿Cómo influye la aplicación de un recubrimiento a base de sábila (*Aloe Vera*) y Aceite Esencial de Canela en el tiempo de vida útil del tomate (*Lycopersicum esculentum Mill*), e inhibición del crecimiento microbiano de hongos y levaduras?

1.3. Delimitación de la Investigación

El proyecto se realizó en las instalaciones de la Planta Piloto de Procesos Agroindustriales, Laboratorio de Química y de la Universidad Señor de Sipán, Ubicada en el kilómetro 5 de la carretera Chiclayo – Pimentel, para llevar acabo los análisis fisicoquímicos y organolépticos que requirió la investigación. Para la recopilación de datos se utilizó la biblioteca y la base de datos con la que cuenta la Universidad Señor de Sipán.

1.4. Justificación e importancia de la Investigación:

Entendiendo que el tomate es un fruto climatérico con alta tasa de respiración sus principales problemas son: acelerada senescencia y pérdidas de agua los cuales aumentan si el fruto se ve expuesto a altas temperaturas y baja humedad. Esto ha ocasionado la implementación de diversas tecnologías para la conservación de estos frutos, que van desde la utilización de atmósferas modificadas hasta la aplicación de bajas temperaturas las cuales resultan muy eficaces para inhibir el desarrollo

de patógenos durante su almacenamiento , haciendo así posible prolongar su tiempo de vida útil.

Otro método utilizado es la aplicación de recubrimientos, los cuales forman una barrera contra las transmisión de gases, vapor de agua, y otros compuestos retardando la maduración, a la vez que permiten la incorporación de antimicrobianos, antioxidantes, sales minerales, etc.; mejorando la calidad del fruto. Estos recubrimientos también mejoran las propiedades mecánicas ayudando a mantener la integridad estructural del producto que recubren.

Es por esto que se propone como una solución la aplicación de recubrimientos naturales utilizando el aloe vera y Aceite Esencial de Canela, para prolongar el tiempo de vida útil del tomate propiciando así mismo la calidad organoléptica. El aloe vera, que es un gel extraído de la planta *Aloe barbadensis miller* ha demostrado una gran capacidad para formar recubrimientos, presenta un efecto antioxidante frente a los compuestos fenólicos. (Quintero, Falguera y Muñoz, 2010).

1.5. Limitaciones de la Investigación

Para la recopilación de datos sobre la situación problemática de la vida útil del tomate, pérdidas pos cosecha, uso de recubrimientos, problemas con el uso de recubrimientos se tuvo como limitación la escasa información específica con respecto al uso de recubrimientos en el objeto de estudio, por lo que se tuvo que considerar investigaciones generales en hortalizas fruto.

Como parte del proceso de investigación se presentaron limitaciones para uniformizar las condiciones de almacenamiento sobre todo temperatura y humedad relativa, así mismo la precisión de los instrumentos para la toma de datos, conllevando a que el error sea mayor.

1.6. Objetivos de la Investigación:

Objetivo General

Evaluar el efecto de la aplicación de un recubrimientos a base de sábila (*Aloe Vera*) y Aceite Esencial de Canela (*Cinnamomum verum*) en el tiempo de vida útil del tomate (*Lycopersicum esculentum Mill*).

Objetivos Específicos:

Evaluar los cambios fisiológicos y fisicoquímicos del tomate (*Lycopersicum esculentum Mill*) sin la aplicación del recubrimiento sábila (*Aloe Vera*) y Aceite Esencial de Canela (*Cinnamomum verum*).

Evaluar los cambios fisiológicos y fisicoquímicos del tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) con la aplicación del recubrimiento sábila (*Aloe Vera*) y Aceite Esencial de Canela (*Cinnamomum verum*).

Comparar el efecto de la aplicación del recubrimiento sábila (*Aloe Vera*) y Aceite Esencial de Canela en la prolongación del tiempo de vida útil del tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*).

Evaluar la efectividad de la sábila (*Aloe vera*) y del Aceite Esencial de Canela (*Cinnamomum verum*) como agentes antimicrobianos para evitar o retardar el crecimiento de mohos en el tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*).

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación:

Título: Estudio de la aplicación de recubrimientos comestibles de quitosano y su combinación con aceites esenciales sobre la vida útil del mango (mangifera indica L.) mínimamente procesado.

Autor: Fabián Rico Rodríguez

Año: 2013

Lugar: BOGOTÁ, COLOMBIA

Resumen:

Se evaluó el comportamiento de películas con diferentes concentraciones de quitosano y aceites esenciales a partir de parámetros como contenido final de humedad, permeabilidad al vapor de agua, macro y microestructura, elasticidad, resistencia al corte y color. Se encontró que la concentración de quitosano tiene efecto significativo sobre propiedades fisicoquímicas y estructurales de las películas, mientras que los aceites esenciales no ejercen ningún efecto aparente. Se determinó el comportamiento de los recubrimientos de quitosano y aceites esenciales aplicados sobre mango mínimamente procesado (MMP) almacenado en condiciones de refrigeración a 5 °C. Se encontró que los recubrimientos de quitosano y aceites esenciales son capaces de extender la vida útil del MMP, al mantener por más tiempo sus atributos de calidad. Se realizó la evaluación sensorial del MMP con adición de recubrimientos con diferentes concentraciones de quitosano y aceites esenciales. Se encontró que el mango con recubrimiento de quitosano al 1% y aceite esencial al 1% fue el que mayor aceptación tuvo. Se valoró la actividad antimicrobiana de los recubrimientos de quitosano y aceites esenciales in vitro e in vivo. Se encontró que los recubrimientos presentaron indicios de actividad antimicrobiana in vitro en el control de microorganismos *Salmonella* sp., *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* y *Saccharomyces cerevisiae*. En la evaluación in vivo en mango durante el periodo de almacenamiento se encontró un efecto bactericida contra coliformes totales, bacteriostático contra mesófilos aerobios, así como un efecto fungistático.

Título: “Uso y Evaluación de dos Aceites Esenciales (Canela y Clavo de Olor) para Control de las Pudriciones Fungosas y Determinación de la Vida Útil mediante Películas Protectoras Comestibles en Papaya (Carica Papaya Cv. Hawaiana)”

Autor: Leovina Ingrid Martínez Martínez.

Meily Ponce Lay

Año: 2012

Lugar: GUAYAQUIL – ECUADOR

Resumen:

El proyecto consistió primeramente en trabajar con papayas infecciosamente lesionadas, provenientes de los mercados para la obtención de cepas puras de hongos, después se hizo un reconocimiento, estos fueron *Thanatephorus donk*, *Rhizopus stolonifer* y *Aspergillus niger*. Se incorporaron los aceites esenciales de clavo de olor y canela en concentraciones de 0.04 ,0.06, y 0.08% para una formulación de película comestible, estas películas se adhirieron a las papayas inoculadas con los hongos encontrados, se determinó la concentración adecuada de los aceites esenciales (clavo de olor y canela) que mostraran menos síntomas de deterioro en las frutas, mediante la evaluación de la incidencia y severidad de las pudriciones causadas por hongos fitopatógenos, después las muestras de frutas se sometieron a refrigeración. A parte de las películas con aceites esenciales se evaluaron también 2 tratamientos más que son: blanco y cera comercial.

Se evaluó el estudio de vida útil de las papayas con tres tipos de tratamientos, película comestible sin aceites esenciales, la película con la concentración seleccionada de aceites esenciales (0.04 % de clavo y 0.06% de canela) y blanco (papayas sin ningún tratamiento).

Se utilizó el diseño experimental de análisis de varianza funcional para la evaluación de vida útil, en el arreglo se trabajaron con 90 papayas, cada tratamiento utilizo 30 papayas. El tiempo de evaluación fue de 10 días, se seleccionaron tres papayas aleatoriamente cada día, para medir el pH,

sólidos solubles, dureza, color y peso. En síntesis de acuerdo con los resultados estadísticos se puede decir que las papayas con películas comestibles sin aceites esenciales fueron las que presentaron menos cambios en grados brix, pH, color, peso en el transcurso del experimento, las papayas sin tratamientos fueron las que ofrecieron más dureza.

Título: Empleo de un recubrimiento comestible natural utilizando la sábila (*Aloe Vera*) para mitigar el deterioro de la guayaba (*Psidium guajava L.*).

Autora: María J. Gonzales Lugar: Ecuador.

Año: 2015

Resumen:

La importancia del uso de recubrimientos radica en su relevancia para la preservación de la calidad de frutas y vegetales debido a que pueden ser empleadas como matrices de transporte y entrega de sustancias activas como antimicrobianos

Los recubrimientos son usados con la finalidad de extender la vida útil, mejorar la apariencia, retardar la maduración, disminuir la pérdida de agua y reducir la pudrición, además de ayudar a retener el sabor y el aroma.

Los Recubrimientos pueden estar constituidos por 4 materiales básicos: lípidos, resinas, polisacáridos y proteínas, conjuntamente plastificantes como: glicerol, antimicrobianos, antioxidantes y agentes mejoradores de textura son las que pueden utilizarse para su uso. La función es mantener la calidad del producto recubierto retrasando las causas de alteración mediante diversos mecanismos como el de evitar ganancia o pérdida de humedad, que provocan alteración de la textura; retrasar cambios químicos que pueden afectar color, aroma, y valor nutricional.

El presente trabajo de investigación tiene como idea principal el de aplicar un recubrimiento en la fruta de la guayaba, que por su condición como fruta climatérica, su tiempo de almacenamiento pos cosecha es reducido, tiene un promedio de dos semanas, su comercialización se debe realizar de manera rápida, debido a la prontitud con la que la fruta puede dañarse; esto depende de factores como son los caracteres genéticos, la madurez con la que se encuentra en el momento de la cosecha y daños por

actividad microbiana durante el transporte y almacenamiento.

Por las causas mencionadas la fruta tiende a perder calidad en un tiempo corto, afectando así la demanda en el mercado y minimizando las preferencias del consumidor; es por esto que se requiere la búsqueda de nuevos métodos de conservación para el favorecimiento de la preservación de esta fruta.

Tesis: 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)

Autor: Jhon David Ramirez Quirama.

Lugar: Colombia.

Año: 2012

Resumen:

La mora de Castilla (*Rubus glaucus benth*) es una fruta comercialmente importante, en la venta al detalle y en la industrial, pese a que es un producto altamente perecedero. Los recubrimientos comestibles (RC) han tenido mucho auge como método de conservación sobre las frutas a nivel mundial debido a su fácil implementación y costo relativamente bajo. El aloe vera es una alternativa bastante importante en los RC, debido a sus características mucilaginosas y a su poder antimicrobiano, además que tiene una imagen muy bien ganada por sus propiedades terapéuticas.

La presente investigación tuvo como objeto evaluar la aplicación de un RC a base de un gel mucilaginoso de penca sábila (*Aloe Barbadensis* Miller) sobre la mora de Castilla para aumentar la vida útil en almacenamiento a temperatura de refrigeración, analizando su comportamiento físico químico, fisiológico, microbiológico y sensorial durante el período de almacenamiento. El gel mucilaginoso fue extraído de las hojas de penca sábila, diluido al 50 % en agua destilada, se le adiciona cera carnauba como fase oleosa y se homogeneizó. El RC fue aplicado a los frutos por inmersión y secado a temperatura ambiente, los frutos fueron empacados en cajas termoformadas y almacenados en refrigeración durante 10 días,

los frutos control se sumergieron en agua destilada y se les realizó el mismo tratamiento posterior. Las variables estudiadas en ambos tratamientos se analizaron estadísticamente mediante análisis de varianza y prueba de comparación múltiple con un nivel de confianza del 95%. Los frutos con RC mostraron una menor pérdida de peso (33 % menos) y tasa de respiración (47 % menos), y una disminución de los sólidos totales solubles, el pH y la acidez titulable, Conservando mejor estas propiedades a partir del día 3 hasta el día 10, en comparación de los frutos analizados como tratamiento control. También se obtuvo en los frutos con RC un retraso en la pérdida de firmeza, en el cambio de color, y en el crecimiento microbiano, manteniendo favorables los atributos sensoriales en comparación a los frutos sin recubrimiento. El uso del recubrimiento permitió aumentar la vida útil de mora de Castilla 5 días más en comparación con la mora sin recubrimiento.

Título: La adición de aceite de rosa mosqueta mejora el efecto beneficioso de gel de Aloe vera en retrasar la maduración y mantener la calidad postcosecha de varias frutas de hueso.

Autor: Diego Paladines, Daniel Valero, Juan Miguel Valverde, Huertas Díaz-Mula, María Serrano, Domingo Martínez-Romero.

Lugar: España

Año: 2014

Resumen:

En este trabajo de gel de Aloe vera (AV) solo o con la adición de aceite de rosa mosqueta 10 o 2% se utilizó como fruta recubrimientos comestibles en una amplia gama de especies y cultivares de Prunus: melocotones ('Roma' y 'B-424-16 " tipo plano), ciruelas ('Red Beauty' y 'Songria'), nectarinas ('Garofa') y la cereza dulce ('Brooks'). Después de los tratamientos, la fruta se almacena a 20 ° C durante 6 días y se analizó el efecto de los tratamientos sobre la maduración del fruto y los parámetros de calidad en comparación con la fruta sin revestir (control). La adición del aceite de rosa mosqueta de gel de AV redujo la tasa de respiración en todas las frutas y producción de etileno en los climatéricos (melocotones, ciruelas y nectarinas). Además, todos los parámetros relacionados con la

maduración del fruto y la calidad, tales como pérdida de peso, ablandamiento, cambio de color y maduración índice, también se retrasaron en pacientes tratados comparado con los frutos control, siendo el efecto generalmente más altos cuando se añadió aceite de rosa mosqueta a AV, y especialmente en los frutos que exhibe los más altos índices de producción de etileno ('Roma' y melocotones tipo plano). Aunque se obtuvo el mayor efecto con AV + aceite de rosa mosqueta en el 10%, el panel sensorial detecta un exceso de brillo y exceso de grasa en la superficie de la fruta, que fue considerado como un atributo negativo. Por lo tanto, 2% de aceite de rosa mosqueta añadido a AV podría ser utilizado como una herramienta de postcosecha innovador para aumentar el efecto beneficioso de AV como un recubrimiento comestible, especialmente en fruta climatérica que muestra las tasas de producción de alta de etileno.

2.2. Estado del arte

Los alimentos se deterioran debido a diversos factores físicos, químicos y microbiológicos, causando modificaciones fisicoquímicas y organolépticas por lo que la vida útil de los mismos se encuentra limitada en presencia de aire. (Guevara, 2010). En el caso de los frutos recolectados maduros son altamente sensibles al ataque de microorganismo a los que son resistentes mientras se desarrollan en la planta. (Agustí. 2010).

A lo largo del tiempo, la mejora en producción comunicaciones y de sistemas de transporte ha propiciado el desarrollo de diversos métodos para conservar y alargar la vida útil de los frutos tras su recolección. (Agustí. 2010). Entre ellas tenemos aplicación de bajas temperaturas refrigeración y congelación), uso de películas plásticas para crear atmósferas modificadas, la aplicación de tratamientos hidrotérmicos, irradiación y formulaciones que contienen agentes biológicos, recubrimientos comestibles, entre otras. (Quezada et al., 2003 citado en Ramos et al., 2010).

Los recubrimientos comestibles utilizados en productos hortofrutícolas frescos como mínimamente procesados; es una práctica que data desde siglos siendo el encerado el más común.

“Durante los siglos XII y XIII se practicó en China la inmersión en cera de naranjas y limones para retardar la pérdida de agua”(Vásquez y Guerrero, 2013). Para el siglo XV se utilizó un recubrimiento comestible a base de leche de piel de soja hervida de manera que mejore la calidad y apariencia de los alimentos. En el siglo XIX se registró en Inglaterra una patente referida a la preservación de varios productos cárnicos empleando películas de gelatina (Pavlath y Orts, 2009 citado en Del Valle, 2012).

Para 1930 en Estados Unidos se utilizaba cera caliente para cubrir principalmente frutas cítricas y emulsiones aceite-agua para cubrir frutas frescas y vegetales. La literatura señala que es 1950 donde se marca el inicio de aplicaciones de cubiertas comestible elaboradas a base de polisacáridos, proteínas, lípidos y mezclas. (Moreno, 2010).

Desde hace 20 años atrás se viene utilizando este tipo de recubrimientos comestibles para las distintas variedades de alimentos como: embutidos, nueces, chocolate, vegetales y frutas. En la actualidad se siguen realizando nuevas investigaciones acerca de la formulación de recubrimientos.

Tal es el caso de la formulación de películas (films) y recubrimientos antimicrobianos que han ido innovado el concepto de empaque activo y se han desarrollado para reducir, inhibir o detener el crecimiento de microorganismos sobre la superficie de los alimentos. (Appendini & Hotchkiss, 2002 citado en Quintero, et al 2010).

En este contexto diferentes tipos de antimicrobianos tanto químicos como naturales han sido utilizados en la formulación y evaluación de recubrimientos comestibles, destacan compuestos como: el quitosano, goma policaju, y el aloe vera, nopal, aceites de semillas, propóleos, etc.

2.3. Bases teórico científicas:

2.3.1. El tomate

El tomate (*Lycopersicon esculentum* mill) es un fruto carnosos que procede de un carpelo único o del gineceo sincárpico de una flor sencilla; se considera en términos botánicos como una baya, puesto que posee una piel fina que rodea una carne jugosa, en cuyo interior se encuentran muchas semillas. (Cantwell 2004, citado en Hernández N, 2013)

Originaria Sudamérica (Región andina que actualmente comparten Colombia, Ecuador, Bolivia, Perú y Chile). A la llegada de los españoles a América, éste formaba parte de los pequeños huertos del área mesoamericana, sin que su importancia económica fuese grande, pero con un grado de domesticación notable. Desde su llegada, los españoles apreciaron las cualidades organolépticas del tomate, llamado en aquel tiempo, “jitomate” o “xitomate”. Parece que ya en esa época existían gran diversidad en cuanto a variedades, tamaños, formas y colores del fruto. (Ríos et al., 2003)

Fue introducido por primera vez en Europa a mediados del siglo XVI; siendo su entrada a este continente desigual En países como España, Portugal e Italia se utilizó desde un principio como alimentación humana, mientras que en otros países más al norte fue usado sólo con fines ornamentales, debido a la coloración de sus flores y frutos, siendo utilizado como hortaliza a finales del siglo XVIII. (Ríos et al., 2003)

A principios del siglo XIX se comenzó a cultivar comercialmente, se inició su industrialización y la diferenciación de las variedades para mesa y para industria. Su difusión en el resto del mundo fue gracias a los españoles y portugueses que llevaron sus nuevos

hábitos de consumo por todas sus colonias. (Coronel y Castillo 2006, citado en Hernández N, 2013)

El tomate es actualmente una de las hortalizas más ampliamente cultivadas, alcanzando un nivel de popularidad muy importante en todas las dietas del mundo. Así, el tomate representa el 19 % de las hortalizas cultivadas a nivel mundial en el año 2010, con una producción total de aproximadamente 163.963.770 millones de toneladas. (FAO, 2014)

2.3.1.1. Taxonomía del tomate:

La planta de tomate es anual, de porte arbustivo. Se desarrolla de forma rastrera, semierecta o erecta, dependiendo de la variedad. El crecimiento es limitado en las variedades determinadas e ilimitadas en las indeterminadas. (Hernández, 2013).

Tabla 2.1

Características del tomate

| | |
|--------------|-----------------------------|
| Nombre Común | Tomate |
| Familia | Solanaceae. |
| Subfamilia | Solaneae |
| Género | Lycopersicon. |
| Especie | Esculentum. |
| Planta | Perenne de porte arbustivo. |
| Origen | América. |

Fuente: Infoagro, 2009

2.3.1.2. Descripción Morfológica:

El tomate es un fruto carnoso que procede de un carpelo único o del gineceo sincárpico de una flor sencilla; se considera en términos botánicos como una baya, puesto que posee una piel fina que rodea una carne jugosa, en cuyo interior se encuentran muchas semillas (Cantwell, 2004, citado en Hernández N, 2013).

Consta de un sistema radicular amplio, formado por una raíz principal que puede alcanzar hasta 60 cm de profundidad, provista de una gran cantidad de ramificaciones secundarias y adventicias surgidas desde la base de los tallos. El tallo es anguloso y recubierto en toda su extensión de pelos, la mayoría de naturaleza glandular, lo que le confiere a la planta un olor característico. Al principio el porte del tallo es erguido, pero llega un momento en que el peso lo hace rastrear por el suelo (Cantwell, 2004, citado en Hernández N, 2013).

2.3.1.3. Composición Química del tomate :

La composición química y el valor nutricional del tomate (Tabla 2.2) varían según la variedad, las condiciones de cultivo, la época de producción, el grado de madurez, el tiempo y las condiciones de almacenamiento, entre otros factores. Dicha hortaliza contiene aproximadamente un 94% de agua, y el 6% restante es una mezcla compleja en la que predominan los azúcares libres y ácidos orgánicos, que contribuyen a dar al fruto su textura y sabor característicos. (Coronel y Castillo, 2009 citado en Hernández N, 2013)

Tabla 2.2:*Composición química y nutricional del tomate maduro.*

| Constituyentes | Contenido por cada 100 g |
|-----------------------|---------------------------------|
| Energía (kJ) | 56,00 |
| Agua (g) | 94,70 |
| Proteína (g) | 1,00 |
| Grasa (g) | 0,10 |
| Fibra (g) | 1,60 |
| Glucosa (g) | 0,90 |
| Fructuosa (g) | 1,00 |
| Ácido Cítrico (g) | 0,43 |
| Ácido Málico (g) | 0,08 |
| Vitamina C (mg) | 18,00 |
| Tiamina (mg) | 1,00 |
| Sodio (mg) | 6,00 |
| Calcio (mg) | 8,00 |
| Magnesio (mg) | 10,00 |
| Hierro | 0,30 |
| Zinc | 0,20 |
| Potasio (mg) | 2,00 |

Fuente: Salunkhe y Kadam, 2003.

2.3.1.4. Calidad fisicoquímica del tomate :

Los principales parámetros empleados para evaluar la calidad físico-química y la vida útil pos cosecha del tomate son:

A. Color

El color es la propiedad óptica más importante en los alimentos, junto con la transparencia y la opacidad, que están relacionadas con la cantidad de luz que el material deja pasar a través de él o que se refleja en él. Estas propiedades conforman mayoritariamente el aspecto visual de los alimentos. (Calvo y Durán 1997, citado en Hernández N, 2013)

La medición del color se puede realizar de 2 formas: evaluación visual o por análisis instrumental. El uso de métodos instrumentales requiere de un equipo costoso con un complejo mantenimiento, además de una interpretación correcta de los resultados. El análisis visual del color está incluido dentro del análisis sensorial, para lo cual se han llegado a utilizar distintas metodologías. (Calvo y Durán 1997, citado en Hernández N, 2013)

El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América (USDA, siglas en inglés) realiza una clasificación de los grados de madurez del tomate según el color que éste presenta, en 6 categorías que son:

Verde: superficie del tomate completamente verde, con una tonalidad de claro a oscuro.

Rompiente: hay una ruptura del color verde hasta un color amarillo-marrón, rosado o rojo, en no más del 10% de la superficie.

Transición: del 10 al 30% de la superficie no es verde, mostrando una coloración amarillo-marrón, rosada o rojo, o una combinación de éstas.

Rosado: del 30 al 60% de la coloración ya no es verde, mostrando un color rosado o rojo.

Rojo ligero: del 60 al 90% de la superficie no es verde y muestra una coloración rojo-rosado o roja.

6.- Rojo: más del 90% de la superficie no es verde, mostrando un color rojo. (USDA, 1991)

B. Contenido en sólidos solubles totales:

Entre los parámetros químicos que se utilizan para estimar la madurez de los productos de origen vegetal se incluyen las variaciones en el contenido de sólidos solubles totales. (Kader, 2007). Inmediatamente después de la recolección de los productos vegetales, las enzimas responsables de la hidrólisis del almidón (α - y β -amilasas) se activan, posiblemente por un efecto de estrés de recolección, lo que supone un rápido incremento de sustratos respiratorios (azúcares y ácidos). Es por eso que durante la maduración, el contenido de almidón decrece y el de los azúcares solubles aumenta. (Kader, 2007 citado en Hernández N, 2013).

A su vez, durante el almacenamiento, la determinación del contenido de sólidos solubles es una medida eficaz para analizar la evolución metabólica y la calidad de los frutos (Lamúa, 2000 citado en Hernández N, 2013).

C. pH

El pH viene a estar determinado por la fuerza de los ácidos presentes y su valor depende más del tipo de

ácido que de la concentración. (Berbesí et al., 2006 citado en Hernández N, 2013).

Es posible observar un incremento en el pH de los productos vegetales debido a que los ácidos orgánicos de reserva presentes en las vacuolas de las células, son transformados por la propia célula a azúcares que son utilizados para la respiración, lo que ocasiona una disminución de la acidez del medio y con ello un aumento del pH. (Berbesí et al., 2006 citado en Hernández N, 2013).

Los tomates que presentan características óptimas en cuanto a sabor y aroma, poseen un pH entre 4 y 5. (Gómez et al 2010, citado en Gonzales J, 2015).

D. Acidez

La acidez es uno de los principales parámetros de calidad físico-química más comúnmente determinado en la materia prima vegetal; es cuantificable debido a la presencia de diversos ácidos orgánicos, principalmente: cítrico, málico, tartárico, oxálico, fórmico, entre otros, en proporciones variables. La acidez en las bayas, tal es el caso de los tomates, es de 0,25% a 0,35% calculada como porcentaje en ácido cítrico (Gómez et al 2010, citado en Gonzales J, 2015). Por su parte, Cantwell (2004) señala que la acidez del tomate está entre comprendida entre 0,2 y 0,6% de ácido cítrico.

E. Pérdida de peso

Las pérdidas de peso del fruto se debe que

posiblemente al intercambio de gases, al proceso de respiración y a la pérdida de vapor de agua. (Gómez et al 2010, citado en Gonzales J, 2015). Uno de los principales propósitos de la aplicación de cubiertas sobre la superficie de frutos, es retardar la migración de humedad y la pérdida de compuestos volátiles. (Laguado, et al., 2000 citado en Hernández N, 2013).

F. Calidad Microbiológica

Factores como la temperatura, el pH, el potencial redox, la composición química del alimento y la actividad de agua favorecen el crecimiento microbiano en frutas y hortalizas. (Colon, 2006 citado en Hernández N, 2013)

La microflora natural de los productos vegetales incluye generalmente bacterias, mohos y levaduras. Sin embargo, esta microflora puede variar considerablemente, dependiendo del tipo de vegetal, de las condiciones ambientales y de la cercanía de los productos con el suelo. (Brackett, 2001).

Entre los géneros de microorganismos más importantes relacionados con plantas y productos derivados de ellas se encuentran: *Brochothrix*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Erwinia*, *Flavobacterium*, *Lactococcus*, *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Listeria*, *Pediococcus* y *Weisella* (Jay, 2002 citado en Hernández N, 2013).

En los productos de origen vegetal igualmente están presentes muchos mohos como *Penicillium*,

Fusarium, Alternaria, Botrytis, Sclerotinia y Rhizoctonia, así como levaduras (Durán, 2006 citado en Hernández N, 2013).

2.3.1.5. Fisiología Poscosecha del tomate:

La poscosecha es el periodo transcurrido entre el momento en que un producto es recolectado, una vez que ha llegado a su madurez fisiológica, hasta que es consumido en estado fresco, preparado o transformado industrialmente. (Martínez et al., 2003).

La cosecha del tomate es una actividad muy importante, la manera en que se efectúa está relacionada con la producción de daños mecánicos o manuales por presencia de otros materiales. (Ríos et al., 2003).

Determinar el índice de madurez adecuado para la cosecha es también un factor importante que influye en la calidad final del fruto. En el caso del tomate se recomienda la recolección con un 25% de maduración, con una coloración verde intensa, ya que por ser este un fruto climatérico seguirá madurándose hasta que llegue al consumidor. (Cornejo, 2009).

Los tomates no suelen pre enfriarse debido en parte a su sensibilidad al frío. Las condiciones adecuadas de conservación del tomate dependen del estado de maduración del fruto. En el caso de los tomates en estado verde maduro deben conservarse a 12-15°C y 85-90% de humedad relativa, mientras que si se trata de tomates maduros pueden conservarse a temperaturas inferiores, recomendándose a 10-12°C (Hernández, 2013)

También pueden usarse atmósferas controladas para la conservación del tomate. Las condiciones adecuadas varían según variedades, aunque en general las condiciones aconsejadas para el tomate verde maduro son 3-5% de O₂ y 2-3% de CO₂, a una temperatura de 12 a 20°C. En el caso del tomate maduro, tanto el nivel de O₂ como el de CO₂ se pueden mantener a 3-5%, y la temperatura a 10-15°C. No obstante esta técnica no es muy común en el tomate (Cornejo C, 2009).

Proceso de maduración del tomate

La maduración de un fruto es un proceso fisiológico y bioquímico irreversible, que está bajo control genético y hormonal, comprendido entre las fases de crecimiento (alta división celular) y senescencia; este proceso, acompañado por múltiples cambios a nivel celular, más que por un aumento de tamaño, proporciona las características óptimas para su consumo. La etapa de maduración requiere de la síntesis de nuevas proteínas y ARNm, así como de nuevos pigmentos y componentes del sabor, procesos anabólicos que requieren de energía y compuestos carbonados, los cuales son proporcionados mediante la respiración. (Melgarejo et al., 2004). Principales cambios en el proceso de maduración del tomate:

Degradación de almidón y producción de glucosa y fructuosa.

Pérdida de Clorofila.

Síntesis de pigmentos tales como B-caroteno y licopeno.

Incremento de las pectinas solubles resultando una pared más blanda y degradada.

Producción de compuestos que desarrollan aroma y sabor.

Incremento de la tasa de ácido cítrico y málico.

Incremento del ácido glutámico.

Se descomponen los alcaloides tóxicos, a –tomatina.

Los productos vegetales se encuentran vivos aún después de la recolección y siguen desarrollando los procesos metabólicos y manteniendo los sistemas fisiológicos, que operaban mientras se hallaban unidos a la planta de procedencia. (Wills et al., 1999).

Una característica muy importante de las frutas y hortalizas es el hecho de que respiran, tomando oxígeno y desprendiendo dióxido de carbono y calor. Puede describirse como la degradación oxidativa de sustancias como almidón, azúcares y ácidos orgánicos, para la producción de energía (Bosquez, 2006 citado en Hernández N, 2013).

La respiración va acompañada de la transpiración, es decir la eliminación de vapor de agua. Esta pérdida de agua no tiene compensación y por lo tanto se traduce en pérdidas de peso. En otras palabras los vegetales son, una vez recolectados, productos perecederos.

La tasa respiratoria es un excelente indicador de la vida potencial de almacenamiento del producto (Wills et al., 1999).

La vida útil de las frutas y hortalizas en el período poscosecha depende de una serie de factores: la tasa respiratoria, la variedad, el índice de madurez, la temperatura y la concentración de los gases en el

ambiente que les rodea (FAO, 2000).

Tras su recolección, los frutos climatéricos pasan por 4 estados de desarrollo fisiológico: pre climaterio, climaterio, madurez de consumo y senescencia (Arrieta et al., 2006 citado en Mera S, 2015).

El grado de madurez se define como el índice más usado para la cosecha de frutos, sin embargo debe diferenciarse la madurez fisiológica de la madurez comercial o de consumo (López E, 2006 citado en Mera S, 2015). La madurez fisiológica como el estado de desarrollo donde el fruto, o parte de la planta, continuará con su ontogenia aún después de ser cosechado. La madurez de consumo o comercial es el estado de desarrollo donde el fruto o parte de la planta posee las cualidades deseadas por el consumidor con un propósito específico. (Sañudo et al. 2010, citado en Alarcón A, 2013).

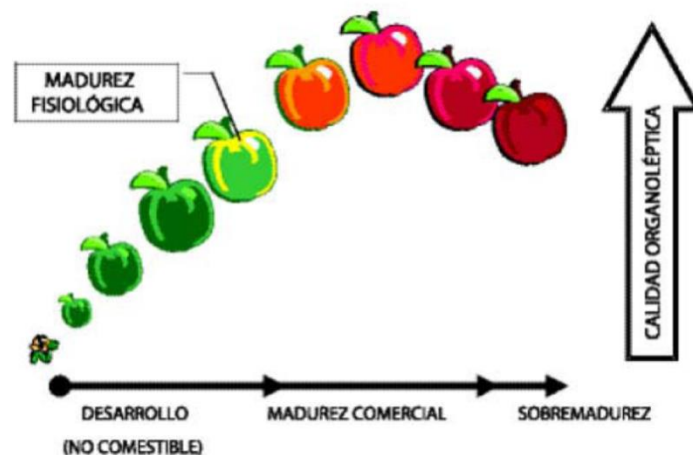


Figura 2.1
Estados de madurez de un fruto
Fuente: FAO, 2010.

El cambio de color es el signo externo más evidente de la maduración y se debe, en primera instancia, a la

degradación de la clorofila (desaparición del color verde) y a la síntesis de los pigmentos específicos de la especie. Cuanto más avanzada es la madurez más se intensifica el color rojo del tomate, reduciéndose la vida comercial poscosecha (FAO, 2011).



Figura 2.2

Estados de madurez del tomate

Fuente: Wills, 1990.

2.3.2. Aloe Vera

2.3.1.6. Origen

Es originaria de África, de la península de Arabia, conocida también como Penca Sábila. Aloe es un género de la subfamilia Asfodeloides de la familia Liliáceas y especie *Aloe barbadensis* Miller, que se encuentra dentro de las más de 300 especies. (Ni, et al., 2009, citado en Mera S, 2015)

2.3.1.7. Descripción Morfológica

La planta puede alcanzar entre 2 y 3 metros de altura, las hojas son muy grandes y carnosas, formando grandes rosetones y con una espina recia en su extremo, armadas de otras espinas laterales más pequeñas. Cada hoja consta de dos partes, una corteza

verde exterior y una pulpa interior clara. La pulpa es la mayor parte del volumen de las hojas, con apariencia clara y mucilaginosa. (Ni, et al., 2009, citado en Mera S, 2015)

2.3.3. Glicerol

El glicerol o también conocido como glicerina es un compuesto alcohólico con tres grupos - OH (hidroxilos). Es fácilmente soluble en agua se descompone en ebullición en una temperatura de 290°C. Tiene como característica un aspecto líquido viscoso, no tiene color, pero si un característico olor, además de un sabor dulzón.

El glicerol se encuentra en todos los tipos de aceites, así como en las grasas animales o vegetales, siempre que éstas vayan asociadas a otros ácidos grasos como puede ser, por ejemplo, el oleico, o esteárico. (Méndez C 2008, citado en Gonzales J, 2015)

2.3.4. TWEN 80

Se usa el tween 80 este es un tensioactivo no iónico y el emulsionante derivado de sorbitol se obtiene de muchos tipos de fruta. Es un líquido aceitoso con olor característico; es soluble en agua, produciendo una solución sin olores casi incoloro; soluble en alcohol, aceite de semilla de algodón, aceite de maíz, metanol, insoluble en aceite mineral. Se utiliza como agente dispersante para el agua de mezcla y solubilizar los aceites de fragancia y esencial. (Gennaro A 2010 , citado en Gonzales J, 2015)

2.3.5. Tecnología Poscosecha

La finalidad de la tecnología poscosecha es el desarrollo de métodos que disminuyan cuanto sea posible, el deterioro de los productos durante el periodo que media entre la recolección y su uso por el consumidor. Esto requiere un conocimiento profundo de la estructura, la composición, la bioquímica y la fisiología de los

productos hortícolas, ya que las tecnologías poscosecha tratan básicamente de frenar el ritmo metabólico de los productos, sin inducir procesos anómalos. Aunque existen similitudes en algunos aspectos estructurales y metabólicos, los productos hortícolas ofrecen distintas respuestas a situaciones poscosecha concretas. Para hacer frente a estas diferencias se necesita desarrollar tecnologías apropiadas para los distintos cultivos teniendo en cuenta el grado de madurez, la zona de producción, la época del año, etc (Wills, Mcglasson, Graham & Joyce, 1998).

Los principales métodos de control de la maduración que posee la tecnología poscosecha son las constituidas por el control de las condiciones de almacenamiento y las de manipulación. La temperatura es el factor ambiental más importante, ya que puede afectar la velocidad de deterioro poscosecha. Otras condiciones ambientales importante son la concentración de ciertos gases y la de vapor de agua en la atmósfera que rodea al producto. Si la humedad relativa se mantiene, se minimizan las pérdidas de agua, un importante factor de calidad, puesto que los productos marchitos o arrugados ven reducido su valor de mercado (Wills et al., 1998).

2.3.6. Manejo poscosecha del tomate:

La cosecha del tomate es una actividad muy importante de la cual depende, en gran parte, la calidad final del fruto. El momento más adecuado para la cosecha viene determinado por las preferencias del mercado, aspecto que se debe tener en cuenta en el momento de elegir con qué grado de madurez se cosecharán los frutos. (Cornejo, 2009).

Los tomates no suelen pre enfriarse debido en parte a su sensibilidad al frío. Las condiciones adecuadas de conservación del tomate dependen del estado de maduración del fruto. En el caso de los tomates en estado verde maduro deben conservarse a 12-15°C

y 85-90% de humedad relativa, mientras que si se trata de tomates maduros pueden conservarse a temperaturas inferiores, recomendándose a 10-12°C (Hernández, 2013).

También pueden usarse atmósferas controladas para la conservación del tomate. Las condiciones adecuadas varían según variedades, aunque en general las condiciones aconsejadas para el tomate verde maduro son 3-5% de O₂ y 2-3% de CO₂, a una temperatura de 12 a 20°C. En el caso del tomate maduro, tanto el nivel de O₂ como el de CO₂ se pueden mantener a 3-5%, y la temperatura a 10-15°C. No obstante esta técnica no es muy común en el tomate (Cornejo C, 2009).

2.3.7. Aplicación de Frío

El objetivo perseguido por el almacenamiento a refrigeración es frenar el deterioro, sin promover una maduración anómala u otros cambios perjudiciales, manteniendo el producto en condiciones aceptables por el consumidor durante un periodo tan largo como sea posible. (Wills et al., 1998).

El daño por frío es uno de los desórdenes fisiológicos que más afecta al tomate, el cual es causado por exposiciones a temperaturas de refrigeración (8°C). Si se almacenan tomates a temperaturas inferiores a 10°C durante 2 semanas o a 5 °C durante un período superior a 6 días, el daño por frío será notable. Esto ocurre básicamente en tomates en su primer grado de maduración fisiológica (verde intenso), cuando han sido enfriados durante un tiempo prolongado y provoca el que no maduren uniformemente aún después de ser transferidos a condiciones óptimas de maduración, haciéndose susceptibles a podredumbres, básicamente por *Alternaria* spp. Este tipo de daño se evidencia mediante punteado superficial, ablandamiento superior al normal para cierto grado de madurez, y pardeado de las semillas (Cornejo C., 1998).

2.3.8. Modificación de atmósferas

La atmósfera de almacenamiento, modificada alterando los niveles de oxígeno y dióxido de carbono, influye decisivamente sobre el desarrollo de enfermedades poscosecha, bien a través de una inhibición directa del desarrollo del patógeno, bien alterando la resistencia del huésped (Agustí, 2010).

En una atmósfera de oxígeno reducida, concentraciones excedentarias de CO₂ no pueden provocar la fermentación si la temperatura es baja. Por otra parte, el incremento de la concentración de CO₂ reduce la intensidad respiratoria, ya que es un catabólico de la respiración; concentraciones elevadas de este gas provoca la aparición de alteraciones graves en el fruto (Agustí, 2010).

2.3.9. Tratamientos Hormonales:

La utilización de técnicas capaces de retardar la maduración y senescencia de los frutos, en combinación con el manejo de las condiciones de almacenamiento, reduce sensiblemente las pérdidas por enfermedades poscosecha (Agustí, 2010).

El ácido giberélico se emplea para retardar la senescencia de naranjas navel y mandarinas, con lo que se reduce su susceptibilidad a las heridas propias de la recolección, transporte y manipulado (Agustí, 2010).

2.3.10. Fisiología de la respiración:

La respiración es un proceso metabólico fundamental, tanto en el producto recolectado, como en cualquier producto vegetal vivo. Puede describirse como la degradación oxidativa de los productos más complejos normalmente presentes en las células, como el

almidón, los azúcares y los ácidos orgánicos, a moléculas más simples, como el dióxido de carbono y el agua, con liberación de energía y otras moléculas más simples, como el dióxido de carbono y el agua, con liberación de energía y otras moléculas que pueden ser utilizadas en las reacciones sintéticas acaecidas de las células. La respiración puede tener lugar en presencia de oxígeno (aérobica) o en su ausencia (anaeróbica). (Wills et al., 1998).

La velocidad a que respira un producto constituye un índice de la actividad metabólica de sus tejidos y es una guía útil para calcular cuánto puede durar su vida comercial. Si se sigue la actividad respiratoria de una fruta a través del consumo de oxígeno o del desprendimiento de dióxido de carbono, por unidad de tiempo a lo largo de su desarrollo, maduración fisiológica, maduración organoléptica y senescencia, se obtendrá una pauta respiratoria característica. La actividad respiratoria por unidad de peso es más alta en las fases previas a la maduración y declina luego progresivamente con la edad (Wills et al., 1998).

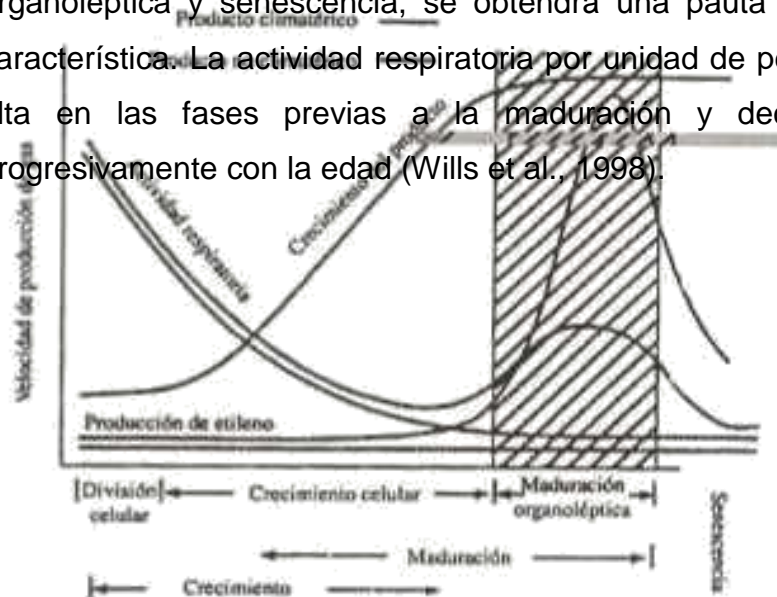


Figura 2.3
Pautas de crecimiento, respiración y producción de etileno de órganos vegetales climatéricos y no climatéricos.
 Fuente: Wills, 1998

2.3.11. Recubrimiento Comestible

Un recubrimiento comestible se puede definir como una matriz continua delgada, que posteriormente será utilizada en forma de recubrimiento del alimento o estará ubicada entre los componentes del mismo. (Lin y Zhao, 2007 citado en Vázquez y Guerrero 2013). Además pueden emplearse para transportar ingredientes activos, pudiendo ser excelente vehículo para mejorar el valor nutricional de los alimentos, por adherirse mejor al fruto ofrecen una barrera más alta en comparación a las películas comestibles. (Rojas-Grau y col., 2006 citado en Ventosa y Díaz, 2010).

Las propiedades que presenta el recubrimiento comestible dependen del tipo de material utilizado en su formulación, de las condiciones de formación del recubrimiento, del tipo de plastificante, de la naturaleza del disolvente, de la velocidad de evaporación del disolvente y de su espesor. (Vásquez y Guerrero 2013).

2.3.12. Tipos de recubrimientos

2.3.12.1. Recubrimiento en bicapa

Los recubrimientos en bicapa son más eficaces que sirven de barrera contra la transferencia de agua, sin embargo una de sus principales desventajas de estos recubrimientos en bicapa es que su elaboración requiere de 4 pasos, siendo 2 aplicaciones y 2 etapas de secado (Bósquez, 2003 citado en Moreno, 2010).

2.3.12.2. Recubrimiento emulsificado

Los sistemas emulsificados son una herramienta importante en la elaboración de recubrimiento ya que se adecua al alimento; estos permiten mejorar las propiedades de intercambio gaseoso, flexibilidad,

adherencia y permeabilidad al vapor de agua. Este es el recubrimiento más utilizado por la industria alimentaria ya que esta inclinada por el uso de formulaciones emulsificadas en las que los lípidos (aceites o ceras) (Bósquez, 2003 citado en Moreno, 2010).

2.4. Definición de terminología

Tasa de Respiración

Indicador que nos permite saber la cantidad de CO₂ generado en la actividad metabólica del fruto (respiración). (Hernández, Barrera y Melgarejo, 2010).

Recubrimiento:

Se trata de una película que envuelve al alimento y que actúa de barrera frente a la humedad y al oxígeno. Además, estos films pueden ser utilizados como soporte de aditivos para conservar las propiedades del producto o simplemente para mejorar su apariencia. (Bósquez, 2003 citado en Moreno, 2010).

Aceites Esenciales:

Los Aceites esenciales son metabolitos secundarios producidos en determinadas partes de las plantas (hojas, flores, raíces, etc). Los definen como mezclas de varias sustancias químicas sintetizadas por las plantas que dan el aroma característico a algunas flores, arboles, semillas y a ciertos extractos de origen animal que se caracterizan por ser intensamente aromáticos, no grasos y volátiles. (Sánchez D 2008, citado en Alarcón A, 2013)

Transpiración o pérdida de peso:

Se entiende por transpiración la pérdida de agua, en forma de vapor, a través de las distintas partes de la planta, si bien se realiza fundamentalmente por las hojas. (Krochta y De Mulder-Johnston 1994,

citado en Reina C, 1996).

CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y Diseño de investigación:

3.1.1. Tipo de Investigación:

Según su finalidad será Aplicativa, Esta investigación tuvo por finalidad brindar conocimiento acerca del uso de nuevas tecnología post- cosecha para prolongar el tiempo de vida útil del tomate y conservando por un mayor tiempo sus atributos fisicoquímicos y organolépticos.

Según el objetivo es Experimental, debido a que se manipuló y controló de manera activa tanto variables independientes (concentración del recubrimiento y tiempo de almacenamiento) se evaluó el grado de influencia sobre las variables dependientes organolépticas (color, apariencia general), fisicoquímicas (Brix y acidez) y postcosecha (tasa de respiración y transpiración).

Según el marco en el que tiene lugar será de laboratorio, debido a que se crea de manera intencionada las condiciones de investigación (a través del manejo de las variables independientes), con mayor rigor y control del de la situación de manera que se tenga unos buenos resultados.

3.1.2. Diseño de la investigación

La investigación presenta un diseño experimental, en el cual se elabora diferentes pruebas en las cuales se manipula y controla las variables independientes y se evalúa su grado de significancia con respecto a las dependientes.

3.2. Población y muestras

Población

Tomates de la variedad roma

Aloe Vera (Sábila)

Aceite esencial de Canela

Muestra

Tomates de la variedad roma obtenida del mercado mayorista "Moshoqueque"- Chiclayo.

Aloe Vera (Sábila) obtenida del mercado minorista "Modelo"-Chiclayo.

Aceite esencial de Canela obtenido de la empresa "Etnotienda" – Lima.

Muestreo no probabilístico por conveniencia, la cantidad de muestra empleada en la investigación estuvo determinada por el número total de tratamientos establecidos en el Cuadro 4.1..

Criterios de Inclusión

Las muestra empleadas debieron encontrarse en un estado de madurez 1 (Figura 2.2).

Criterios de Exclusión

Muestras con presencia de cualquier tipo de peligro físico, químico o microbiológico.

3.3. Hipótesis

Hi: La aplicación de un recubrimiento en una proporción de 75% de Aloe Vera y 0.06% de Aceite esencial de Canela (*Cinnamomum verum*), prolonga el tiempo de vida útil del tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) hasta en 12 días.

Ho: La aplicación de un recubrimiento en una proporción de 75% de Aloe Vera y 0.06% de Aceite esencial de Canela (*Cinnamomum verum*), no prolonga el tiempo de vida útil del tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) hasta en 12 días.

3.4. Operacionalización de las variables

Cuadro 3.1.
Operacionalización de las variables

| | Variables | Dimensión | Indicador | Instrumentos y equipos |
|---------------------------------|---|------------------|------------------|-------------------------------|
| Variables Independientes | Concentración de Aloe Vera | 50- 75 | % | Balanza |
| | Glicerol | 50-25 | % | |
| | Concentración de aceite esencial de canela. | 0.03 – 0.06 | % | |
| Variables Dependientes | Tasa de Respiración | | mg.CO2/kg.hr | Respirometro |
| | Acidez | | % | Equipo de titulación |
| | Pérdida de peso Ph | | % | Balanza pHmetro |

Fuente: Elaboración propia

3.5. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.5.1. Materia prima:

Tomates (*Lycopersicum esculentum*) roma

3.5.2. Reactivos e insumos:

Ácido oxálico (solución al 0.1N) Hidróxido de sodio (0.1N)

Fenolftaleína

Hidróxido de bario.

Hidróxido de Potasio

3.5.3. Materiales complementarios:

Vasos de precipitado. Probetas

Pipetas.

Matraz

Placas Petri

3.5.4. Equipos e instrumentos:

pH- metro HANNA

Balanza analítica.

Refractómetro GIARDINO

Respirometro

Estufa

Higrometro

3.6. Procedimiento para la recolección de datos

3.6.1. Procedimiento para la obtención del gel de sábila (*Aloe Vera*).

En la Figura 3.1 se observa la obtención del gel de Sábila (*Aloe Vera*)

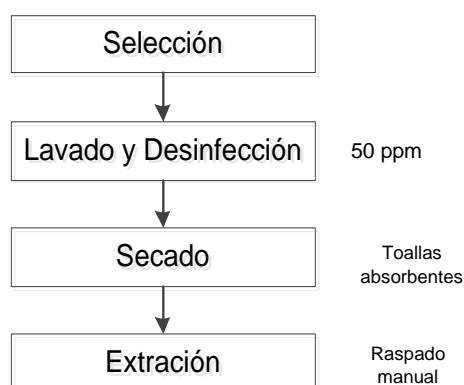


Figura 3.1

Diagrama de bloques de la obtención de gel de sábila (Aloe Vera).

Fuente: Elaboración propia

Selección

Se realizó con el fin de obtener las mejores hojas de Aloe Vera (Sábila) que nos provea de gel suficiente para la elaboración del recubrimiento, descartando aquellas hojas con daño físico, cortes o quemaduras de sol.

Desaguado

Las hojas de sábila seleccionadas fueron sumergidas en agua por un tiempo de 5 horas para eliminar el yodo presente en estas.

Lavado y desinfección

Se procedió a un lavado y desinfección utilizando una solución de hipoclorito de sodio al 50 ppm, con la finalidad de disminuir la carga microbiana que pudieran perjudicar el proceso

Secado

Una vez lavadas y desinfectadas las hojas de Aloe Vera (Sábila), se llevó a cabo el secado con toallas absorbentes, para tener un mejor manejo en la extracción del gel.

Extracción.

Se realizó un corte de filos y puntas manualmente para luego desprender el gel de la epidermis mediante un raspado manual.

3.6.2. Procedimiento para la formulación del Recubrimiento

En la Figura 3.2 se observa el procedimiento para la formulación del recubrimiento el cual se realizó a través de un mezclado en tres etapas.

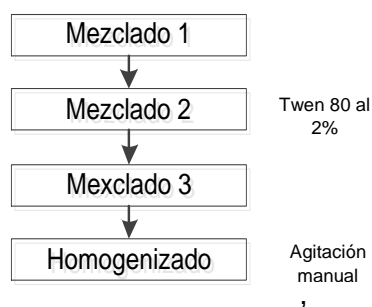


Figura 3.2

Diagrama de bloques de la formulación de recubrimiento

Fuente: Elaboración propia

Mezclado 1

A la extracción del gel de Aloe Vera (Sábila) se añadió glicerol en los porcentajes determinados por el diseño de investigación que se muestra en la Tabla 3.2.

Mezclado 2

Se incorpora a la mezcla 1, Polisorbato (Twen 80) al 2%, se homogenizo de forma manual con la ayuda de una varilla de vidrio.

Mezclado 3

Finalmente a la mezcla 2 se añadió el Aceite esencial de Canela en los porcentajes determinados por el diseño de investigación que se muestra en la Tabla 3.2.

Homogenizado

La mezcla final se homogenizaron todos los componente del recubrimiento con la ayuda de un avarilla de vidrio

3.6.3. Aplicación de Recubrimiento:

La Figura 3.3 se observa la aplicación del recubrimiento:

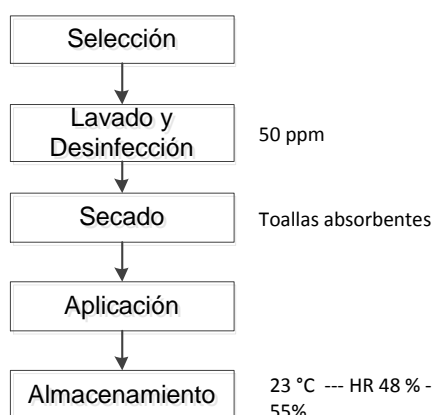


Figura 3.3

Diagrama de bloques de la aplicación de recubrimiento.

Fuente: Elaboración propia

Selección

Se seleccionaron tomates con las siguientes características: libres de insectos, enfermedades y materiales extraños (residuos de fungicidas), exentos de olor extraño, de consistencia firme, con aspecto fresco y saludable, que presentan un estado de madures 1(Figura 2.2).

Lavado y desinfección

Después de seleccionar los tomates se realizó el lavado de con agua potable y posteriormente se desinfectó los frutos con una solución de hipoclorito de sodio a 50 ppm.

Secado

Una vez desinfectado el tomate se procedió a secarlos manualmente con toallas absorbentes.

Aplicación

Para la aplicación del recubrimiento en los tomates se utilizó una esponja, verificando que este sea de manera uniforme. Posteriormente se secaron las muestras con aire caliente

Almacenamiento

El almacenamiento fue a una temperatura de 23 °C con humedad relativa de 48 a 55 % en un ambiente limpio y ventilado.

3.6.4. Análisis fisicoquímicos

3.6.4.1. Determinación de la acidez:

La acidez total se determinó según el método AOAC (Asociación de los Químicos Analíticos Oficiales) N° 950.07 (1984). Sus resultados son expresados en porcentaje de ácido cítrico.

$$\%Acidez = \frac{V_{NaOH} \times N \times Meq_{(Acido\ p.)}}{Volumen\ de\ la\ muestra} \times 100 \quad \dots \text{ Ec. 3.1}$$

Dónde: Normalidad del NaOH = 0.1 N

Mili equivalente del Ácido Cítrico: 0.064

3.6.4.2. Determinación de pH:

El potenciómetro fue calibrado inicialmente a través de soluciones tampón padrones de pH 4.01 a 7.01 en un pH-metro digital, según el método AOAC (Asociación de los Químicos Analíticos Oficiales) No 935.15 (1980).

3.6.4.3. Determinación del contenido de sólidos solubles:

El porcentaje de sólidos solubles se determinó directamente por lectura en el refractómetro de precisión GIARDINNO.

3.6.4.4. Medición de la tasa de respiración

La medición de la tasa de respiración se realizó a través de un respiro-metro construido por los autores del proyecto, en el cual se colocó la muestra de tomates con recubrimiento de Aloe Vera y Aceite Esencial de Canela (*Cinnamomum verum*). La fórmula para determinar la tasa de respiración fue la siguiente

$$IR = \frac{(Vb - Vm) \times N \times 22 \times 60}{W \times t} \dots \text{Ec. 3.2}$$

Dónde

V_m = Volumen de ácido oxálico para titular la muestra (ml)

V_b = Volumen de ácido oxálico para titular el blanco (ml)

N = Normalidad del ácido oxálico (meq/l)

W = Peso de la muestra

t = Tiempo de barrido

60 = Factor de conversión para el tiempo (min/hr)

22 = Peso Mili equivalente del CO₂ (g/meq) IR = Intensidad respiratoria (mg.CO₂/kg.h).

3.6.4.5. Medición de la transpiración:

La medición de la transpiración se realizó a través de comparaciones de peso, referente a la cantidad de vapor de agua eliminado por las muestras almacenadas a diferentes condiciones de concentraciones de recubrimiento.

3.6.4.6. Análisis microbiológico

El análisis microbiológico se determinó mediante un recuento de mohos en placa, según el método ISO 7954 – FV08-059.

3.7. Plan de análisis estadístico de datos

La metodología de superficie respuesta (MRS), es una técnica de diseño experimental que permite encontrar niveles óptimos de un factor sobre una respuesta.

En la Tabla 4.2 se muestra el tipo de estudio combinado (*combined*), diseño estadístico D- optimal, diseño de modelo cuadrático x lineal (*Quadratic x linear*), se llevó a cabo 13 tratamientos (*runs*). Los factores o variables independientes evaluadas son: Concentración de Aloe Vera, glicerol y aceite esencial de canela. Y las respuestas o variables dependientes son: Tasa de respiración, acidez, Transpiración y Ph.

3.8. Criterios éticos

Durante la elaboración del presente proyecto de investigación se recaudó información sobresaliente de las distintas fuentes bibliográficas tales como: libros, revistas científicas, artículos científicos, tesis, páginas web, entre otros; los cuales están debidamente citados, evidenciando el respeto a la propiedad a la propiedad intelectual.

3.9. Criterios de rigor científico

En el contexto del marco metodológico (métodos y técnicas), se tomó en cuenta ciertos parámetros establecidos en investigaciones anteriores, con el debido rigor científico que requiere una investigación. Para los diferentes análisis que permitan la cuantificación de las variables dependientes se tendrá en cuenta las normas AOAC.

CAPITULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1. Acondicionamiento de materia prima para obtención de gel de Aloe vera

Siguiendo con la secuencia para la obtención de gel de sábila como se observa en la Figura 3.1, para la selección de hojas de sábila se tuvo en cuenta tamaño, espesor, firmeza, separando las hojas con daño físico (cortes, golpes o quemaduras de sol), las hojas seleccionadas se sumergieron por 5 horas para eliminar el yodo presente en estas; para luego proceder a un lavado y desinfectado al 0.1% de hipoclorito de sodio.

Luego se realizó un corte manual de filos y puntas para desprender el gel, mediante raspado manual.

En la Figura 4.1 se muestra la secuencia de la obtención del gel de Aloe Vera.



(a) Desaguado



(b) Lavado y desinfectado



(c) Corte de filos y puntas



(d) Raspado manual

Figura 4.1

Acondicionamiento de la materia prima para obtención del gel de Aloe Vera

Fuente: Planta Piloto de la Universidad Señor de Sipán - Elaboración propia

4.2. Formulación de recubrimiento

La formulación del recubrimiento se realizó a través de un mezclado de los 4 cuatro componentes (Aloe Vera, Glicerol, Tween 80 y aceite esencial de canela) en tres etapas como se observa en la Figura 3.2. Los porcentajes determinados en el diseño de investigación que se muestra en la Cuadro 4.1 se trabajaron en relación P/P usando una balanza la homogenización se realizó de manera manual con la ayuda de una varilla de vidrio.

Para identificación de la mejor formulación fue a través del control y posterior evaluación de las variables dependientes indicadas en el cuadro de operacionalización de variables Cuadro 3.1.

Cuadro 4.1

Matriz de formulaciones de recubrimiento

| Run | Aloe Vera (%) | Glicerol (%) | Aceite esencial (%) |
|------------|----------------------|---------------------|----------------------------|
| 1 | 62.50 | 37.50 | 0.040 |
| 2 | 62.50 | 37.50 | 0.030 |
| 3 | 75.00 | 25.00 | 0.040 |
| 4 | 62.50 | 37.50 | 0.060 |
| 5 | 75.00 | 25.00 | 0.060 |
| 6 | 50.00 | 50.00 | 0.040 |
| 7 | 62.50 | 37.50 | 0.040 |
| 8 | 56.25 | 43.75 | 0.045 |
| 9 | 75.00 | 25.00 | 0.030 |
| 10 | 68.75 | 31.25 | 0.040 |
| 11 | 50.00 | 50.00 | 0.030 |
| 12 | 50.00 | 50.00 | 0.060 |
| 13 | 68.75 | 31.25 | 0.050 |

Fuente: Desing expert v.7

4.3. Acondicionamiento de materia prima para la aplicación de recubrimiento

La secuencia para la aplicación de recubrimiento se observa en la Figura

3.3, se seleccionaron tomates con las siguientes características libres de insectos, enfermedades y materiales extraños, exentos de olores extraños, consistencia firme, aspecto fresco y saludable, con un grado de madurez 1 (Figura 2,2). Teniendo como muestra 40 kg de tomate determinados a partir de un muestro no probabilístico por conveniencia. Se llevó acabo un lavado y desinfectado con hipoclorito de sodio a 50 ppm. Posteriormente se realizó un secado manual con toallas absorbentes, para finalmente aplicar el recubrimiento de manera uniforme y directa haciendo uso de una esponja, las muestras se secaron con aire caliente, empleando una secadora manual. Las muestras fueron almacenadas a una temperatura de 23 °C con humedad relativa de 48 a 55 % en un ambiente limpio y ventilado. En la figura 4.2 se muestra la secuencia de la aplicación del recubrimiento en los tomates variedad roma.



(a) Lavado y desinfección



(b) Secado



(c) Aplicación de recubrimiento



(d) Secado de muestras con aire caliente



(e) Almacenamiento

Figura 4.2
Acondicionamiento de la materia prima para aplicación de recubrimiento
 Fuente: Planta Piloto de la Universidad Señor de Sipán - Elaboración propia

4.4. Evaluación de las variables dependiente

4.4.1. Tasa de Respiración

La tasa de respiración representa es un proceso metabólico que permite evaluar la efectividad del recubrimiento y por ende de las formulaciones, ya que la velocidad a la que respira un producto constituye una guía para calcular cuánto puede durar su vida comercial (Wills et.al 1998).

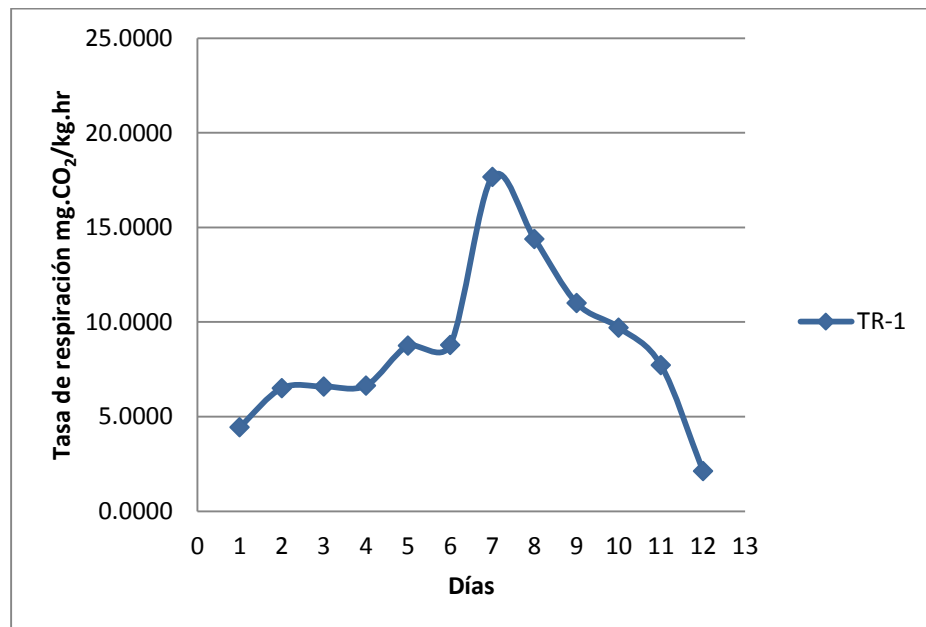


Figura 4.3
Comportamiento de la Tasa de Respiración en el tratamiento testigo
 Fuente: Cuadro 1.1 (Anexo 01) - Microsof Excel 2013

Observando la Figura 4.3 el tratamiento testigo inicia con una Tasa de Respiración 4.4423 mg.CO₂/kg.hr para continuar en ascenso lento hasta el día 05 (8.7551 mg.CO₂/kg.hr) para decaer mínimamente en el día 6 (8.7910 mg.CO₂/kg.hr), a partir del cual empieza experimenta un nuevo ascenso hasta llegar al pico climaterio en día 7 (17.6725 mg.CO₂/kg.hr).

Al envejecer los productos de origen vegetal se produce una disminución en la tasa respiratoria, algunas hortalizas como el tomate, muestran un súbito incremento en la actividad metabólica y en la tasa de respiración conforme avanza su maduración. A este fenómeno se le conoce como climaterio y está generalmente relacionado con cambios externos en la apariencia del producto, característicos de la madurez y senescencia, tales como cambios en la composición, desarrollo de color externo y cambios en la textura y el sabor (Barreiro y Sandoval, 2006 citado en Hernández, 2013).

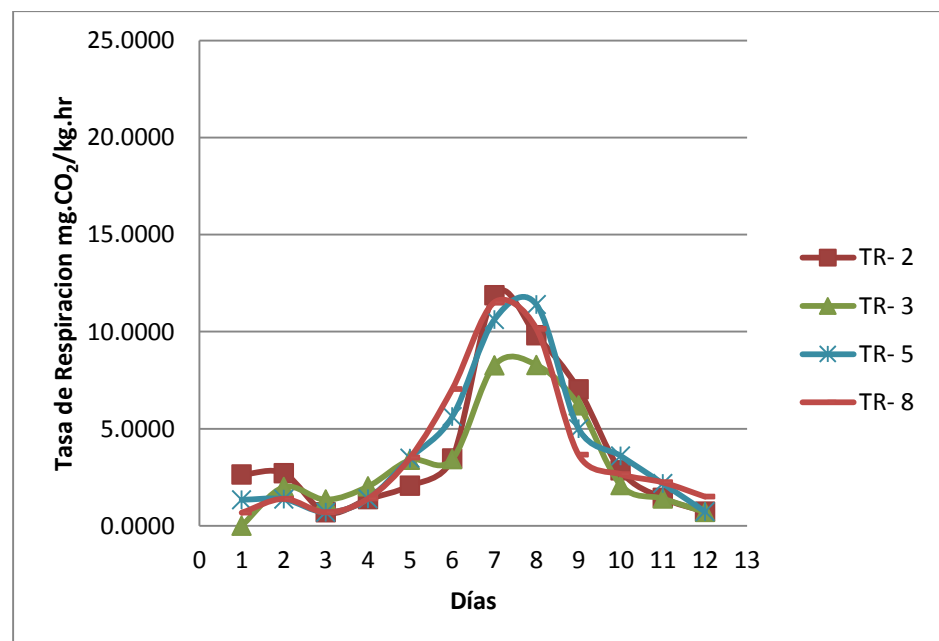


Figura 4.4
Comportamiento de la Tasa de Respiración de los tratamientos 2, 3, 5 y 8
Fuente: Cuadro 00 (Anexo 00) - Microsof Excel 2013

En la Figura 4.4 se observar el comportamiento de la Tasa de Respiración de los tratamientos 2, 3 5 y 8, los cuáles fueron

agrupados por las similitudes existentes en la composición de Aloe Vera y Glicerol. El tratamiento 2 inicia con una Tasa de Respiración 2,640 mg.CO₂/kg.hr para continuar en ascenso lento hasta el día 2 (2,702 mg.CO₂/kg.hr) para decaer considerablemente en el día 4 (1,366 mg.CO₂/kg.hr), a partir del cual empieza experimenta un nuevo ascenso hasta llegar al pico climaterio en día 7 (11,873 mg.CO₂/kg.hr), y decaer lentamente hasta el día 12 (3,947 mg.CO₂/kg.hr). El tratamiento 3 inicia con una Tasa de Respiración 0 mg.CO₂/kg.hr, continúa en ascenso hasta el día 2 (1,950 mg.CO₂/kg.hr) y decae en el día 3 (1,344 mg.CO₂/kg.hr), posteriormente empieza experimenta un nuevo ascenso hasta llegar al pico climaterio en día 8 (8,284 mg.CO₂/kg.hr), para finalmente decaer hasta el día 12 (0,704 mg.CO₂/kg.hr). El tratamiento 5 inicia con una Tasa de Respiración 1,337 mg.CO₂/kg.hr, asciende mínimamente en el día 2 (1,370 mg.CO₂/kg.hr) y decae en el día 3 (0,690 mg.CO₂/kg.hr), posteriormente continúa ascendiendo hasta llegar al pico climaterio en día 8 (11,392 mg.CO₂/kg.hr), para finalmente decaer hasta el día 12 (0,728 mg.CO₂/kg.hr). El tratamiento 8 inicia con una Tasa de Respiración 0,671 mg.CO₂/kg.hr, asciende en el día 2 (1,389 mg.CO₂/kg.hr) y decae en el día 3 (0,695 mg.CO₂/kg.hr), posteriormente continúa ascendiendo hasta llegar al pico climaterio en día 7 (11,516 mg.CO₂/kg.hr), para finalmente decaer hasta el día 12 (1,50 mg.CO₂/kg.hr).

La velocidad a que respira un producto constituye un índice de la actividad metabólica de sus tejidos y es una guía útil para calcular cuánto puede durar su vida comercial. Si se sigue la actividad respiratoria de una fruta o una hortaliza a través del consumo de oxígeno o del desprendimiento de dióxido de carbono a lo largo de su desarrollo, maduración fisiológica, maduración organoléptica y senescencia, se obtendrá una pauta respiratoria característica. (Wills et al., 1998)

La actividad respiratoria por unidad de peso es más alta en las fases previas a la maduración y declina luego progresivamente con la edad. Un grupo significativo de frutos entre ellos el tomate muestra una variante de este esquema. Su actividad respiratoria aumenta de un modo muy acusado durante la maduración organoléptica. A este incremento de la actividad respiratoria se le denomina climaterio y el grupo de frutas que lo presentan se clasifican como frutos climatéricos. (Wills et al., 1998)

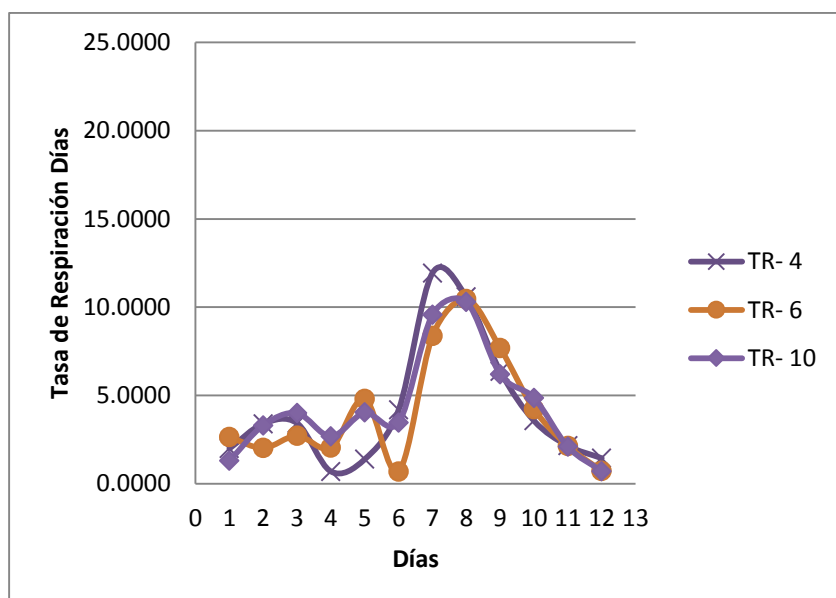


Figura 4.5
Comportamiento de la Tasa de Respiración de los tratamientos 4, 6 y 10
Fuente: Cuadro 1.1 (Anexo 01) - Microsoft Excel 2013

En la Figura 4.5 se observa el comportamiento de la Tasa de Respiración de los tratamientos 4, 6 y 10, los cuales fueron agrupados por las similitudes existentes en la composición de Aloe Vera y Glicerol. El tratamiento 4 inicia con una Tasa de Respiración 1,986 mg.CO₂/kg.hr continúa en ascenso lento hasta el día 3 (3,423 mg.CO₂/kg.hr) para decaer en el día 4 (0,688 mg.CO₂/kg.hr), posteriormente empieza a experimentar un nuevo ascenso hasta llegar al pico climaterio en día 7 (11,936 mg.CO₂/kg.hr), para decaer finalmente hasta el día 12 (1,439 mg.CO₂/kg.hr). El tratamiento 6 inicia con una Tasa de Respiración 2,635 mg.CO₂/kg.hr para ascender hasta el día 3

(2,716 mg.CO₂/kg.hr) y decaer en el día 4 (2,045 mg.CO₂/kg.hr), posteriormente empieza a experimentar un nuevo ascenso hasta llegar al pico climaterio en día 8 (10,465 mg.CO₂/kg.hr), finalmente decae lentamente hasta el día 12 (0,714 mg.CO₂/kg.hr).

Tras la recolección la intensidad respiratoria de los productos hortofrutícolas frescos desciende gradualmente con el tiempo, o bien inicialmente desciende y luego se produce un aumento respiratorio brusco antes de volver a reducirse durante la senescencia. (Damodaran, Parkin y Fennema, 2008)

La intensidad respiratoria varía según el tipo de producto, el estado de desarrollo y el tipo de maduración. Los distintos productos tienen intrínsecamente distintas intensidades de respiración. Por ejemplo, a la misma temperatura, el brócoli respira casi diez veces más que el tomate. Dado que el índice de respiración de un producto influye directamente sobre su vida útil, los que tienen una tasa respiratoria más alta, tendrán una caducidad más corta que los productos que respiran con menos intensidad. (Fennema et al., 2008)

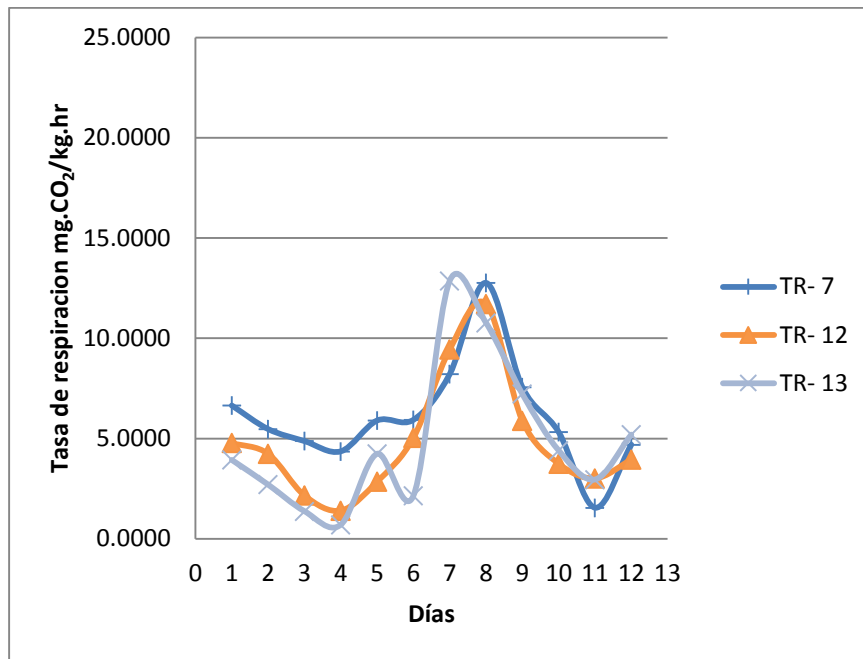


Figura 4.6
 Comportamiento de la Tasa de Respiración de los tratamientos 7, 12, 13
 Fuente: Cuadro 1.1 (Anexo 01) - Microsoft Excel 2013

En la Figura 4.6 se observa el comportamiento de la Tasa de Respiración de los tratamientos 7, 12 y 13, los cuáles fueron agrupados por las similitudes existentes en la composición de Aloe Vera y Glicerol. El tratamiento 7 inicia con una Tasa de Respiración 6,646 mg.CO₂/kg.hr para decaer en el día 4 (4,361 mg.CO₂/kg.hr), continúa ascendiendo hasta llegar al pico climatérico en el día 8 (12,764 mg.CO₂/kg.hr), para decaer lentamente hasta el día 11 (1,439 mg.CO₂/kg.hr), y ascender nuevamente en el día 12 (4,692 mg.CO₂/kg.hr).

La intensidad respiratoria depende de factores internos (características y composición del vegetal) y externos (temperatura y disponibilidad de gases de la atmósfera, principalmente O₂ y CO₂). (Aranceta J 2006, citado en Hernández N, 2013)

La actividad respiratoria está estrechamente relacionada con los cambios en la maduración, la calidad, periodo de almacenamiento, rapidez de aparición de ciertas fisiopatías, el

manejo del producto y los tratamientos pos cosecha. (Aranceta J, 2006 citado en Hernández N, 2013)

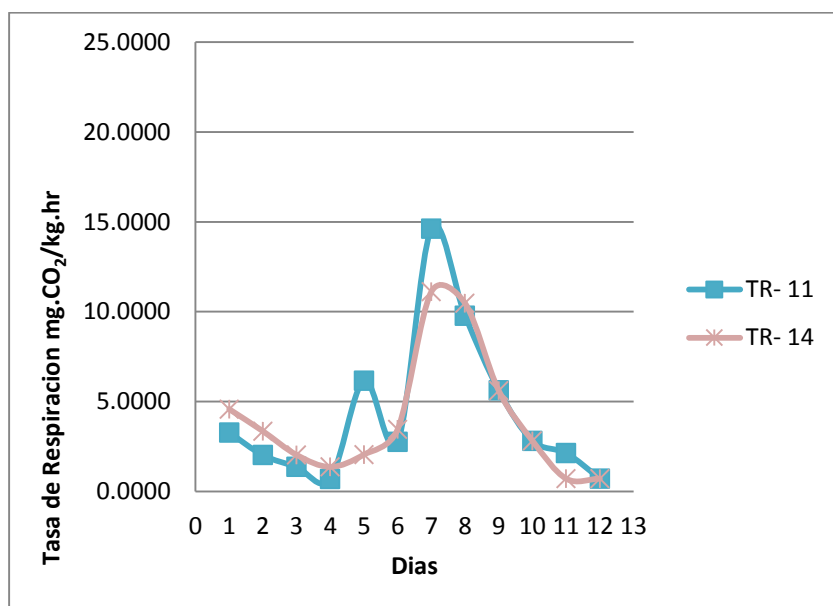


Figura 4.7
Comportamiento de la Tasa de Respiración de los tratamientos 11 y 14
Fuente: Cuadro 1.1 (Anexo 01) - Microsoft Excel 2013

En la Figura 4.7 se observa el comportamiento de la Tasa de Respiración de los tratamientos 11 y 14, los cuáles fueron agrupados por las similitudes existentes en la composición de Aloe Vera y Glicerol. El tratamiento 11 inicia con una Tasa de Respiración de 3,277 mg.CO₂/kg.hr, decae considerablemente hasta el día 4 (0,681 mg.CO₂/kg.hr), posteriormente asciende hasta llegar al pico climatérico en el día 7 (14,620 mg.CO₂/kg.hr), para decaer lentamente hasta el día 12 (0,715 mg.CO₂/kg.hr). El tratamiento 14 inicia con una Tasa de Respiración de 4,574 mg.CO₂/kg.hr, decae hasta el día 4 (0,681 mg.CO₂/kg.hr), y asciende hasta llegar al pico climatérico en el día 7 (14,620 mg.CO₂/kg.hr), para volver a descender lentamente hasta el día 12 (0,715 mg.CO₂/kg.hr).

Los frutos climatéricos maduran debido a un incremento en la tasa de respiración, el cual está generalmente asociado con una elevada producción de etileno, coincidentemente ligeramente

anterior o posterior al incremento de respiración. El inicio de la maduración climatérica es un proceso bien definido, caracterizado por un rápido aumento en la velocidad de la respiración y el desprendimiento de etileno por la fruta. Así mismo el momento de la maduración, presenta velocidad en la respiración hasta un punto superior, después la intensidad respiratoria disminuye hasta la senescencia. (Pech, Bouzayen y Latche, citado en González J ,2015)

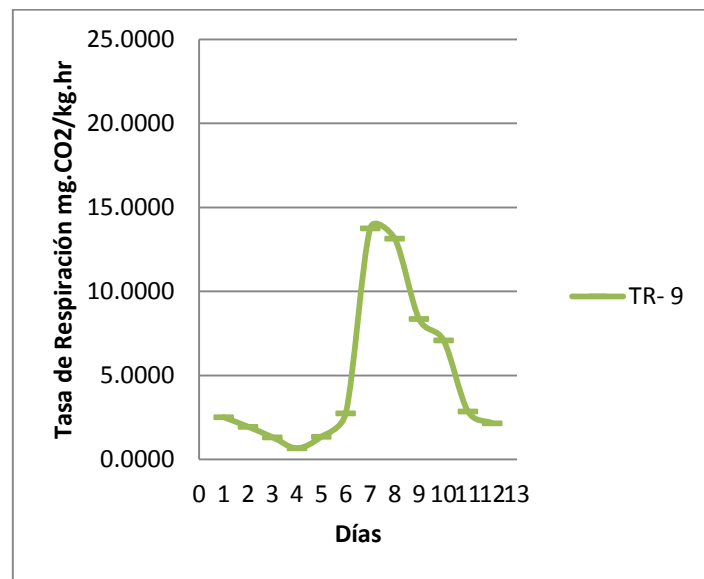


Figura 4.8

Comportamiento de la Tasa de Respiración en el tratamiento 9

Fuente: Cuadro 1.1 (Anexo 01) - Microsoft Excel 2013

En la Figura 4.8 el tratamiento 9 inicia con una Tasa de Respiración 2,519 mg.CO₂/kg.hr, decae hasta el día 4 (0,670 mg.CO₂/kg.hr), a partir del cual empieza experimentar un nuevo ascenso hasta llegar al pico climatérico en día 7 (13,764 mg.CO₂/kg.hr), y finalmente desciende lentamente hasta el día 12 (2,159 mg.CO₂/kg.hr).

Durante las primeras etapas del desarrollo, los frutos presentan una actividad respiratoria elevada, la cual va disminuyendo a medida que el desarrollo avanza y, durante la fase de madurez comestible, ciertos tipos de frutos exhiben un resurgimiento de esta actividad antes de entrar a la senescencia. Dicho resurgimiento es de menor intensidad al registrado al inicio del

desarrollo. El tomate es una fruta climatérica ya que exhibe un incremento en la respiración y en la producción de etileno durante la maduración lo que juega un rol importante en la regulación de este proceso y el ablandamiento del fruto. (Reina, 2006)

4.4.2. Porcentaje de acidez

La acidez es uno de los principales parámetros de calidad físico-química más comúnmente determinado en la materia prima vegetal; es cuantificable debido a la presencia de diversos ácidos orgánicos, principalmente: cítrico, málico, tartárico, oxálico, fórmico, entre otros, en proporciones variables. (Calderón D, 2007 citado en Hernández N, 2013)

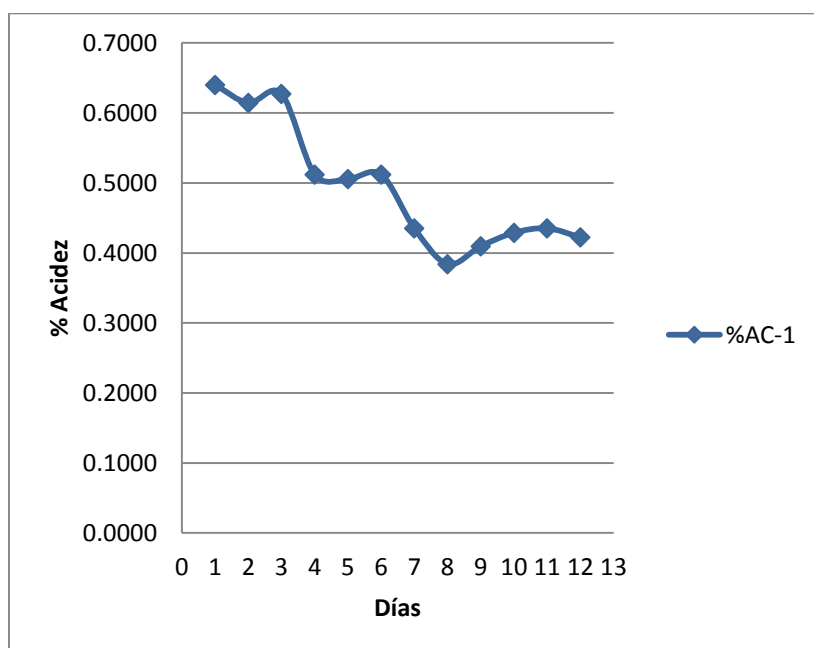


Figura 4.9
Comportamiento de la Acidez en el tratamiento testigo
Fuente: Cuadro 1.2 (Anexo 01) - Microsoft Excel 2013

En la Figura 4.9 se observa que el tratamiento testigo inicia con un Porcentaje de Acidez de 0,640%, posteriormente continua en descenso lento hasta el día 5 (0,506%) para ascender mínimamente en el día 6 (0,512%), a partir del cual el porcentaje empieza a experimentar un nuevo descenso hasta llegar al día 8

(0,384 %), en los siguientes días el Porcentaje de Acidez se mantiene subiendo lentamente hasta el día 11 (0,435%) ; para finalmente decaer en el día 12 (0,422%).

La acidez en los productos hortofrutícolas es debida a los ácidos orgánicos e inorgánicos que pudiesen estar presentes en su composición. La acidez está asociada con los grupos carboxílicos e hidrogeniones presentes. (Barreiro y Sandoval, 2006 citado en Hernández N, 2013)

Los ácidos más ampliamente distribuidos y abundantes son el cítrico y el málico que pueden representar cada uno hasta el 3% del tejido sobre peso fresco. Respecto a la evolución de la acidez durante el almacenamiento pos cosecha del tomate, se observan fluctuaciones con una tendencia hacia la disminución, al conservar el producto en condiciones ambientales (28°C y 65% HR). (Reina M, 1998 citado en Hernández N, 2013).

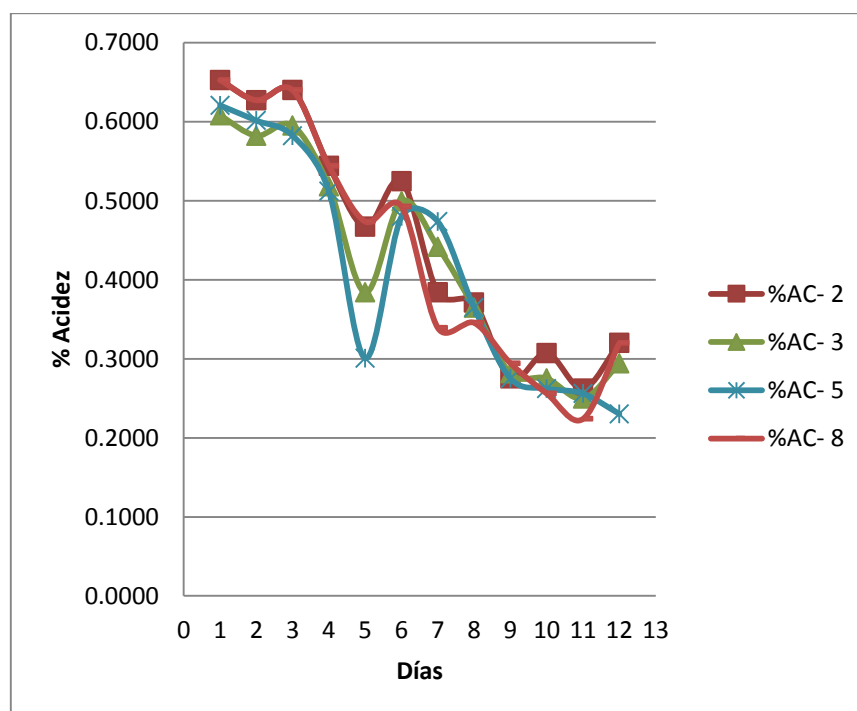


Figura 4.10
Comportamiento de la acidez en los tratamiento 2, 3, 5 y 8.
Fuente: Cuadro 1.2 (Anexo 01) - Microsoft Excel 2013

En la Figura 4.10 se observa el comportamiento del Porcentaje de Acidez de los tratamientos 2, 3 y 5, los cuáles fueron agrupados

por las similitudes existentes en la composición de Aloe Vera y Glicerol. El tratamiento 2 inicia con un Porcentaje de Acidez de 0,653 % para continuar en descenso lento hasta el día 3 (0,640%) posteriormente el Porcentaje de Acidez decae considerablemente hasta el día 5, a partir del cual empieza experimentar un nuevo ascenso hasta el día 7 (0,384%), para descender lentamente hasta el día 12 (9,206%). El tratamiento 3 inicia con un Porcentaje de Acidez de 0,608 %, para descender mínimamente en el día 2 (0,595%), y ascender nuevamente en el día 3 (0,595%), en los siguientes días el Porcentaje de Acidez decae hasta el día 5 (0,384%); para aumentar nuevamente en el día 6 (0,499%), posteriormente decae considerablemente hasta el día 11 (0,249%), para finalmente ascender en el día 12 (0,294%). El tratamiento 5 inicia con un Porcentaje de Acidez de 0,621 %, para decaer considerablemente hasta el día 5 (0,301%), posteriormente el Porcentaje de Acidez aumenta en el día 6 (0,480%), para finalmente decaer lentamente hasta el día 12 (0,230%). El tratamiento 8 inicia con un Porcentaje de Acidez de 0,653 %, el cual decae mínimamente en el día 2 (0,627%), y aumenta en el día 3 (0,640%); posteriormente el Porcentaje de Acidez desciende hasta el día 5 (0,474 %), para aumentar mínimamente en el día 6 (0,493 %), y descender lentamente hasta el día 11 (0,256 %), para finalmente aumentar en el día 12 (0,320 %).

La acidez tiende a disminuir con la madurez de los frutos, mientras que el contenido en azúcares se incrementa. El descenso de la acidez es debido a la actividad metabólica que experimentan los productos hortofrutícolas durante la maduración, ya que en este periodo hay una intensa actividad enzimática que provoca una complicada red de cambios metabólicos que se traslapan y acoplan, lo que da origen a la conversión de los ácidos orgánicos de reserva en azúcares, que serán consumidos durante la respiración celular (Badui, 2006).

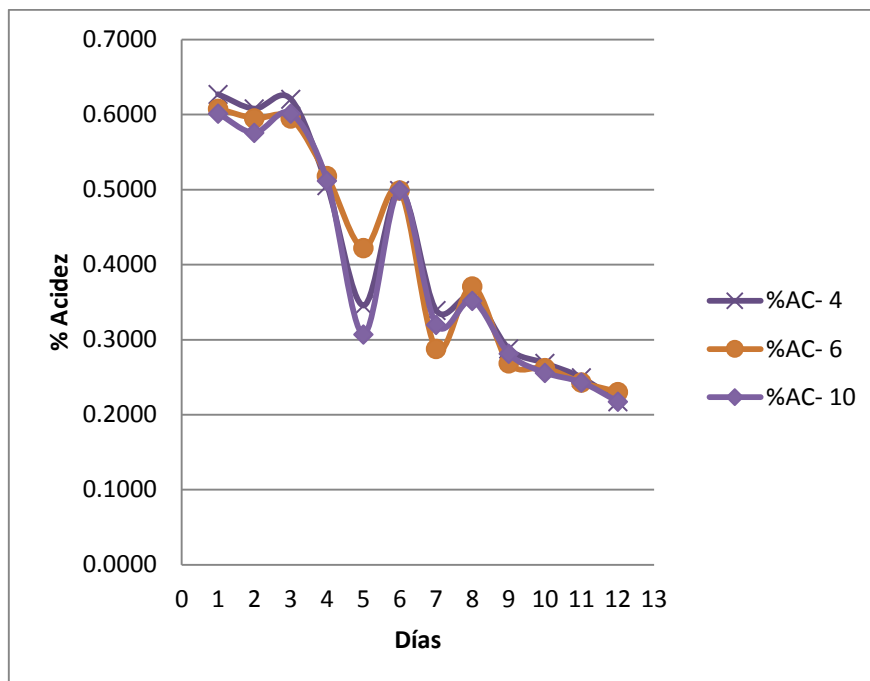


Figura 4.11

Comportamiento de la Acidez en los tratamientos 4,6 y 10.

Fuente: Cuadro 1.2 (Anexo 01) - Microsoft Excel 2013

En la Figura 4.11 se observa el comportamiento del Porcentaje de Acidez de los tratamientos 4, 6 y 10, los cuáles fueron agrupados por las similitudes existentes en la composición de Aloe Vera y Glicerol. El tratamiento 4 inicia con un Porcentaje de Acidez de 0,627 %, para decaer considerablemente en el día 2 (0,601%), y aumenta nuevamente en el día 3 (0,621%), posteriormente el Porcentaje de Acidez decae hasta el día 7 (0,330%), empieza experimentar un nuevo ascenso hasta el día 8 (0,358%), para finalmente decaer lentamente hasta el día 12 (0,217%). El tratamiento 6 inicia con un Porcentaje de Acidez de 0,608%, posteriormente desciende considerablemente hasta el día 5 (0,422%), para aumentar mínimamente en el día 6 (0,499 %), y decaer nuevamente en el día 7 (0,288%); en el día 8 el Porcentaje de Acidez asciende mínimamente a 0,371%, para descender lentamente hasta el día 12 (0,218). El tratamiento 10 inicia con un Porcentaje de Acidez de 0,601%, para decaer mínimamente en el día 2 (0,576%), y ascender nuevamente en el día 3 (0,602%), posteriormente el Porcentaje de Acidez desciende considerablemente hasta el día 5 (0,307%), para ascender en el

día 6 (0,499%), y nuevamente decaer lentamente hasta el día 12 (0,237%).

Los ácidos pueden existir a niveles por debajo de los límites de detección o pueden ser el componente principal en ciertos frutos, como los cítricos. Los vegetales contienen pequeñas cantidades de ácidos orgánicos que son intermediarios metabólicos. En algunos estudios referentes a la calidad fisicoquímica pos cosecha se determina que la acidez en las bayas, tal es el caso de los tomates, es de 0,25% a 0,35% calculada como porcentaje en ácido cítrico. (Lamúa M, 2000 citado en González M, 2015)

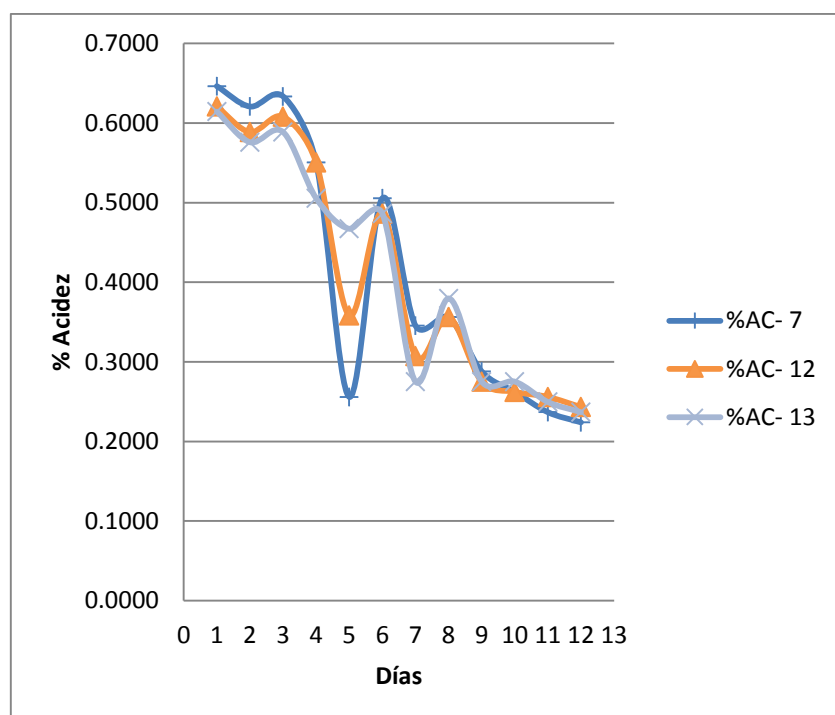


Figura 4.12

Comportamiento de la acidez en los tratamientos 7,12 y 13

Fuente: Cuadro 1.2 (Anexo 01) - Microsof Excel 2013

En la Figura 4.12 se observa el comportamiento del Porcentaje de Acidez de los tratamientos 7, 12 y 13, los cuáles fueron agrupados por las similitudes existentes en la composición de Aloe Vera y Glicerol. El tratamiento 7 inicia con un Porcentaje de Acidez de 0,646%, decae considerablemente hasta el día 5 (0,256%), y asciende nuevamente en el día 6 (0,505%), posteriormente el

Porcentaje de Acidez desciende nuevamente en el día 7 (0,345%), y aumenta mínimamente en el día 8 (0,356%), va descendiendo lentamente hasta el día 12 (0,224%). El tratamiento 12 inicia con un Porcentaje de Acidez de 0,621%, para decaer mínimamente en el día 2 (0,589%), y ascender nuevamente en el día 3 (0,608%), posteriormente se observa que el Porcentaje de Acidez desciende considerablemente hasta el día 5 (0,358%), aumenta otra vez en el día 6 (0,486%), desciende nuevamente en el día 7 (0,307%), y aumenta mínimamente en el día 8 (0,356%), para descender considerablemente hasta el día 12 (0,243 %). El tratamiento 13 inicia con un Porcentaje de Acidez de 0,610%, decae mínimamente en el día 2 (0,576%), y asciende nuevamente en el día 3 (0,589%), se observa después que el Porcentaje de Acidez desciende hasta el día 5 (0,467%), y aumenta otra vez en el día 6 (0,486%), para decaer considerablemente en el día 7 (0,275%), y aumentar nuevamente en el día 8 (0,365%), posteriormente desciende lentamente hasta el día 11 (0,249%) , para aumentar finalmente en el día 12 (0,237%).

La medición de Acidez Titulable se realiza con el fin de conocer el porcentaje de acidez de la fruta, el cual se expresa según el ácido predominante en las fruta, pues todas las frutas no contienen los mismos ácidos. En el caso del tomate el ácido predominante es el ácido cítrico. Los ácidos cítricos son los más frecuentes y abundantes en tejidos de plantas comestibles. En la mayoría de las frutas, el contenido de ácidos orgánicos disminuye durante y después del proceso de maduración. (Fennema et al., 2008)

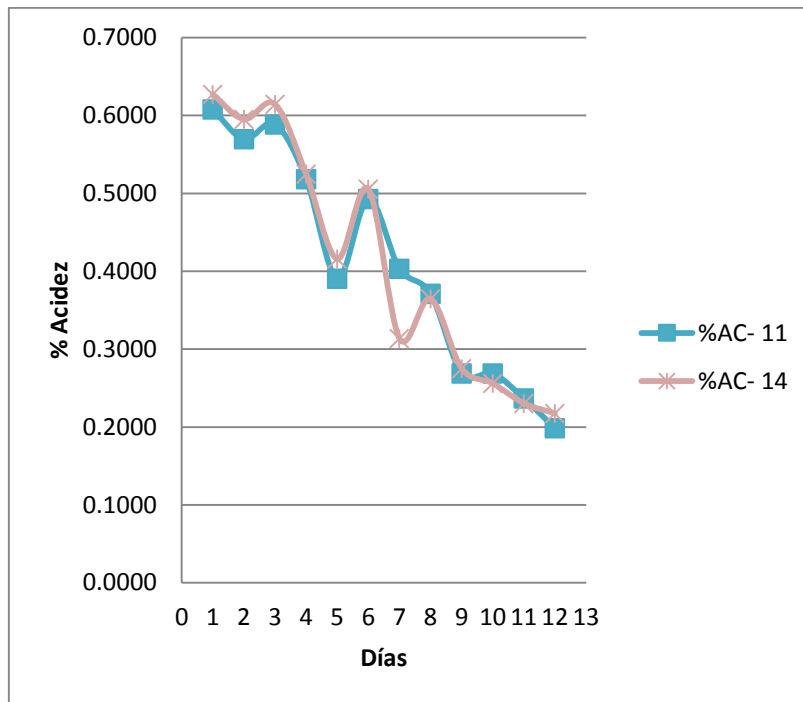


Figura 4.13

Comportamiento de la Acidez en los tratamientos 11 y 14.

Fuente: Cuadro 1.2 (Anexo 01) - Microsoft Excel 2013

En la Figura 4.13 se observa el comportamiento del Porcentaje de Acidez de los tratamientos 11 y 14, los cuáles fueron agrupados por las similitudes existentes en la composición de Aloe Vera y Glicerol. El tratamiento 11 inicia con un Porcentaje de Acidez de 0,608%, decae en el día 2 (0,569%), y asciende nuevamente en el día 3 (0,518%), posteriormente se observa que el Porcentaje de Acidez desciende considerablemente hasta el día 5 (0,390%), asciende en el día 6 (0,492%), decae hasta el día 11 (0,237%), para finalmente aumentar en el día 12 (0,307%). El tratamiento 14 inicia con un Porcentaje de Acidez de 0,627%, decae en el día 2 (0,595 %), y asciende nuevamente en el día 3 (0,614 %), posteriormente se observa que el Porcentaje de Acidez desciende considerablemente hasta el día 5 (0,416%), asciende en el día 6 (0,506%), decae mínimamente en el día 7 (0,505%), %, y asciende nuevamente en el día 8 (0,364 %), para descender lentamente hasta el día 12 (0,217 %).

Durante la maduración, disminuye el contenido de ácidos orgánicos, que son respirados o convertidos en azúcares. Los

ácidos pueden considerarse como una reserva energética más de la fruta siendo, por consiguiente, de esperar que su contenido decline en el periodo de actividad metabólica máxima, en el curso de maduración. (Wills et al., 1998)

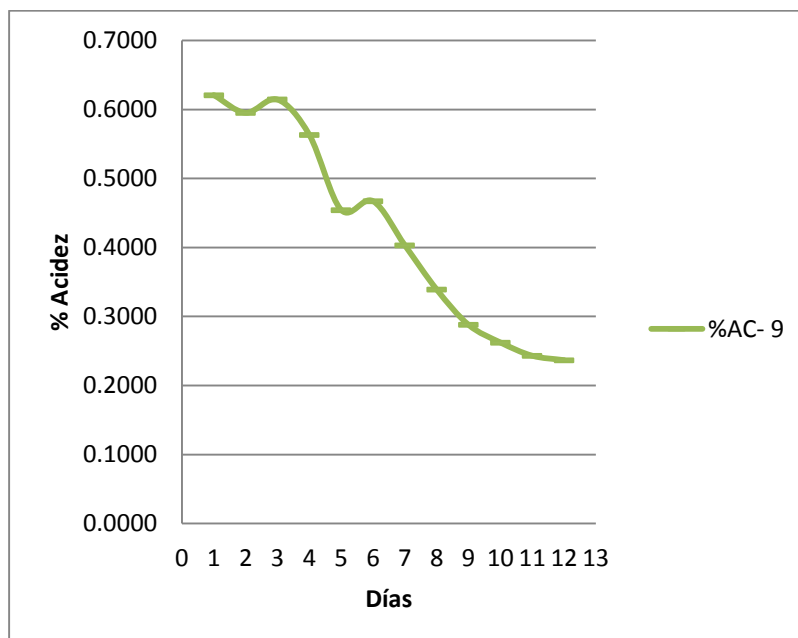


Figura 4.14

Comportamiento de la Acidez en el tratamiento 9.

Fuente: Cuadro 1.2 (Anexo 01) - Microsoft Excel 2013

En la Figura 4.14 se observa que el tratamiento 14 inicia en el día 2 (0,595%), y asciende nuevamente en el día 3 (0,614%), posteriormente el Porcentaje de Acidez desciende nuevamente hasta el día 5 (0,454%), y aumenta en el día 6 (0,467%), para descender lentamente hasta el día 12 (0,236%).

Los ácidos orgánicos se encuentran circulando en los tejidos vegetales tras la recolección y tienden a disminuir en la fase de senescencia. La mayor parte de esta pérdida se debe a su oxidación en el metabolismo respiratorio, reacción que se traduce como un incremento de cociente de respiración. (Fennema et al., 2008)

4.4.3. Pérdida de peso

El contenido de agua de los productos vegetales tiene una gran influencia en su calidad capacidad de conservación después de

la recolección. Los productos hortofrutícolas frescos, están compuestos principalmente por agua (90%-95%), es debido a esto que incluso las pérdidas de agua más pequeñas (< 1%), pueden originar cambios fisiológicos que tienen un impacto muy negativo en la calidad y en la capacidad de almacenamiento. La pérdida de agua conlleva un deterioro del aspecto (marchitamiento, arrugamiento, aceleración en el desarrollo de lesiones), alteración de textura e incluso mermas en la calidad nutricional. (Fennema et al., 2008)

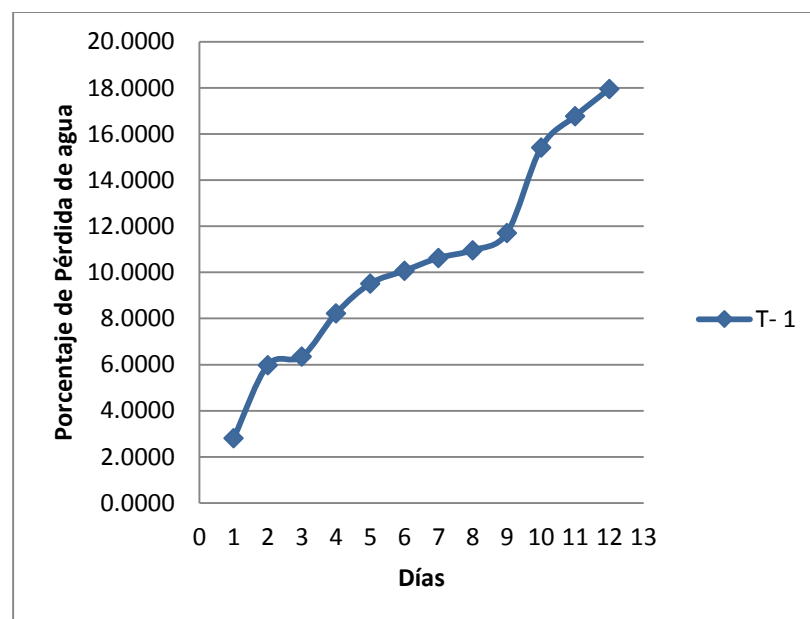


Figura 4.15
Comportamiento de la pérdida de peso en el tratamiento testigo
Fuente: Cuadro 1.3 (Anexo 01) - Microsoft Excel 2013

En la figura 4.15 se observa en comportamiento del tratamiento testigo, este inicia con un Porcentaje de Pérdida de Agua de 2,811 %, y va aumentando conforme el tomate va madurando hasta llegar al día 12 con un Porcentaje de Pérdida de Agua de 17,963 %.

Los vegetales frescos pierden el agua por evaporación en el aire que los rodea. Incluso los productos que no han sufrido ninguna lesión pierden algo de agua durante su almacenamiento y manipulación pos cosecha. La fuerza que impulsa la pérdida de agua es el gradiente de concentración entre el vapor de agua en

el interior de los espacios intercelulares del producto y el vapor de agua del entorno en el que se encuentra. (Fennema et al., 2008)

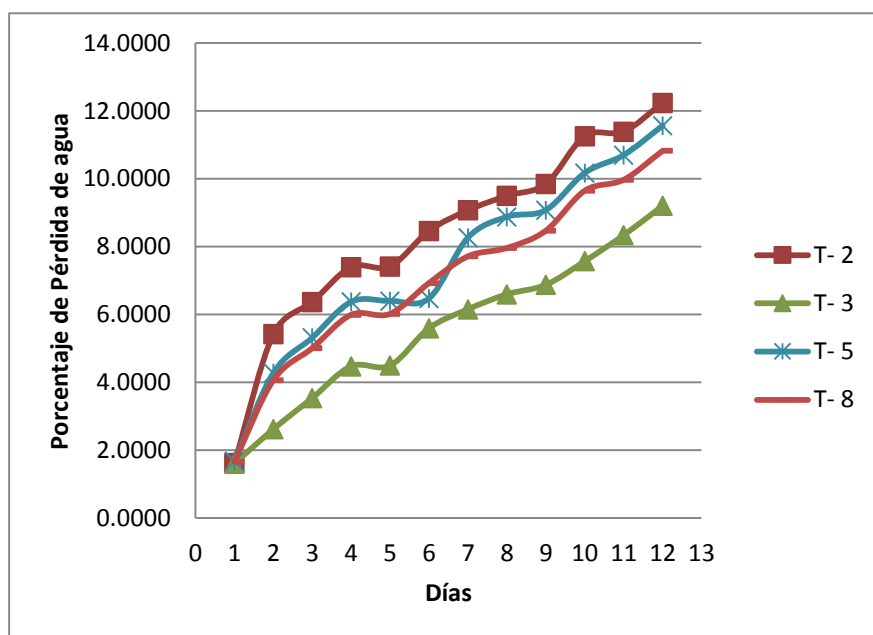


Figura 4-16

Comportamiento de la pérdida de peso en los tratamientos 2, 3, 5 y 8

Fuente: Cuadro 1.3 (Anexo 01) - Microsoft Excel 2013

En la Figura 4.16 se observa el comportamiento del Porcentaje de Pérdida de Agua de los tratamientos 2, 3, 5 y 8, los cuales fueron agrupados por las similitudes existentes en la composición de Aloe Vera y Glicerol. El tratamiento 2 inició con un Porcentaje de Pérdida de Agua de 1,622 %, el cual fue aumentando conforme avanzaba el proceso de maduración hasta llegar a un Porcentaje de Pérdida de Agua de 12,239 % en el día 12. El tratamiento 3 inició con un Porcentaje de Pérdida de Agua de 1,608%, este fue aumentando lentamente conforme avanzaba la maduración del tomate hasta llegar al día 12 con un Porcentaje de Pérdida de Agua de 9,206%. El tratamiento 5 inició con un Porcentaje de Pérdida de Agua de 1,678%, el cual ascendió conforme pasaba el tiempo hasta llegar al día 12 con un Porcentaje de Pérdida de Agua de 11,565%. El tratamiento 8 inició con un Porcentaje de Pérdida de Agua de 1,667%, esta cifra fue aumentando conforme avanzaba en proceso de maduración hasta llegar al día 12 con un Porcentaje de Pérdida de Agua de 10,826%.

El efecto neto de la transpiración es una pérdida de agua del producto cosechado, que no puede ser reemplazada. La velocidad con que se pierde esta agua será un factor determinante en la vida de pos cosecha del producto. La pérdida de agua causa una disminución significativa del peso y a medida que avanza, disminuye la apariencia y elasticidad del producto perdiendo su turgencia, es decir, se vuelve blando y marchito. (Fennema et al , 2008)

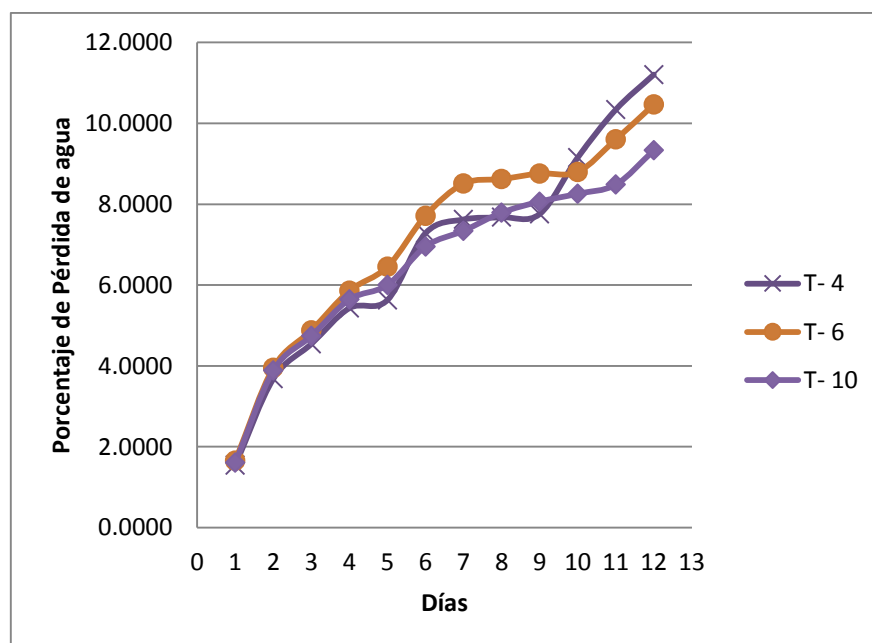


Figura 4.17
Comportamiento de la pérdida de peso en los tratamientos 4, 6 y 10.
Fuente: Cuadro 1.3 (Anexo 01) - Microsoft Excel 2013

En la Figura 4.18 se observa el comportamiento del Porcentaje de Pérdida de Agua de los tratamientos 2, 3, 5 y 8, los cuales fueron agrupados por las similitudes existentes en la composición de Aloe Vera y Glicerol. El tratamiento 4 inició con un Porcentaje de Pérdida de Agua de 1,542%, esta cifra fue aumentando conforme avanzaba el proceso de maduración hasta llegar al día 12 con un Porcentaje de Pérdida de Agua de 11,206%. El tratamiento 6 inició con un Porcentaje de Pérdida de Agua de 1,653%, para aumentar lentamente durante la maduración hasta llegar al día 12 con un Porcentaje de Pérdida de Agua de 10,463%. El tratamiento 10 inició con un Porcentaje de Pérdida de Agua de

1,604%, el cual aumento conforme avanza el proceso de maduración hasta el día 12 con un Porcentaje de Pérdida de Agua de 9,331%.

La transpiración (perdida de agua de los tejidos vegetales por evaporación) puede acarrear un rápido descenso de la calidad (además de la pérdida de peso y la consiguiente disminución del valor económico). El almacenamiento durante unas horas, en un ambiente seco y cálido, puede inducir un acusado marchitamiento de las hortalizas foliáceas y de las flores cortadas. Las pérdidas de agua afectan fundamentalmente al aspecto, por marchitamiento, arrugamiento y cambio de textura. (Wills et al., 1998)

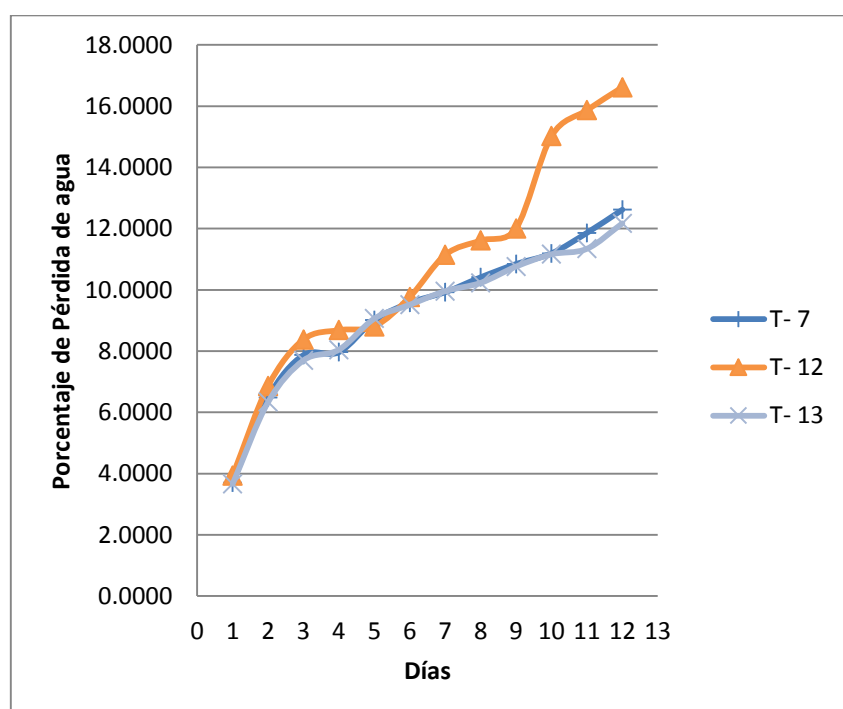


Figura 4.18
Comportamiento de la pérdida de peso en los tratamiento 7, 12 y 13.
Fuente: Cuadro 1.3 (Anexo 01) - Microsoft Excel 2013

En la figura 4.18 podemos observar el comportamiento del Porcentaje de Pérdida de Agua de los tratamientos 7, 12, y 13, los cuáles fueron agrupados por las similitudes existentes en la composición de Aloe Vera y Glicerol. El tratamiento 7 inició con un

Porcentaje de Pérdida de Agua de 3,699%, esta cifra fue aumentando conforme avanzaba el proceso de maduración hasta llegar al día 12 con un Porcentaje de Pérdida de Agua de 12,618%. El tratamiento 12 inició con un Porcentaje de Pérdida de Agua de 3,938%, el cual aumento conforme avanza el proceso de maduración hasta el día 12 con un Porcentaje de Pérdida de Agua de 16,617%. El tratamiento 13 inició con un Porcentaje de Pérdida de Agua de 3,665%, para aumentar lentamente durante la maduración hasta llegar al día 12 con un Porcentaje de Pérdida de Agua de 12,173%.

Es importante tener en consideración que los productos vegetales también transpiran, es decir, pierden agua. Mientras estos alimentos permanecen unidos a la planta de procedencia, las pérdidas ocasionadas por la respiración y la transpiración se compensan mediante el flujo de la savia, que contiene agua, fotosintatos (especialmente sacarosa y almidón) y minerales. Tras la recolección, continúan respirando y transpirando y, como han perdido contacto con la fuente de agua, fotosintatos y minerales, dependen exclusivamente de sus reservas alimenticias y de su propio contenido de agua. (Fennema et al., 2008)

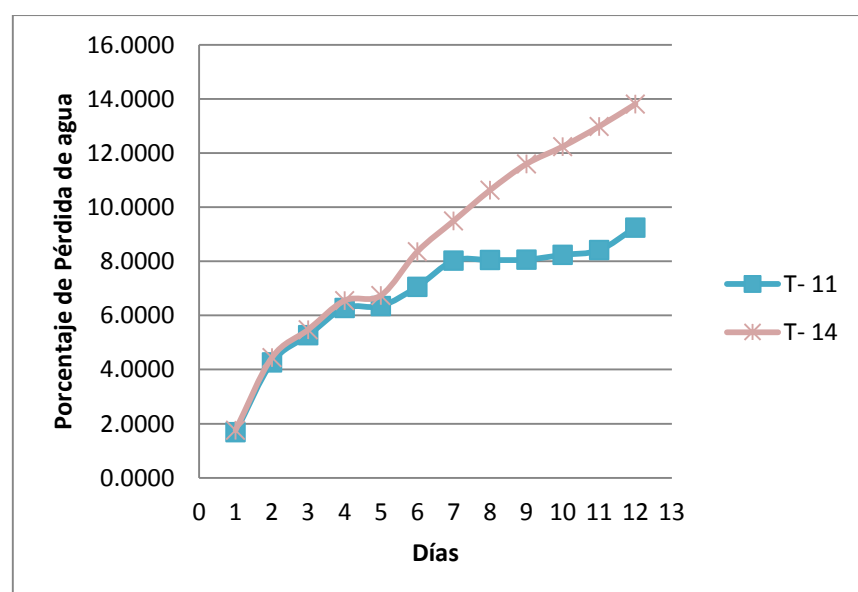


Figura 4.19
Comportamiento de la pérdida de peso en los tratamiento 11 y 14.

Fuente: Cuadro 1.3 (Anexo 01) - Microsof Excel 2013

En la figura 4.20 podemos observar el comportamiento del Porcentaje de Pérdida de Agua de los tratamientos 7, 12, y 13, los cuáles fueron agrupados por las similitudes existentes en la composición de Aloe Vera y Glicerol. El tratamiento 11 inició con un Porcentaje de Pérdida de Agua de 1,684 %, el cuál fue aumentando lentamente conforme avanzaba el proceso de maduración hasta llegar al día 12 con un Porcentaje de Pérdida de Agua de 9,246 %. El tratamiento 14 inició con un Porcentaje de Pérdida de Agua de 3,664 %, este se mantuvo en aumento conforme el tomate se acercaba a la senescencia hasta llegar al día 12 con un Porcentaje de Pérdida de Agua de 13,805 %.

En frutas y hortalizas el fenómeno de la transpiración que es la eliminación de vapor de agua reviste igual importancia que el de la respiración. Esta pérdida de agua no tiene compensación y por lo tanto se traduce en pérdidas de peso considerable, arrugado de la piel, etc. La transpiración es afectada por factores como el tamaño del producto, daños en las cáscaras, humedad relativa, temperatura y movimiento del aire o ventilación. (Lamúa M, citado en González M, 2015)

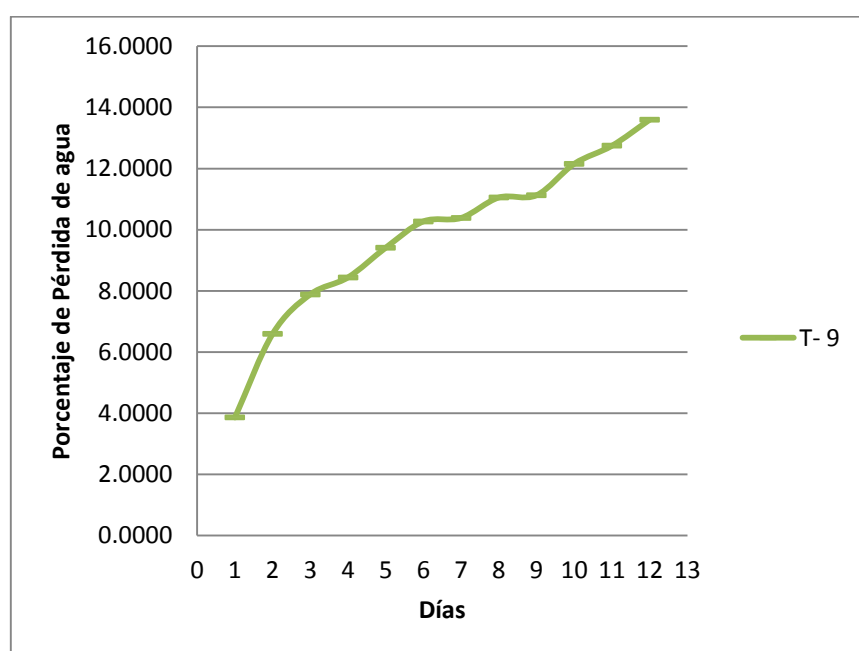


Figura 4.20

Comportamiento de la pérdida de peso en el tratamiento 9.
Fuente: Cuadro 1.3 (Anexo 01) - Microsoft Excel 2013

En la Figura 4.20 se observa el comportamiento del tratamiento 9, este inicia con un Porcentaje de Pérdida de Agua de 3,857 %, y va aumentando conforme el tomate va madurando hasta llegar al día 12 con un Porcentaje de Pérdida de Agua de 13,595%.

Tras la recolección, la transpiración continua, aunque haya cesado el suministro de agua, y puede deshidratar pronto los tejidos, dado que el potencial de agua del aire caliente y relativamente seco, es menor que el de los tejidos. Inicialmente habrá una disminución de volumen y, en consecuencia, marchitamiento. (Wills et al., 1998)

4.4.4. Ph

El pH se realiza la toma en la fruta con el fin de conocer el estado en que se encuentre como si es ácido, básico o neutro. Las variaciones que presentan las frutas en su contenido de ácidos y valores de pH. Debido a diferencias que están presentes en varias especies de frutas, y aún en una misma especie influye el efecto de su madurez, condiciones agronómicas y operaciones post-cosecha a las que han sido sometidas. (López y Mercado, 2006 citado en González M, 2015).

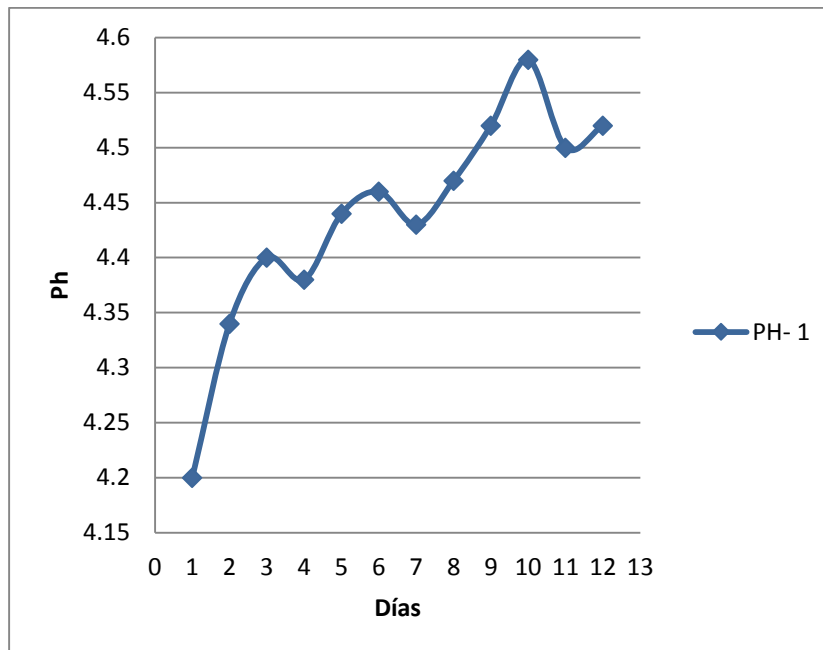


Figura 4.21

Comportamiento del pH en el tratamiento testigo.

Fuente: Cuadro 1.4 (Anexo 01) - Microsoft Excel 2013

En la Figura 4.21 podemos observar que el tratamiento testigo inicia con un valor de 4,2, continua en ascenso lento hasta el día 3 (4,4) para decaer en el día 4 (4,38), empieza a experimentar un nuevo ascenso hasta llegar al día 6 (4,46), para volver a descender en el día 7 (4,43), posteriormente asciende hasta el día 10 (4,58), decae en el día 11 (4,5), y vuelve a ascender en el día 12 (4,52).

El pH es un valor que indica si un alimento es ácido, neutro o básico. El pH controla las diversas reacciones químicas, bioquímicas y microbiológicas que ocurren en los productos vegetales. Los tomates que presentan características óptimas en cuanto a sabor y aroma, poseen un pH entre 4 y 5. En el caso del tomate margariteño, determinó un valor de $4,04 \pm 0,1$, cuando este producto se encuentra en estado rojo-maduro. (Hernández C, 2009, citado en González M, 2015)

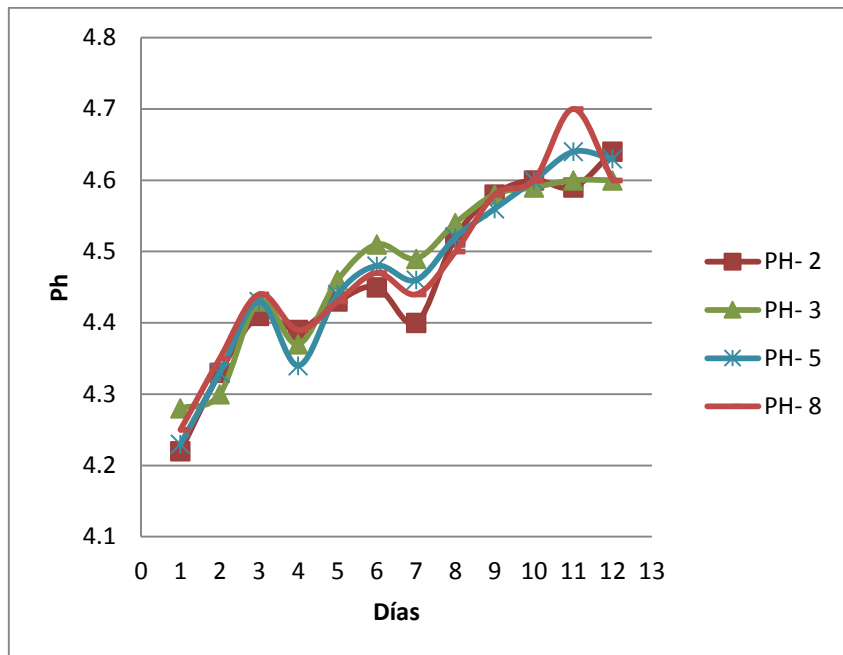


Figura 4.22

Comportamiento del pH en los tratamientos 2, 3, 5 y 8.

Fuente: Cuadro 1.4 (Anexo 01) - Microsof Excel 2013

En la Figura 4.22 podemos observar el comportamiento del pH de los tratamientos 2, 3, 5 y 8, los cuáles fueron agrupados por las similitudes existentes en la composición de Aloe Vera y Glicerol. El tratamiento 2 inició con un valor de 4,22, asciende hasta el día 3 (4,41), decae en el día 4 (4,39), y vuelve a aumentar hasta el día 6 (4,51), para descender nuevamente en el día 7 (4,43), posteriormente el valor del pH aumenta hasta el día 10 (4,6), el valor decae en el día 11 (4,36), para finalmente aumentar en el día 12 (4,64). El tratamiento 3 inició con un valor de 4,28, asciende hasta el día 6 (4,51), decae en el día 7 (4,49), para aumentar hasta el día 12 (4,60). El tratamiento 5 inició con un valor de 4,23, asciende hasta el día 6 (4,48), decae en el día 7 (4,46), para aumentar hasta el día 11 (4,64), finalmente el valor descende en el día 12 (4,63). El tratamiento 8 inició con un valor de 4,25, asciende hasta el día 6 (4,47), decae en el día 7 (4,44), para aumentar hasta el día 11 (4,70), finalmente el valor descende en el día 12 (4,60).

El pH de un vegetal constituye una medida de los protones cedidos al agua por parte de las especies con actividad ácida en la muestra. Viene determinado por la fuerza de los ácidos presentes y su valor depende más del tipo de ácido que de la concentración.

Los ácidos fuertes como el clorhídrico (HCl) o el sulfúrico (H₂SO₄) se disocian totalmente, y por consiguiente, un mol de ácido genera un mol de hidrogeniones. Sin embargo, los ácidos mayoritariamente presentes en los productos vegetales, por ser ácidos débiles, se disocian parcialmente en solución, y por consiguiente un mol de estos ácidos no genera un mol de hidrogeniones sino una fracción, dependiendo del grado de disociación. De esta forma, los ácidos débiles afectan la acidez pero no tienen un efecto considerable sobre el pH (Barreiro y Sandoval, 2006 citado en Mera J, 2015).

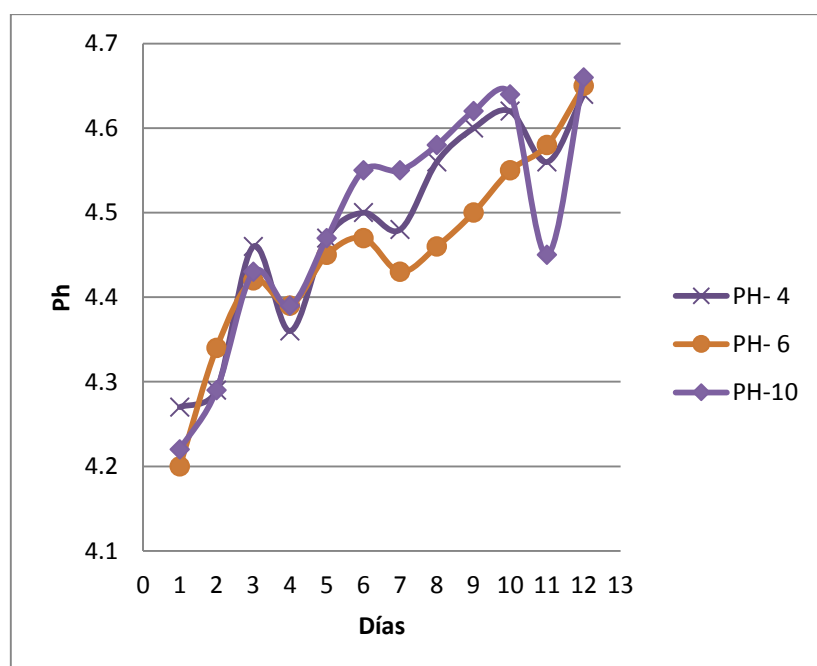


Figura 4.23
Comportamiento del pH en los tratamientos 4, 6 y 10.
Fuente: Cuadro 1.4 (Anexo 01) - Microsoft Excel 2013

En la Figura 4.23 podemos observar el comportamiento del pH de los tratamientos 4, 6 y 10, los cuáles fueron agrupados por las similitudes existentes en la composición de Aloe Vera y Glicerol.

El tratamiento 4 inició con un valor de 4,27, asciende hasta el día 6 (4,50), decae en el día 7 (4,48), y vuelve a aumentar hasta el día 10 (4,62), para descender nuevamente en el día 11 (4,56), para finalmente aumentar en el día 12 (4,64). El tratamiento 6 inició con un valor de 4,20, asciende hasta el día 6 (4,47), decae en el día 7 (4,43), para finalmente aumentar hasta el día 12 (4,65). El tratamiento 10 inició con un valor de 4,22, asciende hasta el día 10 (4,64), decae en el día 11 (4,45), para finalmente aumentar hasta el día 12 (4,66).

Al estudiar el comportamiento del pH de tomates almacenados a 28°C y 65% de humedad relativa, apreció fluctuaciones en el pH del producto, con una tendencia hacia el aumento del valor medio de este parámetro a lo largo del almacenamiento. Es posible observar un incremento en el pH de los productos vegetales debido a que los ácidos orgánicos de reserva presentes en las vacuolas de las células, son transformados por la propia célula a azúcares que son utilizados para la respiración, lo que ocasiona una disminución de la acidez del medio y con ello un aumento del pH. (Lopez C, 2006 citado en Hernández J, 2013)

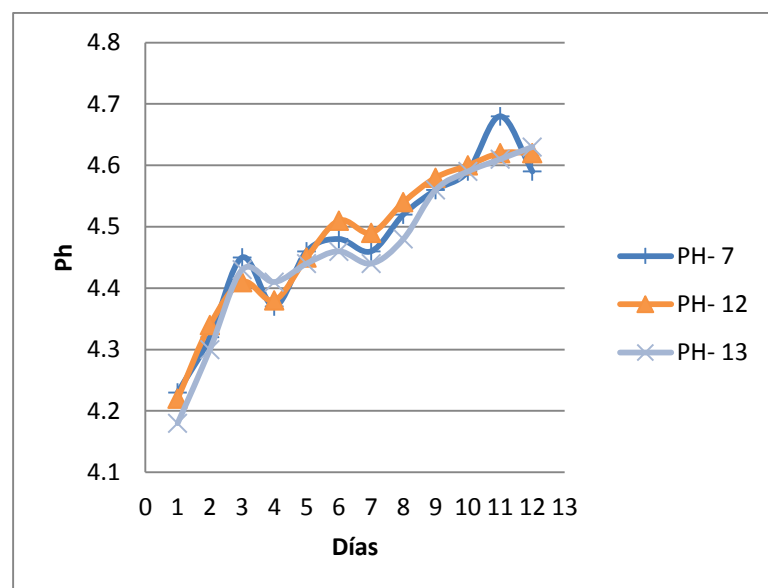


Figura 4.24
 Comportamiento del pH en los tratamientos 7, 12 y 13.
 Fuente: Cuadro 1.4 (Anexo 01) - Microsoft Excel 2013

En la Figura 4.24 podemos observar el comportamiento del pH de los tratamientos 7, 12 y 13, los cuáles fueron agrupados por las similitudes existentes en la composición de Aloe Vera y Glicerol. El tratamiento 7 inició con un valor de 4,23, asciende hasta el día 6 (4,48), decae en el día 7 (4,46), y vuelve a aumentar hasta el día 11 (4,68), para finalmente descender en el día 12 (4,59). El tratamiento 12 inició con un valor de 4,22, asciende hasta el día 3 (4,41), decae en el día 4 (4,38), y vuelve a aumentar hasta el día 6 (4,51), desciende en el día 7 (4,49), para finalmente ascender en el día 12 (4,62). El tratamiento 13 inició con un valor de 4,18, asciende hasta el día 6 (4,46), decae en el día 7 (4,44), y vuelve a aumentar hasta el día 10 (4,59), desciende en el día 7 (4,49), para finalmente ascender en el día 12 (4,63).

El pH afecta de forma significativa a dos aspectos de una célula microbiana: el funcionamiento de sus enzimas y el transporte de nutrientes al interior de la célula. La mayoría de las hortalizas tienen valores de pH más elevados que las frutas y, consiguientemente, las hortalizas deben ser más propensas a la alteración bacteriana que a la fúngica. Además, las hortalizas son generalmente más pobres en proteínas y por ello carecen de capacidad de tamponado para contrarrestar los cambios en su pH durante el crecimiento de los microorganismos. (Bosquez C, 2006 citado en Hernández J, 2013)

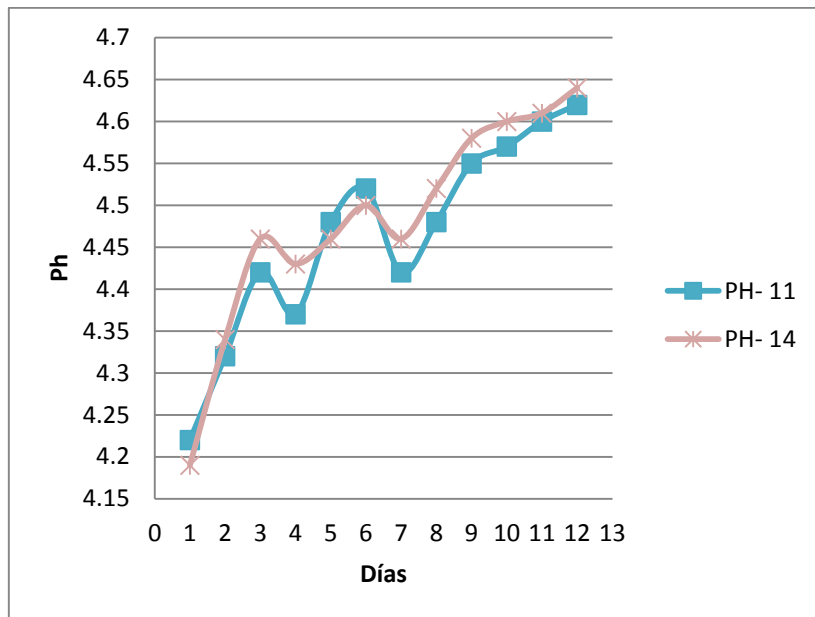


Figura 4.23

Comportamiento del pH en los tratamientos 11 y 14.

Fuente: Cuadro 1.4 (Anexo 01) - Microsoft Excel 2013

En la Figura 4.23 podemos observar el comportamiento del pH de los tratamientos 11 y 14, los cuales fueron agrupados por las similitudes existentes en la composición de Aloe Vera y Glicerol. El tratamiento 11 inició con un valor de 4,22, asciende hasta el día 3 (4,42), decae en el día 4 (4,37), asciende nuevamente hasta el día 6 (4,52), y desciende en el día 7 (4,44), aumenta hasta el día 10 (4,57), decae en el día 11 (4,38), para finalmente descender en el día 12 (4,62). El tratamiento 14 inició con un valor de 4,19, asciende hasta el día 6 (4,50), decae en el día 7 (4,37), asciende nuevamente hasta el día 6 (4,52), y desciende en el día 7 (4,46), para finalmente ascender en el día 12 (4,64).

Existe una correlación lineal y negativa entre el pH y el contenido de ácidos en el fruto de tomate, ésta puede observarse al analizar los ácidos constituyentes de varios tipos de tomate y tejidos del fruto. Esto significa que cuando los ácidos orgánicos decrecen hasta un 25 %, el valor de pH aumenta, lo que pone de manifiesto esta correlación inversa con la acidez 16 titulable. Por otra parte, el incremento en la salinidad y el amonio disminuye el pH en el jugo de tomate. (Nisen et al, 2007 citado en Lezama C, 2010)

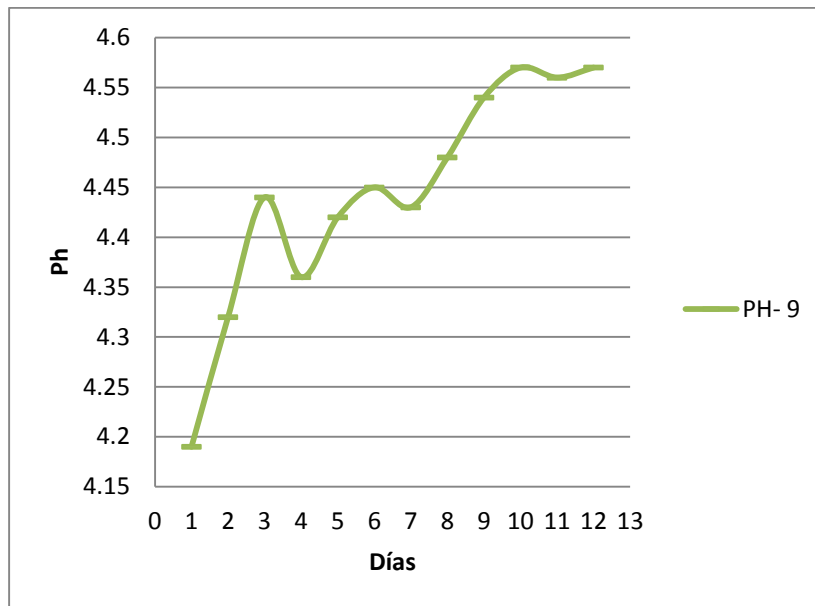


Figura 4.24

Comportamiento del pH en el tratamiento 9.

Fuente: Cuadro 1.4 (Anexo 00) - Microsoft Excel 2013

En la Figura 4.24 podemos observar que el tratamiento 9 inicia con un valor de 4,19, continua en ascenso lento hasta el día 3 (4,44) para decaer en el día 4 (4,36), empieza a experimentar un nuevo ascenso hasta llegar al día 6 (4,45), para volver a descender en el día 7 (4,38), posteriormente asciende hasta el día 10 (4,57), para finalmente ascender en el día 12 (4,52).

En los frutos de tomate, el pH del fruto es una característica sensorial relacionada con los cambios que sufren las frutas durante la maduración y la senescencia. Es considerado como un índice de cosecha para ciertas especies. Prácticamente todos los alimentos contienen cierto pH. Para un buen sabor en los frutos de tomate, se consideran necesarios valores de pH inferiores a 4.4 y contenido de azúcares superiores a 4.0 y 4.5 °Brix. (Hernández C, 2009 citado en Lezama, 2010)

4.5. Evaluación estadística de las variables dependiente

Para fines de evaluación estadística se tuvo en cuenta los datos tomados el Día 5 de la investigación.

4.5.1. Matriz del Proceso Experimental

Siguiendo la secuencia del Cuadro 4.1 se evaluó cada una de las variables dependientes (Tasa de Respiración, Acidez, Pérdida de peso y ph) obteniéndose los siguientes resultados reportados en el Cuadro 4.2

Cuadro 4.2

Evaluación de la tasa de respiración, acidez, pérdida de peso y ph para los diferentes tratamientos.

| N° | Aloe Vera % | Glicerol % | Aceite esenci al de canela % | Tasa de respiración mg.CO2/kg.hr | Acidez | Pérdida de peso (%) | pH |
|----|-------------|------------|------------------------------|----------------------------------|--------|---------------------|------|
| 1 | 62.50 | 37.50 | 0.04 | 2.0625 | 0.4672 | 7.42072 | 4.43 |
| 2 | 62.50 | 37.50 | 0.03 | 3.3881 | 0.3840 | 4.4985 | 4.46 |
| 3 | 75.00 | 25.00 | 0.05 | 1.3822 | 0.3456 | 5.6298 | 4.47 |
| 4 | 62.50 | 37.50 | 0.06 | 3.4847 | 0.3008 | 6.4020 | 4.44 |
| 5 | 75.00 | 25.00 | 0.06 | 4.7975 | 0.4224 | 6.4529 | 4.45 |
| 6 | 50.00 | 50.00 | 0.04 | 5.8994 | 0.2560 | 9.0130 | 4.46 |
| 7 | 62.50 | 37.50 | 0.05 | 3.5106 | 0.4736 | 6.0216 | 4.43 |
| 8 | 56.25 | 43.75 | 0.05 | 1.3580 | 0.4544 | 9.4110 | 4.42 |
| 9 | 75.00 | 25.00 | 0.03 | 4.0285 | 0.3072 | 6.0026 | 4.47 |
| 10 | 68.75 | 31.25 | 0.04 | 6.1618 | 0.3904 | 6.3465 | 4.48 |
| 11 | 50.00 | 50.00 | 0.03 | 2.8479 | 0.3584 | 8.8071 | 4.45 |
| 12 | 50.00 | 50.00 | 0.06 | 4.2398 | 0.4672 | 9.0632 | 4.44 |
| 13 | 68.75 | 31.25 | 0.05 | 2.0497 | 0.4160 | 6.7412 | 4.46 |

Fuente: Planta Piloto de la Universidad Señor de Sipán – Chiclayo – Desing expert v. 7

Cuadro 4.3

Resumen del tipo, diseño, modelo y variables de la investigación

| Resumen de Diseño | | | | | | | | | |
|---|---------------------------|--|----------|-----------|-----------|------------|------------|--------|-----------|
| Tipo de estudio : | | Corridas : 13 | | | | | | | |
| Combinado | | | | | | | | | |
| Diseño inicial: D-optimal | | Point Exchange Bloques: No hay bloques | | | | | | | |
| Modelo de diseño: Quadratic x Linear | | | | | | | | | |
| Factor | Nombre | Unid | Tipo | Bajo real | Alto real | Cifra baja | Cifra alta | Medida | Std. Dev. |
| A | Aloe Vera | % | Mezcla | 50 | 75 | 0 | 1 | 62.981 | 8.994 |
| B | Glicerol | % | Mezcla | 25 | 50 | 0 | 1 | 37.019 | 8.994 |
| C | Aceite esencial de canela | % | Numérico | 0.03 | 0.06 | -1 | 1 | 0.044 | 0.011 |

L_Pseudo Coding

| Total: 100 | | | | | | | | | | | |
|------------|---------------------|-----------------|-----|------------|--------|--------|--------|-----------|------|-------|-----------------------|
| Respuesta | Nombre | Unid | Obs | Análisis | Mínimo | Máximo | Medida | Std. Dev. | Prop | Trans | Modelo |
| Y1 | Tasa de Respiración | mg. CO2 /kg. hr | 13 | Polynomial | 1.36 | 6.16 | 3.48 | 1.49 | 4.54 | None | Mean x Cubic |
| Y2 | Acidez | % | 13 | Polynomial | 0.26 | 0.47 | 0.39 | 0.068 | 1.85 | None | Quadratic x Quadratic |
| Y3 | Pérdida de Peso | g.H 2O/día | 13 | Polynomial | 4.5 | 9.41 | 7.06 | 1.49 | 2.09 | None | Linear x Mean |
| Y4 | pH | | 13 | Polynomial | 4.42 | 4.48 | 4.45 | 0.017 | 1.01 | None | Cubic x Quadratic |

Fuente: Design- Expert v.7

4.5.2. Tasa de respiración

Cuadro 4.4

Anova de Medio Combinado y modelo cúbico

Respuesta 1: Tasa de Respiración

| ANOVA for Combined Mean x Cubic Model | | | | | | |
|--|-------------------|----|-------------------|---------|----------------|--------------|
| Analysis of variance table [Partial sum of squares - Type III] | | | | | | |
| Fuente | Suma de cuadrados | df | cuadrados medidos | F valor | p-value Prob>F | significante |
| Modelo | 19.91 | 3 | 6.64 | 6.55 | 0.0122 | |
| C-Aceite esencial de canela | 16.58 | 1 | 16.58 | 16.36 | 0.0029 | |
| C^2 | 4.46 | 1 | 4.46 | 4.40 | 0.0654 | |
| C^3 | 16.71 | 1 | 16.71 | 16.49 | 0.0028 | |
| Residual | 9.12 | 9 | 1.01 | | | |

Fuente: Design- Expert v. 7

En la Tabla 4.4, se identifica el análisis de varianza para el diseño D- Optimal donde un valor Prob > F de 0.0122 nos indica un modelo significativo con un valor de confiabilidad de 5% (valor alfa).

Respecto a la variable concentración de aceite de canela esta si resulta tener un efecto estadísticamente significativo al presentar un Prob> F de 0.0029 menor al valor de confiabilidad de 5% (valor alfa), esto debido a que la incorporación de lípidos mejora las propiedades de barrera de Aloe Vera formando un recubrimiento con mayor eficacia en cuanto a permeabilidad de gases a través de la superficie de la fruta. (Morillon et al., 2002 citado en Paladines D., Valero D., Valverde J., Díaz- Mula H., Serrano. y Martines-Romero D., 2014).

Cuadro 4.5

Resumen de información en ANOVA con respecto a la variable Tasa de Respiración.

| | |
|------------------|--------|
| Std. Dev. | 1.01 |
| Mean | 3.48 |
| C.V. % | 28.94 |
| R-Squared | 0.6859 |

Fuente: Design- Expert v. 7

En el Cuadro 4.5 se indica un valor de 28.94% como coeficiente de variabilidad, indicando que existe un 71.06% de confiabilidad en la toma de datos.

El ajuste del modelo fue expresado por el coeficiente de regresión R^2 el cual fue de 0.68. El estadístico R^2 indica que 68.59% de la variabilidad en la respuesta pueden ser explicadas por el modelo y responder a la ecuación 4.1. El valor también indica que sólo el 31.41% de la variación no se explica en el modelo. Esto muestra que la ecuación 4.1 es un modelo conveniente para describir la respuesta del experimento en tasa de respiración

$$Tasa\ de\ Respiraci3n = +2.62 - 6.40 \times C + 1.29 \times C^2 + 6.78 \times C^3 \dots EC\ 4.1$$

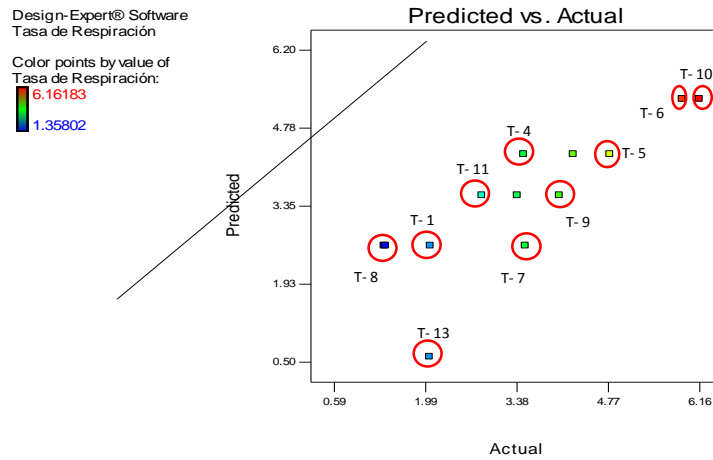


Figura 4.25
Residual vs Actual- variable Tasa de Respiración
Fuente: Design. Expert v. 7

La figura 4.25 representa la distribución de los valores predichos en la ecuación 1 y el valor actual obtenido a través de la ejecución de los tratamientos experimentales de la tabla 4.1, las corridas 3, 8 y 13 son los tratamientos que presentan residuales de -1.24, -1.27 y 1.46 respectivamente, los tratamientos 1, 4, 5, 6, 7, 9, 10 y 11 presenta residuales entre ±0.5 - ±0.8 representando el 31.41% de los datos que no logran explicar el modelo; los demás tratamientos presentan residuales próximos a 0, estos valores próximos a cero indican la proximidad entre el valor predicho a través de la ecuación 4.1 y los valores actuales obtenidos experimentalmente e indicados en el cuadro 4.6 donde los valores negativos indican que el valor predicho es mayor al valor actual.

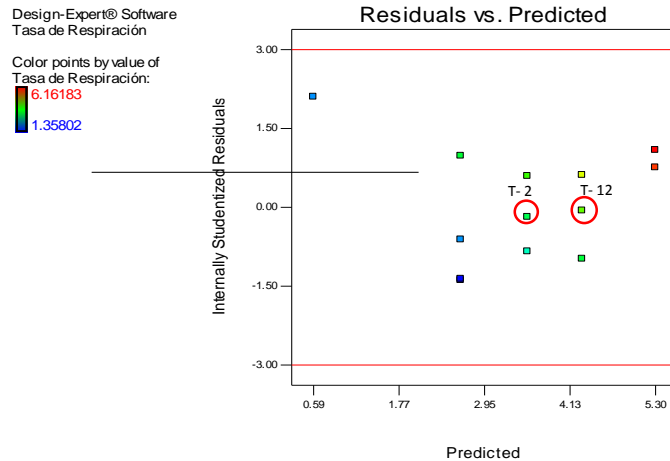


Figura 4.26
Residual vs Predicción - variable Tasa de Respiración
Fuente: Design. Expert v. 7

En la figura 4.26 se representa el valor residual frente al valor predicho, dentro de un intervalo estandarizado residual entre ± 3 . los tratamientos que presentan valores actuales y predichos muy similares, es decir residuales próximos a cero se acercaran a la línea central y se alejaran de esta si el valor residual es negativo o positivo dependiendo si el valor predicho es mayor o menor que el valor actual respectivamente

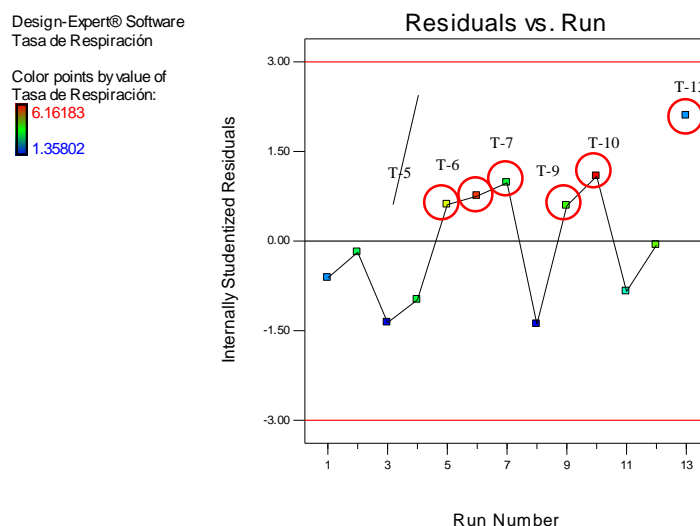


Figura 4.27
Residual vs Corrida variable Tasa de Respiración
Fuente: Design. Expert v. 7

La figura 4.27 se observa la representación de cuáles son los

tratamientos experimentales que presentan valores residuales mayores a cero. Esto sucede con los tratamientos (Run) 5, 6, 7, 9, 10 y 13.

Cuadro 4.6

Valores actuales y predichos de los tratamientos experimentales para la variable Tasa de Respiración.

| Run | Actual Value | Predicted Value | Residual |
|-----|--------------|-----------------|----------|
| 1 | 2.06 | 2.62 | -0.56 |
| 2 | 3.39 | 3.54 | -0.15 |
| 3 | 1.38 | 2.62 | -1.24 |
| 4 | 3.48 | 4.30 | -0.81 |
| 5 | 4.80 | 4.30 | 0.50 |
| 6 | 5.90 | 5.30 | 0.60 |
| 7 | 3.51 | 2.62 | 0.89 |
| 8 | 1.36 | 2.62 | -1.27 |
| 9 | 4.03 | 3.54 | 0.49 |
| 10 | 6.16 | 5.30 | 0.86 |
| 11 | 2.85 | 3.54 | -0.69 |
| 12 | 4.24 | 4.30 | -0.06 |
| 13 | 2.05 | 0.59 | 1.46 |

Fuente: Design- Expert v. 7

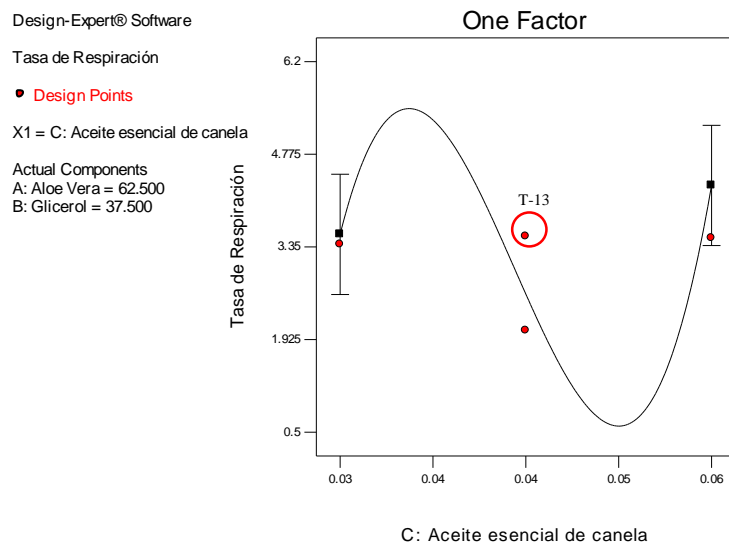


Figura 4.28

Superficie respuesta – Variable Tasa de Respiración.

Fuente: Design. Expert v. 7

En la figura 4.28 se observa cual es el comportamiento de la tasa de respiración en las diferentes concentraciones de aceite

esencial de canela (0.03% - 0.06%) cuando la mezcla (Aloe Vera y Glicerol) se encuentra constante e su nivel medio (62.50 % y 37.50%).

Así para una concentración de aceite esencial de canela de 0.04% le corresponde a una tasa de respiración de 3.51 mg.CO₂/kg.hr; mayor al valor predicho por la ecuación 4.1 de tasa de respiración. Los puntos del diseño (tratamientos experimentales) no logran ser explicados por el modelo encontrándose dentro del 31.41%; debido a que la tasa de respiración presenta este tipo de comportamiento lo cual es normal en los frutos climatéricos.

En cuanto a la curva predicha por la ecuación 4.1 registra punto alto muestra que a una concentración de 0.035% de aceite esencial de canela le corresponderá una tasa de respiración de 5.46 mg.CO₂/kg.hr, así mismo el punto más bajo demuestra que a una concentración de 0.052% de Aceite esencial de canela le corresponde una tasa de respiración de 0.59 mg.CO₂/kg.hr

4.5.3. Acidez

Tabla 4.7
Anova para combinación cuadrática y modelo cuadrático.

| Source | Sum of Squares | df | Mean Square | F Value | p-value Prob > F | |
|-----------------|----------------|----|-------------|---------|------------------|-------------|
| Model | 0.057 | 8 | 7.123E-03 | 8.11 | 0.03 | significant |
| Linear | 8.82E-05 | 1 | 8.823E-05 | 0.1 | 0.7672 | |
| Mixture | | | | | | |
| AB | 0.025 | 1 | 0.025 | 28.29 | 0.006 | |
| AC | 7.669E-03 | 1 | 7.669E-03 | 8.73 | 0.0418 | |
| BC | 7.133E-03 | 1 | 7.133E-03 | 8.12 | 0.0464 | |
| ABC | 0.013 | 1 | 0.013 | 14.48 | 0.019 | |
| AC^2 | 7.032E-04 | 1 | 7.032E-04 | 0.8 | 0.4216 | |
| BC^2 | 7.862E-03 | 1 | 7.862E-03 | 8.95 | 0.0403 | |
| ABC^2 | 0.023 | 1 | 0.023 | 26.65 | 0.0067 | |
| Residual | 3.515E-03 | 4 | 8.787E-04 | | | |

Fuente: Design- Expert v. 7

En la Tabla 4.7, se identifica el análisis de varianza para el diseño D- Optimal donde un valor Prob > F de 0.03 nos indica un modelo

significativo con un valor de confiabilidad de 5% (valor alfa).

Así mismo, se reporta que de las variables estudiadas la mezcla resulta no ser significativa, es decir no afecta ni positivamente ni negativamente en el porcentaje de acidez, esto puede deberse a que la mezcla no presenta una barrera contra la volatilización de ácidos orgánicos.

Cuadro 4.8

Resumen de información en ANOVA con respecto a la variable independiente Acidez

| | |
|------------------|-----------------|
| Std. Dev. | 0.029643 |
| Mean | 0.387938 |
| C.V. % | 7.641069 |
| R-Squared | 0.94191 |

Fuente: Design- Expert v. 7

En el Cuadro 4.8 se indica un valor de 7.64% como coeficiente de variabilidad, indicando que existe un 92.36% de confiabilidad en la toma de datos.

El ajuste del modelo fue expresado por el coeficiente de regresión R^2 el cual fue de 0.94. El estadístico R^2 indica que 94.19% de la variabilidad en la respuesta pueden ser explicadas por el modelo y responder a la ecuación 4.2. El valor también indica que sólo el 5.81% de la variación no se explica en el modelo. Esto muestra que la ecuación 4.2 es un modelo conveniente para describir la respuesta del experimento en acidez.

$$\begin{aligned} \%Acidez = & 0.33 * A + 0.27 * B + 0.69 * AB + 0.061 * AC + 0.059 * \\ & BC - 0.38 * ABC + 0.032 * AC^2 + 0.14 * BC^2 - 0.88 * A * B * \\ & C^2 \dots \text{Ec. 4.2} \end{aligned}$$

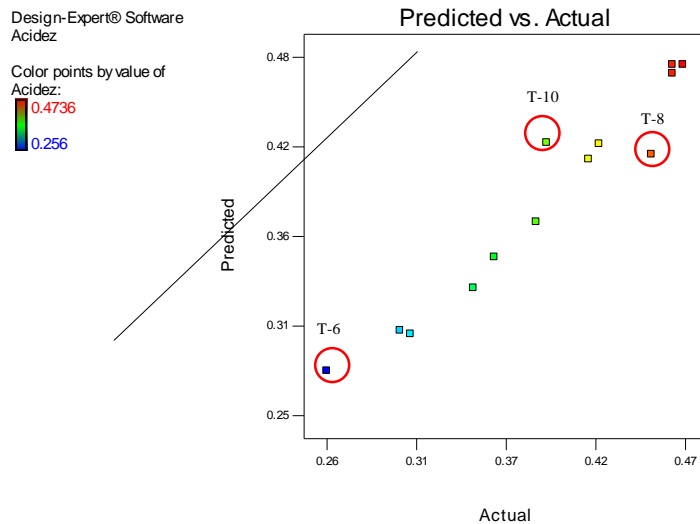


Figura 4.29
Predicho vs Actual variable acidez
Fuente: Design. Expert v. 7

La figura 4.29 representa la distribución de los valores predichos en la ecuación 2 y el valor actual obtenido a través de la ejecución de los tratamientos experimentales de la Tabla 4.1, las corrida 6, 8 y 10 son los tratamientos que presentan residuales de -0.02, 0.04 y -0.03 respectivamente representando el 5.81% de los datos no logran explicar el modelo; los demás tratamientos presentan residuales próximos a 0, estos valores próximos a cero indican la proximidad entre el valor predicho a través de la ecuación 4.2 y los valores actuales obtenidos experimentalmente e indicados en el cuadro 4.9 donde los valores negativos indican que el valor predicho es mayor al valor actual.

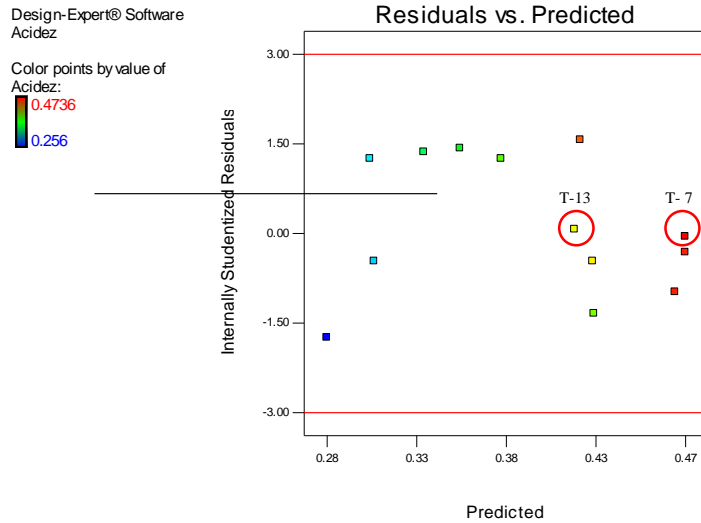


Figura 4.30
Residual vs Predicho - variable acidez
 Fuente: Design. Expert v. 7

En la figura 4.30 se representa el valor residual frente al valor predicho, dentro de un intervalo estandarizado residual entre ± 3 . Los tratamientos que presentan valores actuales y predichos muy similares, es decir residuales próximos a cero se acercaran a la línea central y se alejaran de esta si el valor residual es negativo o positivo dependiendo si el valor predicho es mayor o menor que el valor actual respectivamente.

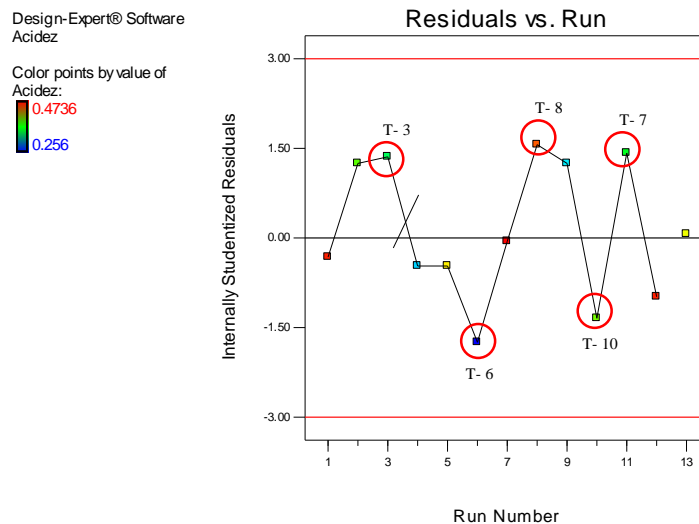


Figura 4.31
Residual vs Corrida - variable acidez
 Fuente: Design. Expert v. 7

La figura 4.31 se observa la representación de cuáles son los tratamientos experimentales que presentan valores residuales mayores a cero, esto sucede con los tratamientos (Run) 3, 8, 11 (valor actual > valor predicho). O por debajo de cero (Run) 6 y 10 (valor actual < valor predicho)

Cuadro 4.9

Valores actuales y predichos de los tratamientos experimentales para la variable Acidez

| Standard Order | Actual Value | Predicted Value | Residual |
|----------------|--------------|-----------------|----------|
| 1 | 0.47 | 0.47 | 0.00 |
| 2 | 0.38 | 0.37 | 0.01 |
| 3 | 0.35 | 0.33 | 0.02 |
| 4 | 0.30 | 0.30 | 0.00 |
| 5 | 0.42 | 0.42 | 0.00 |
| 6 | 0.26 | 0.28 | -0.02 |
| 7 | 0.47 | 0.47 | 0.00 |
| 8 | 0.45 | 0.42 | 0.04 |
| 9 | 0.31 | 0.30 | 0.01 |
| 10 | 0.39 | 0.42 | -0.03 |
| 11 | 0.36 | 0.35 | 0.01 |
| 12 | 0.47 | 0.47 | 0.00 |
| 13 | 0.42 | 0.41 | 0.01 |

Fuente: Design- Expert v. 7

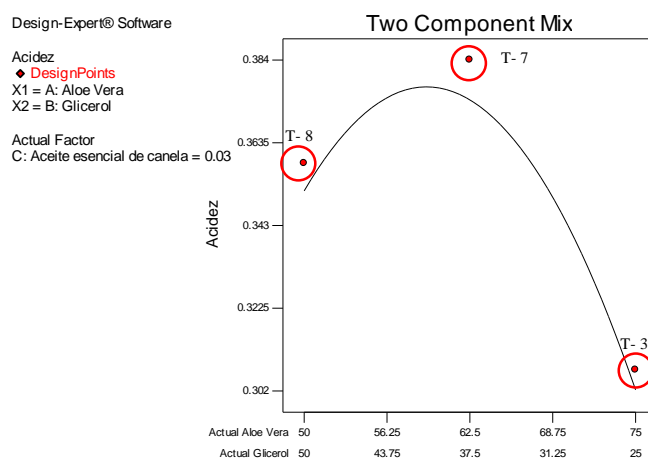


Figura 4.32

Comportamiento de la acidez

Fuente: Design. Expert v. 7

En la figura 4.32 se observa el comportamiento de la acidez con respecto a la concentración de los componentes de la mezcla (Aloe Vera y Glicerol) y la concentración de aceite esencial de canela al 0.03%.

Los puntos del diseño (T-3, T-7 y T-8) están bien posicionados con respecto a la curva de predicción dada por la ecuación 4.2 de porcentaje de acidez. Al pasar de un nivel inferior a un superior (Aloe Vera) a uno superior a un inferior (Glicerol) hay una disminución de acidez siendo la diferencia de $\Delta = 0.0512$.

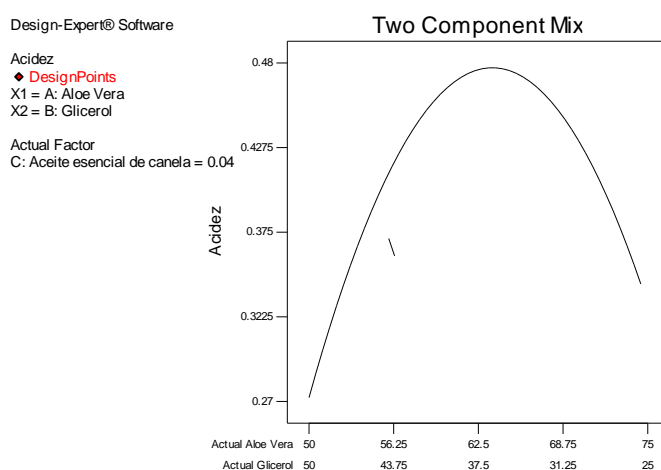


Figura 4.33
 Comportamiento de la acidez
 Fuente: Design. Expert v. 7

En la figura 4.33 se observa el comportamiento de la acidez con respecto a la concentración de los componentes de la mezcla (Aloe Vera y Glicerol) y la concentración de aceite esencial de canela al 0.04%.

Los puntos del diseño están bien posicionados con respecto a la curva de predicción dada por la ecuación 4.2 de porcentaje de acidez. Al pasar de un nivel inferior a un superior (Aloe Vera) a uno superior a un inferior (Glicerol) hay un aumento de acidez siendo la diferencia aproximada de $\Delta = - 0.05$

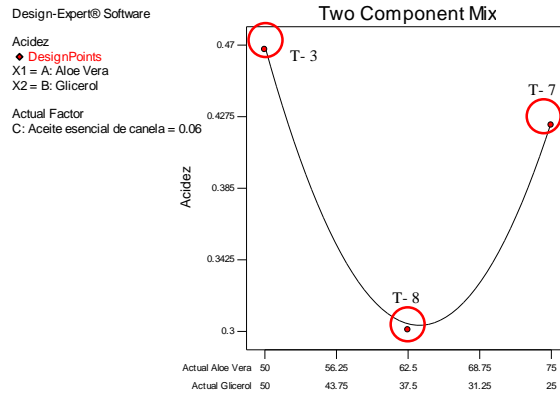


Figura 4.34
Comportamiento de la acidez
Fuente: Design. Expert v. 7

En la figura 4.34 se observa el comportamiento de la acidez con respecto a la concentración de los componentes de la mezcla (Aloe Vera y Glicerol) y la concentración de aceite esencial de canela al 0.06%.

Los puntos del diseño están bien posicionados con respecto a la curva de predicción dada por la ecuación 4.2 de porcentaje de acidez. Al pasar de un nivel inferior a un superior (Aloe Vera) a uno superior a un inferior (Glicerol) hay una disminución de acidez siendo la diferencia de $\Delta = 0.05$.

4.5.4. Transpiración

Cuadro 4.10

Anova para combinación lineal y modelo medio.

Response 3: Pérdida de Peso

ANOVA for Combined Linear x Mean Model

Analysis of variance table [Partial sum of squares - Type III]

| Source | Sum of Squares | df | Mean Square | F Value | p-value Prob > F | |
|----------------|----------------|----|-------------|---------|---------------------|-------------|
| Model | 16.35 | 1 | 16.35 | 14.50 | 0.0029 | significant |
| Linear | 16.35 | 1 | 16.35 | 14.50 | 0.0029 | |
| Mixture | | | | | | |

Fuente: Design- Expert v. 7

En la Cuadro 4.10, se identifica el análisis de varianza para el diseño D- Optimal donde un valor Prob > F de 0.0029 nos indica un

modelo significativo con un valor de confiabilidad de 5% (valor alfa). Asimismo para la mezcla en estudio

Respecto a la variable mezcla esta si resulta tener un efecto estadísticamente significativo al presentar un Prob. > F de 0.0029 menor al valor de confiabilidad de 5% (valor alfa), esto debido a que el Aloe Vera se compone principalmente de polisacáridos los cuales presentan una barrera contra el vapor de agua, lo que genera una reducida pérdida de agua.

$$\%P\acute{e}rdida\ de\ peso = 5.56 * A + 8.68 * B \dots Ec. 4.3$$

Cuadro 4.11

Resumen de información en ANOVA con respecto a la variable independiente transpiración

| | |
|------------------|-------------------|
| Std. Dev. | 1.06175177 |
| Mean | 7.0623222 |
| C.V. % | 15.0340318 |
| R-Squared | 0.56870134 |

Fuente: Design- Expert v. 7

En el Cuadro 4.11 se indica un valor de 15.03% como coeficiente de variabilidad, indicando que existe un 84.97% de confiabilidad en la toma de datos.

El ajuste del modelo fue expresado por el coeficiente de regresión R² el cual fue de 0.57. El estadístico R² indica que 56.87% de la variabilidad en la respuesta pueden ser explicadas por el modelo y responder a la ecuación 4.3. El valor también indica que sólo el 43.13% de la variación no se explica en el modelo. Esto muestra que la ecuación 4.3 es un modelo conveniente para describir la respuesta del experimento en transpiración.

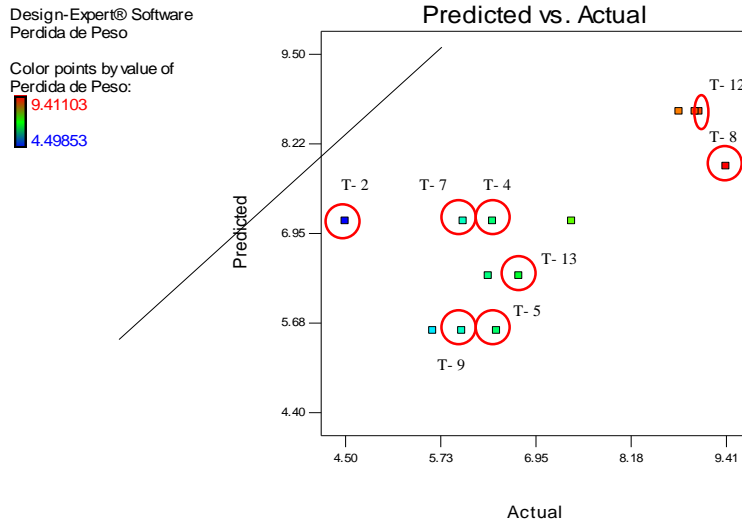


Figura 4.35
Predicho vs Actual - variable transpiración
Fuente: Design. Expert v. 7

La figura 4.35 representa la distribución de los valores predichos en la ecuación 3 y el valor actual obtenido a través de la ejecución de los tratamientos experimentales de la tabla 4.1, las corridas 2, 7 y 8 son los tratamientos que presentan residuales de -2.62, -1.10 y 1.51 respectivamente, los tratamientos 4, 5, 8, 9, 12 y 13 presentan residuales entre 0.30 – 0.89 representando el 43.13% de los datos no logran explicar el modelo; los demás tratamientos presentan residuales próximos a 0, estos valores próximos a cero indican la proximidad entre el valor predicho a través de la ecuación 4.3 y los valores actuales obtenidos experimentalmente e indicados en el cuadro 4.12 donde los valores negativos indican que el valor predicho es mayor al valor actual.

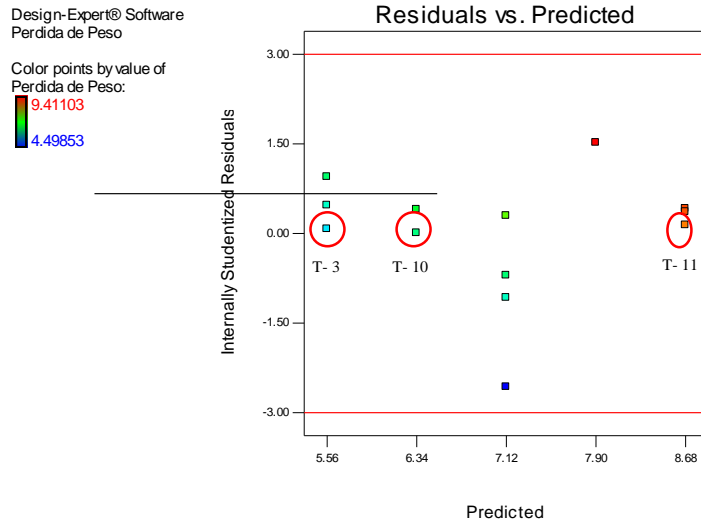


Figura 4.36
Residual vs Predicho - variable transpiración
Fuente: Design. Expert v. 7

En la figura 4.36 se representa el valor residual frente al valor predicho, dentro de un intervalo estandarizado residual entre ± 3 . los tratamientos que presentan valores actuales y predichos muy similares, es decir residuales próximos a cero o igual a 0 se acercaran a la línea central y se alejaran de esta si el valor residual es negativo o positivo dependiendo si el valor predicho es mayor o menor que el valor actual respectivamente.

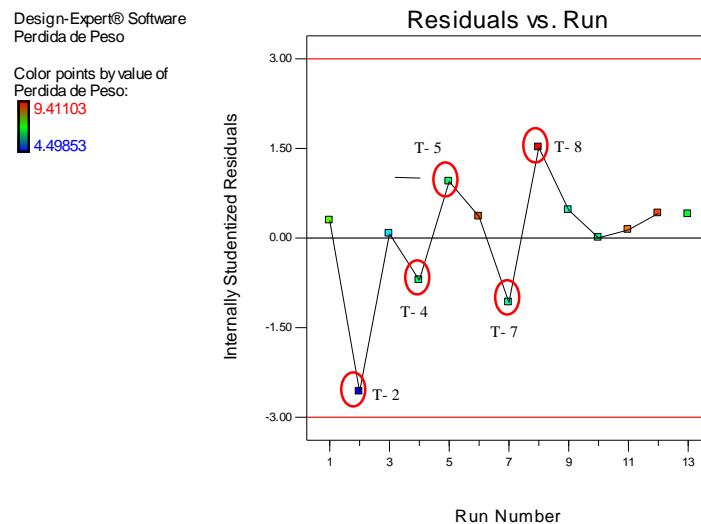


Figura 4.37
Residual vs corrida - variable transpiración
Fuente: Design. Expert v. 7

La figura 4.37 se observa la representación de cuáles son los tratamientos experimentales que presentan valores residuales mayores a cero, esto sucede con los tratamientos (Run) 5, 8 (valor actual > valor predicho). O por debajo de cero (Run) 2,4 y 7. (valor actual < valor predicho).

Cuadro 4. 12

Valores actuales y predichos de los tratamientos experimentales para la variable Acidez

| Standard Order | Actual Value | Predicted Value | Residual |
|-----------------------|---------------------|------------------------|-----------------|
| 1 | 7.42 | 7.12 | 0.30 |
| 2 | 4.50 | 7.12 | -2.62 |
| 3 | 5.63 | 5.56 | 0.07 |
| 4 | 6.40 | 7.12 | -0.72 |
| 5 | 6.45 | 5.56 | 0.89 |
| 6 | 9.01 | 8.68 | 0.33 |
| 7 | 6.02 | 7.12 | -1.10 |
| 8 | 9.41 | 7.90 | 1.51 |
| 9 | 6.00 | 5.56 | 0.44 |
| 10 | 6.35 | 6.34 | 0.01 |
| 11 | 8.81 | 8.68 | 0.13 |
| 12 | 9.06 | 8.68 | 0.38 |
| 13 | 6.74 | 6.34 | 0.40 |

Fuente: Design- Expert v. 7

4.5.5. pH

Cuadro 4. 13

Anova para combinación cúbica y modelo cuadrático.

Response 4 : pH

ANOVA for Combined Cubic x Quadratic Model

Analysis of variance table [Partial sum of squares - Type III]

| Source | Sum of Squares | df | Mean Square | F Value | p-value Prob > F | |
|-----------------------|----------------|----|-------------|----------|------------------|---------------|
| Model | 0.00389231 | 11 | 4E-04 | 63660000 | < 0.0001 | significant e |
| Linear Mixture | 0.00082716 | 1 | 8E-04 | 63660000 | < 0.0001 | |
| AB | 0.00101593 | 1 | 0.001 | 63660000 | < 0.0001 | |
| AC | 0.0002 | 1 | 2E-04 | 63660000 | < 0.0001 | |
| BC | 5E-05 | 1 | 5E-05 | 63660000 | < 0.0001 | |
| ABC | 8.3333E-06 | 1 | 8E-06 | 63660000 | < 0.0001 | |
| AC^2 | 6.6667E-05 | 1 | 7E-05 | 63660000 | < 0.0001 | |
| BC^2 | 9.6154E-05 | 1 | 1E-04 | 63660000 | < 0.0001 | |
| AB(A-B) | 0.00017956 | 1 | 2E-04 | 63660000 | < 0.0001 | |
| ABC^2 | 0.0005298 | 1 | 5E-04 | 63660000 | < 0.0001 | |
| ABC(A-B) | 3.7252E-05 | 1 | 4E-05 | 63660000 | < 0.0001 | |
| ABC^2(A-B) | 2.9748E-05 | 1 | 3E-05 | 63660000 | < 0.0001 | |
| Pure Error | 0 | 1 | 0 | | | |
| Cor Total | 0.00389231 | 12 | | | | |

Fuente: Design- Expert v. 7

En la Tabla 4.13, se identifica el análisis de varianza para el diseño D- Optimal donde un valor Prob > F de 0.0001 nos indica un modelo significativo con un valor de confiabilidad de 5% (valor alfa)

Respecto a la variable mezcla esta si resulta tener un efecto estadísticamente significativo al presentar un Prob. > F de 0.0001 menor al valor de confiabilidad de 5% (valor alfa).

Cuadro 4.14

Resumen de información en ANOVA con respecto a la variable independiente transpiración

| | |
|------------------|------|
| Std. Dev. | 0 |
| Mean | 4.45 |
| C.V. % | 0 |
| R-Squared | 1 |

Fuente: Design- Expert v. 7

En el Cuadro 4.14 se indica un valor de 0% como coeficiente de variabilidad, indicando que existe un 100% de confiabilidad en la toma de datos.

El ajuste del modelo fue expresado por el coeficiente de regresión R^2 el cual fue de 1. El estadístico R^2 indica que 100% de la variabilidad en la respuesta pueden ser explicadas por el modelo y responder a la ecuación 4.4.

$$pH = 4.47 * A + 4.46 * B - 0.14 * A * B - (1.000E - 002) * A * C - (5.000E - 003) * B * C - (1.000E - 002) * A * B * C - (1.00E - 002) * A * C^2 - 0.017 * B * C^2 + 0.18 * A * B * (A - B) + 0.13 * A * B * C^2 - 0.10 * A * B * C * (A - B) + 0.37 * A * B * C^2 * (A - B) \dots EC.4.4$$

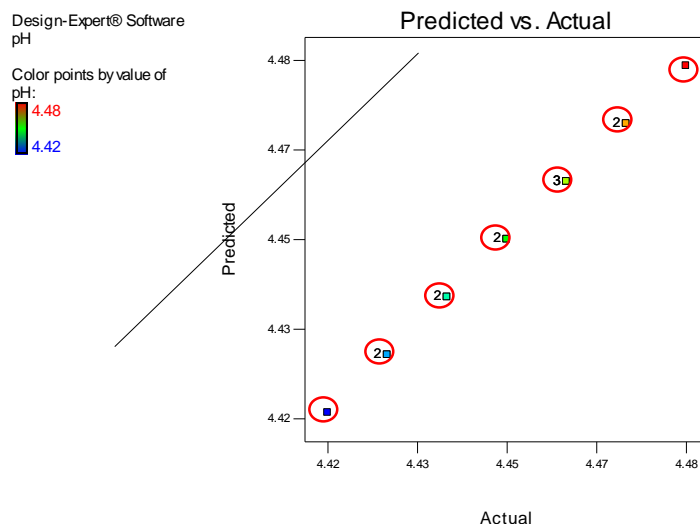


Figura 4.38

Predicho vs. Actual- variable ph

Fuente: Design. Expert v. 7

La Figura 4.38 representa la distribución de los valores predichos en la ecuación 4 y el valor actual obtenido a través de la ejecución

de los tratamientos experimentales de la tabla 4.1, los 13 tratamientos presentan valores residuales iguales a 0, estos valores indican la proximidad entre el valor predicho a través de la ecuación 4.4.

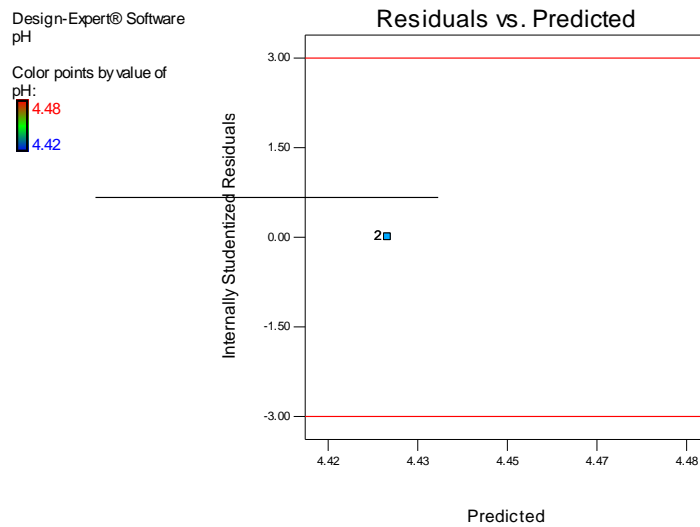


Figura 4.39
Residual vs. Predicho - variable ph
Fuente: Design. Expert v. 7

En la Figura 4.39 se representa el valor residual frente al valor predicho, dentro de un intervalo estandarizado residual entre ± 3 . Los tratamientos que presentan valores actuales y predichos muy similares, es decir residuales próximos a cero o igual a 0 se acercaran a la línea central.

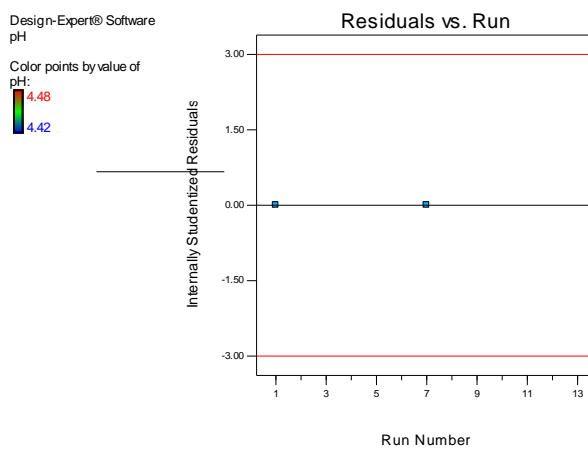


Figura 4.40
Residual vs. Corrida - variable ph
Fuente: Design. Expert v. 7

La Figura 4.40 se observa la representación de cuáles son los tratamientos experimentales que presentan valores residuales iguales a cero. Como se muestra en el Cuadro 4.15

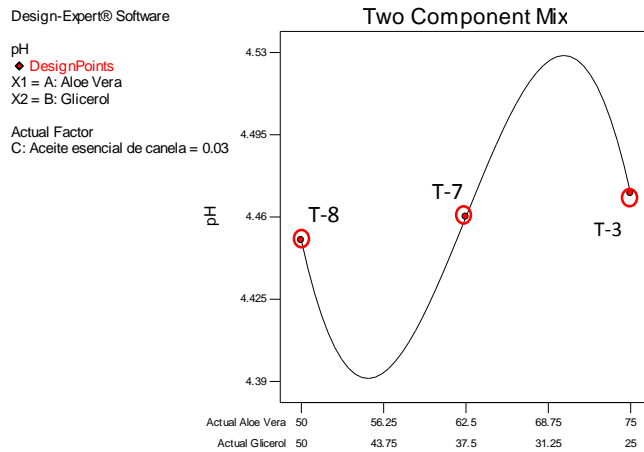


Figura 4.41
Comportamiento Ph vs Concentración de mezcla y aceite esencial
 Fuente: Design. Expert v. 7

En la Figura 4.41 se observa el comportamiento del pH con respecto a la concentración de los componentes de la mezcla (Aloe Vera y Glicerol) y la concentración de aceite esencial de canela al 0.03%.

Los puntos del diseño están bien posicionados con respecto a la curva de predicción dada por la ecuación 4.4 para el pH. Al pasar de un nivel inferior a un superior (Aloe Vera) a uno superior a un inferior (Glicerol) genera un aumento de pH siendo la diferencia de $\Delta = 0.02$.

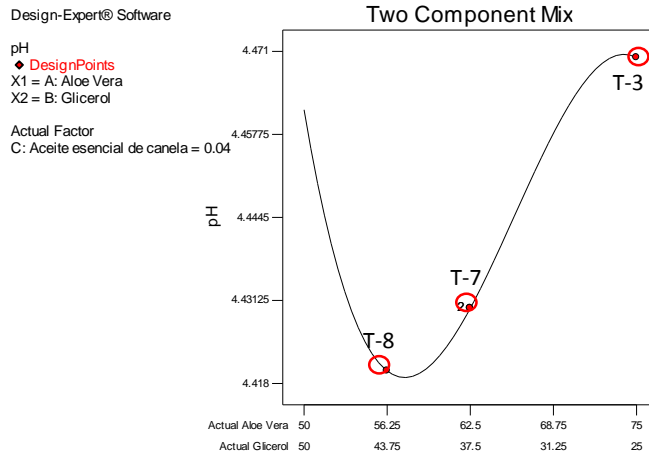


Figura 4.42
 Comportamiento Ph vs Concentración de mezcla y aceite esencial
 Fuente: Design. Expert v. 7

En la Figura 4.42 se observa el comportamiento del pH con respecto a la concentración de los componentes de la mezcla (Aloe Vera y Glicerol) y la concentración de aceite esencial de canela al 0.04%.

Los puntos del diseño están bien posicionados con respecto a la curva de predicción dada por la ecuación 4.4 para el pH. Al tener la mezcla 56.25% de Aloe Vera y 43.75 Glicerol se obtendrá un pH de 4.42, sin embargo cuando la mezcla este conformada por 75% de Aloe Vera y 25% de Glicerol se obtiene un pH de 4.47.

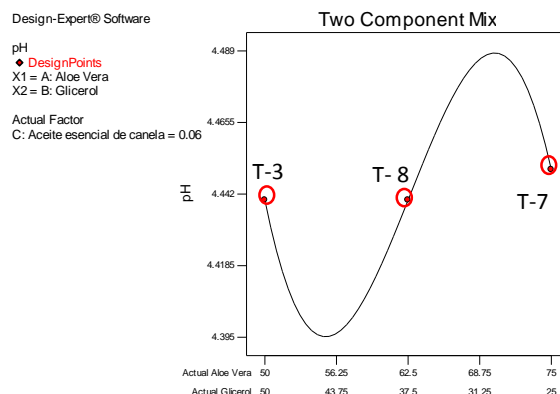


Figura 4.43
 Comportamiento Ph vs Concentración de mezcla y aceite esencial
 Fuente: Design. Expert v. 7

En la figura 4.43 se observa el comportamiento del pH con respecto a la concentración de los componentes de la mezcla (Aloe Vera y Glicerol) y la concentración de aceite esencial de canela al 0.06%.

Los puntos del diseño están bien posicionados con respecto a la curva de predicción dada por la ecuación 4.4 para el pH. Al pasar de un nivel inferior a un superior (Aloe Vera) a uno superior a un inferior (Glicerol) genera un aumento de pH siendo la diferencia de $\Delta = 0.01$.

Cuadro 4.15

Valores actuales y predichos de los tratamientos experimentales para la variable pH

| Run | Actual Value | Predicted Value | Residual |
|-----|--------------|-----------------|----------|
| 1 | 4.43 | 4.43 | 0.00 |
| 2 | 4.46 | 4.46 | 0.00 |
| 3 | 4.47 | 4.47 | 0.00 |
| 4 | 4.44 | 4.44 | 0.00 |
| 5 | 4.45 | 4.45 | 0.00 |
| 6 | 4.46 | 4.46 | 0.00 |
| 7 | 4.43 | 4.43 | 0.00 |
| 8 | 4.42 | 4.42 | 0.00 |
| 9 | 4.47 | 4.47 | 0.00 |
| 10 | 4.48 | 4.48 | 0.00 |
| 11 | 4.45 | 4.45 | 0.00 |
| 12 | 4.44 | 4.44 | 0.00 |
| 13 | 4.46 | 4.46 | 0.00 |

Fuente: Design. Expert v. 7

4.5.6. Optimización de las variables

Tabla 4.16

Criterios empleados para determinar mezcla optimizada del recubrimiento.

| Nombre | Criterio | Límite Inferior | Límite Superior |
|---------------------------|-------------|-----------------|-----------------|
| Aloe Vera | en el rango | 50 | 75 |
| Glicerol | en el rango | 25 | 50 |
| Aceite esencial de canela | minimizado | 0.03 | 0.06 |
| Tasa de Respiración | en el rango | 1.3580 | 6.1618 |
| Acidez | minimizado | 0.256 | 0.4736 |
| Pérdida de Peso | minimizado | 4.4985 | 9.4110 |
| pH | minimizado | 4.42 | 4.48 |

Fuente: Design. Expert v. 7

En el Tabla 4.16 se observa los criterios empleados para la optimización de las variables independientes Aloe Vera y Glicerol estas dentro del rango establecido al inicio de la investigación. En cuanto a la concentración de aceite de canela se decidió minimizar de acuerdo a lo observado en el proceso experimental. En cuanto a las variables dependientes Tasa de Respiración se considera en el rango debido a que se espera que no exceda del límite superior.

Tabla 4.17

Porcentajes de los componentes del recubrimiento, y respuestas de las variables dependientes, para la mezcla optimizada.

| N° | Aloe Vera | Glicerol | Aceite esencial de canela | Tasa de Respiración | Acidez | Pérdida de Peso | pH | |
|----------|---------------|---------------|---------------------------|---------------------|---------------|-----------------|-------------|-------------|
| 1 | 59.443 | 40.557 | 0.03 | 3.5428 | 0.3773 | 7.5034 | 4.42 | Sel. |
| 2 | 75 | 25 | 0.03 | 3.5428 | 0.3023 | 5.5636 | 4.47 | |
| 3 | 60.266 | 39.734 | 0.06 | 1.3580 | 0.3748 | 7.4008 | 4.42 | |
| 4 | 75 | 25 | 0.06 | 1.3580 | 0.3944 | 5.5636 | 4.45 | |

Fuente: Design. Expert v. 7

En el Tabla 4.16 se observa los porcentajes seleccionados para la optimización de las variables independientes Aloe Vera, Glicerol y Aceite esencial de canela y las respuestas de las variables

independientes dadas por el software Design. Expert v. 7.

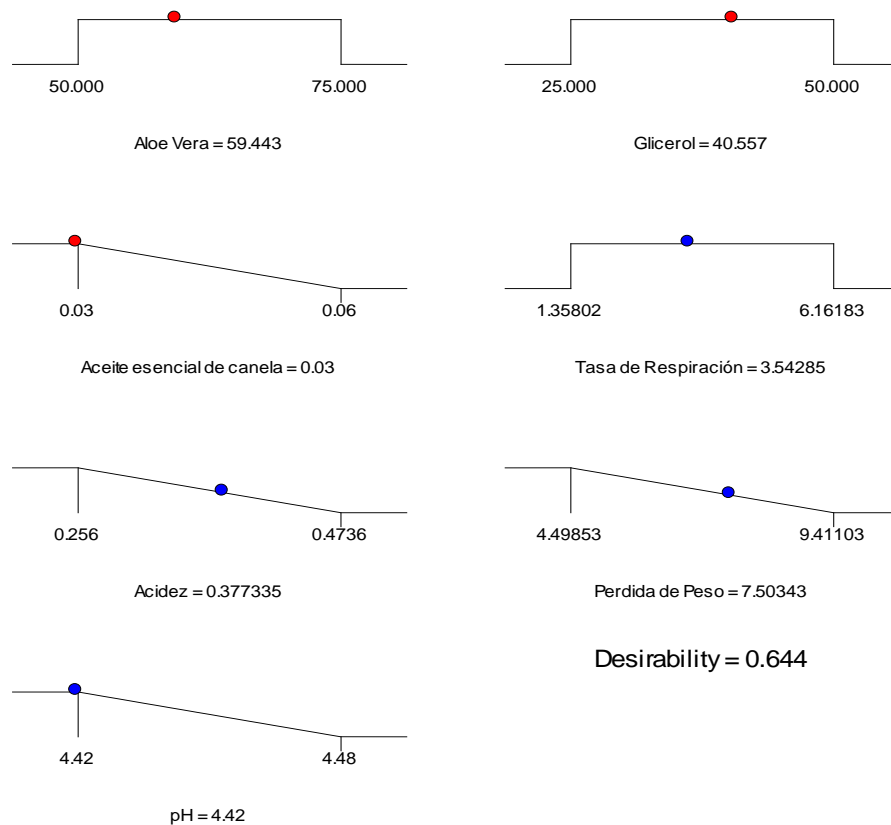


Figura 4.44
Representación gráfica de la Optimización de variables.
 Fuente: Design. Expert v. 7.

En la Figura 4.44 se observa el comportamiento de cada una de las variables dependientes para una mezcla optimizada de 59.44% de Aloe Vera, 40.56% Glicerol y 0.03 de Aceite esencial de canela, obteniendo una Tasa de respiración 3.54 mg.CO₂/kg.hr, Acidez 0.37%, Pérdida de Peso 7.50% y un pH 4.42.

Tabla 4.17

Prueba "t" para muestras relacionadas.

| | Diferencias emparejadas | | | | | t | g | Sig. |
|-------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------|--|----------|-------|---|------|
| | Media | Desviación estándar | Media de error estándar | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | | | | |
| | | | | Inferior | Superior | | | |
| Grupo - TR | -1,52 | 2,86 | 2,02 | -27,23 | 24,19 | -0,75 | 1 | 0,59 |
| Grupo - PP | -5,79 | 2,42 | 1,71 | -27,49 | 15,90 | -3,39 | 1 | 0,18 |
| Grupo -Ac. | 0,05 | 0,61 | 0,43 | -5,46 | 5,57 | 0,12 | 1 | 0,92 |

| | | | | | | | | |
|-------------------|-------|------|------|--------|------|-------|---|------|
| Grupo - pH | -3.94 | 0,69 | 0.49 | -10.10 | 2.23 | -8.11 | 1 | 0.08 |
|-------------------|-------|------|------|--------|------|-------|---|------|

Fuente: SPSS. v. 22

Para validar los datos dados por el software se realizó una corrida experimental, aplicando la mezcla de recubrimiento optimizado a las mismas condiciones ambientales por un periodo de 12 días.

En el Tabla 4.17 se observa la correlación que existe entre los valores de respuesta de las variables dependientes dadas por el software y de los valores obtenidos en el proceso experimental. Comprobando así que la variación de ambos datos no es significativa ya que es mayor a 5% (valor alfa), validando la metodología empleada en las primeras corridas experimentales.

4.5.7. Evaluación Microbiológica

Con la finalidad de comprobar el efecto antimicrobiano del Aloe Vera y el Aceite esencial de canela se realizó un recuento de mohos que pueden afectar la calidad fisicoquímica de los tomates estudiados. Para el análisis microbiológico se trabajó con muestra testigo y muestra con recubrimiento optimizado.

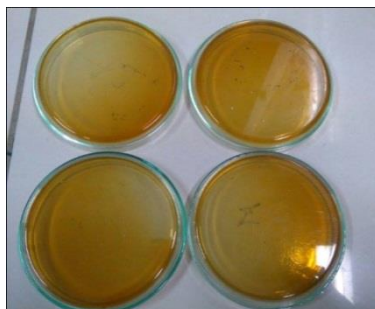
En la Figura 4.45 se muestra la secuencia para la evaluación microbiológica. Siguiendo la metodología ISO 7954 – FV08-059.



a). Esterilización de bolsas



b. Siembra en placa



c). Placas a incubar (22- 25 C° por 72 horas).

Figura 4.45

Acondicionamiento de muestras para análisis microbiológico.

Fuente: Laboratorio de Biología SENATI - Chiclayo - Elaboración propia

Tabla 4.16

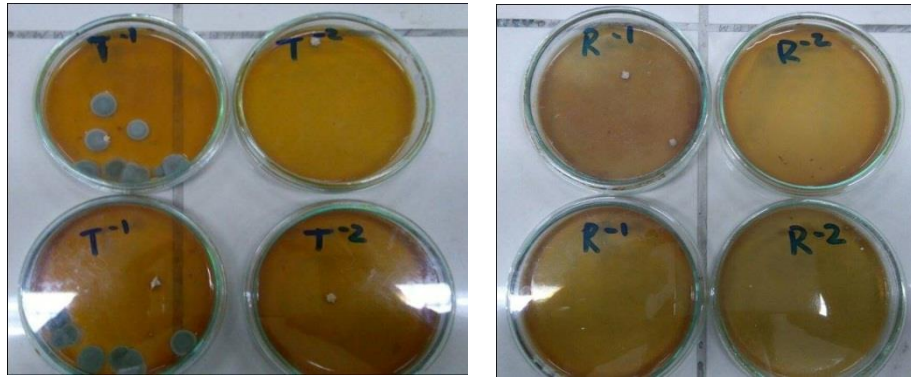
Evaluación microbiológica de muestras con recubrimiento optimizado.

| Recuento | Muestra Control (ufc)/g | Muestra Recubierta(*) (ufc) /g |
|-----------------|------------------------------------|---|
| Mohos | 6x10 | ausencia |

(*) Mezcla Optimizada de recubrimiento.

Fuente: Laboratorio de Biología SENATI - Chiclayo – Elaboración Propia.

En la Tabla 4.16 se observa los resultados del análisis microbiológico mediante recuento en placa con profundidad de 1 ml en diluciones seriadas a partir de 10g de muestra homogenizada en agua peptona, utilizando sustrato nutritivo Agar “Sabouraud” y caldo “Sabouraud” e incubado a una temperatura de 30°C por 72 horas. Obteniendo 6x10 (ufc)/g para la muestra testigo y ausencia de mohos para la muestra con recubrimiento optimizado.



a) Presencia de mohos en M. testigo.

b) Ausencia de mohos en muestra recubierta.

Figura 4.45

Resultado del análisis microbiológico en muestra testigo (T) y muestra recubierta (R).

Fuente: Laboratorio de Biología SENATI - Chiclayo - Elaboración propia.

CAPITULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El tomate es una hortaliza que presenta problemas en su conservación debido principalmente a su alta actividad metabólica conllevando a una corta vida en anaquel para su consumo, estos problemas se intensifican por diferentes factores como: daños mecánicos, inadecuado almacenamiento, transporte, deficiente manipulación, estado de madurez, etc; condiciones que deben ser reguladas precisamente si lo que se desea es prolongar el tiempo de vida útil de esta hortaliza de alto consumo en nuestro país; a través de la aplicación de diversas técnicas poscosecha, esta investigación busca demostrar la efectividad de la aplicación de recubrimientos en la prolongación del tiempo de vida útil.

El tomate materia prima empleada libre de cualquier daño físico y en adecuado estado de madurez han sido preciso emplear, ya que estos indicadores son señalados como los que tienen mayor influencia en la calidad interna y externa de las hortalizas, según (Toivonen, 2007 citado en Alarcón A., 2013).

Para mejorar la apariencia y evitar el deterioro fisiológico de los frutos durante poscosecha es posible la aplicación de diversas técnicas, para fines de esta investigación se utilizó recubrimientos a base de Sábila (Aloe Vera) que extiende la vida útil hasta en 5 días como el caso de frutillas reportado por (Ramirez J., 2012) o de 12 días en el caso de babacos estudio realizado por (Quisintuya E., 2014). Al incorporar aceites esenciales en la matriz de estos recubrimientos mejora las propiedades de barrera contra el vapor de agua debido a sus propiedades hidrófobas, y siendo la pérdida de agua la principal causa de pérdida de la calidad del fruto, resulta eficiente la incorporación de estos componentes en los recubrimientos, aplicaciones en frutos de papaya han demostrado que una fruta sin recubrimiento pierde hasta el 20% de su peso en 14 días, mientras que una tratada (con recubrimiento) solo pierde entre 2 y 4% de su peso inicial; a su vez se logra el mantenimiento de aspectos sensoriales, microbiológicos y físicos tales como la firmeza y el brillo. (Bosquez – Molina et al., 2010 citado en Ramos G., Lira RH., Peralta R., Cotez G., Cárdenas A., 2014).

Los tomates de la variedad Roma empleados en esta investigación presentaron un comportamiento propio de las frutas climatéricas, con marcado inicio del pico climatérico en el día 6 y prosiguiendo con la fase de senescencia. Los tratamientos recubiertos con Aloe Vera y aceite esencial de canela presentaron un pico menos pronunciado en comparación con el tratamiento control (T-1) 17.67 mg.CO₂/kg.hr., retardando la maduración y disminuyendo la tasa de respiración, esto es debido a que los recubrimientos ejercen un control en la transferencia de humedad, gases y compuestos volátiles demostrando su capacidad para mejorar la calidad e integridad de los alimentos según (Fernández D., Bautista S., Ocampo A., García A. y Falcón A., 2015). La disminución final en la tasa respiratoria pudo haber sido ocasionada por el incremento en la producción de CO₂ generado por los procesos metabólicos de hongos y bacterias que se encuentran presentes en el medio reportado en (Amaya P., et al 2009).

El porcentaje de acidez en uno de los factores que influye en la calidad de las hortalizas, debido a su relación directa con el índice de madurez. Los tomates evaluados en la investigación presentan una disminución del porcentaje de acidez durante el periodo de almacenamiento. El tratamiento testigo (T-1) presentó menores valores en comparación con los demás tratamientos (con recubrimiento) refutando de esta manera las investigaciones realizadas por (Amaya P., et al 2009) donde se evaluó el efecto de un recubrimiento a base de almidón nativo y cera comercial en tomates; reportando un mayor porcentaje de acidez en la muestra testigo en comparación a los otros tratamientos debido a que el recubrimiento logro retardar o concentrar la volatilización de ácidos orgánicos, permitiendo que los frutos permanecieran más ácidos y más verdes.

La pérdida de humedad en frutas y vegetales frescos disminuye la firmeza y el peso de los productos afectando su calidad y como consecuencia ocurren pérdidas económicas durante su comercialización (Avena- Bustillos et al., 1994 citado en Ramos, M. et al, 2010). En la investigación realizada en tomates de la variedad roma se obtuvieron porcentajes de pérdidas de agua en un 18% para el tratamiento testigo (T-1), a diferencia de los tomates recubiertos que alcanzaron reducir en un 2 - 4% las pérdidas de agua. Según (García et al,

2000 citado en Ramos, M. et al, 2010) reportaron que al mezclar aceite de girasol y almidón de maíz con glicerol y sorbitol como plastificante, se obtuvo un recubrimiento con buenas propiedades mecánicas para adherirse a la zanahoria y redujo la pérdida de vapor de agua tres veces por encima del control. Por otro lado (Paladines D., et al 2014) menciona un estudio realizado con frutos de hueso a los cuales se les aplicó un recubrimiento a base de Aloe Vera y aceite de rosa mosqueta presentando un aumento de pérdida de agua en la muestra control luego de 6 días de almacenamiento a 20°C alcanzando valores de 3- 7 %, a diferencia de las muestras con recubrimiento que redujeron dichas pérdidas en un promedio 1- 2%.

Otra de las características importantes durante la maduración y senescencia de los frutos es el pH. Existe una relación inversa entre el valor del pH y contenido de ácidos orgánicos, a medida los ácidos orgánicos decrecen a partir de un 25% el valor del pH aumenta según (Flores et. al, citado en Clemente N, 2010). En la investigación realizada con tomates roma se observó un comportamiento irregular en cuanto a los valores de pH hasta el día 7 donde se registra el pico climatérico para ir aumentando de manera constante hasta el Día 12 que se finalizó la investigación, a excepción de tratamientos 1, 4 Y 10 que presentan una caída de valor del pH en el día 11.

El control de crecimiento microbiano es un factor importante durante el almacenamiento debido a que causan el deterioro de frutos y hortalizas. La Sábila (Aloe Vera) posee una actividad antioxidante que genera entre 4 y 2 reducciones logarítmicas en el crecimiento de micelio de mohos a concentraciones de 250ml/L (Castillo et. al., 2010. Saks & Bakai-Golan, 1995 citado en Quintero, et. al., 2010). Así mismo el Aceite esencial de canela poseen compuestos con una vasta y efectiva actividad antimicrobiana contra gran variedad de organismos, tanto bacterias, mohos y levaduras. En la investigación realizada en tomates de la variedad roma se obtuvieron 6×10^6 (ufc)/g para la muestra control y ausencia de mohos para la muestra con recubrimiento optimizado. Según (Valverde, J., s.f.) reportó que a utilizar un recubrimiento con gel de Aloe vera y un envasado activo mediante atmósfera modificada con la adición de diferentes aceites esenciales. Se obtuvo una drástica reducción de la carga microbiana (valores cercanos a 5 log UFC g⁻¹ en controles y próximos a 2-3 log UFC g⁻¹ para los tratamientos con Aloe y aceites esenciales.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

Los cambios fisiológicos y fisicoquímicos del tomate variedad roma muestra testigo presentó un comportamiento climatérico con una tasa de respiración máxima (pico climatérico) 17,67 mg.CO₂/kg.hr., acidez de 0.43% de ácido cítrico, porcentaje de pérdida de agua del 10.63 % y un pH 4.43.

Los cambios fisiológicos y fisicoquímicos del tomate roma afectos de los tratamientos en estudio presentaron un comportamiento pasivo respecto de su tasa de respiración y pérdida de peso, con valores máximos de hasta 14.62 mg.CO₂/kg.hr y 10.38%; a excepción del tratamiento 12 que presenta una pérdida de peso de 11.14% durante el pico climaterico y respecto a las características fisicoquímicas un comportamiento semejante, 0.44% acidez y un pH entre 4.43 – 4.49.

Se logró extender el tiempo de vida útil del tomate roma afecto del recubrimiento es estudio de hasta 12 días, en comparación a los 6 días del tratamiento control.

Se logró comprobar la efectividad de la sábila y del Aceite Esencial de Canela como agentes antimicrobianos para evitar crecimiento de mohos en el tomate roma afecto de recubrimiento optimizado en comparación a la muestra control la cual presentó un recuento de 6x10 (ufc)/g.

6.2. Recomendaciones

Acondicionar las muestras en estudio en condiciones de temperaturas y humedad relativa adecuadas, para evitar la pérdida de agua durante el almacenamiento.

Seleccionar adecuadamente la materia prima a fin de trabajar con muestras lo más homogéneas posible.

Evitar exponer el fruto a largos tiempos de secado con aire caliente, ya que esto acelera su deterioro.

Homogenizar el recubrimiento constantemente para lograr la emulsión de todos los componentes.

REFERENCIAS

- Agustí, M. (2010). *Fruticultura* (2da ed.). Barcelona: Mundi-Prensa
- Alarcón, A. (2013). *Calidad Poscosecha del tomate (Solanum Lycopersicum L) cultivado en sistemas ecológicos de fertilización*. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid.
- Amaya, et al (2009). *Efecto Del Uso De Recubrimientos Sobre La Calidad Del Tomate (Lycopersicon Esculentum Mill)*. Universidad de Cauca. Medellin.
- Brackett, R.E. (2001). *Frutas, hortalizas y granos. En: Doyle, M., Beuchat, L., Montville, T. (Eds.)*. Microbiología Moderna de los Alimentos. 2ª edición. Acibia, Zaragoza, España,
- Cornejo, C. (2009). *Evaluación de la respuesta agronómica bajo cubierta de dos híbridos de tomate riñón (Lycopersicon esculentum)*, de crecimiento indeterminado Dominique y Michaela, en la parroquia San José de Alluriquín. Santo Domingo, Ecuador. Recuperado el 8 de Junio <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/2525/1/T-ESPE-IASA%201100-2300.pdf>.
- Del Valle, M. (2012). *Aplicación de recubrimientos comestibles para mantener la calidad de frutillas congeladas*. Universidad Nacional del Litoral. Argentina. Recuperado el 15 de abril de [file:///C:/Users/PC/Downloads/tesis%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/PC/Downloads/tesis%20(1).pdf)
- Hernández, J. (2009). *Evaluación de la Calidad Fisicoquímica del Tomate Margariteño (Lycopersicum esculentum var. España) durante su Almacenamiento Poscosecha a Distintas Condiciones de Conservación*. Trabajo de Ascenso. Universidad de Oriente, Núcleo Nueva Esparta, Escuela de Ciencias Aplicadas del Mar, Boca del Río, Venezuela.
- Hernández, N. (2013). "Caracterización físico-química y microbiológica del tomate margariteño (Lycopersicum esculentum var. España) y

evaluación de la efectividad de tratamientos de pre-ensado para el incremento de su vida comercial a temperatura ambiente“. Universidad de Córdoba.

Gonzales, J. (2015). Empleo de un recubrimiento comestible natural utilizando la sábila (Aloe vera) para mitigar en deterioro de la guayaba (Psidium guajava L.). Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Ecuador

Lezama, N. (2010). Calidad postcosecha de tomate (Solanum lycopersicon) producido con agua residual y de pozo en hidroponía y suelo. Universidad Autónoma Chapingo. Mexico.

Martínez, A., Lee, R., Chaparro, D., Páramo, S. (2003). *Postcosecha y Mercadeo de Hortalizas de Clima Frío Bajo Prácticas de Producción Sostenible*. Corpoica, Bogotá, Colombia.

Melgarejo, L.M., Hernández, M.S., Barrera, J.A., Barradales, X. (2004). *Caracterización y Usos Potenciales del Banco de Germoplasma de Ají Amazónico*. Instituto Amazónico de Investigación Científica Sinchi, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

Moreno, R. (2010). *Uso de recubrimientos comestibles en frutas hortalizas, Historia y Tendencia*. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. Coahuila. Mexico. Recuperado el 14 de abril de <http://uaaan.dspace.escire.net/bitstream/handle/123456789/430/61235s.pdf?sequence=1>

Paladines, D et al (2014). *La adición de aceite de rosa mosqueta mejora el efecto beneficioso de gel de Aloe vera en retrasar la maduración y mantener la calidad postcosecha de varias frutas de hueso*. Universidad San Miguel Hernandez. España.

Quintero, C., Falguera, V., Muñoz, H., Aldemar.I. (2010). *Películas y recubrimientos comestibles: importancia y tendencias recientes en la cadena hortofrutícola*. Rev. Colombia. Tumbaga [online].2010, Vol.5, pp.93-118

- Ramos, G. et. al (2013). *Extensión de la vida de poscosecha en frutos de tomate por efecto de un látex polimérico comestible*. Argentina.
- Ramos, M. et al (2010). *Compuestos Antimicrobianos Adicionados en Recubrimientos Comestibles para Uso en Productos Hortofrutícolas*. Rev. mex. fitopatol [online]. 2010, vol.28, n.1, pp. 44-57. ISSN 0185-3309.
- Reina, C. (1996). *Manejo Poscosecha y evaluación de la calidad en tomate*. Universidad Surcolombiana. Neiva
- Reina, M. (2006). *Manejo poscosecha y evaluación de calidad para la guanábana (Annona muricata)*. Universidad Surcolombiana. Neiva. Recuperado el 5 de Junio de <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co>
- Ríos, D., Santos, B., Díaz, D., García, N. (2003). *Ensayos de cultivares de tomate de exportación en Tenerife: II. Comportamiento en pos cosecha*. Agrícola Vergel: Fruticultura, Horticultura, Floricultura.
- Salvador, A., Navarro, P., y Martínez, J. (2007). *Tecnología Postcosecha de cítricos*. Valencia: Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias.
- Valverde J. M. (s.f.). *Efecto de tratamientos naturales en post-cosecha: recubrimientos con gel de Aloe vera L. y atmósfera modificada con aceites esenciales*. Universidad Miguel Hernández. Orihuela, Alicante, España.
- Vásquez, M.C. y Guerrero, J.A. (2013). *Recubrimientos de frutas con biopelículas*. Temas selectos de ingeniería de alimentos 7. Recuperado el 14 de abril de <http://web.udlap.mx/tsia/files/2014/12/TSIA-72-Vazquez-Briones-et-al-2013.pdf>
- USDA. (1991). *U.S. Standards for Grades of Fresh Tomatoes*. USDA, Agr. Mktg. Serv., Washington, D.C, EE.UU.

Wills, R., Macglasson, B., Graham, D., y Joyce, D. (1998). *Introducción a la fisiología y manipulación poscosecha de frutas, hortalizas y plantas ornamentales*. Zaragoza: Acribia, S.A.

Anexo 01

Cuadro 1.1

Valores obtenidos en la investigación para la variable Tasa de Respiración.

| Dia | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| T | | | | | | | | | | | | |
| T1 | 2.8114 | 5.9765 | 6.3489 | 8.2257 | 9.5141 | 10.0726 | 10.6312 | 10.9626 | 11.7073 | 15.4124 | 16.7809 | 17.9631 |
| T2 | 1.6217 | 5.4219 | 6.3696 | 7.4012 | 7.4207 | 8.4680 | 9.0737 | 9.4996 | 9.8513 | 11.2581 | 11.3890 | 12.2389 |
| T3 | 1.6085 | 2.6230 | 3.5418 | 4.4786 | 4.4985 | 5.5987 | 6.1568 | 6.5973 | 6.8763 | 7.5739 | 8.3393 | 9.2063 |
| T4 | 1.5421 | 3.6807 | 4.5445 | 5.4303 | 5.6298 | 7.2836 | 7.6228 | 7.6767 | 7.7565 | 9.1529 | 10.3379 | 11.2058 |
| T5 | 1.6781 | 4.2780 | 5.3191 | 6.3762 | 6.4020 | 6.4777 | 8.2693 | 8.8804 | 9.0795 | 10.1744 | 10.6999 | 11.5659 |
| T6 | 1.6529 | 3.9527 | 4.8774 | 5.8576 | 6.4529 | 7.7149 | 8.5086 | 8.6197 | 8.7586 | 8.7983 | 9.6000 | 10.4631 |
| T7 | 3.6991 | 6.4803 | 7.8709 | 7.9648 | 9.0130 | 9.5779 | 9.9256 | 10.4106 | 10.8452 | 11.1928 | 11.8620 | 12.6182 |
| T8 | 1.6669 | 4.0681 | 5.0125 | 5.9941 | 6.0216 | 6.9307 | 7.7160 | 7.9614 | 8.4719 | 9.6499 | 9.9719 | 10.8260 |
| T9 | 3.8574 | 6.5932 | 7.8849 | 8.4398 | 9.4110 | 10.2708 | 10.3842 | 11.0525 | 11.1267 | 12.1546 | 12.7448 | 13.5948 |
| T10 | 1.6037 | 3.8838 | 4.7411 | 5.6430 | 6.0026 | 6.9532 | 7.3420 | 7.7910 | 8.0631 | 8.2575 | 8.4850 | 9.3305 |
| T11 | 1.6837 | 4.2649 | 5.2682 | 6.2773 | 6.3465 | 7.0614 | 8.0224 | 8.0436 | 8.0628 | 8.2358 | 8.4107 | 9.2468 |
| T12 | 3.9387 | 6.8600 | 8.3792 | 8.6850 | 8.8071 | 9.7694 | 11.1441 | 11.6133 | 12.0085 | 15.0227 | 15.8699 | 16.6174 |
| T13 | 3.6646 | 6.3352 | 7.6992 | 8.0464 | 9.0632 | 9.5134 | 9.9597 | 10.2287 | 10.7629 | 11.1635 | 11.3428 | 12.1726 |
| T14 | 1.7636 | 4.4441 | 5.4769 | 6.5514 | 6.7412 | 8.3548 | 9.4939 | 10.6253 | 11.5935 | 12.2390 | 12.9793 | 13.8051 |

Fuente: Planta piloto de Procesos Agroindustriales de la Universidad Señor de Sipán - Microsoft Excel 2013

Cuadro 1.2

Valores obtenidos en la investigación para la variable Acidez.

| Dia T | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| T1 | 0.6400 | 0.6144 | 0.6272 | 0.5120 | 0.5056 | 0.5120 | 0.4352 | 0.3840 | 0.4096 | 0.4288 | 0.4352 | 0.4224 |
| T2 | 0.6528 | 0.6272 | 0.64 | 0.5440 | 0.4672 | 0.5248 | 0.3840 | 0.3712 | 0.2752 | 0.3072 | 0.2624 | 0.3200 |
| T3 | 0.6080 | 0.5824 | 0.5952 | 0.5184 | 0.3840 | 0.4992 | 0.4416 | 0.3648 | 0.2816 | 0.2752 | 0.2496 | 0.2944 |
| T4 | 0.6272 | 0.608 | 0.6208 | 0.5056 | 0.3456 | 0.4992 | 0.3392 | 0.3584 | 0.2880 | 0.2688 | 0.2496 | 0.2176 |
| T5 | 0.6208 | 0.6016 | 0.5824 | 0.5120 | 0.3008 | 0.4800 | 0.4736 | 0.3648 | 0.2752 | 0.2624 | 0.2560 | 0.2304 |
| T6 | 0.6080 | 0.5952 | 0.5952 | 0.5184 | 0.4224 | 0.4992 | 0.2880 | 0.3712 | 0.2688 | 0.2624 | 0.2432 | 0.2304 |
| T7 | 0.6464 | 0.6208 | 0.6 | 0.5504 | 0.2560 | 0.5056 | 0.3456 | 0.3563 | 0.2880 | 0.2624 | 0.2368 | 0.224 |
| T8 | 0.6528 | 0.6272 | 0.64 | 0.5440 | 0.4736 | 0.4928 | 0.3392 | 0.3456 | 0.2944 | 0.2560 | 0.2240 | 0.3200 |
| T9 | 0.6208 | 0.5952 | 0.6 | 0.5632 | 0.4544 | 0.4672 | 0.4032 | 0.3392 | 0.2880 | 0.2624 | 0.2432 | 0.2368 |
| T10 | 0.6016 | 0.576 | 0.6016 | 0.5120 | 0.3072 | 0.4992 | 0.3200 | 0.3520 | 0.2816 | 0.2560 | 0.2432 | 0.2176 |
| T11 | 0.6080 | 0.5696 | 0.5888 | 0.5184 | 0.3904 | 0.4928 | 0.4032 | 0.3712 | 0.2688 | 0.2688 | 0.2368 | 0.1984 |
| T12 | 0.6208 | 0.5888 | 0.6 | 0.5504 | 0.3584 | 0.4864 | 0.3072 | 0.3563 | 0.2752 | 0.2624 | 0.2560 | 0.2432 |
| T13 | 0.6144 | 0.5760 | 0.5888 | 0.5056 | 0.4672 | 0.4864 | 0.2752 | 0.3797 | 0.2752 | 0.2752 | 0.2496 | 0.2368 |
| T14 | 0.6272 | 0.5952 | 0.6144 | 0.5248 | 0.4160 | 0.5056 | 0.3136 | 0.3648 | 0.2752 | 0.2560 | 0.2304 | 0.2176 |

Fuente: Planta piloto de Procesos Agroindustriales de la Universidad Señor de Sipán - Microsoft Excel 2013

Cuadro 1.3

Valores obtenidos en la investigación para la variable Pérdida de peso.

| Día T | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|------------|
| T1 | 2.8114 | 5.9765 | 6.3489 | 8.2257 | 9.5141 | 10.0726 | 10.6312 | 10.9626 | 11.7073 | 15.4124 | 16.7809 | 17.9631 |
| T2 | 1.6217 | 5.4219 | 6.3696 | 7.4012 | 7.4207 | 8.4680 | 9.0737 | 9.4996 | 9.8513 | 11.2581 | 11.3890 | 12.2389 |
| T3 | 1.6085 | 2.6230 | 3.5418 | 4.4786 | 4.4985 | 5.5987 | 6.1568 | 6.5973 | 6.8763 | 7.5739 | 8.3393 | 9.2063 |
| T4 | 1.5421 | 3.6807 | 4.5445 | 5.4303 | 5.6298 | 7.2836 | 7.6228 | 7.6767 | 7.7565 | 9.1529 | 10.3379 | 11.2058 |
| T5 | 1.6781 | 4.2780 | 5.3191 | 6.3762 | 6.4020 | 6.4777 | 8.2693 | 8.8804 | 9.0795 | 10.1744 | 10.6999 | 11.5659 |
| T6 | 1.6529 | 3.9527 | 4.8774 | 5.8576 | 6.4529 | 7.7149 | 8.5086 | 8.6197 | 8.7586 | 8.7983 | 9.6000 | 10.4631 |
| T7 | 3.6991 | 6.4803 | 7.8709 | 7.9648 | 9.0130 | 9.5779 | 9.9256 | 10.4106 | 10.8452 | 11.1928 | 11.8620 | 12.6182 |
| T8 | 1.6669 | 4.0681 | 5.0125 | 5.9941 | 6.0216 | 6.9307 | 7.7160 | 7.9614 | 8.4719 | 9.6499 | 9.9719 | 10.8260 |
| T9 | 3.8574 | 6.5932 | 7.8849 | 8.4398 | 9.4110 | 10.2708 | 10.3842 | 11.0525 | 11.1267 | 12.1546 | 12.7448 | 13.5948 |
| T10 | 1.6037 | 3.8838 | 4.7411 | 5.6430 | 6.0026 | 6.9532 | 7.3420 | 7.7910 | 8.0631 | 8.2575 | 8.4850 | 9.3305 |
| T11 | 1.6837 | 4.2649 | 5.2682 | 6.2773 | 6.3465 | 7.0614 | 8.0224 | 8.0436 | 8.0628 | 8.2358 | 8.4107 | 9.2468 |
| T12 | 3.9387 | 6.8600 | 8.3792 | 8.6850 | 8.8071 | 9.7694 | 11.1441 | 11.6133 | 12.0085 | 15.0227 | 15.8699 | 16.6174 |
| T13 | 3.6646 | 6.3352 | 7.6992 | 8.0464 | 9.0632 | 9.5134 | 9.9597 | 10.2287 | 10.7629 | 11.1635 | 11.3428 | 12.1726 |
| T14 | 1.7636 | 4.4441 | 5.4769 | 6.5514 | 6.7412 | 8.3548 | 9.4939 | 10.6253 | 11.5935 | 12.2390 | 12.9793 | 13.8051485 |

Fuente: Planta piloto de Procesos Agroindustriales de la Universidad Señor de Sipán - Microsoft Excel 2013.

Cuadro 1.4

Valores obtenidos en la investigación para la variable pH. .

| T \ Día | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|-----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| T1 | 4.2 | 4.34 | 4.4 | 4.38 | 4.44 | 4.46 | 4.43 | 4.47 | 4.52 | 4.58 | 4.5 | 4.52 |
| T2 | 4.22 | 4.33 | 4.41 | 4.39 | 4.43 | 4.45 | 4.4 | 4.52 | 4.58 | 4.6 | 4.36 | 4.64 |
| T3 | 4.28 | 4.3 | 4.43 | 4.37 | 4.46 | 4.51 | 4.49 | 4.54 | 4.58 | 4.59 | 4.6 | 4.6 |
| T4 | 4.27 | 4.29 | 4.46 | 4.36 | 4.47 | 4.5 | 4.48 | 4.56 | 4.6 | 4.62 | 4.56 | 4.64 |
| T5 | 4.23 | 4.33 | 4.43 | 4.34 | 4.44 | 4.48 | 4.46 | 4.52 | 4.56 | 4.6 | 4.64 | 4.63 |
| T6 | 4.2 | 4.34 | 4.42 | 4.39 | 4.45 | 4.47 | 4.43 | 4.46 | 4.5 | 4.55 | 4.58 | 4.65 |
| T7 | 4.23 | 4.32 | 4.45 | 4.37 | 4.46 | 4.48 | 4.46 | 4.52 | 4.56 | 4.59 | 4.68 | 4.59 |
| T8 | 4.25 | 4.35 | 4.44 | 4.39 | 4.43 | 4.47 | 4.44 | 4.5 | 4.58 | 4.6 | 4.7 | 4.6 |
| T9 | 4.19 | 4.32 | 4.44 | 4.36 | 4.42 | 4.45 | 4.43 | 4.48 | 4.54 | 4.57 | 4.56 | 4.57 |
| T10 | 4.22 | 4.29 | 4.43 | 4.39 | 4.47 | 4.55 | 4.55 | 4.58 | 4.62 | 4.64 | 4.45 | 4.66 |
| T11 | 4.22 | 4.32 | 4.42 | 4.37 | 4.48 | 4.52 | 4.42 | 4.48 | 4.55 | 4.57 | 4.38 | 4.62 |
| T12 | 4.22 | 4.34 | 4.41 | 4.38 | 4.45 | 4.51 | 4.49 | 4.54 | 4.58 | 4.6 | 4.62 | 4.62 |
| T13 | 4.18 | 4.3 | 4.43 | 4.41 | 4.44 | 4.46 | 4.44 | 4.48 | 4.56 | 4.59 | 4.37 | 4.63 |
| T14 | 4.19 | 4.34 | 4.46 | 4.43 | 4.46 | 4.5 | 4.46 | 4.52 | 4.58 | 4.6 | 4.61 | 4.64 |

Fuente: Planta piloto de Procesos Agroindustriales de la Universida Señor de Sipán - Microsoft Excel 2013.

