

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE DIFERENTES CONCENTRACIONES DE
SÁBILA (*Xanthorrhoeaceae*) Y CERA CARNAUBA (*Copernicia prunifera*) COMO
RECUBRIMIENTO PARA INCREMENTAR LA VIDA ÚTIL DE LA FRUTILLA
(*Fragaria xananassa*)**

Jennifer Alexandra Pérez Velastegui

Johanna Estefania Zurita Tinizaray

Ingeniería en Alimentos

Trabajo de integración curricular presentado como requisito
para la obtención del título de Ingeniero en Alimentos

Quito, 12 de diciembre de 2019

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**COLEGIO DE CIENCIAS E INGENIERÍAS****HOJA DE CALIFICACIÓN DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Evaluación del efecto de diferentes concentraciones de Sábila (*Xanthorrhoeaceae*) y Cera carnauba (*Copernicia prunifera*) como recubrimiento para alargar la vida útil de la frutilla (*Fragaria xananassa*)

Jennifer Alexandra Pérez Velastegui**Johanna Estefania Zurita Tinizaray****Calificación:**

Nombre del profesor, Título académico Lucía de los Ángeles Ramírez Cárdenas, PhD

Nombre del profesor, Título académico José Francisco Álvarez Barreto, PhD.

Firma del profesor _____

Firma del profesor _____

Quito, 12 de diciembre de 2019

Derechos de Autor

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma del estudiante:

Nombres y apellidos:

Código:

Cédula de Identidad:

Jennifer Alexandra Pérez Velastegui.

00129285

1804755583

Firma del estudiante:

Nombres y apellidos:

Código:

Cédula de Identidad:

Lugar y fecha:

Johanna Estefania Zurita Tinizaray

00125622

1722403894

Quito, 12 de diciembre de 2019

RESUMEN

La frutilla (*Fragaria xananassa*) es una fruta no climatérica que contiene una alta tasa de respiración y su maduración es acorde a la degradación de la clorofila. Es por esto que, presenta una vida útil corta, que depende de la temperatura y el tiempo de almacenamiento, problema que puede mitigarse con el uso de recubrimientos. El objetivo de este trabajo fue desarrollar un recubrimiento comestible a base de gel de Sábila y Cera carnauba con potencial para alargar el tiempo de vida útil de la frutilla. Para evaluar los efectos del recubrimiento sobre parámetros fisicoquímicos se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial 3^2 , y un diseño en bloques completamente al azar (DBCA) para análisis sensoriales. Después de realizar un análisis de varianza (ANOVA) y pruebas de diferencia de medias de Tukey con un nivel de significancia del 5% ($p < 0,05$), se encontró que los tratamientos 7 (45% v/v de gel de Sábila y 0% p/v de Cera carnauba), 8 (45% v/v de gel de Sábila y 0,3% p/v de Cera carnauba) y 9 (45% v/v de gel de Sábila y 0,4% p/v de Cera carnauba) mostraron una menor pérdida de peso y menor variación de acidez titulable, pH, grados Brix e índice de madurez. Los polisacáridos presentes en este componente formaron una matriz compacta en el recubrimiento, controlando la transferencia de gases. Para la parte microbiológica el T9 tuvo una vida útil de 7 días a temperatura ambiente debido a la inhibición del hongo *Botrytis cinera*, por propiedad antifúngica que presenta el gel de Sábila. Por otro lado, en el análisis sensorial hubo diferencia significativa en la apariencia por la presencia de micropartículas de la Cera carnauba a mayores niveles de esta. El recubrimiento permitió extender la vida útil de la frutilla con 6 días más en relación a la muestra preliminar, y tiene potencial para su aplicación a mayor escala.

Palabras clave: frutilla, recubrimiento, gel de Sábila, Cera carnauba, fisicoquímicos, microbiológicos, sensorial

ABSTRACT

The strawberry (*Fragaria xananassa*) is a non-climatic fruit that contains a high rate of respiration and its maturation is consistent with the degradation of chlorophyll. That is why, it has a short shelf life, which depends on the temperature and storage time, a problem that can mitigate the use of coatings. The objective of this work was to develop an edible coating based on Aloe Vera gel and Carnauba Wax with the potential to extend the shelf life of the strawberry. To evaluate the effects of the coating on physicochemical parameters, a completely randomized design (DCA) with factorial arrangement 3^2 was detected, and a completely randomized block design (DBCA) for sensory analysis. After performing a variance analysis (ANOVA) and Tukey media difference tests with a significance level of 5% ($p < 0.05$), what treatments 7 (45% v/v gel of Aloe Vera and 0% w/v of Cerca carnauba), 8 (45% v/v of Aloe Vera gel and 0.3% w /v of Cerca carnauba) and 9 (45% v / v of Aloe Vera gel and 0, 4% w/v of Cerca carnauba) variations lower weight loss and less variation in titratable acidity, pH, Brix degrees and maturity index. The polysaccharides present in this component formed a compact matrix in the coating, controlling gas transfer. For the microbiological part, T9 had a shelf life of 7 days at room temperature due to the inhibition of the fungus *Botrytis cinera*, due to the antifungal property of Aloe Vera gel. On the other hand, in the sensory analysis there was a significant difference in appearance due to the presence of microparticles of Carnauba Wax at higher levels. The suitable coating extends the useful life of the strawberry with 6 more days in relation to the preliminary sample, and has potential for its application on a larger scale.

Keywords: strawberry, coating, Aloe Vera gel, Carnauba wax, physicochemical, microbiological, sensory

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos primero a Dios por permitirnos terminar nuestra carrera universitaria.

A nuestros padres (Nelson Pérez, Judith Velastegui, Edgar Zurita y Rosario Tinizaray) por brindarnos su apoyo incondicional durante toda la carrera, gracias por todo su esfuerzo y sacrificio.

A nuestros hermanos (Mauricio Pérez, Andrea Pérez y Gabriela Zurita) por siempre estar pendientes de nosotras.

A Bryan Mayorga y Sebastian Mayorga por ser un pilar fundamental en mi vida (Jennifer Pérez)

A mi familia en general, tíos, tías, primos por el cariño y aprecio que nos han brindado

A nuestros tutores de trabajo de titulación (Lucía Ramírez y José Álvarez) por el tiempo brindado y enseñanzas durante este proceso.

A nuestros profesores (Antonio, Noelia y Karen) por el apoyo y disponibilidad en la parte experimental del trabajo de titulación

A Manuelito, Gabriel, Luis, Diana, Estefy, Marielisa, Meli y Byron por hacer de nuestra vida universitaria una experiencia inolvidable.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	12
METODOLOGÍA	16
1. Preparación de Muestras	16
2. Ensayos de vida útil de frutilla.....	17
3. Preparación de componentes del Recubrimiento	17
3.1. Extracción del gel de Sábila.....	17
3.3. Elaboración del recubrimiento	18
4. Aplicación de recubrimiento preliminar	20
5. Definición del tiempo de aplicación del recubrimiento y concentraciones de trabajo de los componentes	20
6. Diseño Experimental.....	21
7. Propiedades Fisicoquímicas	21
7.1. Porcentaje de pérdida de peso	22
7.2. pH.....	22
7.3. Sólidos solubles (grados Brix)	23
7.4. Acidez titulable	23
7.5. Índice de Madurez.....	23
8. Control Microbiológico.....	23
8.1. Análisis del hongo Botrytis cinerea en medio PDA.....	24
8.2. Análisis del hongo Botrytis cinerea por rangos de severidad	24
9. Evaluación Sensorial.....	24
10. Análisis Estadístico.....	25
RESULTADOS Y DISCUSIONES	26
1. Ensayos de vida útil de las frutillas a distintas temperaturas	26
2. Recubrimiento preliminar	27
3. Tiempo de inmersión óptimo y concentraciones de Cera carnauba.....	28
4. Propiedades fisicoquímicas.....	30
4.1 Pérdida de peso (%)	30
4.2 pH.....	33
4.3 Grados Brix	35
4.4 Acidez titulable	37
4.5. Índice de madurez	39
5. Control microbiológico	41
5.1. Crecimiento de hongos en medio PDA.....	41
5.2 Rangos de severidad.....	42
6. Evaluación sensorial	44

CONCLUSIONES	47
RECOMENDACIONES.....	48
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49
ANEXOS	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros fisicoquímicos	22
Tabla 2. Análisis fisicoquímicos a temperatura ambiente 18°C.	27
Tabla 3. Análisis fisicoquímicos a temperatura refrigeración 4°C.	27
Tabla 4. Control microbiológico de acuerdo a la escala de severidad	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Índice de madurez de las frutillas (Reyes y Zschau, 2012)	16
Figura 2. Preparación de recubrimiento en las frutillas	19
Figura 3. Micrografía electrónica de barrido de frutilla sin recubrimiento (A, B) y con recubrimiento preliminar (C, D).	28
Figura 4. Vista 100x tiempos de inmersión y concentración de Cera carnauba	30
Figura 5. Pérdida de peso en frutillas con diferentes tratamientos.....	32
Figura 6. pH en frutillas con diferentes tratamientos	34
Figura 7. Grados Brix en frutillas con diferentes tratamientos	36
Figura 8. Acidez en frutillas con diferentes tratamientos	38
Figura 9. Índice de madurez de frutillas con diferentes tratamientos	40
Figura 10. Crecimiento de hongos (medio PDA).....	42
Figura 11. Atributos sensoriales.....	46
Figura 12. Percepción global	46

ANEXOS

Anexo 1. Tratamientos en estudio para determinar el efecto del recubrimiento.....	55
Anexo 2. Rangos de severidad.....	56
Anexo 3. Modelo de encuesta para evaluación sensorial.....	57
Anexo 4. Recubrimiento preliminar vista 250x y 1000x.....	58
Anexo 5. Tiempo de inmersión y concentración de Cera carnauba vista 250x.....	59
Anexo 6. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) de porcentaje de pérdida de peso de los tratamientos.....	60
Anexo 7. Pérdida de peso (%) de los tratamientos.....	61
Anexo 8. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) de pH de los tratamientos.....	62
Anexo 9. pH de los tratamientos.....	63
Anexo 10. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) de porcentaje de grados Brix de los tratamientos.....	64
Anexo 11. Grados Brix de los tratamientos.....	65
Anexo 12. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) de acidez de los tratamientos.....	66
Anexo 13. Acidez de los tratamientos.....	67
Anexo 14. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) de índice de madurez de los tratamientos.....	68
Anexo 15. Índice de madurez de los tratamientos.....	69
Anexo 16. Crecimiento de hongos (medio PDA).....	70
Anexo 17. Crecimiento de bacterias (medio PDA).....	71
Anexo 18. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) de la percepción global y de atributos de los tratamientos.....	72
Anexo 19. Apariencia de los tratamientos.....	72
Anexo 20. Percepción global y atributos de los tratamientos.....	73

INTRODUCCIÓN

En el Ecuador, la mayor producción de frutilla se localiza en la región Sierra que presenta condiciones climáticas apropiadas y entre las provincias que se destacan están Pichincha, Tungurahua y Azuay. Este cultivo es considerado un negocio rentable y de gran demanda, con una producción de 5 a 6 mil cajas por día en la zona noroccidental en Quito (Quispe, 2017).

Las características organolépticas de la frutilla se deben a los atributos sensoriales como apariencia, aroma y equilibrio entre dulzor y acidez. Se caracteriza por ser rica en fructosa, glucosa y sacarosa. Se recomienda incluir en la dieta por su contenido de compuestos benéficos para la salud entre los más importantes están flavonoides, vitamina C y fibra (Ferriol, 2010). Es una fruta no climatérica con una alta tasa de respiración y baja producción de etileno. Por lo tanto, su maduración no continúa después de ser desprendida de la planta, únicamente se genera la degradación de clorofila con cambios visuales en el color y alteraciones de la pared celular, que posee una epidermis muy fina y elevado contenido de agua, siendo propensa a daños mecánicos o microbiológicos (Morales, 2017).

De esta manera, las técnicas inadecuadas en la cosecha o postcosecha como golpes, magullones o heridas causan una aceleración en el deterioro de la fruta siendo susceptible al crecimiento del hongo *Botrytis cinerea*. Este microorganismo puede crecer a 26°C, desarrollándose en cualquier zona de cultivo generando daños en las flores y en el fruto; sobre la superficie de la frutilla presenta hifas de color plumizo (Undurraga, 2013).

Por otro lado, el tiempo de vida útil de la frutilla se relaciona con las condiciones de almacenamiento, transporte y comercialización. Al tener una tasa alta de respiración de 50 a 100 $mL CO_2/Kg$ a temperaturas de 20°C genera transformaciones en los componentes internos de la fruta con incrementos de grados Brix, disminución de acidez, deshidratación y senescencia (Restrepo y Aristizábal, 2010). Se recomienda almacenar entre 2 y 6°C con

humedad relativa de 90 a 95%, que permite una duración aproximada de diez días en refrigeración y de tres a cuatro días a temperatura ambiente (Anrango, 2017).

La necesidad de alargar la vida útil en frutas ha motivado la aplicación de diferentes tecnologías de conservación como atmósferas modificadas, empaques biodegradables, e incluso irradiación. Sin embargo, presentan ciertas desventajas como elevados costos, consumo energético o daños en propiedades sensoriales y nutricionales del producto. Por lo tanto, se ha investigado formas más económicas como la adición de recubrimientos (Zúñiga, 2016).

Los recubrimientos comestibles (RC) son una alternativa para la conservación de las frutas por la formación del revestimiento que genera una capa delgada permeable sobre la superficie capaz de controlar los gases precursores de la maduración, minimizar la tasa de respiración, al igual que la pérdida de agua. Asimismo, conserva las características organolépticas, no es un componente tóxico, es transparente y mantiene la textura propia de la fruta (Valdez, Baños, Ramírez, García y Falcón, 2015).

La importancia de esta tecnología emergente capaz de disminuir las pérdidas en postcosecha es la innovación de biomateriales que trae beneficios para el consumidor por la mayor duración del producto, y al ambiente, debido a componentes biodegradables que forman la matriz del revestimiento (Quintero, Falguera y Muñoz, 2010). Otros factores que mejoran la calidad de la frutilla mínimamente procesada son las buenas prácticas higiénicas, condiciones controladas de almacenamiento e incorporación de aditivos y bioactivos utilizados en la microencapsulación que elevan el valor nutricional de la fruta (Velázquez y Guerrero, 2013).

Los RC son elaborados a partir de polisacáridos, lípidos y proteínas, solos o en combinaciones, para aprovechar de manera óptima sus ventajas. Además, en estas formulaciones se pueden añadir plastificantes y/o emulsificantes de diversa naturaleza

química con el objetivo de mejorar las propiedades finales del recubrimiento (Fernández, Bautista, Ocampo, García y Falcón, 2015).

Entre los materiales que han sido utilizados en varios estudios para RC de frutillas está: la cera de abeja, un lípido que evita la pérdida de peso y mantiene la firmeza de la fruta (Pavón y Valencia, 2016). El almidón de papa, que actúa como una barrera al intercambio de gases con el ambiente (Quilo, 2016). El quitosano, un polisacárido que proviene del exoesqueleto de crustáceos, inhibe el crecimiento de microorganismos y conserva las características sensoriales de la fruta (Kessel, 2018). El uso de hidroxipropil metilcelulosa con la inclusión de cera de abeja para la conservación de las moras de castilla obtuvo un incremento en la pérdida de peso, sólidos solubles totales, pH, índice de madurez y de respiración en el transcurso del tiempo de almacenamiento por lo que no fue de gran utilidad en el estudio desarrollado por Villegas y Albarracín (2016). A pesar de la amplia gama de biopolímeros utilizados para RC, la mayoría de las investigaciones no cuenta con análisis sensoriales que respalden la aceptación del consumidor y en otros casos, no se menciona cuánto tiempo se logró alargar la vida útil.

La Sábila contiene aproximadamente un 98,5% de agua, posee mucílagos que están formados por ácidos glucurónicos, pectinas y azúcares como glucosa, galactosa, arabinosa y un polisacárido activo conocido como acemanosa (Domínguez, Vázquez, Chanona, Welti, Alvarado, Calderón, Garibay y Gutiérrez, 2012). Químicamente se caracteriza por tener compuestos fenólicos con gran poder antioxidante, generalmente clasificados en dos grupos: las cromonas, componentes bioactivos usados como antiinflamatorios y antibióticos; y las antraquinonas, compuestos aromáticos polihidroxilados que corresponden a la cantidad de colorantes que logran evitar la replicación de virus (Vega, Ampuero, Díaz y Lemus, 2005). Además, presenta una actividad antioxidante dependiendo del grado de acetilación, peso molecular, tipo de azúcares y del enlace glucosídico de los polisacáridos presentes.

Se han extraído los polisacáridos de las hojas denominados GAPS-1 (gel) y SAPS-1 (exocarpio) que se encuentran formados por manosa, glucosa y galactosa en proporciones de 120:2:3 y 296:36:1 respectivamente y con una fuerte actividad de eliminación del radical superóxido (Domínguez et al., 2012).

La Cera carnauba es obtenida de las hojas de la palma llamada *Copernicia cerífera*, que se encuentra en zonas secas del noreste de Brasil. Está compuesta por hidrocarburos, ésteres, alcoholes y resinas. La aplicación de recubrimientos en frutas ha brindado beneficios al retrasar la senescencia, reducir la pérdida de peso y mejorar el aspecto (Morales, 2011).

Debido a que, la frutilla posee períodos cortos de vida útil, el presente proyecto tuvo como objetivo general desarrollar un recubrimiento comestible con base en gel de Sábila y Cera carnauba con potencial para alargar el tiempo de vida útil de la frutilla. Los objetivos específicos fueron: 1) Evaluar el tiempo de vida útil de las frutillas a diferentes condiciones de almacenamiento; 2) Establecer una metodología de aplicación del recubrimiento con base en gel de Sábila y Cera carnauba; y 3) Determinar el efecto de diferentes porcentajes de recubrimientos sobre propiedades fisicoquímicas y microbiológicas y características sensoriales de la frutilla.

METODOLOGÍA

1. Preparación de Muestras

Se utilizaron frutillas cultivadas en el cantón Patate - Tungurahua, cosechadas en las primeras horas del día, tres veces a la semana. Su estado de maduración fue el número 4 de acuerdo con la escala de la Figura 1, con color rosado en tres cuartas partes de la superficie del fruto sobre un fondo blanco, que permitió aprovechar sus atributos sensoriales (Falconi, 2009).

Posteriormente, fueron transportadas al laboratorio bajo condiciones de refrigeración (4°C). Se realizó un lavado con agua potable, para la remoción de material orgánico y se desinfectó con una solución de ácido cítrico, cloruro de benzalconio y propilenglicol (Garmedia y Vero, 2015). Fueron colocados 5 mL del desinfectante en 3 litros de agua, se homogeneizó y se sumergieron las frutillas durante 5 minutos, se escurrieron y se enjuagaron. Luego fueron secadas por convección con aire forzado durante 1 hora a 20 °C y se aplicó el recubrimiento por inmersión.



Figura 1. Índice de madurez de las frutillas (Reyes y Zschau, 2012)

2. Ensayos de vida útil de frutilla

La recolección de frutilla genera un estrés con cambios en el metabolismo aumentando la tasa de respiración, asociada a la degradación oxidativa de compuestos y transpiración con la pérdida de agua (Muñoz y Naranjo, 2012).

Se realizó un estudio preliminar de la vida útil de las frutillas a dos diferentes temperaturas de almacenamiento tanto de refrigeración (4°C) como ambiente (18°C). Se prepararon las muestras como se mencionó anteriormente (Sección 1), se envasaron en cajas de polietileno tereftalato (PET) con perforaciones (5 frutos/ caja) y se determinó pérdida de peso, pH, grados Brix y acidez.

3. Preparación de componentes del Recubrimiento

3.1. Extracción del gel de Sábila

La Sábila se obtuvo en supermercados de Quito. Las hojas se clasificaron de acuerdo con la presencia o ausencia de abolladuras, se lavaron con agua potable por aspersión (Garmendia y Vero, 2015). La piel y el mucílago fueron separados mecánicamente con un cuchillo. Se cortaron las hojas longitudinalmente y se retiró la parte lateral que posee espinas. Se trituró el gel agregando distintas cantidades de agua para formular 3 diferentes tratamientos (0, 30 y 45% v/v) y se filtró. Se adicionó ácido cítrico y ascórbico (1:0,5), como preservantes. El pH se ajustó a 5,8 utilizando un potenciómetro, y bicarbonato de sodio para elevar o ácido cítrico para disminuir. Luego se calentó por 5 minutos hasta llegar a una temperatura entre 85-90°C y finalmente, se enfrió a 25°C (Figura 2) (Zúñiga, 2016).

3.2. Preparación de Cera Carnauba microparticulada

La Cera carnauba fue obtenida en la empresa ALMÓN DEL ECUADOR S.A. Se adicionó en tubos cónicos de 50mL; 0,25 g de Cera carnauba; 1,5% v/v de glicerol; 0,5% v/v de tween 80 y 25 mL de agua destilada. El tween 80, formó la emulsión entre agua y cera, debido a que es un surfactante que posee relación con el grupo liofílico (afinidad con solvente) y grupo liofóbico (antipatía con solvente) (Ruiz, 2009). Se colocaron los tubos en baño María a 85°C por 30 minutos, para que se funda la cera. Se homogeneizaron las muestras por agitación en el vortex durante 5 minutos, formando la emulsión. Para obtener las micropartículas de cera, las emulsiones se congelaron a -18°C y se liofilizaron (BIOBASE) (Figura 2) (Chiumarelli y Hubinger, 2014).

3.3. Elaboración del recubrimiento

Como se observa en la Figura 2, el recubrimiento consistió en la mezcla de gel de Sábila (fase acuosa), Cera carnauba (fase oleica), tween 80 (surfactante), glicerol (plastificante) y agua destilada, con un volumen final de 100 mL que se agitó a 2500 rpm por 20 minutos (Pavón y Valencia, 2016). Finalmente, se sumergieron las frutillas por 1 minuto para su posterior análisis.

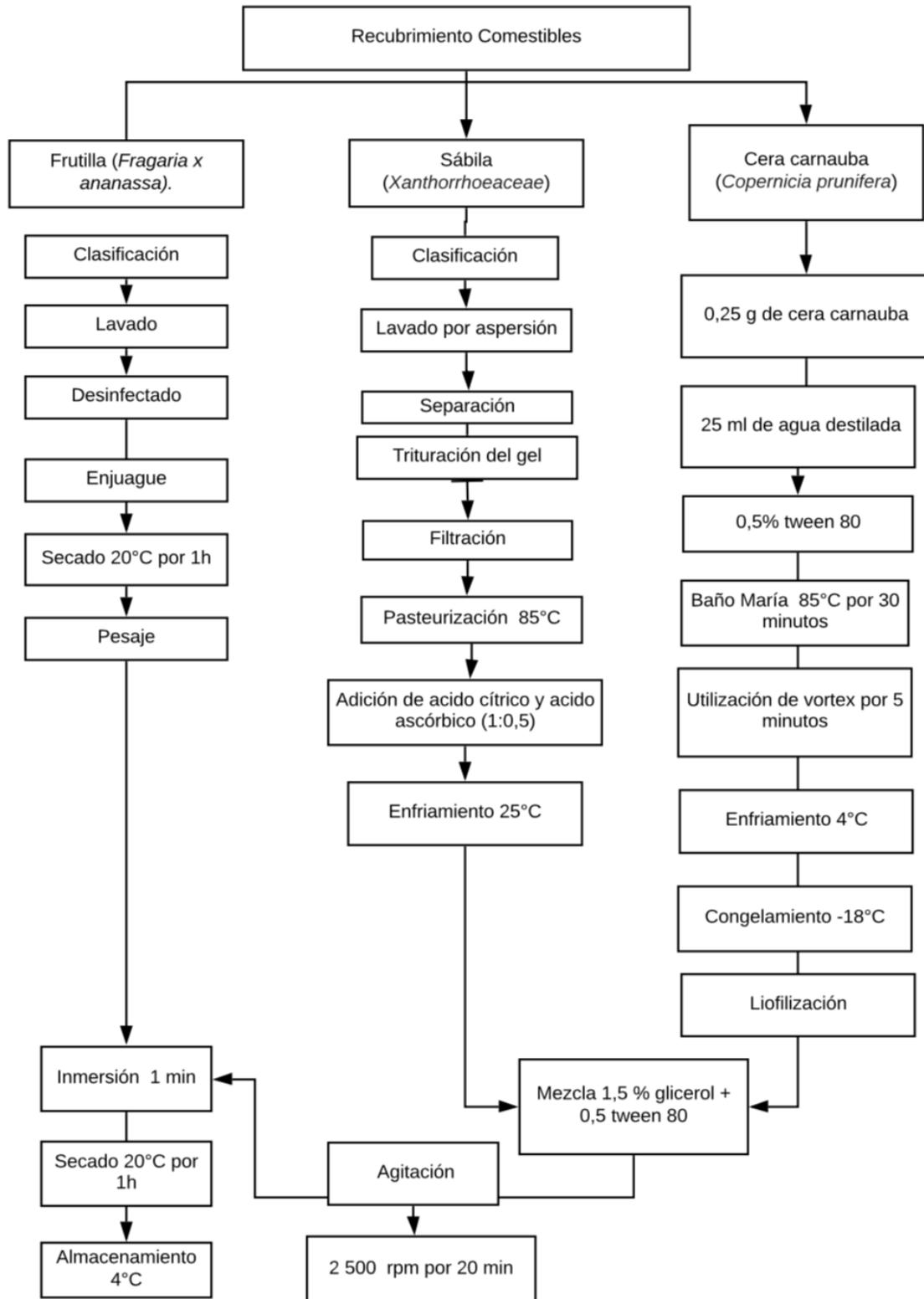


Figura 2. Preparación de recubrimiento en las frutillas

4. Aplicación de recubrimiento preliminar

Esta aplicación tuvo como objetivo verificar la formación del recubrimiento sobre la superficie de la fruta. Se prepararon las muestras de frutillas (Sección 1), sumergiéndolas por 1 minuto en el recubrimiento con 75% v/v de gel de Sábila; 0,3% p/v de Cera carnauba; 1,5% v/v de glicerol y 0,5% v/v de tween 80. Posteriormente, fueron secadas por convección con aire forzado durante 1 hora a 20°C. Se almacenaron a temperatura de refrigeración (4°C) por 24 horas y se envasaron en cajas de polietileno biorientado con perforaciones. Se realizaron cortes de la epidermis de la frutilla, con y sin recubrimiento de 1 cm de largo y 2 mm de ancho y se almacenaron a 4°C por 24 horas. Se ubicó en el portamuestras cada lámina y se observó en el microscopio electrónico de barrido (JOEL JSM-IT399LA) con resoluciones de: 100 x, 250 x, 500 x y 1000 x (Voltaje: 10Kv y Presión: 50 Pa).

5. Definición del tiempo de aplicación del recubrimiento y concentraciones de trabajo de los componentes

Una vez verificada la aplicación del recubrimiento, se analizó el tiempo de inmersión y concentración de Cera carnauba, para establecer las condiciones del experimento. Se prepararon las muestras de frutillas (Sección 1) más el recubrimiento al 0,3; 0,4; 0,5 % p/v de Cera carnauba manteniendo constante las concentraciones del gel de Sábila al 45% v/v, glicerol al 1,5% v/v y tween 80 al 0,5% v/v. Se varió el tiempo de inmersión de 30, 60 y 120 segundos. Las muestras con el recubrimiento fueron secadas por convección con aire forzado durante 1 hora a 20 °C. Se almacenaron en cajas de polietileno biorientado con perforaciones a temperatura de refrigeración (4°C) por 24 horas, y fueron observadas en el microscopio electrónico de barrido como se explicó anteriormente.

6. Diseño Experimental

Los tratamientos fueron dispuestos en un Diseño Completamente al Azar (DCA), con arreglo factorial 3^2 , correspondiente a la combinación de dos factores con tres niveles: gel de Sábila (0%, 30% y 45 % v/v) (Zúñiga, 2016) y Cera carnauba (0%; 0,3 % y 0,4% v/v) (Chiumarelli y Hubinger, 2014). Se mantuvo constante, la temperatura de almacenamiento (4°C), concentración de tween 80 (0,5 % v/v) y glicerol (1,5% v/v). Se realizaron 3 repeticiones, obteniendo 27 unidades experimentales. Las variables de salida fueron:

- Propiedades fisicoquímicas: pérdida de peso, pH, grados Brix y acidez titulable
- Control microbiológico
- Evaluación sensorial

7. Propiedades Fisicoquímicas

Se determinó el porcentaje de pérdida de peso, pH, grados Brix y acidez titulable, durante los días 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12 y 14 por triplicado para cada día y tratamiento. Las especificaciones para cada variable de respuesta se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1. *Parámetros fisicoquímicos*

Análisis fisicoquímicos	Rango	Referencia
Pérdida de peso (diferencia)	máx. 10 %	Pavón y Valencia, 2016
pH	3,0- 4,2	Cordenunsi, 2003
Sólidos solubles (° Brix)	min 6,4 ° Brix	Norma técnica colombiana NTC 4103
Acidez (Titulación) expresada como % ácido cítrico	máx. 0,93 %	Norma técnica colombiana NTC 4103

7.1. Porcentaje de pérdida de peso

Debido a la alta tasa de respiración, se genera un intercambio de gases y produce la transpiración asociada a la pérdida de agua. El porcentaje de pérdida de peso se calculó, de acuerdo con el método de Muñoz y Naranjo (2012) utilizando la ecuación (1):

$$(1) \%pp = \frac{PMi - PMf}{PMi} \times 100$$

Donde:

PM i = Peso de la muestra inicial

PM f = Peso de la muestra final

7.2. pH

El pH está asociado a la senescencia del fruto. Se determinó de acuerdo al método propuesto por García y Salas (2017), en una solución al 10% p/v de la frutilla triturada.

7.3. Sólidos solubles (grados Brix)

Los grados Brix representan la concentración de sacarosa que existe en la fruta, es un indicador de madurez que incrementa al pasar los días. Se siguió la metodología de García y Salas (2017) utilizando un refractómetro de mesa.

7.4. Acidez titulable

La acidez indica la degradación de los ácidos orgánicos presentes en la fruta (Zúñiga, 2016). Se trituró 10 g de frutilla, se añadió 50 mL de agua destilada y un agitador magnético. Mediante el titulador automático se analizó la concentración de ácido cítrico que se encuentra en mayor proporción en las frutillas (Infoagro, 2016).

7.5. Índice de Madurez

La maduración es el conjunto de cambios externos e internos de una fruta, por lo cual aumenta la concentración de azúcares, se reducen los ácidos y existen pérdidas de firmeza. El fruto comienza a ser más susceptible una vez superada esta etapa por que pierde control metabólico e inicia su senescencia. Para obtener el índice de madurez se relacionaron los grados Brix y el porcentaje de acidez titulable (Pinzón, Fischer y Corredor, 2007).

8. Control Microbiológico

Las frutillas son muy susceptibles a sufrir daños microbiológicos asociados al hongo *Botrytis cinerea*, que se caracteriza por ser patógeno necrotrófico, colonizando a los frutos y generando un ablandamiento acelerado. Las hifas de este microorganismo traspasan a través de las heridas y se expanden de manera veloz a los tejidos sanos, siendo resistentes a bajas temperaturas, por lo cual es un problema grave antes y después de la recolección (Restrepo y Aristizábal, 2010).

8.1. Análisis del hongo *Botrytis cinerea* en medio PDA

El medio que se utilizó fue Papa Dextrosa Agar (PDA), comúnmente empleado para el cultivo de hongos y levaduras (Guevara, 2008). Se sembraron las muestras de los tratamientos 1, 5, 6, 7, 8 y 9 (Anexo 1) en las cajas Petri con PDA. Se realizó un frotis de la pared celular de la frutilla con ayuda de un hisopo, y se estrió sobre el medio. Luego se incubaron a 26°C por 15 días y se observó el crecimiento microbiológico.

8.2. Análisis del hongo *Botrytis cinerea* por rangos de severidad

Según Chávez (2019), los rangos de severidad en las frutillas permiten clasificar el nivel de daño a través del tiempo a temperatura ambiente, y de manera visual (Anexo 2) desde la fruta sin lesión hasta la aparición del hongo *Botrytis cinerea*. Se aplicó este análisis los días 1, 2, 3, 4 y 7 de los tratamientos 1, 5, 6, 7, 8 y 9.

9. Evaluación Sensorial

Se realizó en el aula sensorial de la Universidad San Francisco de Quito, y participaron 62 jueces no entrenados con un rango de edad entre 18 y 23 años. Se aplicó una prueba afectiva con una escala hedónica de 9 puntos, siendo el número 1 “me disgusta muchísimo” y el 9 “me gusta muchísimo” según el cuestionario del Anexo 3. Las muestras fueron dispuestas en un diseño en bloques completamente al azar. Los atributos evaluados fueron sabor, color, apariencia y una aceptación global (Saavedra y Algecira, 2010).

Se presentó a cada panelista 4 muestras (1 unidad por cada tratamiento), en una bandeja de plástico de poliestireno expandido a temperatura ambiente (20°C)

(Montenegro, 2008), codificadas con 3 números aleatorios: muestra control (149) y 3 muestras del tratamiento 9 (gel de Sábila (45% v/v) y Cera carnauba (0,4% p/v)), con diferentes días de almacenamiento, día 0 (342), día 3 (267) y día 6 (581).

10. Análisis Estadístico

Todos los datos cuantitativos se reportaron como la media y la desviación estándar. Los datos fueron evaluados mediante el análisis de varianza (ANOVA) y prueba de Tukey al 95% de confianza. Se utilizó el Software Minitab 2018.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

1. Ensayos de vida útil de las frutillas a distintas temperaturas

Las frutas a temperatura ambiente tienden a aumentar el estrés y la tasa de respiración con un consumo elevado de grados Brix permitiendo el crecimiento de microorganismos y un tiempo de vida corto, aproximadamente de 5 días (Guevara, 2008). Por otro lado, la temperatura de refrigeración conserva las frutas por reducción de microorganismos, regulación de la tasa de respiración y control de condiciones (humedad y oxígeno) (Aguilar, 2012). Esto extiende el tiempo de vida útil a 10 días (Anrango, 2017).

Como se observa en las Tablas 2 y 3 se encontró un tiempo de vida útil de 3 días a temperatura ambiente y 6 días a temperatura de refrigeración respectivamente. Uno de los parámetros, evaluados fue el índice de madurez (relación entre grados Brix y acidez), existiendo aumento de maduración al pasar el tiempo, debido a la reestructuración metabólica y química que se presenta en el fruto. A mayor acidez y disminución de grados Brix se generó un menor índice de madurez (Pinzón, 2007). Por otro lado, se determinó un aumento del porcentaje de pérdida de peso, como consecuencia de la pérdida de agua y apariencia blanda correlacionada con la senescencia.

La Tabla 2 presenta los análisis a temperatura ambiente, observándose que hasta el día 3 estuvieron dentro de los rangos establecidos; mientras que a temperatura de refrigeración luego del día 6 se generó el envejecimiento celular y formación de hongos (Tabla 3).

Tabla 2. Análisis fisicoquímicos a temperatura ambiente 18°C.

DÍAS	Grados Brix	Acidez (% ácido cítrico)	Índice de madurez (° Brix/Acidez)	Pérdida de Peso (%)
1	7,2 ± 0,06	0,801 ± 0,03	8,99 ± 0,2	-
2	8,2 ± 0,1	0,742 ± 0,05	11,05 ± 0,1	5,42 ± 0,3
3	9,2 ± 0,08	0,730 ± 0,04	12,60 ± 0,3	8,16 ± 0,2

Tabla 3. Análisis fisicoquímicos a temperatura refrigeración 4°C.

DÍAS	Grados Brix	Acidez (% ácido cítrico)	Índice de madurez (° Brix/Acidez)	Pérdida de Peso (%)
1	7 ± 0,04	0,821 ± 0,02	8,57 ± 0,4	-
2	7,4 ± 0,07	0,742 ± 0,01	9,95 ± 0,3	1,88 ± 0,3
3	8,8 ± 0,08	0,814 ± 0,03	10,82 ± 0,2	4,71 ± 0,8
4	9,2 ± 0,1	0,813 ± 0,03	11,43 ± 0,3	6,90 ± 0,9
6	10 ± 0,09	0,805 ± 0,03	12,58 ± 0,3	9,85 ± 0,7

2. Recubrimiento preliminar

El empleo del recubrimiento preliminar fue para observar la presencia de una capa delgada sobre la frutilla. Se elaboraron muestras con y sin revestimiento (control). Se utilizó el microscopio electrónico de barrido, que permite obtener imágenes en una alta resolución, y se basa en el desplazamiento de un haz de electrones sobre la superficie de la muestra (Ipohorski y Bozzano, 2013). Se aplicaron varias resoluciones a 100 x, 250 x,

500 x y 1000 x, mostrando una clara diferencia entre el control y la muestra con recubrimiento. La superficie del control presentaba cierta cantidad de venas a diferencia de la que tenía recubrimiento donde la capa delgada cubría la frutilla, siendo menos visible como se observa en la Figura 3 (100x y 500x); las muestras a 250x y 1000x se encuentran en el Anexo 4. Además, mientras mayor era la resolución más clara fue la imagen y la presencia del recubrimiento.

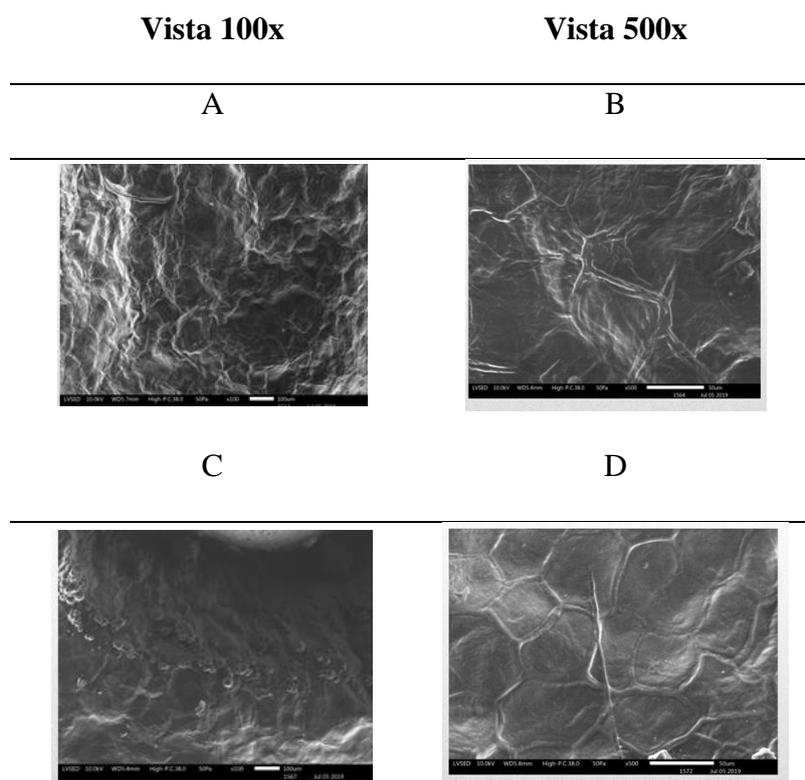


Figura 3. *Micrografía electrónica de barrido de frutilla sin recubrimiento (A, B) y con recubrimiento preliminar (C, D).*

3. Tiempo de inmersión óptimo y concentraciones de Cera carnauba

Este proceso se realizó con el objetivo de encontrar el tiempo de inmersión apto para adherir el recubrimiento a la frutilla. Las muestras se observaron en el microscopio electrónico de barrido en las resoluciones de 100 x (Figura 4) y 250 x (Anexo 5).

Las concentraciones de 0,3 y 0,4 % p/v de Cera carnauba mostraron similitudes en la formación de una capa delgada; sin embargo, a la concentración de 0,5% p/v hubo la

presencia de grumos de cera en la solución, dando como resultado más microestructuras esféricas. Por lo tanto, se determinó como concentraciones adecuadas 0,3 y 0,4 % p/v de Cera carnauba para esta investigación (Figura 4).

Por otro lado, el tiempo de inmersión es un factor importante para la incorporación del recubrimiento en la superficie de la muestra (Fernández et al., 2015). A 30 segundos generó capas irregulares en distintas zonas de la muestra y a 120 segundos aglomeraciones (Figura 4). De esta manera se definió 60 segundos como el tiempo adecuado para la adherencia del recubrimiento.

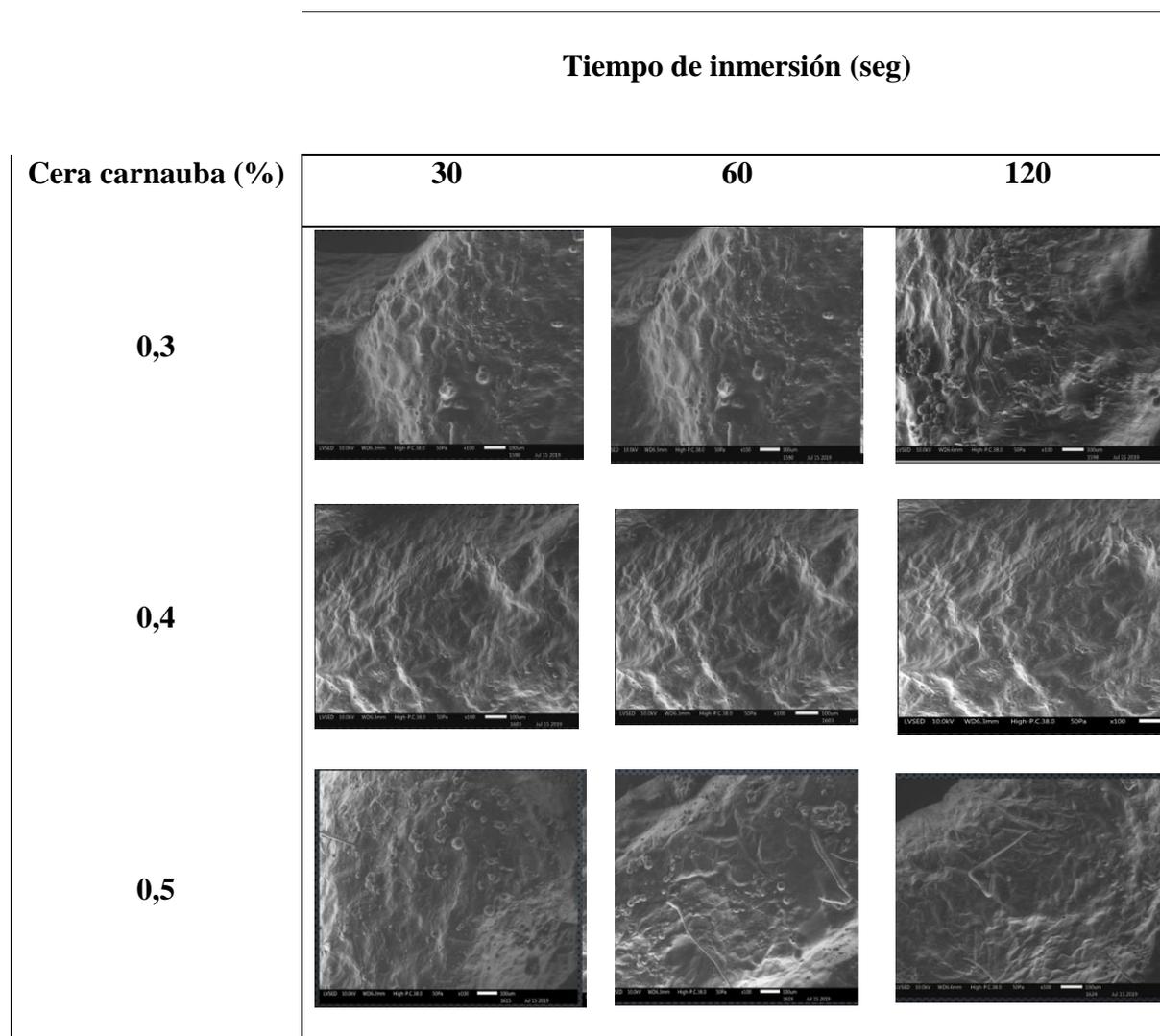


Figura 4. Vista 100x tiempos de inmersión y concentración de Cera carnauba

4. Propiedades fisicoquímicas

4.1 Pérdida de peso (%)

En el día 10 a medida que aumenta la Cera carnauba y el gel de Sábila, disminuye la pérdida de peso, siendo los tratamientos 3 y 4 significativamente diferentes ($p < 0,05$) a los tratamientos 5, 6, 7, 8 y 9 con menor pérdida. Por otro lado, los tratamientos 1 (control) y 2 (gel de Sábila 0% v/v y Cera carnauba 0,3% p/v) en el mismo día son los que mayor pérdida de peso presentaron sin diferencia significativa entre ambos ($p > 0,05$) (Anexos 6 y 7). El contacto directo entre el ambiente y la fruta, generó un intercambio de gases y una

maduración acelerada. En el tratamiento 2 la Cera carnauba 0,3% p/v otorgó brillo, pero no controló la pérdida de peso (Chiumarelli y Hubinger, 2014).

Este parámetro se relaciona con la respiración y la evaporación de la humedad a través de la pared celular. Al poseer una delgada epidermis, la frutilla es susceptible a daños y deterioro sobre la superficie, y la mayor pérdida de humedad se genera, por medio de las heridas de la fruta. Por lo tanto, la alternativa de utilizar recubrimientos comestibles permite la formación de una barrera para la difusión del agua entre la fruta y el medio ambiente, evitando su transferencia externa (Vahdat, Ghazvini y Ghasemnezhad, 2010). Además, protege al alimento de las lesiones mecánicas con el sellado de las pequeñas heridas que retrasa la deshidratación (Fernández et al., 2015). En el día 14 (Figura 5) el mayor contenido de Cera carnauba y gel de Sábila (Tratamiento 9) permitió la menor pérdida de peso ($p < 0,05$) y significativamente al resto.

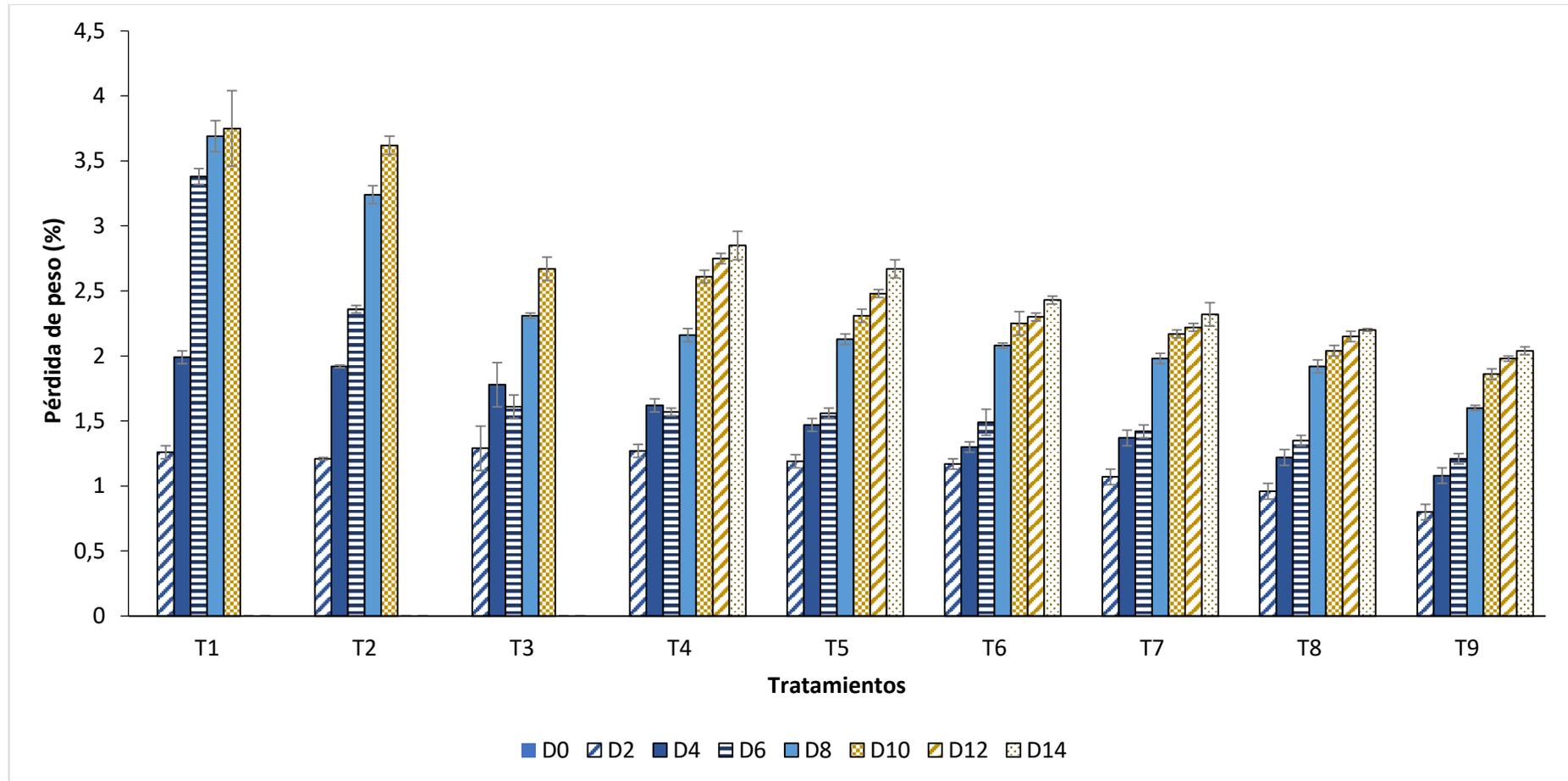


Figura 5. Pérdida de peso en frutillas con diferentes tratamientos

4.2 pH

El pH es un parámetro de control de microorganismos, índice de madurez y envejecimiento celular de la frutilla (Pavón y Valencia, 2016). Hubo diferencia significativa entre los tratamientos en relación al pH (Anexo 8) asociado a la acumulación de CO_2 dentro del empaque que provoca un aumento en la maduración y la variabilidad del día 0 asociado a la clasificación de las muestras (Dussán, Reyes y Zapata, 2014).

Analizando cada tratamiento al aumentar los días de almacenamiento el pH fue mayor ($p < 0,05$) (Figura 6). Dentro de cada día la acción del gel de Sábila y Cera carnauba permitió controlar este parámetro en relación a la muestra sin recubrimiento (T1). Los tratamientos 1 y 2 en el día 10 fueron significativamente diferentes al resto ($p < 0,05$). En el día 14 los tratamientos 4 y 5 presentaron mayor pH que los tratamientos 7, 8 y 9 (Anexo 9). Según Restrepo y Aristizábal (2010) la formación del revestimiento permite el control de la respiración de la fruta retardando la utilización de ácidos orgánicos para reacciones enzimáticas. El gel de Sábila al poseer polisacáridos permite la formación compacta en la matriz del recubrimiento generando un revestimiento con las características ideales al controlar humedad, madurez y respiración (Flores y Moreno, 2017).

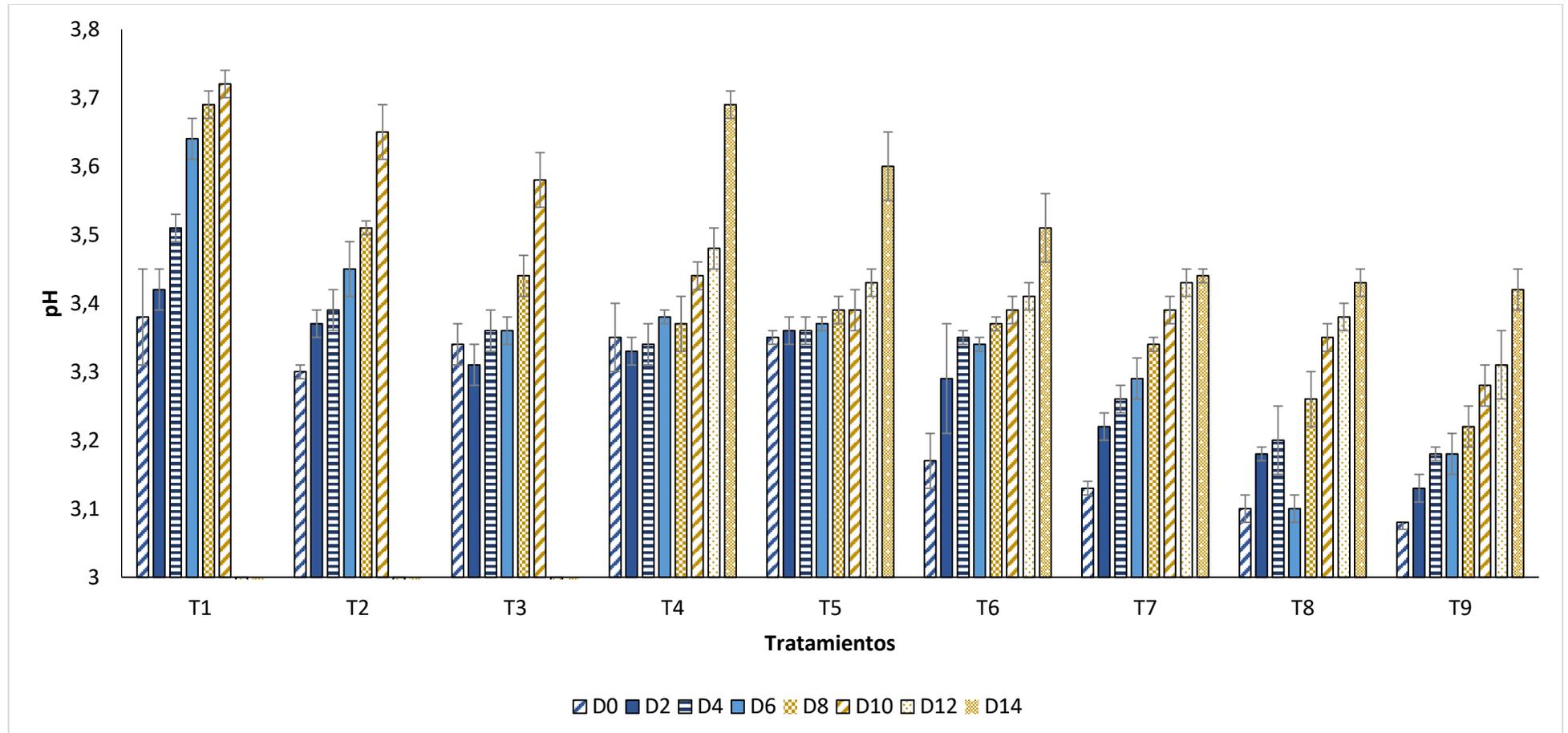


Figura 6. pH en frutillas con diferentes tratamientos

4.3 Grados Brix

Los grados Brix comienzan a elevarse de manera gradual con el paso de los días (Figura 7), por un aumento de azúcares solubles (glucosa, fructosa y sacarosa) (Zamudino, Angoa, Oyoque, Aguilar y Mena, 2017).

Una vez cosechadas las frutas su metabolismo continúa a través de la conversión de ácido en azúcares. Además, el cambio en el contenido de grados Brix puede ocurrir por la solubilización de las poliuronidas y la hemicelulosa de la pared celular en fresas maduras (Dhital, Prabesh, Becerra, Umagiliyage, Chai, Kholi y Choudhary, 2017).

En el día 10, el tratamiento 1 (control) presentó el más alto contenido de grados Brix a diferencia de T6, T7, T8 y T9 con el menor valor. El revestimiento genera una barrera que controla la transferencia de gases y genera una menor tasa de respiración y una maduración más lenta, por lo cual los sólidos solubles no comienzan a elevarse de manera tan rápida (Falguera, Quintero, Jiménez, Muñoz e Ibarz, 2011).

Además, en el día 14 se observó que el tratamiento 9 fue el que menor aumento de grados Brix presentó, siendo diferente significativamente al resto de tratamientos ($p < 0,05$) (Anexos 10 y 11).

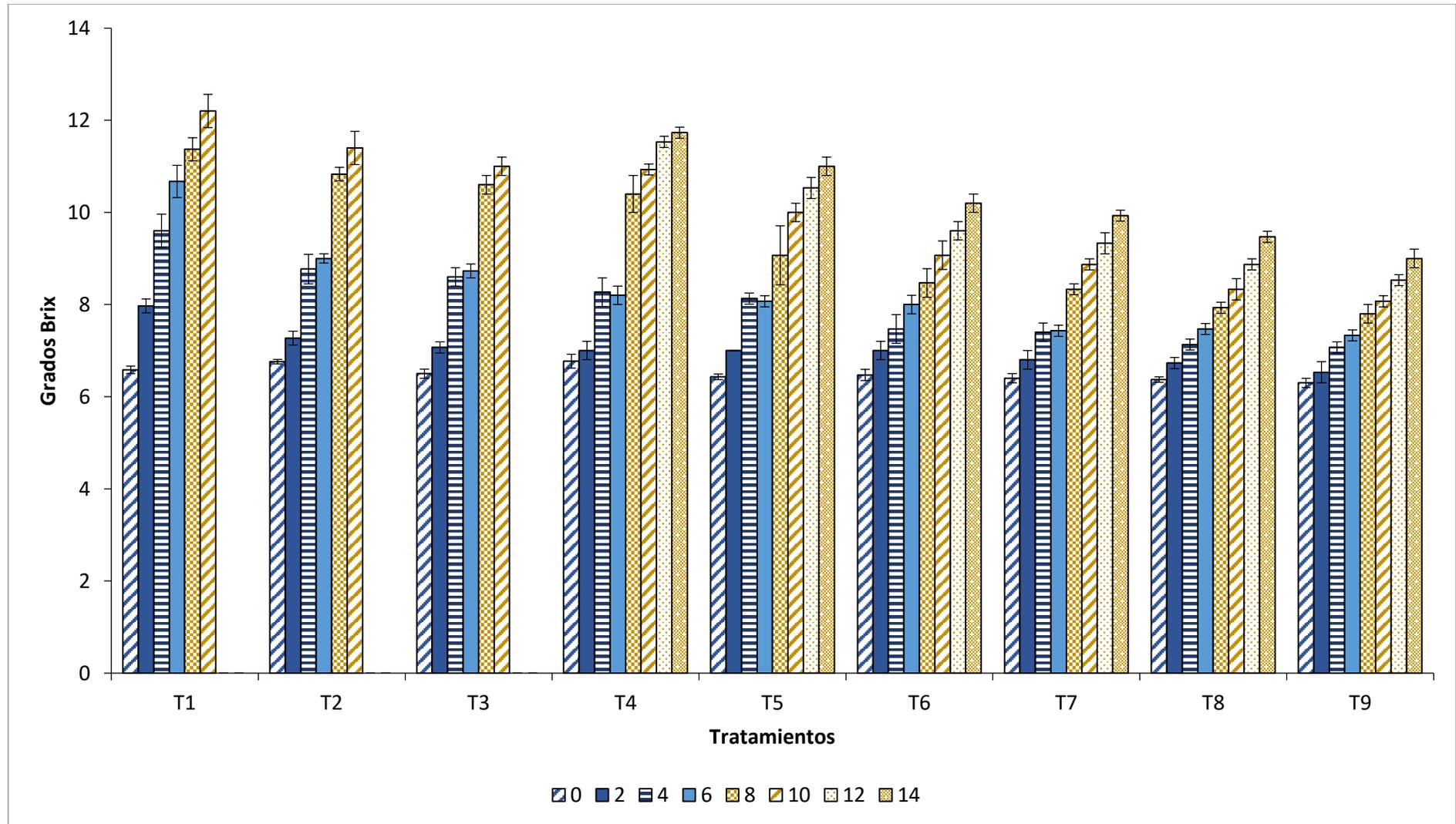


Figura 7. Grados Brix en fresas con diferentes tratamientos

4.4 Acidez titulable

Como se muestra en la Figura 8, en todos los tratamientos la acidez disminuyó con el paso de los días. Los ácidos orgánicos presentes en las frutillas se reducen por su consumo en procesos respiratorios o su utilización para la formación de sustratos como azúcares (Quilo, 2016). Además, en el ciclo de Krebs estos ácidos intervienen en la obtención del ATP, es decir, son la reserva energética utilizada como sustrato en la respiración (Flores y Moreno, 2017).

Los tratamientos con mayor contenido de gel de Sábila 7, 8 y 9 en el día 14 presentaron la menor acidez y fueron diferentes significativamente al resto ($p < 0,05$) (Anexos 12 y 13). Los RC retrasan la tasa de respiración en la fruta por lo cual no existe una degradación de los ácidos orgánicos de manera rápida (Restrepo y Aristizábal, 2010). Además, existe una correlación con el aumento de pH cuando la acidez disminuye (González, 2010), lo que se puede visualizar en las Figuras 6 y 8 y puede también ocurrir por procesos de senescencia de la frutilla en el tiempo de almacenamiento.

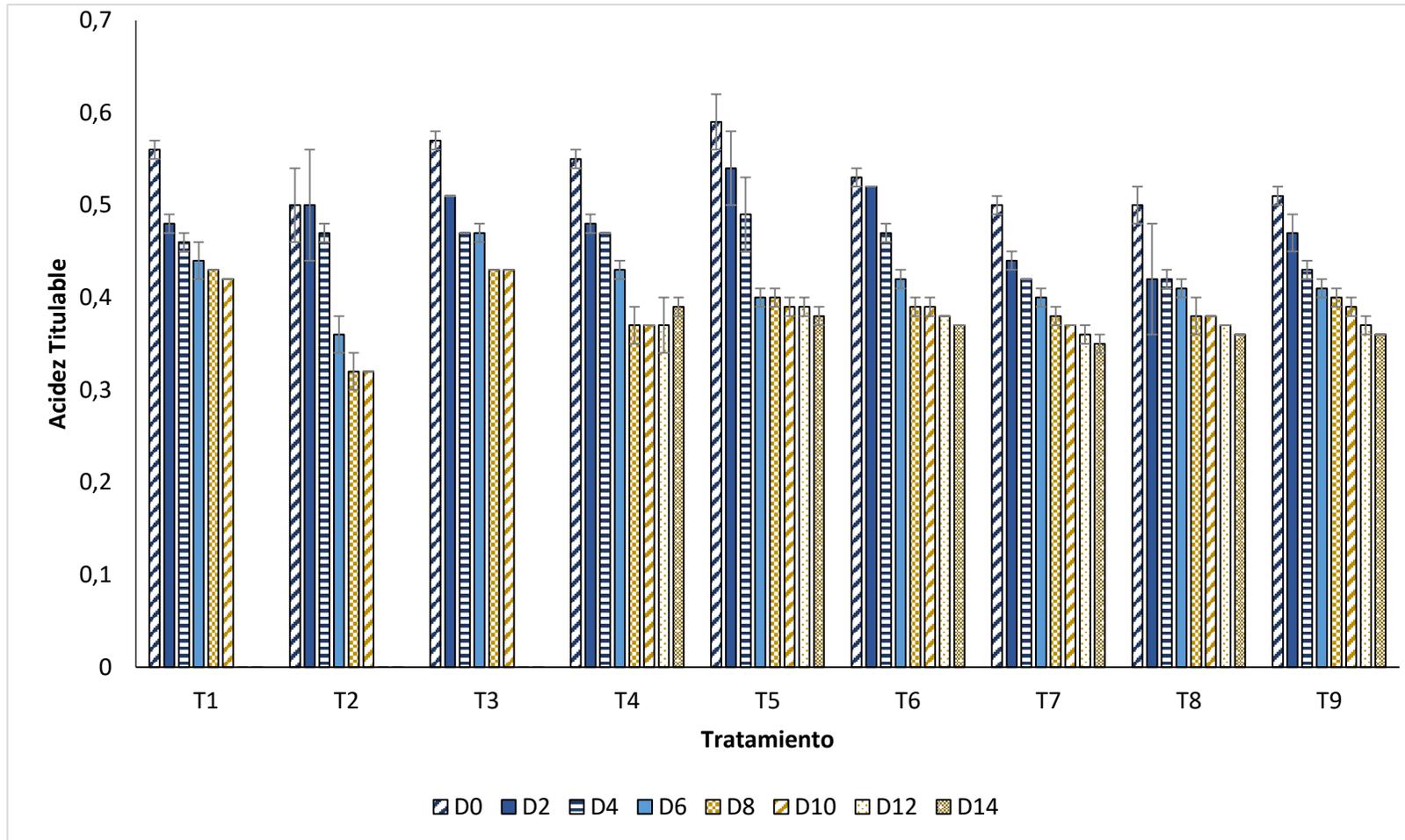


Figura 8. Acidez en frutillas con diferentes tratamientos

4.5. Índice de madurez

El índice de madurez (grados Brix/ acidez) muestra la calidad y vida comercial en el tiempo de almacenamiento. Conforme avanza el índice de madurez aumenta el contenido de azúcares reflejado en los grados Brix y disminuye la acidez (Medina, Ávila y Rúaes, 2013). El comportamiento de los distintos tratamientos en los días de almacenamiento se observa en la Figura 9.

El uso de RC permite la formación de una capa delgada sobre la superficie de la frutilla, controlando el intercambio de gases asociado a un incremento de la tasa de respiración y a su vez al aumento del índice de madurez (Hernández, Almenar, Vélez y Gavara, 2008). El tratamiento 9 (45% v/v de gel de Sábila y 0,4% p/v de Cera carnauba) presentó en el día 14 menor índice de madurez ($p < 0,05$) que los tratamientos 4, 5, 6 y 7 (Anexos 14 y 15). Los componentes de la Sábila (polisacáridos) forman una matriz compacta (Flores y Moreno, 2017) y la Cera carnauba por ser hidrofóbica permite controlar la pérdida de peso asociado a la respiración de la fruta (Chiumarelli y Hubinger, 2014).

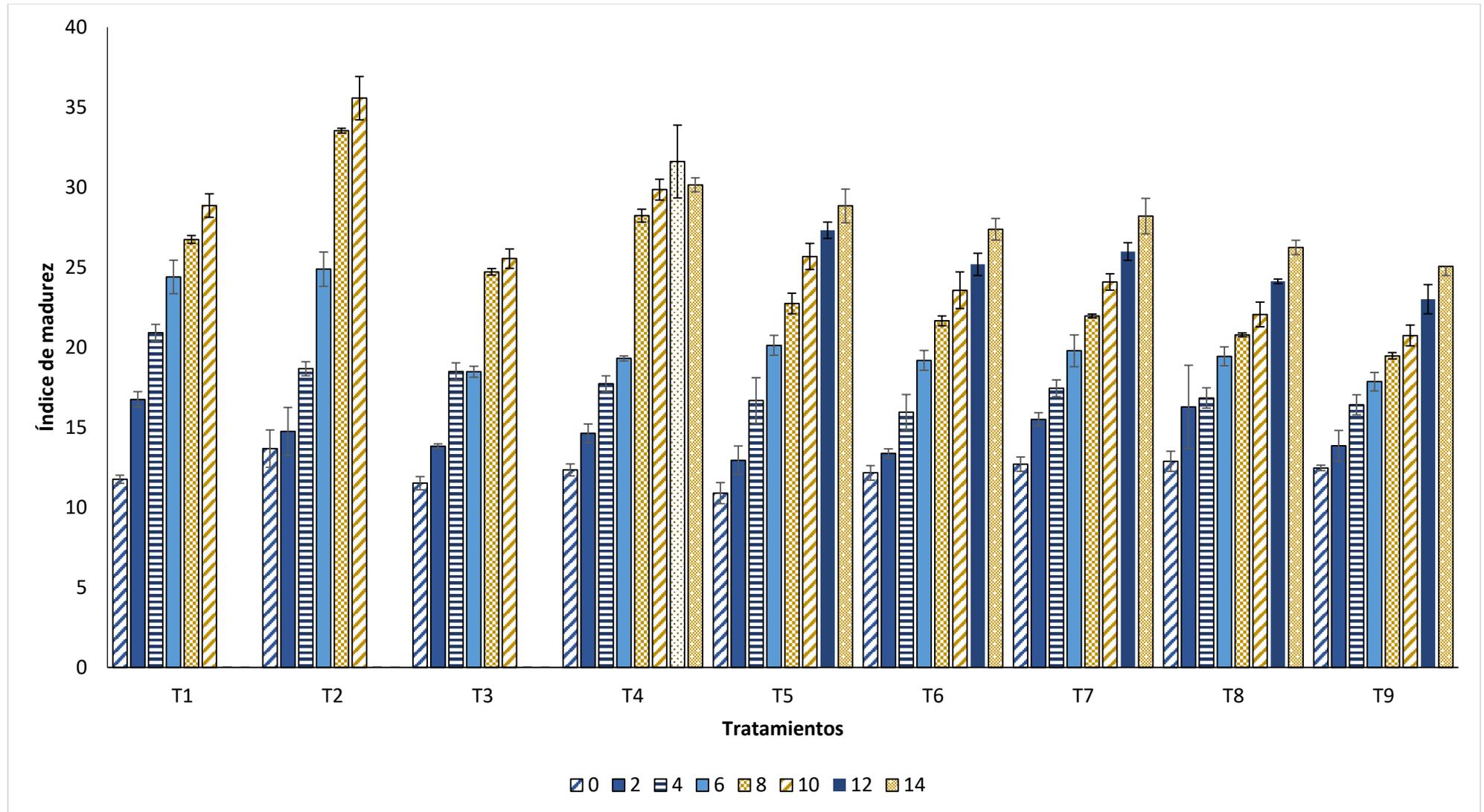


Figura 9. Índice de madurez de frutillas con diferentes tratamientos

5. Control microbiológico

La calidad de la frutilla se relaciona con las propiedades organolépticas que en función del tiempo comienzan a disminuir. La elevada velocidad con la que ocurren los procesos metabólicos, asociados a la pérdida de humedad permite el ataque de varios microorganismos como los hongos *Botrytis cinerea*, *Aspergillus niger*, *Mucor*, *Rhizopus stolonifer*, etc. (Zúñiga, 2016). Se analizó *Botrytis cinerea*, que es un hongo saprofito y necrótrofo. Este permanece latente hasta que las condiciones de la atmósfera sean ideales para la generación de esporas, que se pueden dispersar alrededor de las frutillas durante la lluvia y en mayor contaminación en plantas en descomposición o superficies blandas (Beltrán y Álvarez, 2010).

5.1. Crecimiento de hongos en medio PDA

El medio de cultivo Agar de Papa y Dextrosa (PDA) permite el crecimiento de hongos y levaduras que atacan a plantas. Se prepararon los medios y se realizó un frotis en la superficie de los tratamientos 0, 5, 6, 8 y 9 durante los días 6, 8, 10, y 12 con ayuda de un hisopo ocupando un asa de estriación se sembró en el medio PDA. Después de 15 días de incubación a 26°C se observó la presencia de *Aspergillus spp.*, *Trichoderma spp.* (Figura 10) y *Penicillium spp.* (Anexo 16), que son necrotróficos y crecen principalmente en las abolladuras de las frutillas, por ser la fuente principal de nutrientes. Están asociados al inadecuado manejo de cosecha, transporte o almacenamiento de las frutillas antes del recubrimiento (Guamán, 2017).

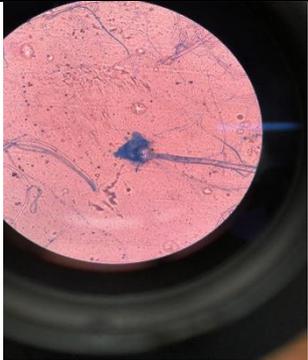
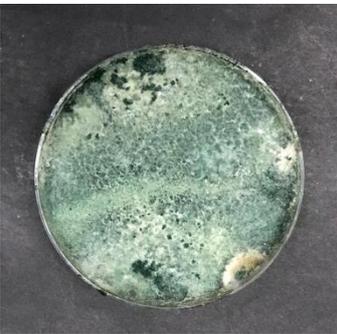
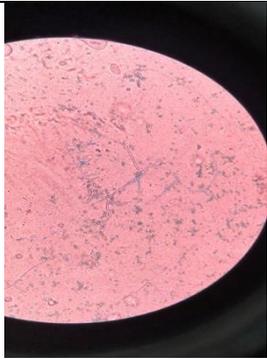
Descripción	Vista física	Vista microscópica
<i>Aspergillus spp.</i>		
<i>Trichoderma spp.</i>		

Figura 10. *Crecimiento de hongos (medio PDA)*

El crecimiento de bacterias en las cajas Petri como se visualiza en el Anexo 17 pudo estar asociado a las características del alimento como elevado contenido de agua (94%) y la falta de secado en la superficie de la frutilla (Koike y Bolda, 2016)

5.2 Rangos de severidad

La severidad del deterioro de la frutilla se estableció mediante la escala de Chávez (2019) (Anexo 2), por evaluación visual de los tratamientos 0, 5, 6, 8 y 9 durante los días 1, 2, 3, 4 y 7.

El ciclo de infección del hongo *Botrytis cinerea* incluye las etapas de adhesión, penetración, muerte del tejido vegetal, estado latente, maceración, colonización y

esporulación. Al pasar los días comienza la senescencia de la fruta y posteriormente inicia la colonización que puede localizarse en diferentes zonas del fruto (Infoagro, 2016).

Temperatura de 15 a 22 °C y humedad de 70% son condiciones óptimas para el desarrollo del hongo (Koike y Bolda, 2016). En esta investigación se dejaron las frutillas a temperatura ambiente (20°C) y tuvieron una vida útil de 2 días para el control; 3 para los tratamientos 5, 6 y 8; y 7 para el tratamiento 9.

Uno de los propósitos del uso de recubrimientos es la formación de una capa delgada capaz de actuar como una barrera ante la humedad (Velázquez y Guerrero, 2013). Por lo tanto, la falta de este revestimiento en el control (T1) generó una mayor pérdida de humedad que provocó un deterioro rápido con porcentajes de severidad al día 7 entre 51 y 100%. Los tratamientos 6 y 8 tuvieron el mismo comportamiento al pasar los días; sin embargo, en el día 7 en el T6 existió una mayor contaminación en ciertas zonas de la fruta (Tabla 4).

Finalmente, el tratamiento 9 (Tabla 4) con mayor concentración de gel de Sábila y Cera carnauba, recién en el día 7 presentó cierto deterioro en la pared celular de la frutilla con ausencia del hongo *Botrytis cinerea*. Por lo tanto, un alto nivel de Cera carnauba generó una barrera contra la pérdida de humedad y peso (Morales, 2011). Asimismo, un mayor porcentaje de gel de Sábila otorgó una propiedad antifúngica y control sobre la humedad (Vega et al., 2005). La propiedad antifúngica se debe a la presencia de la proteína 14 kDa que suprime el desarrollo de mohos y levaduras (Jaramillo, Unda, Luna y Herrera, 2017).

Tabla 4. Control microbiológico de acuerdo a la escala de severidad

Tratamiento	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 7
T0					
	Sin lesión	1-10%	1-10%	11-25%	51-100%
T5					
	Sin lesión	Sin lesión	Sin lesión	11-25%	51-100%
T6					
	Sin lesión	Sin lesión	Sin lesión	1-10%	26-50%
T8					
	Sin lesión	Sin lesión	Sin lesión	1-10%	26-50%
T9					
	Sin lesión	Sin lesión	Sin lesión	1-10%	11-25%

6. Evaluación sensorial

Como se observa en el Anexo 18 existió diferencia significativa ($p < 0,05$) únicamente en la apariencia de los tratamientos. El control y el tratamiento 9 en los días 3

y 6 estuvieron entre las anclas de la escala hedónica de “me gusta ligeramente” y “me gusta bastante” y en el día 0 la percepción fue de “me gusta mucho” (Anexo 19).

Según Morillon, De Beaufort, Bond, Capelle y Volley (2002) los lípidos generan problemas mecánicos en el recubrimiento asociados a la falta de capas uniformes, que se puede contrarrestar con el uso de plastificantes y emulsificantes. En este proyecto se utilizó glicerol, tween 80 y, la microparticulación de la Cera carnauba permitió la disminución del tamaño de las escamas del lípido para su fácil emulsión y eliminación de grumos en la capa del recubrimiento (Yuste, 2013). El tratamiento 9 con los códigos 342 (día 0), 267 (día 3) y 581 (día 6) fue el de mayor contenido de gel de Sábila (45%v/v) y Cera carnauba (0,4%p/v) que no se logró disolver por completo generando partículas sobre la superficie de la frutilla.

Otro factor que afectó a este atributo fue el almacenamiento de la fruta. El tratamiento 9 con 6 días (581) fue diferente estadísticamente al día 0 (342), pero igual al control (149) (Anexo 19). Durante este tiempo existió pérdidas de peso de un 1,26% y un aumento de pH de 0,6 (T9) en relación con el día 0, que se atribuye al inicio de deterioro de la frutilla.

Los jueces no percibieron ninguna diferencia entre los atributos de olor y sabor con medias de 6,43 y 6,53 respectivamente, ubicándose entre “me gusta ligeramente” y “me gusta bastante” (Anexo 20).

El olor característico de las frutillas aún teniendo el recubrimiento y evaluadas en diferentes días, no presentó sustancias volátiles; a diferencia del sabor característico de la frutilla con pequeñas semillas que son insignificantes para el paladar (Alvarado, 2013). Los jueces no diferenciaron entre el control y las muestras que presentaban recubrimiento

La alteración microbiológica y fisicoquímica durante el almacenamiento de las frutas provoca un deterioro relacionado con el sabor y olor (Picallo, 2009), pero hasta el

día 6 no se presentó ningún cambio y se mantuvieron los atributos propios de la frutilla y se alargó la vida útil (Figura 11).

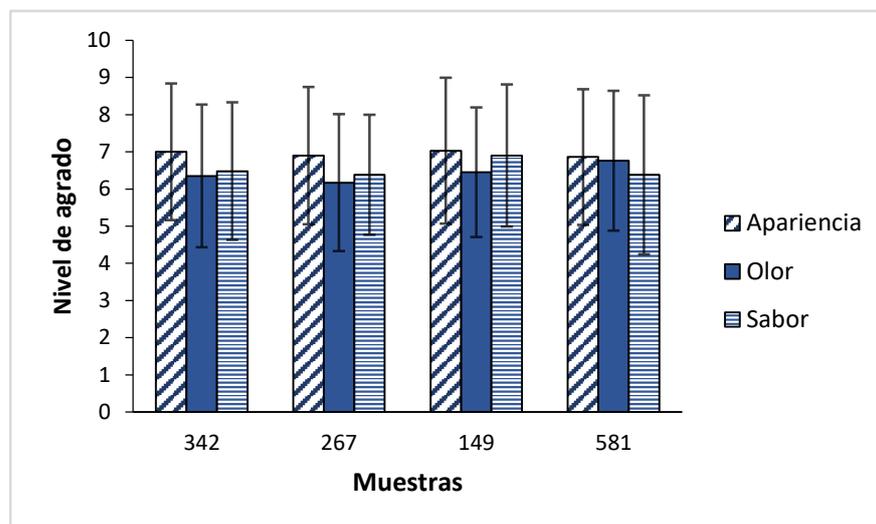


Figura 11. *Atributos sensoriales*

En cuanto a la percepción global no existió diferencia significativa ($p > 0,05$), sin embargo, la muestra control se ubicó entre los niveles de “me gusta bastante” y “me gusta mucho”, en relación al tratamiento 9 en los días 0, 3 y 6 con niveles entre “me gusta ligeramente y “me gusta bastante” (Anexo 20).

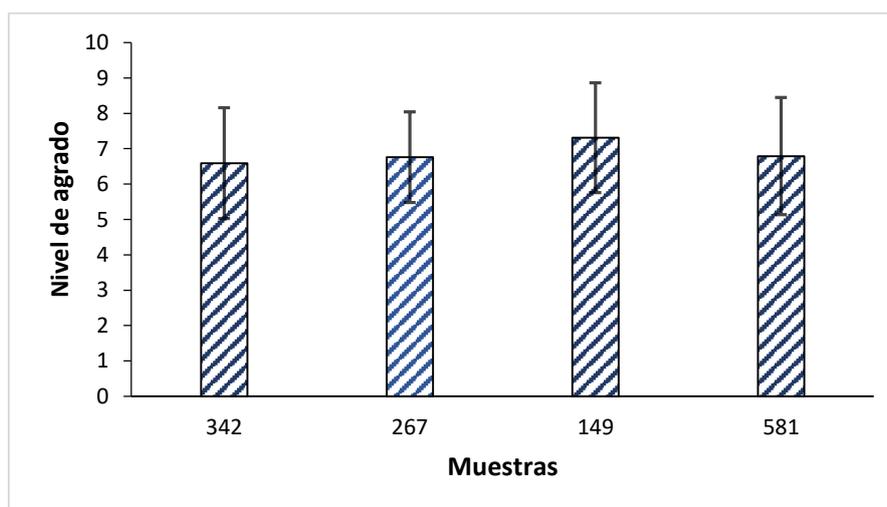


Figura 12. *Percepción global*

CONCLUSIONES

Se estableció una metodología para la aplicación, por inmersión, del revestimiento en la frutilla por medio de la microparticulación de la Cera carnauba homogeneizándole con los demás componentes que fueron tween 80, glicerol y gel de Sábila. Se logró prolongar el tiempo de vida útil de 12 días en frutillas con recubrimiento (T7, T8 y T9) en comparación con la muestra preliminar de 6 días, a temperatura de refrigeración (4°C). Estos tratamientos tuvieron altos niveles de gel de Sábila (45% v/v) de tal forma que, la cantidad de polisacáridos permitió formar una matriz más compacta y controló la transferencia de gases. La influencia de Cera carnauba en este recubrimiento fue mínima en comparación al gel de Sábila.

Se comprobó la inhibición microbiana por parte del gel de Sábila en el crecimiento del hongo *Botrytis cinérea*, obteniendo el mejor resultado en el tratamiento 9 en el día 7 a temperatura ambiente (18°C). Se obtuvo la aceptación por parte del consumidor en la percepción global de los atributos de olor y sabor; sin embargo, la presencia de micropartículas de Cera carnauba afectaron la apariencia. Dadas las ventajas conferidas por el recubrimiento, este podría aplicarse a nivel industrial, tomando en cuenta las consideraciones pertinentes de escalamiento.

RECOMENDACIONES

- Realizar otros estudios para la microparticulación de Cera carnauba con diferentes concentraciones, con el objetivo de evitar la aglomeración en el recubrimiento, debido a que ésta interfirió con el atributo de apariencia en la superficie de las frutillas.
- Elaborar pruebas microbiológicas en medios PDA en condiciones adecuadas para el crecimiento del hongo *Botrytis cinerea* evitando la contaminación cruzada con otros microorganismos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, I. (2012). *Métodos de conservación de los alimentos*. México: Red Tercer Milenio S.C.
- Alvarado, P. (2013). *Estudio investigativo de la frutilla y su aplicación en la gastronomía*. (tesis de pregrado). Universidad Tecnológica Equinoccial, Ecuador.
- Anrango, D. (2017). *Evaluación del impacto ambiental provocado por el proceso de producción de frutilla (fragaria dioica) en la comunidad de inti huaycopungo, parroquia González Suárez (provincia de Imbabura)*. (Tesis pregrado). Pontificia Universidad Católica Del Ecuador, Ecuador.
- Beltrán, A. y Álvarez, M. (2010). Estudios de la vida útil de fresas mediante tratamiento de uvc. *Revista Tecnológica ESPOL*, vol. 23(2), pp. 18-20.
- Chávez, C. (2019). *Evaluación de recubrimientos naturales y fungicidas para el control postcosecha de mohos en mora y frutilla*. (tesis de pregrado). Universidad San Francisco de Quito, Ecuador.
- Chiumarelli, M. y Hubinger, M. (2014). Evaluation of edible films and coatings formulated with cassava starch, glycerol, carnauba wax and stearic acid. *Food Hydrocolloid*, vol. 38, pp. 20-27. doi: 10.1016/j.food-hyd.2013.11.013.
- Cordenunsi, B. R., Oliveira do Nascimento, J. R., & Lajolo, F. M. (2003). Physico-chemical changes related to quality of five strawberry fruit cultivars during cool-storage. *Food Chemistry*, 83, 167–173.
- Dhital, R.; Prabesh, J.; Becerra, N.; Umagiliyage, A.; Chai, T.; Kholi, P. y Choudhary, r. (2017). Integrity of edible nano-coatings and its effect on quality of strawberries subjected to simulated in-transit vibrations. *Lebensmittel-Wissenschaft & Techonogy*, vol. 80, pp. 257-264.
- Domínguez, R.; Vázquez, I.; Chanona, J.; Welti, J.; Alvarado, J.; Calderón, G.; Garibay, V. y

- Gutiérrez, G. (2012). El gel de Aloe vera: estructura, composición química, procesamiento, Actividad biológica e importancia en la industria farmacéutica y alimentaria. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, vol. 11(1), pp. 23-43.
- Dussán, S, Reyes, P y Zapata, J. (2014). Efecto de un Recubrimiento Comestible y Diferentes Tipos de Empaque en los Atributos Físicoquímicos y Sensoriales de Piña Manzana' Mínimamente Procesada. *Información tecnológica*, vol. 25(5), pp. 41-46.
- Falguera, V.; Quintero, J.; Jiménez, A.; Muñoz, J. e Ibarz, A. (2011). Edible films and coatings: Structures, active functions and trends in their use. *Trends in Food Science & Technology*, vol. 22 (6), pp. 292-303.
- Falconí, J. (2009). *Empleo de recubrimientos comestibles en la conservación de Fragaria xananassa (fresa)*. (Tesis pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador.
- Fernández, D, Bautista, S, Ocampo, A, García, A y Falcón A. (2015). Películas y recubrimientos comestibles: una alternativa favorable en la conservación postcosecha de frutas y hortalizas. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, vol. 24 (3), pp. 52-57.
- Ferriol, X. (2010). Propiedades nutritivas y otras curiosidades de la fresa. *Vegetales y salud*, vol 3, pp.72-74.
- Flores, L y Moreno, L. (2017). *Evaluación del efecto de un recubrimiento a base de sábila y aceites esenciales de canela en el tiempo de vida útil del tomate* (Tesis de pregrado). Universidad Señor de Sipan, Perú.
- García, G y Salas, C. (2017). Recubrimiento natural con base de Aloe vera como estrategia de conservación de *Psidium guajava*. *Revista Científica*, vol. 30, pp. 224- 234.
- Garmendia, G. y Vero, S. (2006). Métodos para la desinfección de frutas y hortalizas. *Horticultura*, vol. 3, pp. 18-24.

- González, M. (2010). *Conservación de mora, uvilla y frutilla mediante la utilización de aceite de canela*. (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador.
- Guevara, (2008). Métodos apropiados para inactivar o controlar el deterioro microbiológico en alimentos. España: Editorial Kairós.
- Guamán, J. (2017). *Evaluación de Trichoderma harzianum Rafai y dos extractos vegetales en mora, fresa y tomate en postcosecha, contra Botrytis spp., Aspergillus spp., y Penicillium spp.* (Tesis pregrado). Universidad de Cuenca, Ecuador.
- Hernández, P.; Almenar, E.; Vélez, D. y Gavara, R. (2008). Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*Fragaria xananassa*) quality during refrigerated storage. *Food Chemistry*, vol. 110 (2), pp. 428-435.
- Infoagro. (2016). Podredumbre gris en frutillas: *Botrytis cinerea*. INFOAGRO, pp. 4-8.
- Ipohorski, M. y Bozzano, P. (2013). Microscopía electrónica de barrido en la caracterización de materiales. *Ciencia e Investigación*, vol. 3, pp. 43-55.
- Jaramillo, E., Unda, S., Luna, E. y Herrera, S. (2017). Efecto biofungicida del gel de *Aloe vera* sobre *Mycosphaerella fijiensis*, agente causal de la Sigatoka negra en *Musa* (AAA). *Scientia Agropecuaria*, vol. 8 (3), pp.273-27.
- Koike, S y Bolda, M. (2016). El moho gris o pudrición de fresa. Recuperado el 14 de noviembre de 2019 desde <https://ucanr.edu>.
- Kessel, A. (2018). Potencialidades del quitosano para la fresa. *Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Cultivos tropicales*, vol. 39, pp. 34-46.
- Medina, M, Ávila, J y Rúales, J. (2013). Diseño de un recubrimiento comestibles bioactivo para aplicarlo en la frutilla como procesos de postcosecha. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, vol. 17 (2), pp. 276- 284.

- Montenegro, G. (2008). *Implementación de un panel sensorial para mieles chilenas*.
Recuperado el 11 de noviembre de 2019 desde <http://www.scielo.cl/pdf/>.
- Morales, C. (2017). Manuela de manejo agronómico de la frutilla. *Boletín INIA*, pp. 97-100.
- Morales, M. (2011). *Generalidades y aplicaciones de películas y recubrimientos comestibles de las cadenas hortofrutícola*. (Tesis pregrado). Universidad Autónoma Agraria, México.
- Morillon, V., De Beaufort, F., Bond, G., Capelle, M., Volley, A. (2002). Factors affecting the moisture permeability of lipid-based edible films. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, vol. 42 (1), pp. 67-89.
- Muñoz, S y Naranjo, J. (2012). *Características de las propiedades fisicoquímicas y estudio de los atributos de calidad en el comportamiento postcosecha de las frutillas*. (Tesis pregrado). Universidad Técnica del Norte, Ecuador.
- Norma técnica Colombiana, NTC 4103. Especificación de la fresa. Bogotá: ICONTEC.
- Pavón, D y Valencia, S. (2016). Efecto de recubrimiento comestible compuestos a base de goma Tara en la calidad de postcosecha de frutilla. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, vol. (17), pp. 65-59.
- Picallo, A. (2009). *Análisis sensorial de los alimentos: El imperio de los sentidos*. (tesis pregrado). Universidad de Buenos Aires, Argentina.
- Pinzón,A.; Fischer,C. y Corredor, G. (2007). Determinación de los estados de madurez del fruto de la gulupa (*Passiflora edullis Sims.*) *Redalyc. org*, vol. 25 (1), pp. 83-95.
- Quilo, N. (2016). *Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestibles con extracto de propóleos como agente antifúngico en la conservación*. (Tesis pregrado). Universidad Técnica del Norte, Ecuador.
- Quintero, C, Falguera, J, y Muñoz, H. (2010). Películas y recubrimientos comestibles:

- importancia y tendencias recientes en la cadena hortofrutícola. *Revista Tumbaga*, vol. 5, pp. 93-118.
- Quispe, P. (2017). *Evaluación de fertilización mineral y órgano/mineral con fertirriego en el cultivo de frutilla *Fragaria xananassa* (Weston) Duchesne; variedad Albión*. (Tesis pregrado). Universidad Central del Ecuador, Ecuador.
- Restrepo, I. y Aristizábal, D. (2010). Conservación de la fresa (*Fragaria xananassa* Duch cv. *Camarosa*) mediante la aplicación de recubrimientos comestibles de gel mucilaginoso de penca sábila (*Aloe barbadensis* Miller) y cera carnauba. *Revista de la Facultad de Química Farmacéutica*, vol. 12 (3) pp. 252-263.
- Reyes, M. y Zschau, B. (2012). Frutilla, consideraciones productivas y manejo. *Boletín INIA*, pp. 113.
- Ruiz, L. (2009). *Actividad superficial de mezclas de soluciones de surfactantes no iónicos Tween 20 y Tween 80 en interfase líquido-aire*. (tesis pregrado). Universidad de Carabobo, Venezuela.
- Saavedra, N y Algecira, N. (2010). *Evaluación de películas comestibles de almidón de yuca y proteína aislada de soya en la conservación de fresas*. Publicación científica en ciencias biomédicas, vol. 8, pp.171-182. doi: 10.22490/24629448.448.
- Undurraga, P. (2013). Manual de la frutilla. *Instituto de investigaciones agropecuarias*, pp. 30-36.
- Vahdat. S., Ghazvini, R. y Ghasemnezhad, M. (2010). Effect of aloe vera gel on maintenance of strawberry fruits quality. *Acta Horticulture*, vol. 877, pp. 919-923.
- Valdez, D, Baños, S, Ramírez, A, García, A y Falcón, A. (2015). Películas y recubrimientos comestibles: una alternativa favorable en la conservación postcosecha de frutas y hortalizas. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, vol. 24 (3), pp. 52-57.
- Velázquez, A y Guerrero J. (2013). *Algunas investigaciones recientes en recubrimientos*

comestibles aplicados en alimentos. (tesis de posgrado). Universidad de las Américas Puebla, México.

Vega, A, Ampuero, C, Díaz, L y Lemus, R. (2005). El Aloe vera como componente de alimentos funcionales. *Revista Chilena*, vol. 32 (3), pp. 1-7.

Villegas, C. y Albarracín, W. (2016). Desarrollo de cultivos de frutillas. *Revista de la Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Alimentarias*, vol. 23 (3), pp. 202-209.

Yuste, M. (2013). El proceso APV. *SPX Flow Technology*, pp. 1-7.

Zamudino, E.; Angoa, V.; Oyoque, G.; Aguilar, C. y Mena, G. (2017). Effect of candelilla wax edible coatings combined with biocontrol bacteria on strawberry quality during the shel-life. *Scientia Horticulturae*, vol. 214, pp. 273-279.

Zúñiga, D. (2016). *Recubrimiento comestible a base de aloe vera (aloe barbadensis miller) para papaya (carica papaya) y guayaba (psidium guajava) como alimentos de iv gama*. (Tesis pregrado). Universidad del Azuay, Ecuador.

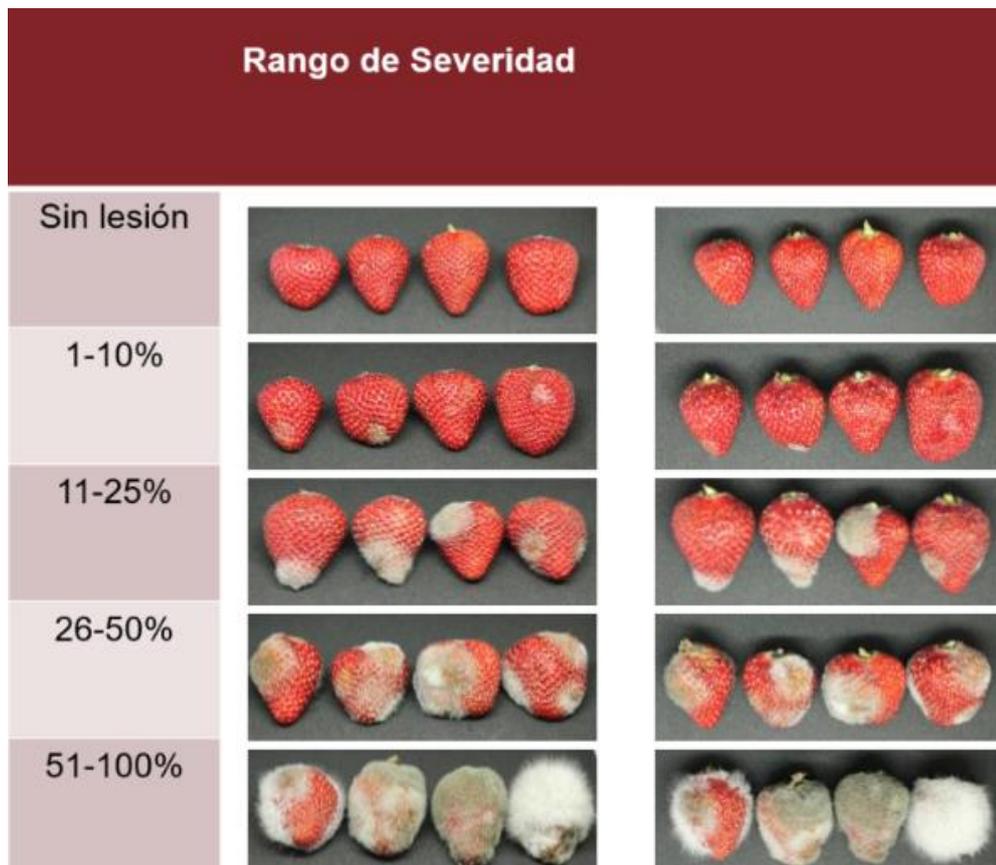
ANEXOS

Anexo 1. Tratamientos en estudio para determinar el efecto del recubrimiento

Factores en estudio

Tratamientos	% Sábila	% Cera carnauba
1	0	0
2	0	0,3
3	0	0,4
4	30	0
5	30	0,3
6	30	0,4
7	45	0
8	45	0,3
9	45	0,4

Se mantiene constante tween 80 (0,5 % v/v) y glicerol (1,5% v/v)

Anexo 2. Rangos de severidad

Fuente: Chávez, 2019

Anexo 3. Modelo de encuesta para evaluación sensorial**CUESTIONARIO**

Fecha:

Sexo: M/F

Edad:

Frente a usted se presentan tres muestras de frutillas. Por favor, observe y pruebe de izquierda a derecha entre cada prueba tome un sorbo de agua y espere alrededor de 30 segundos. Indique el nivel de agrado acorde a la escala de puntuación; escriba el número correspondiente a la evaluación por atributos y global en la sección en blanco.

Puntaje	Calificación
9	Me gusta muchísimo
8	Me gusta mucho
7	Me gusta bastante
6	Me gusta ligeramente
5	Ni me gusta ni me disgusta
4	Me disgusta ligeramente
3	Me disgusta bastante
2	Me disgusta mucho
1	Me disgusta muchísimo

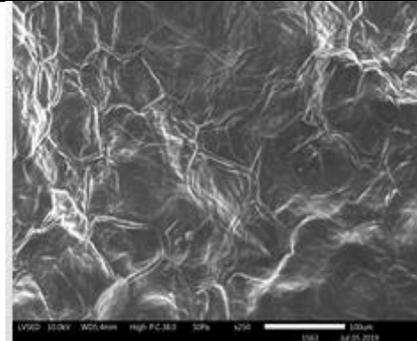
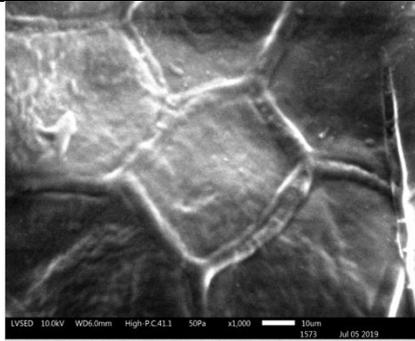
Código	Atributos			Global
	Apariencia	Olor	Sabor	
342				
267				
149				
581				

Comentarios

Anexo 4. Recubrimiento preliminar vista 250x y 1000x**Vista 250x****Vista 1000x**

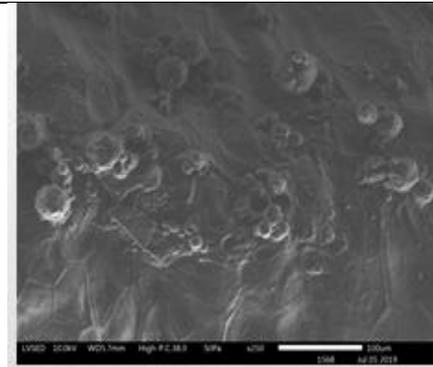
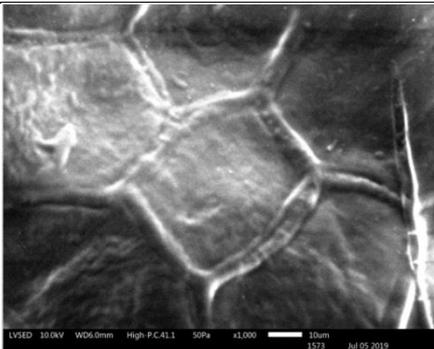
A

B



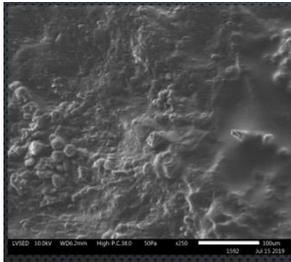
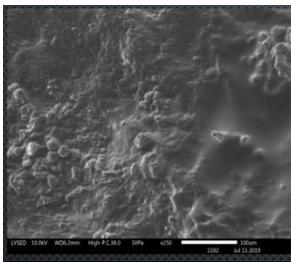
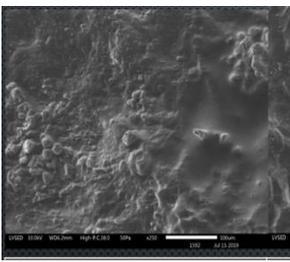
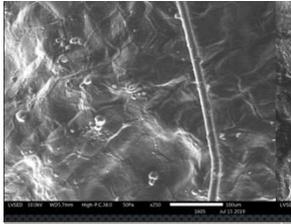
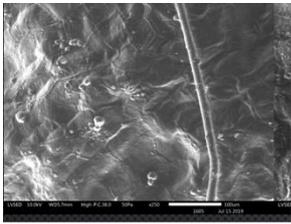
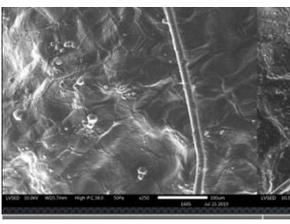
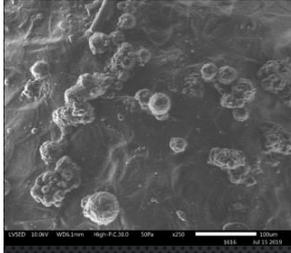
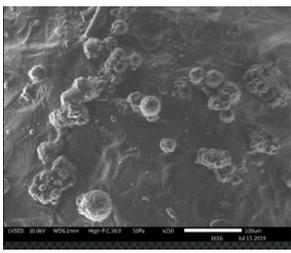
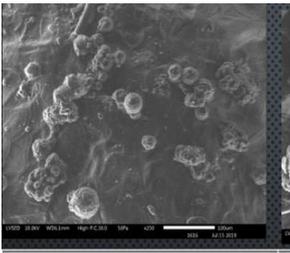
C

D



Micrografía electrónica de barrido de frutilla sin recubrimiento (A, B) y con recubrimiento preliminar (C, D).

Anexo 5. Tiempo de inmersión y concentración de Cera carnauba vista 250x**Tiempo de inmersión (seg)**

Cera carnauba (%p/v)	30	60	120
0,3			
0,4			
0,5			

Anexo 6. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) de porcentaje de pérdida de peso de los tratamientos

Fuente de variación	Grados de Libertad	CM						
		Día 2	Día 4	Día 6	Día 8	Día 10	Día 12	Día 14
Total	26	-	-	-	-	-	-	-
Tratamientos	8	0,08 *	0,3 *	1,4 *	1,4 *	1,35 *	4,14 *	4,55 *
Gel de Sábila (A)	2	0,26 *	1,05 *	3,2 *	3,83 *	4,2 *	16,4 *	18,01 *
Cera carnauba (B)	2	0,03 *	0,2 *	1,07 *	0,9 *	0,8 *	0,11 *	0,12 *
Interacción A*B	4	0,01 *	0,003 *	0,67 *	0,4 *	0,21 *	0,04 *	0,03 *
Error	18	0,005	0,003	0,003	0,01	0,004	0,0006	0,003

* significativo al 5% de probabilidad por la prueba F

Anexo 7. Pérdida de peso (%) de los tratamientos

Tratamientos /Días	Día 2	Día 4	Día 6	Día 8	Día 10	Día 12	Día 14
T1	1,26 ± 0,05 <i>ABc</i>	1,99 ± 0,06 <i>Ab</i>	3,38 ± 0,12 <i>Aa</i>	3,69 ± 0,29 <i>Aa</i>	3,75 ± 0,14 <i>Aa</i>	-	-
T2	1,21 ± 0,01 <i>ABe</i>	1,92 ± 0,03 <i>ABd</i>	2,36 ± 0,07 <i>Bc</i>	3,24 ± 0,07 <i>Bb</i>	3,62 ± 0,04 <i>Aa</i>	-	-
T3	1,29 ± 0,17 <i>Ad</i>	1,78 ± 0,09 <i>Bc</i>	1,61 ± 0,02 <i>Cc</i>	2,31 ± 0,09 <i>Cb</i>	2,67 ± 0,04 <i>Ba</i>	-	-
T4	1,27 ± 0,05 <i>ABe</i>	1,62 ± 0,03 <i>Cd</i>	1,57 ± 0,05 <i>CDd</i>	2,16 ± 0,05 <i>CDc</i>	2,61 ± 0,02 <i>Bb</i>	2,75 ± 0,04 <i>Aab</i>	2,85 ± 0,11 <i>Aa</i>
T5	1,19 ± 0,05 <i>ABf</i>	1,47 ± 0,04 <i>CDe</i>	1,56 ± 0,04 <i>CDe</i>	2,13 ± 0,05 <i>CDd</i>	2,31 ± 0,05 <i>Cc</i>	2,48 ± 0,03 <i>Bb</i>	2,67 ± 0,07 <i>Ba</i>
T6	1,17 ± 0,04 <i>ABd</i>	1,30 ± 0,10 <i>Ed</i>	1,49 ± 0,02 <i>CDc</i>	2,08 ± 0,09 <i>CDb</i>	2,25 ± 0,08 <i>Cab</i>	2,30 ± 0,03 <i>Ca</i>	2,43 ± 0,03 <i>Ca</i>
T7	1,07 ± 0,06 <i>BCe</i>	1,37 ± 0,05 <i>DEd</i>	1,42 ± 0,04 <i>DEd</i>	1,98 ± 0,03 <i>Dc</i>	2,17 ± 0,02 <i>CDb</i>	2,22 ± 0,03 <i>Dab</i>	2,32 ± 0,09 <i>CDA</i>
T8	0,96 ± 0,06 <i>CDf</i>	1,22 ± 0,04 <i>EFe</i>	1,35 ± 0,05 <i>EFd</i>	1,92 ± 0,04 <i>Dc</i>	2,04 ± 0,03 <i>DEb</i>	2,15 ± 0,04 <i>Eab</i>	2,20 ± 0,01 <i>Da</i>
T9	0,80 ± 0,06 <i>Df</i>	1,08 ± 0,04 <i>Fe</i>	1,21 ± 0,02 <i>Fd</i>	1,60 ± 0,04 <i>Ec</i>	1,86 ± 0,06 <i>Eb</i>	1,98 ± 0,02 <i>Fa</i>	2,04 ± 0,03 <i>Ea</i>

Medias seguidas de por lo menos una misma letra mayúscula en las columnas no difieren entre sí, por la prueba de Tukey al 95% de confianza.

Medias seguidas de por lo menos una misma letra minúscula en las filas no difieren entre sí, por la prueba de Tukey al 95% de confianza.

Anexo 8. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) de pH de los tratamientos

Fuentes de variación	Grados de libertad	CM							
		Día 0	Día 2	Día 4	Día 6	Día 8	Día 10	Día 12	Día 14
Total	26	-	-	-	-	-	-	-	-
Tratamientos	8	0,05*	0,03*	0,03*	0,06*	0,06*	0,07*	8,7*	9,28*
Gel de Sábila (A)	2	0,14*	0,09*	0,1*	0,15*	0,17*	0,024*	34,82*	37,10*
Cera carnauba (B)	2	0,02*	0,02*	0,01*	0,05*	0,04*	0,02*	0,009*	0,01*
Interacción A*B	4	0,01*	0,002*	0,006*	0,013*	0,01*	0,002*	0,0032*	0,007*
Error	18	0,0009	0,001	0,0006	0,0005	0,0006	0,01	0,0005	0,0008

* significativo al 5% de probabilidad por la prueba F

Anexo 9. pH de los tratamientos

Tratamientos /Días	Día 0	Día 2	Día 4	Día 6	Día 8	Día 10	Día 12	Día 14
T1	3,38 ± 0,07 Ad	3,42 ± 0,03 Ad	3,51 ± 0,02 Ac	3,64 ± 0,03 Ab	3,69 ± 0,02 Aab	3,72 ± 0,02 Aa	-	-
T2	3,3 ± 0,01 Ad	3,37 ± 0,02 ABc	3,39 ± 0,03 Bc	3,45 ± 0,04 Bb	3,51 ± 0,01 Bb	3,65 ± 0,04 Ba	-	-
T3	3,34 ± 0,03 Ac	3,31 ± 0,03 BCc	3,36 ± 0,03 Bc	3,36 ± 0,02 CDc	3,44 ± 0,01 BCb	3,58 ± 0,04 Ba	-	-
T4	3,35 ± 0,05 Ad	3,33 ± 0,02 ABd	3,34 ± 0,03 Bd	3,38 ± 0,01 Ccd	3,37 ± 0,04 CDcd	3,44 ± 0,02 Cbc	3,48 ± 0,03 Ab	3,69 ± 0,02 Aa
T5	3,35 ± 0,01 Ac	3,36 ± 0,02ABc	3,36 ± 0,02 Bbc	3,37 ± 0,01 Cbc	3,39 ± 0,02 CDbc	3,39 ± 0,03 CDbc	3,43 ± 0,02 ABb	3,6 ± 0,05 Ba
T6	3,17 ± 0,04 Bd	3,29 ± 0,08 BCc	3,35 ± 0,01 Bbc	3,34 ± 0,01 CDbc	3,37 ± 0,01 Dbc	3,39 ± 0,02 CDbc	3,41 ± 0,02 Bab	3,51 ± 0,05 Ca
T7	3,13 ± 0,01Be	3,22 ± 0,02 CDd	3,26 ± 0,02 Ccd	3,29 ± 0,03 Dcd	3,34 ± 0,01 Dc	3,39 ± 0,02 Cdb	3,43 ± 0,02 ABab	3,44 ± 0,02 CDa
T8	3,1 ± 0,02 Be	3,18 ± 0,01 DEd	3,2 ± 0,05 CDcd	3,1 ± 0,02 Ecd	3,26 ± 0,04 Ec	3,35 ± 0,02 Db	3,38 ± 0,02 Bab	3,43 ± 0,02 Da
T9	3,08 ± 0,01 Bf	3,13 ± 0,02 Eef	3,18 ± 0,01 Dde	3,18 ± 0,03 Ede	3,22 ± 0,03 Ecd	3,28 ± 0,03 Ebc	3,31 ± 0,05 Cb	3,42 ± 0,03 Da

Medias seguidas de por lo menos una misma letra mayúscula en las columnas no difieren entre sí, por la prueba de Tukey al 95% de confianza.

Medias seguidas de por lo menos una misma letra minúscula en las filas no difieren entre sí, por la prueba de Tukey al 95% de confianza.

Anexo 10. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) de porcentaje de grados Brix de los tratamientos

Fuente de variación	Grados de Libertad	CM							
		Día 0	Día 2	Día 4	Día 6	Día 8	Día 10	Día 12	Día 14
Total	26	-	-	-	-	-	-	-	-
Tratamientos	8	0,08 *	0,5 *	2,19 *	3,05 *	5,7 *	6,34 *	73,4 *	80,3 *
Gel de Sábila (A)	2	0,16 *	1,26 *	7,26 *	8,6 *	19,15 *	21,32 *	290,3 *	318,62 *
Cera carnauba (B)	2	0,06 *	0,35 *	1,14 *	2,14 *	2,75 *	3,6 *	1,9 *	1,52 *
Interacción A*B	4	0,05 *	0,18 *	0,2 *	0,74 *	0,44 *	0,23 *	0,71 *	0,45 *
Error	18	0,009	0,03	0,06	0,03	0,09	0,05	0,02	0,01

* significativo al 5% de probabilidad por la prueba F

Anexo 11. Grados Brix de los tratamientos

Tratamientos /Días	Día 0	Día 2	Día 4	Día 6	Día 8	Día 10	Día 12	Día 14
T1	6,58 ± 0,08 ABf	7,97 ± 0,15 Ae	9,60 ± 0,36 Ad	10,67 ± 0,35 Ac	11,37 ± 0,25 Ab	12,10 ± 0,36 Aa	-	-
T2	6,76 ± 0,05 Ad	7,27 ± 0,15 Bd	8,77 ± 0,32 Bc	9,00 ± 0,10 Bc	10,83 ± 0,15 ABb	11,40 ± 0,36 Ba	-	-
T3	6,50 ± 0,10 ABCd	7,07 ± 0,12 BCc	8,60 ± 0,20 Bb	8,73 ± 0,15 Bb	10,60 ± 0,20 ABa	11,00 ± 0,20 Ba	-	-
T4	6,77 ± 0,15 Ae	7,00 ± 0,20 BCDe	8,27 ± 0,31 Bd	8,20 ± 0,20 Cd	10,40 ± 0,40 Bc	10,93 ± 0,12 Bbc	11,53 ± 0,12 Aab	11,73 ± 0,12 Aa
T5	6,43 ± 0,06 BCe	7,00 ± 0,00 BCDe	8,13 ± 0,12 BCd	8,07 ± 0,12 Cd	9,07 ± 0,64 Cc	10,00 ± 0,20 Cb	10,53 ± 0,23 Bab	11,00 ± 0,20 Ba
T6	6,47 ± 0,12 BCg	7,00 ± 0,20 BCDfg	7,47 ± 0,31 CDef	8,00 ± 0,20 Cde	8,47 ± 0,31 CDcd	9,07 ± 0,31 Dbc	9,60 ± 0,20 Cab	10,20 ± 0,20 Ca
T7	6,40 ± 0,10 BCf	6,80 ± 0,20 BCDf	7,40 ± 0,20 De	7,93 ± 0,12 CDd	8,33 ± 0,12 CDd	8,87 ± 0,12 DEc	9,33 ± 0,23 Cb	9,93 ± 0,12 Ca
T8	6,37 ± 0,06 BCf	6,73 ± 0,12 CDf	7,13 ± 0,12 De	7,47 ± 0,12 DEe	7,93 ± 0,12 Dd	8,33 ± 0,23 EFc	8,87 ± 0,12 Db	9,47 ± 0,12 Da
T9	6,30 ± 0,10 Ce	6,53 ± 0,23 De	7,07 ± 0,12 Dd	7,33 ± 0,12 Ed	7,80 ± 0,20 Dc	8,07 ± 0,12 Fc	8,53 ± 0,12 Db	9,00 ± 0,20 Ea

Medias seguidas de por lo menos una misma letra mayúscula en las columnas no difieren entre sí, por la prueba de Tukey al 95% de confianza.

Medias seguidas de por lo menos una misma letra minúscula en las filas no difieren entre sí, por la prueba de Tukey al 95% de confianza.

Anexo 12. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) de acidez de los tratamientos

Fuentes de variación	Grados de libertad	CM							
		Día 0	Día 2	Día 4	Día 6	Día 8	Día 10	Día 12	Día 14
Total	26	-	-	-	-	-	-	-	-
Tratamientos	8	0,003*	0,005*	0,002*	0,0003*	0,003*	0,003*	0,2*	0,10*
Gel de Sábila (A)	2	0,007*	0,012*	0,006*	0,0008*	0,0001*	0,0004*	0,42*	0,41*
Cera carnauba (B)	2	0,0002*	0,003*	0,0003*	0,005*	0,003*	0,003*	0,0002*	0,00004*
Interacción A*B	4	0,004*	0,001*	0,0001*	0,003*	0,004*	0,004*	0,00009*	0,0001*
Error	18	0,0004	0,001	0,0002	0,0001	0,0001	0,00002	0,0001	0,00004

* significativo al 5% de probabilidad por la prueba F

Anexo 13. Acidez de los tratamientos

Tratamientos /Días	Día 0	Día 2	Día 4	Día 6	Día 8	Día 10	Día 12	Día 14
T1	0,56 ± 0,01 ABa	0,48 ± 0,01 ABCb	0,46 ± 0,01 ABCbc	0,44± 0,02 Bcd	0,43± 0,0 ABd	0,42± 0,0 Ad	-	-
T2	0,5 ± 0,04 Ca	0,5 ± 0,06 ABCa	0,47 ± 0,01 ABa	0,36± 0,02 Db	0,32± 0,02 Db	0,32 ± 0,0 Db	-	-
T3	0,57± 0,01 ABa	0,51 ± 0,0 ABb	0,47± 0,0 ABCc	0,47± 0,01 Ac	0,43± 0,0 Ad	0,43± 0,0 Ad	-	-
T4	0,55 ± 0,01 ABCa	0,48± 0,01 ABCb	0,47± 0,0 ABCb	0,43± 0,01 BCc	0,37 ± 0,02 Ccd	0,37 ± 0,0 Cd	0,37 ± 0,03 Ad	0,39 ± 0,01 Ad
T5	0,59± 0,03 Aa	0,54± 0,004 Aab	0,49± 0,04 Ab	0,4± 0,01 Cc	0,4± 0,01 ABCc	0,39 ± 0,01 Bc	0,39± 0,01 Ac	0,38± 0,01 Ac
T6	0,53 ± 0,01 ABCa	0,52± 0,0 ABa	0,47± 0,01 ABb	0,42± 0,01 BCc	0,39± 0,01 BCd	0,39 ± 0,01 Bd	0,38 ± 0,0 Ad	0,37± 0,0 ABd
T7	0,5± 0,01 Ca	0,44± 0,01 BCb	0,42± 0,0 Cbc	0,4± 0,01 Ccd	0,38± 0,01 Cde	0,37 ± 0,0 Ce	0,36 ± 0,01 Ae	0,35± 0,01 Ce
T8	0,5 ± 0,02 Ca	0,42± 0,06 Cb	0,42± 0,01 Cb	0,41± 0,01 BCb	0,38± 0,02 Cb	0,38± 0,0 BCb	0,37± 0,0 Ab	0,36± 0,0 BCb
T9	0,51 ± 0,01 BCa	0,47 ± 0,02 ABCb	0,43± 0,01 BCc	0,41± 0,01 BCcd	0,4± 0,01 ABCcde	0,39 ± 0,01 Bdef	0,37± 0,01 Aef	0,36± 0,0 BCf

Medias seguidas de por lo menos una misma letra mayúscula en las columnas no difieren entre sí, por la prueba de Tukey al 95% de confianza.

Medias seguidas de por lo menos una misma letra minúscula en las filas no difieren entre sí, por la prueba de Tukey al 95% de confianza.

Anexo 14. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) de índice de madurez de los tratamientos

Fuentes de variación	Grados de libertad	CM							
		Día 0	Día 2	Día 4	Día 6	Día 8	Día 10	Día 12	Día 14
Total	26	-	-	-	-	-	-	-	-
Tratamientos	8	1,99*	5,11n.s.	6,92*	19,92*	58,97*	62,73*	531,96*	579,10*
Gel de Sábila (A)	2	1,77*	6,88n.s.	19,00*	37,73*	129,91*	133,58*	2088,98*	2303,1*
Cera carnauba (B)	2	0,43*	8,5n.s.	7,42*	21,09*	41,47*	58,10*	22,79*	8,78*
Interacción A*B	4	2,89*	2,53n.s.	0,64*	10,43*	32,25*	29,62*	8,04*	2,28*
Error	18	0,33	1,29	0,59	0,54	2,15	0,71	0,78	0,39

* significativo al 5% de probabilidad por la prueba F

n.s. no significativo al 5% de probabilidad por la prueba F

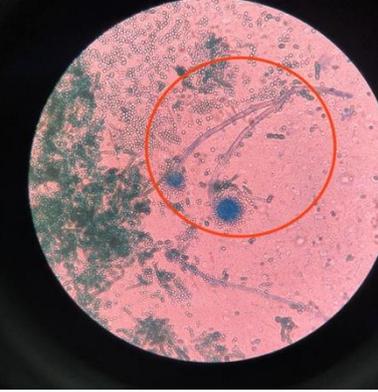
Anexo 15. Índice de madurez de los tratamientos

Tratamientos /Días	Día 0	Día 2	Día 4	Día 6	Día 8	Día 10	Día 12	Día 14
T1	11,75 ± 0,26 BCf	16,74 ± 0,49Ae	20,91 ± 0,52 Ad	24,39 ± 1,05 Ac	26,73 ± 0,8 BCb	28,85 ± 0,73 Ba	-	-
T2	13,67± 1,17 Ad	14,74 ± 1,5 ABCd	18,66 ± 0,44 Bc	24,88 ± 1,07 Ab	33,53 ± 2,32 Aa	35,56 ± 1,35 Aa	-	-
T3	11,51 ± 0,49 BCd	13,82 ± 0,15 ABCc	18,48 ± 0,55 BCb	18,47 ± 0,34 BCb	24,71 ± 0,44 BCDa	25,54 ± 0,61 Ca	-	-
T4	12,34 ± 0,37 ABCd	14,62 ± 0,59 ABCcd	17,72 ± 0,5 BCDbc	19,3 ± 0,16 BCb	28,22 ± 2,84 CDEa	29,85 ± 0,65 Ba	31,6 ± 2,27 Aa	30,14 ± 0,44 Aa
T5	10,89 ± 0,66 Ce	12,94 ± 0,89 Ce	16,68 ± 1,42 BCDc	20,12 ± 0,62 Bc	22,73 ± 1,21 DEc	25,67 ± 0,81 Cb	27,31 ± 0,51 Bab	28,83 ± 1,06 ABa
T6	12,15 ± 0,46 ABCf	13,37± 0,29 BCf	15,94 ± 0,11 CDe	19,18 ± 0,62 BCd	21,65 ± 1,14 DEc	23,56 ± 1,14 CDbc	25,18 ± 0,69 BCDab	27,37 ± 0,68 Ba
T7	12,69 ± 0,45 ABg	15,5 ± 0,41 ABCf	17,44 ± 0,52 BCDe	19,78± 0,99 BCd	21,95 ± 0,58 DEc	24,08 ± 0,51 CDb	25,98 ± 0,55 Bb	28,19 ± 1,11 BCa
T8	12,88 ± 0,63 ABf	16,27 ± 2,6 ABe	16,83 ± 0,64 BCDe	18,43 ± 0,59 BCde	20,78 ± 1,1 DEcd	22,05 ± 0,77 DEbc	24,12 ± 0,14 CDab	26,23 ± 0,45 CDa
T9	12,46 ± 0,17 ABCf	13,85 ± 0,96 ABCf	16,41 ± 0,63 CDe	17,85 ± 0,58 Cde	19,46 ± 0,84 Ecd	20,73 ± 0,65 Ec	23 ± 0,91 Db	25,05 ± 0,56 Da

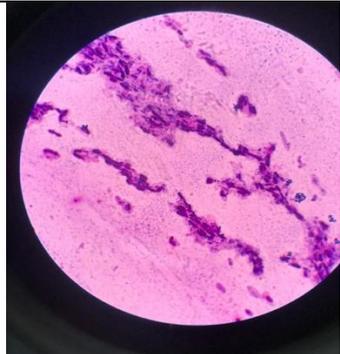
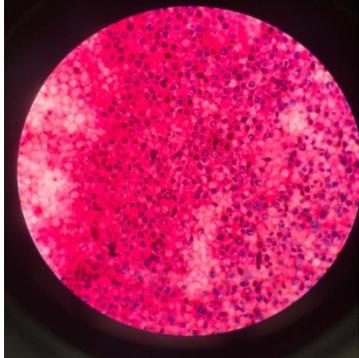
Medias seguidas de por lo menos una misma letra mayúscula en las columnas no difieren entre sí, por la prueba de Tukey al 95% de confianza.

Medias seguidas de por lo menos una misma letra minúscula en las filas no difieren entre sí, por la prueba de Tukey al 95% de confianza.

Anexo 16. Crecimiento de hongos (medio PDA)**Hongos**

Descripción	Vista física	Vista microscópica
<i>Aspergillus</i> spp.		
<i>Penicillium</i> spp.		

Anexo 17. Crecimiento de bacterias (medio PDA)

Bacterias		
Descripción	Vista física	Vista microscópica
G- y G+		
G-		
G-		

Anexo 18. Resumen del análisis de varianza (ANOVA) de la percepción global y de atributos de los tratamientos

Fuentes de variación	Grados de libertad	CM			
		Apariencia	Olor	Sabor	Global
Total	247	-	-	-	-
Tratamientos	3	6,63*	3,68n.s.	3,88n.s.	4,03n.s.
Bloques	61	5,20*	6,56*	4,80*	3,57*
Error experimental	183	2,62	2,36	3,08	1,91

* significativo al 5% de probabilidad por la prueba F

n.s. no significativo al 5% de probabilidad por la prueba F

Anexo 19. Apariencia de los tratamientos

Muestras	Código	Apariencia
T9 (0)	342	7,29 ± 2,07 a
T9 (3)	267	6,94 ± 1,78 ab
Control	149	6,71 ± 2,20 ab
T9 (6)	581	6,53 ± 1,83 b

Medias seguidas de por lo menos una misma letra minúscula no difieren entre sí, al 5% de probabilidad por la prueba de Tukey

Anexo 20. Percepción global y atributos de los tratamientos

Muestras	Código	Global	Olor	Sabor
Control	149	7,31 ± 1,55	6,45 ± 1,74	6,90 ± 1,91
T9 (0 días)	342	6,59 ± 1,57	6,35 ± 1,92	6,48 ± 1,85
T9 (3 días)	267	6,76 ± 1,28	6,17 ± 1,84	6,38 ± 1,62
T9 (6 días)	581	6,79 ± 1,66	6,76 ± 1,88	6,38 ± 2,14