

Aplicación de revestimientos comestibles a la frutilla (*Fragaria Vesca L.*) para conservarla post cosecha

Application of an edible coating to the strawberry (*Fragaria Vesca L.*) to preserve it post-harvest

Daniela Brigitte Castillo-Bautista¹ <https://orcid.org/0000-0002-2828-9788>.

Maribel Cuello-Pérez¹ <https://orcid.org/0000-0002-7086-6075>

Yasmin Teresa Blanco-López¹ <https://orcid.org/0000-0001-7465-2173>

Osmir Cabrera-Blanco^{1*} <https://orcid.org/0000-0002-7882-7054>

Douglas E. Arroyo-Quiñonez¹ <https://orcid.org/0000-0002-3555-0585>

Carrera de Ingeniería Química, Facultad de Ingenierías, Universidad Técnica de Esmeraldas “Luis Vargas Torres”, Esmeraldas, Ecuador.

*Autor para la correspondencia. Correo electrónico: ocblanco2015@gmail.com

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de la aplicación de un revestimiento comestible en la frutilla (*Fragaria vesca L.*) con el fin de prolongarle el tiempo de vida útil post cosecha, para lo cual se evaluó el efecto de seis revestimientos diferentes formulados a base de gelatina, almidón de yuca y una combinación entre los dos antes mencionados, frente a un tratamiento control (sin recubrimiento), a temperatura ambiente (298K) y de refrigeración (277-281K). Para el experimento se realizaron tres repeticiones para cada tratamiento y el efecto de la aplicación del revestimiento se determinó a través de análisis: fisicoquímicos (pérdida de peso, pH, acidez titulable, sólidos solubles), microbiológicos (recuento de coliformes totales, mohos y levaduras) y sensoriales (sabor, color, olor), basándose en la interpretación de la evaluación de 15

penalistas no profesionales (encuesta) mediante una escala hedónica de 5 puntos. Las frutillas recubiertas y conservadas a temperatura ambiente solo pudieron ser evaluadas durante 5 días, mientras que, las almacenadas en refrigeración aumentaron el tiempo de vida por 9 días. El tratamiento que contenía en la formulación de revestimiento la gelatina al 3,6 % fue mejor que la que tenía almidón de yuca o las combinaciones de ambos. Los resultados que se obtuvieron en esta investigación demostraron la eficacia de los revestimientos comestibles para la extensión de la vida útil de la frutilla, manteniendo sus características microbiológicas y fisicoquímicas.

Palabras clave: revestimientos comestibles; gelatina; almidón de yuca; frutilla.

ABSTRACT

The present research aimed to propose the design and implementation of edible coatings for strawberries (*Fragaria vesca L.*), the effect of six different coatings formulated based on gelatin, cassava starch, and a combination between the two mentioned above was evaluated against a control treatment (without coating) to enhance the extension of the post-harvest useful life of the strawberry at room temperature (298K) and refrigeration (277-281K). For the experiment, three repetitions were carried out for each treatment and the effect of the coating application was determined through analysis: physicochemical (weight loss, pH, titratable acidity, soluble solids), microbiological (count of total coliforms, molds, and yeasts) and sensory (taste, color, smell). Once the best treatment had been determined, a sensory acceptance analysis was carried out, based on the interpretation of the evaluation of 15 non-professional panelists (survey) using a 5-point hedonic scale. Strawberries covered and stored at room temperature could only be evaluated for 5 days, while those stored in refrigeration increased their shelf life by 9 days. The treatment containing 3,6% gelatin in the coating formulation was better than the one containing cassava starch or combinations of both. The results obtained in this research demonstrated the efficacy of edible coatings for the extension of the useful life of strawberries, maintaining their microbiological and physicochemical characteristics.

Keywords: edible coatings; gelatin; cassava starch; strawberry.

Recibido: 15/01/2023

Aceptado: 18/04/2023

Introducción

La frutilla es una fruta no climatérica con una alta tasa de respiración, lo que la hace susceptible al daño mecánico durante la cosecha y almacenamiento.⁽¹⁾

Al no ser climatérica no continúa su maduración luego de ser cosechada, solamente se genera la degradación de clorofila con alteraciones visuales en el color y cambios en su pared celular, por poseer una fina epidermis y gran contenido de agua, lo que la expone a daños tanto microbiológicos como físicos.⁽²⁾

A pesar de lo antes mencionado, una de las causas más grandes de pérdidas post cosecha, corresponden a la infección por el hongo *Botrytis cinérea*, causando daños en las frutillas tales como pérdida de firmeza, sabor, color y todo esto conlleva a la disminución en la vida útil.

La rápida perecibilidad de la frutilla hace necesario el desarrollo de nuevas tecnologías para reducir el deterioro microbiológico y la pérdida de atributos de la calidad.⁽³⁾ La necesidad de extender la vida útil de las frutas ha motivado la aplicación de diferentes tecnologías de conservación como atmósferas modificadas, empaques biodegradables, e incluso irradiación.⁽⁴⁾ Sin embargo, todas estas presentan ciertas desventajas como, elevados costos, consumo energético o daños en propiedades sensoriales y nutricionales del producto. Por lo que se ha considerado técnicas más económicas como la aplicación de recubrimientos comestibles.⁽⁵⁾

El empleo de estas recubiertas disminuye el porcentaje de pérdida post cosecha y el uso de productos químicos. Los elementos a utilizarse en la presente investigación son naturales, no alteran las características organolépticas y no originan daño a la salud; cumpliendo los estándares de calidad para su debida

comercialización por lo que el objetivo de este trabajo, es evaluar el efecto de la aplicación de un revestimiento comestible en la frutilla (*Fragaria vesca L.*) con el fin de prolongarle el tiempo de vida útil post cosecha.

Materiales y métodos

Materia prima: las frutillas (*Fragaria vesca L.*), fueron obtenidas en el Mercado Municipal de Esmeraldas, ubicado en las calles Manuela Cañizares entre Olmedo y Sucre, en Esmeraldas. Para la selección de los frutos se realizó un análisis sensorial mediante inspección visual, teniendo en cuenta el color (la superficie de la frutilla utilizada presentó una coloración rojiza), olor, tamaño, uniformidad y salud de las frutas donde se tuvo en cuenta que no tuvieran daños mecánicos o estuvieran enfermas.

Acondicionamiento de la fruta: las frutillas seleccionadas, fueron lavadas durante 2 min con agua destilada, se sustrajo el cáliz y cualquier residuo ajeno a ellas. Una vez terminado este proceso se les dejó escurrir el exceso de agua a temperatura ambiente. Para los diferentes tratamientos se utilizaron las frutillas, en un estado de madurez y un peso por unidad aproximado de 24g.

Revestimiento comestible: se realizaron seis variantes de revestimientos comestibles utilizando gelatina, almidón de yuca, gelatina + almidón, variando el porcentaje de la composición de cada uno de ellos (tabla 1). Para los tratamientos, las soluciones de recubrimientos se prepararon (500cm³) calentando agua destilada hasta 328K y con agitación constante se añadieron los reactivos en el siguiente orden: gelatina, ácido cítrico, *tween* 80 y glicerol hasta la obtención de una mezcla homogénea. Una vez ya preparado, el revestimiento, se deja enfriar a temperatura ambiente. Este mismo procedimiento se realizó para obtener el revestimiento a base de almidón de yuca y el revestimiento de la mezcla (gelatina + almidón de yuca).

Tabla 1- Tratamientos realizados para el recubrimiento de la frutilla

TEMPERATURA	TRATAMIENTOS	%				
		Gelatina	Almidón de yuca	Ácido Cítrico	Tween 80	Glicerina
REFRIGERADA	T0R	-	-	-	-	-
	T1	3,6	-	0,6	0,6	1
	T3	2,6	-	0,4	0,6	1
	T5	-	2	0,6	0,6	1
	T7	-	2,6	0,8	0,6	1
	T9	1,6	1,6	0,6	0,6	1
	T11	2	2	0,8	0,6	1
AMBIENTE	T0A	-	-	-	-	-
	T2	3,6	-	0,6	0,6	1
	T4	2,6	-	0,4	0,6	1
	T6	-	2	0,6	0,6	1
	T8	-	2,6	0,8	0,6	1
	T10	1,6	1,6	0,6	0,6	1
	T12	2	2	0,8	0,6	1

Nota: La temperatura refrigerada estuvo entre 277-281K y la ambiente a 298K, los tratamientos son representados por T1 al T12 y los valores están representados en porcentos.

Aplicación de los revestimientos de la frutilla: la aplicación de los revestimientos a las frutas se realizó por el método de inmersión para que el recubrimiento se adhiriera a la fruta uniformemente, durante un tiempo de 7 min. Pasado ese tiempo las frutillas fueron sacadas de la solución y secadas a temperatura ambiente por 40 min. Posterior a esto, fueron empacadas en bandejas de polipropileno y almacenadas a temperatura ambiente (298K) y refrigerada (277-281K).

Control de calidad realizado a las frutillas recubiertas con los diferentes tratamientos

Determinación del pH: se llevó a cabo bajo la norma técnica ecuatoriana INEN 1842,⁽⁶⁾ utilizando un potenciómetro marca HANNA.

Determinación de pérdida de peso: fue determinado por el método gravimétrico según Guijarro⁽⁷⁾, utilizando una balanza analítica, registrando los pesos de cada lote después del tratamiento (día 0) y se le restó el peso de las distintas determinaciones según muestreo, así hasta el final del almacenamiento. El resultado fue expresado como porcentaje de pérdida de peso (%).

Determinación de Acidez Titulable: se determinó bajo la norma técnica ecuatoriana INEN 750⁽⁸⁾, por titulación. Se utilizó 5cm³del jugo que se usó para la determinación del pH, adicionándole 3 gotas del reactivo fenolftaleína y titulado con Na(OH) - 0.1N hasta lograr el viraje de color de la muestra. El resultado fue expresado en porcentaje de ácido cítrico.

Determinación de Sólidos Solubles Totales (°Brix):se trabajó bajo la norma técnica ecuatoriana INEN 2173⁽⁹⁾. Se utilizó un refractómetro, se extrajo tres gotas de la pulpa de la frutilla y fueron colocadas en el prisma de medición, obteniendo así el resultado por visualización directa y siendo expresados en °Brix.

Control Microbiológico:las muestras fueron enviadas al laboratorio LABOLAB, ubicado en la provincia de Pichincha en donde realizaron conteo por placas de mohos y levaduras y recuento de coliformes totales, bajo las normas técnicas ecuatorianas INEN 1529-10⁽¹⁰⁾ e INEN 1529-7 ⁽¹¹⁾ respectivamente. Se analizó en los tratamientos que presentaron las mejores características de conservación con el propósito de determinar la vida útil de la frutilla.

Análisis de las características organolépticas: las características organolépticas fueronevaluadas a través de encuestas realizadas a 15 panelistas no profesionales en análisis de alimentos, en donde se examinaron los siguientes parámetros: olor, sabor y color para poder determinar su aceptabilidad basándose en una escala hedónica de 5 puntos (5, me gusta mucho; 1, no me gusta). El análisis sensorial se realizó en los días 4 y 9 de almacenamiento.

Tratamiento estadístico: en el análisis estadístico, para los promedios y desviación estándar se utilizó el programa STATISTICA® versión 10.0.228.2.

Resultados y discusión

Resultados del pH: el pH de las frutillas utilizadas en los diferentes recubrimientos y almacenadas a temperatura ambiente (298K) y a refrigeración (277-281K) son mostrados en la tabla 2 y 3.

Tabla 2-Resultados de pH de las frutillas recubierta y almacenadas a temperatura ambiente

Muestra	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	DE
T2	3,50	3,55	3,56	3,59	3,61	±0.04
T4	3,33	3,49	3,53	3,58	3,63	±0.11
T6	3,39	3,6	3,66	3,67	3,82	±0.16
T8	3,56	3,62	3,67	3,68	3,70	±0.06
T10	3,41	3,57	3,70	3,73	3,79	±0.15
T12	3,48	3,58	3,58	3,69	3,72	±0.10
T0	3,31	3,52	3,53	-	-	±0.12

donde:

T, Tratamientos;

T0, Control frutillas sin recubrimiento a la temperatura ambiente (sin recubrimiento);

T2, gelatina al 3,6%;

T4, gelatina al 2,6 %;

T6, Almidón de yuca al 2,0 %;

T8, Almidón de yuca al 2,6 %;

T10, gelatina al 1,6 % + Almidón de yuca al 1,6%;

T12, gelatina al 2,0 % + Almidón de yuca al 2,0%.

DE: Desviación estándar.

Tabla 3-Resultados de pH de frutillas almacenadas a refrigeración (277-281K).

Muestra	Día									DE
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
T1	3,54	3,58	3,58	3,59	3,60	3,61	3,61	3,61	3,61	±0.02
T3	3,45	3,54	3,62	3,63	3,63	3,78	3,79	3,81	3,86	±0.14
T5	3,39	3,52	3,66	3,70	3,74	3,78	3,78	3,82	3,86	±0.15
T7	3,57	3,66	3,75	3,78	3,81	3,86	3,87	3,90	3,96	±0.12
T9	3,32	3,46	3,61	3,62	3,64	3,69	3,70	3,75	3,78	±0.15
T11	3,47	3,58	3,69	3,70	3,71	3,72	3,76	3,79	3,81	±0.11
T0	3,40	3,54	3,66	3,69	3,70	4,09	4,18	4,35	4,52	±0.39

donde:

T- Tratamientos;

T0-Tratamiento control a 277-281K (sin recubrimiento);

T1- gelatina al 3,6 %; T3, gelatina al 2,6 %;

T5- almidón de yuca al 2,0 %;

T7- almidón de yuca al 2,6 %;

T9- gelatina al 1,6 % + almidón de yuca al 1,6%;

T11- gelatina al 2,0 % + almidón de yuca al 2,0 %.

DE-desviación estándar.

En la tabla 2, se muestra la tendencia progresiva al aumento del pH en todos los tratamientos en los días de conservación, con y sin recubrimiento a temperatura ambiente. En el tratamiento T2 y T4 que contenía gelatina al 3.6% y 2,6 % respectivamente, se observó un valor ligeramente menor de pH mantenido hasta el final de su almacenamiento, por otro lado, los tratamientos solo pudieron ser evaluados hasta el quinto día, mientras que el tratamiento control hasta el tercer día ya que al cuarto día de conservación se observó la presencia de mohos.

En la tabla 3, se observa el pH de los diferentes tratamientos en los días de conservación a temperatura refrigerada (277-281K). Los valores que se obtuvieron durante la evaluación de los tratamientos indican un aumento mínimo progresivo con el paso del tiempo. El menor pH fue presentado por el tratamiento T1, formulado a partir de gelatina al 3,6%, mostrando un valor de 3,61, comparado con el control que mostró un valor de pH de 4,52 en su noveno día, encontrándose fuera del parámetro establecido por las normas INEN 2173⁽⁹⁾. Los demás tratamientos a partir del sexto día hay un incremento considerable en el pH de las fresas. Sin embargo, también se pudo observar que cuando se disminuyó el % de gelatina a 2,6 tratamiento T3 el pH se comportó similar a los demás estudiados.

Los valores de pH mostrados para ambas temperaturas en los restantes recubrimiento alcanzaron valores de pH mayores, esto pudiera ser porque la capa de recubrimiento que se formó con la gelatina evita el contacto con el O₂ disminuyendo la actividad patogénica. La basificación encontrada proviene de la

transformación del CO₂ como resultado de la respiración celular en ácido carbónico y posterior disociación en el agua libre del fruto, liberando protones.⁽¹²⁾

Los patógenos utilizan los componentes presentes en los alimentos como nutrientes y fuentes de energía, generan ácidos orgánicos, produciendo un aumento en la concentración de iones OH⁻, y como consecuencia se aumenta el pH ⁽¹³⁾;y la presencia de mohos en los frutos se debe a que los frutos con el paso del tiempo se volvieron menos ácidos, debido a que los ácidos orgánicos son utilizados como sustrato respiratorio.

Algunos autores, ⁽¹⁴⁾ realizaron formulaciones de película comestible de *nostocphaericum* (polisacáridos) aplicadas a la conservación de fresas, las soluciones finales de polisacárido tuvieron concentraciones de 0,7 % (tratamiento A), 1,0 % (tratamiento B) y 1,3 % (tratamiento C), en todos los casos se observó una variación inferior a 0,3 en la escala de pH durante todo el periodo de estudio y partir del tercer día y se encontraron diferencias significativas entre todos los tratamientos⁽¹⁴⁾. Además, la literatura.⁽¹⁵⁾ indica que los valores obtenidos de pH en fresas recubiertas por cúrcuma y almacenada a una temperatura de 277K mostraron un mínimo aumento en el pH de las mismas, reflejando valores entre 3,56 – 3,79 durante 8 días de almacenamiento. Por otro lado, en diferentes investigaciones realizadas en frutillas tratadas térmicamente, muestran que el pH no cambia significativamente, asimismo en fresas que han sido almacenadas en material de envasado, aseguran que la variación en el pH puede considerarse insignificante.⁽¹⁶⁾ Los resultados aquí mostrados son similares a los reportados en esta investigación, con la diferencia que usando proteínas pudiera alargarse el tiempo de vida media de 5 a 8 días.

Resultados de pérdida de peso: los resultados de la determinación de pérdida de peso en los diferentes tratamientos de recubrimiento de las frutillas y almacenadas a temperatura ambiente (298K) se muestran en la figura 1 y en la figura 2 se muestran los resultados obtenidos para las frutillas recubiertas y almacenadas a temperaturas entre 277-281K.

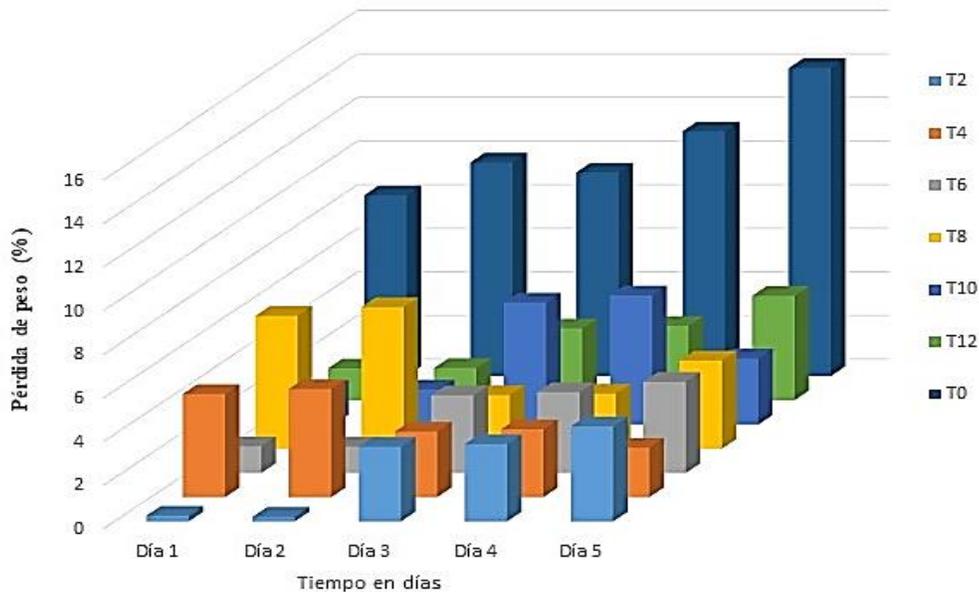


Fig. 1-Resultados del % Pérdida de peso de frutilla almacenadas a 298K.

Nota: T0, control frutillas sin recubrimiento a la temperatura ambiente; T2, gelatina al 3,6 %; T4, gelatina al 2,6 %; T6, almidón de yuca al 2,0 %; T8, almidón de yuca al 2,6 %; T10, gelatina al 1,6 % + almidón de yuca al 1,6%; T10, gelatina al 1,6 % + almidón de yuca al 1,6%; T12, gelatina al 2,0 % + almidón de yuca al 2,0%.

En la figura 1, se pueden observar los % de pérdida de peso que tuvieron las frutillas con los diferentes tratamientos a temperatura ambiente desde el día 0 hasta el día 5. El tratamiento que tuvo menor perdida fue el tratamiento 2 (T2) con una pérdida de peso del 3.25%, seguido del tratamiento 8, 10, 12, 4 y 6 respectivamente, mientras que el control se puede observar tuvo una pérdida del 14,12 % durante los cinco días de almacenamiento. Todos cumplieron con el límite máximo permitido en las normas INEN que es del 6 %. A partir del sexto día el porcentaje de pérdida de peso en las frutillas almacenadas estuvo fuera del parámetro.

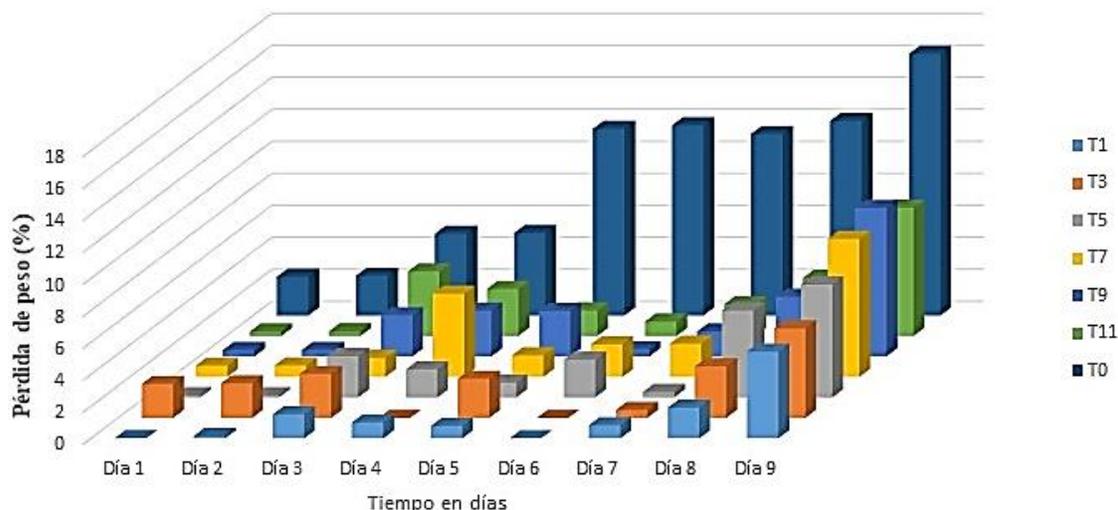


Fig. 2- Resultados del % Pérdida de peso de frutilla almacenadas en refrigeración

Nota: 277-281K. T1, gelatina al 3,6 %; T3, gelatina al 2,6 %; T5, almidón de yuca al 2,0 %; T7, almidón de yuca al 2,6 %; T9, gelatina al 1,6 % + almidón de yuca al 1,6%; T11, gelatina al 2,0 % + almidón de yuca al 2,0 %; T0, Grupo control sin recubrimiento.

En la figura 2, se observa que la muestra con glicina al 3,6 % (T1) tuvo una pérdida de peso del 5,42% en el día 9 con una desviación estándar de 1.62, valor que se encuentra dentro de los límites permitidos por las normas INEN (máximo un 6%) en cuanto a pérdida de peso para la comercialización de la misma. Los demás tratamientos cumplieron con este parámetro hasta el día ocho, mientras que el control fue solo hasta el cuarto día, la pérdida de peso en el día nueve para T0 fue de 16.36%, tres veces más pérdida de peso que para el tratamiento T1 (5,42%). Los tratamientos que se mantuvieron en refrigeración (277-281K) presentaron mejores resultados, comparados con los tratamientos a temperatura ambiente, ya que bajas temperaturas es un factor que tiene un efecto positivo sobre la conservación de alimentos, ya que desacelera los procesos de la deshidratación, debido al impedimento del ingreso de microorganismos y la evapotranspiración al interior del fruto⁽¹⁴⁾, otros autores lo asocian a la alta tasa de respiración de la fruta lo que lleva a la evaporación del agua en la superficie ocasionando la pérdida del peso.⁽¹⁷⁾

En la literatura, ⁽¹²⁾ se presentan pérdidas de peso del 7% para recubrimientos de fresas con aloe de vera en el noveno día, mientras que, los resultados obtenidos en esta investigación fueron inferiores para los tratamientos con glicina T1 y T3 y para los tratamientos T5, T7, T9 y T11 oscilaron entre 7,07- 9,27 %.

Resultados de Acidez: unos de los componentes comunes del sabor, en los alimentos frescos, es la acidez. A continuación, se muestran los resultados, en % de acidez titulable, de los tratamientos estudiados.

La acidez titulable (expresada como porcentaje de Ácido Cítrico) de los tratamientos al quinto día de evaluación tuvieron un % de acidez de 0,71, 0,69, 0,67, 0,69, 0,64%, 0,63% (con una desviación estándar entre $\pm 0,02$ y $\pm 0,04$), respectivamente para los tratamientos T2, T4, T6, T8, T10 y T12 almacenados a temperatura ambiente. Además, los resultados en los tratamientos almacenados en refrigeración (277-281K) T1, T3, T5, T7, T9 y T11 al noveno día, presentaron un % de acidez titulable de 0,71, 0,70, 0,69, 0,65, 0,69, 0,70, respectivamente, con una desviación estándar promedio que osciló entre $\pm 0,03$ y $\pm 0,05$, mientras que, el tratamiento control (sin revestimiento) se encontró dentro del rango permitido hasta el sexto día con el mínimo de $0.60 \pm 0,06$. Se ha reportado que el porcentaje mínimo de acidez titulable en la frutilla debe ser encontrarse entre 0.69 y 0.89 g de ácido cítrico,⁽¹³⁾ siendo estos valores, similares a los obtenidos en este trabajo, también se ha reportado que la acidez titulable (expresada como porcentaje de ácido cítrico) aumentó con la incorporación de los recubrimientos (almidón de plátano guayabo) a la matriz del fruto, lo que es consecuente con una disminución gradual del pH.⁽¹⁸⁾

Se reporta que la disminución del porcentaje de acidez en las frutillas está relacionada al consumo de ácidos orgánicos, siendo predominante, en las frutillas, el ácido cítrico; estos son convertidos en azúcares para ser utilizados como fuente de energía para el proceso de senescencia de la fruta durante su almacenamiento.⁽¹⁹⁾ Sin embargo, los valores de acidez de todos los tratamientos fueron similares, por lo que se demostró que la aplicación de los recubrimientos comestible en las frutillas no influye en la presencia de los ácidos orgánicos y a su vez ayuda a retrasar la respiración, trayendo como consecuencia que la degradación de los ácidos orgánicos no sea más lenta.

Resultados de la determinación de sólidos solubles: los valores obtenidos de sólidos solubles o °Brix a temperatura ambiente y refrigerada, representan el porcentaje de sacarosa que existe en la fruta.

Durante los 3 días de almacenamiento, los porcentajes mayores de sólidos solubles, medidos como °Brix, fueron observados en el tratamiento control (sin revestimiento). Los valores se incrementaron de manera progresiva a medida que se prolongaba el tiempo de almacenamiento de los recubrimientos en estudio, manteniéndose dentro del rango el T2, T4 y T8, con valores promedios de 7,90 ($\pm 0,15$), 8,20 ($\pm 0,2$) y 8,40 ($\pm 0,05$) respectivamente. El tratamiento que presentó los valores más bajos, en cuanto a este parámetro, fue el tratamiento uno (T1) formulado a base de gelatina al 3,6%, con un valor de 7,90 ($\pm 0,12$). Según la Norma Técnica Colombiana NTC 4103 el rango máximo de °Brix es de 8,5; por consiguiente, los valores obtenidos en esta investigación están acorde a los parámetros establecidos.

Los valores obtenidos de sólidos solubles o °Brix, de los tratamientos almacenados en refrigeración durante los 9 días, los porcentajes mayores fueron presentados por el tratamiento control (sin revestimiento). Los demás tratamientos incrementaron de manera progresiva a medida que se prolongaba el tiempo de almacenamiento y se evidenció que en el día 5, el tratamiento control (sin revestimiento) se encontraba fuera del parámetro establecido con un valor de 8,96 ($\pm 0,25$) y al final de su almacenamiento, a los nueve días 11,69 ($\pm 1,27$) los valores más altos promediados; por el contrario, los tratamientos que se mantuvieron dentro del rango fueron el T1, T7 y T11 con valores de 8,20 ($\pm 0,32$), 8,47 ($\pm 0,22$) y 8,45 ($\pm 0,3$) respectivamente. El tratamiento que presentó los valores más bajos en cuanto a este parámetro fue el tratamiento uno (T1) formulado a base de gelatina al 3,6%, con un valor de 8,20 ($\pm 0,25$).

Otros autores reportaron que, para las fresas tratadas a base de cera de abeja y gelatina, almacenadas a temperatura refrigerada, los valores se encuentran estables hasta el duodécimo día y que los tratamientos a base de gelatina, en cuanto a la cantidad de sólidos solubles presentes en la fruta, tenían un valor de 7,52.⁽²⁰⁾

Resultados del Control microbiológico: el recuento en unidades formadoras de colonias (UFC) de coliformes totales, mohos y levaduras, se les realizó a las frutillas que fueron recubiertas con el tratamiento uno (gelatina al 3,6%) en el día

nueve y almacenamiento en refrigeración (277-281K) y se observaron valores de $2,3 \times 10^3$, $7,0 \times 10^1$ y $2,7 \times 10^3$ UFC/g respectivamente. En la literatura se reporta, ^(21, 16) que el conteo microbiológico es un indicador del grado de alteración de los alimentos, si el valor supera a 10^5 UFC/g puede considerarse como un alimento no apto para el consumo humano, en la presente investigación los valores que se obtuvieron coinciden con los reportes descritos en la literatura, estos resultados, están relacionados con la barrera que forma el recubrimiento utilizado, la cual impide el intercambio gaseoso y ayuda a inhibir el crecimiento de patógenos, dando seguridad a los alimentos. Otros recubrimientos han sido reportados en fresas, por ejemplo, el extracto etanólico de propóleo utilizado en la elaboración de un aceite el cual inhibió el crecimiento microbiano aumentando el tiempo de vida útil de estas frutas en un 46%.⁽²²⁾

Resultados del análisis sensorial: la figura 3 muestra los resultados de la puntuación que fue otorgada por cada uno de los evaluadores no profesionales hacia las frutillas recubiertas a base de gelatina al 3,6% en el noveno día de almacenamiento en refrigeración (277-281K).

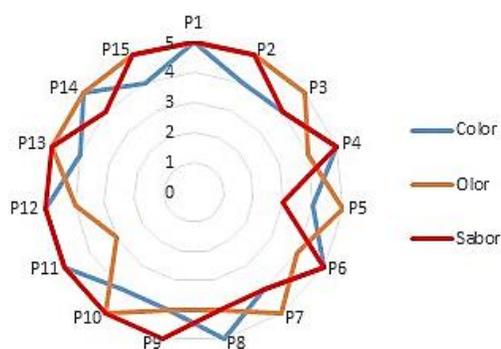


Fig. 3-Resultados de la evaluación sensorial al tratamiento uno (gelatina al 3,6%), a los 9 días de almacenamiento (277-281K). participaron 15 panelistas no especializados.

Como se puede observar en la figura, en cuanto al color, los resultados muestran que tuvo una calidad aceptable con un valor promedio de 4,47 ($\pm 0,52$), el valor promedio para el olor, fue de 4,53 ($\pm 0,64$) y por último para el sabor fue de 4,60 ($\pm 0,63$).

Los penalistas no percibieron diferencia alguna entre las fresas recubiertas y las que no lo estaban en cuanto a los parámetros de olor y sabor, los resultados obtenidos aseveran que el recubrimiento aplicado ayuda a conservar el sabor, a pesar de estar propenso a cambios metabólicos de las frutillas recubiertas y pueden ser consumidas. Se puede afirmar que el recubrimiento aplicado ayuda a conservar el sabor a pesar de estar propenso a cambios metabólicos, resultados similares fueron obtenidos por otros autores ⁽²¹⁾, quienes reportaron un valor óptimo de 6,1 para frutillas recubiertas, la evaluación se realizó con una escala hedónica de 1 a 10 puntos, considerando óptimo su producto.

Conclusiones

Con los resultados antes mostrados, se demostró la eficacia de los revestimientos comestibles utilizados en este estudio para la extensión de la vida útil de la frutilla, manteniendo sus características microbiológicas y fisicoquímicas.

Referencias bibliográficas

1. OÑATE ZUÑIGA, L.E. Desarrollo de un recubrimiento comestible para fresa (*Fragaria x ananassa* Duchesne) en base a almidón de papa china (*Colocasia esculenta* Schott) de la variedad blanca. Tesis de Ingeniería, DrC, Milton Rubén Ramos Moya (Dir.) Universidad Técnica de Ambato, Ambato – Ecuador, 2018. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/28391>
2. PÉREZ VELASTEGUI, J.A.; Zurita Tinizaray, J. E. Evaluación del efecto de diferentes concentraciones de Sábila (*Xanthorrhoeaceae*) y Cera carnauba (*Coperniciaprunifera*) como recubrimiento para alargar la vida útil de la frutilla (*Fragaria xananassa*). Tesis de Ingeniería en Alimentos. Colegio de Ciencias e Ingenierías. Universidad San Francisco De Quito (USFQ). Ecuador, 2019. <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/9101/1/129285%20-%20125622.pdf> (acceso 02/06/2022).

3. LÓPEZ, M.; RUÍZ, S.; NAVARRO, C.; ORNELAS, J.; ESTRADA, M.; GASSOS, L.; RODRIGO, J. Efecto de recubrimientos comestibles de quitosano en la reducción microbiana y conservación de la calidad de fresas. *Biotechnia*.2012, **14**(1) pp. 33-43. <https://biblat.unam.mx/hevila/Biotechnia/2012/vol14/no1/5.pdf>
4. PAVÓN, D.; VALENCIA, S. Efecto de recubrimientos comestibles compuestos a base de goma tara en la calidad poscosecha de frutilla (*Fragaria ananassa*). *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*. 2016, **17**, pp. 65-70. <https://www.redalyc.org/pdf/813/81346341009.pdf> (acceso 02/06/2022).
5. RUIZ M., ÁVILA J.; & RUALES J. Recubrimiento comestible bioactivo para aplicarlo en la frutilla (*Fragaria vesca*) como proceso de postcosecha. *Rev. Iber. Tecnología Postcosecha*. 2016,**17**(2): pp. 276-287. <https://www.redalyc.org/pdf/813/81349041015.pdf> (acceso 02/06/2022).
6. NTE-INEN-ISO 1842: PRODUCTOS VEGETALES Y DE FRUTAS – DETERMINACIÓN DE pH (IDT). <https://inencloud.normalizacion.gob.ec/nextcloud/s/HMG395ZJ6PanP9x>
7. GUIJARRO-FUERTE, M., ANDRADE-CUV, M. J., MORENO-GUERRERO, C., GUAMÁN-BATALLAS, A., & MERA-FRANCO, M. Evaluación del uso de ozono gaseoso en mora (*Rubus glaucus* Benth) sin espinas como tratamiento post cosecha. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*. 2020, **21** (2).<https://www.redalyc.org/journal/813/81365122006/81365122006.pdf> ISSN: 165-0204. (acceso 02/06/2022).
8. NTE INEN 750: Productos vegetales y de frutas–determinación de la acidez titulable (IDT). <https://inencloud.normalizacion.gob.ec/nextcloud/s/DqZNaMS4FD5MwLB>
9. NTE INEN 2173: Productos vegetales y de frutas –determinación de sólidos solubles –método refractométrico. <https://inencloud.normalizacion.gob.ec/nextcloud/s/Cm67mBdPa38YndQ>
10. NTE INEN 1529-10: Control microbiológico de los alimentos. mohos y levaduras viables. recuentos en placa por siembra en profundidad. https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_1529-10-1.pdf

11. NTE INEN 1529-7: Control microbiológico de los alimentos. determinación de microorganismos coliformes por la técnica de recuento de colonias. https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_1529-7-1.pdf
12. SOGVAR, O. B., SABA, M. K., & EMAMIFAR, A. Aloe vera and ascorbic acid coatings maintain postharvest quality and reduce microbial load of strawberry fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 2016, **114**, pp. 29-35. <https://daneshyari.com/article/preview/4517902.pdf> (acceso 02/06/2022).
13. FALCONÍ NOVILLO, J.F. *Empleo de recubrimientos comestibles en la conservación de Fragaria x ananassa (Fresa)*. Tesis de Ingeniería, Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, Riobamba - Ecuador, 2016. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6109/1/27T0331.pdf>
14. MIRONES, C. G. S., FALCON, Z. K. M., & SORIANO, E. M. C. Evaluación de las formulaciones de película comestible de *Nostoc sphaericum* aplicadas a la conservación de fresas. *Alimentos Ciencia e Ingeniería*, 2021, **27**(2), pp. 79-93.
15. DHITAL, R.; JOSHI, P.; BECERRA, N.; UMAGILIYAGE, A.; CHAI, T.; KOHLI, P.; CHOUDHARY, R. Integrity of edible nano-coatings and its effects on quality of strawberries subjected to simulated in-transit vibrations. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*. 2017, **80**, pp. 257-264. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.02.033>
16. CEDEÑO-CRUZATI, E.V.; & PÁRRAGA-ALAVA, R.C. Biopelícula de propóleo en la etapa de postcosecha de la guayaba (*Psidium guajava*). *CIENCIAMATRIA*, 2022, **8**(14), pp. 68-91. <https://doi.org/10.35381/cm.v7i3.626>
17. CAMPOS, R. P., KWIATKOWSKI, A. & CLEMENTE, E. Post-harvest conservation of organic strawberries coated with cassava starch and chitosan. *Revista Ceres*. 2011, **58**(5), 554-560. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-737X2011000500004>
18. GARCÍA, O.; & PINZÓN, M. Efecto de recubrimientos de almidón de plátano guayabo (*Musa paradisiaca L.*) en la calidad de fresas. *Alimentos hoy*. 2017, **24**(39), pp. 92-102. <https://alimentos hoy.acta.org.co/index.php/hoy/article/view/407/337>

19. FAMIANI, F., BATTISTELLI, A., MOSCATELLO, S., CRUZ-CASTILLO, J. G., & WALKER, R. P. The organic acids that are accumulated in the flesh of fruits: occurrence, metabolism and factors affecting their contents-a review. *Revista Chapingo. Ser.Hortic.* 2015,1(2), pp. 97-128.<https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2015.01.004>
20. BARREZUETA, S.; CHACHA, C.; MENDOZA, G.; RODRÍGUES, J. Cambios en las propiedades fisicoquímicas durante el almacenamiento de carga papaya utilizando tres recubrimientos comestibles. *Ciencia Digital.* 2018, 2(42) pp. 52-57. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v2i4.2..201>
21. RUÍZ, M. *Diseño de un recubrimiento comestibles bioactivo para aplicarlo en la frutilla (Fragaria vesca) como proceso de postcosecha.* Tesis de Ingeniería MSc. Jenny Avila (Dir.) Dr.C Jenny Ruales (Co-Dir) Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. 2015. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/11181/1/CD-6412.pdf>
22. UBAQUE BELTRÁN, C; ALFONSO MORALES, M. D.; HERNÁNDEZ PEDRAZA, S. M.; & Flórez Cárdenas, S. L. Utilización de residuos provenientes de la transformación de frutas para la elaboración de bioempaques. *Renovat: Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales, Tecnología e Innovación*, 2020, 4(1), pp. 2036. <http://revistas.sena.edu.co/index.php/rnt/article/view/3516/3952>

Conflictos de interés

Los autores declaran que no hay conflictos de intereses

Contribución de los autores

Daniela Brigitte Castillo Bautista:realizó el trabajo experimental. Participó en el diseño de la investigación, recolección de muestras, análisis químico de las

mismas y la recolección de datos, la implementación de los modelos y el análisis de resultados.

Maribel Cuello-Pérez: otorgó el tema de la Investigación, participó y participó en el diseño de la investigación, análisis y procesamiento de resultados. Realizó la revisión crítica del contenido del trabajo y la redacción de la versión final del artículo.

Yasmin Teresa Blanco López: participó en el diseño de la investigación, aportó a la discusión de los resultados, revisión crítica del documento y participó en la revisión de la versión final del trabajo.

Osmir Cabrera-Blanco: realizó contribuciones al diseño de la investigación, la recolección de muestras, análisis químico de las mismas y obtención de datos, la implementación de los modelos y el análisis de resultados.

Douglas E. Arroyo Quiñonez: colaboró con la Investigación, participó en la discusión de los resultados y en la revisión de la versión final del trabajo