



UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Y TECNOLOGÍA
Maestría en Agroindustria con Mención en Gestión de Calidad y Seguridad
Alimentaria Cohorte II - Resolución del CES: RCP-SO-03 N° 058-2020

Artículo profesional de alto nivel
previo a la obtención de Máster En
Agroindustria, con Mención
Gestión de Calidad y Seguridad
Alimentaria.

Título

Efecto de un recubrimiento comestible de harina de cáscara de plátano y Aloe vera
sobre la calidad postcosecha de la fresa (*Fragaria x ananassa*)

Autora

Ing. Delly Viviana Zambrano Rodríguez

Tutor

Ing. Christian Rivadeneira Mg

MANTA - MANABÍ - ECUADOR

2021 - 2022

Efecto de un recubrimiento comestible de harina de cáscara de plátano y *Áloe vera* sobre la calidad postcosecha de la fresa (*Fragaria x ananassa*)

Effect of an edible coating of banana peel flour and Aloe vera on postharvest quality of strawberry (Fragaria x ananassa)

Delly Viviana Zambrano Rodríguez

Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto del uso de la harina de cáscara de plátano y *Áloe vera* en la elaboración de recubrimiento comestible sobre la calidad postcosecha de la fresa. Se establecieron porcentajes de harina 4% y 5% y *Á. vera* 12% y 15% (T1 4:12, T2 4:15, T3 5:12 y T4 5:15) y un tratamiento control (T0 fresas sin recubrimiento) sobre el pH, acidez titulable, sólidos solubles, índice de madurez, pérdida de peso, color (claridad (L*) y croma (C*)) y textura de la fruta durante su almacenamiento a 4 °C ± 2 por 12 días. Además, se determinó el deterioro microbiano mediante análisis de mohos y levaduras, y se estableció la aceptabilidad de las frutas mediante análisis sensorial. Los resultados evidenciaron que la combinación de harina y *Á. vera* tiene un efecto significativo en la conservación del pH, acidez, índice de madurez y textura, así mismo, permite una mayor reducción de pérdida de peso y color, destacándose el T4 (5 % de harina y 15 % de *Á. vera*), seguido por el T2 (4 % de harina y 15 % de *Á. vera*) como los tratamientos que contribuyen a la inhibición del desarrollo de mohos y levaduras en las fresas. Además, no se reportó diferencia significativa en la evaluación sensorial, considerando que los recubrimientos no transfirieron características atípicas a las fresas.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the effect of the use of banana peel flour and Aloe vera in the preparation of edible coating on the postharvest quality of strawberries. Percentages

of flour and *A. vera* (T1 4:12, T2 4:15, T3 5:12 and T4 5:15) and a control treatment (T0 strawberries without coating) were established on pH, titratable acidity, soluble solids, maturity index, weight loss, color (clarity (L*) and chroma (C*)) and texture of the fruit during storage (4 °C ± 2 for 12 days). In addition, microbial spoilage was determined by mold and yeast analysis, and fruit acceptability was established by sensory analysis. The results showed that the combination of flour and *A. vera* has a significant effect on the preservation of pH, acidity, maturity index and texture, as well as a greater reduction in weight loss and color, highlighting T4 (5% flour and 15% *A. vera*), followed by T2 (4% flour and 15% *A. vera*) as the treatments that contribute to the inhibition of the development of molds and yeasts in the fruits. In addition, no significant difference was reported in the sensory evaluation, considering that the coatings did not transfer atypical characteristics to the strawberries.

Palabras claves

Conservación, postcosecha, fresa, recubrimiento comestible, sábila

Keywords

Conservation, postharvest, strawberry, edible coating, aloe vera

1. Introducción

La producción del cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa*) y su consumo tiene una muy buena aceptación en todo el mundo, ocurriendo lo mismo para Ecuador (se cosecha un área de 108 ha, alcanzando un rendimiento de 16.27 T/ha), donde ha tomado una gran solidez y ha empezado a formar parte de la canasta familiar. El fruto es bastante atractivo para el consumidor, por su aroma y sabor exquisito; también posee gran cantidad de vitaminas, minerales y ácidos orgánicos (Abad, Jiménez y Capa, 2020).

Sin embargo, pese a su alto volumen de consumo, la fresa es una fruta muy perecible con un tiempo de vida postcosecha aproximado de 5 días entre 0-4 °C (Seguil, Mendoza y Casimiro, 2020), presentándose por lo general un 50 % de pérdida postcosecha, lo cual significa que cinco de cada diez frutas se dañan en su camino al consumidor final (García, Ayala y Sánchez, 2019). El deterioro se debe principalmente a su alto contenido de agua (90 %) (Villanueva *et al.*, 2021), susceptibilidad al daño mecánico, cortes y aplastamiento (gracias a la cáscara delgada y textura suave), infecciones causadas por microorganismos, la fresa por estar en contacto cercano al suelo puede poseer diversos microorganismos, especialmente mohos y levaduras, los cuales se

encuentran principalmente en el agua de riego y en el suelo (Seguil, Mendoza y Casimiro, 2020).

Para reducir las pérdidas postcosecha de las fresas se han empleado tratamientos con agua caliente, atmósferas modificadas, radiación gamma, ultrasonido, recubrimientos comestibles (Saleem *et al.*, 2021), congelación, fungicidas, entre otros, no obstante, la mayoría de estos métodos requieren de alto consumo de energía, costos e instalaciones especiales, o en el caso de fungicidas, su aplicación puede dejar residuos en las frutas y provocar efectos adversos tanto en el ser humano como en el medio ambiente. En este sentido, los recubrimientos comestibles se destacan como tratamientos potenciales y de menor costo para prolongar la vida útil de las frutas frescas (Liu *et al.*, 2021).

Estos recubrimientos tienen la capacidad de controlar la transferencia de agua y gases (O₂ y CO₂), controlar el desarrollo microbiano y conservar las características de los alimentos; generalmente son formulados con materiales como polisacáridos, lípidos, proteínas o mezclas de estos compuestos, los cuales confieren características específicas a cada uno de los productos (Mora, Feregrino y Contreras, 2021).

Además, estos recubrimientos son considerados una tecnología prometedora y respetuosa con el medio ambiente, debido a que reduce la utilización del envasado tradicional como films plásticos, además son biopolímeros naturales y biodegradables, es decir, pueden ser obtenidos a partir de recursos naturales o extraídos a partir de los subproductos de la agroindustria (Báez *et al.*, 2018).

En relación con lo anterior, se busca evaluar el efecto que tiene el uso de cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*) y *Áloe vera* como recubrimiento comestible, esto con el objetivo de poder dar valor agregado a la misma y aprovechar de sus componentes como barra protectora en frutas como la fresa, teniendo en cuenta que conforme a Jiménez *et al.* (2019) la cáscara de plátano verde contiene almidón, lo que la hace apropiada para la elaboración de recubrimientos. En relación a lo expuesto, Meneses, Santacruz y Coloma (2017) agregan que eestructuralmente, el almidón está formado por dos polisacáridos químicamente distinguibles: la amilosa y la amilopectina, en donde el de almidón de plátano presenta un alto contenido de amilosa (35 %), lo que genera mejores propiedades mecánicas.

Peñalosa y Ordoñez (2020) plantean que otra alternativa para la elaboración de recubrimientos comestibles es mediante el uso de materias primas con poca transformación y comercialización, debido a que surge la necesidad de emprender investigaciones que logren generar valor agregado en la cadena productiva, permitiendo además el desarrollo rural. En este contexto, los autores destacan que el uso del *Á. vera* actualmente es limitado. Firdous *et al.*, (2022) elaboraron recubrimiento comestible con este componente y lo aplicaron en tomates, determinando que el mismo incidió en el recuento microbiano total, logrando inhibir especialmente en el crecimiento de hongos (*Botrytis cinerea*). De la misma manera, García, Salas y Canales (2017) destacan que el recubrimiento de *Á. vera* logró retardar el tiempo de maduración en la guayaba y mantener las características organolépticas.

En base a lo descrito, el objetivo de la presente investigación es evaluar el efecto del uso de cáscara de plátano y *Á. vera* en la elaboración de recubrimiento comestible sobre la calidad postcosecha y sensorial de la fresa bajo condiciones de almacenamiento, buscando crear una alternativa innovadora de conservación.

2. Materiales y Métodos

2.1. Lugar de estudio

El desarrollo de la investigación se hizo en el laboratorio de investigación de la facultad de Ciencias de la Vida y Tecnologías de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM) de Manta, el análisis de porcentaje de almidón que fue realizado en el laboratorio de análisis y aseguramiento de la calidad Multianalityca S.A (Quito), así mismo, el de porcentaje de cenizas y grasas en laboratorio CESECCA de Manta.

Las fresas (*F. x ananassa*) fueron adquiridas en el mercado de mayoristas de la parroquia Los Esteros de la ciudad de Manta, siendo clasificadas en base a criterios de madurez (al menos 80% de la superficie con coloración rojiza), tamaño homogéneo y ausencia de defectos físicos. Por otro lado, las hojas de sábila fueron obtenidas en los predios de la ULEAM, teniendo en consideración que tuvieran un mínimo de dos años, 500 g de peso, 60 cm de largo, espesor de 2,5 cm, ausencia de magulladuras y cortes. En cuanto a las cáscaras de plátano (*M. paradisiaca*), se realizó la compra del fruto verde, teniendo en cuenta que se encontraran aptas para el proceso (sin golpes o alteraciones).

2.2. Elaboración de harina de cáscara de plátano

Las cáscaras de plátano fueron lavadas con agua potable y desinfectadas con hipoclorito de sodio al 2% (p/p), luego se cortaron en trozos de 0,3 * 2,5 cm y se sumergieron en una solución de metabisulfito de potasio (1% W/v) durante 24 h para inhibir la oxidación. Posterior a ello, se realizó el secado en una estufa (marca Binder) a 60 °C por 24 horas y se efectuó el molido, el material resultante fue sumergido en etanol al 90 % (veinte gramos de harina se mezclaron con 200 ml de etanol; 10 % p/v) para eliminar las fracciones lipídicas durante 16 horas en baño María a 50 °C. Una vez realizado lo anterior, se lavó la harina tres veces con agua destilada y se filtró con tela tipo lienzo, nuevamente se ingresó la harina a secar en la estufa a 50 °C por 24 horas. La harina fue blanqueada con una solución de peróxido de hidrógeno a concentración de 15 % por 3 horas y se tamizó con la ayuda de tamiz (marca Advantech N° 200) que proporcionó partículas de 75 µm (Anchundia, Santacruz y Coloma, 2016, con ciertas modificaciones). Es importante mencionar que a la harina se le realizó análisis de porcentaje de humedad, grasas, cenizas, almidón y amilosa.

2.3. Obtención de gel de *Á. vera*

Las hojas de sábila seleccionadas fueron lavadas con agua potable y desinfectadas mediante solución de hipoclorito de sodio (5 ppm por 15 min). Seguidamente, con la ayuda de un cuchillo de acero inoxidable se retiró la capa de corteza exterior de color verde y se extrajo la matriz de gel incolora. El gel fue homogeneizado mediante un ultraturrax (Politron, Suiza) a 4000 rpm (10 minutos) y se filtró por medio de un tamiz para descartar impurezas (García, Ayala y Sánchez, 2019).

2.4. Elaboración de recubrimiento comestible

Se realizó el recubrimiento comestible en base a la metodología propuesta por Meneses, Santacruz y Coloma (2017), empleando 1 % de glicerol como plastificante y el 99% restante correspondió a agua destilada junto a la mezcla planteada de harina de cáscara de plátano y gel de *Á. vera* (tabla 1).

Se mezcló agua destilada y harina de cáscara de plátano, esta mezcla fue calentada hasta 90 °C con agitación constante durante 5 minutos, posterior a ello, se dejó enfriar la solución hasta 50 °C y se adicionó glicerol y el gel de *Á. vera*, seguidamente se homogeneizó en ultraturrax (Polytron, Suiza) a 11000 rpm por 4 minutos.

Tabla 1. Detalle de los tratamientos.

Tratamiento	Mezcla de harina de cáscara de plátano y gel de <i>Á. vera</i>
T0 (control)	0 %
T1	4 % harina de cáscara de plátano - 12 % de <i>Á. vera</i>
T2	4 % harina de cáscara de plátano - 15 % de <i>Á. vera</i>
T3	5 % harina de cáscara de plátano - 12 % de <i>Á. vera</i>
T4	5 % harina de cáscara de plátano - 15 % de <i>Á. vera</i>

2.5. Aplicación de recubrimiento comestible

Las fresas seleccionadas fueron sumergidas en una solución desinfectante de agua con hipoclorito de sodio al 0,5 %, posterior a ello, se hizo el secado de las frutas con ayuda de toallas secantes. La aplicación del recubrimiento se efectuó mediante el método de inmersión, donde se sumergieron en su totalidad las fresas en cada una de las soluciones preparadas por un tiempo de 60 segundos. Seguidamente, se colocaron en bandejas de acero inoxidable y se dejaron secar por un tiempo de una hora a temperatura ambiente, después se ingresaron las fresas en fundas Ziploc (debidamente rotuladas) y se guardaron en bandejas de plástico. Se almacenaron en refrigeración a 4 °C (± 2) y 90 % de humedad relativa (Terán, 2021).

2.6. Evaluación del efecto del recubrimiento comestible en las fresas

Las fresas se analizaron cada 3 días durante 12 días (empezando desde el día 0). A continuación, se detalla cada uno de los métodos que se emplearon para el desarrollo de la investigación.

pH: se determinó por medio de valoración potenciométrica usando un pH-metro, según lo dispuesto por la AOAC 981.12 (2005).

Sólidos solubles: se evaluó usando un refractómetro digital (KRÜSS, Germany) y se expresó mediante grado °Brix, conforme a AOAC 981.12 (2005).

Pérdida de peso: se determinó con la ayuda de una balanza digital (Sartorius TE6101, Germany), en donde se tomaron cada uno de los pesos desde el día 0 hasta el último día del muestreo (día 9). Los resultados se expresaron en %, considerando la diferencia en relación al peso inicial del experimento.

$$\% \text{ Pérdida de peso} = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} * 100 (1)$$

Acidez titulable: se estableció por titulación con NaOH 0.1 N y fenolftaleína como indicador, se expresó en porcentaje de ácido cítrico (AOAC 981.12, 2005).

Índice de madurez: se calculó en base a la INEN 1909 (2016), en donde se procedió a dividir el % de sólidos solubles totales para el % de acidez, empleando la ecuación 2.

$$\text{índice de madurez} = \frac{\text{Sólidos solubles totales (°Brix)}}{\text{Acidez titulable}} * 100 \quad (2)$$

Textura instrumental: se realizó en base a lo expuesto por Castro *et al.* (2014), usando un texturómetro (marca Shimadzu, modelo EZ-LX, Japón) con un punzón de 50 mm de longitud y 3 mm de diámetro, en donde las fresas fueron penetradas a una profundidad de 10 mm. Los datos fueron expresados como la fuerza máxima en Newton (N) para penetrar en la pulpa de la fruta.

Color: para este análisis se hizo uso de un colorímetro marca Kónica Minolta (Japan), el mismo que permitió medir las coordenadas de L*, a* y b*. En base a la información obtenida, se determinó el croma (C) o pureza del color en el tiempo de almacenamiento, para ello, se aplicó la siguiente ecuación (García, Ayala y Sánchez, 2019):

$$C = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (3)$$

Mohos y levaduras: se efectuó tomando como base la norma INEN 1529-10 (2013), en donde se inoculó a 30 °C por un tiempo de 5 días y se hizo el conteo de unidades propagadoras de mohos y levaduras.

Evaluación sensorial: se realizó mediante prueba afectiva de acuerdo a lo planteado por Gaytán *et al.* (2019), utilizando una escala hedónica de cinco puntos, siendo: 1 me disgusta mucho, 2 me disgusta moderadamente, 3 no me gusta ni me disgusta, 4 me gusta moderadamente y 5 me gusta mucho. Es importante mencionar que en el análisis sensorial se evaluaron los atributos de olor, color, sabor y apariencia general de las fresas, donde se hizo participe a 30 catadores no entrenados.

2.7. Análisis estadístico

Se realizó mediante el programa estadístico InfoStat (versión libre, 2017), empleando análisis de varianza (anova) y prueba de Duncan (nivel de confianza 95%) para establecer diferencia significativa.

3. Resultados y Discusión

La harina de cáscara de plátano presentó un contenido de humedad de 11,17 %, materia grasa 5,47 %, cenizas 1,81 %, almidón 39 % y amilosa de 32,5 %.

3.1. Evaluación de la aplicación del recubrimiento comestible en las fresas

3.1.1. pH y acidez titulable

En la tabla 2 se puede visualizar que en el transcurso de los días el pH aumentó en todos los tratamientos, especialmente en los días 6, 9 y 12 en donde se evidenció diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los tratamientos que contenían recubrimiento comestible y los que no (T0: control), destacándose el T3 en primera categoría estadística por la razón de que el aumento del pH fue inferior hasta el último día de evaluación (4,00), mientras que, todo lo contrario sucedió en el control, en donde se inició con 3,63 y se finalizó con 4,71, siendo superior a los demás tratamientos. En relación a lo anterior, García, Zúñiga y Carhuaz (2019) deducen que el aumento del pH en las muestras sin recubrimiento puede estar asociado al consumo o rompimiento de ácidos orgánicos durante el almacenamiento de la fruta, los cuales, son utilizados en la respiración u otras actividades metabólicas.

Por otro lado en lo que respecta a la acidez titulable (tabla 2), se logró determinar que esta variable mostró un descenso durante los días de almacenamiento y presentó diferencia significativa ($p < 0,05$) entre tratamientos en los días 6, 9 y 12, en donde se catalogó al T0 como el que presentó una mayor reducción de acidez, iniciando con 0,95 % y llegando a 0,56 % en el día 12, mientras que, todo lo contrario ocurrió en el T3 (0,76 %), considerando que la combinación de harina de cáscara de plátano y *Á. vera* contribuyó en la conservación de aquel parámetro.

García, Ayala y Sánchez (2019), en su investigación expresan que todos los tratamientos con recubrimiento presentaron mayor porcentaje de acidez que la muestra control, destacando que el comportamiento puede ser atribuido a que los recubrimientos que contienen *Á. vera* reducen el ingreso de oxígeno requerido para los procesos de respiración en el fruto, protegiendo la reducción de los ácidos orgánicos, principalmente, el ácido cítrico presente en la fresa. Así mismo, Alves *et al.* (2021) aplicaron harina de cáscara de plátano en la formulación de recubrimientos comestible, destacando diferencias significativas entre las frutas (plátano) con y sin recubrimiento, considerando que el empleo de la harina logró una reducción de la actividad metabólica de los frutos.

En relación a lo anterior, Oliveira *et al.* (2017) sostienen que, desde el punto de vista comercial, es deseable que las frutas tengan menor pH y mayor acidez, lo que representa menores riesgos de deterioro de los alimentos. Así mismo, Ruiz, Ávila y Ruales (2016) establecen que la disminución máxima de acidez debe ser hasta 0,8 %, por ello, se considera comercialmente aceptable hasta el día 9 a los tratamientos con recubrimiento comestible (T2: 0,85 %, T3: 0,86 % y T4: 0,83 %).

Tabla 2. pH y acidez de las fresas en estudio durante los 12 días de almacenamiento.

Tratamientos	Días de almacenamiento									
	0		3		6		9		12	
	pH	Acidez (%)	pH	Acidez (%)	pH	Acidez (%)	pH	Acidez (%)	pH	Acidez (%)
T0 (Control)	3,63 ^A	0,95 ^A	3,74 ^A	0,90 ^A	3,94 ^D	0,82 ^A	4,11 ^D	0,72 ^A	4,71 ^C	0,56 ^A
T1 (4% HCP + 12 % AV)	3,58 ^A	0,91 ^A	3,74 ^A	0,91 ^A	3,92 ^{CD}	0,86 ^{AB}	4,07 ^C	0,77 ^B	4,13 ^B	0,66 ^B
T2 (4% HCP + 15 % AV)	3,66 ^A	0,90 ^A	3,73 ^A	0,91 ^A	3,85 ^B	0,87 ^B	3,95 ^B	0,85 ^C	4,12 ^B	0,75 ^{CD}
T3 (5% HCP + 12 % AV)	3,59 ^A	0,92 ^A	3,73 ^A	0,90 ^A	3,78 ^A	0,87 ^B	3,90 ^A	0,86 ^C	4,00 ^A	0,76 ^D
T4 (5% HCP + 15 % AV)	3,64 ^A	0,92 ^A	3,74 ^A	0,89 ^A	3,87 ^{BC}	0,85 ^{AB}	3,95 ^B	0,83 ^C	4,14 ^B	0,72 ^C

3.1.2. Sólidos solubles (SS) e índice de madurez

En la tabla 3 se muestra el comportamiento de los SS de las fresas, en donde se puede visualizar que en todos los tratamientos se presentó un descenso de SS conforme pasaron los días. En los días 3,9 y 12 existió diferencia significativa ($p \leq 0,05$) entre tratamientos, en donde el T0 fue el que presentó una menor cantidad total de SS (6,08 %) hasta el día 12, mientras que, las frutas con recubrimientos fueron las que lograron conservar una mayor cantidad de °Brix, teniendo en cuenta que la norma INEN 2337 (2008) considera un mínimo de 6 °Brix para esta fruta.

En base a lo anterior, Peñaloza y Ordoñez (2020) destacan que generalmente el contenido de azúcares va disminuyendo en razón del tiempo, estos procesos se deben a que el fruto sigue su proceso metabólico y en cierta medida como todo ser vivo utiliza sus reservas para la actividad fisiológica. Los datos obtenidos concuerdan con Alves *et al.* (2021), quienes detallan que a pesar de la reducción de SS, el uso de harina de cáscara de plátano se muestra prometedora en la conservación de esta característica, manteniendo valores superiores a diferencia del tratamiento control.

Por otro lado, en la tabla 3 también se evidencian los datos referentes al índice de madurez, en donde se estableció diferencia significativa entre tratamientos ($p < 0,05$) en los días 6, 9 y 12, destacando que en aquellos días el T0 presentó un mayor índice (8,61 %, 9,23 % y 10,80 % respectivamente). Peñaloza y Hernández (2018) plantean que el estado de madurez es directamente proporcional a la cantidad de sólidos solubles e inversamente proporcional al contenido de ácido cítrico, a su vez, destacan en sus resultados que los frutos con aplicación de recubrimiento comestible de *Á. vera* fueron aquellos que presentaron un menor índice.

Martínez *et al.* (2006) agregan que el menor índice de madurez es muy probable que sea debido a la menor tasa de respiración exhibida por los frutos tratados con recubrimiento, en donde el *Á. vera* en combinación con la harina de cáscara de plátano actúan como barrera al O_2 de la atmósfera circundante, y por tanto un aumento de la vida útil, debido a que a medida que la tasa es más elevada se espera un deterioro más avanzado de la calidad del fruto. Así mismo, Alves *et al.* (2021) reportaron resultados favorables mediante la utilización de harina de cáscara de plátano, logrando influir en la reducción de la tasa de respiración en comparación con las muestras del tratamiento control.

Tabla 3. Sólidos solubles e índice de madurez de las fresas en estudio.

Tratamientos	Días de almacenamiento									
	0		3		6		9		12	
	°Brix	índice de madurez (%)	°Brix	índice de madurez (%)	°Brix	índice de madurez (%)	°Brix	índice de madurez (%)	°Brix	índice de madurez (%)
0 (Control)	7,42 ^A	7,85 ^A	7,31 ^A	8,12 ^A	7,05 ^A	8,61 ^B	6,64 ^A	9,23 ^C	6,08 ^A	10,80 ^C
(4% HCP 12 % AV)	7,45 ^A	8,17 ^A	7,33 ^{AB}	8,08 ^A	7,06 ^A	8,24 ^{AB}	6,64 ^A	8,67 ^B	6,11 ^{AB}	9,27 ^B
(4% HCP 15 % AV)	7,45 ^A	8,29 ^A	7,35 ^{AB}	8,07 ^A	7,07 ^A	8,13 ^A	6,68 ^B	7,83 ^A	6,25 ^{BC}	8,30 ^A
(5% HCP 12 % AV)	7,43 ^A	8,08 ^A	7,37 ^B	8,19 ^A	7,08 ^A	8,17 ^A	6,68 ^B	7,77 ^A	6,27 ^C	8,22 ^A
(5% HCP 15 % AV)	7,42 ^A	8,07 ^A	7,33 ^{AB}	8,20 ^A	7,06 ^A	8,30 ^{AB}	6,65 ^{AB}	8,02 ^A	6,19 ^{ABC}	8,64 ^{AB}

3.1.3. Pérdida de peso

En la figura 1 se evidencia que la pérdida de peso aumentó conforme avanzó el tiempo de almacenamiento, Ramos, Romero y Bautista (2018) sostienen que este comportamiento es debido a la difusión de vapor de agua, en donde se genera un gradiente de presión entre el interior y exterior del fruto, ocasionando la pérdida de peso. En la figura antes mencionada, se puede observar que a partir del día 6 existió diferencia significativa ($p < 0,05$) entre tratamientos,

en donde hasta el último día de evaluación las muestras sin recubrimiento (T0) fueron aquellas que presentaron una mayor reducción de peso (10,09 %) frente a las que se encontraban con recubrimiento comestible, especialmente el T4 (5% de harina de cáscara de plátano + 15 % de *Á. vera*) que al finalizar presentó una media de pérdida de 7,35 %.

Es importante destacar que conforme a Fernández *et al.* (2017), los recubrimientos basados en polisacáridos tienen excelentes propiedades de barrera a los gases, por lo que pueden adherirse a superficies de frutas y vegetales, no obstante, resaltan que algunos suelen ser pobres en barrera contra la humedad debido a su naturaleza hidrofílica. Sin embargo, Mora, Feregrino y Contreras (2021) recalcan que ciertos polisacáridos cuando son utilizados en forma de recubrimientos gelatinosos retardan la pérdida de peso de los alimentos.

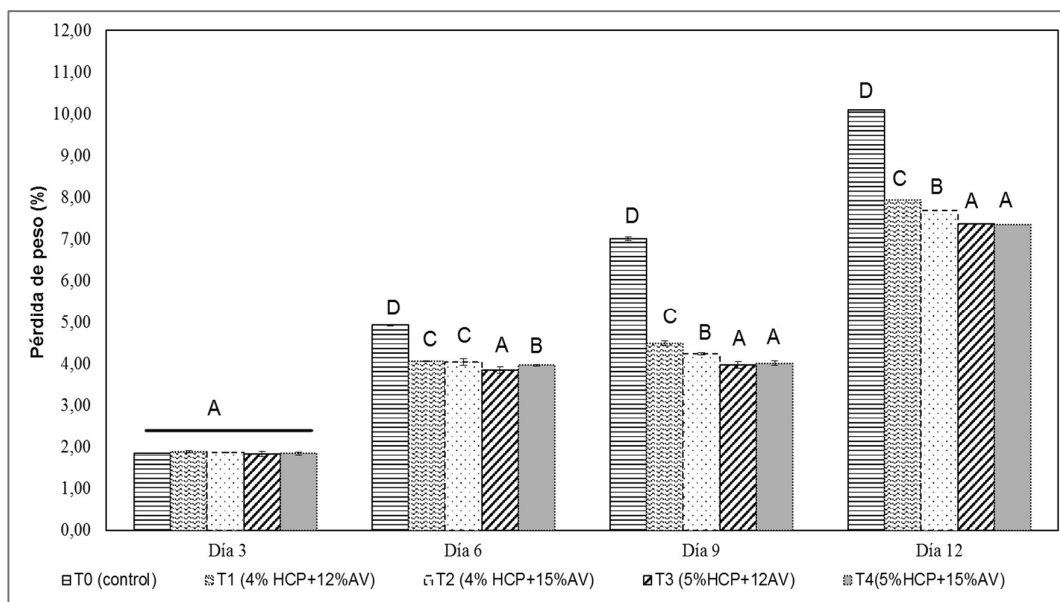
En base a lo anterior, Ali *et al.* (2019) destacan que la utilización del gel de *Á. vera* en la formulación y aplicación de recubrimientos comestibles favoreció a la disminución de pérdida de peso en frutas lichi. Así mismo, Martínez *et al.* (2006) plantean que este gel mostró un efecto positivo en cuanto a la reducción de la pérdida de humedad, cuyo efecto está basado en la formación de una barrera al agua entre el fruto y el ambiente que lo rodea, evitando así la transferencia externa. De forma interesante resaltan que el gel es efectivo como barrera frente a la pérdida de humedad sin la incorporación lipídica como ha sido necesario en otros recubrimientos comestibles.

En lo que corresponde a la harina de cáscara de plátano, también se han reportado resultados favorables en relación al peso, tal es la investigación de Alves *et al.* (2021), quienes determinaron diferencias significativas entre tratamientos, destacando que se observó una superior pérdida (23,49 %) en el tratamiento control, mientras que, los frutos tratados con recubrimiento formulado con harina de cáscara de plátano presentaron una pérdida menor (19,15 %), deduciendo que la harina contribuye en la variable como barrera semipermeable contra el oxígeno y la humedad.

En relación a lo anterior, Anchundia, Santacruz y Coloma (2016) utilizaron harina de cáscara de plátano en unión con ácido salicílico en la elaboración de películas, deduciendo que estos presentan una baja permeabilidad al vapor de agua ($2.41 \times 10^{-11} \text{ gm/sm}^2\text{Pa}$) en comparación a otros almidones, resaltando que para la conservación de frutas y hortalizas mientras más bajos sean los valores de permeabilidad al vapor de agua de los recubrimientos, se podrían considerar

mejores recubrimientos, debido a que de esta manera el alimento no pierde peso por deshidratación y conserva sus características originales por mayor tiempo.

Figura 1. Porcentajes de pérdida de peso en frutos de fresa con y sin recubrimientos.



3.1.4. Color

En la tabla 4 se presentan los datos de la medición de color de las fresas durante los días de evaluación, destacando que en lo que corresponde a claridad (L^*) existió diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los tratamientos en el último día de evaluación, estableciendo al T0 como el que presentó un menor valor (28,35), frente a los tratamientos con recubrimiento comestible, especialmente el T3 (36) y T4 (34,83) que mostraron una conservación ligeramente superior, considerando una mejor sinergia entre los componentes de los recubrimientos en la variable del color.

En base a lo anterior, Castro, Rivadeneira y Santacruz (2016) sostienen que la disminución en el valor de L^* implica que la fruta se ha tornado menos brillante durante el almacenamiento, a su vez, destacan que los recubrimientos comestibles elaborados a partir de polisacáridos son una buena barrera para los gases, lo que favorece a retrasar el pardeamiento u oscurecimiento. Así mismo, Ruiz, Ávila y Ruales (2016) establecen que la pérdida de claridad tiene relación directa con la pérdida de agua y de peso durante el almacenamiento.

De la misma manera, en lo que respecta a la pureza del color (C^*) se evidenció diferencia significativa ($p < 0,05$) en los días 3 y 9, resaltando las muestras sin recubrimiento como aquellas que presentaron una menor intensidad de color rojo. En relación a aquello, Ramírez, Aristizábal

y Restrepo (2013) sostienen que la aplicación de recubrimientos contribuyen a retardar los cambios bioquímicos al actuar como barrera, alterando la permeabilidad a los gases y retrasando los cambios del color externo e interno de la fruta.

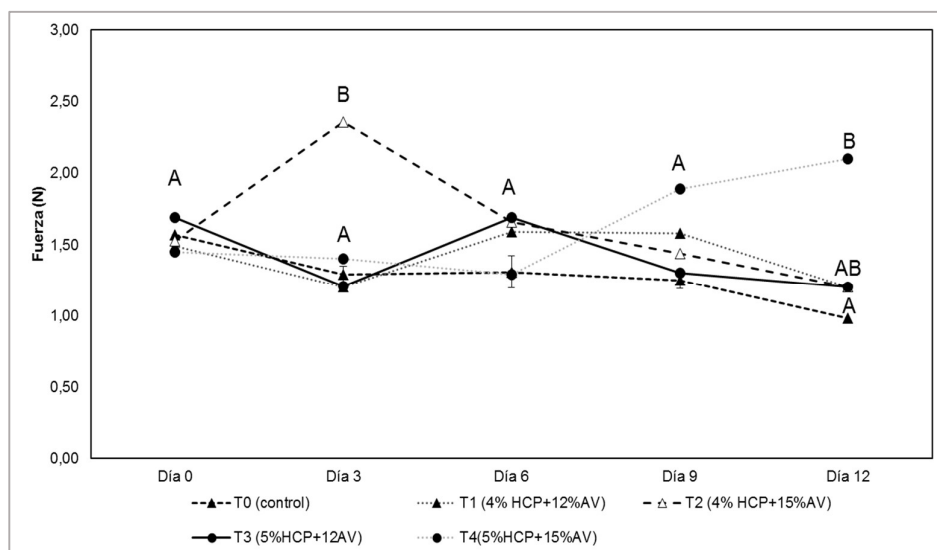
Tabla 4. Claridad (L*) y pureza de color (C*) de las fresas en estudio.

Claridad (L*)					
Días de almacenamiento					
Tratamientos	0	3	6	9	12
T0 (control)	28,22 ^A	28,36 ^A	29,94 ^A	29,41 ^A	28,35 ^A
T1 (4% HCP+ 12% AV)	29,23 ^A	30,78 ^A	31,59 ^A	31,34 ^A	28,53 ^A
T2 (4% HCP+ 15% AV)	31,12 ^A	32,24 ^A	29,34 ^A	29,47 ^A	30,60 ^{AB}
T3 (5% HCP+ 12% AV)	32,64 ^A	32,10 ^A	31,15 ^A	30,52 ^A	36,00 ^B
T4 (5% HCP+ 15% AV)	31,39 ^A	30,98 ^A	29,31 ^A	32,70 ^A	34,83 ^B
Croma (C*)					
T0 (control)	33,47 ^A	29,32 ^A	29,65 ^A	28,7 ^A	28,16 ^A
T1 (4% HCP+ 12% AV)	35,57 ^A	32,08 ^{AB}	30,70 ^A	30,96 ^A	30,08 ^A
T2 (4% HCP+ 15% AV)	34,21 ^A	36,21 ^{AB}	34,95 ^A	32,26 ^{AB}	30,39 ^A
T3 (5% HCP+ 12% AV)	34,76 ^A	37,28 ^B	36,08 ^A	38,25 ^B	33,02 ^A
T4 (5% HCP+ 15% AV)	34,55 ^A	36,71 ^{AB}	33,07 ^A	31,31 ^{AB}	30,53 ^A

3.1.5. Textura instrumental

En la figura 2 se puede apreciar que se presentó diferencia estadística significativa ($p < 0,05$) en la fuerza de penetración en las fresas en los días 3 y 12, en donde los tratamientos con recubrimiento comestible finalizaron el tiempo de evaluación con valores superiores a diferencia del control (0,98 N), especialmente el T4 (5% de harina de cáscara de plátano + 15 % de *Á. vera*), el cual requirió una fuerza de 2,1 N. En este sentido, es importante considerar que conforme a Restrepo y Aristizábal (2010) la pérdida de humedad y el crecimiento de mohos influye en este parámetro debido a que la disminución del agua y presencia de microorganismos generan daños estructurales en los tejidos de las frutas, teniendo como resultado su ablandamiento, por lo que, guarda relación a lo obtenido en la presente investigación.

Figura 2. Fuerza máxima de penetración en las fresas en estudio.



3.1.6. Mohos y levaduras

En la tabla 5 se pueden observar los valores del análisis microbiológico, en donde se determinó diferencia significativa ($p < 0,05$) a partir del día 3, estableciendo que todos los tratamientos con aplicación de recubrimiento comestible inhibieron el desarrollo de mohos y levaduras en comparación a las fresas control, las mismas que para el último día de evaluación presentaron 4,52 log UFC/g, siendo consideradas en última categoría estadística, mientras que, todo lo contrario ocurrió en el T4 (4,07 log UFC/g) y T2 (4,10 log UFC/g), en donde se empleó un valor superior de *Á. vera* (15 %), resultados similares se han logrado en investigaciones en donde se ha empleado recubrimientos a base de *Á. vera*, destacando que el mismo conduce a recuentos significativamente más bajos tanto de aerobios mesófilos como de levaduras y mohos (Martínez-Romero *et al.*, 2013).

Ramírez, Aristizábal y Restrepo (2013) destacan que la reducción del crecimiento de mohos y levaduras con el recubrimiento comestible posiblemente se puede atribuir a la propiedad antifúngica que presenta el *Á. vera* y que ha sido reportada contra patógenos como el *Penicillium digitatum*, *P. expansum*, *B. cinerea* y *Alternaria alternata*, demostrando la supresión de germinación e inhibición del crecimiento micelial de los mohos.

Es importante destacar que en la investigación de Ruiz, Ávila y Ruales (2016) se detalla que el valor máximo recomendado para comercializar a la fruta es de 10^4 UFC/g (4,00 log UFC), en este sentido se logró determinar que para el tratamiento control su tiempo máximo de vida útil sería

6,37 días, mientras que, en los dos tratamientos (T4 y T2) que se encontraron en primera categoría estadística sería de 10,57 y 10,15 días respectivamente, considerando positivo el empleo del recubrimiento comestible en las fresas.

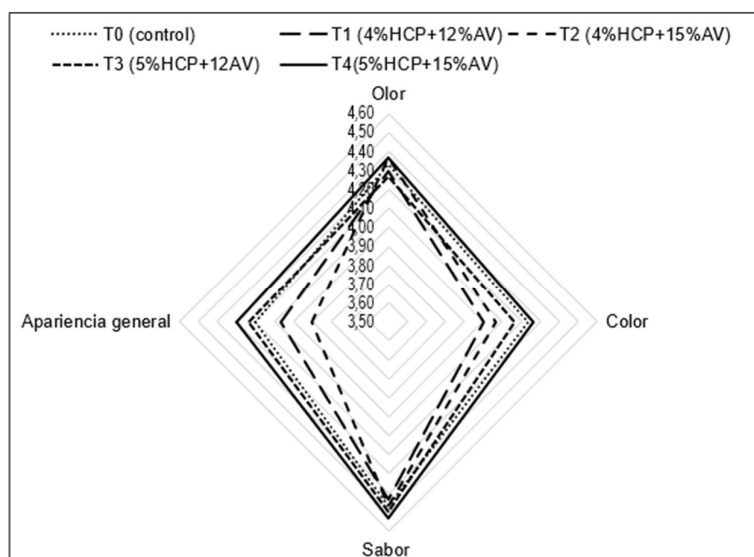
Tabla 5. Recuento de mohos y levaduras en las fresas en estudio.

Tratamientos	Día 0 (Log UFC/g)	Día 3 (Log UFC/g)	Día 6 (Log UFC/g)	Día 9 (Log UFC/g)	Día 12 (Log UFC/g)
T0 (control)	3,00 ^A	3,73 ^B	4,10 ^D	4,40 ^E	4,52 ^D
T1 (4% HCP+ 12% AV)	3,00 ^A	3,67 ^{AB}	3,83 ^C	4,09 ^D	4,27 ^C
T2 (4% HCP+ 15% AV)	3,10 ^A	3,56 ^A	3,56 ^B	3,93 ^B	4,10 ^A
T3 (5% HCP+ 12% AV)	3,10 ^A	3,63 ^{AB}	3,80 ^C	4,01 ^C	4,24 ^B
T4 (5% HCP+ 15% AV)	3,10 ^A	3,56 ^A	3,36 ^A	3,87 ^A	4,07 ^A

3.1.7. Análisis sensorial

Se determinó que los componentes del recubrimiento no transfirieron olor, color y sabor atípicos a las fresas, así mismo, no influyeron en la apariencia general de las mismas, por la razón de que no se evidenció diferencias significativas entre los tratamientos. No obstante, para una mejor visualización y análisis de los resultados se realizó una comparación de las medias mediante un gráfico radial (figura 3), en donde se puede apreciar que en la mayoría de los atributos evaluados se destaca el T4 (5 % de harina de cáscara de plátano + 15 % de *Á. vera*) como de mayor aceptación.

Figura 3. Medias de atributos evaluados en el análisis sensorial de las fresas.



4. Conclusiones

El uso de recubrimientos comestibles formulados con harina de cáscara de plátano y *Á. vera* en fresas evidencia mayor conservación de parámetros de calidad (pH, acidez, índice de madurez, peso, color, textura, mohos y levaduras), comparado con las muestras sin recubrimiento, además, no se determinó diferencias significativas entre tratamientos en la evaluación sensorial realizada, considerando que la aplicación del recubrimiento en las fresas no modificó las características organolépticas de las mismas.

La harina de cáscara de plátano en combinación con el *Á. vera* se presenta como un alternativa favorable en la producción de fresas, debido a que su aplicación en la elaboración y aplicación de recubrimientos comestibles permite mantener la calidad postcosecha de la fruta por un mayor tiempo, destacándose el T4 (5 % de harina y 15 % de *Á. vera*), seguido por el T2 (4 % de harina y 15 % de *Á. vera*) como los tratamientos que contribuyen a la inhibición del desarrollo de mohos y levaduras.

Referencias

- Abad, C., Jiménez, L. and Capa, E. (2020) 'Efecto de la cubierta (microtúnel) en la productividad de dos variedades de fresa (*Fragaria vesca*) en el sector Cajanuma cantón Loja', *La Granja*, 31(1), pp. 131–141. doi:10.17163/Igr.n31.2020.10.
- Ali, S. *et al.* (2019) 'Aloe vera gel coating delays postharvest browning and maintains quality of harvested litchi fruit', *Postharvest Biology and Technology*, 157. doi:10.1016/J.POSTHARVBIO.2019.110960.
- Alves, M. *et al.* (2021) 'Formulación y aplicación de recubrimientos a base de harina de cáscara de plátano en la conservación postcosecha de la fruta', *Investigación, Sociedad y Desarrollo*, 10(10), pp. 1–30.
- Anchundia, K., Santacruz, S. and Coloma, J. (2016) 'Caracterización física de películas comestibles a base de cáscara de plátano (*Musa Paradisiaca*)', *Revista chilena de nutrición*, 43(4), pp. 394–399. doi:10.4067/S0717-75182016000400009.
- AOAC 981.12 (2005) *pH o acidez de alimentos*. Available at: <https://doc.mbalib.com/view/71ba7f4759ab1b659d194fd1222526a3.html>.
- Báez, R. *et al.* (2018) 'Ácido Acetilsalicílico y cubiertas comestibles para la conservación de frutos: Tomate como modelo', *Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 19, pp. 1–

15. Available at: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?>

- Castro, M. *et al.* (2014) 'Aplicación de recubrimientos comestibles a base de quitosano y áloe vera sobre papaya (Carica papaya L. cv. "Maradol") cortada', *Alimentos, Ciencia e Ingeniería*, 22(2), pp. 05–12.
- Castro, M., Rivadeneira, C. and Santacruz, S. (2016) 'Recubrimientos comestibles a base de almidón de yuca, ácido salicílico y aceites esenciales para la conservación de mango cortado', *Revista de la Universidad del Zulia*, 18(7), pp. 54–68. Available at: https://www.researchgate.net/publication/346374032_Recubrimientos_comestibles_a_base_de_almidon_de_yuca_acido_salicilico_y_aceites_esenciales_para_la_conservacion_de_mango_cortado
- Fernández, N.M. *et al.* (2017) 'Estado actual del uso de recubrimientos comestibles en frutas y hortalizas', *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 15(2), pp. 134–141. doi:10.18684/BSAA(15)134-141.
- Firdous, N. *et al.* (2022) 'Effect of Aloe vera gel-based edible coating on microbiological safety and quality of tomato', *CyTA - Journal of Food*, 20(1), pp. 355–365. doi:10.1080/19476337.2022.2136760.
- García, G.A., Salas, C.A. and Canales, H.G. (2017) 'Recubrimiento comestible natural con base en Aloe vera como estrategia de conservación de Psidium guajava', *Revista científica*, 3(30), p. 224. doi:10.14483/23448350.11790.
- García, A., Ayala, A. and Sánchez, M. (2019) 'Efecto de recubrimientos comestibles de Aloe vera y alginato de sodio sobre la calidad poscosecha de fresa', *U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 22(2), pp. 1–8. doi:10.31910/RUDCA.V22.N2.2019.1320.
- García, R., Zúñiga, H. and Carhuaz, D. (2019) 'Evaluación de la vida útil postcosecha de Pera (Packham's Triumph) mediante recubrimiento con cera de carnauba y cera de abeja', *Ingeniería investiga*, 1(1), pp. 09–25. doi:10.47796/ING.V1I1.119.
- Gaytán, J. *et al.* (2019) 'Desarrollo y evaluación sensorial de un postre de gelatina funcional del fruto rojo de Stenocereus queretaroensis (F.A.C. Weber) Buxbaum.', *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 4, pp. 576–580.
- INEN 1529-10 (2013) *Control microbiológico de los alimentos. Mohos y levaduras viables. Recuentos en placa por siembra en profundidad.* Available at:

<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1529-10-1R.pdf>

INEN 2337 (2008) *Jugos, pulpas, concentrados, néctares, bebidas de frutas y vegetales.*

Requisitos. Available at: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2337.pdf>

Jiménez, A. *et al.* (2019) 'Vista de Película comestible a partir de cáscara de plátano macho

(*Musa paradisiaca L.*)', *Ciencia y tecnología de alimentos*, 29(3), pp. 49–57. Available at:

<https://www.revcitecal.iiia.edu.cu/revista/index.php/RCTA/article/view/76/64>

Liu, C. *et al.* (2021) 'Effects of hydroxyethyl cellulose and sodium alginate edible coating

containing asparagus waste extract on postharvest quality of strawberry fruit', *Lwt*,

148(January), p. 111770. doi:10.1016/j.lwt.2021.111770.

Martínez-Romero, D. *et al.* (2013) 'Aloe vera gel coating maintains quality and safety of ready-to-

eat pomegranate arils', *Postharvest Biology and Technology*, 86, pp. 107–112.

doi:10.1016/J.postharvbio.2013.06.022.

Martínez, D. *et al.* (2006) 'Á. vera, recubrimiento comestible de frutas y hortalizas', pp. 42–44.

Available

at:

https://www.researchgate.net/publication/28282088_Aloe_vera_recubrimiento_comestible_de_frutas_y_hortalizas

Meneses, K., Santacruz, S. and Coloma, J. (2017) 'Cassava conservation (*Manihot esculenta*)

with edible film based on banana peel flour', *Técnica de la Facultad de Ingeniería de la*

Universidad del Zulia, 40(2), pp. 105–112. Available at:

http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S025407702017000200006&lng=en&nrm=iso

Mora, R., Feregrino, A. and Contreras, A. (2021) 'Recubrimientos comestibles para extender la

vida de anaquel de productos hortofrutícolas', *Multidisciplinar Ciencia Latina*, 5(4), pp.

4605–4625.

Available

at:

<https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/644/855>

NTE INEN 1909 (2016) 'Frutas fresas. Tomate de árbol. Requisitos'. Available at:

https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_1909-2.pdf

Peñaloza, R. and Ordoñez, M. (2020) 'Conservación de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) mediante

la aplicación de recubrimiento comestible a base de gel de aloe barbadensis miller',

Ciencia y Tecnología alimentaria, 16(2), pp. 50–67.

- Ramírez, J., Aristizábal, I. and Restrepo, J. (2013) 'Conservación de mora de castilla mediante la aplicación de un recubrimiento comestible de gel de mucílago de penca de sábila', *Revista de la facultad de química farmacéutica*, 20(3), pp. 172–183. Available at: <http://www.scielo.org.co/pdf/vitae/v20n3/v20n3a3.pdf>.
- Ramos, M., Romero, C. and Bautista, S. (2018) 'Almidón modificado: Propiedades y usos como recubrimientos comestibles para la conservación de frutas y hortalizas frescas', *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 19(1), pp. 30–44. Available at: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81355612003>.
- Restrepo, J. and Aristizábal, I. (2010) 'Conservación de fresa (Fragaria x ananassa Duch cv. Camarosa) mediante la aplicación de recubrimientos comestibles de gel mucilaginoso de penca de sábila (Aloe barbadensis Miller) y vera de carnaúba', *Revista de la Facultad de Química Farmacéutica*, 17(3), pp. 252–263. Available at: <https://www.redalyc.org/pdf/1698/169815641003.pdf>
- Ruiz, M., Ávila, J. and Ruales, J. (2016) 'Diseño de un recubrimiento comestible bioactivo para aplicarlo en la frutilla (Fragaria vesca) como proceso de postcosecha ', *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 17(2), pp. 276–287. Available at: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81349041015>
- Saleem, M.S. *et al.* (2021) 'Incorporation of ascorbic acid in chitosan-based edible coating improves postharvest quality and storability of strawberry fruits', *International Journal of Biological Macromolecules*, 189, pp. 160–169. doi:10.1016/J.IJBIOMAC.2021.08.051.
- Seguil, C., Mendoza, Z. and Casimiro, E. (2020) 'Vista de Evaluación de las formulaciones de película comestible de Nostoc sphaericum aplicadas a la conservación de fresas', *Alimentos, Ciencia e Ingeniería*, 27(2), pp. 79–93. Available at: <https://revistas.uta.edu.ec/erevista/index.php/aci/article/view/952/1093>
- Terán, S.S. (2021) 'Edible coatings based on cassava starch, salicylic acid and essential oils for preservation of fresh-cut mango', *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 74(1), pp. 9461–9469. doi:10.15446/rfnam.v74n1.83837.
- Villanueva, C. *et al.* (2021) 'Aplicación de Aceite Esencial de Canela (Cinnamomum verum) y Clavo de Olor (syzygium aromaticum) en la cobertura comestible y tiempo de vida útil de

la fresa (*Fragaria ananassa*)”, *Ciencia Latina*, 5(2), pp. 1504–1526. Available at:
<https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/367/456>