

# Efecto de un recubrimiento comestible a base de harina de cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*) y ácido cítrico aplicado en piña (*Ananas comosus*) mínimamente procesada

## Effect of an edible coating based on banana peel flour (*Musa paradisiaca*) and citric acid applied to minimally processed pineapple (*Ananas comosus*)

Christian Simón RIVADENEIRA BARCIA<sup>1</sup>, Flavio Ernesto SÁNCHEZ MOREIRA<sup>2</sup>, Alejandro HERNÁNDEZ LEÓN<sup>3</sup>, Luis Humberto VÁSQUEZ CORTEZ<sup>4</sup>, Jhoan Alfredo PLUA MONTIEL<sup>5</sup>, Luiggi Steeven LÓPEZ SALVATIERRA<sup>6</sup>, Sanyi Lorena RODRIGUEZ CEVALLOS<sup>6</sup>, Daysi Beatriz SOTO CALDERÓN<sup>7</sup>

1 Facultad Ciencias de la Vida y Tecnológica y Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Manta, Ecuador.

2 Estudiante de la Dirección de Postgrado, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Manta, Ecuador.

3 Instituto Universitario de Investigación en Recursos Agrarios (INURA), Universidad de Extremadura, Badajoz, España.

4 Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Babahoyo, Babahoyo, Los Ríos, Ecuador.

5 Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura. Sangolquí, Ecuador.

6 Investigador Independiente.

7 Universidad Técnica de Babahoyo, Los Ríos, Ecuador.

Recibido: 2/mayo/2025. Aceptado: 12/junio/2025.

### RESUMEN

**Introducción:** Los recubrimientos comestibles representan una alternativa tecnológica eficaz para preservar la calidad y extender la vida útil de frutas mínimamente procesadas, además de promover la valorización de residuos agroindustriales.

**Objetivos:** Evaluar el efecto de un recubrimiento comestible a base de harina de cáscara de plátano y ácido cítrico sobre las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y organolépticas de la piña (*Ananas comosus*) mínimamente procesada durante su almacenamiento.

**Material y Métodos:** Se aplicaron cinco tratamientos: T0 (control, sin recubrimiento), T1 (4 % de harina + 0,5 % de ácido cítrico), T2 (4 % + 1 %), T3 (5 % + 0,5 %) y T4 (5 % + 1 %). Las muestras fueron almacenadas a 4 °C por 15 días y evaluadas cada 3 días. Se midieron parámetros microbiológicos (mohos, levaduras, E. coli y Salmone-

lla), fisicoquímicos (pH, acidez, sólidos solubles, pérdida de peso, dureza, madurez y color) y sensoriales (sabor, color y apariencia).

**Resultados:** El tratamiento T4 presentó la menor pérdida de peso (9,76 %) y mejores características sensoriales, especialmente en color y sabor. Además, se observó una reducción significativa en el desarrollo de mohos en comparación con el control. No se encontraron diferencias significativas en las variables de levaduras, E. coli, Salmonella, pH, °Brix, acidez y madurez durante el periodo evaluado.

**Discusión:** El recubrimiento con mayor concentración de componentes mostró una capacidad protectora más efectiva, al retrasar el deterioro físico y microbiológico del fruto, sin alterar negativamente sus características sensoriales.

**Conclusiones:** El recubrimiento desarrollado prolongó la vida útil del aguacate mínimamente procesado, evidenciando su potencial como alternativa sostenible en la preservación de frutas frescas.

### PALABRAS CLAVE

Conservación de alimentos, sustentabilidad, industria alimentaria, seguridad alimentaria.

### Correspondencia:

Luis Humberto Vásquez Cortez  
lvazquezc@utb.edu.ec

## ABSTRACT

**Introduction:** Edible coatings are considered an effective strategy to reduce deterioration and extend the shelf life of minimally processed fruits and vegetables. Furthermore, the reuse and valorization of agro-industrial waste is a priority objective in the food sector.

**Objectives:** To evaluate the application of an edible coating based on banana peel flour and citric acid on the physicochemical, microbiological, and sensory properties of minimally processed pineapple (*Ananas comosus*) during storage.

**Materials and Methods:** After sanitation and processing, pineapples received five treatments: T0 (control, without coating), T1 (4 % banana peel flour and 0.5 % citric acid), T2 (4 % and 1%), T3 (5 % and 0.5 %), and T4 (5 % and 1 %). Samples were stored at 4 °C for 15 days and evaluated every 3 days. Parameters analyzed included microbiological (molds, yeasts, *E. coli*, and *Salmonella*), physicochemical (pH, acidity, total soluble solids, weight loss, firmness, maturity index, and color), and sensory properties (flavor, color, and general appearance).

**Results:** The application of edible coatings reduced mold growth, weight loss, and firmness degradation compared to the control. Treatment T4 yielded the best performance, with the lowest weight loss (9,76 %), superior sensory characteristics in terms of flavor and color, and delayed microbial growth, effectively extending shelf life from 12 to 15 days. Yeasts, *E. coli*, *Salmonella*, color, maturity, pH, °Brix, and acidity did not show statistically significant variations throughout storage.

**Discussion:** The coating with the highest concentration of banana peel flour and citric acid demonstrated the most effective preservation, improving sensory quality and microbiological stability.

**Conclusions:** The edible coating developed from agro-industrial by-products represents a sustainable and effective alternative to extend the shelf life of minimally processed pineapple.

## KEYWORDS

*Ananas comosus*, banana peel flour, citric acid, edible coating, physicochemical properties, sensory properties.

## INTRODUCCIÓN

Se estima que actualmente en Ecuador existen más de 3000 ha de superficie sembrada de piña (*Ananas comosus*), produciendo 77 Kg\*ha. Además que hasta 2020 en Ecuador, su producción fue de 104.059 Tm<sup>1</sup>.

El consumo regular de frutas es esencial para una alimentación saludable, y en este sentido en los últimos estudios se muestra un aumento del consumo de piña en la última dé-

cada, la piña es rica en nutrientes, fibra y compuestos bioactivos destacando ser una buena fuente de antioxidantes<sup>2</sup>.

La piña mínimamente procesada es atractiva para los consumidores, por ser saludables, frescas y la facilidad para el consumo<sup>3</sup>. Sin embargo, su vida útil es corta debido las propias características físico-químicas de esta fruta, que al trocearse aumentan la exposición a ataques microbianos y pérdida de calidad<sup>4</sup>. Todo ello ocasiona que el color, sabor y textura se degrade, y una pérdida de nutrientes, gases y vapor de agua. La industria alimentaria ha desarrollado estrategias para disminuir este deterioro, razón por la que se han realizado muchos intentos para aumentar la vida útil de la piña mínimamente procesada<sup>5</sup>. La temperatura de almacenamiento controlada y el envasado en atmósfera modificada son las tecnologías más utilizadas, así como también los recubrimientos comestibles<sup>6</sup>.

Con respecto a los recubrimientos comestibles (RC), estos pueden ser definidos como una capa delgada que se forma sobre la superficie del alimento, haciendo de envoltura protectora<sup>7</sup>. Esta barrera física presenta como objetivo principal prolongar la vida útil contribuyendo a la preservación de las propiedades sensoriales de los alimentos. Además, los RC pueden elaborarse a partir de materiales orgánicos<sup>8</sup>, por lo que los residuos y subproductos de la industria agroalimentaria pueden ser la base para su preparación.

En Ecuador, una de las principales actividades que se desarrollan es la agricultura, sin embargo, sus residuos no son procesados de manera correcta. De tal manera que las industrias buscan alternativas para poder aprovechar los residuos, como los provenientes del plátano (*Musa paradisiaca*)<sup>9</sup>, donde su cáscara es considerada desecho. La cáscara de plátano es rica en nutrientes, mayoritariamente agua (68,9%), carbohidratos en un 18,5% entre los que destaca el almidón (66,6 % de los carbohidratos), seguido de grasas, proteínas, calcio, fósforo, vitamina C, y ceniza. En base a su composición, la cáscara de plátano es una adecuada materia prima para el desarrollo de RC<sup>10</sup>.

Para mejorar las propiedades de los recubrimientos comestibles se han evaluado diferentes formulaciones diferentes ingredientes funcionales<sup>11</sup>. Entre estos ingredientes funcionales, la incorporación de agentes antioxidantes a los recubrimientos para cubrir frutas y verduras en fresco, así como mínimamente procesadas (mango, lechuga, aguacate, papa) se ha mostrado decisiva para reducir la oxidación de la fruta<sup>12</sup>. En este sentido, la incorporación de ácido cítrico a recubrimientos comestibles a base de alginatos sobre manzana mínimamente procesada ha mejorado las pérdidas de agua y ha disminuido la aparición de pardeamientos<sup>13</sup>.

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto del recubrimiento comestible a base de harina cáscara de plátano con incorporación de ácido cítrico sobre las características microbiológicas, fisicoquímicas y sensoriales de piña mínimamente procesada.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los tratamientos estudiados se definieron de acuerdo a los factores de estudio, evaluados a través de 4 niveles, más un grupo control, siendo T0 (Sin recubrimiento), T1 (4% harina de cáscara de plátano (HCP) y 0,5% de ácido cítrico (AC)), T2 (4% harina de cáscara de plátano y 1% de ácido cítrico), T3 (5% HCP y 0,5% de AC) y T4 (5% HCP y 1% de AC). Se llevó a cabo un diseño experimental completamente al azar (DCA) con análisis de varianza al 5% (ANOVA), para el análisis estadístico se utilizó el test de Duncan ( $p < 0,050$ ), mediante el Software Infostat, donde cada análisis se realizó por triplicado (Tabla 1).

**Tabla 1.** Descripción de los tratamientos en estudio

Tratamientos	Factor A: % de harina de cáscara de plátano	Factor B: % de ácido cítrico
T0	Sin recubrimiento	
T1	4%	0,5%
T2	4%	1%
T3	5%	0,5%
T4	5%	1%

### Manejo del experimento

Se utilizaron frutos de piña (*Ananas comosus*) comprados en un mercado en la ciudad de Manta-Ecuador, que estuvieron libres de lesiones o infecciones detectables. Posteriormente se desinfectó el fruto en una solución acuosa de 100 ppm de hipoclorito de sodio durante 2 minutos para el pelado del fruto posterior. Las piñas se cortaron en trozos de 3 cm de largo, 2 cm de ancho y 1 cm de altura, La cáscara de plátano fue recolectada en el mercado de los esterios en Manta-Ecuador, y se desechó producto en mal estado.

### Elaboración de la harina de cáscara de plátano

Se empleó el método descrito por Anchundia & Santacruz<sup>14</sup> con algunas modificaciones: las cáscaras de plátano fueron lavadas con agua potable y desinfectadas con hipoclorito de sodio al 2% (p/p). Después se cortaron en trozos de 0,3 x 2,5 cm aproximadamente, que fueron sumergidos en una solución de metabisulfito de potasio 1%(p/v) durante 24 horas.

Posteriormente se realizó el secado en estufa (marca Binder) a 60°C por 24 horas y se efectuó el molido (Molino desintegrador BIOBASE MD120). Tras la molienda, la harina se mezcló con etanol al 90% (20 gramos de harina se mezclaron con 20 mL de etanol; 10% (p/v)) durante 16 horas en

baño María (Modelo LWD-111D) a 50°C para eliminar las fracciones lipídicas. Realizado lo anterior se procedió a lavar la harina 3 veces con agua destilada y se filtró con tela lienzo. Posteriormente se llevó a cabo otro secado en estufa a 55°C por 24 horas. La harina se blanqueó con una solución de peróxido de hidrogeno al 15% por 3 horas y se tamizó con un tamiz (Advantech N° 200).

### Elaboración del recubrimiento

Se prepararon 100 mL de solución formadora de película (SFP) para cada tratamiento, siguiendo el procedimiento descrito por Rovira & Maté<sup>15</sup>, con ciertas modificaciones: se preparó una solución a base de harina de cáscara de plátano y como plastificante se añadió glicerol al 1% (p/p) en agua destilada. Se usó un agitador magnético Isotemp (Fisher Scientific) a 125 rpm durante 30 min y 90°C en un baño maría. Después las soluciones se dejaron enfriar, y se añadieron las concentraciones de ácido cítrico de acuerdo a las formulaciones generadas. Finalmente, se usó el agitador magnético a 125 rpm durante 5 minutos a 25°C.

### Aplicación de recubrimiento comestible

Se sumergieron en su totalidad las piñas en cada una de las soluciones por un tiempo de 30 segundos. Se procedió a dejar secar por una hora a temperatura ambiente. Finalmente, los trozos de piña se guardaron en fundas Ziploc y se refrigeraron 4 °C ( $\pm 2$ ) durante 15 días. Las muestras se tomaron cada 3 días por triplicado. El experimento se repitió dos veces.

### Análisis microbiológicos

Se realizó el conteo de *Salmonella* sp. y *Escherichia coli* en las muestras de piña luego de 0, 3, 6, 9, 12 y 15 días. Se utilizaron 10 g de muestra, y se añadió 90 mL de solución de KCl (Cloruro de potasio) al 0,1% (p/v) posteriormente se mezcló. Se preparó el inóculo utilizando 1 mL de la solución obtenida con 9 mL de agua destilada. Los recuentos de Log UFC/g de *Salmonella* spp y *E. coli* se realizaron mediante el método de vertido, siendo necesario 1 mL del inóculo, tal cual lo indica la Normativa Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1529-2<sup>16</sup> con algunas modificaciones.

Para el análisis de los mohos y levaduras se llevó a cabo el método descrito en la norma INEN 1529-10<sup>17</sup>. Se utilizaron temperaturas entre 22 °C y 25 °C de las unidades propagadoras de mohos y levaduras, mediante la técnica de recuento en placa por siembra en profundidad, además de un agar potato dextrose para el aislamiento y enumeración de mohos y levaduras.

### Análisis físico-químicos

#### Color

Para realizar el análisis del color se utilizó un colorímetro marca Kónica Minolta (Japan) en conjunto con una escala

$L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ . Fueron representadas con base en los parámetros de cromaticidad  $a^*$  (verde [-], rojo [+]) y  $b^*$  (azul [-], amarillo [+]).

Con estos valores se determinó el índice de color en base a la ecuación 1.

$$IC = \frac{a^*}{L^* \times b^*} * 100 \quad [1]$$

#### Determinación de sólidos solubles totales, acides titulable, pH e índice de madurez

Para la determinación de los sólidos solubles totales (SST) se utilizó licuadora doméstica y el jugo obtenido fue filtrado en papel filtro. El jugo obtenido fue analizado por medio de un refractómetro digital (BOECO, Germany) de acuerdo al método de la AOAC (1990). Los resultados se expresaron como °Brix.

El pH se determinó mediante una valoración potenciométrica utilizando un potenciómetro (CONSORT C6010), con NaOH 0.1 N y fenolftaleína como indicador, se expresó en porcentaje de ácido cítrico (AOAC 981.12 2005), y se calculó mediante la siguiente ecuación 2.

$$\%Acidez = \frac{V*N*Mq}{M} * 100 \quad [2]$$

Donde se suma el volumen de solución de hidróxido de sodio 0,1 N consumido en la titulación del muestreo, en mL, con la normalidad de la solución de hidróxido de sodio, y con el volumen de la muestra, en mL, dividiéndose para el equivalente del ácido cítrico (0,064).

Para determinar el índice de madurez se utilizó la ecuación 3, y los resultados fueron expresados como Brix/g de ácido cítrico.

$$IM = \frac{\text{Sólidos solubles}}{\text{Acidez}} \quad [3]$$

#### Textura instrumental

Se empleó el método descrito por Santacruz<sup>18</sup>. La fuerza de penetración de las piñas mínimamente procesada teniendo un grosor de 5 cm aproximadamente, luego se usó texturómetro Shimadzu (Modelo EZ-LX, Japón) junto con una sonda de acero inoxidable de 3 mm de diámetro y 8 cm de longitud. La velocidad de la sonda fue de 10 mm s<sup>-1</sup> y se registró la fuerza máxima de penetración, expresada en newton (N).

#### Porcentaje de pérdida de peso

Se llevó a cabo el cálculo del porcentaje de pérdida de peso por medio de la relación del peso inicial y final de los trozos de piña mediante la ecuación 4.

$$\%Pérdida\ de\ peso = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} * 100 \quad [4]$$

#### Análisis sensorial

El análisis sensorial se realizó empleando un panel de 30 jueces no entrenados, seleccionados al azar, para la elección de la muestra con mayor aceptación a través del color, sabor y olor, utilizando un criterio hedónico: Me disgusta mucho (1), Me disgusta poco (2), Ni me gusta ni me disgusta (3), Me gusta poco (4) y Me gusta mucho (5).

### **RESULTADOS**

#### **Análisis microbiológicos**

En cuanto a las bacterias patógenas evaluadas, tanto *E. coli* como *Salmonella* sp., no se observó presencia de estos microorganismos durante todo el periodo de almacenamiento en ninguno de los tratamientos efectuados. Los resultados mostraron que no se presentó contaminación cruzada, teniendo como referencia el control, debido que se controlaron adecuadamente los factores extrínsecos para que estos no favorecieran el desarrollo de microorganismos en el alimento.

En cuanto a la presencia de mohos (Figura 1), los resultados del día 0 mostraron niveles significativamente inferiores en las piñas recubiertas ( $p < 0,050$ ) respecto al control (4,42 Log UFC/g). Esta reducción significativa en los recuentos de mohos en las muestras recubiertas continuó al tercer día, siendo el control (4,75 Log UFC/g) y al sexto día para la mayoría de los tratamientos.

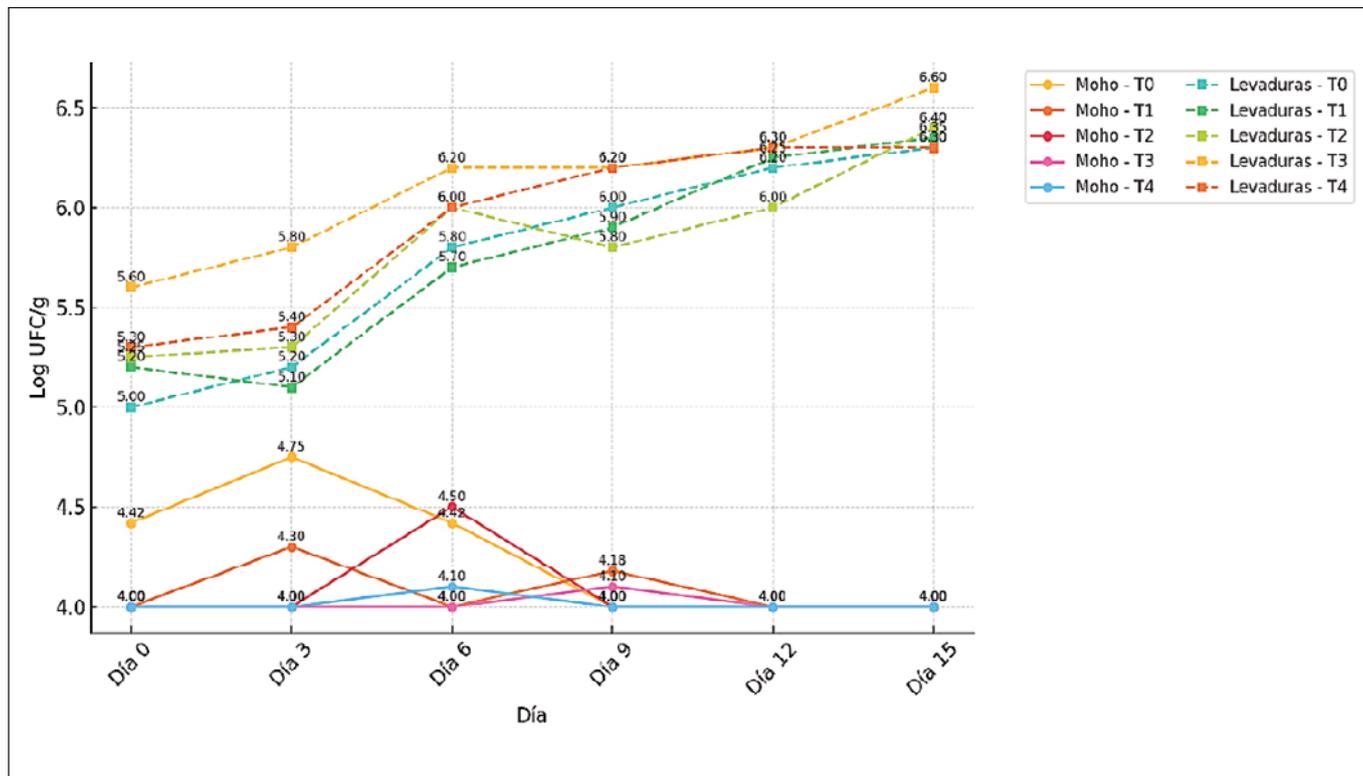
Se muestran los recuentos de levaduras, donde se observa una tendencia general al incremento en el recuento de levaduras durante el almacenamiento de todos los tratamientos. Además, los resultados mostraron que el incremento en almidón de los recubrimientos favoreció el desarrollo de las levaduras. Sin embargo, la combinación de 4% de HCP y 1% AC (T2) consiguió un control efectivo de los recuentos de levaduras frente al control durante todo el almacenamiento.

#### **Análisis fisicoquímicos**

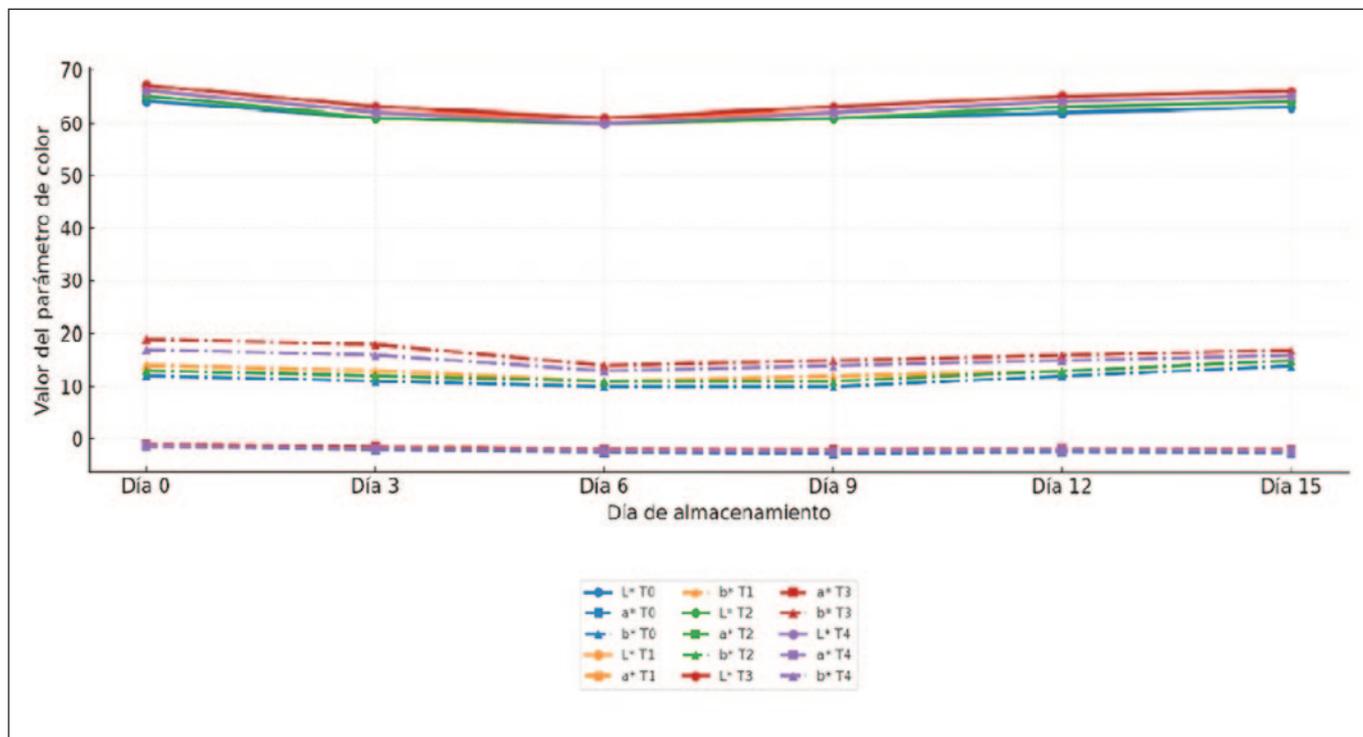
##### Color

En la figura 2 se observa que al inicio del estudio los recubrimientos comestibles provocaron una luminosidad inferior al control ( $p < 0,050$ ). Sin embargo, la evolución de la luminosidad fue diferente entre los tratamientos con RC y el control, observándose un descenso de la luminosidad del T0 en el día 15 respecto al inicio del ensayo, mientras que en los tratamientos con RC se observó un mantenimiento de la luminosidad. Generalmente los cambios en la luminosidad de las frutas están asociados, entre otros factores, a los cambios en el contenido de humedad.

Respecto al eje rojo-verde, no se observaron diferencias entre tratamientos, aunque los valores medios indicaron mayores tonalidades verdosas en el T0. Finalmente, el análisis



**Figura 1.** Recuentos de mohos (Log UFC/g) y levaduras (Log UFC/g) de las piñas mínimamente procesadas tratadas con recubrimientos comestibles (T1, T2, T3, y T4) y el tratamiento control (T0)



**Figura 2.** Evolución del color reflejado (L: luminosidad; a: eje rojo-verde; b: eje amarillo-azul) de las piñas mínimamente procesadas tratadas con recubrimientos comestibles (T1, T2, T3, y T4) y el tratamiento control (T0)

del eje amarillo-azul (Figura 2) mostró que los tratamientos con mayor porcentaje de ácido cítrico preservaron mejor las coloraciones amarillas, especialmente al final del ensayo.

En la figura 3 se muestra la evolución del índice de color en la que se muestran que en general las variaciones de color en general fueron limitadas durante los 15 días de almacenamiento. Sin embargo, desde el día inicial de análisis se observó una mayor variación de color en T0 (-2,26) respecto a la piña recubierta ( $p < 0,050$ ). Las diferencias más importantes se encontraron en el día 6 de almacenamiento en el que se observó que el tratamiento T3 con 5% de HCP y 1% de AC preservó mejor el color que el resto de los tratamientos, especialmente frente al control T0 ( $p < 0,050$ ).

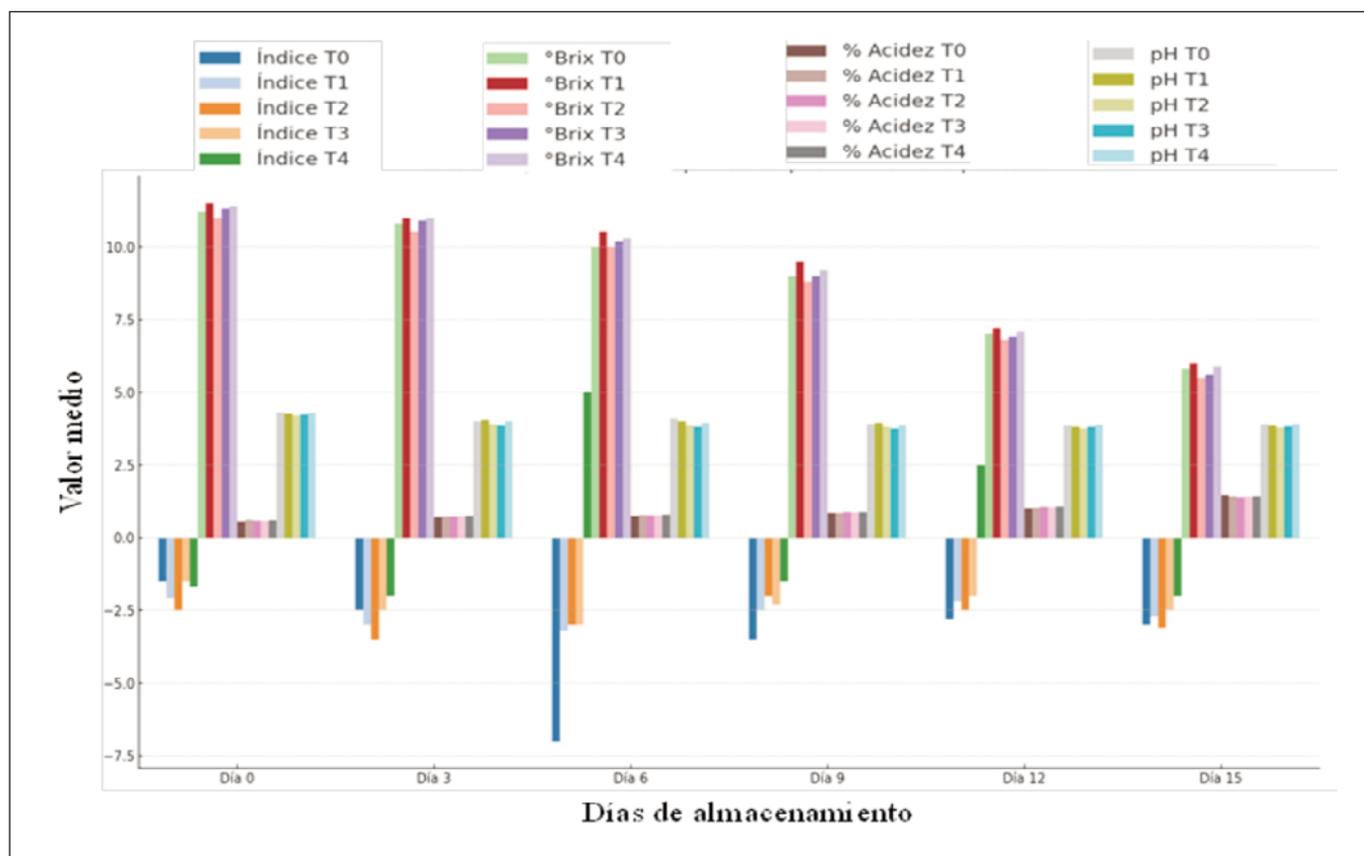
Se muestra la evolución del contenido en SST de las piñas tratadas con recubrimientos comestibles, observando una disminución general a lo largo del almacenamiento. Se observó que en el día 0 los tratamientos presentaron valores comprendidos entre 10,7 °Brix en T4 y 12,07 °Brix en T1. Al finalizar el ensayo tras 15 días todas las piñas presentaron valores de 5-6 °Brix.

La evolución de la acidez titulable fue similar a lo largo del almacenamiento en todos los tratamientos. Con incrementos

paulatinos hasta el día 15. El efecto de la adición de ácido cítrico se detectó principalmente en los días 3 y 6 de análisis, donde los tratamientos T3 y T4 presentaron mayores valores. Al final del almacenamiento en tratamiento control T0 presentó los mayores valores de acidez titulable.

Se muestra la evolución del pH a lo largo de los días de almacenamiento de las piñas tratadas con recubrimientos comestibles. En general se observó un descenso del pH durante el almacenamiento. El día 0 no se observaron diferencias significativas, con valores comprendidos entre 5,21 en T2 y en 5,29 en T3. En el día 3 todos los tratamientos son diferentes ( $p < 0,050$ ) entre sí, siendo el T3 con 3,91 el menor y T1 con 4,1 el mayor nivel. En el sexto día los tratamientos con 1% de ácido cítrico presentaron los menores valores (T2 con un valor medio de 3,88, y T4 con un valor medio de 3,92), siendo similares los resultados para el día 9. Al final del almacenamiento todos los valores de pH se estabilizan en torno a 3,80.

En la tabla 2 se muestra la evolución del índice de madurez medida en °Brix/g de ácido cítrico. Los resultados mostraron una evolución similar entre tratamientos, con un descenso gradual a lo largo del almacenamiento. El día 0 se



**Figura 3.** Evolución de parámetros fisicoquímicos (índice de color, °Brix, % acidez y pH) de las piñas mínimamente procesadas tratadas con recubrimientos comestibles (T1, T2, T3, y T4) y el tratamiento control (T0)

**Tabla 2.** Evolución del índice de madurez de las piñas mínimamente procesadas tratadas con recubrimientos comestibles (T1, T2, T3, y T4) y el tratamiento control (T0)

	Día 0	Día 3	Día 6	Día 9	Día 12	Día 15
T0	21,54±0.37 <sup>B</sup>	17,39±0.66 <sup>C</sup>	17,25±1.13 <sup>B</sup>	12,59±0.36 <sup>B</sup>	8,50±0.29 <sup>A</sup>	3,73±0.12 <sup>A</sup>
T1	20,93±0.67 <sup>B</sup>	15,86±0.54 <sup>B</sup>	15,00±0.28 <sup>A</sup>	13,44±0.82 <sup>B</sup>	9,63±0.63 <sup>B</sup>	6,22±0.38 <sup>C</sup>
T2	21,38±1.09 <sup>B</sup>	14,47±0.31 <sup>A</sup>	17,69±0.46 <sup>B</sup>	12,57±0.66 <sup>B</sup>	9,44±0.07 <sup>B</sup>	3,95±0.06 <sup>A</sup>
T3	18,68±1.47 <sup>A</sup>	13,70±0.05 <sup>A</sup>	15,66±0.44 <sup>A</sup>	11,12±0.38 <sup>A</sup>	8,43±0.2 <sup>A</sup>	5,16±0.29 <sup>B</sup>
T4	20,44±0.1 <sup>B</sup>	13,73±0.43 <sup>A</sup>	15,12±0.29 <sup>A</sup>	10,28±0.36 <sup>A</sup>	9,16±0.33 <sup>B</sup>	4,80±0.21 <sup>B</sup>

observó un menor valor para el tratamiento T3 ( $P<0,05$ ) a los otros tratamientos y control. Al finalizar el muestreo el día 15 el tratamiento con menor maduración fue T0 ( $P<0,05$ ) y la más alta T1 ( $P<0,05$ ), mostrando el efecto de conservación de los parámetros físico-químicos de los recubrimientos comestibles.

Como se observa en la tabla 3 que representa los valores de dureza (N) a lo largo del almacenamiento, los mejores resultados se reportaron al día 0 en los tratamientos T3 (2,34 N) y el tratamiento T1 (2,42N) superiores ( $p<0,050$ ) al resto de los tratamientos. A medida que avanzó el ensayo los valores medios menores de dureza fueron encontrados en el tratamiento T0, encontrando que en el día 12 el tratamiento T3 presentó el mayor valor (2,25N), mientras que a los 15 días todos los tratamientos no se observaron diferencias.

En la figura 4 en la que se representan las pérdidas de peso durante el almacenamiento de la piña mínimamente procesada se observa que el tratamiento T0 mostró una mayor pérdida de peso en los 15 días de estudio realizados, con una pérdida del 21,88% de su masa. En general, los tratamientos con recubrimientos preservaron las pérdidas de peso, pero especialmente el tratamiento T2 hasta los 12 días tuvo un

mejor comportamiento. A los 15 días, el tratamiento que menor pérdida presentó fue T4 con 9,76%.

### Análisis sensorial

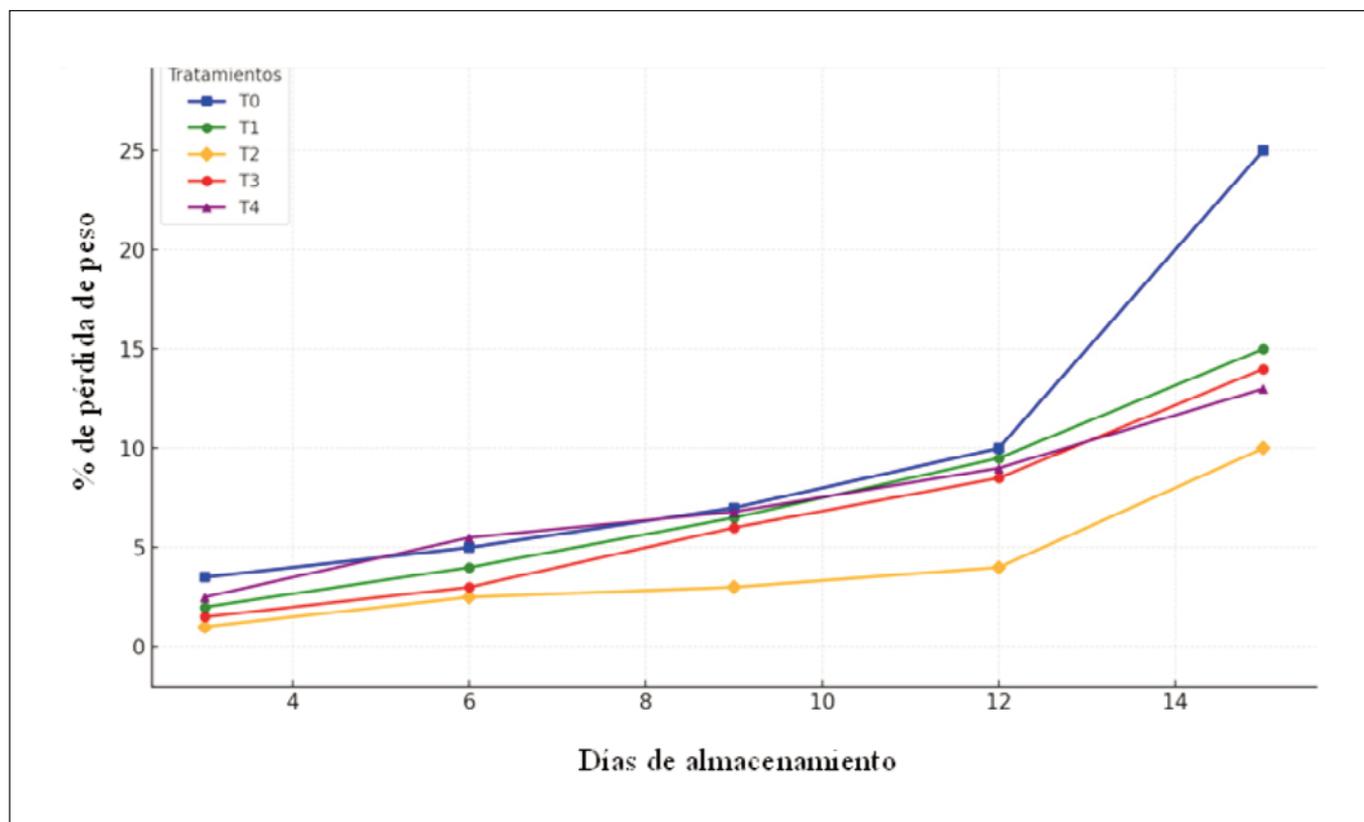
En la figura 5 el tratamiento mejor puntuado con respecto al color y sabor fue el T4 (% de harina de cáscara plátano y 1% de ácido cítrico). El tratamiento T2 tuvo buena aceptación en el análisis del color y sabor, con 4% de harina de cáscara de plátano y 1% de ácido cítrico, seguido del tratamiento T1 y T3. Referente al olor el mejor resultado lo presenta T1, con 4% de harina de cáscara plátano y la incorporación del 0,5% del ácido cítrico, posiblemente por la menor concentración de harina de cáscara de plátano, seguido de T2.

### DISCUSIÓN

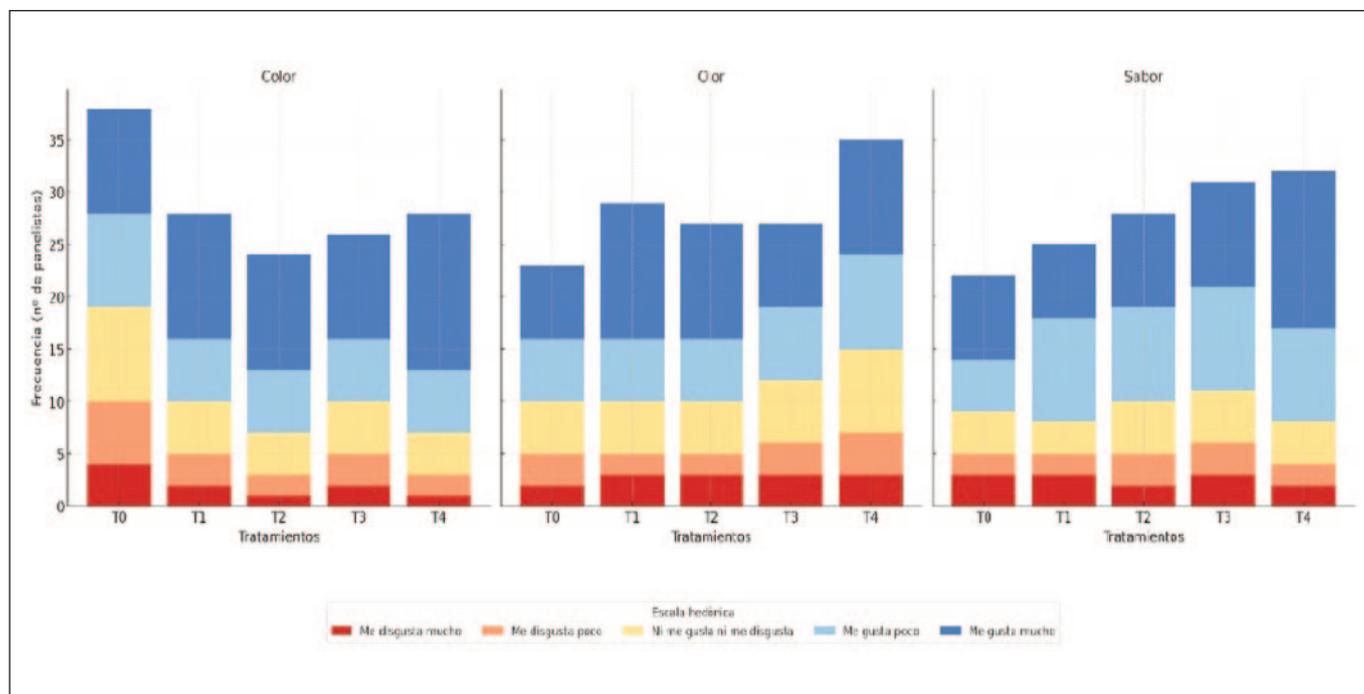
Anchundia & Santacruz<sup>14</sup> indicaron que es necesario evitar la contaminación cruzada, pues una vez infectado, el desarrollo de *E. coli* no es inhibido por las temperaturas de almacenamiento en frutas mínimamente procesada, debido que no es una limitante en el desarrollo de este patógeno. Asimismo, Galán<sup>19</sup> demostraron que *Salmonella* sp puede crecer y so-

**Tabla 3.** Evolución de la dureza (N) de las piñas mínimamente procesadas tratadas con recubrimientos comestibles (T1, T2, T3, y T4) y el tratamiento control (T0)

	Día 0	Día 3	Día 6	Día 9	Día 12	Día 15
T0	1,64±0,11 <sup>A</sup>	2,23±0,25 <sup>AB</sup>	1,81±0,39 <sup>AB</sup>	0,99±0,16 <sup>A</sup>	1,02±0,31 <sup>A</sup>	0,98±0,46 <sup>A</sup>
T1	2,42±0,29 <sup>B</sup>	2,42±0,29 <sup>AB</sup>	2,55±0,56 <sup>B</sup>	1,48±0,16 <sup>AB</sup>	1,19±0,7 <sup>A</sup>	1,16±0,29 <sup>A</sup>
T2	1,58±0,11 <sup>A</sup>	2,33±0,25 <sup>AB</sup>	2,22±0,56 <sup>AB</sup>	1,36±0,82 <sup>AB</sup>	1,65±0,5 <sup>AB</sup>	1,08±0,28 <sup>A</sup>
T3	2,34±0,06 <sup>B</sup>	1,94±0,39 <sup>A</sup>	2,30±0,4 <sup>B</sup>	1,58±0,43 <sup>AB</sup>	2,25±0,49 <sup>B</sup>	1,75±1,06 <sup>A</sup>
T4	1,79±0,16 <sup>A</sup>	2,75±0,53 <sup>B</sup>	1,41±0,1 <sup>A</sup>	2,00±0,56 <sup>B</sup>	1,83±0,51 <sup>AB</sup>	1,07±0,10 <sup>A</sup>



**Figura 4.** Evolución de las pérdidas de peso de las piñas mínimamente procesadas tratadas con recubrimientos comestibles (T1, T2, T3, y T4) y el tratamiento control (T0)



**Figura 5.** Resultados del análisis sensorial de las piñas mínimamente procesadas tratadas con recubrimientos comestibles (T1, T2, T3, y T4) y el tratamiento control (T0)

brevivir hasta 144 h después del almacenamiento, por lo que es necesario evitar la contaminación cruzada.

Las concentraciones de moho se ven afectadas por el ácido cítrico y ascórbico de 0,01 a 0,03%. En los últimos días de almacenamiento no se observaron diferencias entre tratamientos.

El control de la población de levaduras en la piña mínimamente procesada es esencial ya que diversas especies han sido implicadas en alteración de esta y otras frutas<sup>20</sup>. Por otro lado, Zhong<sup>21</sup> han estudiado la capacidad de las levaduras para degradar almidones, mientras que Kamzolova<sup>22</sup> indicaron que el ácido cítrico puede potenciar la fermentación, aspectos que explicarían la mejor supervivencia de levaduras en determinadas combinaciones de HCP y AC.

La modificación del color durante el almacenamiento de la piña es un proceso natural como indicó Gómez<sup>23</sup> que la coloración de la piña puede llegar a opacarse debido a la incorporación de la película, que tonalidades más oscuras en comparación a piñas sin recubrimientos. Sin embargo, los resultados obtenidos mostraron una mejor preservación de la luminosidad y en general menores modificaciones del índice de color en la fruta recubierta.

Villaizar<sup>24</sup> y mostraron resultados similares de sólidos totales de 11,6 hasta 15,3 °Brix. Por otra parte, Pardo<sup>25</sup> reportó valores de hasta 10,8 °Brix, indicando que en los procesos fermentativos los azúcares puede consumirse hasta obtener valores de 4,1 °Brix.

Sarria<sup>26</sup> indican que la acidez de la piña al día cero fue de 0,85, obteniendo un crecimiento al día 12 de 0,93. Ambos trabajos al día 12 están acorde a la normativa NTE INEN-ISO750<sup>27</sup> siguiendo que el máximo del contenido de acidez de la piña es de 0,9, por ende, más allá de los 12 días de almacenamiento los tratamientos incumplirían la normativa, especialmente el T0.

## CONCLUSIÓN

Los diferentes recubrimientos aplicados demostraron su eficacia para preservar las características fisicoquímicas, sensoriales y el control de la microbiología sobre piña mínimamente procesada, en comparación con la muestra control (sin recubrimiento). En relación al control, el uso de estos recubrimientos mostró un retraso en el crecimiento de mohos y levaduras; además, no se encontró presencia de Salmonella ni E. coli. Se pudo observar que se presentó una menor pérdida de peso y firmeza en comparación con la muestra control. Dentro de los tratamientos utilizados T4 (5% harina de cáscara de plátano y 1% de ácido cítrico) demostró poseer los mejores resultados en la valoración del sabor y color por el panel de catas, menor pérdida de peso (9,76%), seguido de T2 (4% harina de cáscara de plátano y 1% de ácido cítrico) logrando retardar el crecimiento microbiano y prolongar la vida útil de la piña mínimamente procesada.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Sánchez E, Palacios N. The production of pineapple and its contribution to non-traditional exports in Ecuador. *Jornal Sci* [Internet]. 2024;8(3):826–48. Available from: <https://www.investigarmqr.com/ojs/index.php/mqr/article/view/1504>
2. Santos D, Martins C, Amaral R, Brito L, Saraiva J, Vicente A, et al. Pineapple (*Ananas comosus* L.) by-products valorization: Novel bio ingredients for functional foods. *Molecules* [Internet]. 2021;26(3216). Available from: <https://www.mdpi.com/1420-3049/26/11/3216>
3. Miteluț AC, Popa EE, Drăghici MC, Popescu PA, Popa VI, Bujor OC, et al. Últimos desarrollos en recubrimientos comestibles para frutas y verduras mínimamente procesadas: una revisión. *Foods*. 2021;10(11):1–18.
4. Vargas C, Gonzalez V, Ochoa C, Velez C. Conservación de piña mínimamente procesada: evaluación de parámetros fisicoquímicos. *Rev Ing*. 2022;27(1):e17564.
5. Treviño M. Evaluación y comparación de recubrimientos comestibles a base mucílagos, quitosán y pululano en la calidad y vida de anaquel de la piña fresca cortada [Internet]. 2020. p. 1–9. Available from: <https://repositorioinstitucional.buap.mx/items/5e66b237-21b0-4a6b-a5b3-ceef738f1a26>
6. Valerga L, Darré M, Irigoiti Y, Lemoine M. Compatibilidad y calidad de una mezcla de frutas frescas cortadas envasadas en atmósfera modificada. *Rev Iberoam Tecnol Postcosecha* [Internet]. 2018;19(1):1–14. Available from: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81355612007>
7. Shinga M, Silue Y, Fawole O. Recent Advancements and Trends in Postharvest Application of Edible Coatings on Bananas: A Comprehensive Review. *Plans* [Internet]. 2025;14(4):1–31. Available from: <https://www.mdpi.com/2223-7747/14/4/581>
8. Inocente-quiros FE, Silva-paz RJ. Alimentos mínimamente procesados: Generalidades, procesamiento, consumo y cambios físicos, químicos y biológicos. *Agroindustria Sci* [Internet]. 2021;11(1):117–26. Available from: <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/agroindustria/article/view/3454>
9. Vásquez L, Alvarado K, Intriago F, Raju N, Prasad R. Banana and apple extracts with efficient microorganisms and their effect on cadmium reduction in cocoa beans (*Theobroma cacao* L.). *Discov Food* [Internet]. 2024;4(163):1–13. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s44187-024-00205-5#citeas>
10. Chevez H, Tuárez D. Physico-chemical characterization of the Maqueño Red Dacca Banana (*Mussa acuminata*) [Internet]. Universidad Técnica Estatal de Quevedo; 2020. p. 1–72. Available from: <https://repositorio.uteq.edu.ec/items/2e6db5e5-cb0b-4c85-8ab7-2f4b926acded>
11. Godoy Y, Rojas B, Pérez C, Giménez A, Petit D, Alvarado G. Influencia del índice de madurez en la calidad de la piña (*Ananas comosus* L. Merr) mínimamente procesada. *Agroindustria, Soc Y Ambient* [Internet]. 2017;1(8):36–47. Available from: <https://revistas.uclave.org/index.php/asa/article/view/3395>

12. Ramos M, Romero C, Bautista S. Almidón modificado: Propiedades y usos como recubrimientos comestibles para la conservación de frutas y hortalizas frescas. *Rev Iberoam Tecnol Postcosecha* [Internet]. 2018;19(1):30–44. Available from: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81355612003>
13. Marghmaleki S, Mohammad S, Mortazavi H, Mostaan A. The effect of alginate-based edible coating enriched with citric acid and ascorbic acid on texture, appearance and eating quality of apple fresh-cut. *Int J Fruit Sci* [Internet]. 2021;21(1):40–51. Available from: <https://doi.org/10.1080/15538362.2020.1856018>
14. Anchundia K, Santacruz J. Physical characterization of edible films based on banana peel (*Musa Paradisiaca*). *Rev Chil Nutr* [Internet]. 2016;43(4):394–9. Available from: [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-75182016000400009](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182016000400009)
15. Rovira J, Maté J. Effect of Antimicrobial Edible Coatings and Modified Atmosphere Packaging on the Microbiological Quality of Cold Stored Hake (*Merluccius merluccius*) Fillets. *J Food Qual* [Internet]. 2018;2018(3):1–12. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1155/2018/6194906>
16. NTE INEN 1529-2. Control Microbiológico De Los Alimentos. Toma, Envío Y Preparación De Muestras Para El Análisis Microbiológico. 2013.
17. NTE INEN 1529-10. Control microbiológico de los alimentos. Mohos y levaduras viables. Recuentos en placa por siembra en profundidad. 1.-1. 2. 2013.
18. Castro M, Mantuano M, Coloma J, Santacruz S. Utilisation of Cassava Starch Edible Films containing Salicylic Acid on Papaya (*Carica papaya* L.) Preservation. *Rev Politécnica* [Internet]. 2017;39(1):1–6. Available from: [https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista\\_politecnica2/article/view/712](https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/712)
19. Galán Á, Valero A, Huerta B, Gómez L, Mena Á, Carrasco E, et al. Salmonella and Salmonellosis : An Update on Public Health Implications and Control Strategies. *Animals* [Internet]. 2023; 13(23):1–22. Available from: <https://www.mdpi.com/2076-2615/13/23/3666>
20. Anchundia K, Santacruz S, Coloma J. Caracterización física de películas comestibles a base de cáscara de plátano (*Musa Paradisiaca*). *Rev Chil Nutr*. 2016;43(4):394–9.
21. Zhong W, Chen T, Yang H, Li E. Isolation and selection of non-Saccharomyces yeasts being capable of degrading citric acid and evaluation its effect on kiwifruit wine fermentation. *Fermentation* [Internet]. 2020;6(1):1–25. Available from: <https://www.mdpi.com/2311-5637/6/1/25>
22. Kamzolova S, Morgunov I. Metabolic peculiarities of the citric acid overproduction from glucose in yeasts *Yarrowia lipolytica*. *Bioresour Technol* [Internet]. 2017;243:433–40. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852417310507>
23. Gómez L, Sáenz M, Castro J, Ramírez M. Temperaturas de acondicionamiento, poscosecha sobre el desarrollo de color de la epidermis y calidad interna de frutos de piña. *Agron Costarric* [Internet]. 2021;45(1):103–14. Available from: [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0377-94242021000100103](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0377-94242021000100103)
24. Villamizar R, Quiceno C, Giraldo G. Cambios fisicoquímicos durante la maduración del mango Tommy Atkins en la poscosecha. *Rev UDCA* [Internet]. 2019;22(1):1–5. Available from: <https://revistas.udca.edu.co/index.php/ruadc/article/view/1159>
25. Pardo J, Ocegueda D, Sánchez A, Valdivieso U. Obtención de bioetanol a partir de residuos de cáscara y pulpa de piña (*Ananas comosus*). Universidad Iberoamericana Puebla, México. 2018;1–4.
26. Sarria S, Reyes P, Hleap J. Efecto de un Recubrimiento Comestible y Diferentes Tipos de Empaque en los Atributos Físico-Químicos y Sensoriales de Piña `Manzana` Mínimamente Procesada. *Inf tecnológica* [Internet]. 2014;25(5):41–6. Available from: [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-07642014000500007&lng=en&nrm=iso&tlng=en](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642014000500007&lng=en&nrm=iso&tlng=en)
27. NTE INEN-ISO 750. Productos vegetales y de frutas-determinación de la acidez titulable. *Inst Ecuatoriano Norm*. 2013;1998:1–5.