

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*)

*Sánchez Moreira Flavio Ernesto*¹ - *Ing. Christian Simón Rivadeneira Barcia, Mgs.*²

RESUMEN

*Los recubrimientos comestibles (RC) son considerados una excelente alternativa para disminuir el deterioro y aumentar la vida útil de la piña (*Ananas comosus*) mínimamente procesada (MP), además de lo importante que es actualmente el aprovechamiento de residuos agroindustriales como la cáscara del plátano, para la elaboración de RC. El objetivo del presente estudio fue evaluar la aplicación del RC a base de cáscara de plátano y ácido cítrico en piña MP. Para ello las piñas se higienizaron, pelaron y cortaron en trozos, se sumergieron durante 30 segundos y se dejó secar por una hora, luego se refrigeraron a 4 °C, fueron evaluados cada 3 días hasta 15 días. Se establecieron 4 tratamientos y un control, harina de cáscara de plátano (factor A) y ácido cítrico (factor B), siendo estos T0 (Sin recubrimiento); T1 (4% A y 0.5% B); T2 (4% y 1%); T3 (5% y 0.5%) y T4 (5% y 1%). Los resultados demostraron que el uso de diferentes recubrimientos sobre piña MP redujo el crecimiento de mohos, además de la pérdida de peso y dureza en comparación con la muestra control. El tratamiento T4 mostró los mejores resultados, menor pérdida de peso (9,76%), mejores características organolépticas en relación al sabor y color, además de retardar el crecimiento microbiano y prolongar la vida útil de la piña de 12 a 15 días, cabe mencionar fueron poco o nada significativas los resultados de las variables de levaduras, *E. coli* y *Salmonella*, color, madurez, pH, Brix y acidez durante los días evaluados.*

Palabras claves

Ananas comosus, harina de cáscara de plátano, ácido cítrico, recubrimiento comestible, propiedades físicoquímicas, propiedades organolépticas.

ABSTRACT

Edible coatings (RC) are considered an excellent alternative to reduce deterioration and increase the shelf life of minimally processed pineapple (Ananas comosus), in addition to how important it is currently the use of agro-industrial waste such as banana peel, for the production of CR. The objective of this study was to evaluate the application of CR based on banana peel and citric acid in pineapple MP. To do this, the pineapples were sanitized, peeled and cut into pieces, immersed for 30 seconds and allowed to dry for an hour, then refrigerated at 4 ° C, were evaluated every 3 days up to 15 days. Banana peel flour (factor A) and citric acid (factor B), these being T0 (Uncoated); T1 (4% A and 0.5% B); T2 (4% and 1%); T3 (5% and 0.5%) and T4 (5% and 1%). The results showed that the use of different coatings on MP pineapple reduced mold growth, in addition to weight loss and hardness compared to the control sample. The T4 treatment showed the best results, less weight loss (9.76%), better organoleptic characteristics in relation to taste and color, prolonging the shelf life of pineapple from 12 to 15 days, it is worth mentioning that the results of the yeast variables, E. coli and Salmonella, were little or not at all significant. color, maturity, pH, Brix and acidity during the days evaluated.

Keywords

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

1. Introducción

De acuerdo al ESPAC (Encuesta de superficie y producción agropecuaria, 2021), se estima que actualmente en el país existen más de 3000 ha de superficie sembrada de piña, produciendo 77 quintales/Ha. Además, la Escuela Politécnica del Litoral (2022) menciona que hasta 2020 en Ecuador, su producción fue de 104.059 Tm.

El consumo de frutas ha aumentado en la última década (Septembre *et al* 2018). La piña es una buena fuente de antioxidantes (Begoña *et al.*, 2017). Esta fruta también posee ácido cítrico (Desireé & Reinoza, 2020), que, en su forma industrial, es un polvo, blanco e inodoro con un fuerte sabor agrio (Pérez *et al.*, 2016).

La piña MP es atractiva para los consumidores, por ser saludables y frescas (Miteluț *et al.*, 2021), sin embargo, su vida útil es corta, debido a su alto contenido de agua, y al trocearse queda expuesta a ataques microbianos y pérdida de calidad (Vargas *et al.*, 2022), ocasionando que el color, sabor y textura se degrade (Mora & Feregrino, 2021), debido a la alta susceptibilidad que poseen al ser frescos, exponiéndose a daños del tejido y a la constante pérdida de nutrientes, gases y vapor de agua.

La industria ha buscado estrategias para disminuir su deterioro (Muñoz, 2019), razón por la que se han realizado muchos intentos para aumentar la vida útil de la piña MP (Treviño *et al.*, 2017). La temperatura de almacenamiento controlada y el envasado en atmósfera modificada son las tecnologías más utilizadas (Valerga *et al.*, 2018), así como también los recubrimientos comestibles (Leneveu *et al.*, 2020).

Con respecto a los recubrimientos comestibles (RC) son una capa delgada que se forma sobre la superficie del alimento, haciendo de envoltura protectora, mejorando las propiedades sensoriales de los alimentos, creándose una barrera física (Ramos *et al.* 2018), además que pueden elaborarse a partir de materiales orgánicos (Quiroz & Eccoña, 2021).

En Ecuador, una de las principales actividades que se desarrollan es la agricultura, sin embargo, sus residuos no son procesados de manera correcta (Sarmiento, 2020). De tal manera que las industrias buscan alternativas para poder aprovechar los residuos, como los provenientes del plátano, donde su cáscara es considerada desecho (Mindiolaza, 2020), siendo rico en nutrientes, como grasas, proteínas, calcio, fósforo, vitamina C, agua en un 68,9% y carbohidratos en un

18,5% (Kęska & Stadnik 2018), además de proteína cruda (9,10%), ceniza (18,26%) (Corzo, 2017), y una fuente rica en almidón (66,6%) (Bernal *et al.*, 2017).

Se han realizado varios trabajos de investigación sobre el impacto que tienen los recubrimientos comestibles en la estabilidad fisiológica y microbiana de algunos productos MP (Khoza *et al.*, 2021; Venegas *et al.*, 2022). Se ha determinado que, el incorporar agentes antioxidantes a los recubrimientos para cubrir frutas y verduras en fresco, así como mínimamente procesadas (mango, lechuga, aguacate, papa), reduce de manera notable la capacidad oxidativa de la fruta (Ramos & Romero, 2018).

Es por esta razón que 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 la piña MP.

2. Metodología

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).

Tabla 1. Descripción de los tratamientos en estudio

Tratamientos	Factor A	Factor B
T0	Sin recubrimiento	
T1	4%	0.5%
T2	4%	1%
T3	5%	0.5%
T4	5%	1%

2.1. 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. Fueron peladas con cuchillos de acero inoxidable. Los utensilios y superficies se desinfectaron en una solución de 100 ppm de hipoclorito de sodio. 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 esteros en Manta-Ecuador, y se desechó producto en mal estado.

2.1.1. Elaboración de la Harina de cáscara de plátano

Se empleó el método descrito por Anchundia *et al.*, (2016) con algunas modificaciones, 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 0,3x2,5 cm aproximadamente, fueron sumergidas en una solución de metabisulfito de potasio 1%(W/v) durante 24 horas.

Luego se realizó el secado en estufa (marca Binder) a 60c por 24 horas y se efectuó el molido (Molino desintegrador BIOBASE MD120), luego sumergido en etanol al 90% (20 gramos de harina se mezclan con 20 mL de etanol; 10% (p/v) para eliminar las fracciones lipídicas durante 16 horas en baño María (Modelo LWD-111D) a 50 °C. Realizado lo anterior se procedió a lavar la harina 3 veces con agua destilada y se filtró con tela lienzo, luego 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).

2.1.2. Elaboración del Recubrimiento

Se prepararon 100 mL de solución formadora de película (SFP) para cada tratamiento, siguiendo el procedimiento descrito por Carrion *et al.*, (2018), 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.

2.1.3. 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, los trozos de piña se guardaron en fundas Ziploc y se refrigeraron 4 °C (± 2) durante 15 días.

2.1.4. Análisis microbiológico

Se realizó el conteo de *Salmonella* spp y *E. 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 (2013) con algunas modificaciones.

2.1.5. Mohos y levaduras

Se llevó a cabo según la norma INEN 1529-10 (2013). 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 medio para contener el extracto de levadura, glucosa y las sales.

2.1.6. Color

Se utilizó la superficie de los pedazos de piña y se con 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 [+]).

2.1.7. Niveles de pH, sólidos solubles totales y acidez

- **pH:** Valoración potenciométrica utilizando un potenciómetro (CONSORT C6010).
- **Sólidos solubles:** 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), además, los resultados se reportaron como Brix.
- **Acidez titulable:** Se fijó por titulación 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 1.

$$\%Acidez = \frac{V \cdot N \cdot Mq}{M} * 100 [1]$$

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).

2.1.8. Índice de Color

Se utilizaron los valores de L* a* y b*, se utilizó la ecuación 2.

$$IC = \frac{a^*}{L^* \times b^*} * 100 \quad [2]$$

2.1.9. Índice de Madurez

Se utilizó la ecuación 3, y los resultados fueron expresados como Brix/gr de ácido cítrico.

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

2.1.10. Textura instrumental

Se empleó el método descrito por Santacruz *et al.* (2017). La fuerza de penetración de las ZMP 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⁻¹ y se registró la fuerza máxima de penetración, expresada en newton (N).

2.1.11. 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.

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

2.1.12. Análisis sensorial

Se necesitó 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).

2.2. Diseño experimental y Análisis estadístico

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 ($P < 0,05\%$), mediante el Software Infostat, donde cada análisis se realizó por triplicado.

3. Resultados y Discusión

3.1. Análisis microbiológicos

Referente a los resultados de *E. coli* se observó ausencia del microorganismo dentro de las muestras de piñas utilizadas en el presente estudio, como se presenta en la tabla 2. 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. Castro *et al.*, (2017) menciona 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 MP, debido que no es una limitante en el desarrollo de este patógeno.

Tabla 2. Resultados del análisis de presencia de *E.coli*

TRATAMIENTO	Día 0	Día 3	Día 6	Día 9	Día 12	Día 15
T0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
T1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
T2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
T3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
T4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Referente a los resultados de *Samonella* se observó ausencia del microorganismo dentro de las muestras de piñas utilizadas en el presente estudio como se presenta en la tabla 3. No se presentó contaminación cruzada, teniendo como referencia el control, debido que se controlaron adecuadamente los factores extrínsecos. Lee *et al.*, (2022) manifiesta que *Salmonella* sp puede crecer y sobrevivir hasta 144 h después del almacenamiento, que depende de la fruta o vegetal utilizado, pues interactúa de diferente manera examinan, que es necesario evitar la contaminación cruzada, como se evidenció en el presente estudio al no existir crecimiento bacteriano.

Tabla 3. Resultados del análisis de presencia de *Salmonella*

TRATAMIENTO	Día 0	Día 3	Día 6	Día 9	Día 12	Día 15
T0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
T1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
T2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
T3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
T4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

3.2. Mohos

Los resultados de mohos del día 0 indican poder inhibitorio en todos los tratamientos, siendo estos diferentes ($P<0,05$) al control (2,67 Log UFC/g), para el tercer día aún se observa una actividad antimicrobiana, siendo el control (5,67 Log UFC/g) estadísticamente diferente ($P<0,05$) de los tratamientos. Este poder inhibitorio se observa en los tratamientos T3 (1 Log UFC/g), T1 (1 Log UFC/g) y T4 (1 Log UFC/g) al sexto día. Para los días posteriores el efecto de la actividad antimicrobiana desaparece, tal como se observa en la figura 1. Las concentraciones de moho se ven afectadas por el ácido cítrico y ascórbico de 0,01 a 0,03% (Ponce 2022), inhibiendo hasta en un 30% del crecimiento de los patógenos (Elescano & Juarez 2019).

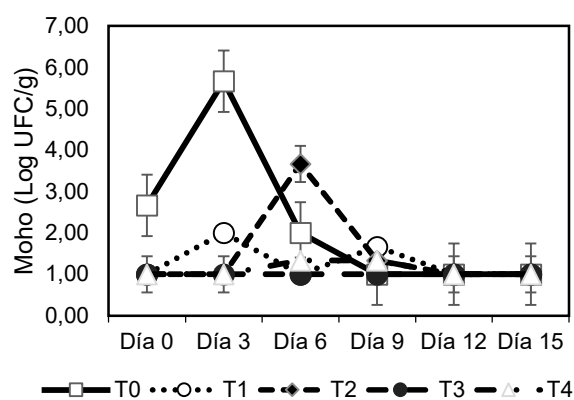


Figura 1. Resultados de presencia de mohos

3.3. Levaduras

En la figura 2, en el día 0 existe una creciente en T3 (42,33 Log UFC/g) diferente ($P<0,05$) con el resto de los tratamientos, el día 3, T3 presenta un incremento (55,67 Log UFC/g) mientras que T4 (41,67 Log UFC/g) y T2 (21 Log UFC/g). El sexto día de evolución todos los tratamientos presentaron una diferencia estadística ($P<0,05$), existiendo mayor Log UFC/g en T3 (101) y T4 (115). El día 9, el tratamiento T4 presentó mayor cantidad de Log UFC/ con 157,67 siendo estadísticamente igual a T3 con 152,67 Log UFC/g. El doceavo día el tratamiento T2 (95 Log UFC/g) fue diferente a los demás tratamientos, siendo más bajo, similar a T2 (109,33 Log UFC/g). Zhong *et al.*, (2020) expresan que las levaduras degradan almidones y Kamzolova & Morgunov (2017) indica que el ácido cítrico potencia la fermentación, así como, el contenido de carbono. No se ha encontrado referencia sobre la normativa INEN referente a las levaduras presentes dentro de la piña, así como tampoco el codex alimentarius de los límites permisibles.

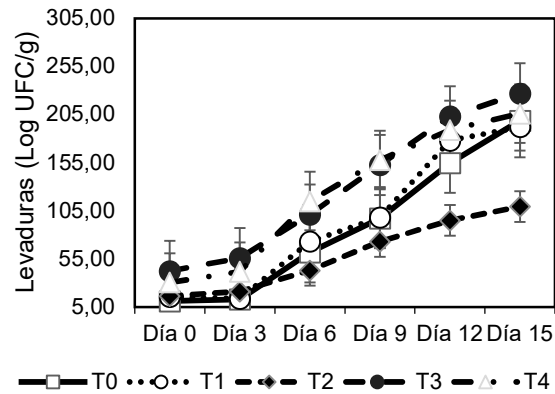


Figura 2. Resultados de presencia de levaduras

3.4. pH

En la figura 3 el día 0 no se presenta diferencia significativa, con 5,21 en T2 y un máximo de 5,29 en T3. En el día 4 todos los tratamientos son diferentes entre sí, siendo el T3 con 3,91 el menor y T1 con 4,1 el mayor nivel. En el sexto día T2 (3,88) y T4 (3,92) son iguales, igual que T3 (4) y T1 (4,03) y T0 (4,12) presentó diferencia estadística con todos los tratamientos. En el día 9, T4 (3,79) y T3 (3,80) son similares, para el caso de T2 (3,91), T0 (4,03) y T1 (4,08) son estadísticamente diferentes. Por otra parte, en el día 12, T1 (3,74) y T4 (3,77) son iguales entre sí, no se observa igualdad estadística entre los tratamientos T0 (3,81), T2 (3,91) y T3 (3,98), el día 15, T2 (3,81), T1 (3,81) y T3 (3,83) fueron iguales entre sí, pero diferentes de T4 (3,78), mientras T0 (3,92) no guarda relación estadística con ningún tratamiento. Los resultados coinciden con los reportados por Ponce (2022), quien indica que, con el uso de ácido cítrico en recubrimientos se reportan valores $3,69 \pm 0,51$.

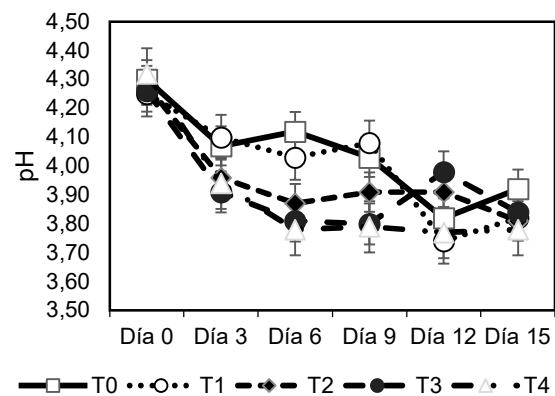


Figura 3. Resultados de pH

3.5. Sólidos solubles

En la figura 4, se observa que en el día 0 los tratamientos T4 (10,7 °Bx) y T3 (10,8 °Bx) presentan una igualdad estadística ($P<0,05$), al igual que T0 (11,27 °Bx) y T2 (11,6 °Bx), mientras T1 (12,07 °Bx) fue diferente de todos los tratamientos. El día 3 T4 (9,47 °Bx), T3 (10 °Bx), T2 (10,37 °Bx) fueron diferentes entre sí ($P<0,05$), sin guardar relación con otros tratamientos. El día 6 denota una clara diferencia estadística entre todos los tratamientos, T1 (9,8 °Bx), T4 (10,83 °Bx) T3 (11,17 °Bx) T0 (11,87 °Bx) y T2 (12,2 °Bx). Al noveno día de evolución T4 (7,8) presentó el valor más bajo de °Bx, siendo estadísticamente diferente al resto de los tratamientos. Referente al día 12 solo el tratamiento T1 (8,33 °Bx) presenta diferencia estadística. Para el resto de los casos, los tratamientos fueron iguales. Al cabo de 15 días, T2 (5,03 °Bx) y T0 (5,2 °Bx) son iguales, mismo comportamiento se ve reflejado con los tratamientos T4 (6,27 °Bx) y T3 (6,37 °Bx). Villaizar *et al.*, (2019) y Surco *et al.*, (2017) mostraron resultados similares de sólidos totales de 11,6 hasta 15,3 °Bx, por otra parte, Pardo *et al.*, (2018) reportó valores de hasta 10.8 °Bx, indicando que en los procesos fermentativos los azúcares puede consumirse hasta obtener valores de 4,1. Además, estos valores son inferiores a lo establecido por la normativa NTE INEN-ISO 2172 (2014) quien sugiere un mínimo de 11 y un máximo de 17 brix, y Ardila & Cuadros (2021) sugieren que proceso fermentativo disminuye la presencia de azúcar en el alimento.

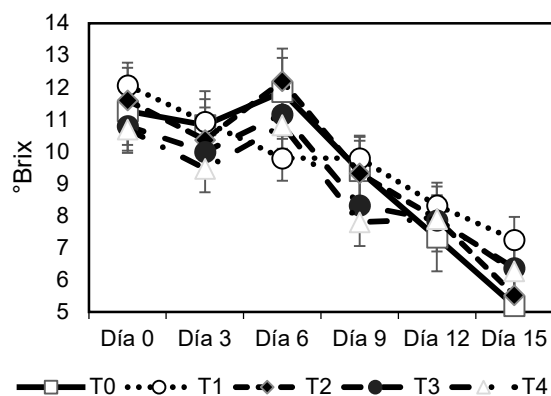


Figura 4. Resultados de °Brix

3.6. Acidez

En la figura 5, se observa una diferencia significativa ($P<0,05$) en el día 0 con relación a los tratamientos siendo el tratamiento T3 (0,58) el que mayor acidez presentó, para el día 3 el tratamiento T2 (0,72) y T3 (0,73) presentaron una mayor acidez en relación a los otros

tratamientos ($P<0,05$). Por otro lado, T3 (0,71) y T4 (0,72) siguen presentando una mayor acidez en el día 6 ($P<0,05$), mientras que el día 9 todos los tratamientos fueron iguales; además, T0 (0,91) presentó un incremento en la acidez siendo igual ($P<0,05$) al T3 (0,93) en el día 12, mientras que el día 15, T0 (1,3) presenta mayor acidez. Mercado *et al.*, (2019) indican que la acidez de la piña oscila 3,07 a 3,65. Además, Castulovich & Franco (2018) indican que la acidez de la piña puede llegar a ser regulada con la presencia de hidrocoloides, la normativa NTE INEN-ISO 750 (2013) sugiere que el máximo del contenido de acidez de la piña es de 0,9, por ende varios de los tratamientos descritos anteriormente no cumplen con dicho parámetro.

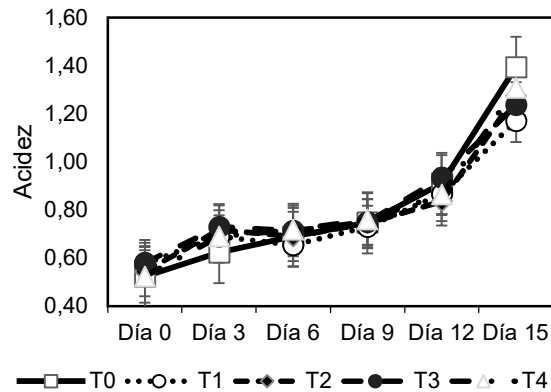


Figura 5. Resultados de acidez

3.7. Color

En la figura 6, se observa que en el día 0 el valor de la luminosidad (L =luminosidad) T3 presenta menor luminosidad, este presenta igualdad estadística ($P<0,05$) con T4, T2 y T1, mientras que dicho tratamiento es diferente a T0, el cual presentó mayor luminosidad. La presencia de tonos rojos y verdes (a) en el día 0 solo evidencia diferencia estadística para T3, que presentó tonalidades más rojas, amarillo y azul (b). T0 presenta tonos azulados siendo diferente de T3 con tonos amarillos, siendo este último igual al resto de tratamientos. El día 3 no se observó diferencia ($P<0,05$) entre L y a para los tratamientos evaluados. La coordenada de (b) indica que solo el tratamiento T4 muestra diferencia estadística con el resto de los tratamientos. El día 6 y 9 demuestra que todos los tonos son iguales y el día 12 solo (b) presenta diferencia estadística ($P<0,05$) siendo T1, T0 y T2 iguales entre sí y diferentes de T4 y T3. El día 15 presentó en coordenadas de L una diferencia entre T0 y el tratamiento T3. En la coordenada (a) los tratamientos T0, T4, T1 y T2 son iguales en tonos, este último tratamiento guarda relación con el

tratamiento T3 el cual es diferente de los otros mencionados. No se evidencia diferencia significativa en las coordenadas de (b). El color de los alimentos depende de la concentración de almidones presentes (García *et al.*, 2019). Palma, (2022) expresa que los colores tienen a degradarse por procesos oxidativos naturales, mientras que González *et al.*, (2017) afirman que la aplicación de recubrimiento puede generar opacidad.

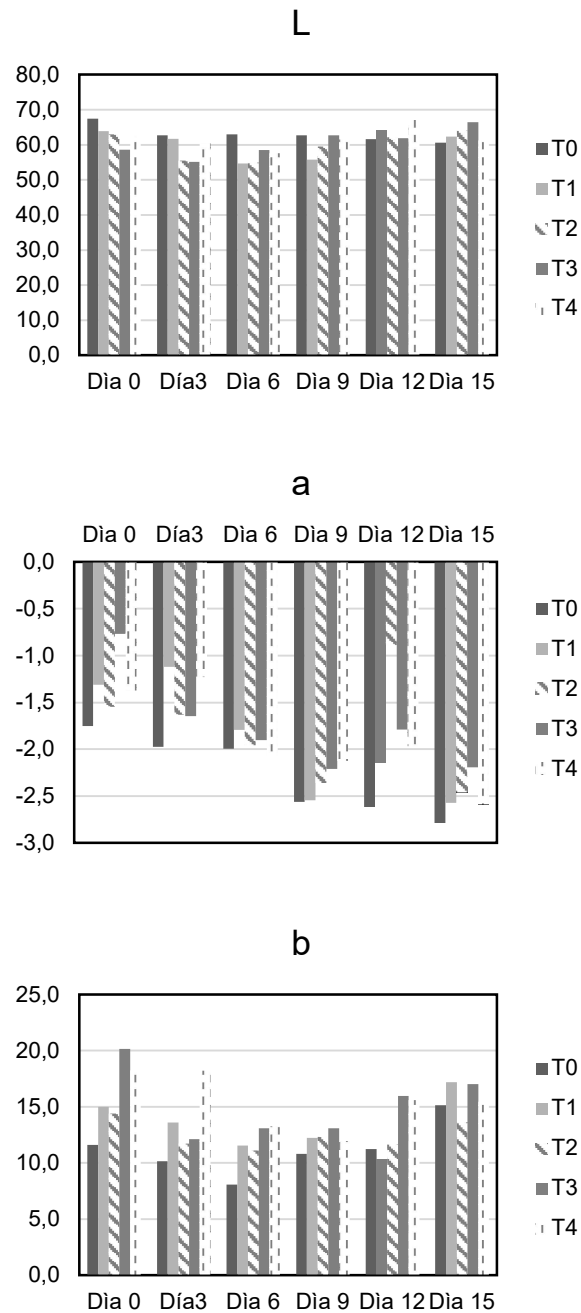


Figura 6. Resultados de color

3.8. Índice de madurez

En la tabla 4 la madurez medida en °Brix/g de ácido cítrico (°Bx/g ácido cítrico), el cual presentó en su día 0 un menor valor de para el tratamiento T3 el cual es estadísticamente diferente ($P<0,05$) a los otros tratamientos y control, el día 3 se observa que los tratamientos T4 y T2 presentan una relación estadística ($P<0,05$), mientras que T1 y T0. En el día 6, el T1, T4 y T3; presentan similitud a nivel estadístico, mientras la evaluación en el día 9 T4 y T3 también determinan que guardan relación estadística entre si ($P<0,05$) siendo diferentes al resto de los tratamientos. Lo evaluado el día 15 indica que T3 posee la mayor maduración de T1. Al terminar el día 15 el tratamiento con menor maduración fue T0 ($P<0,05$) y la más alta T1 ($P<0,05$). Godoy *et al.*, (2021) indican que la aplicación de recubrimiento retrasa el proceso de la maduración natural por hasta 8 días; Huachuillca (2018) expresa que dicho retraso se debe a la relación enzimática que los almidones de las películas pueden generar en contacto con los alimentos mínimamente procesados, los resultados del estudio concuerdan con lo expresado por los autores.

Tabla 4. Resultados de índice de madurez

Tratamiento	Día 0	Día 3	Día 6	Día 9	Día 12	Día 15
T0	21,54	17,39	17,25	12,59	8,50	3,73
T1	20,93	15,86	15,00	13,44	9,63	6,22
T2	21,38	14,47	17,69	12,57	9,44	3,95
T3	18,68	13,70	15,66	11,12	8,43	5,16
T4	20,44	13,73	15,12	10,28	9,16	4,80

3.9. Índice de color

En la figura 8 para el día 0, T0 presenta -2,26 siendo mientras que T2 -1,78 y T1 -1,46 teniendo relación estadística ($P<0,05$) mientras que T4 -1,24 y T3 0,65 siendo estos últimos estadísticamente iguales ($P<0,05$). El día 3 T0 (-3,17), T3 (-2,7) y T2 (-2,59) con semejanza estadística ($P<0,05$), mientras que T1 (-1,29) y T4 (1,13). No se observa evidencia diferencia estadística al día 6, T0 -6,38 y T4 con 5,09. El día 9, T0 con -3,82 y T3 con -2,8 no se observa diferencia estadística. En el día 12 T0 -3,8 y T3 -1,81 sin diferencias estadística entre los tratamientos. El día 15, T0 (-3,08), T2 (-2,94) y T4 (-2,78) presentan igualdad a niveles estadísticos entre sí ($P<0,05$), T1 (-2,40) y T3 (-1,94) estadísticamente iguales ($P<0,05$). Ulloa *et al.*, (2021) indican que la coloración de las tonalidades amarillo-rojo son constante natural en los procesos da maduración. Franco (2017) manifiesta que puede llegar a opacarse debido a la

incorporación de la película, que, como mencionan Dussán *et al.*, (2020), con tonalidades más oscuras en comparación a piñas sin recubrimientos.

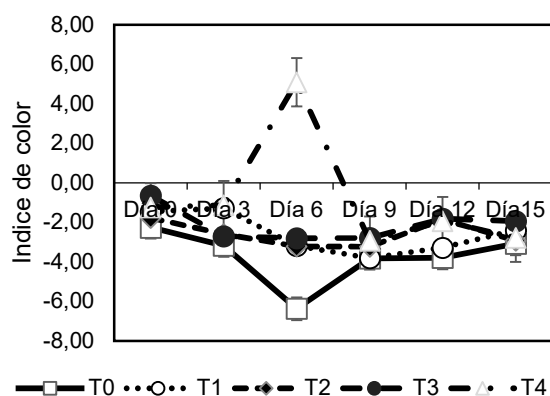


Figura 8. Resultados de índice de color

3.10. Textura instrumental

Como se observa en la tabla 5, los mejores resultados se reportaron al día 0 en los tratamientos T3 (2,34N) y el tratamiento T1 (2,42N) fue diferente ($P < 0,05$) al resto de los tratamientos. T4 (2,75N) con mayor firmeza día 3, mientras T1 (2,55N) y T3 (2,3) presentan una mayor firmeza al día 6. El día 9 de T4 (2N) presenta mayor firmeza mientras que en el día 12 es el tratamiento T3 (2,25N), y al cabo de los 15 días todos los tratamientos son iguales estadísticamente. No se ha encontrado registro de un estudio relacionado a recubrimientos y dureza de piña, sin embargo, Sarkar *et al.*, (2021) indican que una piña tratada en horno hasta 25 °C presenta dureza de hasta 8.51 ± 0.16 N.

Tabla 5. Resultados de dureza

TRATAMIENTO	Día 0	Día 3	Día 6	Día 9	Día 12	Día 15
T0	1,64	2,23	1,81	0,99	1,02	0,98
T1	2,42	2,42	2,55	1,48	1,19	1,16
T2	1,58	2,33	2,22	1,36	1,65	1,08
T3	2,34	1,94	2,30	1,58	2,25	1,75
T4	1,79	2,75	1,41	2,00	1,83	1,07

3.11. Pérdida de peso

En la figura 9 el tratamiento T0 ha demostrado una mayor pérdida de peso en los 15 días de estudio realizados, con una pérdida del 21,88% de su masa, posterior a este el T2 con una pérdida total de 16,07%, mientras que, T1 perdió el 13,78% y T3 un 10,58%. El tratamiento que

menor pérdida presentó fue el T4 con 9,76%. Chapuel & Reyes (2019) expresan que los frutos con películas o recubrimientos presentan mejores propiedades en el proceso de la retención de vapor de agua, este factor explica el autor es el causante natural del proceso de pérdida de peso fisiológico; Román *et al.*,(2020) indican que utilizando recubrimientos a base de almidón se pueden llegar a reducir hasta un 5% la pérdida de peso.

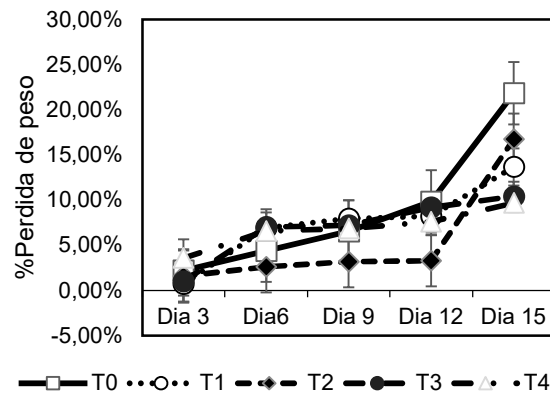
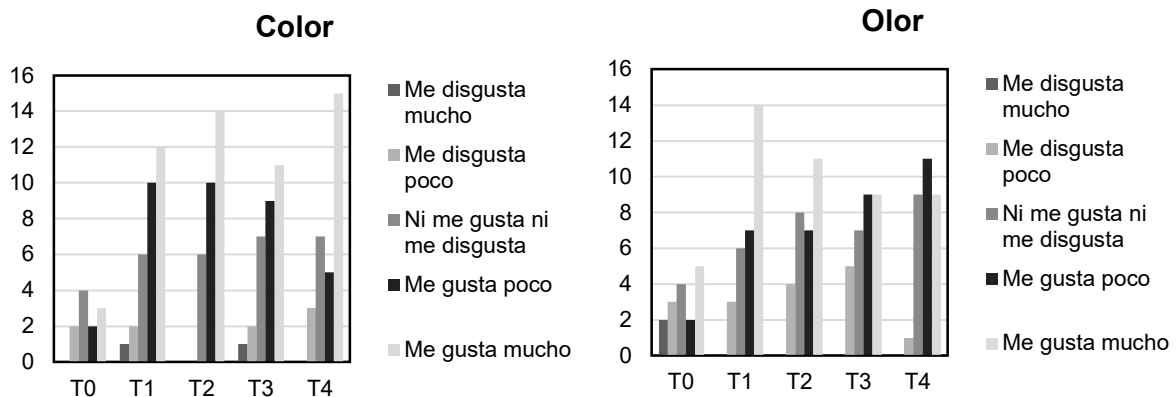


Figura 9. Resultados de pérdida de peso

3.12. Análisis sensorial

En la figura 10 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.



Sabor

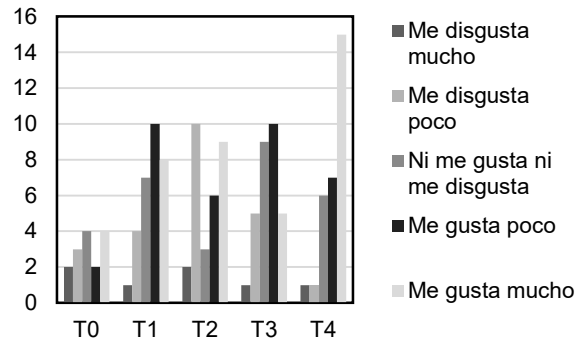


Figura 10. Resultados del análisis sensorial

4. Conclusión

Los diferentes recubrimientos aplicados demostraron su eficacia sobre piña MP, 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, 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, mejor resultados en el análisis sensorial para sabor y color, 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 MP.

Referencias

- Anchundia, K., Santacruz, S., & Coloma, J. (2016). Caracterización física de películas comestibles a base de cáscara de plátano (*Musa Paradisiaca*). *Revista Chilena de Nutricion*, 43(4), 394–399.
- Ardila, J., & Cuadros, E. (2021). Evaluación de la concentración de azúcares totales, reductores y grados brix durante la fermentación de pulpa de café para la obtención de ácido láctico. *Revista Agroindustrial Science*, 23. <https://hdl.handle.net/10901/19903>
- Begoña, C., Sánchez, G., & Aguilar, A. (2017). *Composición y nutrición de la piña (Ananas Comosus)* (M. Lobo & R. Paull (eds.); p. 2017). <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/9781118967355.ch12>
- Bernal, W., Mantilla, J., & Alvarado, W. (2017). *Efecto de la alimentación con harina de yuca (Manihot sculenta) y plátano (Musa paradisiaca) en crecimiento de ganillas ponedoras Lohmann Brown*. 1(1), 53–59. <https://doi.org/10.25127/ricba.201701.007>
- Carrion, X., Fernandez, I., Rovira, J., & Mate, J. (2018). Effect of Antimicrobial Edible Coatings and Modified Atmosphere Packaging on the Microbiological Quality of Cold Stored Hake (*Merluccius merluccius*) Fillets. *Journal of Food Quality*, 1–12. <https://www.hindawi.com/journals/jfq/2018/6194906/>
- Castulovich, B., & Franco, J. (2018). Efecto de agentes estabilizantes en jugo de piña (*Ananas comosus*) y coco (*Cocos nucifera* L.) edulcorado. *Prisma Tecnológico*, 9(1), 21–25. <http://portal.amelica.org/ameli/journal/324/3241313005/>
- Castro, N., Chaidez, C., Rubio, W., & Benigno, J. (2017). Survival of *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* in minimally processed fruits. *Revista Cubana de Salud Pública*, 30(1), 12-24.
- Chapuel, A., & Reyes, J. (2019). *Obtención de una película biodegradable a partir de los almidones de semilla de aguacate (Persea americana mill) y banano (Musa acuminata aaa) para el recubrimiento de papaya*. Tesis Doctoral, Universidad de Guayaquil-EC, Facultad de Ingeniería Química, 79 p.
- Corzo, S. (2017). *Propuesta para la utilización de harina de la cáscara de plátano verde (Musa*

paradisiaca) para el aprovechamiento en la alimentación humana o animal (Vol. 21, Número 2) [Tesis. Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala].
[http://www.repositorio.usac.edu.gt/7814/1/Sandra Abigail Corzo Manzo.pdf](http://www.repositorio.usac.edu.gt/7814/1/Sandra%20Abigail%20Corzo%20Manzo.pdf)

Desireé, S., & Reinoza, L. (2020). Rendimiento del ácido cítrico extraído del semeruco con respecto al extraído del limón , la naranja y la piña . Usos y beneficios en la piel Yield of citric acid extracted from semeruco with respect to that extracted from lemon , orange and pineapple . Us. *Revista Innovación Estética*, 1, 31–44.

Dussán, S., Rivera, M., & García, C. (2020). Almacenamiento refrigerado de piña mínimamente procesada. Cambios en atributos físico-químicos y sensoriales. *Información tecnológica*, 31(2), 12–18.

Elescano, Y., & Juarez, Y. (2019). Obtención de quitosano entrecruzado con ácido cítrico como antifúngico para la inhibición del crecimiento del fitopatógeno (*Rhizoctonia solani*). *Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental - Universidad Peruana Unión*, 1–14.
<https://n9.cl/nyxd0>

ESPAC (Encuesta de superficie y producción agropecuaria). (2021). *Estadísticas agropecuarias- ESAG, Encuesta de superficie y producción agropecuaria continua*.
[https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2021/Cuestionario ESPAC 2021.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2021/Cuestionario%20ESPAC%202021.pdf)

ESPOL (Escuela Politécnica del Litoral). (2022). *Ecuador se posiciona como el primer país exportador de piña en América del Sur*. Centro de estudio Asia-Pacífico.
<http://www.ceap.espol.edu.ec/es/content/ecuador-se-posiciona-como-el-primer-país-exportador-de-piña-en-américa-del-sur>

Franco, B. (2017). *Efecto de diferentes dosis de fitohormona Cerone sobre el proceso de maduración en la variedad de Piña MD-2 o Golden Sweet en la zona de Quevedo* (p. 35).
<https://n9.cl/ysn5h>

García, A., Ayala, A., & Sánchez, M. (2019). *Efecto de recubrimientos comestibles de Aloe vera y alginato de sodio sobre la calidad poscosecha de fresa*. 56–69. <https://n9.cl/ksbxs>

Godoy, Y., Rojas, S., Pérez, M., Giménez, A., Petit, D., & Alvarado, Q. (2021). Influencia del

- índice de madurez en la calidad de la piña (*Ananas comosus* L. Merr) mínimamente procesada. *Agroindustria, Sociedad Y Ambiente*, 1(8), 36–47.
<https://revistas.uclave.org/index.php/asa/article/view/3395>
- González, R., Cervantes, Y., & Caraballo, L. (2017). *Conservación de la guayaba (Psidium guajava L.) en postcosecha mediante un recubrimiento comestible binario*. 77–82.
<https://n9.cl/04tjy>
- Huachuillca, E. (2018). *Influencia de la aplicación de coberturas biodegradables en la pérdida de peso e índice de madurez de la naranja criolla (Citrus cinensis)*. 45–51.
<https://n9.cl/al7ik>
- Kamzolova, S., & Morgunov, I. (2017). Metabolic peculiarities of the citric acid overproduction from glucose in yeasts *Yarrowia lipolytica*. *Bioresource technology*, 243, 433–440.
- Kęska, P., & Stadnik, J. (2018). Stability of antiradical activity of protein extracts and hydrolysates from dry-cured pork loins with probiotic strains of LAB. *Nutrients*, 10(4), 1–12.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5946306/>
- Khoza, M., Kayitesi, E., & Dlamini, B. C. (2021). Physicochemical characteristics, microstructure and health promoting properties of green banana flour. *Foods*, 10(12), 1–15.
<https://doi.org/10.3390/foods10122894>
- Lee, S., Han, A., Yoon, J. H., & Lee, S. Y. (2022). Growth evaluation of *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella typhimurium*, and *Listeria monocytogenes* in fresh fruit and vegetable juices via predictive modeling. *Lwt*, 162(April), 113485.
- Leneveu, C., Quentin, B., Assemat, S., Hoarau, M., Meile, J., & Remize, F. (2020). Changes of quality of minimally-processed pineapple (*Ananas comosus*, var. 'queen victoria') during cold storage: Fungi in the leading role. *Microorganisms*, 8(2).
- Mercado, J., Tortoledo, O., García, J., Báez, R., García, B., Ávila, J., & Zuñiga, B. (2019). Calidad comercial de piña MD2 (*Ananas comosus* L.) tratada en postcosecha con ácido 2-hidroxibenzoico. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 20(2).
- Mindiolaza, G. (2020). Obtención De Harina De Banano Como Componente En El Desarrollo De Un Suplemento Alimenticio. *Tesis*, 34–37.

file:///C:/Users/LENOVO/Downloads/MINDIOLAZA ALVARADO GILBERT JOEL.pdf

Miteluț, A. C., Popa, E. E., Drăghici, M. C., Popescu, P. A., Popa, V. I., Bujor, O. C., Ion, V. A., & Popa, M. E. (2021). Últimos desarrollos en recubrimientos comestibles para frutas y verduras mínimamente procesadas: una revisión. *Foods*, 10(11), 1–18.

Mora, R., & Feregrino, A. (2021). Recubrimientos comestibles para extender la vida de anaquel de productos hortofrutícolas. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(4), 4605.

Muñoz, C. (2019). Operaciones especiales y de conservación en la poscosecha de frutas y hortalizas. En *Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente* (No. 1). UNAD. <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/notas/article/view/3533/3729>

NTE INEN-ISO 2172. (2014). Jugo de Frutas-Determinación del contenido de sólidos solubles- método picnométrico (ISO 2172:1983, IDT). *Instituto Ecuatoriano de Normalización*, 1–5. https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen-iso_2172.pdf

NTE INEN-ISO 750. (2013). Productos vegetales y de frutas-determinación de la acidez titulable. *Instituto Ecuatoriano de Normalización*, 1998, 1–5. https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_iso_750_extracto.pdf

NTE INEN 1529-10. (2013). *Control microbiológico de los alimentos. Mohos y levaduras viables. Recuentos en placa por siembra en profundidad. 1.-1. 2.* https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_1529-10-1.pdf

NTE INEN 1529-2. (2013). *Control Microbiológico De Los Alimentos. Toma, Envío Y Preparación De Muestras Para El Análisis Microbiológico.* <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1529-2-1R.pdf>

Palma, R. (2022). Desarrollo de un recubrimiento comestible antimicrobiano a base de mucílago de nopal, pectina de naranja y aceite esencial de naranja. *Revista Politécnica*, 12(1). [http://ri-ng.uaq.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/3256/IGMAC-230939-0122-422-Roberta Magnolia Mora Palma -A.pdf?sequence=1&isAllowed=](http://ri-ng.uaq.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/3256/IGMAC-230939-0122-422-Roberta%20Magnolia%20Mora%20Palma%20-A.pdf?sequence=1&isAllowed=)

Pardo, J., Ocegueda, D., Sánchez, A., & Valdivieso, U. (2018). Obtención de bioetanol a partir de residuos de cáscara y pulpa de piña (Ananas comosus). *Universidad Iberoamericana Puebla, México*, 1–4.

- Pérez, O., Ley, N., Rodríguez, K., & González, E. (2016). Business Opportunities of Citric Acid Production By Fermentation From Sugar Substrates in Cuba. *Centro Azúcar*, 43(2), 85–100.
- Ponce, C. (2022). *Evaluación de diferentes dosis de ácido cítrico y ascórbico en la actividad antioxidante del plátano (Musa paradisiaca) para la producción de snacks (chiffles)*. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria De Manabí Manuel Félix López. EC. p 22-27.
- Quiroz, F., & Eccoña, A. (2021). Alimentos mínimamente procesados: Generalidades, procesamiento, consumo y cambios físicos, químicos y biológicos. *Revista Agroindustrial Science*, 11(1), 117–126.
<https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/agroindscience/article/view/3454/4129>
- Ramos, M., & Romero, C. (2018). Almidón modificado: Propiedades y usos como recubrimientos comestibles para la conservación de frutas y hortalizas frescas. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 1, 1–16.
- Ramos, Margarita, Romero, C., & 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, 30–44.
- Román, J., Rosas, J., Rodríguez, A., Palma, H., Vargas, A., & Juárez, A. (2020). Evaluación de solubilidad y pérdida de peso en la degradación de biopelículas elaboradas a base de mezclas de harina de plátano y chayotextle. *Rinderesu*, 5(1), 190–204.
- Santacruz, S., Castro, M., Mantuano, M., & Coloma, J. (2017). Utilisation of Cassava Starch Edible films containing Salicylic Acid. *Revista Politécnica*, 39(1), 7–12.
- Sarkar, T., Salauddin, M., Hazra, S., & Chakraborty, R. (2021). Effect Of Hot Air Oven, Microwave, Microwave Convective, Freeze Dried Pineapple Pulp On Storage Stability Of Casein Ball (Rasgulla). *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 10(4), 674–679.
- Sarmiento, G. (2020). *Gestión ambiental de residuos sólidos agrícolas (sobproductos orgánicos) mediante la elaboración de Bocashi e impacto de su valoración en la bioproducción de lechuga* [Escuela de posgrado, Universidad de San Agustín de

Arequipa]. <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3000/SilvaAcosta.pdf?sequence=1&isAllowed=y%0Ahttps://repositorio.comillas.edu/xmlui/handle/11531/1046>

- Septembre, A., Remizeb, F., & Pouchereta, P. (2018). Frutas y hortalizas, como fuente de compuestos nutricionales y fitoquímicos: Cambios en compuestos bioactivos durante la fermentación láctica. *Alimentos Res.*, *104*, 86–99.
- Surco, F., Tipiana, R., Torres, Y., Valle, M., & Panay, J. (2017). Efectos de liofilización sobre composición química y capacidad antioxidante en pulpa de cuatro variedades de *Mangifera indica*. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, *83*(4), 412–419.
- Treviño, M., García, S., Heredia, N., Alanís, M., & Arévalo, K. (2017). Recubrimientos comestibles capa por capa a base de mucílagos, pululano y quitosano y su efecto en la calidad y conservación de la piña (*Ananas comosus*) recién cortada. *Poscosecha Biol. Tecnología*, *128*, 63–75.
- Ulloa, L., Sáenz, M., Castro, J., & Ramírez, M. (2021). Temperaturas de acondicionamiento, poscosecha sobre el desarrollo de color de la epidermis y calidad interna de frutos de piña. *Agronomía Costarricense*, *45*(1), 103–114.
- Valerga, L., Darré, M., Irigoiti, Y., Concellón, A., & Lemoine, M. (2018). Compatibilidad y calidad de una mezcla de frutas frescas cortadas envasadas en atmósfera modificada. *Revista Iberoamericana de Tecnología*, *19*(1), 1–16.
- Vargas, C., Gonzalez, V., Ochoa, C., & Velez, C. (2022). Conservación de piña mínimamente procesada: evaluación de parámetros fisicoquímicos. *Revista Ingeniería*, *27*(1), e17564.
- Venegas, R., Torres, A., Rueda, A. M., Morales, M. A., Arias, M. J., & Porras, A. (2022). Development and Characterization of Plantain (*Musa paradisiaca*) Flour-Based Biopolymer Films Reinforced with Plantain Fibers. *Polymers*, *14*(4).
- Villaizar, R., Quiceno, C., & Giraldo, G. (2019). Cambios fisicoquímicos durante la maduración del mango Tommy Atkins en la poscosecha. *Actualidad & Divulgación Científica*, *22*(1), 6. <https://revistas.udca.edu.co/index.php/ruadc/article/view/1159/1671#:~:text=Se evidencia un decrecimiento en,luego tiende a ser constante>.

Zhong, W., Chen, T., Yang, H., & Li, E. (2020). Isolation and selection of non-Saccharomyces yeasts being capable of degrading citric acid and evaluation its effect on kiwifruit wine fermentation. *Fermentation*, 6(1), 1–25.