

## Recubrimiento comestible elaborado con cáscara de *Musa paradisiaca* y adición de aceite esencial *Citrus x limonia* aplicado en aguacate procesado

### Edible coating made from *Musa paradisiaca* peel with the addition of *Citrus x limonia* essential oil applied to processed avocado

Christian Simón RIVADENEIRA BARCIA<sup>1</sup>, Mildred Stefany VERA ZAMBRANO<sup>2</sup>, Luis Humberto VÁSQUEZ CORTEZ<sup>3</sup>, Marcos OVIEDO RODRÍGUEZ<sup>4</sup>, Juan Andrés VILLAMARÍN BARREIRO<sup>3</sup>, Sanyi Lorena RODRÍGUEZ CEVALLOS<sup>5</sup>, Pierre VIDAURRE-ROJAS<sup>6</sup>

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

2 Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Manta, Manabí, Ecuador.

3 Facultad de Ciencias Agropecuarias, Carrera de Agroindustria de la Universidad Técnica de Babahoyo, Los Ríos, Ecuador.

4 Universidad Técnica de Babahoyo, Babahoyo, Ecuador.

5 Facultad de Ciencias de la Industria y Producción, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Los Ríos, Ecuador.

6 Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, Perú.

Recibido: 23/febrero/2025. Aceptado: 24/abril/2025.

#### RESUMEN

**Introducción:** La rápida maduración del aguacate mínimamente procesado (*Persea americana*) reduce su vida útil y limita su comercialización. Los recubrimientos comestibles basados en subproductos agroindustriales representan una estrategia innovadora para preservar la calidad del fruto.

**Objetivos:** Evaluar el efecto de un recubrimiento comestible elaborado con harina de cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*) y aceite esencial de limón mandarina (*Citrus x limonia*) sobre las características fisicoquímicas, microbiológicas y organolépticas del aguacate mínimamente procesado durante su almacenamiento.

**Material y Métodos:** Se aplicó un Diseño Completamente al Azar Bifactorial (DCA) con tres repeticiones, evaluando dos concentraciones de harina de cáscara de plátano (8 % y 10 %) y dos de aceite esencial de limón mandarina (0,5 % y 1 %). Se analizaron variables fisicoquímicas (pH, pérdida de peso,

acidez titulable, sólidos solubles, índice de madurez y textura), microbiológicas (mohos y levaduras) y organolépticas (olor, color, sabor y apariencia general) a lo largo de 16 días de almacenamiento a 4 °C, con mediciones cada 4 días.

**Resultados:** Los tratamientos con mayor concentración de harina de cáscara de plátano y aceite esencial de limón mandarina (10 % y 1 %, respectivamente) redujeron significativamente la pérdida de peso, disminuyeron el crecimiento de mohos y levaduras y retardaron el proceso de maduración en comparación con el control ( $p < 0,05$ ). Sin embargo, el análisis sensorial indicó una preferencia por el tratamiento control en términos de olor, color y sabor.

**Discusión:** La combinación de harina de cáscara de plátano y aceite esencial de limón mostró un efecto positivo en la conservación del aguacate, mejorando su estabilidad microbiológica y reduciendo su deterioro. No obstante, se observó que el recubrimiento puede modificar algunas propiedades organolépticas.

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

#### Correspondencia:

Luis Humberto Vásquez Cortez  
lvazquezc@utb.edu.ec

## PALABRAS CLAVE

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

## ABSTRACT

**Introduction:** The rapid ripening of minimally processed avocado (*Persea americana*) reduces its shelf life and limits its commercialization. Edible coatings based on agro-industrial by-products represent an innovative strategy to preserve fruit quality.

**Objectives:** To evaluate the effect of an edible coating made from banana peel flour (*Musa paradisiaca*) and mandarin lemon essential oil (*Citrus x limonia*) on the physicochemical, microbiological, and organoleptic characteristics of minimally processed avocado during storage.

**Material and Methods:** A Completely Randomized Bifactorial Design (CRD) was applied with three replications, evaluating two concentrations of banana peel flour (8% and 10%) and two of mandarin lemon essential oil (0,5% and 1%). Physicochemical variables (pH, weight loss, titratable acidity, soluble solids, maturity index, and texture), microbiological variables (molds and yeasts), and organoleptic attributes (odor, color, taste, and general appearance) were analyzed over 16 days of storage at 4°C, with measurements every 4 days.

**Results:** Treatments with higher concentrations of banana peel flour and mandarin lemon essential oil (10% and 1%, respectively) significantly reduced weight loss, decreased mold and yeast growth, and delayed ripening compared to the control ( $p < 0,05$ ). However, sensory analysis indicated a preference for the control treatment in terms of odor, color, and taste.

**Discussion:** Discussion: The combination of banana peel flour and mandarin lemon essential oil had a positive effect on avocado preservation, improving microbiological stability and reducing deterioration. However, the coating altered some organoleptic properties.

**Conclusions:** The developed coating extended the shelf life of minimally processed avocado, demonstrating its potential as a sustainable alternative for fresh fruit preservation.

## KEYWORDS

Food preservation, sustainability, food industry, food safety.

## INTRODUCCIÓN

El consumo de pulpa de plátano verde abarca una amplia gama de productos, desde platos tradicionales hasta alimentos industrializados. Sin embargo, Vásquez *et al.*<sup>1</sup>, destacaron el problema del desaprovechamiento de la cáscara, la cual en muchos casos es descartada sin un uso aprovechable en el entorno.

González *et al.*<sup>2</sup> señalan que la composición fisicoquímica de la cáscara de plátano verde la convierte en un material adecuado para la elaboración de recubrimientos. Por su parte, Supaluck *et al.*<sup>3</sup> destacaron que la cáscara de plátano es el principal subproducto de los procesos industriales, representando aproximadamente el 30 % del peso del fruto. Su potencial de aplicación depende de su composición química, rica en proteínas, fibra dietética, aminoácidos, ácidos grasos poliinsaturados y potasio. Asimismo, Shristy *et al.*<sup>4</sup> enfatizan que los recubrimientos comestibles mejoran la calidad y seguridad de los productos frescos, prolongando su vida útil.

Giannakourou *et al.*<sup>5</sup> indican que las frutas y verduras recién cortadas (mínimamente procesadas) son más vulnerables al deterioro debido a diversas reacciones metabólicas, las cuales afectan sus características organolépticas, provocando cambios en el color, la textura y acelerando su maduración.

Cid *et al.*<sup>6</sup> destacan que el aguacate (*Persea americana* cv. "Fuerte") es una fruta de excelente sabor y textura, con un papel relevante en la nutrición humana debido a su contenido de ácidos grasos como el oleico, palmítico, linoleico, palmitoleico y esteárico, así como a su aporte de vitaminas A, B, C, E y K, además de un alto contenido de fibra. Sin embargo, es un producto altamente perecedero que, al iniciar su maduración, se ablanda rápidamente. En el caso de los aguacates mínimamente procesados, su vida útil es especialmente corta (5-7 días) debido a su pH neutro (6,3-6,6)<sup>7</sup>.

Por ello, esta investigación tiene como objetivo determinar el porcentaje óptimo de harina de cáscara de *Musa paradisiaca*, en combinación con aceite esencial de *Citrus x limonia*, para el desarrollo de un recubrimiento comestible que preserve la calidad del aguacate mínimamente procesado (*Persea americana*).

## Materiales y métodos

Esta investigación se llevó a cabo en la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, en la ciudad de Manta provincia de Manabí, del país Ecuador, específicamente en el Laboratorio de Investigación de Alimentos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y en la Universidad Técnica de Babahoyo en la Facultad de Ciencias Agropecuarias. La extracción del aceite esencial de limón mandarina (*Citrus x limonia*) se realizó en los laboratorios de Bromatología de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

## Diseño de la investigación

En Se aplicó un Diseño Completamente al Azar Bifactorial (AxB) +1, en el cual se evaluaron dos factores: la concentración de harina de cáscara de plátano (con dos niveles: 8 % y 10 %) y la concentración de aceite esencial de limón manda-

rina (*Citrus x limonia*) (con dos niveles: 0,5 mg/kg y 1 mg/kg). La combinación de estos niveles generó cuatro tratamientos factoriales (2x2), a los que se añadió un tratamiento testigo sin recubrimiento, con el fin de establecer comparaciones frente a frutos no tratados. En total se trabajó con cinco tratamientos, cada uno con tres repeticiones, para un total de 15 unidades experimentales.

Las frutas fueron almacenadas a 4 °C ( $\pm$  2) con 90 % de humedad relativa, y se evaluaron a lo largo de un período de 16 días, realizando mediciones cada cuatro días (días 0, 4, 8, 12 y 16). Esta distribución temporal permitió realizar un seguimiento detallado de la evolución de las variables fisicoquímicas (pH, pérdida de peso, acidez titulable, sólidos solubles, índice de madurez y textura), microbiológicas (mohos y levaduras), y organolépticas (olor, color, sabor y apariencia general).

Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) bifactorial, que permitió evaluar los efectos individuales de cada factor (harina y aceite), así como su interacción y la comparación con el tratamiento testigo. Para todas las variables se estableció un nivel de significancia del 5 % ( $p \leq 0,05$ ). En los casos donde se detectaron diferencias significativas, se aplicó la prueba de Tukey para la comparación múltiple de medias, el procesamiento estadístico se realizó utilizando el programa libre InfoStat (Tabla 1).

**Tabla 1.** Factores y nivel de estudio

Tratamientos	Códigos	Descripción	
		Harina de cáscara de plátano (%)	Aceite de limón (mg/kg)
T1	a1b1	8	0,5
T2	a1b2	8	1
T3	a2b1	10	0,5
T4	a2b2	10	1
T5	Testigo	Sin recubrimiento	

### Elaboración de harina de cáscara de plátano

Se utilizó el método propuesto por Anchundia *et al.*<sup>8</sup> con algunas modificaciones. La cáscara de plátano se cortó en trozos de 0,3 x 2,5 cm y se sumergió en una solución de metabisulfito de potasio al 1 % (p/v) durante 24 horas para inhibir la oxidación. Posteriormente, se secó en una estufa (Binder, España) a 60 °C durante 72 horas y se molió con un procesador de alimentos (NINJA, USA).

El material obtenido se sometió a una extracción de fracciones lipídicas mediante inmersión en etanol al 90 % (v/v) (20 g de harina en 200 mL de etanol p/v) durante 16 horas en baño

maría a 50 °C. Luego, la harina fue lavada tres veces con agua destilada y filtrada con tela de lienzo. Posteriormente, se secó nuevamente en la estufa a 60 °C por 72 horas.

La harina de cáscara resultante fue blanqueada con una solución de peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) al 15 % durante 3 horas, seguida de un nuevo proceso de secado y molienda. Finalmente, la harina se tamizó con un tamiz de 200 mallas, obteniendo partículas de 75  $\mu$ m.

### Extracción del aceite esencial de limón mandarina (*Citrus x limonia*)

El aceite esencial se extrajo por el método de hidrodestilación con trampa de Clevenger.

### Elaboración de recubrimiento comestible

Se realizó el recubrimiento comestible en base a la metodología propuesta por el autor Vaca *et al.*<sup>9</sup>, con ciertas modificaciones, donde consistió en emplear 1% (p/p) de glicerol como plastificante y el 99 % sobrante, corresponderá a la combinación de agua destilada junto a los porcentajes planteados de harina de cáscara de plátano aceite esencial de limón. La mezcla de los componentes fue calentada hasta 90 °C con agitación constante durante 5 minutos, finalmente se dejará enfriar la solución hasta 40 °C para proceder a la aplicación de los diferentes porcentajes de aceite esenciales de, esto se realizó para no alterar la composición del aceite con temperatura altas. Y se homogenizó en ultrapur (Polytron, Suiza) a 11000 rpm por 4 minutos.

### Aplicación de recubrimiento comestible

La aplicación del recubrimiento se realizó mediante el método de inmersión, dejando secar los aguacates a temperatura ambiente durante una hora. Posteriormente, cada bandeja fue sellada con film adherente para alimentos y almacenada en refrigeración a 4 °C ( $\pm$  2) con una humedad relativa del 90 %<sup>10</sup>.

### Métodos de análisis de laboratorio

Los aguacates en estudio fueron evaluados cada cuatro días durante un período de 16 días, a partir del día 0. El pH fue determinado según el método AOAC 981.12 (AOAC, 2005)<sup>11</sup>, mientras que los sólidos solubles fueron evaluados mediante la misma metodología de Cedeño *et al.*<sup>12</sup>. La pérdida de peso se registró utilizando una balanza digital desde el inicio hasta el día 16 del estudio. La acidez titulable fue analizada conforme a AOAC 981.12 (AOAC, 2005)<sup>13</sup>, y el índice de madurez se determinó según la norma INEN 1909 (NTE INEN 1909, 2016)<sup>7</sup>. La textura se evaluó empleando un texturómetro TA.XTPlus100C. El análisis microbiológico, enfocado en la detección de mohos y levaduras, se realizó siguiendo la norma INEN 1529-10 (INEN, 2013). Finalmente, la evaluación sensorial se llevó a cabo mediante una prueba

afectiva basada en la metodología de Vásquez *et al.*<sup>14</sup>, utilizando una escala hedónica de 5 puntos.

## RESULTADOS

### Análisis Físicoquímicos

Según la Tabla 2, del análisis de pH se observa que en el día 0 presentó diferencia estadística significativa en la prueba de rangos múltiples de Tukey al  $p < 0,05$  a su vez en la interacción entre harina de cascara de plátano \* aceite de limón, en los demás días de evaluación no tuvo el mismo comportamiento estadístico presentando igualdad entre los tratamientos de estudio.

En el análisis de ANOVA de la variable de pérdida de peso podemos denotar en la Tabla 3, que en el día 0 no presentó diferencia estadística significativa lo cual los valores son semejantes, al transcurrir los días se ve reflejada pérdida de peso tanto los días 4, 8 y 12 no obstante en el día 16 no tuvo el mismo comportamiento estadístico significativo.

El análisis de sólidos solubles (SS), como se detalla en la Tabla 4, reveló resultados significativos al inicio del estudio. En el día 0, se identificó una diferencia estadística significativa en todos los tratamientos de estudio, siendo especialmente notable el comportamiento del aceite de limón en este aspecto.

El análisis de la acidez titulable, como se presenta en la Tabla 5, revela una serie de hallazgos significativos a lo largo del estudio. En el primer día de observación, se observó una diferencia altamente significativa en el factor de harina de

cáscara de plátano, así como en el efecto del aceite de limón y su interacción. Sin embargo, este patrón no se observó en el grupo de control (testigo).

En la Tabla 6 de Madurez, en el día 0 se observó una diferencia estadística significativa en todos los tratamientos de estudio. En el día 4, la interacción entre la harina de cáscara de plátano y el aceite de limón mostró una diferencia estadística significativa según la prueba de Tukey del análisis de rangos múltiples, con un nivel de significancia de  $p < 0,05$ . En el último día de estudio, día 16, se observó una diferencia altamente significativa en el factor de harina de cáscara de plátano. Se encontró que a mayor aplicación de harina de plátano (hasta el 10%), aumentó la madurez, en comparación con las aplicaciones de menor cantidad.

El análisis de varianza de la variable textura, como se detalla en la Tabla 7, reveló diferencias estadísticas significativas durante el período de estudio. En el primer día de observación, se identificó una diferencia estadística significativa ( $p < 0,05$ ) según la prueba de Tukey. Específicamente, se encontró que los tratamientos con aplicación mostraron una textura significativamente diferente en comparación con el grupo de control, mientras que este último no exhibió variaciones estadísticamente significativas.

En el análisis de microbiológico de moho según la tabla 8, se presentó diferencia estadística significativa en cuestión de las concentraciones de harina de plátano aplicada Día 4 ( $< 0,0001^*$ ), Día 8 ( $0,0002^*$ ), Día 12 ( $0,0005^*$ ), y Día 16

**Tabla 2.** Evolución del pH en aguacates mínimamente procesados tratados con recubrimientos comestibles a base de harina de cáscara de plátano y aceite esencial de limón durante 16 días de almacenamiento a 4 °C

Factor		Variable				
Harina de cascara de plátano	Aceite de limón	Día 0	Día 4	Día 8	Día 12	Día 16
8	0,5	6,47	6,73	6,80	7,00	7,17
8	1	6,77	6,80	7,00	7,07	7,23
10	0,5	6,80	6,73	7,00	7,43	7,17
10	1	6,63	6,70	6,77	6,93	7,17
Testigo 1 Vs Todos		6,73	6,70	6,90	7,00	7,10
	EEM ±	0,03	0,04	0,06	0,03	0,03
Probabilidad	Harina de cascara de plátano	0,0400*	0,3921	0,8548	0,7328	0,4714
	Aceite de limón	0,1411	0,7707	0,8548	0,3198	0,4714
	Harina de cascara de plátano * Aceite de limón	0,0004*	0,3921	0,0395	0,0384	0,4714
	Testigo 1 Vs Todos	0,5581	0,4843	0,9330	0,6307	0,0819
	CV	1,06	1,42	2,22	1,16	1,06

**Tabla 3.** Porcentaje de pérdida de peso en aguacates recubiertos con formulaciones de harina de cáscara de plátano y aceite esencial de limón a lo largo del almacenamiento refrigerado (0–16 días)

Factor		Variable				
Harina de cascara de plátano	Aceite de limón	Día 0	Día 4	Día 8	Día 12	Día 16
8	0,5	100,00	98,34	98,34	98,08	97,75
8	1	100,00	99,11	99,11	98,76	98,63
10	0,5	100,00	98,70	98,70	98,48	98,32
10	1	100,00	99,40	99,40	98,36	98,12
Testigo 1 Vs Todos		100,00	98,30	98,30	98,14	97,86
	EEM ±	-	0,04	0,04	0,02	0,19
Probabilidad	Harina de cascara de plátano	-	0,0005*	0,0005*	>0,9999	0,9104
	Aceite de limón	-	<0,0001*	<0,0001*	<0,0001*	0,2458
	Harina de cascara de plátano *Aceite de limón	-	0,5653	0,5653	<0,0001*	0,0823
	Testigo 1 Vs Todos	-	0,0564	0,0564	0,1149	0,3322
	CV	-	0,10	0,10	0,04	0,48

**Tabla 4.** Variación de sólidos solubles (°Brix) en aguacates recubiertos con harina de cáscara de plátano y aceite esencial de limón mandarina durante 16 días de almacenamiento a 4 °C

Factor		Variable				
Harina de cascara de plátano	Aceite de limón	Día 0	Día 4	Día 8	Día 12	Día 16
8	0,5	7,56	7,90	8,13	8,66	8,76
8	1	7,86	8,03	8,30	8,63	8,63
10	0,5	7,50	7,83	8,33	8,63	8,73
10	1	7,63	7,83	8,46	8,50	8,70
Testigo 1 Vs Todos		7,86	7,96	8,20	8,46	8,63
	EEM ±	0,02	0,04	0,06	0,07	0,05
Probabilidad	Harina de cascara de plátano	0,0008*	0,0285*	0,0550	0,4094	0,8028
	Aceite de limón	0,0001*	0,2191	0,1035	0,4094	0,2328
	Harina de cascara de plátano *Aceite de limón	0,0203*	0,2191	0,8434	0,6157	0,4609
	Testigo 1 Vs Todos	0,0425*	0,3273	0,2364	0,1920	0,3153
	CV	0,65	1,10	1,70	1,93	1,28

**Tabla 5.** Cambios en la acidez titulable de aguacates tratados con recubrimientos de cáscara de plátano y aceite esencial de Citrus x limonia durante almacenamiento a temperatura controlada

Factor		Variable				
Harina de cascara de plátano	Aceite de limón	Día 0	Día 4	Día 8	Día 12	Día 16
8	0,5	0,75	0,83	0,79	0,76	0,76
8	1	0,68	0,74	0,73	0,76	0,71
10	0,5	0,60	0,74	0,65	0,70	0,60
10	1	0,45	0,77	0,62	0,50	0,45
<b>Testigo 1 Vs Todos</b>		0,60	0,64	0,62	0,61	0,60
	<b>EEM ±</b>	0,02	0,01	0,04	0,04	0,01
<b>Probabilidad</b>	<b>Harina de cascara de plátano</b>	<0,0001*	0,0072	0,0781	0,0357*	<0,0001*
	<b>Aceite de limón</b>	<0,0001*	0,1051	0,4777	0,1595	0,0004*
	<b>Harina de cascara de plátano *Aceite de limón</b>	<0,0001*	0,0061*	0,8848	0,1661	0,0288*
	<b>Testigo 1 Vs Todos</b>	0,7966	0,0008*	0,2256	0,4017	0,7172
	<b>CV</b>	0,93	3,78	15,29	16,20	4,89

**Tabla 6.** Comportamiento del índice de madurez en aguacates recubiertos con distintas combinaciones de harina de cáscara de plátano y aceite esencial de limón durante el almacenamiento

Factor		Variable				
Harina de cascara de plátano	Aceite de limón	Día 0	Día 4	Día 8	Día 12	Día 16
8	0,5	10,08	9,50	10,38	11,40	11,49
8	1	11,65	11,07	11,97	11,50	12,25
10	0,5	12,49	10,64	12,92	12,72	14,55
10	1	17,03	10,19	14,15	17,62	18,95
<b>Testigo 1 Vs Todos</b>		13,10	12,44	13,41	13,88	14,38
	<b>EEM ±</b>	0,06	0,20	0,94	0,97	0,26
<b>Probabilidad</b>	<b>Harina de cascara de plátano</b>	<0,0001*	0,6509	0,1127	0,0271*	<0,0001*
	<b>Aceite de limón</b>	<0,0001*	0,0825	0,3195	0,1073	0,0001*
	<b>Harina de cascara de plátano *Aceite de limón</b>	<0,0001*	0,0074*	0,8935	0,1196	0,0010*
	<b>Testigo 1 Vs Todos</b>	<0,0001*	<0,0001*	<0,0001*	<0,0001*	<0,0001*
	<b>CV</b>	1,10	4,74	18,55	17,93	4,40

**Tabla 7.** Evaluación instrumental de la textura en aguacates mínimamente procesados recubiertos con formulaciones bioactivas durante el periodo de almacenamiento

Factor		Variable				
Harina de cascara de plátano	Aceite de limón	Día 0	Día 4	Día 8	Día 12	Día 16
8	0,5	4,93	5,42	3,46	1,31	-
8	1	4,94	4,39	3,16	3,45	2,78
10	0,5	4,94	4,37	3,12	1,53	-
10	1	4,98	4,36	4,25	1,39	3,18
<b>Testigo 1 Vs Todos</b>		4,93	4,39	3,12	1,53	-
	<b>EEM ±</b>	0,002	0,002	6,02	6,05	0,12
<b>Probabilidad</b>	<b>Harina de cascara de plátano</b>	0,0004*	<0,0001*	0,1534	<0,0001*	0,2565
	<b>Aceite de limón</b>	<0,0001*	<0,0001*	0,1198	<0,0001*	<0,0001*
	<b>Harina de cascara de plátano *Aceite de limón</b>	0,0017*	<0,0001*	0,0173*	<0,0001*	0,2565
	<b>Testigo 1 Vs Todos</b>	0,0943	0,4456	0,3780	0,5317	0,1714
	<b>CV</b>	0,10	0,11	11,81	6,18	19,26

(0,0001\*), indicando que el efecto significativo se mantiene conforme transcurre el tiempo evaluado, mientras que en la aplicación del extracto de aceite de limón solo fue en el Día 0 (<0,0001\*), Día 8 (0,0148\*), y Día 16 (0,0254\*), el valor p es <0,0001 (significativo), donde se determina que el impacto es en días específicamente subsecuentes.

En el análisis de microbiológico de levadura según la tabla 9, sí presentó diferencia estadística la harina de cáscara de plátano ya que fue significativa en cuestión de las concentraciones aplicadas, respecto a el aceite de limón se puede observar que no tiene un efecto significativo al inicio (Día 0 y Día 4), pero sus efectos se vuelven significativos en los días 8, 12 y 16, esto se puede interpretar que el aceite de limón podría tener un efecto a largo plazo en la variable medida.

### Análisis organoléptico

#### Olor

La figura número 1 se muestra el comportamiento de los diferentes tratamientos y del testigo (línea morada) que fue el que se destaca claramente en la categoría “me gusta mucho” con una puntuación muy alta (cerca de 30), lo que sugiere una fuerte preferencia positiva hacia el olor del testigo en comparación con los tratamientos.

#### Color

La figura número 2 muestra al testigo (línea morada) siendo el tratamiento más aceptado visiblemente en la cate-

goría “me gusta mucho” con una puntuación muy alta (cerca de 30), lo que indica una preferencia hacia el color del testigo en comparación con los tratamientos. Los tratamientos t1, t2, t3, y t4 mantienen similares puntuaciones en la mayoría de las categorías, si muchas diferencias entre ellos, lo podemos observar en el centro de la gráfica.

#### Sabor

Podemos apreciar en la figura 3 sobre el análisis de sabor que la muestra de control (testigo) recibió las ponderaciones más altas, especialmente en la categoría de “me gusta mucho”, con un valor de 30.

También se pudo notar que T2 obtuvo una buena aceptación con relación a los demás, con altas calificaciones en “me gusta moderadamente”.

#### Apariencia (Aceptabilidad)

En la figura número 4 podemos observar un comportamiento diferente correspondiente en los tratamientos de estudio, sin embargo, el predominantemente calificado como “me gusta mucho”, con un valor de 16, indicando que la apariencia de la testigo es altamente preferida.

Sin embargo, el tratamiento 2 muestra un comportamiento de agrado donde se distribuyen en las siguientes calificaciones están distribuidas principalmente en “no me gusta ni me disgusta” y “me disgusta moderadamente”, indicando una menor preferencia en comparación con el testigo y t2.

**Tabla 8.** Recuento de unidades formadoras de colonias (UFC) de mohos en aguacates tratados con recubrimientos comestibles y almacenados a 4 °C durante 16 días

Factor		Variable				
Harina de cascara de plátano	Aceite de limón	Día 0	Día 4	Día 8	Día 12	Día 16
8	0,5	1,0933x10 <sup>2</sup>	1,0933x10 <sup>2</sup>	3,73333x10 <sup>3</sup>	4,63333x10 <sup>3</sup>	3,1x10 <sup>4</sup>
8	1	1,09x10 <sup>2</sup>	1,09x10 <sup>2</sup>	5,83333x10 <sup>3</sup>	6,43333x10 <sup>3</sup>	5,6x10 <sup>4</sup>
10	0,5	1,02x10 <sup>2</sup>	1,02x10 <sup>2</sup>	1,76667x10 <sup>3</sup>	2,46667x10 <sup>3</sup>	1,6x10 <sup>4</sup>
10	1	1,01x10 <sup>2</sup>	1,01x10 <sup>2</sup>	2,23333x10 <sup>3</sup>	2,33333x10 <sup>3</sup>	3,33333x10 <sup>3</sup>
<b>Testigo 1 Vs Todos</b>		1,00x10 <sup>2</sup>	1,00x10 <sup>2</sup>	5,16667x10 <sup>3</sup>	6,93333x10 <sup>3</sup>	4,8x10 <sup>4</sup>
	<b>EEM ±</b>	0,31	0,31	0,31	24,03	36,76
<b>Probabilidad</b>	<b>Harina de cascara de plátano</b>	0,17	<0,0001*	0,0002*	0,0005*	0,0001*
	<b>Aceite de limón</b>	<0,0001*	0,17	0,0148*	0,1684	0,0254
	<b>Harina de cascara de plátano *Aceite de limón</b>	0,17	0,47	0,0844	0,1170	0,04442*
	<b>Testigo 1 Vs Todos</b>	0,4714	0,2827	0,5029	0,1694	0,4571
	<b>CV</b>	0,73	0,73	21,18	24,03	0,79

**Tabla 9.** Recuento de unidades formadoras de colonias (UFC) de levaduras en aguacates recubiertos con harina de cáscara de plátano y aceite esencial de limón en función del tiempo de almacenamiento

Factor		Variable				
Harina de cascara de plátano	Aceite de limón	Día 0	Día 4	Día 8	Día 12	Día 16
8	0,5	1,0933x10 <sup>2</sup>	3,76667x10 <sup>3</sup>	6,7x10 <sup>3</sup>	7,46667x10 <sup>3</sup>	4,00000x10 <sup>4</sup>
8	1	1,09x10 <sup>2</sup>	2,66667x10 <sup>3</sup>	6,3x10 <sup>3</sup>	7,43333x10 <sup>3</sup>	3,76667x10 <sup>4</sup>
10	0,5	1,02x10 <sup>2</sup>	1,73333x10 <sup>2</sup>	1,56667x10 <sup>3</sup>	2,23333x10 <sup>3</sup>	2,30000x10 <sup>3</sup>
10	1	1,01x10 <sup>2</sup>	1,9x10 <sup>3</sup>	1,6x10 <sup>3</sup>	2,50000x10 <sup>3</sup>	3,16667x10 <sup>3</sup>
<b>Testigo 1 Vs Todos</b>		1,00x10 <sup>2</sup>	4,0x10 <sup>3</sup>	5,56667x10 <sup>3</sup>	4,63333x10 <sup>3</sup>	5,93333x10 <sup>4</sup>
	<b>EEM ±</b>	0,31				
<b>Probabilidad</b>	<b>Harina de cascara de plátano</b>	<0,0001*	0,33	0,34	0,33	0,31
	<b>Aceite de limón</b>	0,1690	0,5901	0,0060*	0,0004*	0,0005*
	<b>Harina de cascara de plátano *Aceite de limón</b>	0,4714	0,4682	0,8423	0,8983	0,9114
	<b>Testigo 1 Vs Todos</b>	0,0658	0,3673	0,8142	0,8811	0,8085
	<b>CV</b>	0,73	57,24	38,22	31,22	53,22

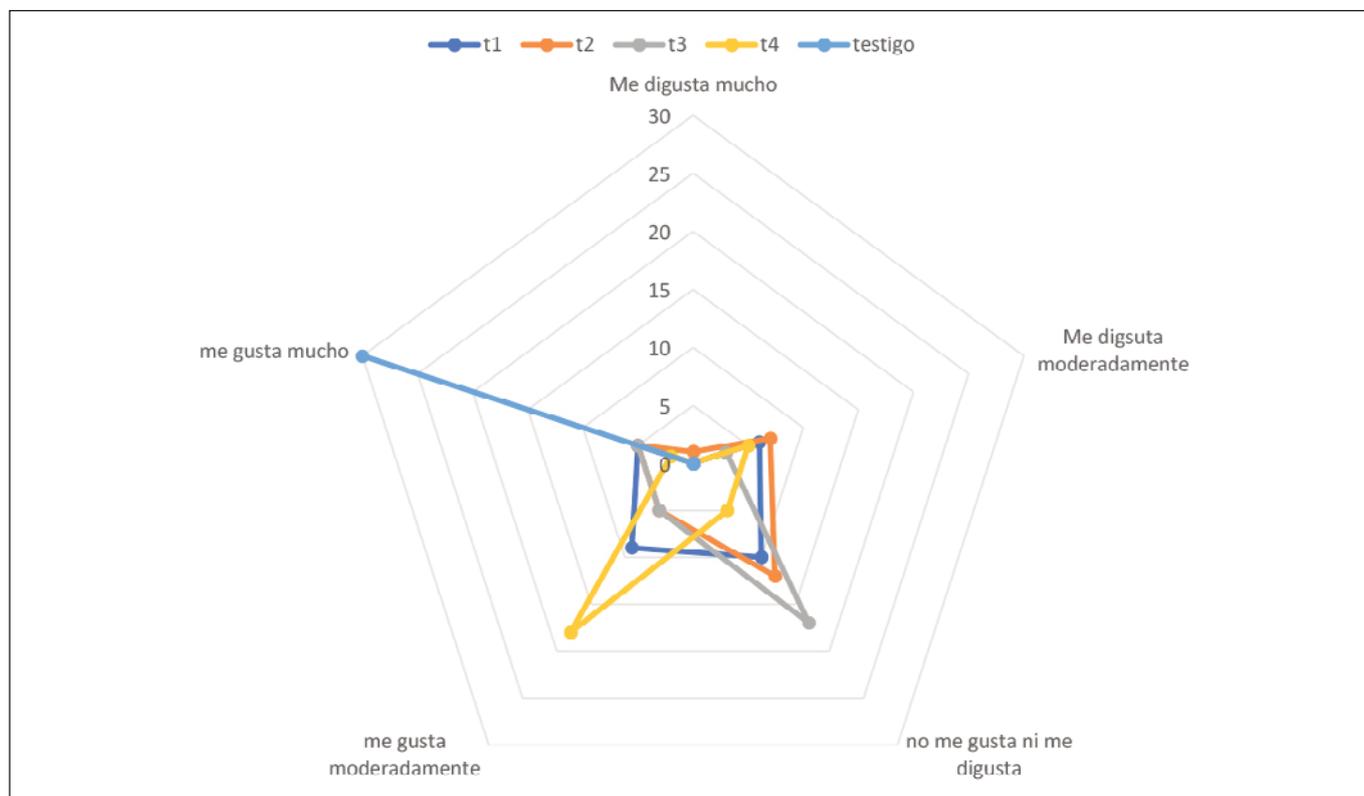


Figura 1. Análisis de olor

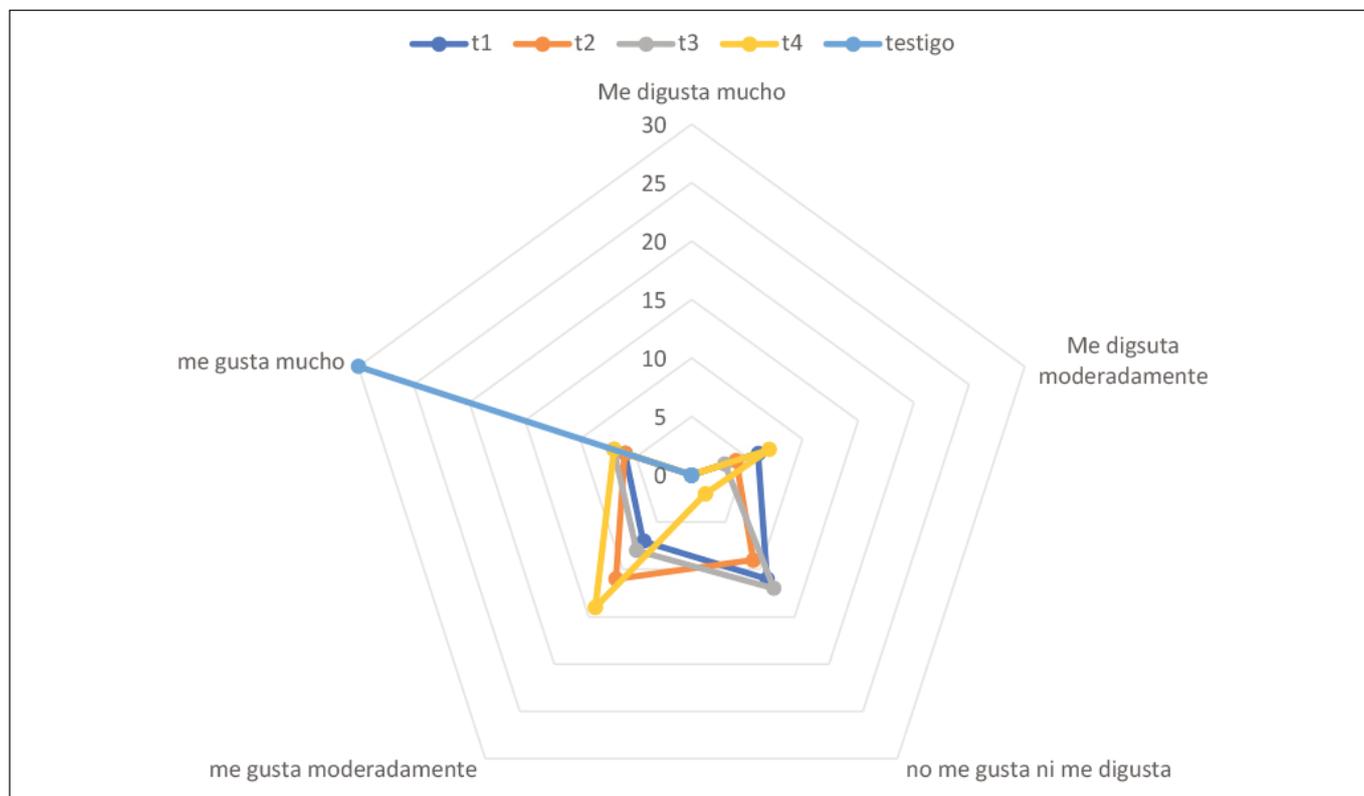


Figura 2. Análisis de color

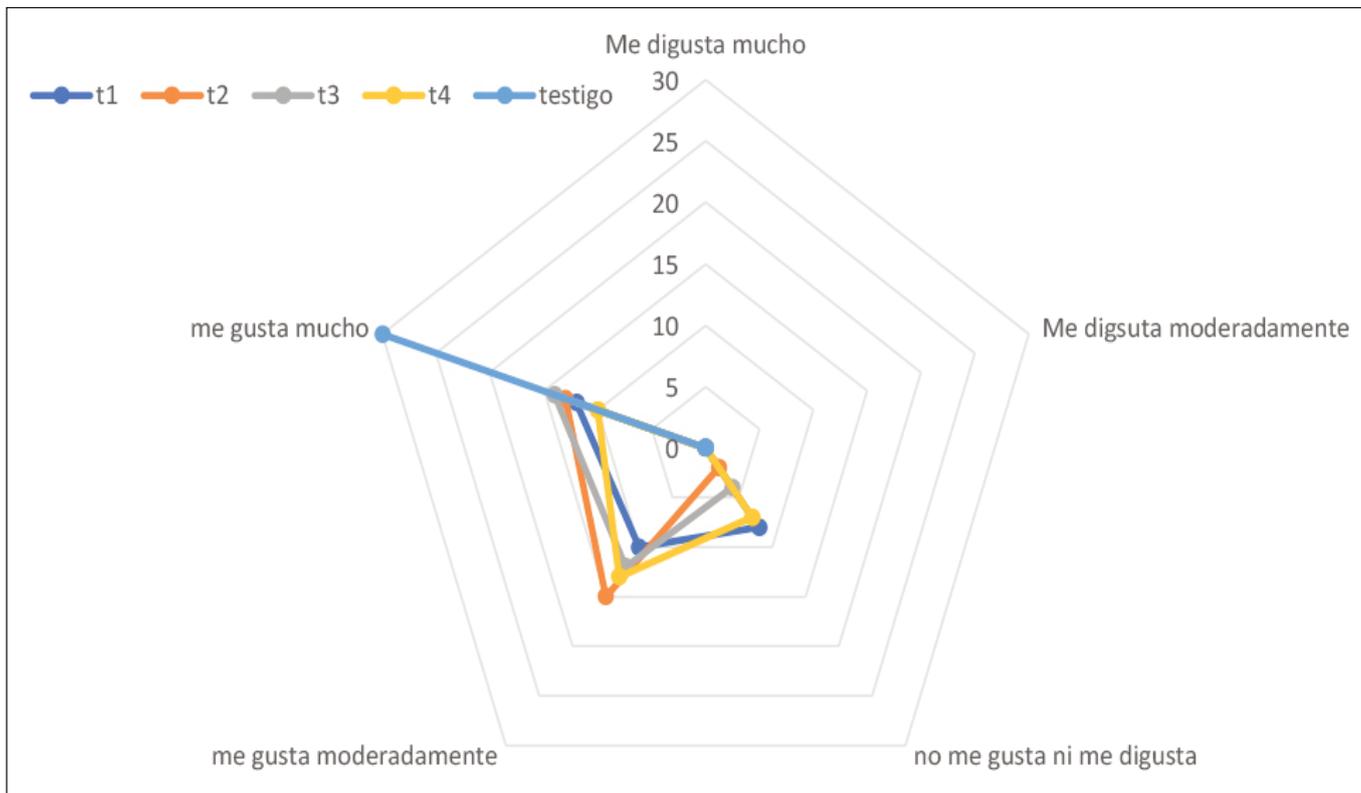


Figura 3. Análisis de sabor

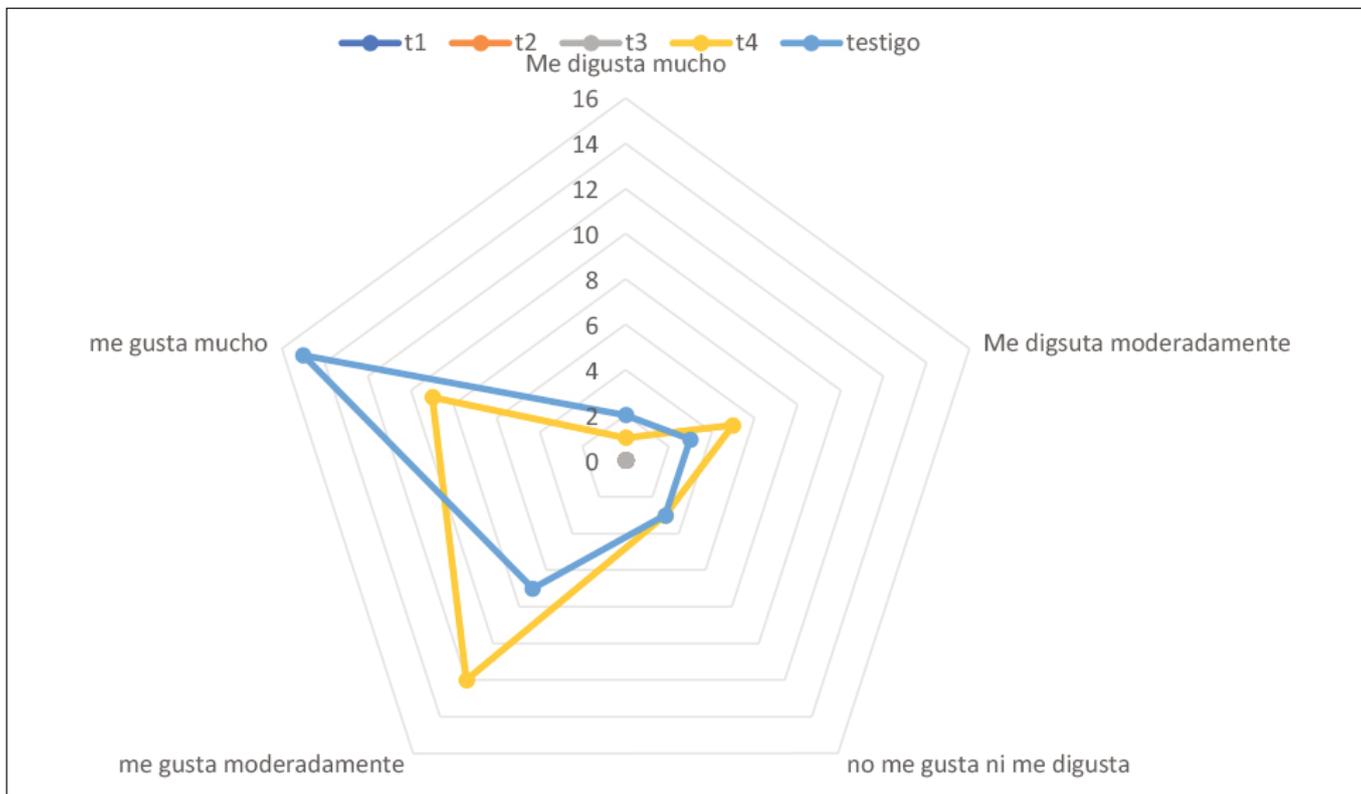


Figura 4. Apariencia (Aceptabilidad)

## DISCUSIÓN

Astudillo *et al.*<sup>15</sup> sostienen que el pH incrementa en la etapa de madurez de consumo hasta acercarse a la neutralidad, lo cual fue observado en su trabajo de investigación donde los aguacates en estudio aumentaron el contenido de pH en la etapa de almacenamiento y según Márquez *et al.*<sup>16</sup> la tendencia al incremento de este parámetro es asociada con el contenido de ácidos orgánicos presentes en el aguacate, ya que en la etapa de maduración estos tienden a disminuir (y consecuentemente el pH a incrementar), debido su consumo en los diferentes ciclos metabólicos que se desarrollan en el fruto, además muchos participan como precursores de sustancias volátiles.

De acuerdo con Torrenegra *et al.*<sup>17</sup> manifiestan que pérdida fisiológica de peso de los frutos tiende a aumentar con el tiempo de almacenamiento esto como consecuencia de la transpiración, pero que los frutos tratados con los recubrimientos tienen menor pérdida de peso (perdiendo un 7,83%) y Benítez *et al.*<sup>18</sup> manifiesta que a la temperatura de 5 °C en el almacenamiento tiene una menor pérdida de peso y la maduración fue homogénea.

La tendencia de aumento de los sólidos solubles conforme avanza el tiempo de almacenamiento de los aguacates es similar a la investigación de Astudillo *et al.*<sup>15</sup> su estudio muestra valores similares de los SS indicando que ocurren un sinnúmero de cambios bioquímicos que ocurren simultáneamente, por otra parte Martínez *et al.*<sup>19</sup> manifiestan que almacenar aguacates por un largo periodo tiende a ocasionar una disminución en los SS en esta etapa se reconoce como degradación de azúcares ya que son requeridos en los procesos de producción de etileno y enzimáticos, en esta parte podremos observar los diferentes cambios que se generan en la cáscara.

Según Torrenegra *et al.*<sup>17</sup> enfatizan que la marcada disminución de la acidez en el tiempo de almacenamiento corresponde a que las frutas al ser sometidas a estrés físico tienden a aumentar su actividad metabólica. En este orden consecutivo, la acidez tiende a descender debido a la actividad metabólica que experimentan las frutas de aguacate durante el periodo de maduración.

De acuerdo con Escobar<sup>20</sup> en su investigación sostiene que el índice de madurez del aguacate fue menor cuando fueron almacenados en frío determinado un efecto significativo del IM, además señalan que las frutas con índice de madurez mayor, tienen menos agua y por consiguiente son más vulnerables a la pérdida de peso, de la misma manera en el estudio de Márquez *et al.*<sup>16</sup> hacen referencia que el almacenamiento redujo la heterogeneidad en la maduración de los frutos, mientras el índice de recolección pudo disminuir la presencia de daños de pulpa.

Según la investigación de Seguil *et al.*<sup>21</sup> donde se muestra que a partir del día 4 en adelante muestra una menor textura en comparación a las fresas con recubrimiento comestible.

El control microbiológico en frutas frescas, particularmente en el aguacate, es un factor crítico para garantizar su estabi-

lidad postcosecha y prolongar su vida útil. En este sentido, los recubrimientos comestibles han emergido como una estrategia innovadora y sostenible para mitigar la proliferación de microorganismos, reducir la pérdida de calidad y extender el tiempo de almacenamiento del fruto.

En la investigación desarrollada por Choque *et al.*<sup>22</sup>, se evaluó la aplicación de un recubrimiento a base de almidón de papa, mucílago de nopal y pectina en aguacates de las variedades Hass y Fuerte. Si bien el estudio se centró en la evaluación de propiedades fisicoquímicas y fisiológicas durante el almacenamiento, no se realizó un análisis microbiológico detallado del efecto del recubrimiento sobre la proliferación de mohos y levaduras. No obstante, los autores destacaron que la formulación aplicada contribuyó a la conservación de las características del fruto, particularmente en la reducción de la pérdida de peso y el mantenimiento de la firmeza y color. Estos hallazgos sugieren un posible efecto barrera que podría limitar la disponibilidad de agua y oxígeno para el crecimiento microbiano, aunque sin una evaluación directa de la carga fúngica y su evolución en el tiempo.

Vera *et al.*<sup>23</sup> manifiesta que las levaduras tienden a ser conocidas como aquellas que ha aportado en procesos tales como de fermentación que permiten la obtención de productos que se han convertido en el consumo de nuestro diario pero que también existen aquellas que son alteradoras de alimentos y estas se definen como especies particulares capaces de causar deterioro en alimentos y bebidas que han sido procesados.

En la misma investigación de Choque *et al.*<sup>22</sup> sobre la evaluación de pulpas de aguacate aguacates por 15 días se determinó que el día que menos presentó UFC en el día inicial del estudio y que conforme transcurría el tiempo de estudio estas fueron aumentando, dato similar a este estudio.

## CONCLUSIONES

Se pudo determinar que en los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos los mejores tratamientos de estudio fueron los que tuvieron mayores concentraciones de harina de cáscara de plátano y de aceite esencial *citrus x limonia* (T2 y T4) ya que mostró mejores comportamientos en referencia al tiempo de almacenamiento.

Para las variables organolépticas los catadores optaron por mantener que el tratamiento T5 identificado como el testigo fue el mejor de todos, dando a entender para las futuras investigaciones que los recubrimientos no deben modificar las características organolépticas.

## BIBLIOGRAFÍA

- 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>

2. González R, Lobo G, González M. Antioxidant activity in banana peel extracts: Testing extraction conditions and related bioactive compounds. *Food Chem* [Internet]. 2010;119(3):1030–9. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814609009819?via%3Dihub>
3. Supaluck K, Utthapon I. A strategic review on plant by-product from banana harvesting: A potentially bio-based ingredient for approaching novel food and agro-industry sustainability. *J Saudi Soc Agric Sci* [Internet]. 2021;20(8):530–43. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1658077X21000758>
4. Shristy C, Neha S, Ashis M. Edible coatings and films for shelf-life extension of fruit and vegetables. *Biomater Adv* [Internet]. 2023;(154):1–10. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2772950823003552>
5. Giannakourou M, Tsironi T. Application of processing and packaging hurdles for fresh-cut fruits and vegetables preservation. *Foods* [Internet]. 2021;10(4):1–23. Available from: <https://www.mdpi.com/2304-8158/10/4/830>
6. Cid T, Hernández P, Ochoa C, Ruiz I, Nevárez G, Áviles R. Saudi Journal of Biological Sciences Avocado seeds (*Persea americana* cv. Criollo sp.): Lipophilic compounds profile and biological activities. *Saudi J Biol Sci* [Internet]. 2021;28(6):3384–90. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1319562X21001716>
7. Cuello R, Mendoza J, Ordóñez V. Post-harvest shelf-life increase of avocados (*Persea americana*) using gellan gum based coating. *Rev Actual Divulg Científica* [Internet]. 2017;20(1):101–10. Available from: <https://revistas.udca.edu.co/index.php/ruadc/article/view/67>
8. 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)
9. Vaca A, Osorio O. Chitosan-based coating to optimize the quality of cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.). *Acta Agron* [Internet]. 2023;72(2):1–11. Available from: <https://www.redalyc.org/journal/1699/169977902004/html>
10. Santacruz S. Edible coatings based on cassava starch, salicylic acid and essential oils for preservation of fresh-cut mango. *Rev Fac Agron* [Internet]. 2021;74(1):9461–9. Available from: <https://www.redalyc.org/journal/1799/179966583011/html>
11. Guevara A, Málaga R. Determinación de los parámetros de proceso y caracterización de puré de aguaymanto. *Ing Ind* [Internet]. 2013;(31):167–95. Available from: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=337430545008>
12. Cedeño J, Intriago F, Parraga C, Alvarado K, Vásquez L, Revilla K, et al. Induction of effective microorganisms (EM) in the fermenting mass of cacao (*Theobroma cacao* L.) and their impact on physicochemical and antioxidant characteristics. *Biotecnia* [Internet]. 2023;26(2422):1–8. Available from: <https://biotecnia.unison.mx/index.php/biotecnia/article/view/2422>
13. Jimenez L, Villacres S, Chuin G. Determination of titratable acidity in amazonian citrus fruits: correlation with maturity and susceptibility to rot. *Cienc Lat* [Internet]. 2024;8(2):2441–51. Available from: <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/10681>
14. Vásquez L, Rivadeneira S, Intriago F, Durazno L, Vera J, Arboleda L. Utilización de extracto de jackfruit (*Artocarpus Heterophyllus*) como estrategia para mejorar la calidad del grano de cacao. *InvestiGo* [Internet]. 2023;4(8):95–117. Available from: <https://www.revisinvestigo.com/EditorInvestigo/index.php/hm/article/view/67>
15. Astudillo C, Rodríguez P. Physicochemical parameters of avocado *Persea americana* Mill. cv. Hass (Lauraceae) grown. *Cienc Tecnol Agropecu* [Internet]. 2018;19(2):383–92. Available from: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=449955961011>
16. Márquez C, Yopez D. Changes physical-chemical of avocado (*Persea americana* Mill. cv. "Hass") in postharvest for two municipalities of Antioquia. *Rev Temas Agrar* [Internet]. 2014;19(1):32–47. Available from: <https://revistas.unicordoba.edu.co/index.php/temasagrarios/article/view/723>
17. Torrenegra M, León G, Herrera A. Evaluation of an edible starch-based biofilm applied to minimally processed avocado (*Persea americana*). *Rev Chil Nutr* [Internet]. 2021;48(2):187–94. Available from: [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-75182021000200187](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182021000200187)
18. Benítez J, Sánchez A, Bolaños C, Bernal L, Ochoa C, Vélez C, et al. Physicochemical changes of avocado hass during cold storage and accelerated ripening. *Biotechnol en el Sect Agropecu y agroindustrial* [Internet]. 2021;19(2):41–56. Available from: <https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/biotechnologia/article/view/1490>
19. Martínez M, Balois R, Alía I, Cortes M, Palomino Y, López G. Postharvest fruits: maturation and biochemical changes Resumen Introducción. *Rev Mex Ciencias Agrícolas* [Internet]. 2017;(19):4075–87. Available from: [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342017001104075](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342017001104075)
20. Escobar J. Evaluation of the influence of the growing area, harvest maturity index and cold storage, on the quality of avocado (*Persea Americana* Mill cv. Hass) [Internet]. Universidad Nacional de Colombia; 2018. p. 1–109. Available from: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/83497>
21. Seguil C, Mendoza Z, Casimiro E. Evaluation of edible film formulation of *nostocphaericum* applied in the preservation of strawberries. *Aliment Cienc e Ing* [Internet]. 2020;7(2):79–93. Available from: <https://revistas.uta.edu.ec/erevista/index.php/aci/article/view/952>
22. Choque D, Diaz Y, Solano A, Choque Y, Ramos B, Ligarda C. Effect of the application of a coating native potato starch /nopal mucilage / pectin on physicochemical and physiological properties during storage of Fuerte and Hass. *Polymers (Basel)* [Internet]. 2022;14(16):1–18. Available from: <https://www.mdpi.com/2073-4360/14/16/3421>
23. Vera J, Benavides J, Vásquez L, Alvarado K, Reyes J, Intriago F, et al. Effects of two fermentative methods on cacao (*Theobroma cacao* L.) Trinitario, induced with *Rhizobium japonicum* to reduce cadmium. *Rev Colomb Investig Agroindustriales*. 2023;10(1):95–106.