

Aplicación de antimicrobianos naturales en coberturas biodegradables aplicadas en rodajas de banana.**Application of natural antimicrobials in biodegradable coatings applied on banana slices.****Aplicação de antimicrobiano natural em cobertura biodegradáveis aplicar na fatias de banana.**

Carla Pretell Vásquez¹, Luis Márquez Villacorta², Alejandra Encomenderos Valdiviezo³, Michel Baquedano Muro⁴, Ingrid Rivera Castillo⁵, Lila Salinas Tuanama⁶.

Resumen

Se evaluó el efecto del agente antimicrobiano (aceite esencial de canela 0.3% y extracto de hoja de geranio 5%) en una cobertura biodegradable sobre las características fisicoquímicas, recuento de mohos y levaduras y aceptabilidad general en rodajas de banana. El análisis de varianza (ANVA) denotó efecto significativo del agente antimicrobiano y tiempo de almacenamiento en la pérdida de peso, firmeza, color, recuento de mohos y levaduras. La prueba de Duncan indicó que la cobertura con extracto de hoja de geranio presentó la menor pérdida de peso, recuento de mohos y levaduras, mayor valor de firmeza y color. Luego de aplicar la prueba de Kruskal-Wallis se denotó efecto significativo del agente antimicrobiano y tiempo de almacenamiento en la aceptabilidad general, posteriormente la prueba Mann-Whitney confirmó que los tratamientos con extracto de hoja de geranio y control presentaron la mayor aceptación por los panelistas. Por lo tanto, la aplicación de coberturas con incorporación de extractos naturales de plantas en frutas mínimamente procesadas puede ser una tecnología prometedora para ayudar a mantener o mejorar las características fisicoquímicas y microbiológicas de los productos enteros o mínimamente procesados.

Palabras clave: Cobertura comestible, mínimo proceso, plátano.

Abstract

The effect of antimicrobial agent (cinnamon essential oil 0.3% and 5% geranium leaf extract) on a biodegradable coating on the physicochemical characteristics, mold and yeast counts and general acceptability in banana slices was evaluated. Analysis of variance (ANVA) showed significant effect of antimicrobial agent and storage time on weight loss, firmness, color, mold and yeast counts. The Duncan test indicated that the coverage with geranium leaf extract showed the lowest weight loss and count of molds and yeasts, higher value of firmness and color. After applying the Kruskal-Wallis test, a significant effect of the antimicrobial agent and storage time was noted on general acceptability, and the Mann-Whitney test confirmed that the treatments with geranium leaf extract and control were the most accepted by the panelists. Therefore, the application of toppings incorporating natural plant extracts into minimally processed fruits may be a promising technology to help maintain or improve the physicochemical and microbiological characteristics of whole or minimally processed products.

Keywords: Coating edible, minimum process, banana.

Resumo

Avaliou-se o efeito do agente antimicrobiano (óleo essencial de canela 0,3% e extrato de folha de gerânio 5%) em uma cobertura biodegradável sobre as características físico-químicas, contagem de mohos e

¹Facultad de Ciencias Agrarias. Maestro. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo. Perú. cpretellv@upao.edu.pe

²Facultad de Ciencias Agrarias. Maestro. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo. Perú. lmarquezv@upao.edu.pe

³Facultad de Ciencias Agrarias. Bachiller. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo. Perú. cpretellv@upao.edu.pe

⁴Facultad de Ciencias Agrarias. Bachiller. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo. Perú. cpretellv@upao.edu.pe

⁵Facultad de Ciencias Agrarias. Bachiller. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo. Perú. cpretellv@upao.edu.pe

⁶Facultad de Ciencias Agrarias. Bachiller. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo. Perú. cpretellv@upao.edu.pe

Recibido: 20/04/2017

Aceptado: 10/05/2017

leveduras e aceitabilidade geral em fatias de banana. A análise de variância (ANVA) mostra o efeito significativo do agente antimicrobiana e tempo de armazenagem na perda de peso, firmeza, cor, contagem de mohos e leveduras. O teste de Duncan indicou que a com extrato de folha de gerânio mostraram a menor perda de peso, contagem de mofo y levedura, maior firmeza e cor. Depois de aplicar o teste de Kruskal-Wallis notou-se o efeito significativo do agente antimicrobiana e tempo de armazenagem na aceitabilidade geral, posteriormente o teste de Mann-Whitney confirmou que os tratamentos com extrato de folha de gerânio e controlo apresentou a maior aceitação pelos panelistas. Por conseguinte, a aplicação de cobertura com incorporação de extratos naturais de plantas em frutas minimamente processado pode ser uma tecnologia promissora para ajudar a manter ou melhorar as características físico-químicas e microbiológicas dos produtos inteiros ou minimamente processados.

Palavras-chave: *cobertura comestível, processamento mínimo, banana.*

Introducción

Recientemente, la tendencia al consumo de frutas recién cortadas se está ampliando y, se atribuye a la necesidad de comodidad en manipulación de alimentos listos para el consumo y al mantenimiento de apariencia fresca. Para satisfacer esta creciente demanda, el sector alimentario de productos frescos ha mostrado su interés en el desarrollo de la conservación de las frutas mínimamente procesadas (Sharma y Rao, 2015). Así mismo, se sabe que el valor por su transformación en un producto listo para el consumo es una alternativa atractiva ya que los consumidores invertirán menos tiempo en la preparación de alimentos. Sin embargo, las frutas peladas y cortadas aumentan sus actividades metabólicas como la tasa de respiración, la deslocalización de las enzimas y sustratos que conducen al deterioro de la calidad del fruto desarrollando el pardeamiento enzimático, disminución de firmeza, fermentación y crecimiento microbiano, lo que resulta en una vida útil corta (Azarakhsha y otros, 2014). Por lo tanto en el caso de las rodajas de banana se tiene una mayor velocidad de desarrollo del pardeamiento enzimático y disminución de la firmeza por el corte al cual ha sido sometido (Bico y otros, 2009).

A través del tiempo varios métodos físicos y químicos han sido aplicados para extender el tiempo de vida de los frutos que han sido cortados; así tenemos, el uso de la refrigeración, desinfección, absorbedores de etileno, irradiación gama, coberturas biodegradables, inmersión en sustancias químicas y aplicación de atmósferas controladas o modificadas. Las aplicaciones de coberturas biodegradables se están explorando en todo el mundo debido a su simplicidad y carácter ecológico. Una cobertura biodegradable actúa como una barrera semipermeable a la pérdida de humedad, el intercambio gaseoso, reacciones oxidativas y funciona como un portador de ingredientes activos. Entre los materiales biológicos que encontramos para el desarrollo de las coberturas tenemos proteínas (gelatina, caseína, zeína, etc.), polisacáridos (almidón, celulosa, alginatos, etc.) y lípidos (ceras, ácidos grasos, etc.), siendo los componentes más utilizados por estar más disponibles comercialmente (Sharma y Rao, 2015; García y otros, 2014, Andrade y otros, 2014).

Otros componentes que intervienen en el diseño de las coberturas como ingredientes activos son los aceites esenciales y extractos de plantas, particularmente, la incorporación de aceites esenciales en coberturas biodegradables ha sido descritos como una buena alternativa para conservar frutas mínimamente procesadas como la manzana, melón o pera cortadas. La actividad antimicrobiana es atribuida a una serie de fenómenos interrelacionados en las células microbianas. La naturaleza hidrofílica de los aceites esenciales induce a la perturbación de la membrana citoplasmática, lo que altera el protón, fuerza motriz, flujo del electrón, transporte activo y la coagulación del contenido de la célula, lo que provoca el colapso celular. Sin embargo, el uso de estos compuestos puede presentar varios inconvenientes debido a su fuerte sabor o dosis de toxicidad potencial alta. Por lo tanto, el diseño de coberturas con adición de aceite esencial es un desafío actual con el fin de determinar la cantidad necesaria a ser incorporada en los alimentos (Salvia-Trujillo y otros, 2015).

En lo referente al uso de extractos naturales de plantas en las coberturas, se está prestando cada vez más atención a las sustancias antimicrobianas naturales de origen vegetal. Las plantas, hierbas y especias son una rica fuente de compuestos fenólicos y bioactivos volátiles, que logran actuar como inhibidores antimicrobianos (Krasniewska y otros, 2015). Las hojas de *pelargonium* (hojas de geranio) contienen fitoconstituyentes esenciales como son esteroides, triterpenoides, fenoles, flavonoides y taninos, los cuales actúan como agentes antibacterianos y antifúngicos (Guerrero y otros, 2013).

En este trabajo se presenta el uso del extracto acuoso de hojas de geranio y de aceite esencial de canela como biocompuestos activos aplicados en coberturas comestibles capaces de actuar como agentes antifúngicos, por lo tanto los objetivos fueron: Evaluar el efecto del agente antimicrobiano en la cobertura biodegradable y tiempo de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas, recuento de mohos y levaduras, y apariencia general en banana en rodajas. Determinar el agente antimicrobiano en la cobertura biodegradable que permita obtener las mejores características fisicoquímicas, menor recuento de mohos y levaduras, y mayor aceptabilidad general en banana en rodajas durante 4 días de almacenamiento a 6 °C.

Material y Métodos

Las pruebas experimentales y los análisis fueron realizados en el laboratorio de Tecnología de Alimentos de la Universidad Privada Antenor Orrego de Trujillo. Los bananos variedad seda, fueron obtenidos en el mercado La Hermelinda de Trujillo. Las frutas con un estado de madurez 5 (color de cáscara completamente amarilla) fueron seleccionadas según los siguientes criterios: ausencia de daño físico (golpes, magulladuras, etc.), exentas de manchas necróticas y libres de olor extraño, fueron clasificadas de acuerdo a su estado de madurez y firmeza homogénea. Posteriormente fueron lavadas y desinfectadas con 100 ppm de hipoclorito de sodio por 2 minutos. Se pelaron y cortaron en rodajas de 1 cm de espesor. Las rodajas fueron sumergidas en solución de ácido cítrico y ascórbico al 1% (p/v) por 1 min, luego pasaron a la solución de cloruro de calcio al 1% por 1min. Después se colocaron las rodajas en la cobertura biodegradable, una tenía extracto acuoso de geranio al 5% y la otra aceite esencial de canela al 0.3%. Se trabajó con muestra control, a la cual se aplicó la cobertura sin adición de compuestos antimicrobianos; el tiempo de contacto con la cobertura fue de 1 min en todos los tratamientos. Finalmente fueron envasados en bandejas de polipropileno (115x105x35mm, marca Pamolsa) con capacidad de 150g y almacenadas en refrigeración a 6°C durante 4 días. El color, firmeza, pérdida de peso, recuento de mohos y levaduras y aceptabilidad general se evaluó al día 0, 2 y 4.

Preparación coberturas biodegradables y extracto natural de planta

Extracto natural de planta. El extracto natural de hojas de geranio (*Pelargonium*) al 5% (p/v) fue obtenido en solución acuosa por ebullición durante 10 min.

La cobertura a base de gelatina-almidón fue preparada en solución (agua y extracto de hojas de geranio) al 0.5% de almidón y 5% de gelatina (Marca Rousselot TM. Grado Bloom: 270 – 290, Perú) calentada a 85°C durante 10 min, luego enfriada hasta 30°C y adicionada del plastificante glicerol (Alicorp S.A.A., Perú) al 27% en función de la mezcla gelatina-almidón (Márquez y Pretell, 2009).

Métodos de análisis

Pérdida de peso

Se realizó según el método usado por García y otros (2014). Las muestras inmediatamente después del proceso de recubrimiento fueron colocadas en bandejas, y pesadas en los diferentes

días de almacenamiento. Los resultados se expresaron como porcentaje de pérdida de peso con respecto al peso inicial.

Análisis de firmeza

La firmeza fue determinada con ayuda de un Texturómetro Instron modelo 3342. Se tomaron 5 muestras por cada tratamiento, las cuales fueron colocadas en el equipo de tal forma que la cruceta o punzón penetró el centro de la muestra. Los parámetros del ensayo serán los siguientes: Modo medida de fuerza en compresión, sonda 2 mm diámetro, velocidad de test: 5.0 mm/s, alcance 50% del espesor (Bico y otros, 2009).

Color

Para determinar el color se empleó el sistema colorimétrico CIELAB usando el colorímetro Minolta C-400. El colorímetro fue calibrado con un blanco estándar y luego se determinó el color en términos de luminosidad (L^*) donde $L^*=0$ para negro y $L^*=100$ para blanco (Bico y otros 2009).

Recuento en placa total de mohos y levaduras

El recuento de mohos y levaduras se realizó en Agar Dextrosa Sabouraud el cual fue incubado a 25 °C por 5 días. Los resultados se expresaron en unidades formadoras de colonia sobre gramo (ufc/g) (García y otros, 2014).

Aceptabilidad general

Se utilizó una prueba afectiva propuesta por Anzaldúa-Morales (2005), utilizando una escala hedónica de nueve puntos. Las muestras fueron presentadas a los jueces adjuntando una tarjeta de respuestas. Fueron evaluadas a través de un panel de 30 jueces no entrenados, los jueces calificaron la muestra de acuerdo al grado de aceptabilidad, siendo el valor de más alto puntaje el de “me gusta muchísimo (9 puntos)”, el valor intermedio el de “ni me gusta ni me disgusta (5 puntos)” y el de menor puntaje “me disgusta muchísimo (1 punto)

Método estadístico

El diseño estadístico aplicado para la evaluación paramétrica de las características fisicoquímicas (pérdida de peso, firmeza y color), recuento de mohos y levaduras corresponde a un arreglo factorial 3*3, con 3 repeticiones, para lo cual se utilizó un análisis de varianza. Finalmente se realizó la prueba de comparaciones múltiples de Duncan, todas con un nivel de confianza del 95%. Los datos obtenidos en la evaluación de la aceptabilidad general fueron evaluados mediante las pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis y Mann-Whitney, ambas con un nivel de confianza de 95%. Se utilizó el software SPSS (Statistical Package for the Social Science) versión 22, además de Statistica versión 10.

Resultados

A continuación, las Tablas del 1 al 10 y las Figuras del 1 al 5, presentan los resultados del desarrollo de la parte experimental:

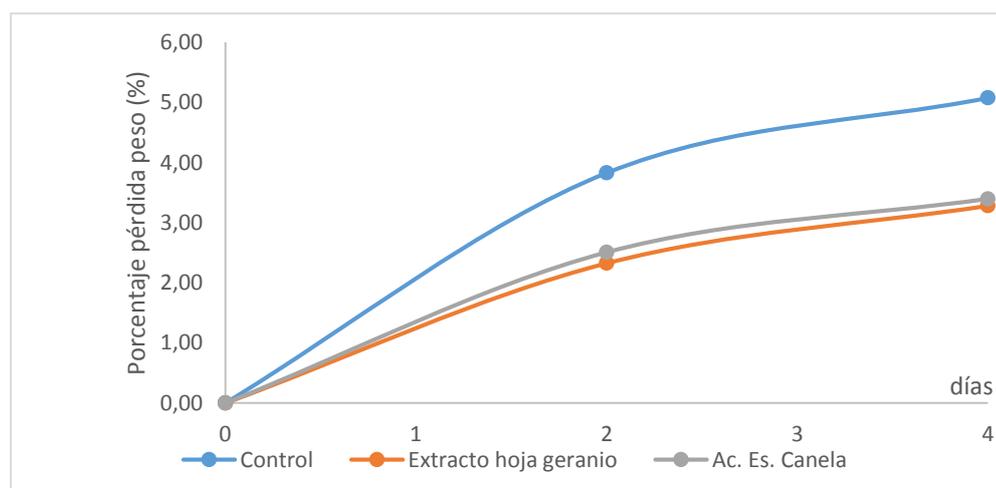


Figura 1. Porcentaje de pérdida de peso en trozos de banana con cobertura biodegradable en función de los días de almacenamiento a 6 °C.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 1: Análisis de varianza para los valores de porcentaje de pérdida de peso de rodajas de banana con cobertura biodegradable.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
Antimicrobiano: A	6.294	2	3.147	376.991	0.000
Tiempo: B	75.818	2	37.909	4541.238	0.000
A*B	3.202	4	0.801	95.895	0.000
Error	0.150	18	0.008		
Total	85.464	26			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2: Prueba de Duncan para los valores de porcentaje de pérdida de peso en rodajas de banana con cobertura biodegradable.

Tratamiento	Subconjunto						
	1	2	3	4	5	6	7
Control día 4	5.031						
Control día 2		3.874					
Ac. Es. canela día 4			3.587				
Extracto hoja geranio día 4				3.228			
Ac. Es. canela día 2					2.638		
Extracto hoja geranio día 2						2.324	
Ac. Es. canela día 0							0.000
Extracto hoja geranio día 0							0.000
Control día 0							0.000

Fuente: Elaboración propia.

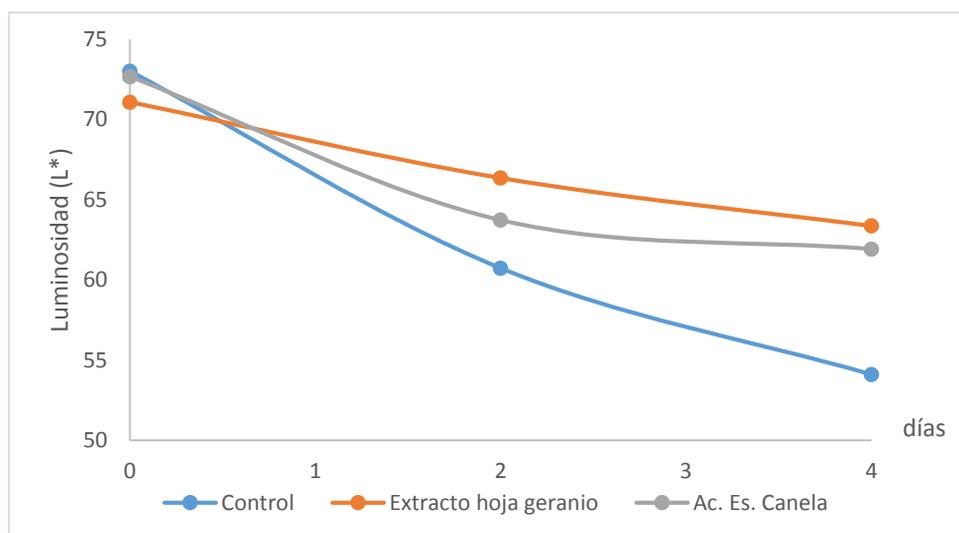


Figura 2. Valores de L* en rodajas de banana con cobertura biodegradable en función de los días de almacenamiento.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3: Análisis de varianza para los valores de luminosidad en rodajas de banana con cobertura biodegradable.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
Antimicrobiano: A	139.068	2	69.534	112.199	0.000
Tiempo: B	711.561	2	355.780	574.083	0.000
A*B	78.971	4	19.743	31.857	0.000
Error	11.155	18	0.620		
Total	940.755	26			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4: Prueba de Duncan para valores de luminosidad en rodajas de banana con cobertura biodegradable.

Tratamiento	Subconjunto				
	1	2	3	4	5
Ac. Es. canela día 0	72.493				
Extracto hoja geranio día 0	72.230				
Control día 0	72.020				
Extracto hoja geranio día 2		67.137			
Ac. Es. canela día 2			64.273		
Extracto hoja geranio día 4			64.003		
Ac. Es. canela día 4				61.553	
Control día 2				61.007	
Control día 4					54.053

Fuente: Elaboración propia

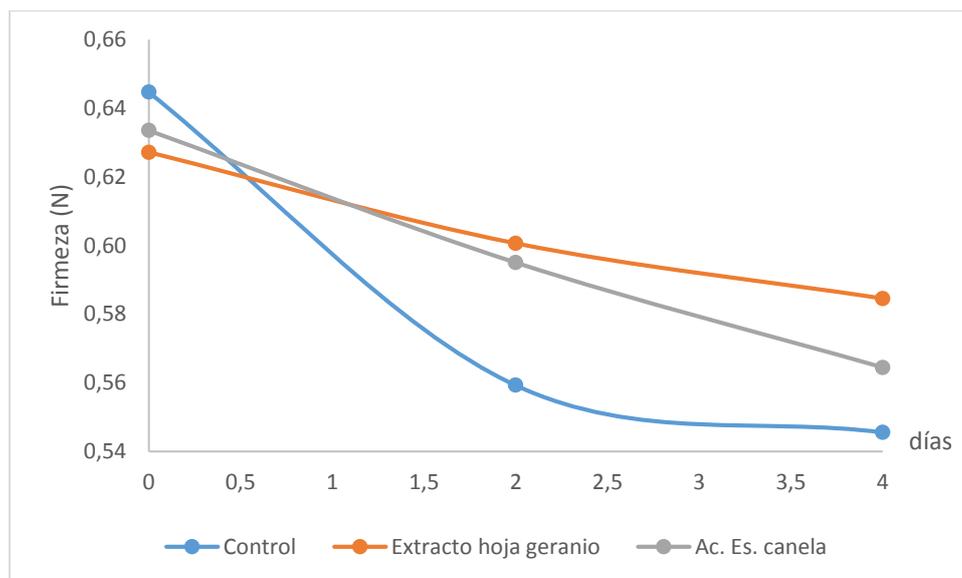


Figura 3. Firmeza de las rodajas de banana con cobertura biodegradable en función de los días de almacenamiento.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5: Análisis de varianza para los valores de firmeza en rodajas de banana con cobertura biodegradable.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
Antimicrobiano: A	0.003	2	0.001	35.433	0.000
Tiempo: B	0.029	2	0.014	361.403	0.000
A*B	0.002	4	0.001	15.176	0.000
Error	0.001	18	0.000		
Total	0.035	26			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6: Prueba de Duncan para valores de firmeza en rodajas de banana con cobertura biodegradable.

tratamiento	Subconjunto				
	1	2	3	4	5
Control día 0	0.6450				
Extracto hoja de geranio día 0	0.6380				
Ac. Es. canela día 0	0.6350				
Extracto hoja de geranio día 2		0.5970			
Extracto hoja de geranio día 4			0.5850		
Ac. Es. canela día 2			0.5810		
Ac. Es. canela día 4				0.5650	
Control día 2				0.5600	
Control día 4					0.5400

Fuente: Elaboración propia

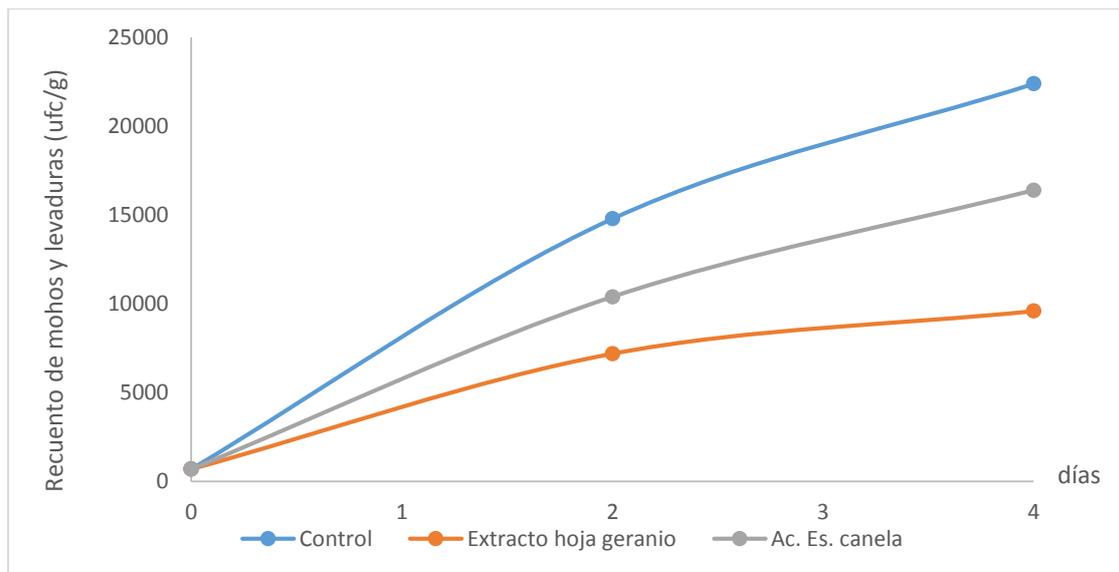


Figura 4. Recuento de mohos y levaduras en rodajas de banana con cobertura comestible en función de los días de almacenamiento a 6 °C.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7: Análisis de varianza para los valores de recuento de mohos y levaduras en rodajas de banana con cobertura biodegradable.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
Antimicrobiano: A	205416296	2	102708148	211	0.000
Tiempo: B	1214302963	2	607151481	1247	0.000
A*B	116881481	4	29220370.4	60	0.000
Error	8766667	18	487037.037		
Total	1545367407	26			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8: Prueba de Duncan para el recuento de mohos y levaduras en rodajas de banana con cobertura biodegradable.

Tratamiento	Subconjunto					
	1	2	3	4	5	6
Control día 4	22667					
Ac. Es. canela día 4		17067				
Control día 2			15600			
Ac. Es. canela día 2				10800		
Extracto hoja geranio día 4				10433		
Extracto hoja geranio día 2					7600	
Ac. Es. canela día 0						600
Control día 0						600
Extracto hoja geranio día 0						567

Fuente: Elaboración propia

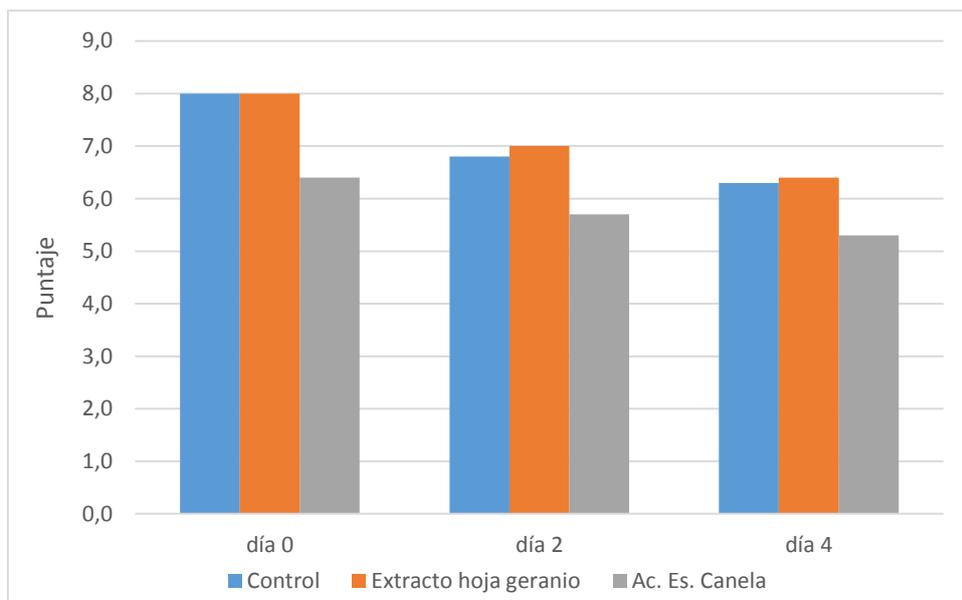


Figura 5. Aceptabilidad general en rodajas de banana con cobertura Biodegradable en función de los días de almacenamiento.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9: Prueba de Kruskal-Wallis para la evaluación de la aceptabilidad general de las rodajas de banana con cobertura biodegradable

Día	Tratamiento	Mediana	Rango promedio	Z	P
0	Control	8	67.5	5.64	0.000
	Extracto hoja geranio	7	39.8	- 1.47	
	Ac. Es. canela	7	29.3	- 4.17	
2	Control	8	68.2	5.83	0.000
	Extracto hoja geranio	7	41.1	- 1.13	
	Ac. Es. canela	7	27.2	- 4.69	
4	Control	7	55.5	2.56	0.011
	Extracto hoja geranio	7	45.8	0.07	
	Ac. Es. canela	6	35.3	- 2.63	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10: Prueba de Kruskal-Wallis para aceptabilidad general en rodajas de banana con cobertura biodegradable.

	Tratamiento	p
Control, día 0	Extracto hoja geranio, día 0	0.663
	Ac. Es. canela, día 0	0.000
	Control, día 2	0.000
	Extracto hoja geranio, día 2	0.000
	Ac. ES. canela, día 2	0.000
	Control, día 4	0.000
	Extracto hoja geranio, día 4	0.000
	Ac. Es. canela, día 4	0.000
Extracto hoja geranio, día 0	Ac. Es. canela, día 0	0.000
	Control, día 2	0.000
	Extracto hoja geranio, día 2	0.000
	Ac. Es. canela, día 2	0.000
	Control, día 4	0.000
	Extracto hoja geranio, día 4	0.000
Ac. Es. Canela, día 0	Control, día 2	0.311
	Extracto hoja geranio, día 2	0.038
	Ac. Es. canela, día 2	0.152
	Control, día 4	0.663
	Extracto hoja geranio, día 4	0.912
	Ac. Es. canela, día 4	0.003
Control, día 2	Extracto hoja geranio, día 2	0.473
	Ac. Es. canela, día 2	0.018
	Control, día 4	0.122
	Extracto hoja geranio, día 4	0.284
	Ac. Es. canela, día 4	0.001
Extracto hoja geranio, día 2	Ac. Es. canela, día 2	0.002
	Control, día 4	0.019
	Extracto hoja geranio, día 4	0.015
	Ac. Es. canela, día 4	0.000
Ac. Es. Canela, día 2	Control, día 4	0.268
	Extracto hoja geranio, día 4	0.165
	Ac. Es. canela, día 4	0.121
Control, día 4	Extracto hoja geranio, día 4	0.641
	Ac. Es. canela, día 4	0.015
Extracto hoja geranio, día 4	Ac. Es. canela, día 4	0.005

Fuente: Elaboración propia

Discusión

Pérdida de peso

En la Figura 1 se muestra la pérdida de peso en función del tiempo de almacenamiento para los diferentes tratamientos con coberturas, se puede observar que esta fue incrementando a medida que transcurrieron los días. Se observó que los trozos de banana con cobertura y agente antimicrobiano, presentaron las menores pérdidas de peso a los 4 días de almacenamiento, con

3.282% para las tratadas con extracto de hoja de geranio y 3.398% para las de aceite esencial de canela. La muestra control presentó un 5.076%. Resultados similares fueron reportados por Bico y otros (2009) quienes mostraron que las rodajas de banana, en nivel de madurez cuatro, con cobertura de carragenina y envasada en atmósfera controlada (oxígeno 3% y dióxido de carbono 10%) producen una pérdida de peso de 1.27% a los 5 días de almacenamiento a 5°C, debido a la ruptura causada por el corte en la pared celular, afectando fuertemente a la firmeza del producto, por tanto la aplicación de una cobertura puede disminuir esta tendencia. García y otros (2015) encontraron pérdidas de peso de 11.70% en rodajas de banana, en nivel de madurez 6, almacenados 30 horas a 5°C, con cobertura de quitosano al 2%, atribuyendo la pérdida de peso a la baja humedad relativa 70% y elevada permeabilidad al vapor de agua de la cobertura durante el almacenamiento. También menciona que pérdidas de agua superiores al 4 - 6 % del total de la masa fresca resultan en un encogimiento o arrugamiento de la superficie de la mayoría de las frutas. Chuna (2012) reportó menores pérdidas de peso a los 12 días de almacenamiento a 4°C con 5.39% para los trozos de piña variedad Golden tratados con cobertura comestible con aceite esencial de canela (0.1%), mientras que Chauca (2014) reportó valores de 1.25% de pérdida de peso en trozos de papaya con cobertura con aceite esencial de canela (0.1%) a los 12 días de almacenamiento a 5°C. Estas tendencias fueron atribuidas a la barrera creada por los polímeros usados y sus propiedades mecánicas, el cual se ve reflejado en la reducción del intercambio de gases y pérdida de agua de muestras de fruta fresca cortada. La mayoría de las películas y coberturas tienen propiedades mecánicas y estructurales deseables que las hacen útiles para mejorar la integridad estructural de productos frágiles. El objetivo de emplear mezclas entre biopolímeros para la elaboración de coberturas biodegradables, es contrarrestar las eficiencias propias de cada componente y así poder mejorar las propiedades y características del material resultante. Las mezclas almidón-gelatina permiten reducir la velocidad respiratoria de las frutas y retardar su deterioro, gracias a la capacidad de adhesión a la superficie de las mismas por su naturaleza hidrofílica. La adición de aceites esenciales, extractos de plantas y agentes para la textura pueden mejorar las propiedades de barrera de las películas y coberturas hechas para las frutas.

En la Tabla 1, se muestra el análisis de varianza para la pérdida de peso en rodajas de banana. Este análisis determina que el agente antimicrobiano y tiempo de almacenamiento, tuvieron efecto significativo ($p < 0.05$) a un nivel de confianza del 95% sobre la pérdida de peso en rodajas de banana. Bico y otros (2009) determinaron efecto significativo a un nivel de confianza del 95% de la cobertura y tiempo de almacenamiento sobre la pérdida de peso en rodajas de banana, almacenadas por 5 días a 5°C. García y otros (2015) encontraron efecto significativo a un nivel de confianza del 95% de la cobertura y tiempo de almacenamiento sobre la pérdida de peso en rodajas de banana almacenadas por 30 horas a 5°C. Chuna (2012) determinó efecto significativo a un nivel de confianza del 95% del agente antimicrobiano y tiempo de almacenamiento sobre la pérdida de peso en trozos de piña con cobertura comestible almacenados por 12 días a 4°C. Chauca (2014) reportó efecto significativo a un nivel de confianza del 95% del agente antimicrobiano y tiempo de almacenamiento sobre la pérdida de peso en trozos de papaya con cobertura comestible almacenados por 12 días a 5°C. En la Tabla 2, se presenta la prueba de Duncan aplicada a la pérdida de peso, en la cual se denota que existió diferencia significativa entre los tratamientos por la formación de subconjuntos. Se observa en el subconjunto 4, que el tratamiento con extracto de hoja de geranio presentó menor pérdida de peso con 3.228% a los 4 días de almacenamiento.

Color

En la Figura 2, se muestran los valores de luminosidad (L^*) en rodajas de banana, en función del tiempo de almacenamiento, observándose que la luminosidad fue disminuyendo a medida que transcurrieron los días. Esta variable es usada como indicador de pardeamiento. Las muestras de rodajas de banana con cobertura biodegradable y antimicrobiano presentaron valores variables de luminosidad a los 4 días de almacenamiento de 63.37, para el tratamiento con extracto de hoja de geranio, 61.93 en el aceite esencial de canela y 54.10 para las muestras control. Salvia y otros (2015) encontraron la misma tendencia reportada en nuestra

investigación, para trozos de manzana con cobertura biodegradable (aceite esencial de limón en tres concentraciones 0.1, 0.5 y 1.0 %), almacenadas a 5°C durante 14 días. Los resultados fueron 64.13, 55.31 y 55.75 para la cobertura con aceite esencial de limón al 0.1, 0.5 y 1.0%, respectivamente. Chuna (2012) encontró resultados similares en trozos de piña variedad Golden con cobertura comestible (almidón de maíz 10% - gelatina 3%) y antimicrobiano (aceite esencial de canela al 0.1% y extracto de tara al 1%), almacenadas a 4°C durante 12 días. Las muestras con cobertura y aceite esencial de canela presentaron un valor de 74.49 y 72.48 para los trozos con cobertura y extracto de tara. Bico y otros (2009) reportaron disminución de los valores de luminosidad en rodajas de plátano con cobertura biodegradable de carragenina al 7.5%, almacenadas a 5°C durante 5 días. La muestra con cobertura presentó un valor de 70.9, mientras que el control tuvo un valor de 63.7. El oscurecimiento en las frutas cortadas es básicamente indicado por la disminución de la luminosidad en el tejido. La degradación del color en las frutas con pulpa blanca, tal como el plátano, manzana y otros, se debe principalmente al oscurecimiento enzimático. Después de ser sometido a un estrés mecánico debido al corte, la polifenoloxidasas es liberada a partir de las células, e interacciona con el oxígeno y los polifenoles, lo que conduce a la formación del color marrón. Se ha encontrado que la incorporación de aceite esencial en las coberturas puede inducir al oscurecimiento en la superficie de frutas cortadas y podría ser por dos mecanismos: el primero, los compuestos fenólicos de los aceites esenciales podrían ser sustrato de sí mismos para la actividad de la polifenoloxidasas; y segundo, un aumento en la permeabilidad de la pared celular debido a los compuestos volátiles podría causar una mayor fuga de polifenoloxidasas y de los polifenoles desde el citoplasma celular (Bico, 2009; Salvia y otros, 2015). Así mismo también se conoce que los aceites esenciales y compuestos naturales antimicrobianos poseen propiedades antioxidantes, debido a que incluyen compuestos fenólicos y terpenos. Todas las clases de compuestos fenólicos tienen el requerimiento estructural de recolectar radicales libres y tienen potencial como antioxidantes en alimentos, lo que puede influir en la disminución de la velocidad de oscurecimiento del color en las pulpas de frutas (Chauca, 2014; García y otros, 2014). En el caso del extracto de hojas de geranio, se ha encontrado que estas tienen una elevada actividad antioxidante que es mayor al del ácido cítrico (Chang y otros, 2006). Las coberturas biodegradables proveen una suficiente barrera al oxígeno para controlar el intercambio de gases entre la fruta y su atmósfera que lo rodea, reduciendo la respiración y retardando el deterioro. La función barrera de gases puede disminuir la velocidad de oxidación enzimática y proteger la fruta del oscurecimiento, manteniendo así su calidad (Chauca, 2014). En la Tabla 3, se muestra el análisis de varianza para la luminosidad en rodajas de banana. Este análisis determina que el agente antimicrobiano y tiempo de almacenamiento, tuvieron efecto significativo ($p < 0.05$) a un nivel de confianza del 95% sobre la luminosidad en rodajas de banana. García y otros (2015) determinaron efecto significativo a un nivel de confianza del 95%, de la cobertura con quitosano 2% más ácido cítrico 1% y ácido ascórbico 1% sobre los valores de luminosidad en rodajas de plátano, almacenadas a 5°C durante 30 horas. Salvia y otros (2015) encontraron efecto significativo a un nivel de confianza del 95%, de la cobertura con aceite esencial de limón sobre los valores de luminosidad en trozos de manzana, almacenadas a 4°C durante 14 días. Sharma y Rao (2015) encontraron efecto significativo a un nivel de confianza del 95%, de la cobertura con goma xantana y ácido cinámico sobre los valores de luminosidad en trozos de pera, almacenadas a 4°C durante 8 días. En la Tabla 4, se presenta la prueba de Duncan aplicada a los valores de luminosidad en rodajas de banana en la cual se visualiza que existió diferencia significativa entre los tratamientos denotados por la formación de subconjuntos. Se observa en el subconjunto 3 que el tratamiento con extracto de hoja de geranio presentó mayor valor de luminosidad (64.003) a los 4 días de almacenamiento.

Firmeza

En la Figura 3, se muestran los valores de firmeza en las rodajas de banana, en función del tiempo de almacenamiento, observándose como esta variable fue disminuyendo a medida que transcurrieron los días de almacenamiento. Las rodajas de banana a las que se les aplicó el extracto de hoja de geranio como agente antimicrobiano, fueron las que presentaron mayor

retención de firmeza a los 4 días de almacenamiento con 0.585 N, seguido de las muestras con aceite esencial de canela (0.564 N) y finalmente la muestra control (0.546 N). Bico y otros (2009) reportaron variabilidad en los valores de firmeza de rodajas de plátano (madurez fisiológica cuatro con mayor coloración amarilla que verde en la cáscara) con cobertura de carragenina (7.5%), cisteína (0.75%), ácido ascórbico (0.75%) y cloruro de calcio (1.0%) almacenados en atmosfera controlada a 5°C durante 5 días. Las muestras con cobertura presentaron valores más altos de firmeza (0.78 N), en comparación al valor de firmeza de la muestra control (0.64 N) al final del tiempo de almacenamiento. Iglesias y otros (2012) reportaron la disminución de los valores de firmeza de trozos de piña variedad Cayena con cobertura comestibles a base de almidón de camote (10%) y aceite esencial de canela (0.1%) durante 14 días a 5 °C; encontrándose que la muestra con esta cobertura presentó mayor firmeza (0.9 N), a comparación de la muestra control sin cobertura (0.5 N) al final del almacenamiento. El ablandamiento del tejido durante el almacenamiento puede ser atribuido al bajo pH de las soluciones de cobertura, que puede provocar la hidrólisis ácida del ácido péctico presente en las células de la fruta. También se sugirió que el cambio de la firmeza puede ser causado por la penetración de los aceites esenciales en el tejido celular, produciendo cambios en su estructura. Por otra parte, se ha encontrado que la aplicación de sales de calcio permite mejorar la firmeza de la fruta mínimamente procesada debido al enlazamiento con las pectinas previniendo de esta forma la degradación de la pared celular (Salvia y otros, 2015). La firmeza de productos mínimamente procesados puede ser mejorada por coberturas comestibles a través de la reducción de pérdida de agua y prevención de deshidratación. La incorporación de aceites esenciales, antimicrobianos naturales y sus componentes activos en la cobertura tiene efecto significativo sobre la firmeza, sin embargo, éste valor puede decrecer en cuanto sea mayor la concentración usada (Chauca, 2014). En la Tabla 5, se muestra el análisis de varianza para la firmeza en rodajas de banana. Este análisis determina que el agente antimicrobiano y tiempo de almacenamiento, tuvieron efecto significativo ($p < 0.05$) a un nivel de confianza del 95% sobre la firmeza en rodajas de banana. Bico y otros (2009) determinaron efecto significativo a un nivel de confianza del 95%, en la cobertura de carragenina (cloruro de calcio 1%, cisteína 0.75% y ácido ascórbico 0.75%) empacada en atmósfera controlada (oxígeno 3% y dióxido de carbono 10%) sobre la firmeza de rodajas de plátano, almacenadas a 5°C durante 5 días. En la Tabla 6, se presenta la prueba de Duncan aplicada a los valores de firmeza en rodajas de banana en la cual se visualiza que existió diferencia significativa entre los tratamientos denotados por la formación de subconjuntos. Se observa; en el subconjunto 3, que el tratamiento con extracto de hoja de geranio presentó mayor valor de firmeza (0.585 N) a los 4 días de almacenamiento.

Recuento de mohos y levaduras

En la Figura 4 se observa el crecimiento de mohos y levaduras en los diferentes tratamientos en rodajas de banana durante su almacenamiento. La población inicial en la muestra control fue 6×10^2 ufc/g, y para las coberturas con extracto de hoja de geranio y aceite esencial fueron de 5×10^2 ufc/g y 6×10^2 ufc/g, respectivamente; denotando una ligera actividad antifúngica de los agentes antimicrobianos naturales, en comparación, con la muestra control. Al final del almacenamiento, se observó un aumento del recuento de mohos y levaduras en todos los tratamientos, siendo mayor en la muestra control con 2.24×10^4 ufc/g y para las coberturas con extracto de hoja de geranio y aceite esencial fue de 9.60×10^3 ufc/g y 1.64×10^4 ufc/g, respectivamente. Salvia y otros (2015) reportaron resultados similares en los trozos de manzana con una cobertura de aceite esencial de limón al 0.1, 0.5 y 1.0%, almacenadas a 5 °C durante 14 días. Al finalizar el periodo de evaluación, la muestra con cobertura con 0.1% de aceite esencial presentó el menor recuento 5.1 ciclos ufc/g. Chuna (2012) encontró resultados similares en trozos de piña con cobertura (almidón de maíz 10-gelatina 3%) y antimicrobianos (aceite esencial de canela 0.1% y extracto de tara 1%) almacenados a 4°C durante 12 días. Las muestras con cobertura y aceite esencial de canela (1.5×10^2 ufc/g) y muestra con cobertura y extracto de tara (7.5×10^2 ufc/g), presentaron los menores recuentos. Iglesias y otros (2011) reportaron el aumento de la carga microbiana en los recuentos de mohos y levaduras en trozos de piña variedad Cayena con cobertura comestibles a base de almidón de camote (10%) y aceite

esencial de canela (0.1%) durante 14 días a 5°C. Las muestras con cobertura presentaron menor recuento (2.4×10^7 ufc/g) en comparación a la muestra control (5.8×10^7 ufc/g). Los mohos y levaduras son indeseables en los alimentos porque son capaces de producir una amplia variedad de enzimas, las cuales causan deterioro, alterando las características sensoriales del producto. Más aún, éstos microorganismos pueden producir metabolitos tóxicos en alimentos, cuando el recuento sobre pasa los 10^6 ufc/g. Así mismo se ha encontrado que la contaminación en frutas mínimamente procesadas es detectada por los consumidores cuando el recuento de mohos y levaduras alcanza niveles por encima de 10^5 de ufc/g (Sharma y Rao, 2015). La efectividad de diferentes sustancias antimicrobianas como lisozima, nisina, ácidos orgánicos y aceites esenciales y sus derivados, incorporados en coberturas comestibles contra diversos patógenos ha sido satisfactorio. La hidrofobicidad de los aceites esenciales les permite unirse con lípidos contenidos en la membrana bacteriana, ocasionando con esto, trastornos en su estructura y permeabilidad, dando así lugar al escape de iones y otros componentes intercelulares (Chauca, 2014). El extracto de hoja de geranio constituye una fuente rica de citronelol, geraniol y metabolitos secundarios (terpenos o terpenoides; fenoles y sus derivados, y alcaloides), los cuales se emplean como antimicrobianos naturales por su actividad antifúngica y antibacteriana. Estos componentes actúan sobre la integridad de la pared celular y la membrana citoplasmática, sobre la respuesta fisiológica del organismo sensibilizando a la membrana celular y cuando saturan los sitios sobre los cuales actúan se produce un grave daño a la membrana citoplasmática (Mandivelso y Olivares, 2007; Márquez y Pretell, 2013).

En la Tabla 7, se muestra el análisis de varianza para el recuento de mohos y levaduras en rodajas de banana. Este análisis determina que el agente antimicrobiano y tiempo de almacenamiento, tuvieron efecto significativo ($p < 0.05$) a un nivel de confianza del 95% sobre el recuento de mohos y levaduras en rodajas de banana. Chuna (2012) determinó efecto significativo a un nivel de confianza del 95% del agente antimicrobiano y tiempo de almacenamiento sobre el recuento de hongos y levaduras en trozos de piña almacenados por 12 días a 4°C. Chauca (2014) determinó efecto significativo a un nivel de confianza del 95% del agente antimicrobiano y tiempo de almacenamiento sobre el recuento de hongos y levaduras en trozos de papaya almacenados por 12 días a 5 °C. En la Tabla 8 se presenta la prueba de Duncan aplicada a los valores de recuento de mohos y levaduras en rodajas de banana en la cual se visualiza que existió diferencia significativa entre los tratamientos denotados por la formación de subconjuntos. Se observa que en el subconjunto 4 el tratamiento con extracto de hoja de geranio al día 4 de almacenamiento presentó el menor recuento de mohos y levaduras con 1.04×10^4 ufc/g, seguido del tratamiento con aceite esencial de canela con 1.7×10^4 ufc/g y finalmente el control con 2.27×10^4 ufc/g.

Aceptabilidad General

En la Figura 5, se puede observar los resultados de la evaluación de aceptabilidad general mediante la aplicación de una escala hedónica de 9 puntos en rodajas de banana con cobertura biodegradable almacenados a 6°C durante 4 días. De acuerdo a la percepción general de los panelistas, durante los días 0, 2 y 4 de almacenamiento, estos expresaron mayor aceptación a la muestra control y con cobertura de extracto de hoja de geranio, e indicaron que la muestra con aceite esencial de canela presentaba un sabor ligeramente amargo al término de la degustación. El día 4, los valores de aceptabilidad disminuyeron para la muestra control con una percepción de ni me gusta ni me disgusta, debido a que los panelistas percibieron menor firmeza. Sin embargo, la muestra con extracto de hoja de geranio y control presentaron mayor aceptabilidad y una percepción de me gusta levemente. Dentro de los principales atributos de calidad que contribuyen a la buena apreciación del mercado hacia productos mínimamente procesados se encuentran la apariencia y el sabor. La apariencia es una cualidad que concierne principalmente a la forma, uniformidad del color, brillo y ausencia de defectos. Por otro lado, el sabor incluye la percepción de muchos componentes de gusto y aroma (Chauca, 2014). En la Tabla 9 se presentan los resultados de la Prueba de Kruskal-Wallis para la evaluación de la aceptabilidad general de las rodajas de banana con cobertura biodegradable, que determinó la existencia de diferencia significativa ($p > 0.05$) entre los tratamientos, durante los días de evaluación

(Montgomery, 2004). Chauca (2014) utilizaron una escala hedónica de 9 puntos para calificar muestras de trozos de papaya con cobertura comestible de aceite esencial de canela (0.1%), sorbato de potasio (0.1%) a 5°C durante 12 días. Observando una disminución de la aceptabilidad general después de 6 días en casi todos los tratamientos excepto el tratamiento con la cobertura de aceite esencial de canela, que duró hasta el día 12. En la Tabla 10 se presentan los resultados de la prueba de Mann-Whitney la cual se aplica para obtener información complementaria a la prueba de Kruskal-Wallis, cuando esta resulta significativa, comparándose todos los tratamientos por pares (Montgomery, 2004). Se determinó que al día 4 de almacenamiento, los tratamientos con mayor aceptabilidad general, cobertura con extracto de hoja de geranio y control, fueron estadísticamente diferentes a la muestra con aceite esencial de canela.

Conclusión

Se determinó un efecto significativo del agente antimicrobiano y tiempo de almacenamiento sobre la pérdida de peso, firmeza, color, recuento de hongos y levaduras y aceptabilidad general en rodajas de banana. El tratamiento de cobertura comestible con agente antimicrobiano extracto de hoja de geranio presentó la menor pérdida de peso, recuento de hongos y levaduras, mayor firmeza, color y aceptabilidad general durante 4 días de almacenamiento a 6 °C. Por lo tanto, la aplicación de coberturas con incorporación de extractos naturales de plantas en frutas mínimamente procesadas puede ser una tecnología prometedora que ayude a mantener o mejorar las características fisicoquímicas y microbiológicas de los productos mínimamente procesados.

Referencias bibliográficas

- Andrade, R., Skurtys, O., Osorio, F., Zuluaga, R., Gañan, P., Castro, C. (2014). Wettability of gelatin coating formulations containing cellulose nanofibers on banana and eggplant epicarps. *LWT - Food Science and Technology*. 58, 158 – 165.
- Anzaldúa-Morales, A. (2005). La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y práctica. Zaragoza, España: Editorial Acribia.
- Azarakhsha, N., Osmana, A., Ghazalia, M, Tanb, C., Adzahan N. (2014). Lemongrass essential oil incorporated into alginate-based edible coating for shelf-life extension and quality retention of fresh-cut pineapple. *Postharvest Biology and Technology*, 88, 1 – 7.
- Bico, S., Raposo, M., Morais, R., Morais, A. (2009). Combined effects of chemical dip and/or carrageenan coating and/or controlled atmosphere on quality of fresh-cut banana. *Food Control*, 20, 508–514.
- Chauca, M. (2014). Efecto del agente antimicrobiano en la cobertura comestible y el tiempo de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas, microbiológicas y aceptabilidad general de trozos de papaya (*Carica papaya*), variedad criolla (Tesis de pregrado). Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo-Perú.
- Chuna, S. (2012). Efecto del extracto de tara (*Caesalpinia spinosa*) y del aceite esencial de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) en cobertura comestible, temperatura y tiempo de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de trozos de piña (*Ananas comosus* L.), variedad Golden (Tesis de pregrado). Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo-Perú.
- García, M., Valdés, L., de la Paz, N., Rodríguez, J., Casariego, A. (2014). Plátano en rodajas mínimamente procesado con coberturas de quitosana y ácido ascórbico. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 24(3), 56-61.

- Guerrero, J., Ortiz, Z., Peralta, L., Pérez, F. (2013). Actividad antibacteriana de *Pelargonium peltatum* (L.) L'Hér sobre *Streptococcus mutans*, *Streptococcus sanguis* y *Streptococcus mitis* frente a clorhexidina. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 18(2), 224 – 236.
- Iglesias, V., Centurión, D., Espinoza, J., Martínez, A. y De la Cruz, E. (2012). Recubrimiento de piña precortada con almidón de camote y aceite esencial de canela. Recuperado de <http://iglesias-itslv.blogspot.com/>.
- Krasniewska, K., Gniewosza, M., Synowieca, A., Przybył, J., Baczek, K., Weglarz, Z. (2015). The application of pullulan coating enriched with extracts from *Bergenia crassifolia* to control the growth of food microorganisms and improve the quality of peppers and apples. *Food and bioproducts processing*, 94: 422–433.
- Márquez, L. y Pretell, C. (2009). Efecto de las coberturas biodegradables y temperatura sobre el color, firmeza y pérdida de peso en palta (*Persea americana* Mill) Hass, durante el almacenamiento. *Revista Pueblo Continente*, 20 (2), 379 – 389.
- Márquez, L., Pretell, C. y Minchón, C. (2013). Efecto del agente antimicrobiano en la cobertura biodegradable y tiempo de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas, recuento de mohos y levaduras y apariencia general en palta (*Persea americana* Mill) hass. *Revista Pueblo Continente*, 24 (2), 395 – 405.
- Mendivelso, D. y Olivares, M. (2007). Estudio de los metabolitos secundarios volátiles en hojas frescas y secas de *Pelargonium graveolens* (geranio), en función del método de extracción y su estado de desarrollo vegetativo. Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Química. Universidad Industrial Santander – Bucaramanga.
- Montgomery, D. (2004). *Diseño y análisis de experimentos*. México D.F.-México: Editorial Limusa.
- Salvia-Trujillo, L., Rojas-Graü, M., Soliva-Fortuny, R., Martín-Belloso, O. (2015). Use of antimicrobial nanoemulsions as edible coatings: Impact on safety and quality attributes of fresh-cut Fuji apples. *Postharvest Biology and Technology*, 105 (2015), 8–16.
- Sharma, S. y Rao, R. (2015). Xanthan gum based edible coating enriched with cinnamic acid prevents browning and extends the shelf-life of fresh-cut pears LWT - *Food Science and Technology*, 62, 791 – 800.