

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

EFFECT OF ANTIMICROBIAL AGENT IN BIODEGRADABLE COATING AND STORAGE
TIME ON THE PHYSICOCHEMICAL CHARACTERISTICS, YEAST AND MOLD
COUNT AND OVERALL APPEARANCE IN AVOCADO (*Persea americana* Mill) HASS

LUIS MÁRQUEZ VILLACORTA¹

CARLA PRETELL VÁSQUEZ²

CARLOS MINCHÓN MEDINA³

Resumen

Se evaluó el efecto del agente antimicrobiano en la cobertura biodegradable a base de gelatina-almidón y tiempo de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas, recuento de mohos y levaduras y apariencia general en palta variedad *hass*. Los agentes antimicrobianos fueron extractos de molle y matico al 5% (p/v), y aceite esencial de clavo de olor al 0.1% (p/v); considerándose una muestra control. Los frutos fueron seleccionados considerando una apariencia uniforme (tamaño y color) y firmeza homogénea. Luego fueron limpiados en seco utilizando escobillas con cerdas sintéticas. Las muestras con coberturas, así como la muestra control fueron almacenadas a 6 °C y 90% de humedad relativa durante 30 días. Cada diez días se analizó color, firmeza, pérdida de peso y recuento de mohos y levaduras; la apariencia general se evaluó al inicio y final del almacenamiento. El análisis estadístico para las variables paramétricas y no paramétricas tuvo un nivel de confianza del 95%. Existió un efecto significativo ($p < 0,05$) del agente antimicrobiano y tiempo de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas, recuento de mohos y levaduras. La cobertura con extracto de molle permitió obtener los mejores parámetros de color L^* , a^* y b^* , menor firmeza y recuento de mohos y levaduras durante el almacenamiento; y la cobertura con extracto de matico produjo la menor pérdida de peso. En la apariencia general de los frutos denotó un efecto significativo ($p < 0,05$) entre los tratamientos, determinándose para el día 30 de almacenamiento que la muestra control presentó diferencia con las muestras con cobertura. Así mismo, se denotó que las paltas con extracto de molle y matico fueron las mejores, superiores a la muestra con aceite de clavo de olor.

Palabras clave

Palta | cobertura biodegradable | antimicrobiano natural

Abstract

The effect of the antimicrobial agent in biodegradable coating based gelatin-starch and storage time on the physicochemical characteristics, yeast and mold count and overall appearance of Hass avocado was evaluated. Antimicrobial agents were matico, molle extracts 5% (w/v), and the clove essential oil 0.1%. The fruits were selected considering a uniform appearance (size and color) and homogeneous firmness. They were then cleaned using dry brushes with synthetic bristles. Coatings and control samples were stored at 6°C and 90% relative humidity for 30 days. Every ten days, color, firmness, weight loss and yeast and mold count was analyzed, and the overall appearance was assessed at the beginning and end of storage. Statistical analysis for parametric and nonparametric variables was with a confidence level of 95%. There was a significant effect ($p < 0.05$) of the antimicrobial agent and storage time on physicochemical characteristics, molds and yeasts count. The molle extract coating allowed us to obtain the best color parameters L^* , a^* and b^* , less firmness and mold and yeast counts during storage and the matico extract coating produced the lowest weight loss. The overall appearance of the fruit denoted a significant effect ($p < 0.05$) between treatments, determined for the 30 day storage than the control sample provided differences with samples coating, likewise, it denoted that avocados molle extract and matico were the best, outperforming the sample with clove oil.

Keywords

Avocado | biodegradable coating | natural antimicrobial

¹ Ingeniero en Industrias Alimentarias. Maestro en Ciencias con Mención en Tecnología de Alimentos. Docente de Auxiliar de la UPAO

² Docente de la UPAO

³ Maestro en Ciencias con Mención en Estadística. Docente Principal Universidad Nacional de Trujillo

I. Introducción

El Perú es el séptimo productor de palta a nivel mundial, con el 4% de la producción total, la cual ha sido impulsada por la exportación, por lo que el país podría seguir mejorando dicha posición en el ranking mundial. La palta *hass* peruana es un fruto reconocido a nivel mundial en términos de calidad y precio, lo cual ha favorecido a que el volumen de exportaciones de dicho producto se incremente año tras año, principalmente al mercado europeo, donde Francia, España, Inglaterra, Italia, Holanda y Alemania son los principales compradores (Minag, 2013; Salas, 2012).

La palta es un fruto climatérico, es decir, continúa con su madurez después de la cosecha y demuestra fuertes cambios en su actividad metabólica. Por lo que es importante que sea cosechada en madurez fisiológica, esto es cuando ha alcanzado su máximo desarrollo en tamaño y peso en la planta, caso contrario, el fruto presentaría desórdenes y características sensoriales no deseables; además de una calidad alimenticia inaceptable, llegando a marchitarse mientras se ablanda o se ablanda irregularmente (Maftoonazad y Ramaswamy, 2005; Herrera-González y otros, 2013).

La palta al ser un fruto climatérico aumenta rápidamente su producción de etileno, lo cual está asociado a la aceleración de la madurez comercial, completando frecuentemente esta a los 5 días después de la cosecha a temperatura ambiente y de 2 a 3 semanas cuando se almacena en óptimas condiciones de temperatura y humedad relativa (Jeong y otros, 2003; Maftoonazad y Ramaswamy, 2005).

La antracnosis es la principal causa del deterioro microbiológico en palta fresca, generalmente atribuida a la acción de hongos como *Colletotrichum gloeosporioides*, aunque *Colletotrichum acutatum* también ha sido diagnosticado. La maduración controlada y el manejo de temperatura en postcosecha pueden tener mayor influencia en el desarrollo de la antracnosis en los frutos cosechados. El almacenamiento de frutos en frío reduce la incidencia de *C. gloeosporioides*, pero no la incidencia de *C. acutatum*. Por otro lado diversos hongos han sido reportados como causantes de la pudrición del pedúnculo, presentándose como endófitos en los tejidos. La infección también se puede dar en el momento de la cosecha, a través de la superficie de corte del pedicelo del fruto (Ochoa, 2009).

La creciente demanda de alimentos que conserven al máximo sus propiedades sensoriales, ha fomentado una mejora continua de los procesos empleados en la industria alimentaria, con el objetivo de asegurar su conservación, sin afectar su calidad y vida útil. Varias técnicas han sido usadas en el almacenamiento de frutas climatéricas para retardar la maduración después de la cosecha y así ampliar el tiempo de vida. Esto incluye el almacenamiento en atmósferas modificadas/controladas (AM/AC), envasado en atmósferas modificadas (EAM) y/o aplicación especial de coberturas en la superficie (Maftoonazad y Ramaswamy, 2005; Márquez y Pretell, 2009).

En tal sentido, las investigaciones del envasado de alimentos se han enfocado en el desarrollo de películas y coberturas biodegradables, debido a que

los consumidores demandan un menor uso de químicos en frutas frescas y mínimamente procesadas, centrándose la mayor atención en el uso de coberturas biodegradables adicionadas de sustancias naturales capaces de actuar como alternativas antimicrobianas y antioxidantes (Saucedo-Pompa y otros, 2009).

Las coberturas biodegradables tienen la propiedad de preservar los parámetros de calidad en los alimentos, tales como la pérdida de peso, aromas y solutos, firmeza, color en la superficie, apariencia general y calidad nutricional debido a que retiene el contenido de ácido ascórbico, flavonoides totales y actividad antioxidante (Falguera y otros, 2011). Entre la variedad de compuestos disponibles para elaborar coberturas biodegradables, la gelatina y el almidón son dos de los compuestos biopolímeros que presentan beneficios potenciales, ya que pueden ser producidos a bajo costo y a gran escala (Márquez y Pretell, 2009).

Las coberturas comestibles se pueden estructurar por la combinación de dos o más compuestos formando bicapas o multicapas. El objetivo de estas combinaciones es mejorar las propiedades de cada componente y su sinergia entre ellas. Las propiedades de barrera y mecánicas de estas coberturas no sólo dependen de los compuestos usados en la matriz, sino también de su compatibilidad. La optimización de la composición de las coberturas es uno de los pasos más importantes para investigar en este campo, debido a que deben ser formuladas de acuerdo a las propiedades de cada fruta y hortaliza para ser aplicadas eficientemente (Falguera y otros, 2011).

Las coberturas con antimicrobianos, que mantienen altas concentraciones de los conservantes en la superficie del alimento, son una forma de envasado activo que pueden extender el tiempo de vida de productos alimenticios mientras proporcionan seguridad microbiológica a los consumidores. Diferentes componentes han sido propuestos como antimicrobianos, entre ellos tenemos: ácidos orgánicos, enzimas, aceites esenciales y extractos naturales de plantas. La influencia de los antimicrobianos usados dependerá de su concentración, estructura química, grado de dispersión en la cobertura y grado de interacción con los polímeros. Si hay una adecuada homogenización del sistema es posible mejorar la uniformidad de la cobertura de acuerdo al tamaño y distribución de las partículas en la fase dispersa, mejorando así la funcionalidad de la barrera (Saucedo-Pompa, 2009).

Las plantas son una fuente invaluable de nuevas moléculas biológicamente activas. Ellas producen diversos metabolitos secundarios, muchos de los cuales presentan actividad antifúngica. El extracto de molle constituye una fuente rica de monoterpenos, sesquiterpenos y triterpenos, los cuales se emplean como fungicidas naturales y se encuentran principalmente en las hojas (Zegarra, 2010). Asimismo, tenemos el extracto de mástico el cual presenta actividad antifúngica y antibacteriana, teniendo como ingredientes activos alcaloides, amidas, pironas, dihidrochalconas, flavonoides, fenilpropanoides, lignanos y neolignano. Estas amidas han generado interés debido a sus potentes propiedades insecticidas y antifúngicas aplicadas en

frutas y hortalizas (Palacios y otros, 2009).

Los aceites esenciales son el producto final del metabolismo secundario de las plantas aromáticas. Se tiene amplia evidencia que estos presentan inhibición contra hongos y bacterias. La actividad antifúngica de los aceites esenciales se asocia al contenido de fenoles monoterpenos especialmente el de tomillo, orégano y clavo de olor (Sánchez, 2012).

El presente trabajo de investigación se planteó los siguientes objetivos:

- Determinar el efecto del agente antimicrobiano en la cobertura biodegradable a base de gelatina-almidón y tiempo de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas, recuento de mohos y levaduras, y apariencia general en palta variedad *hass*.
- Determinar el agente antimicrobiano en la cobertura biodegradable que permita obtener las mejores características fisicoquímicas, menor recuento de mohos y levaduras, y mayor apariencia general en palta variedad *hass* durante 30 días de almacenamiento a 6 °C.

II. Metodología

1. Lugar de ejecución

Las pruebas experimentales y análisis fueron realizados en el laboratorio de Tecnología de Alimentos de la Universidad Privada Antenor Orrego.

2. Materia prima

Las paltas variedad *hass* fueron obtenidas del Mercado La Hermelinda de Trujillo, procedentes del valle de Chao - La Libertad. Los frutos fueron cuidadosamente seleccionados considerando una apariencia uniforme (tamaño y color) y firmeza homogénea. Los frutos fueron limpiados en seco utilizando escobillas con cerdas sintéticas. Luego fueron divididos en cuatro grupos, el primero constituyó el control (sin cobertura biodegradable), el segundo correspondió al tratamiento con cobertura de extracto de molle, el tercero a la cobertura de extracto de matico y el cuarto a la cobertura de aceite esencial de clavo de olor.

3. Coberturas biodegradables, extractos naturales de plantas y almacenamiento de paltas

Extractos naturales de plantas. Los extractos de molle (*Schinus molle*) y matico (*Piper aduncum* L.) al 5% (p/v) fueron obtenidos en solución acuosa por ebullición durante 5 min.

La cobertura a base de gelatina-almidón (Rousselot, Brasil) fue preparada en solución (extracto de molle, extracto de matico y aceite esencial de clavo de olor al 0.1%) del 0.5% de almidón y 1.5% de gelatina calentada a 90 °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. Las paltas fueron sumergidas durante 30 s y secadas con aire para la formación de las coberturas (Márquez y Pretell, 2009).

Las muestras con coberturas, así como la muestra control fueron almacenadas a 6 °C durante 30 días. El

color, firmeza, pérdida de peso, y recuento de mohos y levaduras fueron evaluados cada 10 días, mientras que la apariencia general se evaluó al inicio y final del almacenamiento.

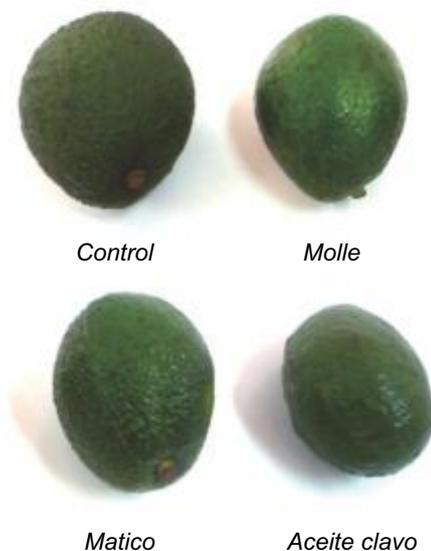


Figura 1. Muestra control y paltas con coberturas biodegradables

4. Métodos analíticos

4.1. Color en la cáscara

Las características del color en la cáscara de las paltas fueron evaluadas usando un colorímetro (Kónica-Minolta, modelo CR-400, Japón), para determinar el valor L* (luminosidad) pudiendo obtener valores entre 0 (negro) y 100 (blanco), valor a* (de rojizo a verduzco) y valor b* (de amarillento a azulado). El colorímetro fue calentado durante 10 min y calibrado con un blanco estándar. Las medidas fueron tomadas en cinco diferentes puntos del fruto y tomado el promedio de los valores (Márquez y Pretell, 2009).

4.2. Firmeza

La medida de firmeza fue evaluada mediante la determinación de la fuerza de penetración (N), utilizando un texturómetro universal Instron modelo 3342, equipado con una celda de carga de 50 N. Las muestras fueron penetradas con una aguja de 5 mm de diámetro con un recorrido a velocidad de 50 mm/min en una base esférica. Las medidas fueron tomadas en cinco puntos diferentes del fruto y tomado el promedio de los valores (Aguilar-Méndez y otros, 2008).

4.3. Pérdida de peso

Se determinó por diferencia de peso en los diferentes tiempos de evaluación. Los datos se expresaron en porcentaje, respecto al peso inicial (Márquez y Pretell, 2009).

4.4. Recuento de mohos y levaduras

Se separaron asepticamente 10 g de muestra que se homogenizó en 90 mL de agua peptonada al 0.1%. Una serie de diluciones fueron preparadas en 9 mL de agua peptonada con 1 mL de alícuota. La numeración de mohos y levaduras se realizó en agar extracto de

malta-oxitetraciclina (OGY) luego de una incubación a 21 °C por 5 días. Los resultados se reportaron en ufc/g (BAM, 2001).

4.5. Apariencia general

Las muestras se sometieron a un análisis sensorial para evaluar la apariencia general usando una escala hedónica estructurada de 9 puntos, donde 1: extremadamente malo, 3: malo, 5: aceptable y límite de aceptabilidad, 7: bueno y 9: excelente. Se trabajó con 30 panelistas no entrenados, consumidores de palta y representantes del público objetivo.

5. Análisis estadístico

Los datos de las variables paramétricas fueron analizados de acuerdo a un diseño bifactorial 4 (coberturas) x 4 (tiempos) utilizando el análisis de varianza (ANVA) y prueba de comparaciones múltiples de Duncan. Los datos no paramétricos de la apariencia general fueron evaluados mediante las pruebas de Friedman y Wilcoxon. Se trabajó con dos repeticiones y un nivel de confianza del 95%, utilizando el programa SPSS para Windows (Statistical Package for The Social Sciences), versión 17.0 (SPSS Inc., 2008).

III. Resultados y discusión

1. Color en la cáscara

El color en la cáscara de la palta fue afectado por la cobertura biodegradable y el tiempo de almacenamiento como se muestra en la figura 2.

El valor L^* disminuyó con el tiempo de almacenamiento y la medida de color en los ejes fue de claro a oscuro. La luminosidad que es un excelente indicador para la evaluación del color en frutas, fue mayor en las paltas con coberturas biodegradables, en comparación, con la muestra control donde la luminosidad fue afectada considerablemente. Las coberturas con los compuestos activos retrasaron el cambio de color por oscurecimiento en la palta, obteniéndose frutos más llamativos y con mayor brillantez en la cáscara.

En la figura 2 se observa que los valores a^* fueron negativos hasta el día 10 en la cáscara de las paltas control, 20 días para las muestras con cobertura de aceite esencial de clavo de olor y 25 días en el caso de los frutos con cobertura de extracto de molle y extracto de matico, demostrándose que la pérdida del color verdusco hacia un color negro durante la maduración comercial de la palta *hass* fue mayor en la muestra control. Por otro lado, la disminución de los valores b^* fue menor en las muestras con coberturas biodegradables, es decir, mostraron una mejor retención del color en la cáscara de la palta. Los mejores resultados en los parámetros de color L^* , a^* y b^* fueron obtenidos cuando se utilizó la cobertura a base de gelatina-almidón con extracto de molle y extracto de matico.

En la mayoría de las frutas, los cambios en el color se producen principalmente por la degradación de la clorofila y la síntesis de pigmentos tales como los carotenoides y antocianinas. La retención del color es el resultado de la creación de una atmósfera modificada entre la cobertura y la superficie del fruto donde la presencia de dióxido de carbono previene la

degradación de la clorofila (Figuroa y otros, 2013; Márquez y Pretell, 2009; Maftoonazad y Ramaswamy, 2005).

Comportamientos similares en los parámetros de color en la cáscara de palta *hass* fueron observados cuando se utilizó coberturas comestibles con propóleo como antimicrobiano natural (Figuroa y otros, 2013), película comestible a base de cera candelilla con ácido elálgico como antimicrobiano natural (Saucedo-Pompa y otros, 2009), cobertura a base de gelatina-almidón (Aguilar-Méndez y otros, 2008) y cobertura a base de metilcelulosa (Maftoonazad y Ramaswamy, 2005). El análisis de varianza de los parámetros del color en la cáscara de palta *hass* indicó que existió un efecto significativo ($p < 0,05$) del agente antimicrobiano en la cobertura y tiempo de almacenamiento sobre los valores de L^* , a^* y b^* . (Cuadro 1).



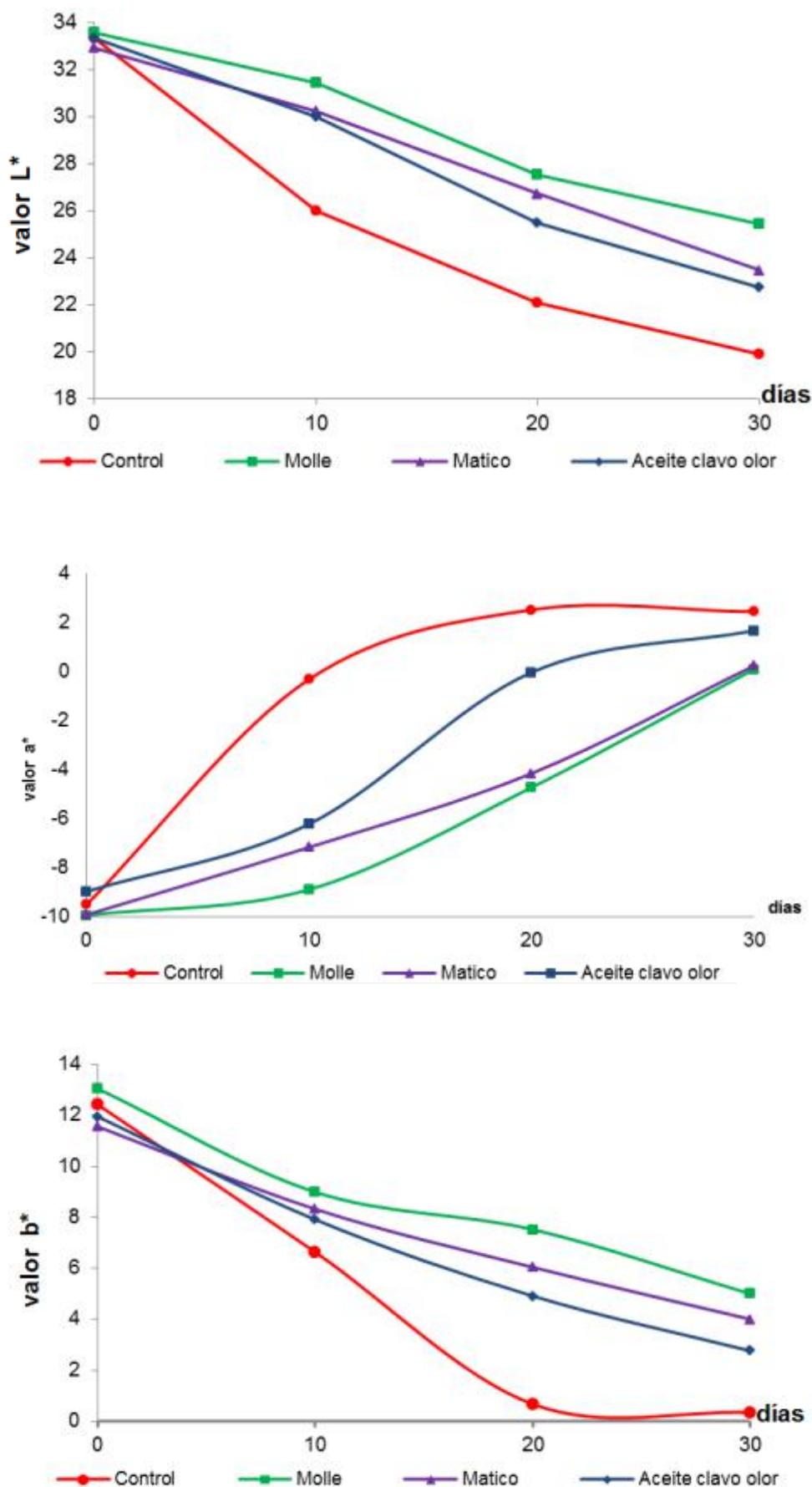


Figura 2. Cambios en valores L*, a*, y b* en la cáscara de palta hass con coberturas durante el almacenamiento a 6 °C

Cuadro 1
ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS PARÁMETROS DE COLOR EN CÁSCARA DE PALTA HASS CON COBERTURAS DURANTE EL ALMACENAMIENTO A 6 ° C

Variable respuesta	Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
L*	Coberturas	68.121	3	22.707	69.430	0.000
	Tiempo	440.998	3	146.999	449.474	0.000
	Coberturas * Tiempo	23.742	9	2.638	8.066	0.000
	Error	5.233	16	0.327		
	Total	538.093	31			
a*	Coberturas	128.071	3	42.690	37.700	0.000
	Tiempo	327.443	3	109.148	96.388	0.000
	Coberturas * Tiempo	53.671	9	5.963	5.266	0.002
	Error	18.118	16	1.132		
	Total	527.303	31			
b*	Coberturas	36.922	3	12.307	17.619	0.000
	Tiempo	370.776	3	123.592	176.935	0.000
	Coberturas * Tiempo	16.551	9	1.839	2.633	0.044
	Error	11.176	16	0.699		
	Total	435.426	31			

Saucedo-Pompa y otros (2009) indicaron diferencia significativa ($p < 0,05$) de la película comestible a base de cera candelilla con ácido elálgico y tiempo de almacenamiento (6 semanas a 5 °C) sobre el valor L*, en la cáscara de palta *hass*. Aguilar-Méndez y otros (2008) reportaron diferencia significativa ($p < 0,05$) de la película comestible a base de gelatina-almidón y tiempo de almacenamiento (40 días a 6 °C) sobre los parámetros de color L*, a* y b* en la cáscara de palta *hass*.

2. Firmeza

La firmeza en la pulpa de los frutos disminuyó durante el almacenamiento para la muestra control y aquellas con las coberturas biodegradables como se presenta en la figura 3. Se logró una mejora en la retención de la firmeza en las paltas con coberturas, contrariamente, a lo observado en los frutos control donde la suavidad en la pulpa, relacionada a su madurez comercial se manifestó alrededor del día 20 con una resistencia a la penetración de 4.6 N, comparada al tratamiento de cobertura a base de gelatina-almidón con extracto de molle donde la pulpa estuvo bastante firme con 8.3 N. Al final del almacenamiento se observó un descenso de la firmeza evidenciándose flacidez en la muestra control (1 N), en comparación, con la muestra de cobertura a base de gelatina-almidón con extracto de molle donde se observó una apropiada suavidad de madurez sensorial (2.4 N).

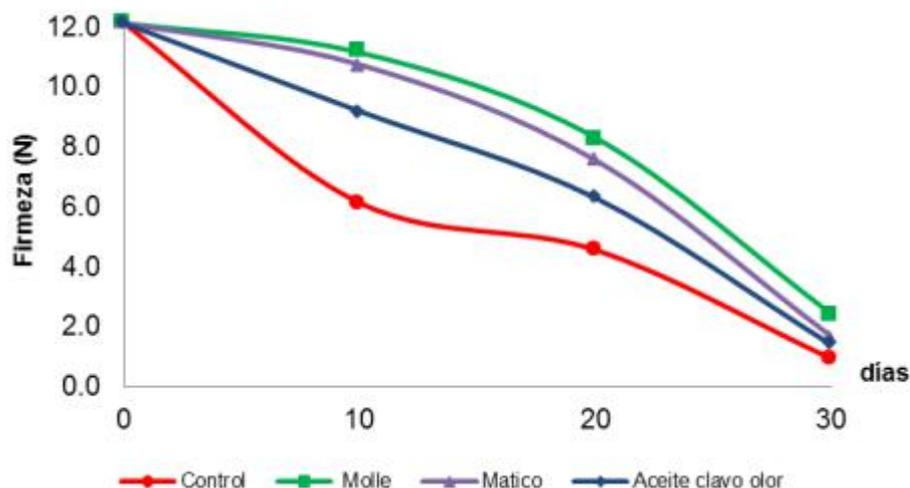


Figura 3. Firmeza en pulpa de palta *hass* con coberturas durante el almacenamiento a 6 ° C

La mayor firmeza presentada en las paltas con coberturas se puede atribuir a su baja permeabilidad al O₂ y mayor retención del CO₂, lo que permite retrasar los procesos fisiológicos relacionados a la madurez. Esta retención de la firmeza se puede explicar por el retardo en la degradación de los componentes de la pared celular tales como las pectinas, que es el resultado de enzimas tales como la pectinesterasa y poligalacturonasa. Estas modificaciones en las células vegetales producen la pérdida de agua, que es considerada un importante factor en los cambios de la textura de frutas y hortalizas (Aguilar-Méndez y otros, 2008).

Se ha demostrado que el almacenamiento en atmósferas con bajas concentraciones de oxígeno y altas de dióxido de carbono, como las formadas por las coberturas, reducen las actividades de las enzimas pécticas y permiten la retención de la firmeza en frutas y hortalizas (Embuscado y Huber, 2009; Maftoonazad y Ramaswamy, 2005).

Tendencias similares en la retención de firmeza de la pulpa en palta *hass* fueron observadas cuando se utilizó cobertura a base de gelatina-almidón (Aguilar-Méndez y otros, 2008), cobertura a base de metilcelulosa (Maftoonazad y Ramaswamy, 2005) y cobertura a base de cera Sta-Fresh 819F en palta variedad Tower II y Booth 7 (Jeong y otros, 2003).

El análisis de varianza de la firmeza en la pulpa de palta *hass* indicó que existió un efecto significativo ($p < 0,05$) del agente antimicrobiano en la cobertura y tiempo de almacenamiento (Cuadro 2).

Cuadro 2
ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA FIMEZA EN LA PULPA DE PALTA HASS CON COBERTURAS DURANTE EL ALMACENAMIENTO A 6 ° C

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
Coberturas	6.042	3	2.014	7.983	0.002
Tiempo	203.195	3	67.732	268.451	0.000
Coberturas * Tiempo	7.905	9	0.878	3.481	0.014
Error	4.037	16	0.252		
Total	221.180	31			

Aguilar-Méndez y otros (2008) reportaron diferencia significativa ($p < 0,05$) de la película comestible a base de gelatina-almidón y tiempo de almacenamiento (40 días a 6 ° C) sobre la firmeza en la pulpa de palta Hass. Jeong y otros (2003) indicaron diferencia significativa ($p < 0,05$) de la cobertura a base de cera Sta-Fresh 819F y tiempo de almacenamiento (12 días a 13 ° C) sobre la firmeza en la pulpa de palta variedad Tower II y Booth 7.

3. Pérdida de peso

En todas las muestras, la pérdida de peso fue incrementando en función al tiempo de almacenamiento, como se observa en la figura 4. La pérdida de peso más alta se encontró en la muestra control, mientras que en las muestras con coberturas se registró una menor pérdida. Al final del almacenamiento la pérdida de peso en la muestra control fue de 8.80%, mientras que para los frutos con cobertura a base de gelatina-almidón con extracto de matico fue de 4.26%, convirtiéndose en el mejor tratamiento.

Un comportamiento similar en la pérdida de peso de palta Hass fue observado cuando se utilizó coberturas comestibles con propóleo como antimicrobiano natural (Figuroa y otros, 2013), película comestible a base de cera candelilla con ácido elágico como antimicrobiano natural (Saucedo-Pompa y otros, 2009), cobertura a base de gelatina-almidón (Aguilar-Méndez y otros, 2008) y cobertura a base de metilcelulosa (Maftoonazad y Ramaswamy, 2005).

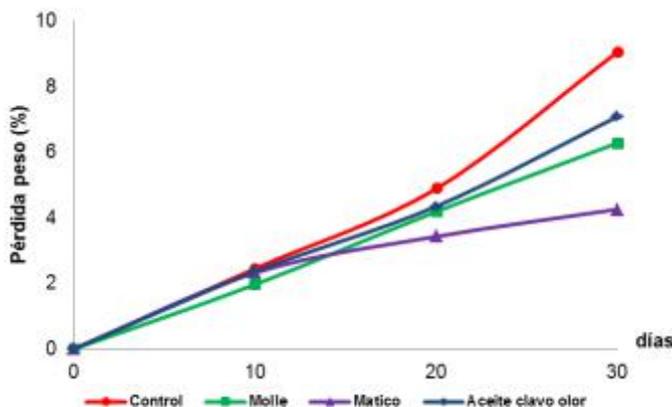


Figura 4.
Pérdida de Peso en palta *hass* con coberturas durante el almacenamiento a 6 ° C

La principal causa de pérdida de peso en frutas frescas es la difusión del vapor de agua, debido a un gradiente de presión entre el interior y el exterior del fruto. Las coberturas sobre la superficie de los frutos actúan como barrera a esta difusión del vapor de agua, lo que se traduce en menores valores de pérdida de peso (Figueroa y otros, 2013). La pérdida de peso en frutas es muy importante como atributo de calidad, por lo tanto, el uso de coberturas es una excelente herramienta para el control de la reducción del peso durante el almacenamiento (Saucedo-Pompa, 2009).

El espesor y la permeabilidad a la humedad de las coberturas son factores importantes desde el punto de vista de la velocidad de transferencia de masa. La temperatura y humedad relativa del medio ambiente también son importantes debido a los efectos sobre la diferencia de la presión de vapor entre la fruta y la atmósfera que lo rodea. La respiración puede producir una reducción del peso debido a la degradación de los azúcares. Los indicadores más bajos de la pérdida de humedad en las frutas con coberturas pueden ser atribuidos a las propiedades de barrera para la difusión del vapor de agua en los estomas, los organelos que regulan el proceso de transpiración (Embuscado y Huber, 2009; Maftoonazad y Ramaswamy, 2005).

El análisis de varianza de la pérdida de peso en palta *hass* indicó que existió un efecto significativo ($p < 0,05$) del agente antimicrobiano en la cobertura y tiempo de almacenamiento. (Cuadro 3).

Cuadro 3
ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA PÉRDIDA DE PESO EN LA PALTA *HASS* CON COBERTURA DURANTE EL ALMACENAMIENTO A 6 °C

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
Coberturas	24.114	3	8.038	33.116	0.000
Tiempo	462.078	3	154.026	634.578	0.000
Coberturas * Tiempo	13.490	9	1.499	6.175	0.001
Error	3.884	16	0.243		
Total	503.566	31			

Saucedo-Pompa y otros (2009) indicaron diferencia significativa ($p < 0,05$) de la película comestible a base de cera candelilla con ácido elálgico y tiempo de almacenamiento (6 semanas a 5 °C) sobre la pérdida de peso en palta *hass*. Aguilar-Méndez y otros (2008) reportaron diferencia significativa ($p < 0,05$) de la película comestible a base de gelatina-almidón y tiempo de almacenamiento (40 días a 6 °C) sobre la pérdida de peso en palta *Hass*. Jeong y otros (2003) indicaron diferencia significativa ($p < 0,05$) de la cobertura a base de cera Sta-Fresh 819F y tiempo de almacenamiento (12 días a 13 °C) sobre la pérdida de peso en palta variedad Tower II y Booth 7.

4. Recuento de mohos y levaduras

En la figura 5 se observa el crecimiento de mohos y levaduras en los diferentes tratamientos en palta *hass* durante su almacenamiento. La población inicial en la muestra control fue 2.9 log ufc/g (800 ufc/g) y para las coberturas a base de gelatina-almidón con extracto de molle, extracto de matico y aceite esencial fue de 0.6 log ufc/g (4 ufc/g); 0.3 log ufc/g (2 ufc/g) y 0.9 log ufc/g (8 ufc/g), respectivamente; denotando la 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 4.25 log ufc/g (17600 ufc/g) y para las coberturas a base de gelatina-almidón con extracto de molle, matico y aceite esencial fue de 4.06 log ufc/g (11433 ufc/g); 4.08 log ufc/g (12133 ufc/g) y 4.18 log ufc/g (15000 ufc/g), respectivamente.

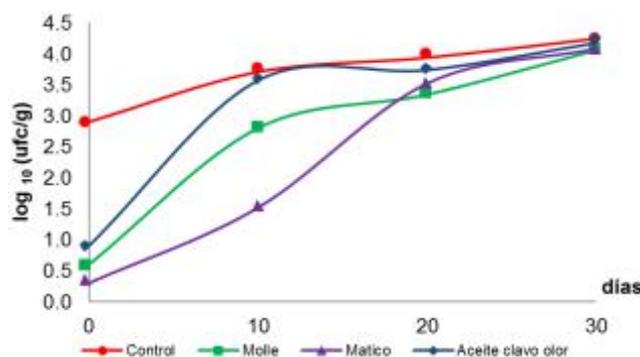


Figura 5. Recuento de mohos y levaduras en palta *hass* con coberturas durante el almacenamiento a 6 °C

Las coberturas y películas comestibles con propiedades antimicrobianas han innovado el concepto de envasado activo siendo desarrolladas para inhibir parcial y totalmente el crecimiento de microorganismos sobre la superficie de los alimentos. En muchos productos frescos la contaminación microbiana se encuentra en niveles muy elevados, por tanto, es necesario un sistema efectivo para controlar el crecimiento de la microflora. Tradicionalmente los agentes antimicrobianos son adicionados directamente a los alimentos, pero su actividad puede ser inhibida por diferentes factores (contenido de grasa, proteína, concentración de sal, pH y temperatura) disminuyendo su eficacia por lo que las coberturas comestibles son más eficientes cuando contiene aditivos antimicrobianos en su composición, permitiendo que algunos compuestos migren de manera gradual y selectiva a la superficie del alimento (Falguera y otros, 2011; Rodríguez, 2011). En esta investigación se pudo observar que los metabolitos secundarios de los extractos de plantas mostraron una adecuada adherencia en la matriz de la cobertura, razón por la cual existió un menor crecimiento de microorganismos durante el almacenamiento. Se observó el mismo efecto en un menor grado con los compuestos activos del aceite esencial de clavo de olor, debido a una menor miscibilidad con la matriz a base de gelatina-almidón. En la muestra control sin cobertura se evidenció un mayor recuento de mohos y levaduras, principal factor del deterioro microbiológico por antracnosis en la palta fresca.

Los compuestos antimicrobianos naturales usados en las coberturas biodegradables y comestibles tienen la capacidad de liberar metabolitos secundarios que van actuar sinérgicamente para controlar el crecimiento de mohos y levaduras. Así tenemos el eugenol, componente mayoritario del aceite esencial de clavo, está relacionado con su capacidad para permeabilizar la membrana celular e interactuar con las enzimas de los microorganismos. Se cree que el grupo hidroxilo del eugenol participa en la interacción e inhibición de las enzimas como la ATPasa, histidina descarboxilasa, amilasa y proteasa (Ramos-García, 2011; Romero-Bastida y otros, 2011).

El extracto de molle constituye una fuente rica de monoterpenos, sesquiterpenos y triterpenos, los cuales se emplean como fungicidas naturales. Entre los componentes activos que se encuentra en las hojas, tenemos: β -mirreno (30,1%), α -felandreno (26,4%), β -pineno (13,5%), α -pineno (11,9%), limoneno (9,9%) y β -felandreno (5,7%), entre otros. 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 (Sánchez y otros, 2009; Zegarra, 2011).

Los extractos de matico contienen fenilpropanoides, monoterpenoides y sesquiterpenoides, cuya acción antimicrobiana se puede atribuir a sus terpenoides fundamentalmente los oxigenados, y la mayor contribución a este efecto corresponden específicamente al safrol. Existen investigaciones que atribuyen la actividad antimicrobiana a la sobrecarga que es sometida la membrana celular de tal forma que le hace perder control e integridad. Así mismo, los terpenoides producen una disrupción de la membrana celular mediante el aumento de la permeabilidad a

iones pequeños afectando la estabilidad estructural de esta y desestabilizando el empaquetamiento de la bicapa lipídica produciendo la muerte de la célula microbiana (Sánchez y otros, 2009).

El análisis de varianza de la pérdida del recuento de mohos y levaduras en palta Hass indicó que existió un efecto significativo ($p < 0,05$) del agente antimicrobiano en la cobertura y tiempo de almacenamiento. (Cuadro 4).

Cuadro 4
ANÁLISIS DE VARIANZA DE RECuento DE MOHOS Y LEVADURAS EN PALTA HASS CON COBERTURAS DURANTE EL ALMACENAMIENTO A 6 ° C

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	p
Coberturas	9.834	3	3.278	40.351	0.000
Tiempo	41.423	3	13.808	169.967	0.000
Coberturas * Tiempo	9.363	9	1.040	12.807	0.000
Error	1.300	16	0.081		
Total	61.920	31			

Saucedo-Pompa y otros (2009) indicaron diferencia significativa ($p < 0,05$) de la película comestible a base de cera candelilla con ácido elálgico y tiempo de almacenamiento (6 semanas a 5 ° C) sobre el recuento de *Colletotrichum gloeosporioides* en palta Hass. Pastor y otros (2010) encontraron diferencia significativa ($p < 0,05$) de la cobertura comestible a base de hidroxipropilmetilcelulosa y tiempo de almacenamiento (22 días a 2 ° C) sobre el recuento de bacterias aerobias mesófilas viables y mohos y levaduras en uva moscatel.

5. Apariencia general

La evaluación de la apariencia general se realizó mediante la aplicación de una escala hedónica de 9 puntos. Según la percepción de los panelistas indicadas en la cartilla de evaluación, en el día 0 percibieron paltas con buenas características de un estado de madurez fisiológica, sobresaliendo las muestras con cobertura que manifestaron una mejor apariencia debido a su brillo en la cáscara, teniendo percepciones de "me gusta ligeramente" para la muestra control y "bueno" para las muestras con cobertura. El día 30 se observó claramente que las muestras con mayor aceptación fueron los frutos con coberturas a base de gelatina-almidón con extracto de matico y extracto de molle, donde el color de la cáscara y en la pulpa, así como, la firmeza demostraron un adecuado nivel de madurez sensorial, con una percepción de "muy bueno" y "bueno" con rangos promedio de 3.42 y 3.05, respectivamente. La muestra control presentó frutos con un color de cáscara opaco, leve oscurecimiento y fácil desprendimiento de la pulpa.

En el cuadro 5 se presenta los resultados de la prueba de Friedman para la apariencia general en función del agente antimicrobiano en la cobertura y tiempo de almacenamiento en palta *hass*, denotándose efecto significativo ($p < 0.05$) entre los tratamientos.

Cuadro 5
PRUEBA DE FRIEDMAN PARA LA APARIENCIA GENERAL EN PALTA HASS CON COBERTURAS DURANTE EL ALMACENAMIENTO A 6 ° C

Tratamientos	Rango promedio	Chi-cuadrado	p
Control - Día 0	1.47		
Control - Día 30	1.10		
Molle - Día 0	2.73		
Molle - Día 30	3.05	41.34	0.00
Matico - Día 0	2.80		
Matico - Día 30	3.42		
Aceite clavo - Día 0	3.00		
Aceite clavo - Día 30	2.43		

En el cuadro 6 se presenta la prueba de Wilcoxon, que es usada para obtener la información complementaria a la prueba de Friedman, cuando esta resulta significativa, comparándose todos los tratamientos por pares.

Se determinó que para el día inicial las muestras no presentaron diferencia en su apariencia general. En cambio para el día 30 la muestra control presentó diferencia con las muestras con cobertura, así mismo se confirmó que las paltas con extracto de molle y matico fueron las mejores en apariencia general, superando a la muestra con aceite de clavo.

Cuadro 6
PRUEBA DE WILCOXON PARA LA APARIENCIA GENERAL EN PALTA HASS CON COBERTURAS DURANTE EL ALMACENAMIENTO A 6 ° C.

Tratamientos		Día - 0		Día - 30	
		Z	p	Z	p
Control	Aceite clavo	-4.235	0.000	-4.481	0.000
	Molle	-4.208	0.000	-4.796	0.000
	Matico	-3.922	0.000	-4.916	0.000
Aceite clavo	Molle	-1.890	0.059	-2.893	0.004
	Matico	-0.832	0.405	-3.806	0.000
Molle	Matico	-0.500	0.617	-1.789	0.074

Las diferencias relacionadas al tiempo de almacenamiento sobre la apariencia general de los frutos pudieron ser mejor visualizadas cuando las paltas fueron cortadas longitudinalmente por la mitad y separada la semilla de la parte central, denotándose un oscurecimiento en la pulpa de la palta control comparadas con las que tienen coberturas. Esto se puede observar en la Figura 6.



Figura 6.
Visualización del color en la pulpa de palta con coberturas y control durante el almacenamiento a 6 ° C

IV. Conclusiones

1. Existió un efecto significativo del agente antimicrobiano en la cobertura biodegradable a base de gelatina-almidón y tiempo de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas, recuento de mohos y levaduras y apariencia general en palta variedad *hass*.
2. La cobertura biodegradable a base de gelatina-almidón con extracto de molle nos permitió obtener los mejores parámetros de color L*, a* y b*, menor firmeza y recuento de mohos y levaduras en palta *hass*, durante 30 días de almacenamiento.
3. La cobertura biodegradable a base de gelatina-almidón con extracto de matico produjo la menor velocidad de pérdida de peso en palta *hass*, durante 30 días de almacenamiento.
4. Las coberturas biodegradables a base de gelatina-almidón con extracto de molle y extracto de matico presentaron la mayor apariencia general en palta *hass*, durante 30 días de almacenamiento.

V. Referencias bibliográficas

1. Aguilar-Méndez, M.; San Martín-Martínez, E.; Tomás, S.; Cruz-Orea, A. y Jaime-Fonseca, R. 2008. Gelatine–starch films: Physicochemical properties and their application in extending the post-harvest shelf life of avocado (*Persea americana*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88: 185 – 193.
2. Embuscado M, y Huber K. 2009. *Edible films and coatings for food applications*. Springer Dordrecht Heidelberg, London New York.
3. Falguera, V.; Quintero, J.; Jimenez, A.; Aldemar, J. e Ibarz, A. 2011. Edible films and coatings: Structures, active functions and trends in their use. *Trends in Food Science & Technology*, 22: 292-303.
4. Figueroa, J.; Salcedo, J.; Aguas, Y.; Olivero, R. y Narvaez, G. 2013. Recubrimientos Comestibles en la Conservación del Mango y Aguacate, y Perspectiva, del Uso del Propóleo en su Formulación. *Revista Mundo Alimentario*.
5. Herrera-González, J.; Salazar-García, S.; Gutiérrez-Martínez, P. y González-Durán, I. 2013. El comportamiento postcosecha de frutos de aguacate 'Hass' es influenciado por el portainjerto. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4 (1): 19-32.
6. Jeon, J.; Huber, D. y Sargent, S. 2003. Delay of avocado (*Persea americana*) fruit ripening by 1-methylcyclopropene and wax treatments. *Postharvest Biology and Technology*, 28. 247-257.
7. Maftoonazad, N. y Ramaswamy, H. 2005. Postharvest shelf life extension of avocados using methyl cellulose–based coating. *Lebensmittel-Wissenschaft and Technology*, 38: 617- 624.
8. 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.
9. Ministerio de Agricultura. 2013. Producción hortofrutícola. Disponible en: www.minag.gob.pe. <http://www.minag.gob.pe/portal/sector-agrario/agricola/líneas-de-cultivos-emergentes/frutas?start=2>. Fecha de búsqueda: setiembre 2013.
10. Ochoa, S. 2009. Enfermedades postcosecha del fruto de aguacate. III Congreso Latinoamericano de Aguacate. Disponible en: http://www.poscosecha.com/es/noticias/antracnosis-podredumbre-del-pedunculo-y-enfermedades-fisiologicas-principales-problemas-poscosecha-en-palta-o-aguacate/_id:79284/
11. Palacios, Z.; Delgado, G.; Moreno, M.; Kato, M. y Rojas, C. 2009. Actividad antifúngica in vitro de extractos crudos de *Piper tuberculatum*. *Revista peruana de biología de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos*, 16(2): 209 – 214.
12. Salas, H. 2012. Investigación de mercado para la exportación de palta Hass al mercado de Italia. Tesis para optar el título profesional de licenciado en administración de negocios internacionales. Facultad de Ciencias Administrativas y de Recursos Humanos. Universidad Privada San Martín de Porres.
13. Sánchez, M. 2012. Efecto de la cobertura comestible con aceite esencial de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) y clavo de olor (*Syzygium aromaticum*), tipo de envase y tiempo de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales en uva (*Vitis vinifera* L.), variedad Red Globe. Tesis para optar el Título de Ingeniería en Industrias Alimentarias. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Privada Antenor Orrego.
14. Saucedo-Pompa, S.; Rojas-Molina, R.; Aguilera-Carbó, A.; Saenz-Galindo; A.; De la Garza, H.; Jasso-Cantú, D. y Aguilar, C. 2009. Edible film based on candelilla wax to improve the shelf life and quality of avocado. *Food Research International*, 42: 511–515.
15. Zegarra, G. 2010. Actividad deterrente y acaricida de principios activos de quinuas amargas, aceites esenciales y tarwi. Tesis para optar el Título de Licenciado en Química. Facultad de Ciencias e Ingeniería. Pontificia Universidad Católica del Perú.