

@LIMENTECH CIENCIA Y TECNOLOGÍA ALIMENTARIA
ISSN 1692-7125. Volumen 10, No. 1, p. 5-17, año 2012
Facultad de Ingenierías y Arquitectura
Universidad de Pamplona



Empleo de recubrimientos comestibles con base en almidón de papa y yuca en la conservación del mango cv. Zapote

Use of edible coatings based on potato and yucca starch in the conservation of mango cv. zapote

Trujillo N. Yanine^{1*}, Pérez G. Jhon², Durán O. Daniel¹

¹Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Grupo de investigación en Ingeniería y Tecnología de Alimentos (GINTAL), Universidad de Pamplona, Km. 1 Vía Bucaramanga, Pamplona, Colombia

²Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Programa Ingeniería de Alimentos, Universidad de Pamplona, Km. 1 Vía Bucaramanga, Pamplona, Colombia

Recibido 15 de Septiembre 2011; aceptado 1 de Noviembre de 2011

RESUMEN

Se evaluó el uso de la aplicación de un recubrimiento comestible con base de almidón de yuca nativa y almidón de papa, en concentraciones de 4 y 10 %, al mango, en estado verde. Inicialmente fueron desinfectados en hipoclorito de sodio a 200 ppm, por un tiempo de 3 minutos. El tratamiento (1), corresponde a 4% de almidón de yuca, en combinación, de 20% de glicerol, en cuanto a materia seca y 5% de lecitina de soya, el tratamiento (2) contiene 10% de almidón de papa en combinación de lecitina de soja (5%) y glicerol (20%) en cuanto a materia seca. Los resultados obtenidos en la evolución de las características fisicoquímicas del mango variedad zapote fueron analizados estadísticamente empleando el paquete SPSS versión 13, aplicándose el análisis de la varianza (ANOVA), y nivel de significancia del 5%. Las variables de respuesta que se estudiaron fueron color, pérdida de peso, forma-tamaño, firmeza, pH, SST, acidez, tasa de respiración con el fin de establecer si el tipo y la concentración de almidón influyen significativamente en la conservación del mango en estado verde almacenado a granel a condiciones de ambiente de Pamplona. Al evaluar la influencia de

*Autor a quien debe dirigirse la correspondencia. E-mail: yaninetrujillo@unipamplona.edu.co

los recubrimientos en la conservación del mango variedad zapote se obtuvo que al emplear almidón de yuca al 4% y sorbato de potasio al 0,05% en el recubrimiento comestible se logra controlar la maduración organoléptica por un periodo de 12 días, extendiéndose 6 días de vida útil en almacenamiento a granel en condiciones ambientales de Pamplona.

Palabras clave: ácido cítrico, almidón, mango, recubrimiento, sorbato de potasio.

ABSTRACT

It was evaluated the use of the application of an edible coating based on native yucca starch and potato starch, at concentrations of (4 and 10) %, in the unripe mango. Initially they were disinfected in sodium hypochlorite at 200 ppm, for a time of 3 minutes. The treatment (1), corresponds to 4% of yucca starch, in combination with 20% of glycerol, in terms of dry matter and 5% of soybean lecithin, the treatment (2) contains 10% of potato starch in combination with soybean lecithin (5%) and glycerol (20%) in terms of dry matter. The obtained results in the evolution of the physicochemical characteristics of the mango, zapote variety, were statistically analyzed using SPSS 13 version, applying the analysis of variance (ANOVA), and the significance level of 5%. The response variables studied were: color, weight loss, shape-size, firmness, pH, SST, acidity, respiration rate in order to establish whether the type and the starch concentration significantly influence the conservation of the unripe mango stored in bulk at environmental conditions of Pamplona. When evaluating the influence of the coatings in the mango preservation of zapote variety, it was obtained by employing yucca starch at 4% and potassium sorbate at 0.05% in the edible coating, control is achieved in the organoleptic ripening for a period of 12 days, extending six days of useful life stored in bulk at environmental conditions of Pamplona.

Keywords: citric acid, starch, mango, coating, potassium sorbate.

INTRODUCCIÓN

Definición recubrimiento comestible

De acuerdo con Krochta y De Mulder-Johnston (1997), Pastor *et al.*, 2005 y Quintero *et al.*, 2010, una película comestible se define como aquella capa delgada de material comestible formada sobre un alimento como un recubrimiento, o colocada (lo que implica que debe ser pre-formada) sobre o entre los componentes de los alimentos y se caracterizan por:

- 1). Constituir una barrera semipermeable a los gases y al vapor de agua que retrasa el deterioro del alimento, mejoran las propiedades mecánicas, ayudan a mantener la integridad estructural del producto que envuelven, a retener compuestos volátiles y pueden actuar como vehículo de aditivos alimentarios.
- 2). Aplicados a las frutas permiten controlar la respiración y la senescencia de forma similar a las atmósferas modificadas, ejerciendo así una barrera a los gases y al vapor de agua. De esta manera se reduce el deterioro del fruto.

Los recubrimientos se han desarrollado con el fin de extender la vida útil de los productos alimenticios, usarse como soporte de agentes antimicrobianos, antioxidantes o nutrientes, para enlentecer la migración de humedad y lípidos o el transporte de gases y solutos. Éstos, deben poseer propiedades mecánicas que garanticen la adecuada adhesividad a los alimentos y manipuleo de ellos sin deterioro de las mismas y, además, deben ser totalmente neutras con respecto al color, tacto y olor del alimento (Famá *et al.*, 2004).

En productos hortofrutícolas, como el mango, pueden emplearse como barrera con

base en gases y vapor de agua; para este propósito se aplican sobre la superficie del alimento con la función primordial de restringir la pérdida de humedad de la fruta hacia el ambiente, reducir la absorción de O₂ para disminuir su tasa respiratoria, aumentar su vida útil y reducir las pérdidas postcosecha (Kester y Fennema, 1989; Debeaufort *et al.*, 1998).

Componentes del recubrimiento comestible

Los principales componentes de los recubrimientos comestibles son polisacáridos, proteínas, lípidos y resinas; las formulaciones pueden incluir, además, plastificantes y emulsificantes de distinta naturaleza química con el fin de mejorar las propiedades de los recubrimientos. Los polisacáridos y las proteínas son polímeros que forman redes moleculares cohesionadas por una alta interacción entre sus moléculas; estos les confiere buenas propiedades mecánicas y de barrera a gases (O₂ y CO₂).

La incorporación de plastificantes tiene como objetivo mejorar la flexibilidad de los recubrimientos, haciéndolos menos frágiles; la de los emulsificantes, favorecer la dispersión del lípido en la matriz hidrocoloide, mejorado la capacidad del recubrimiento para impregnar al alimento y formar una capa continua en la superficie del mismo.

En la elaboración de películas comestibles se emplean mezclas entre biopolímeros con el fin de contrarrestar las deficiencias propias de cada componente y así poder mejorar las propiedades del material resultante.

Almidones de diferentes fuentes como trigo, maíz, papa y yuca se han utilizado, obteniendo, con este último, películas con buenas propiedades de flexibilidad y permeabilidad al vapor de agua. Las proteínas de soya han sido estudiadas por su excelente capacidad para formar películas y por sus buenas propiedades de barrera a lípidos y oxígeno en humedades relativamente bajas.

Sin embargo, aunque estas cubiertas pueden incrementar el periodo de vida útil y mejorar el aspecto del producto, el cual resulta con más brillo y por ello más atractivo para algunos consumidores (Báez *et al.*, 2000; Cáceres *et al.*, 2003), también tienen sus limitantes, pues entre las principales desventajas que se han reportado de las formulaciones actuales, se encuentra el hecho de que pueden generar el desarrollo de sabores y olores desagradables como resultado de la inducción de anaerobiosis, o que la cubierta se vuelve quebradiza proporcionando un aspecto desagradable a la superficie del producto (Nussinovitch y Lurie, 1995).

Sin embargo, son mayores las ventajas de su uso; entre una de ellas se menciona que el futuro de los recubrimientos comestibles podrían reducir la necesidad de refrigeración y el coste de almacenamiento por el uso atmósferas controladas (Pérez-Gago *et al.*, 2008).

En la actualidad, existen muchas tecnologías que se emplean en la conservación de los productos hortofrutícolas, en donde prima

la importancia de que éstas sean naturales y respetuosas con el medio ambiente, en donde el uso de películas y recubrimientos comestibles presentan ser una alternativa.

A pesar de la información técnica disponible para la elaboración de recubrimientos comestibles es amplia, no es universal para todos los productos, lo que implica un reto para el desarrollo de recubrimientos específicos para cada alimento. En el caso particular del mango fresco, los recubrimientos comestibles empleados han sido con base de películas de quitosan (Maftoonazad y Ramaswamy, 2005; Salvador *et al.*, 1999; y Aguilar 2005), a base de cera de carnauba y éster de sacarosa (Cáceres *et al.*, 2003), metilcelulosa y zein hidroxipropil (Hoa y Ducamp 2002), cera de carnauba o la cera de abejas (Baldwin *et al.*, 1999; Feygenberg *et al.*, 2005; Dang *et al.*, 2008; Hoa y Ducamp, 2008).

Por lo anterior, la presente investigación persigue establecer una formulación con base en el almidón, que permita ser usada como recubrimiento comestible y conservar el mango fresco en estado verde durante el almacenamiento a granel, a condiciones de 20°C de temperatura y humedad relativa del 60%, para permitir una mejor cadena de comercialización en la que se pueda controlar los cambios de las características fisicoquímicas y alteraciones microbianas que reduzcan su calidad y por consiguiente su vida útil.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

Se adquirieron, en la central de abastos de la ciudad de Cúcuta, 40 Kg de mango variedad zapote en estado de madurez verde.

Se empleó almidón de papa y de yuca nativo, de grado alimentario. El plastificante empleado fue glicerol, por tratarse de un plastificante compatible con el almidón, cuyas características son el proporcionar flexibilidad a los recubrimientos, facilitando su manejo y evita el resquebrajamiento.

Como surfactante se seleccionó la lecitina de soya. Los antimicrobianos elegidos para la incorporación en el recubrimiento fueron el sorbato de potasio y ácido cítrico con el fin de extender la vida útil del mango, retardando el crecimiento de hongos, levaduras durante el almacenamiento a granel en condiciones ambiente de Pamplona (Cuppert, 1994).

Elaboración de los recubrimientos comestibles con base en almidón nativo de papa y de yuca

Se ensayaron un total de 13 formulaciones, basándose en la metodología propuesta por Rodríguez *et al.*, (2006), con modificaciones, en donde se emplearon 9 formulaciones con base en almidón de papa, y cuatro con base en almidón de yuca, en donde las variables fueron la concentración del almidón, el tiempo de dispersión en baño maría a la temperatura de 70°C, empleándose un diseño factorial 3² para el almidón de papa, en donde las variables independientes fueron la concentración de almidón a emplear en la formulación (4, 8 y 10%) y el tiempo de

dispersión (30, 45 y 60 min). Para el almidón de yuca se empleó un diseño factorial 2², en donde las variables independientes fueron la concentración de almidón a emplear en la formulación (2 y 4%) y el tiempo de dispersión (30 y 45 min). De las formulaciones anteriores se estableció emplear almidón de yuca al 4% y un tiempo de dispersión de 30 minutos, y para el almidón de papa 10% por un tiempo de 45 minutos. Asimismo, se preparó una muestra patrón a la cual no se le aplicó ningún recubrimiento, con el fin de poder comparar y establecer el recubrimiento que mejor conserve las características del mango en estado verde.

Todas las formulaciones se prepararon empleando como plastificante el glicerol a una única concentración (20% en relación a la base seca) y como surfactante la lecitina de soja al 5% (Rodríguez *et al.*, 2006).

El proceso de elaboración de los recubrimientos de acuerdo con Rodríguez *et al.*, (2006), consistió en mezclar inicialmente con agua destilada la cantidad correspondiente de almidón en un recipiente de vidrio. La dispersión se realiza en un baño termostataado, en agitación constante, a una temperatura de 70°C mantenida durante un tiempo de 30 minutos. El paso siguiente fue la desgasificación, la cual consiste en retirar los gases no condensables que puedan afectar las propiedades finales de los recubrimientos. Para esto, la solución se vertió en una erlenmeyer en donde se le aplicó vacío, empleándose una bomba de vacío. Gelatinizado el almidón, se incorporó el surfactante, tras el cual, se homogeneizó la mezcla por un tiempo de 15 minutos, a 19000 rpm. Finalmente a la

mezcla anterior se le añadió el plastificante manteniendo la temperatura de 70°C y con agitación por un tiempo de 10 minutos.

Una vez preparado los recubrimientos, estos se atemperaron a 20°C para su posterior aplicación.

Aplicación de los recubrimientos comestibles al mango en estado verde

Los recubrimientos comestibles atemperados a 20°C fueron aplicados en el mango en estado verde, sumergiendo cada uno de los frutos en las soluciones preparadas por un tiempo de 10 segundos con intervalos de 1 minuto, para total homogenización, operación que se repitió 2 veces. Se dejaron secar al ambiente durante 1 hora, en canastas plásticas previamente lavadas y desinfectadas con una solución de 5 ppm de hipoclorito de sodio realizando (Hernández *et al.*, 2011).

Evaluación de la influencia del tipo y de la concentración de almidón, empleado en el desarrollo del recubrimiento comestible, en la conservación del mango variedad zapote

Con el fin de llevar a cabo un seguimiento apropiado de las características de color, respiración y pérdida de peso, se tomó una única muestra representada por un (1) kg de mango en estado verde, la cual fue empleada para las valoraciones antes mencionadas durante los 21 días de almacenamiento a granel, para cada uno de los tratamientos aplicados incluyéndose el patrón.

El efecto del tipo y concentración de almidón fueron evaluados en la calidad fisicoquímica del mango durante su almacenamiento a granel en condiciones ambientales

de Pamplona (20 ± 2°C y HR 60%). La evaluación se llevó a cabo cada tres días por un tiempo total de 12 días, analizando las características físicas (color, firmeza respiración, forma y peso) y las características químicas (pH, acidez, sólidos solubles totales) siguiendo la metodología indicada anteriormente.

Análisis estadístico

Los resultados obtenidos en la evolución de las características fisicoquímicas del mango variedad zapote fueron analizados estadísticamente empleando el paquete SPSS versión 13, aplicándose el análisis de la varianza (ANOVA), y nivel de significancia del 5%. Las variables de respuesta que se estudiaron fueron color, pérdida de peso, forma-tamaño, firmeza, pH, SST, acidez, tasa de respiración con el fin de establecer si el tipo y la concentración de almidón influyen significativamente en la conservación del mango en estado verde almacenado a granel a condiciones de ambiente de Pamplona.

El test de comparación DMS de Fisher se utilizó para corroborar entre que niveles (tipo y concentración de almidón) de un factor existen diferencias mínimas significativas.

Determinación del efecto del antimicrobiano adherido al recubrimiento comestible en la conservación del mango variedad Zapote

Preparación del recubrimiento comestible óptimo adicionando agente antimicrobiano

Una vez establecida la formulación (concentración y tipo de almidón) del recubrimiento comestible más óptimo para la conservación del mango variedad zapote en

estado verde, se procedió a evaluar la eficiencia de dos antimicrobianos, el ácido cítrico al 5% (Hernández *et al.*, 2011) y el sorbato de potasio (0,05%).

Estos antimicrobianos fueron adheridos a la formulación óptima del recubrimiento comestible, en donde se empleó el procedimiento realizado en la preparación del recubrimiento, salvo que una vez atemperado a 20°C, a la mezcla se adicionó el antimicrobiano en las concentraciones antes expuestas.

Evaluación de la efectividad del antimicrobiano adherido al recubrimiento comestible en la conservación del mango variedad Zapote

La efectividad de los antimicrobianos fue valorada de acuerdo a la capacidad de controlar y/o inhibir mohos, así como el efecto que pueda generar su uso en las características fisicoquímicas establecidas en los numerales 3.3.1.1 y 3.3.1.2, para el desarrollo del objetivo 1. La evaluación se realizó durante los días 0, 9, 12 y 15 de almacenamiento a granel, para cada uno de los tratamientos aplicados incluyéndose el patrón.

Análisis microbiológicos

Determinación de mohos

Se analizaron mohos estimando la flora total sin especificar el tipo de bacterias. Se utilizó el método de recuento en placa por dilución en superficie, empleando placas petrifilm 3M, con agar nutritivo de recuento en placa (PCA).

El análisis se llevó a cabo tomando 10 g de mango (patrón, tratado) los cuales fueron mezclados en 90 ml de agua de peptona tamponada y homogeneizados por un tiempo de 60 segundos en un Blender, obteniéndose la dilución madre a partir de la cual, se realizaron las diluciones requeridas.

La inoculación se realizó tomando 1 ml de la dilución por duplicado y disponiéndola en una placa de petrifilm de agar platecount (PCA) e incubando a la temperatura de 37°C ± 1, por un periodo de 7 días. El resultado se expresó como Log 10 UFC/g. Este análisis se desarrolló por duplicado.

Análisis estadístico

Los resultados obtenidos en las diferentes actividades se analizaron estadísticamente empleando el paquete SPSS versión 13, aplicándose el análisis de la varianza (ANOVA), y nivel de significancia del 5%. Las variables de respuesta que se estudiaron son recuento de mohos, color, pérdida de peso, formataamaño, firmeza, pH, SST, acidez, tasa de respiración, con el fin de establecer si el tipo de antimicrobiano influyen significativamente en la conservación del mango en estado verde almacenado a granel a condiciones de ambiente de Pamplona.

El test de comparación DMS de Fisher se utilizará para corroborar entre cuáles niveles (tipo de antimicrobiano) de un factor existen diferencias mínimas significativas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Determinación del efecto del antimicrobiano adherido al recubrimiento comestible en la conservación del mango variedad zapote

En la figura 1 se presentan los resultados promedios del efecto que genera el antimicrobiano adherido al recubrimiento comestible en la luminosidad (L^*) del color del mango.

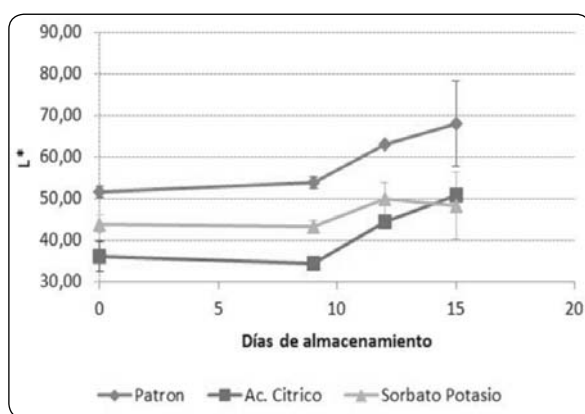


Figura 1. El efecto que genera el antimicrobiano adherido al recubrimiento comestible en la luminosidad (L^*) del color del mango variedad zapote almacenado a granel a condiciones ambiente

n= 3

El mango variedad zapote se caracteriza por presentar un luminosidad promedio de 52,73 en su estado verde. Se puede observar que el mango variedad zapote en su estado verde es donde presenta una menor luminosidad (día 0), la cual aumenta conforme avanzan los días de almacenamiento (patrón), característico del proceso de maduración.

De acuerdo con las muestras de mango recubiertas (yuca en combinación con ácido cítrico y sorbato de potasio en las concentraciones del 5 y 0,05 %), estos tratamientos disminuyen el brillo al producto desde su aplicación y durante el tiempo de almacena-

miento, siendo el recubrimiento que contiene ácido cítrico, el que desarrolló una mayor luminosidad entre los días nueve y quince, presentando un aumento de (13,81) unidades de luminosidad. Asimismo, se presenta que las muestras de mango recubiertas con sorbato de potasio tienden a un descenso en su luminosidad de (1,79) unidades entre los días doce y quince de almacenamiento. Esta pérdida en la luminosidad desde el (día 0) en las muestras con tratamiento se cree que es originada por los componentes presentes en los recubrimientos comestibles.

De los resultados obtenidos del tono rojo-verde (a^*) del color del mango (figura 2), se muestra que en estado de madurez fisiológica presenta valores negativos, lo que indica la presencia de tonalidades verdes. Los análisis realizados en el día nueve (9) dan como resultados datos positivos que demuestran la presencia o formación de tonalidades rojas, indicativo de la maduración organoléptica. Estos resultados fueron igualmente evidenciados por observación directa de las muestras.

El mango variedad zapote presenta en su estado verde, un tono caracterizado en una escala numérica de -10,31 (Inicial). Al observar los resultados de las muestras de mango recubiertas (yuca en combinación con ácido cítrico y sorbato de potasio en las concentraciones del 5 y 0,05 %), se tiene que las películas empleadas logran conservar mejor el tono inicial que lo caracteriza y retarda la presencia de tonalidades rojas durante los 15 días de almacenamiento a granel a condiciones ambientales de Pamplona.

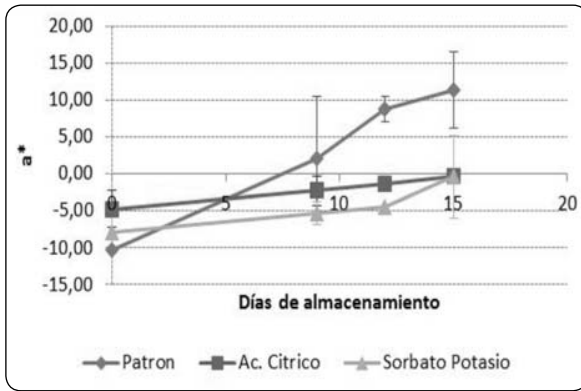


Figura 2. El efecto que genera el antimicrobiano adherido al recubrimiento comestible en la luminosidad (L^*) del color del mango variedad zapote almacenado a granel a condiciones ambiente

n= 3

El tono amarillo (b^*) del color del mango variedad zapote almacenado a granel a condiciones ambiente (patrón) es aquel que presenta cambios significativos más obvios al compararlos con las muestras recubiertas (figura 3). Este parámetro es, a menudo, el principal criterio utilizado por los consumidores para determinar si un fruto está maduro o no. Los cambios de color durante la maduración de la mayoría de los frutos, son producto, principalmente, de la degradación de la clorofila y la síntesis de pigmentos tales como carotenoides y antocianinas (Brownleader *et al.*, 1999; Aguilar, 2005).

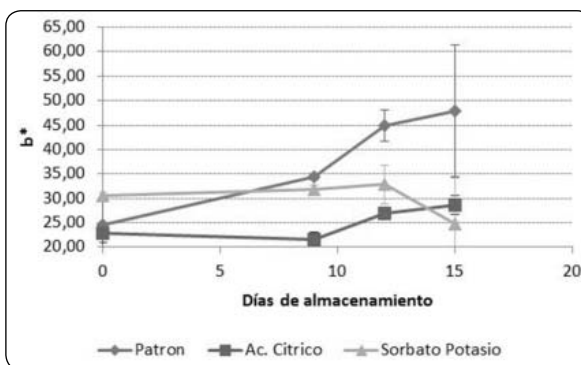


Figura 3. El efecto que genera el antimicrobiano adherido al recubrimiento comestible en el tono amarillo (b^*) del color del mango variedad zapote almacenado a granel a condiciones ambiente.

n= 3

Debido a que los recubrimientos (yuca en combinación con ácido cítrico y sorbato de potasio en las concentraciones del 5 y 0,05%), aplicados al mango variedad zapote almacenado a granel a condiciones ambiente crean una atmósfera modificada entre la película y la superficie de las muestras, evitando así la degradación de la clorofila, debido a la ausencia de CO_2 . El uso de películas tuvo un efecto benéfico en la conservación de la clorofila de las superficies de los mangos en estado verde, mejorando la apariencia visual del producto en los 15 días de almacenamiento.

Además, empleando recubrimientos a base de sorbato de potasio al 0,05% se observó una reducción en el desarrollo del tono amarillo (b^*) del color del mango en (7,76) unidades entre los días 12 y 15, en relación con aquellos frutos que fueron recubiertos con ácido cítrico al 5%.

La tabla 1 muestra las diferencias estadísticas que se presentan al adicionar antimicrobiano en la conservación del color del mango recubierto con película comestible con base en el almidón de yuca. Los tres parámetros del color presentan diferencias estadísticamente significativas, de acuerdo con el análisis ANOVA. Al comparar la variación entre parejas, se tiene una diferencia mínima entre la luminosidad y los tonos característicos del mango (inicial) con respecto a la muestra patrón (sin recubrimiento ni antimicrobiano), indicando que al no emplear estos métodos se modifica significativamente el color del mango variedad zapote, aumentando la luminosidad, el tono rojo y el amarillo. El tono verde-rojo (a^*) del color es la variable que más se ve modificada en el proceso de conservación del color del mango, en donde sólo al emplear como antimicrobiano el sorbato de potasio en el recubrimiento comestible de yuca, se logra conservar las

tonalidad verdes en el fruto durante los 15 días de almacenamiento a granel en condiciones ambiente de Pamplona.

Tabla 1
Resultados estadísticos del color (L*, a* y b*) del mango variedad zapote con y sin recubrimiento en mezcla con antimicrobianos

Muestra	L*	a*	b*
Inicial	43,95 ± 7,27 ^a	-7,65 ± 2,86 ^{de}	25,97 ± 4,47 ⁿ
Patrón	61,69 ± 7,91 ^{abc}	7,42 ± 6,17 ^{dfg}	42,42 ± 8,81 ^{hijk}
AC	43,34 ± 7,43 ^b	-1,35 ± 1,30 ^{ef}	25,72 ± 3,44 ^k
SK	47,26 ± 5,12 ^c	-3,40 ± 3,53 ^g	29,83 ± 6,09 ⁱ
p-valor	0,001	0,000	0,000

AC: ácido cítrico, SK: sorbato de potasio, n=2, media ± desviación típica, p-valor ≤ 0,05 existen diferencias estadísticas significativas del 95%, a,b,c, letras iguales entre columnas existen diferencias mínimas significativas

La muestra patrón presenta una firmeza constante entre los 12 primeros días de almacenamiento; luego se presenta una pérdida de la firmeza a través del tiempo, requiriendo una fuerza de penetración de 4,23 Kgf en el día 12 y 3,13 al final de las mediciones (figura 4), debido a la degradación por hidrólisis de las paredes celulares durante la maduración, que afecta las fuerzas de cohesión que mantienen unas células unidas con otras y da paso a un ablandamiento del fruto y consecuente disminución de su resistencia a la penetración.

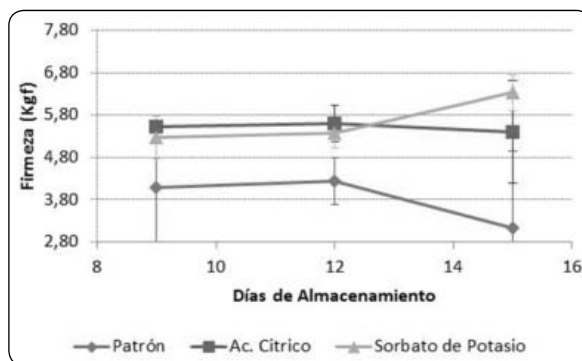


Figura 4. El efecto que genera el antimicrobiano adherido al recubrimiento comestible en la firmeza de la piel del mango variedad zapote almacenado a granel a condiciones ambiente n= 3

Los tratamientos (yuca en combinación con ácido cítrico y sorbato de potasio en las concentraciones del 5 y 0,05 %) mostraron un patrón similar entre los días (9 y 12). Esta pérdida de la firmeza se logra controlar, al aplicar el recubrimiento comestible, logrando una mejora en la conservación de la firmeza característica de la piel, siendo más eficiente el recubrimiento aplicado con base en el almidón de yuca en combinación con sorbato de potasio al 0,05%.

La firmeza influye sobre la percepción de calidad y se relaciona con la hidrólisis de componentes de la pared celular, pérdida de azúcares, degradación del almidón y pérdida de turgencia que se manifiesta por el debilitamiento de las paredes celulares y posterior ablandamiento debido a la liberación de etileno y la acción enzimática. Los resultados son similares a los obtenidos con yuca en solitario y yuca con alginato, donde las muestras con tratamientos (ácido cítrico) y sin recubrimiento (patrón) perdieron firmeza durante el tiempo de almacenamiento (figura 5).

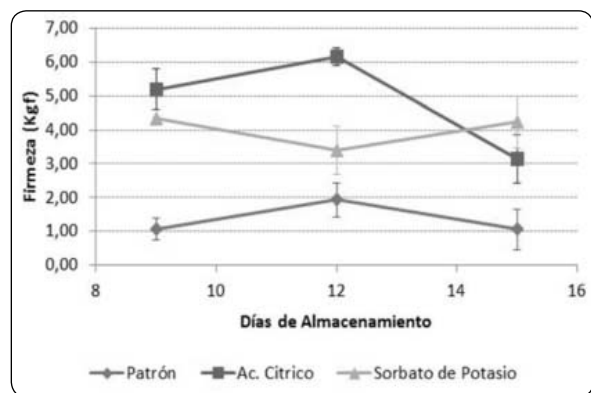


Figura 5. El efecto que genera el antimicrobiano adherido al recubrimiento comestible en la firmeza de la pulpa del mango variedad zapote almacenado a granel a condiciones ambiente n= 3

La muestra patrón fue la que menor firmeza en pulpa obtuvo luego de 15 días con valores de 1,07 (Kgf), mostrando un cambio pronunciado a partir del día doce, mientras que con sorbato de potasio al 0,05% se dio un incremento en la firmeza en pulpa; este cambio ocurrió a los doce días de almacenamiento con una firmeza final de 4,23 Kgf.

En la tabla 2, se indican los resultados estadísticos obtenidos para los análisis de firmeza de la piel y de la pulpa del mango con y sin recubrimiento y antimicrobiano. Se presenta que, tanto en piel como en pulpa, el mango sin tratamiento (patrón) difiere significativamente de todas las muestras y modifica significativamente la firmeza inicial que caracteriza al mango en estado verde. En pulpa es donde se presenta la mayor modificación de la firmeza, en donde se obtienen pérdidas del 25,47% al adicionar ácido cítrico al recubrimiento a base de yuca, del 38,59% al adicionar sorbato de potasio y del 79,02% al no emplear ningún recubrimiento ni antimicrobiano (patrón). Estos resultados demuestran la influencia del uso de recubrimientos con antimicrobianos en la calidad de la firmeza del mango.

Tabla 2
Resultados estadísticos de la firmeza en piel y pulpa del mango tratado con recubrimiento y antimicrobiano

Muestra	Piel	Pulpa
Inicial	6,40 ± 0,42 ^a	6,48 ± 0,92 ^{def}
Patrón	3,82 ± 1,30 ^{abc}	1,36 ± 0,60 ^{dgh}
ácido cítrico	5,51 ± 0,65 ^b	4,83 ± 1,43 ^{eg}
sorbato de potasio	5,66 ± 0,63 ^c	3,99 ± 0,68 ^h
p-valor	0,000	0,000

n=2, media ± desviación típica, p-valor ≤ 0,05 existen diferencias estadísticas significativas del 95%, a,b,c, letras iguales entre columnas existen diferencias mínimas significativas

En lo que respecta a los análisis fisicoquímicos (tabla 3), se tiene que el mango durante su almacenamiento sin tratamiento alcanza valores de pH menos ácidos, aumentando sus sólidos solubles totales, efecto natural por el proceso de maduración. Estos resultados los constata los estadísticos, en donde el pH y los sólidos solubles (SST) son las variables entre las cuales las muestras presentan diferencias estadísticamente significativas, presentándose diferencias entre los valores característicos del mango (inicial) y las muestras patrón, ácido cítrico salvo en los SST para la muestra adicionada con sorbato de potasio.

Tabla 3
Resultados promedio de la evolución de las características fisicoquímicas del mango tratado con recubrimiento y antimicrobiano

Muestras	Largo	Ancho	Espesor	pH	Acidez	SST
Inicio	107,73 ± 6,49	94,47 ± 3,75	82,43 ± 1,59	2,83 ± 0,06 ^{abc}	0,06 ± 0,01	1,93 ± 0,12 ^g
Patrón	109,57 ± 3,59	91,67 ± 1,50	82,67 ± 1,19	4,18 ± 0,32 ^{ade}	0,07 ± 0,05	7,53 ± 0,81 ^{hi}
AC	110,73 ± 1,33	91,53 ± 3,69	75,57 ± 8,45	3,42 ± 0,05 ^{bd}	0,08 ± 0,03	3,33 ± 0,42 ^{gh}
SK	112,23 ± 4,96	91,27 ± 1,17	80,53 ± 0,59	3,47 ± 0,06 ^{ce}	0,09 ± 0,02	2,83 ± 0,40 ⁱ
p-valor	0,673	0,500	0,239	0,000	0,496	0,000

n=3, Media ± desviación típica, p-valor ≤ 0,05 existen diferencias estadísticas significativas del 95%, a,b,c, letras iguales entre columnas existen diferencias mínimas significativas

Los recuentos de mohos (figura 6), muestran la eficiencia del ácido cítrico y del sorbato en el control de esta flora microbiana presente en la piel y pulpa del fruto.

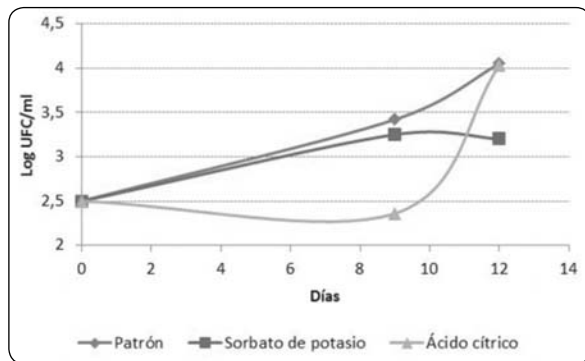


Figura 6. Influencia del antimicrobiano adherido al recubrimiento comestible en mohos presentes en el mango variedad zapote almacenado a granel a condiciones ambiente n=3

CONCLUSIONES

Al recubrir el mango variedad zapote con película comestible cuya formulación contenga almidón de yuca al 4%, lecitina de soja al 5%, glicerol al 20%, sorbato de potasio al 0,05% se logra extender la vida útil de este fruto en seis (6) días al ser almacenado a granel en condiciones ambiente de Pamplona.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cuppet, S.L. Edible coatings as carriers of food additives, fungicides and natural antagonists. En: Krochta, J.M.; Baldwin, E.A.; Nisperos-Carriedo, M.O. *Edible coatings and films to improve food quality*. Lancaster: Technomic Publishing, 1994. pp.121-138.
- Hernández, E. y R.A. Baker. (2011). Candelilla Wax Emulsion. Preparation and Stability. *J. Food Sci.* 56:1382-1387.
- Hernández, E. (2011). Edible Coatings from Lipids and Resins. En: *Edible coatings and films to improve food quality*. J.M. Krochta, E.A. Baldwin y M. Nisperos-Carriedo (Eds.) Technomic, Pensilvania, EUA. pp. 279-304.
- Krochta, J.M. y De Mulder-Johnston C. (1997). Edible and Biodegradable Polymer Films: Challenges and Opportunities. *Food Technol.* 51(2): 61-74.
- Nussinovitch, A. Y S. Lurie. (1995). Edible Coatings for Fruits and Vegetables. *Postharvest News and Information* 6: 53N-57N.
- Quintero, C.; Falguera, V.; Muñoz, A. (2010). Películas y recubrimientos comestibles: Importancia y tendencias recientes en la cadena hortofrutícola. *Revista Tumbaga* 1(5):93-118
- Rodríguez, M.; Arjona, H.; Galvis, J. (2006). Maduración del fruto de feijoa (*Accasellowiana Berg*) en los clones 41 (Quimba) y 8-4 a temperatura ambiente en condiciones de la Sabana de Bogotá. *Rev. Agronomía Colombiana* 24(1):67-76.
- Aguilar, M.M. (2005). Propiedades físicas y mecánicas de películas biodegradables y su empleo en el recubrimiento de frutos de aguacate. Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional. Coordinación General de Postgrados e Investigación. México D.F., México
- Báez, R.; Bringas, E.; Mendoza, A.M.; González A.G; Ojeda A.J. (2000). Recubrimientos de tratamientos especiales en frutos de mango tratados hidrotérmicamente. Págs. 71-74 en: Villamizar, F.; Báez, R. (eds), *Segundo Congreso Iberoamericano de Tecnología Postcosecha*. Universidad Nacional de Colombia. Departamento de Ingeniería Agrícola. Bogotá, Colombia.
- Baldwin, E.; Burns, J.; Kazokas, W.; Brecht, J.; Hagenmaier, R.; Bender, R.; Pesis, E. (1999). Effect of two coatings with different permeability characteristics on mango (*Mangifera indica* L.) ripening during storage. *Postharvest Biology and Technology* 17(3):215 - 226.
- Cáceres, I.; Mulkay, T.; Rodríguez, J.; Paumier, A.; Sisiño, A. (2003). Influencia del encerado y tratamiento térmico en la calidad postcosecha del mango. *Revista Semente* 73(1-2):25 -29.

- Dang, K.; Singh, Z.; Swinny, E. (2008). Edible coatings influence fruit ripening, quality and aroma biosynthesis in mango fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56(4):1361-1370.
- Debeaufort, F.; Quezada-Gallo, J.; Voilley, A. (1998). Edible films and coatings: tomorrow's packagings: A review. *Critical Reviews in Food Science*. 38(4):299-313.
- Famá, L.; Flores, S.; Rojas, A. M.; Goyanes, S.; Gerschen-son, L. (2004). Comportamiento mecánico dinámico de películas comestibles a bajas temperaturas: influencia del contenido de sorbato y grado de acidez. *Revista SAM* 1(1):157-162.
- Feygenberg, O.; Hershkovitz, V.; Ben-Arie, R.; Jacob, S.; Pesis, E.; Nikitenko, T. (2005). Postharvest use of organic coating for maintaining bio-organic avocado and mango quality. *Acta Horticulturae* 682(3):507-512.
- Hoa, T.; Ducamp, M. N. (2008). Effects of different coatings on biochemical changes of "*cat Hoa loc*" mangoes in storage. *Postharvest Biology and Technology* 48(1):150-152.
- Kester, J.; Fennema, O. (1989). Resistance of lipid films to water vapor transmission. *Journal of the American oil Chemists' Society* 66(8):1139-1146.
- Maftoonazad, N.; Ramaswamy, H. (2005). Postharvest shelf – life extension of avocados using methyl cellulose – based coating. *LWT - Food Science and Technology* 38(6):617- 624.
- Pastor, C.; Vargas, M.; González-Martínez, C. (2005). Recubrimientos comestibles: Aplicación a frutas y hortalizas. *Revista: Alimentación, Equipos y Tecnología* 197(24):130-135.
- Pérez, B.; Báez, R. (2003). Utilización de ceras comestibles en la conservación de frutas. *Revista de Tecnología e Higiene de los Alimentos* 345(6):59-65.
- Pérez-Gago, M.; Del Rio, M.; Rojas-Argudo, C. (2008). Recubrimientos comestibles en frutas y hortalizas. Centro de Postcosecha del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA). *Revista Horticultura* 207:54-57.
- Salvador, L.; Miranda, S.; Aragón, N.; Lara, V. (1999). Recubrimiento de quitosán en aguacate. *Revista de la Sociedad Química de México* 43(01):18-23.