

Evaluación de un recubrimiento comestible a base de proteínas de lactosuero y cera de abeja sobre la calidad fisicoquímica de uchuva (*Physalis peruviana* L.)

Evaluation of an edible coating based whey protein and beeswax on the physical and chemical quality of gooseberry (*Physalis peruviana* L.)

David Fernando López Enríquez, Liseth Yurani Cuatin Ruano, Johana Carolina Andrade y Oswaldo Osorio Mora*

Universidad de Nariño, Facultad de ingeniería agroindustrial. Grupo de apoyo a la investigación y desarrollo agroalimentario - GAIDA, San Juan de Pasto, Nariño-Colombia. *Autor para correspondencia: osorio_oswaldo@udenar.edu.co

Rec.:15.04.2015 Acep.: 30.11.2015

Resumen

Se desarrolló y optimizó un recubrimiento comestible a base de concentrado de proteínas de lactosuero y cera de abeja. Se utilizó un diseño experimental 3^2 que se evaluó por metodología de superficie de respuesta, la formulación óptima fue con una concentración de 15% de cera de abeja y 10% de proteína de suero, esta reduce en un 35,49% la pérdida de peso del fruto con respecto a la pérdida de peso de tratamientos testigo. El tratamiento óptimo se caracterizó y evaluó sobre las propiedades fisicoquímicas de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en dos condiciones de almacenamiento: ambiente (17 ± 2 °C y HR: 69%) y refrigeración (4 ± 2 °C y HR: 66%). Los resultados para el día 15 de evaluación indicaron una disminución en el porcentaje de pérdida de peso, en almacenamiento ambiente y refrigeración (36,20% y 41,50% respectivamente). Los tratamientos testigo disminuyeron la acidez, en almacenamiento ambiente y refrigeración en un 3,88% y 4,92% respectivamente con respecto a tratamientos con recubrimiento. El pH no presenta cambios significativo con ningún tratamiento. El recubrimiento evito la reducción de los sólidos solubles en un 3,76% a condiciones del ambiente y en un 2,27% a condiciones de refrigeración. Para el índice de madurez no hubo cambios significativos, entre tratamientos testigo y recubiertos en ambas condiciones. La firmeza se mantuvo sin cambios significativos excepto el tratamiento ambiente sin recubrimiento, este presento una pérdida de firmeza del 12.04% con respecto al tratamiento ambiente con recubrimiento. El índice de respiración indicó un pico climatérico al día 8 para temperatura ambiente y día 10 para refrigeración. Para algunas propiedades el tratamiento de refrigeración sin recubrimiento y el tratamiento ambiente con recubrimiento no presentan cambios significativos por lo cual, la aplicación de recubrimiento puede ser una alternativa a la refrigeración.

Palabras clave: Ambiente, refrigeración, pérdida de peso, postcosecha.

Abstract

It was developed and optimized an edible coating based whey protein concentrate and beeswax. An experimental design 3^2 was used, this was evaluated by response surface methodology, it was obtained that the optimal formulation with a concentration of 15% beeswax and 10% whey protein, reduced by 35.49% weight loss of the fruit with respect to weight loss of control treatments. The optimal treatment was characterized and evaluated on the physicochemical properties of the gooseberry (*Physalis peruviana* L.) in two storage conditions: environment (17 ± 2 °C y HR: 69%) and cooling (4 ± 2 °C y HR: 66%). The results for the 15th day evaluation indicated a decrease in the percentage of weight loss, in storage environment and cooling (36.20% and 41.50% respectively). Control treatments decreased acidity in storage environment and cooling 3.88% and 4.92% respectively, compared to coating treatments. pH have not significantly change with any treatment. The coating prevent reduction

of soluble solids 3.76% to environmental conditions and 2.27% to cooling conditions. For maturity index were not any significant changes between control treatments and coating treatments, in both conditions. The firmness remained without any significant changes except treatment environment uncoated, this presented a loss of firmness of 12.04% compared to the treatment environment coated. The respiration rate indicates a climacteric peak at day 8th for environment and at day 10th for cooling. For some properties, the cooling treatment uncoated and environment treatment coated have not any significant changes whereby the coating application can be an alternative to the cooling.

Keywords: Environment, cooling, weight loss, postharvest.

Introducción

La uchuva (*Physalis peruviana* L.), es un fruto originario muy posiblemente de los andes peruanos; después del banano, es el fruto que más se exporta en Colombia, su principal mercado es la Unión Europea; es necesario implementar tecnologías adecuadas y mejorar las operaciones de manejo postcosecha con el fin de obtener frutos de excelente calidad y garantizarla durante su comercialización, para evitar las altas pérdidas de producto (Galvis *et al.* 2005), teniendo en cuenta que el mercado actual está exigiendo la uchuva sin cáliz y sin cera natural, es importante considerar el uso de recubrimientos comestibles como una nueva tecnología basada en sistemas naturales de conservación, que ayudan a reducir las pérdidas de atributos de calidad. Los biopolímeros más utilizados en este tipo de envasado son ceras, derivados de la celulosa, almidón, gomas, alginatos, quitosano y proteínas (López-Mata *et al.* 2012; Elham Tavassoli-Kafrani *et al.* 2016).

El lactosuero es un subproducto de la industria quesera, que generalmente se desecha, contiene gran cantidad de nutrientes que se transforman en contaminantes cuando el líquido es arrojado al medioambiente sin ningún tipo de tratamiento (Gil, 2007). El componente más importante del suero de leche es la proteína, en la actualidad se investigan usos alternativos, como la elaboración de recubrimientos y películas comestibles (Jooyandeh, 2011), se ha estudiado la aplicación de recubrimientos comestibles elaborados con proteína de suero en manzana, papa (Le tien *et al.* 2001) y en tomate (*Lycopersicon esculentum* L Var. Coloso) (Galiotta *et al.* 2005).

Los recubrimientos comestibles basados en proteínas de suero son excelentes barreras al O₂, sus propiedades mecánicas mejoran considerablemente mediante la adición de un agente plastificante, como el glicerol, utilizado generalmente para mejorar la flexibilidad, igualmente se ha incluido la acción de los lípidos sobre el control de la permeabilidad al vapor de agua, obteniendo buenos resultados con cera de abeja (Chiumarelli & Hubinger, 2014).

La cera de abejas es una cera comercial que ha sido ampliamente utilizada como aditivo de

calidad en la fabricación de cosméticos, en industria farmacéutica y alimentaria. Debido a su alta hidrofobicidad y excelente resistencia a la humedad, la cera de abejas es un candidato favorable para la preparación de películas y recubrimientos comestible con la combinación de polisacáridos o proteínas (Zhang *et al.* 2014) se reportan estudios de aplicación de cera de abeja en recubrimientos sobre ciruelas (Navarro-Tarazaga *et al.* 2013), fresas (Velickova *et al.* 2013) y chontaduro (Tosne *et al.* 2014).

El objetivo de esta investigación fue evaluar un recubrimiento comestible elaborado a base de concentrado de proteínas de lactosuero y cera de abeja, que permita conservar y/o prolongar la vida útil de frutos de uchuva (*Physalis peruviana* L.), manteniendo las propiedades fisicoquímicas en dos condiciones de almacenamiento: ambiente y refrigeración.

Materiales y métodos

La presente investigación se desarrolló en las instalaciones del laboratorio de investigación en conservación y calidad de alimentos de la Universidad de Nariño sede Pasto, Nariño – Colombia, ubicada a 2488 m.s.n.m.

Materiales e ingredientes

Ácido cítrico grado alimentario USP (Laboratorio BIOQUIGEN S.A – Bogotá - Colombia) Cera de abeja blanca grado alimentario (E901) (laboratorios San Jorge – Bogotá- Colombia), Glicerol grado alimentario USP (CIMPA S.A.S – Bogotá - Colombia), Tween 80 grado alimentario (CIMPA S.A.S – Bogotá - Colombia), Carboximetilcelulosa (CIMPA S.A.S – Bogotá - Colombia).

Obtención de concentrado de proteína de suero

Lactosuero dulce, se acidificó con una solución de ácido cítrico al 33% p/v hasta alcanzar un pH de 4,6 ± 0,2; se calentó hasta punto de ebullición, se enfrió en un baño de agua-hielo hasta temperatura ambiente y reposó por 12 horas, por filtración en lienzo se separaron los sólidos, se secaron en mufla a 50°C hasta tener una consis-

tencia adecuada, estos fueron macerados y tamizados (malla N°40). Posteriormente se realizó un análisis por el método Kjeldahl para determinar el contenido de proteína de los sólidos extraídos.

Formulación y preparación del recubrimiento comestible

Las proporciones estudiadas de concentrado de proteína de suero y cera de abeja se indican en el diseño experimental. Como plastificante se utilizó glicerol en concentración de 10% en base acuosa, emulsificante se utilizó Tween 80 en una concentración de 8% en base a la cera de la formulación, como estabilizante y espesante en la formulación se utilizó Carboximetilcelulosa (CMC) en una concentración del 0,5% en base acuosa.

Se prepararon diluciones de concentrado de proteína de suero según las cantidades establecidas en agua destilada, a temperatura de 80 ± 2 °C, en agitación constante a 800 rpm en una plancha de calentamiento y agitación digital IKA CMAG HS7 por 5 minutos. La eliminación de grumos se realizó con un homogenizador análogo D160 (velocidad 6); luego se adiciono las cantidades establecidas de cera de abeja y CMC, a una temperatura de 80°C hasta la fundición de la cera y formación de una capa lipídica en la parte superior. A la mezcla se agregó Tween 80, para emulsificar, finalmente se adiciono glicerol, y se mantuvo en agitación por 5 minutos a 800 rpm hasta lograr una dispersión homogénea; reposó hasta alcanzar temperatura ambiente y se almaceno en refrigeración hasta su aplicación.

Análisis de datos

Se utilizaron dos diseños experimentales. Para la optimización del recubrimiento se utilizó un diseño factorial 3^2 , los factores de estudio fueron la concentración de proteína de suero y la concentración de cera de abeja, en la tabla 1 se indican los niveles, con mediciones por triplicado, para un total de 27 corridas experimentales, teniendo como variable de respuesta el porcentaje de pérdida de peso a los 15 días de evaluación, se analizó el diseño utilizando MSR para lograr obtener la formulación adecuada y evaluar la influencia de los factores sobre la variable respuesta, se utilizó el software Statgraphics Centurion XVI.II.®.

Tabla 1. Factores y niveles de estudio del diseño experimental para la optimización de recubrimiento comestible

Factores	Niveles	
	Alto	Bajo
Concentración de proteína de suero	10%	5%
Concentración de cera de abeja	15%	5%

Para la evaluación del efecto del recubrimiento adecuado sobre cada una de las propiedades fisicoquímicas de la uchuva, se utilizó un diseño completamente al azar teniendo como factores dos diferentes condiciones de almacenamiento: ambiente y refrigeración, se analizó el diseño con una prueba de análisis de varianza ANOVA al 95% de confiabilidad por comparación de medias con una prueba de LSD de Fisher al día 15 de tratamiento utilizando el software Statgraphics Centurion XVI.II.®.

Caracterización del recubrimiento obtenido

El tratamiento adecuado se caracterizó mediante la medición de las siguientes propiedades: Densidad (Picnómetro), viscosidad (Reómetro Brookfield DV3T®), pH y porcentaje de humedad.

Evaluación del recubrimiento comestible sobre la uchuva

Materia prima

Se utilizó uchuva proveniente del corregimiento de la Laguna – municipio de San Juan de Pasto, Nariño-Colombia. Se lavaron, desinfectaron, seleccionaron y clasificaron en estado de madurez 4 según la norma técnica colombiana NTC 4580. Se aplicó el recubrimiento por medio de inmersión. Para cada tratamiento se tomó una muestra de 400g de uchuva.

Evaluación de las propiedades fisicoquímicas de la uchuva

El recubrimiento comestible considerado el adecuado, se evaluó con respecto a muestras testigo sobre las propiedades fisicoquímicas de la uchuva durante un periodo de 15 días en dos diferentes condiciones de almacenamiento: ambiente (17 ± 2 °C y HR: 69%) y refrigeración (4 ± 2 °C y HR: 66%) las propiedades que se evaluaron fueron: pH del zumo, acidez titulable, pérdida de peso (gravimetría), Índice de respiración (Medidor de CO₂ Lutron GC 2028 en un recipiente de vidrio con volumen estándar herméticamente cerrado), firmeza (Texturómetro Lloyd LS1®.), sólidos solubles, índice de madurez (Relación sólidos solubles/acidez). Se realizaron cuatro tratamientos, los cuales se codificaron de la siguiente manera: testigo a temperatura ambiente (TOA), testigo en refrigeración (TOR), recubierto a temperatura ambiente (T1A) y recubierto en refrigeración (T1R).

Resultados y discusión

Obtención de un concentrado de proteína de suero

Se obtuvo un concentrado de proteína de suero al 37,52% en base seca.

Optimización del recubrimiento comestible

En la figura 1, se expone el efecto significativo de reducción de pérdida de peso por parte de la concentración de cera de abeja, es decir, la cera de abeja evita la transpiración del producto y por lo tanto la pérdida de peso del fruto y la interacción cera-proteína también contribuye a evitar la pérdida de peso. Sin embargo, la proteína por sí sola no tiene efecto significativo sobre la variable respuesta. Adicionalmente, este componente del recubrimiento brinda otras características. Según Bourtoom (2009), los recubrimientos a base de proteína son excelentes barreras contra gases y mejoran las propiedades mecánicas del recubrimiento. No obstante, no son buena barrera contra la pérdida de humedad, debido a esto fue necesario la adición de cera de abeja como compuesto lipídico que evita la pérdida de agua en la fruta.

La superficie de respuesta estimada para los dos factores en evaluación (Figura 2), son como sigue: la concentración de cera y concentrado de proteína. Ambas, indican el efecto que se presenta con respecto al porcentaje de pérdida de peso del fruto, el punto más bajo en la gráfica corresponde a un 15% de cera de abeja y un 10% de concentrado de proteína, es decir que estos valores son los adecuados para reducir la pérdida de peso en uchuva.

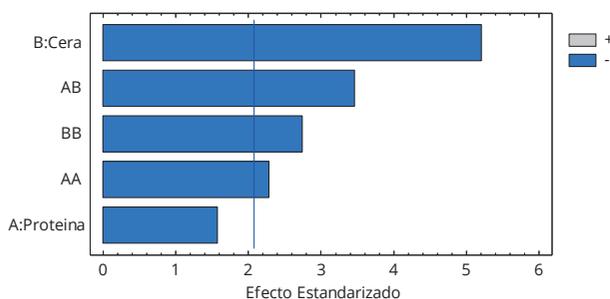


Figura 1. Diagrama de Pareto estandarizado para el porcentaje de pérdida de peso

Tabla 2. Valores observados Vs valores ajustados según la ecuación del modelo obtenido por metodología de superficie de respuesta

Corrida experimental	Valores Observados	Valores Ajustados
1	17,0002	17,1874
2	19,0065	19,3278
3	18,5424	18,9053
4	18,3202	18,4083
5	19,0343	19,1785
6	17,9233	17,386
7	16,4	16,5601
8	16,5022	15,9603
9	12,9822	12,7976
10	16,5423	18,1356
11	21,0084	20,276
12	21,2223	19,8536
13	20,3444	19,3565
14	19,0223	20,1268
15	20,0021	18,3342
16	18,3452	17,5084
17	14,4309	16,9085
18	13,3276	13,7459
19	18,2344	16,8549
20	19,22	18,9953
21	17,3322	18,5728
22	17,8934	18,0758
23	18,9923	18,846
24	15,2333	17,0535
25	15,2345	16,2276
26	18,0301	15,6278
27	12,5487	12,4652

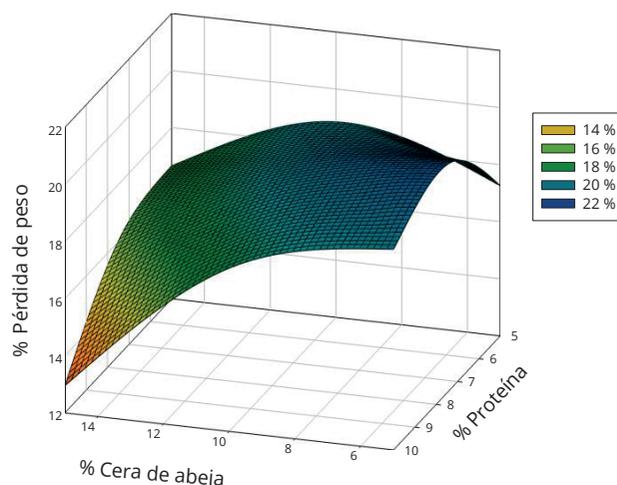


Figura 2. Superficie de respuesta estimada para porcentaje de pérdida de peso

En la tabla 2, se presentan los valores observados vs los valores ajustados del modelo. La ecuación del modelo ajustado que se obtuvo es:

$$W = -1,6066 + 3,967 * P + 1,71292 * C - 0,205025 * P^2 - 0,109608 * P * C - 0,0613802 * C^2$$

Con un R² equivalente a 77,4712%

Donde:

W: es el porcentaje de pérdida de peso

P: es la concentración de proteína

C: es la concentración de cera

En adición a lo anterior, se obtuvo un recubrimiento de tipo compuesto. La formulación que se consideró como adecuada, es eficiente para reducir la pérdida de vapor de agua en uchuva al 35.49% con respecto a la pérdida de peso de las muestras testigo. Evitar que se pierda agua en el fruto de uchuva, es una característica muy importante para su conservación; se reduce la transpiración y las características fisicoquímicas y sensoriales deseadas, debido a que se mantienen más longevas.

El recubrimiento con la formulación considerada la adecuada, fue caracterizado fisicoquímicamente teniendo los siguientes resultados: densidad, 1.055 g/mL a 15°C; viscosidad de 624.1 cP; pH 6.61 y 81.92% de humedad.

Evaluación de pérdida de peso

El recubrimiento logró disminuir la pérdida de peso en un 36.20% para almacenamiento a temperatura ambiente y 41.50%, para almacenamiento en refrigeración con respecto a la pérdida de peso de las muestras testigo, para el último día de evaluación. Según los resultados obtenidos, la temperatura de almacenamiento no afecta la pérdida de peso, por el contrario el recubrimiento si afecta esta característica. Controlando la causa principal de deterioro, la cual no genera solo pérdidas cuantitativas de agua, sino también

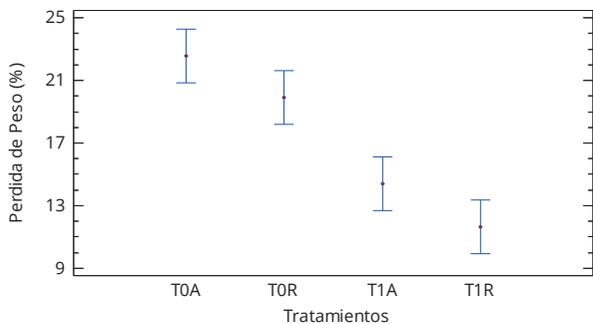


Figura 3. Comparación de pérdida de peso en diferentes temperaturas de almacenamiento

Medias y LSD de Fischer al 95% de confiabilidad

en apariencia (arrugamiento), textura y calidad nutricional, los resultados de la investigación se soportan en la anterior información ya que se obtuvo menores pérdidas de peso en las muestras con recubrimiento. Lanchero *et al.* (2007), reportan que la temperatura y la ventilación son determinantes en el proceso de respiración de la fruta, cuanto más alta sea la temperatura más rápido se producirá este proceso vital, lo cual es visible en los resultados obtenidos al tener una menor pérdida de peso en los tratamientos almacenados en refrigeración.

Porcentaje de Acidez titulable y pH

Se presentaron diferencias significativas entre algunos tratamientos, determinando que la temperatura afecta el porcentaje de acidez. A temperatura ambiente, se presentaba menor acidez. Sin embargo, entre T0R y T1A, no se presentan diferencias significativas, lo cual puede indicar que el recubrimiento mantiene la acidez del fruto de uchuva de la misma manera que un tratamiento en refrigeración sin recubrimiento. Muestras testigo disminuyeron la acidez tanto a temperatura ambiente como refrigeración en un 3.88% y 4.92% respectivamente, para el último día de evaluación. Para pH, no se obtienen diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, es decir ni el recubrimiento, ni la temperatura son factores que influyen en el pH del fruto de uchuva.

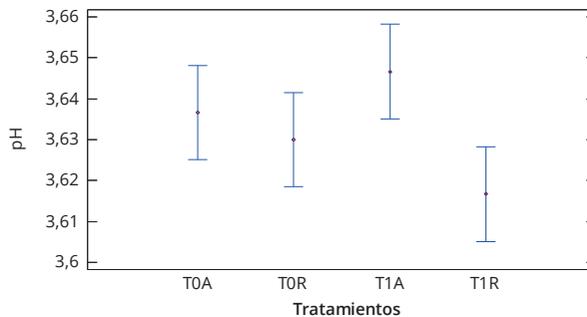
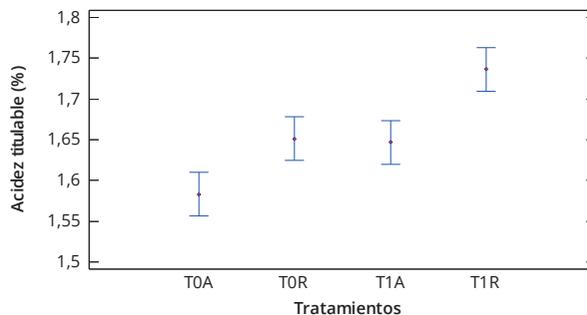


Figura 4. Comparación de acidez y pH en diferentes temperaturas de almacenamiento

Medias y LSD de Fischer al 95% de confiabilidad

De igual manera, debido a que las temperaturas bajas retardan el proceso de maduración, se esperaría que los frutos refrigerados presenten menores valores de pH y mayores de acidez.

Contenido de sólidos solubles

Existen diferencias significativas entre los tratamientos de almacenamiento aplicados, siendo el mayor valor de sólidos solubles para el tratamiento T0A y el menor para la muestra T1R, los resultados muestran una tendencia que logra mantener baja la concentración de sólidos solubles con el recubrimiento, indicando un proceso más lento en la maduración del fruto de uchuva. La temperatura tiene un efecto significativo sobre los sólidos solubles al igual que el recubrimiento a temperatura ambiente. El recubrimiento logra mantener los sólidos solubles en un 3.76% a condiciones del ambiente y en un 2.27% a condiciones de refrigeración, para el día 15 de evaluación.

Según Duque *et al.* (2011), los frutos de uchuva, presentan niveles de humedad altos propios de los vegetales frescos y bajo contenido en sólidos solubles, los cuales se encuentran alrededor de $13,8 \pm 0,8$. En la presente investigación, se obtuvieron datos entre 12,5 y 15,5 °Brix, los cuales coinciden según el dato promedio reportado y que no se encuentran muy alejados del mínimo contenido recomendado en la NTC 4580, de 14.5 a 15.6 °Brix, correspondientes a estados de madurez de 4 a 6.

Índice de madurez

La gráfica de medias, muestra la diferencia significativa obtenida entre los tratamientos a temperatura ambiente y los tratamientos en refrigeración. Sin embargo, no se presenta diferencia significativa alguna entre el tratamiento TOR y T1A, por lo cual, permite deducir que el

recubrimiento sin necesidad de refrigeración puede mantener el índice de madurez de la uchuva.

Los valores mínimos recomendados para el índice de madurez según la NTC 4580, están entre 7.1 y 9. Para estados de madurez de 4 a 6, se obtuvieron valores entre 6 y 10 aproximados a los requeridos por la Norma Técnica Colombiana, NTC 4580. Lanchero *et al.* (2007), señala que un fruto tropical como la uchuva, en su óptima madurez, muestra la mayor cantidad de carbohidratos y a su vez, presenta la menor concentración de acidez; esto coincide con los resultados obtenidos en la presente investigación, al tener con mayor índice de madurez, el tratamiento testigo almacenado a temperatura ambiente.

Firmeza

Únicamente el tratamiento testigo a temperatura ambiente (T0A), fue el que tuvo un cambio significativo en la firmeza, disminuyendo su valor en un 12.04% con respecto al tratamiento T1A. No obstante, los tratamientos de refrigeración tanto testigo como recubierto (TOR y T1R), como el testigo recubierto a temperatura ambiente (T1A), mantuvieron la firmeza del fruto de uchuva, sin presentar cambios significativos de apariencia, ni arrugamiento.

El grado de firmeza de una fruta cambia con el avance del proceso de maduración del fruto (Ciro & Ósorio, 2007). A medida que se va desarrollando la maduración, se reduce la dureza de los frutos debido a la formación de ácido péctico, ácido pectínico y pectinas, a partir de la protopectina que se encuentra en la laminilla media y en la pared primaria de las paredes celulares que producen gelificación (Lanchero *et al.* 2007); además la reducción en la firmeza del fruto se ve influenciada por la pérdida de agua, es por ello que en los tratamientos con recubrimiento, la firmeza tuvo menor variación. Lanchero *et al.*

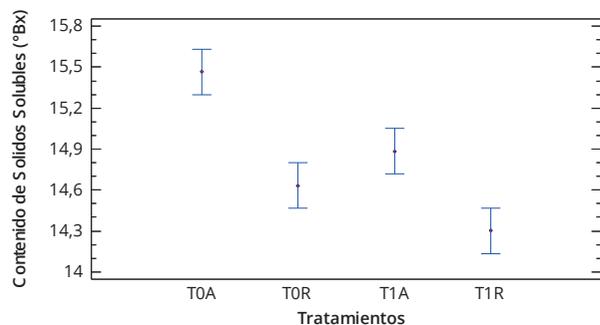


Figura 5. Comparación de sólidos solubles en diferentes Temperaturas de almacenamiento

Medias y LSD de Fischer al 95% de confiabilidad

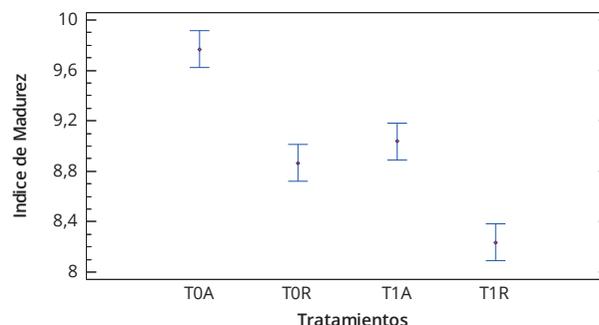


Figura 6. Comparación de índice de madurez a diferentes temperaturas de almacenamiento

Medias y LSD de Fischer al 95% de confiabilidad

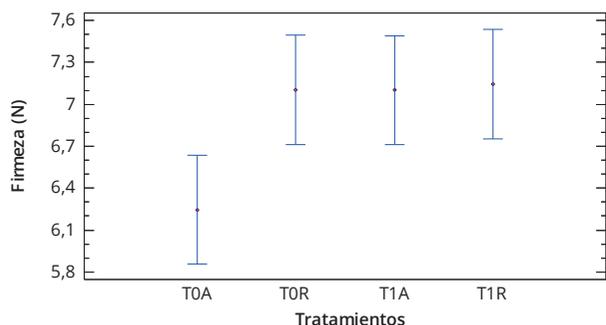


Figura 7. Comparación de firmeza en diferentes temperaturas de almacenamiento
Medias y LSD de Fischer al 95% de confiabilidad

(2007), muestra valores de firmeza para la uchuva sin cáliz, que van desde 1.7 lb-f a 1.1 lb-f, que equivalen a 7.56 N a 4.89 N; estos valores corresponden a dos semanas de evaluación. Este rango de firmeza incluye a los evaluados en la presente investigación.

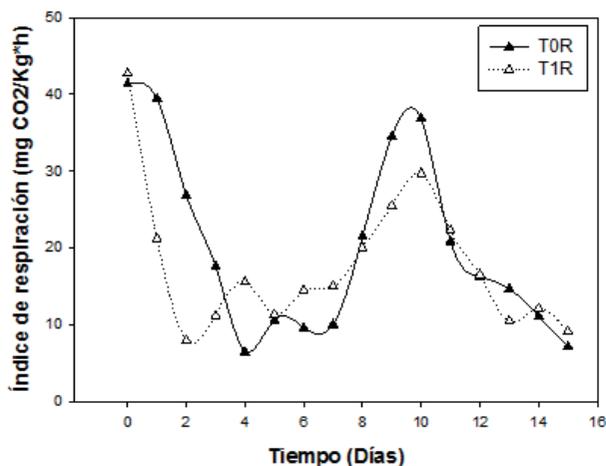
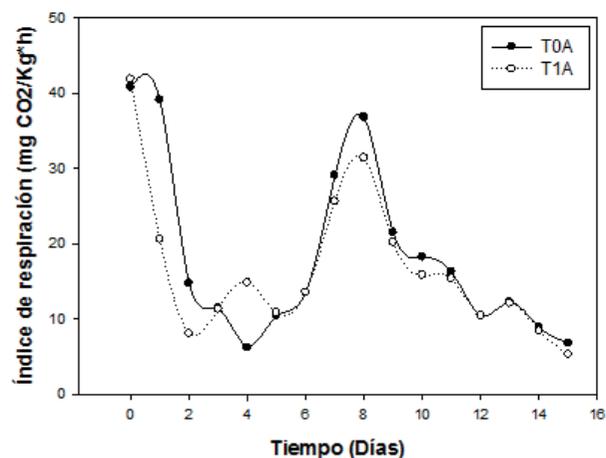


Figura 8. Comportamiento del índice de respiración de la uchuva almacenada a temperatura ambiente y refrigeración
Medias y LSD de Fischer al 95% de confiabilidad

Índice de respiración

El índice de respiración de la uchuva, muestra que es un fruto que tiene un comportamiento climatérico, presentándose un alza de respiración para el día 8 de evaluación en las muestras almacenadas a temperatura ambiente y para el día 10 de evaluación en las muestras en refrigeración. La refrigeración hizo que retardara la aparición del climaterio, Ávila *et al.* (2006); indican que a mayor temperatura de almacenamiento, el climaterio aparece más rápido. Algunos autores reportan que el fruto es climatérico (Ávila *et al.* 2006; Novoa *et al.* 2006). Sin embargo, en el estudio llevado a cabo por Galvis *et al.* (2005), se reportan patrones de comportamiento del fruto de uchuva que lo ubica como no climatérico y se clasifica además a la uchuva, como un fruto intermedio en el comportamiento.

Para los tratamientos con recubrimiento, se presenta un pequeño pico de alza en la respiración en los primeros días que puede deberse a la adaptación de la fruta al recubrimiento. Este pico se presenta tanto en refrigeración como ambiente. Por otra parte, para las muestras en refrigeración, los valores de respiración en el pico climatérico son menores a las muestras a temperatura ambiente. Lo cual indica que la temperatura disminuye la respiración del fruto de uchuva. Los valores alcanzados en los picos climatéricos de la muestra T1A y TOR, son muy similares, lo cual lleva a deducir que el recubrimiento actúa como una barrera eficiente frente a los gases para disminuir la tasa respiratoria del producto y por lo tanto, mejorar su conservación.

El patrón de comportamiento observado en los presentes resultados, demuestra que el recubrimiento elaborado funciona como una buena barrera ante los gases. Galletta *et al.* (2005), indica que los recubrimientos a base de proteína de suero plastificados con glicerol son buena barrera al CO_2 , O_2 y C_2H_4 .

Conclusiones

El recubrimiento que presentó menor porcentaje de pérdida de peso (12.95%) fue el que contenía 10% de concentrado de proteína de suero, 15% de cera de abeja en solución acuosa, siendo esta formulación apropiada para conservar las propiedades fisicoquímicas de uchuvas. Adicionalmente, logra reducir en un 35.49%, la pérdida de peso con respecto a la muestra testigo (20.07%). El recubrimiento comestible desarrollado, es una alternativa viable técnicamente para la conservación de la uchuva evitando el deterioro acelerado

de la fruta. El pH del fruto de uchuva, no presenta diferencia significativa alguna con respecto a los tratamientos evaluados y la firmeza, se mantiene sin cambios significativos excepto a temperatura ambiente y sin recubrimiento, donde se pierde un 12.04% con respecto al tratamiento ambiente con recubrimiento.

Referencias

- Ávila. J. P. Moreno. G. Fischer & D. Miranda. (2006). Influencia de la madurez del fruto y del secado del cáliz en uchuva (*Physalis peruviana* L.), almacenada a 18°C. *Acta Agron*, 55(4), 29-38.
- Bourtoom. T. (2009). Edible protein films: properties enhancement. *Int Food Res J*, 16(1), 1 – 9.
- Caballero. P. L. Ortiz. O. Maldonado & M. Rivera. (2011). Valoración de las características físicas de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) comercializada en el municipio de Pamplona. *Alimentech*, 9(1), 49 - 55.
- Chiumarelli. M. & M. Hubinger. (2014). Evaluation of edible films and coatings formulated with cassava starch, glycerol, carnauba wax and stearic acid. *Food Hydrocolloid*, 38, 20-27. doi: 10.1016/j.foodhyd.2013.11.013.
- Ciro. H. J. Osório. (2008). Avance experimental de la ingeniería de postcosecha de frutas colombianas: resistencia mecánica para frutos de uchuva (*Physalis peruviana* L.). *Dyna*, 75(154), 39-46.
- Duque. A. G. Giraldo & V. Quintero. (2011). Caracterización de la fruta, pulpa y concentrado de uchuva (*Physalis peruviana* L.). *Temas agrarios*, 16(1), 75 – 83.
- Elham Tavassoli-Kafrani. E. Shekarchizadeh. H. Masoudpour-Behabadi. M. (2016). Development of edible films and coatings from alginates and carrageenans. *Carbohydr Polym*, 137, 360-374. doi: 10.1016/j.carbpol.2015.10.074.
- Galiotta. G. F. Harte. D. Molinari. R. Capdevielle & W. Diano. (2005). Aumento de la vida postcosecha de tomate usando una película de proteína de suero de leche. *Rev Iber Tecnología Postcosecha*, 6(2), 117 – 123.
- Galvis. J. G. Fischer & O. Gordillo. (2005). Cosecha y poscosecha de uchuva, Avances sobre el cultivo, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en Colombia, 165 – 190 p.
- Gil. M. (2007). Industrialización de las proteínas de suero. *ReCiTeIA*, 7 (2), 3- 25.
- Jooyandeh. H. (2011). Whey protein films and coatings: A Review. *Pak J Nutr*, 10(3), 296 – 301.
- Lanchero. O. Velandia. G. Fischer. G. Varela. N.C. & García. H. (2007). Comportamiento de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en poscosecha bajo condiciones de atmósfera modificada activa. *Corpoica*, 8(1), 161 - 168.
- Le-Tien. C. C. Vachon. M. Mateescu & M. Lacroix. (2001). Milk protein coatings prevent oxidative browning of apples and potatoes. *J Food Sci*, 66(4), 512 – 516.
- López-Mata. M. S. Ruiz-Cruz. C. Navarro-Preciado. J. Ornelas-Paz. M. Estrada-Alvarado. L. Gassos-Ortega. & García. R. (2012). Efecto de recubrimientos comestibles de quitosano en la reducción microbiana y conservación de la calidad de fresas. *Biotechnia*, 14(1), 32 – 43.
- Navarro-Tarazaga. M. A. Massa. M. Pérez- Gago. (2011). Effect of beeswax content on hydroxypropyl methylcellulose-based edible film properties and postharvest quality of coated plums (Cv. Angeleno). *Food Sci Technol Res*, 44(10), 2328 – 2334.
- Novoa. R. M. Bojacá. J. Galvis & Fischer. G. (2006). La madurez del fruto y el secado del cáliz influyen en el comportamiento poscosecha de la uchuva, almacenada a 12 °C (*Physalis peruviana* L.) *Agron Col*, 24(1), 78 – 88.
- NTC. (Norma Técnica Colombiana) 4580. (1999). Frutas frescas, Uchuva, especificaciones. Bogotá D.C. Colombia. 17 p.
- Tosne. Z. S. Mosquera & Villada. H. (2014). Efecto de recubrimiento de almidón de yuca y cera de abejas sobre el chontaduro. *Rev Bio Agro*, 12(2), 30 – 39.
- Velickova. E. Winkelhausen. E. Kuzmanova. S. Alves & Moldão-Martins. M. (2013). Impact of chitosan-beeswax edible coatings on the quality of fresh strawberries (*Fragaria ananassa* cv camarosa) under commercial storage conditions. *Food Sci Technol Res*, 52(2), 80 – 92. doi:10.1016/j.lwt.2013.02.004.
- Zhanga. W. Xiaoa H. & Qianba L. (2014). Beeswax-chitosan emulsion coated paper with enhanced water vapor barrier efficiency. *Appl Surf Sci*, 300(1), 80–85. doi:10.1016/j.apsusc.2014.02.005.