

# Efecto del recubrimiento a base de almidón de yuca modificado sobre la maduración del tomate\*

Paola Liceth Barco Hernández \*\*, Andrea Catalina Burbano Delgado \*\*\*,  
Silvio Andrés Mosquera Sánchez \*\*\*\*,  
Héctor Samuel Villada Castillo\*\*\*\*\*, Diana Paola Navia Porras\*\*\*\*\*

## Resumen

**Introducción.** El tomate es un producto perecedero que requiere tratamientos para prolongar la vida útil, como por ejemplo el uso de recubrimientos. **Objetivo.** Se evaluó el efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de almidón modificado de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) sobre el tomate (*Solanum lycopersicum*) larga vida bajo condiciones ambientales. **Materiales y métodos.** Se empleó un diseño completamente al azar para la valoración de los tratamientos, con tres réplicas y tres repeticiones en cada tratamiento. Se usaron tomates larga vida provenientes del municipio de El Tambo (Cauca), seleccionados y cubiertos con solución de almidón de yuca, ácido cítrico, glicerina, extracto de ajo, aceite esencial de canela y sal, por inmersión, durante 22 días cada 2 días y a la misma hora. Se usó un diseño completamente al azar y asignando los tratamientos al azar, para las variables de respuesta pérdida de peso, tasa de respiración, firmeza y grados brix a 18°C y 77% de humedad relativa. Los resultados fueron sometidos a un análisis de varianza usando el software SPSS 11.5 y posteriormente se aplicó la prueba de Duncan para la comparación estadística de medias. **Resultados.** Se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en el resultado de las variables de respuesta. El tratamiento T4 fue el adecuado, seguido por T3, presentando retraso en la maduración y manteniendo las condiciones de calidad del tomate por un periodo de 4 días y con un 4.64% de pérdida de peso y firmeza entre 2.54 y 8.91 Newton hasta el día 22. **Conclusión.** El recubrimiento con un 4% de almidón fue el más efectivo en la conservación de tomate de mesa.

**Palabras clave:** fisiología, fruta, poscosecha, recubrimiento comestible

## Effect of the covering based on modified yuca starch on tomato's maturation

### Abstract

**Introduction.** The tomato is a perishable product that requires treatment to prolong life, such as the use of coatings. **Objective.** The effect of the application of an edible cover base don yuca starch (*Manihot esculenta* Crantz) on the weight loss, respiration rate, firmness and Brix degrees of long life tomato (*Solanum lycopersicum*) under environmental conditions, was evaluated. **Materials and methods.** A random experimental design was used to value the treatments (T1= witness sample, T2= with a 2% of starch, T3= with a 3% of starch and T4= with a 4% of starch) which sampling was made every two days during a 22 days period, making three replicas and three repetitions in each treatment. **Results.** The results obtained were submitted to a univariate analysis of variance, by the use of the SPSS 11.5 software and, later, the Duncan test was practiced for the statistic media comparison. Significant differences between variables were found, and T4 turned out being the most appropriate treatment followed by T3, which responses in the delay of the maturation and the keeping of the quality conditions of the fruit were appropriate during a longer conservation time, 4.64% of weight loss and maintenance of the firmness between 2.54 and 8.91N until the 22nd day.

\* El proyecto de investigación de origen es "Efecto de la aplicación de cobertura a base de almidón de yuca sobre la maduración del tomate de mesa (*Solanum lycopersicum*)" para optar al título de Ingeniera Agroindustrial realizado entre marzo de 2010 y marzo de 2011 en la Universidad del Cauca

\*\* Ingeniera Agroindustrial, Universidad del Cauca, Popayán, Colombia

\*\*\* Ingeniera Agroindustrial, Universidad del Cauca, Popayán, Colombia

\*\*\*\* Mg. Ingeniería, Grupo de investigación Ciencia y Tecnología de Biomoléculas de Interés Agroindustrial (CYTBIA), docente titular Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad del Cauca, Popayán, Colombia

\*\*\*\*\* Ph.D. Ingeniería de Alimentos, Grupo de investigación Ciencia y Tecnología de Biomoléculas de Interés Agroindustrial (CYTBIA), docente titular Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad del Cauca, Popayán, Colombia

\*\*\*\*\* Mg. Ingeniería de Alimentos, Grupo de investigación Ciencia y Tecnología de Biomoléculas de Interés Agroindustrial (CYTBIA), Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad del Cauca, Popayán, Colombia

**Conclusion.** The covering with a 4% of starch was the most effective one.

**Key words:** Physiology, fruit, post-harvest, edible cover.

### Efeito do recobrimento a base de goma de mandioca modificado sobre a maturação do tomate

#### Resumo

**Introdução.** O tomate é um produto perecível que requer tratamento para prolongar a vida, tais como o uso de revestimentos. **Objetivo.** Avaliou-se o efeito da aplicação de um recobrimento comestível a base de goma modificada de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) sobre a perda de importância, taxa de respiração, firmeza e graus Brix do tomate (*Solanum lycopersicum*) longa vida sob condições ambientais. **Materiais e métodos.** Empregou-se um

desenho experimental completamente a esmo para a valoração dos tratamentos (T1= mostra testemunha, T2= com 2% de goma, T3= com 3% de goma e T4= com 4% de goma) cuja amostragem se realizou cada dois dias durante 22 dias, efetuando três réplicas e três repetições em cada tratamento. **Resultados.** Os resultados obtidos foram submetidos a uma análise de variância univariante usando o software SPSS 11.5 e posteriormente se realizou a prova de Duncan para a comparação estatística de médias. Encontraram-se diferenças significativas entre as variáveis, dando como resultado a T4 como o tratamento mais adequado seguido por T3, cujas respostas no atraso da maturação e manutenção das condições de qualidade do fruto foram apropriadas por um maior tempo de conservação, 4.64% de perda de importância e manutenção da firmeza entre 2.54 e 8.91N até o dia 22. **Conclusão.** O recobrimento com um 4% de goma foi o mais efetivo.

**Palavras Importantes:** fisiologia, fruta, post-colheita, recobrimento comestível.

#### Introducción

El tomate larga vida (*Solanum lycopersicum*) tiene vida útil de 15 días<sup>1</sup> por ser tejido vivo y climatérico sujeto a cambios, luego de cosechado<sup>2</sup>, cuyo contenido de agua (94%) hace que transpire y genere pérdidas por deshidratación lo que causa flacidez, ablandamiento y pérdida de turgencia<sup>3</sup>. Se caracteriza por su sabor y gran contenido de vitaminas C, A y del grupo B que desarrollan funciones antioxidantes<sup>4</sup>. De otro lado, la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) es usada para consumo humano y animal y para la obtención de almidón<sup>5</sup> que puede ser agrio y dulce (nativo); a diferencia de este último, el agrio es fermentado naturalmente en la etapa final del proceso de extracción, otorgándole características especiales para su uso en la elaboración de alimentos<sup>6</sup>.

Los recubrimientos comestibles forman una fina capa sobre el alimento y actúan como barrera semipermeable a los gases y al vapor de agua, mejoran las propiedades mecánicas, mantienen la integridad estructural del producto y retienen compuestos volátiles<sup>7</sup>. Se evaluó el efecto del uso de almidón de yuca sobre la maduración de papaya a temperatura ambiente<sup>8</sup>, vida útil del pepino<sup>9</sup>, vida poscosecha de mango<sup>10</sup> y color superficial, y la actividad enzimática en batatas mínimamente procesadas<sup>11</sup>, y se encontró un retraso significativo en la ma-

duración, pérdida de peso, cambios de color de la piel, firmeza, sólidos solubles y acidez titulable. Adicionalmente, se han elaborado recubrimientos incorporando glicerol aplicados sobre aguacate, y se ha encontrado un retraso en la maduración, mayor firmeza de la pulpa, retención del color de la piel y menor pérdida de peso<sup>12</sup>, en tanto que se compararon recubrimientos de almidón nativo de yuca y cera comercial aplicados en tomate, y se encontró mayor firmeza y menor índice de respiración en los frutos recubiertos con cera<sup>13</sup>.

El objeto de este estudio fue la valoración del efecto de la aplicación de un recubrimiento a base de almidón de yuca modificado sobre la calidad fisicoquímica del tomate almacenado bajo condiciones ambientales.

#### Materiales y métodos

*El fruto.* El tomate larga vida (climatérico) proveniente del municipio de El Tambo (Cauca) es comercializado en la galería del Barrio Bolívar de la ciudad de Popayán (Cauca) desde donde se trasladó hasta las plantas piloto de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad del Cauca (vereda Las Guacas, municipio de Popayán a 1737 msnm, 18°C y HR 77.75%)<sup>14</sup> en cajas de madera; se seleccionó en grado de madurez uno, considerando ta-

maño, forma y condiciones físicas óptimas (sin lesiones, golpes, magulladuras, ni enfermedades), se lavó con agua potable y se sumergió en solución de hipoclorito de sodio a 5 ppm durante 15 minutos para desinfección<sup>15</sup> y secado con toalla absorbente.

*Extracto de ajo.* Se pelaron y maceraron 10 g de diente de ajo que se mezclaron con 40 mL de agua destilada en un beaker de 50 mL; la mezcla se sometió a baño maría durante 10 minutos a 60°C con agitación constante, luego de lo cual se realizaron dos centrifugaciones para separar el extracto del agua<sup>16</sup>.

*Recubrimiento.* Se mezclaron uno a uno los componentes en un erlenmeyer de vidrio, adicionando almidón de yuca (proporción según el tratamiento), 5% (p/v) de ácido cítrico, 2% (v/v) de glicerina, 2% (v/v) de extracto de ajo, 2% (v/v) de esencia de canela y 1% (v/v) de sal. La mezcla se llevó a baño maría entre 65 y 70°C por 15 minutos con agitación constante, y se dejó enfriar hasta temperatura ambiente para proceder a la aplicación sobre los tomates por inmersión durante 10 segundos con intervalos de 1 minuto para total homogeneización, operación que se repitió 3 veces por tomate. Se dejaron secar al ambiente durante 1 hora, se colocaron sobre bandejas de acero inoxidable previamente lavadas y desinfectadas con una solución de 5 ppm de Tego. Las bandejas con los tomates se almacenaron en la Planta de Cárnicos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad del Cauca.

*Pérdida de peso.* En balanza analítica con desviación de  $\pm 0.05$  mg por medio de las variaciones de peso con el tiempo, usando la ecuación 1:

$$Pp = \frac{Pi - Pf}{Pi} * 100 \text{ (Ecuación 1)}$$

Donde:

*Pp*= Peso promedio,

*Pi* =Peso inicial,

*Pf*= Peso final.

*Tasa de respiración.* Se determinó usando un equipo Pettenkofer que captura el CO<sub>2</sub> liberado por el fruto, expresando la intensidad de respiración en mg CO<sub>2</sub>/Kg/hora, aplicando la ecuación 2:

$$T. R = \frac{(Vb - Vm) * N * 22 * 60}{W * t} \text{ (Ecuación 2)}$$

Donde:

*Vm* = Volumen de ácido oxálico para titular la muestra (ml),

*Vb* = Volumen de ácido oxálico para titular el blanco (ml),

*N* = Normalidad del ácido oxálico (meq/l),

22 = Peso miliequivalente del CO<sub>2</sub> (g/meq),

60 = Factor de conversión para el tiempo (minutos/hora),

*t* = Tiempo de barrido (minutos),

*W* = Peso de la muestra (Kg).

*Firmeza.* Se determinó con el equipo universal de ensayos, usando la celda de 500 Newton de carga, y una vez calibrado el equipo, se midió el diámetro del fruto con un pie de rey digital sobre la zona ecuatorial. Posteriormente, el fruto se ubicó en la base del equipo y se realizó la compresión a una velocidad de 20 mm/min (en tres zonas distintas), usando un penetrómetro hasta perforar 12 mm el fruto.

*Grados Brix.* Los tomates se pelaron y maceraron para obtener el jugo y hacer la lectura de los sólidos solubles totales (SST) con un refractómetro con escala 0-32, calibrado con agua destilada.

## Análisis estadístico

El diseño experimental fue completamente al azar, asignando los tratamientos en forma aleatoria a las unidades experimentales<sup>17</sup>; se analizaron cuatro tratamientos variando la concentración del almidón hidrolizado así: T1 (muestra testigo) con 0% de almidón, T2 con 2% de almidón, T3 con 3% de almidón, T4 con 4% de almidón. Se hicieron mediciones de las variables pérdida de peso, tasa de respiración, firmeza y grados brix durante 22 días, cada dos días y a la misma hora (7:00 de la mañana), almacenando los frutos bajo condiciones ambientales (temperatura de 18°C y humedad relativa del 77%) con tres repeticiones y tres réplicas. Los resultados obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza univariante usando el software SPSS 11.5 y posteriormente se realizó la prueba de Duncan para la comparación estadística de medias.

## Resultados

### Pérdida de peso

La pérdida de peso de los tomates fue mayor durante el almacenamiento debido principalmente al fenómeno de la transpiración; sin embargo, en los tratamientos T2, T3 y T4 se presentó una menor pérdida de peso (8.7, 8.0 y 8.33%, respectivamente hasta el día 16 y de 10.71% y 8.0% para T3 y T4 hasta el día 22), mientras que la muestra testigo (T1) perdió 11.1% en peso al día 16 y 14.81% al día 22 (tabla 1). No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos (tabla 2).

### Tasa de respiración

Los tomates del tratamiento T1 alcanzaron el pico climatérico a los 18 días con una posterior disminución (tabla 1) debida al inicio de la senescencia donde las células mueren y no hay consumo de O<sub>2</sub>; la tasa de respiración en los restantes tratamientos se incrementó (dichas muestras fueron desechadas por contaminación). Los frutos del tratamiento T2 presentaron un incremento sustancial en la tasa de respiración el día 16 por la contaminación con hongos. No se encontraron diferencias significativas entre los días 0 y 16 pero sí entre los días 0 y 22 para T1, T3 y T4 (tabla 2).

**Tabla 1. Resultados de pérdida de peso y tasa de respiración**

| Día de seguimiento | Pérdida de peso (%) |      |       |      | Tasa de respiración (mg CO <sub>2</sub> /Kg.hora) |        |        |        |
|--------------------|---------------------|------|-------|------|---|--------|--------|--------|
|                    | T1                  | T2   | T3    | T4   | T1  | T2     | T3     | T4     |
| 0                  | 0.00                | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.0122  | 0.0122 | 0.0122 | 0.0122 |
| 2                  | 4.17                | 3.70 | 0.00  | 0.00 | 0.0204  | 0.0150 | 0.0171 | 0.0139 |
| 4                  | 4.17                | 4.17 | 3.70  | 0.00 | 0.0212  | 0.0162 | 0.0173 | 0.0151 |
| 6                  | 7.69                | 4.17 | 4.17  | 0.00 | 0.0215  | 0.0176 | 0.0179 | 0.0153 |
| 8                  | 7.69                | 7.14 | 4.55  | 3.85 | 0.0230  | 0.0185 | 0.0186 | 0.0163 |
| 10                 | 8.00                | 7.69 | 7.69  | 3.70 | 0.0230  | 0.0224 | 0.0190 | 0.0171 |
| 12                 | 8.00                | 7.69 | 7.69  | 7.41 | 0.0235  | 0.0230 | 0.0196 | 0.0181 |
| 14                 | 11.11               | 8.00 | 8.00  | 8.33 | 0.0249  | 0.0235 | 0.0198 | 0.0201 |
| 16                 | 11.11               | 8.70 | 8.00  | 8.33 | 0.0251  | 0.0358 | 0.0202 | 0.0211 |
| 18                 | 12.00               | -    | 8.33  | 8.00 | 0.0365  | -      | 0.0242 | 0.0235 |
| 20                 | 12.50               | -    | 10.71 | 8.00 | 0.0301  | -      | 0.0296 | 0.0247 |
| 22                 | 14.81               | -    | 10.71 | 8.00 | 0.0262  | -      | 0.0334 | 0.0329 |

### Firmeza

Todos los tratamientos mostraron un patrón similar de pérdida de firmeza a través del tiempo, requiriendo una fuerza de 18.81 Newton al inicio y entre 2.54 - 8.91 Newton al final de las mediciones (tabla 3), 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<sup>18</sup>. No hubo diferencias significativas entre los tratamientos hasta el día 16, sin

embargo, las hubo hasta el día 22 para T1, T3 y T4 (tabla 2).

### Grados Brix

Los SST no presentaron diferencias significativas (tabla 2) y se incrementaron en mayor cuantía en los frutos tratados que en la muestra testigo (tabla 3). El tratamiento con mejores resultados fue T4, que en promedio ascendió 0.50 grados brix hasta el día 16 y 0.69 hasta el 22, seguido de T3 con 0.64 grados brix hasta el día 16 y 0.98 grados brix hasta el 22; por su parte T2 aumentó 0.98 grados brix hasta el día

16. La muestra control (T1) aumentó el contenido de los azúcares, que fueron para el día 16 de 1.56, y para el día 22 de 1.72, grados brix respectivamente.

**Tabla 2. Resumen de los datos estadísticos**

| Fuente de variación        | Suma de cuadrados     | Cuadrado medio        | Fc    | Pf    |
|----------------------------|-----------------------|-----------------------|-------|-------|
| <b>Pérdida de peso</b>     |                       |                       |       |       |
| Total                      | 417.32                | --                    |       |       |
| Tratamiento                | 54.23                 | 18.08                 | 10.70 | 2.904 |
| Error                      | 363.09                | 1.69                  |       |       |
| <b>Tasa de respiración</b> |                       |                       |       |       |
| Total                      | 8*10 <sup>-4</sup>    | --                    |       |       |
| Tratamiento                | 1.67*10 <sup>-4</sup> | 5.56*10 <sup>-5</sup> | 2.81  | 2.904 |
| Error                      | 6.33*10 <sup>-4</sup> | 1.98*10 <sup>-5</sup> |       |       |
| <b>Firmeza</b>             |                       |                       |       |       |
| Total                      | 542.3                 | --                    |       |       |
| Tratamiento                | 103.27                | 34.42                 | 2.51  | 2.904 |
| Error                      | 439.03                | 13.72                 |       |       |
| <b>Grados brix</b>         |                       |                       |       |       |
| Total                      | 14.62                 | --                    |       |       |
| Tratamiento                | 6.002                 | 2.001                 | 7.41  | 2.904 |
| Error                      | 8.62                  | 0.27                  |       |       |

Fuente: elaboración propia

**Tabla 3. Resultados de firmeza y grados brix**

| Día de seguimiento | Firmeza (Newton) |       |       |       | Grados brix |     |     |     |
|--------------------|------------------|-------|-------|-------|-------------|-----|-----|-----|
|                    | T1               | T2    | T3    | T4    | T1          | T2  | T3  | T4  |
| 0                  | 18.81            | 18.81 | 18.81 | 18.81 | 3.0         | 3.0 | 3.0 | 3.0 |
| 2                  | 15.79            | 16.31 | 15.29 | 16.57 | 4.3         | 3.7 | 3.1 | 3.0 |
| 4                  | 15.20            | 15.54 | 15.18 | 16.50 | 4.5         | 4.0 | 3.2 | 3.1 |
| 6                  | 12.30            | 12.99 | 15.17 | 14.47 | 4.4         | 3.6 | 3.4 | 3.4 |
| 8                  | 8.08             | 12.92 | 14.49 | 14.10 | 4.9         | 3.9 | 3.7 | 3.6 |
| 10                 | 6.59             | 11.97 | 13.39 | 13.80 | 4.9         | 4.0 | 4.0 | 3.8 |
| 12                 | 6.23             | 11.83 | 11.94 | 13.06 | 5.0         | 4.4 | 4.0 | 3.8 |
| 14                 | 4.77             | 11.60 | 11.11 | 12.30 | 5.0         | 4.6 | 4.2 | 3.8 |
| 16                 | 3.43             | 6.94  | 9.63  | 11.41 | 5.1         | 4.6 | 4.2 | 4.0 |
| 18                 | 2.96             | -     | 9.54  | 11.14 | 5.2         | -   | 5.0 | 4.2 |
| 20                 | 2.71             | -     | 9.53  | 10.56 | 5.2         | -   | 5.0 | 4.2 |
| 22                 | 2.54             | -     | 5.79  | 8.91  | 5.2         | -   | 5.0 | 4.4 |

## Discusión

### *Pérdida de peso*

Resultados similares se obtuvieron en investigaciones realizadas con concentraciones de 0, 1, 2 y 3% de almidón, que presentaron pérdidas de peso de 4.40, 4.26, 3.93 y 3.88% en papaya<sup>19</sup> y de 16, 15, 13.5 y 9.5% en mango<sup>20</sup> (inversamente proporcional a la concentración del almidón); se reportan, además, pérdidas de peso de 6.9% en aguacate<sup>21</sup>, 5% en tomate de mesa<sup>22</sup>, 6.54% y 4.3% en frutos tratados con zeína<sup>23</sup>, 2.01% y 4.47% con recubrimiento a base de quitosano al 0.6% y 2.33% y 5.01% en frutos tratados con sucroéster al 1.0%<sup>24</sup>. En todos los casos, la disminución fue siempre superior en las muestras testigo.

### *Tasa de respiración*

Se incrementó en todos los tratamientos, sin embargo, T1 presentó una tasa mayor en comparación con T2, T3 y T4 (Tabla 1). Resultados similares se reportan en mango<sup>25</sup>, tomate<sup>26</sup> y níspero japonés<sup>27</sup>, donde frutos tratados con distintos recubrimientos presentaron menor tasa de respiración que las muestras testigo, debido a la acción eficaz del recubrimiento.

### *Firmeza*

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 en mango<sup>28</sup>, tomate<sup>29</sup> y aguacate<sup>30</sup>, donde los tratamientos perdieron firmeza durante el tiempo. T1 fue el que menor firmeza obtuvo luego de 22 días con promedio de 8.28 N, mostrando un cambio pronunciado a partir del día seis, mientras que en tomate<sup>31</sup> se dio este cambio a los cinco días de almacenamiento para las muestras testigo, y en mango<sup>32</sup>, a los tres días en todos los tratamientos. El promedio de los demás tratamientos estuvo entre 12.49 y 13.47 N, y los mejores fueron T2 y T4; sin embargo, como T2 se contaminó por hongos, no se obtuvieron datos para los días 18, 20 y 22 por lo que se realizó un Anova hasta el día 16 y no se evidenciaron diferencias

significativas (tabla 3), o sea que la cantidad de almidón no influyó sobre la firmeza de los tomates mostrando valores cercanos a 10.13 N para T1, 13.21 N para T2, 13.89 N para T3 y 14.59 N para T4; para el Anova hasta el día 22 se encontraron diferencias significativas entre los tres tratamientos (T1, T3 y T4) donde T4 fue el mejor seguido de T3 (Tabla 3). Resultados similares se reportan en tomate<sup>33</sup> donde el mejor recubrimiento fue la cera comercial, aguacate<sup>34</sup> con almidón y gelatina con alto porcentaje de glicerol, mientras que en tomate<sup>35</sup> se encontraron diferencias significativas entre la muestra testigo y los tomates recubiertos pero no entre los recubiertos.

### *Grados Brix*

Los resultados concuerdan con otros encontrados al aplicar películas comestibles en banana con un retraso en el desarrollo de SST frente a la muestra testigo, con incremento de 25.61 grados Brix en promedio, frente a 23.98 de T2 y 23.57 de T3, siendo la cera comercial la mejor; en mango "Kent"<sup>36</sup> los SST presentaron una tendencia esperada, pero en aquellos recubiertos el valor fue de 16.84, menor en comparación con los 18.48 del control; en guayabas<sup>37</sup>, la cera de carnauba mostró un efecto retenedor en el aumento de los SST, T1 y la muestra testigo presentaron un asenso de 13.3 grados, T2 de 10.9 grados y T3 de 10.3 grados; en tomate, la aplicación del quitosano aumentó la densidad de sólidos tanto en los frutos recubiertos como en los de la muestra testigo; los frutos sin recubrir mostraron un aumento de 9.5 grados, mientras que los frutos recubiertos 6.8<sup>38</sup>, al igual el almidón de yuca, produjeron una retención en el aumento de los sólidos solubles de los tomates dando como resultado 4.31 grados para los tomates recubiertos y de 4.33 para la muestra testigo<sup>39</sup>.

## Conclusiones

El empleo del recubrimiento a base de almidón de yuca modificado al 4% (T4), retardó la pérdida de peso y de firmeza, la tasa de respiración y los grados brix, y permitió prolongar la vida útil del fruto por 4 días adicionales, lo que comprueba la eficiencia de la película.

Los recubrimientos se convierten en una interesante alternativa mediante el uso de materiales

naturales provenientes de diversas fuentes, que permitan reducir el impacto que tienen sobre el ambiente las prácticas comúnmente aplicadas.

El uso de recubrimientos naturales es apropiado para mantener los atributos físicos, químicos y sensoriales de productos vegetales, y prolongar el tiempo de vida en anaquel, al disminuir las pérdidas generadas en la poscosecha por causa de agentes internos y externos que, a su vez, afectan los atributos de calidad que el consumidor aprecia.

## Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a la Universidad del Cauca por la disposición de las instalaciones y recursos materiales y humanos, así como por la participación del recurso humano necesario para el desarrollo de la investigación vinculada a la Vicerrectoría de Investigaciones mediante el código 2691.

## Referencias

1. ARBOLEDA, Diego. Corporación de Productores de Hortalizas del Cauca. 2010.
2. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO). Las frutas y hortalizas frescas como productos perecibles. [En línea]. Santiago (Chile): FAO, 1987. [Citado El 14 de febrero de 2010]. Url. disponible en: <http://74.125.47.132/search?q=cache:yPIHTH9tuTMJ:www.fao.org/docrep/x5055S/x5055S02.htm+que+es+fruto+climaterico&cd=4&hl=es&ct=clnk&gl=co>.
3. PÉREZ, M.B.; *et al.* Recubrimientos comestibles en frutas y hortalizas. En: Horticom. 2008. Vol. 11, No. 207, p. 54-57.
4. SALADO, Francisco. El Tomate. [En línea]. Carrington: WordPress. Marzo 2009. [Citado el 26 de enero de 2010]. Url disponible en: <http://frutasfranciscosalado.com/?tag=composicion-nutricional-tomate>.
5. MENESES, Juliana; CORRALES, Catalina y VALENCIA, Marco. Síntesis y caracterización de un polímero biodegradable a partir del almidón de yuca En: Revista EIA. 2007. Vol. 17, No. 8. p. 57-67.
6. MONTES, Everaldo.; *et al.* Evaluación de las propiedades modificadas por vía enzimática del almidón de ñame (*D. trifida*) utilizando  $\alpha$ -amilasa En: Revista Vitae. 2008. Vol. 15, No. 1. p. 51-60.
7. NAVARRO, María. Efecto de la composición de recubrimientos comestibles a base de hidroxipropilmetilcelulosa y cera de abeja en la calidad de ciruelas, naranjas y mandarinas. Tesis doctoral. España: Universitat Politècnica de València. Departamento de Tecnología de Alimentos. Valencia, 2007. 223 p.
8. CANTO, Marcio E.; *et al.* Amadurecimiento de mamão formosa com revestimento comestível à base de fécula de mandioca En: Ciênc. Agrotec. 2006. Vol. 30, No. 6, p. 1116-1119.
9. DOS REIS, Kelen; *et al.* Pepino japonês (*cucumis sativus* L.) submetido ao tratamento com fécula de mandioca. En: Ciênc Agrotec. 2006. Vol. 30, No. 3, p. 487-493.
10. SCANAVACA, Laerte; FONSECA, Nelson e CANTO, Marcio. Uso de fécula de mandioca na pós-colheita de manga 'Surpresa' En: Revista Brasileira Frutic. 2007. Vol. 29, No. 1. p. 67-71.
11. OJEDA, Gonzalo y SGROPPO, Sonia. Aplicación de un film comestible en batatas trozadas. Tesis de pregrado. Argentina: Universidad Nacional del Nordeste. Facultad de Ciencia Exactas Naturales y de Agrimensura. Laboratorio de Tecnología Química. Corrientes, 2009.
12. AGUILAR, Miguel; *et al.* Gelatine–starch films: physicochemical properties and their application in extending the post-harvest shelf life of avocado (*Persea americana*) En: Journal of the Science of Food and Agriculture. 2008. Vol. 88, No. 2. p. 185-193.
13. AMAYA, Paola; *et al.* Efecto del uso de recubrimiento sobre la calidad del tomate (*Lycopersicon esculentum mill*) En: Revista Dyna. 2010. Vol. 162, p. 67-73.
14. *Ibíd.*, p. 69.
15. COLOMBIA. INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Tabla climatológica de Popayán. [en línea]. Bogotá: IDEAM, 2010. [Citado el 28 de enero de 2010]. Url disponible en: <http://www.ideam.gov.co/atlas/mclima.htm>.
16. GIL, Mariana. Efecto de diferentes extractos de ajo sobre la oxidación de lipoproteínas de baja densidad en suero humano. [En línea]. México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2004. [Citado el 25 de mayo de 2010]. Url Disponible en: [http://www.pncta.com.mx/pages/pncta\\_investigaciones\\_04h.asp?page=04e5](http://www.pncta.com.mx/pages/pncta_investigaciones_04h.asp?page=04e5)
17. SAS. Análisis de diseños experimentales básicos. [En línea]. Bogotá: enero, 2008. [Citado

- el 19 de febrero de 2010]. Url disponible en: <<http://www.galeon.com/colposfes/est501/dca/dca.htm>>.
18. ALDANA, Héctor. Ingeniería y agroindustria. 2ª ed. Bogotá (Colombia): Terranova, 2001.
  19. CANTO, Marcio; *et al.* Op. cit., p. 1117-1118.
  20. SCANAVACA, Laerte; FONSECA, Nelson e CANTO, Marcio. Uso de fécula de mandioca na pós-colheita de manga 'Surpresa'. Op. cit., p. 68-70
  21. AGUILAR, Miguel; *et al.* Gelatine–starch films: physicochemical properties and their application in extending the post-harvest shelf life of avocado (*Persea americana*), Op. cit., p. 187, 190.
  22. SOTHORNVIT, Rungsinee and RODSAMRAN, Patrati. Effect of a mango film on quality of whole and minimally processed mangoes En: Postharvest Biology and Technology. 2007. Vol. 47. p. 407–415.
  23. ZAPATA, Pedro; *et al.* Mantenimiento de la calidad de tomates mediante recubrimiento de zeína. En: Tecnología Poscosecha y Agroexportaciones. 2007. Vol. 9, No. 9, p. 1384-1393.
  24. MÁRQUEZ, Carlos; CARTAGENA, José y PÉREZ, María. Efecto de recubrimientos comestibles sobre la calidad en poscosecha del níspero japonés (*Eriobotrya japonica* T.) En: Revista Vitae. 2009. Vol. 16, No. 3. p. 304-310.
  25. JIMÉNEZ. D.P.; *et al.* Efecto del calcio y cera comestible en la calidad de mangos 'kent' durante el almacenamiento En: Revista Facultad Agronomía. 2004. Vol. 21, No. 1, p. 351-358.
  26. AMAYA, Paola; *et al.* Efecto del uso de recubrimiento sobre la calidad del tomate (*Lycopersicon esculentum mill*), Op. cit., p. 70-71.
  27. MÁRQUEZ, Carlos; CARTAGENA, José y PÉREZ, María. Efecto de recubrimientos comestibles sobre la calidad en poscosecha del níspero japonés (*Eriobotrya japonica* T.), Op. cit., p. 307-309.
  28. CANTO, Marcio, *et al.* Op. cit., p. 1117-1118
  29. ROBLEJO, Liuver. Evaluación de la aplicación de coberturas de quitosana en la conservación de tomates. Tesis de pregrado. Cuba: Universidad de La Habana. Instituto de Farmacia y Alimentos. La Habana, 2009.
  30. AGUILAR, Miguel; *et al.* Gelatine–starch films: physicochemical properties and their application in extending the post-harvest shelf life of avocado (*Persea americana*), Op. cit., p. 187, 190-191.
  31. ZAPATA, Pedro; *et al.* Mantenimiento de la calidad de tomates mediante recubrimiento de zeína, Op. cit., p. 1387-1388.
  32. JIMÉNEZ. D. P.; *et al.* Efecto del calcio y cera comestible en la calidad de mangos 'kent' durante el almacenamiento, Op. cit., p. 355.
  33. AMAYA, Paola; *et al.* Efecto del uso de recubrimiento sobre la calidad del tomate (*Lycopersicon esculentum mill*), Op. cit., p. 70-71.
  34. AGUILAR, Miguel; *et al.* Gelatine–starch films: physicochemical properties and their application in extending the post-harvest shelf life of avocado (*Persea americana*), Op. cit., p. 187, 190-191.
  35. ROBLEJO, Liuver. Evaluación de la aplicación de coberturas de quitosana en la conservación de tomates, Op. cit., p. 67-70.
  36. JIMÉNEZ. D. P.; *et al.* Efecto del calcio y cera comestible en la calidad de mangos 'kent' durante el almacenamiento, Op. cit., p. 355.
  37. BARCO, Paola; *et al.* Efecto de recubrimiento natural y cera comercial sobre la maduración del banano (*Musa sapientum*) En: Revista Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial. 2009. Vol. 7, No. 2. p. 70-76.
  38. GONÇALVES, Valtémir; *et al.* Armazenamento de goiabas sob refrigeracao e em condicao ambiente com e sem tratamento com cera de carnauba En: Revista Brasileira Frutic. 2004. Vol. 27, No. 2, p. 203-206.
  39. AMAYA, Paola; *et al.* Efecto del uso de recubrimiento sobre la calidad del tomate (*Lycopersicon esculentum mill*), Op. cit., p.70-71