



Almacenamiento del tomate (*Solanum lycopersicum*) recubierto con goma de sapote (*Capparis scabrida*)

Storage of tomato (*Solanum lycopersicum*) covered with sapote gum (*Capparis scabrida*)

Odalys Tejada-Mendoza¹; Luis Briceño-Berrú¹; Julio Vidaurre-Ruiz^{1,*}

¹ Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Industrias Alimentarias. Departamento de Ingeniería de Alimentos y Productos Agropecuarios. Lima –12. Perú.

ORCID de los autores:

L. Briceño-Berrú: <https://orcid.org/0000-0001-8180-370X>

J. Vidaurre-Ruiz: <https://orcid.org/0000-0003-0980-9474>

RESUMEN

Se evaluó el recubrimiento del tomate con goma de sapote en porcentajes de 0,0; 0,5; 1,0; 2,5 (w/v) durante el almacenamiento al ambiente (20 °C; 85% HR) y en refrigeración (15 °C; 90% HR). Los tratamientos con cobertura al ambiente presentaron menores pérdidas de peso que el testigo (0,0%); en refrigeración, los tratamientos con 0,5% y testigo mostraron menor pérdida. La tasa de respiración al ambiente y en refrigeración mostró tendencias parecidas. Hubo incremento no significativo de sólidos solubles al ambiente; en refrigeración el testigo presentó ligero descenso y los tratamientos con cobertura un leve incremento. El pH, en todos los tratamientos se incrementó levemente. Se produjo un ligero descenso en la acidez en todos los tratamientos. La firmeza decreció en 46% - 55% al ambiente y en 65% - 69% en refrigeración; no se registró diferencias significativas respecto al testigo. Los parámetros de color (L^* , h° , C^*) disminuyeron significativamente en la primera semana; después, la disminución fue leve. El recuento de mohos y levaduras estuvo por debajo de los límites máximos. Sensorialmente, la aceptación fue similar en todos los tratamientos. En conclusión, las características fisicoquímicas y microbiológicas y la aceptabilidad del tomate recubierto con goma no evidenciaron diferencias significativas con respecto al testigo.

Palabras clave: tomate; sapote; goma; almacenaje.

ABSTRACT

The coating of tomato with sapote gum (0.0%, 0.5%, 1%, 2.5% (w/v)) was evaluated during storage in the environment (20 °C; 85 % RH) and refrigeration (15 °C; 90% RH). Treatments with coverage to the environment presented less weight loss than the control (0.0%); in refrigeration, in treatments with 0.5% and control, this loss was lower. The rate of respiration to the environment and refrigeration showed similar trends. There was a non-significant increase in ambient soluble solids; in refrigeration, the control presented a slight decrease and the treatments with coverage a slight increase. The pH, in all treatments, was slightly increased. There was a slight decrease in acidity in all treatments. Firmness decreased by 46%-55% in the environment and by 65%-69% in refrigeration; there were no significant differences with respect to the witness. The color parameters (L^* , h° and C^*) decreased significantly in the first week; afterward, the decrease was slight. The mold and yeast count were below the maximum limits. Sensorily, acceptance was similar in all treatments. In conclusion, the physicochemical and microbiological characteristics and acceptability of the rubber-coated tomato did not show significant differences with respect to the control.

Keywords: tomato; zapote; gum; storage.

1. Introducción

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es uno de los cultivos más importantes en el mundo. Según reporte de la FAO (FAO, 2022), en el año 2014 el cultivo tuvo una producción aproximada de 170,750 millones de toneladas, de los cuales el Perú aportó con una producción de 106,1 miles de toneladas. En el año 2012 la FAO reportó pérdidas y mermas en los cultivos de papa y tomate como las mayores en el mundo; estas pérdidas incluyen: pudrición 27%, verdeamiento 22%, pérdida de peso por pérdida de agua 14%, excesiva permanencia en el mercado 12%, golpes 11%, robo/mala clasificación/otros 11%. La alta perecibilidad de frutas y verduras ocasiona grandes pérdidas a nivel mundial, lo que ha provocado un creciente interés por el desarrollo de películas y cubiertas comestibles para incrementar su conservación. Entre los recubrimientos más usados para conservar alimentos figuran la goma de garrofín utilizada en cítricos y frutas de hueso, la oleína (mezcla de ácido oleico y otros ácidos grasos), la cera de abejas y numerosos derivados de la celulosa (López Enriquez, Cuatin Ruano, Andrade, & Osorio Mora, 2016), la goma arábiga como recubrimiento para la conservación de diversos frutos (Valle-Guadarrama, López-Rivera, Reyes-Vigil, Castillo-Merino, & Santos-Moreno, 2008), la goma de mezquite como recubrimiento en mangos y en limón (Mudgil & Barak, 2020), la goma de tara para la conservación de fresas (Escalante Varona, 2015), entre otros.

Con respecto al tomate, recientes investigaciones han manifestado la factibilidad de utilizar la goma arábiga al 10% como recubrimiento comestible para retrasar la maduración y extender el tiempo de útil hasta en 20 días más, en comparación a los tomates sin recubrimiento (Ali, Maqbool, Alderson, & Zahid, 2013; Ali, Maqbool, Ramachandran, & Alderson, 2010). Mayores concentraciones de goma arábiga también se han reportado; en el estudio realizado por (Al-Juhaimi, 2014) indican que el recubrimiento de la superficie del tomate con una solución de goma arábiga al 5% - 20% puede retrasar significativamente los cambios en diferentes atributos de calidad, como el peso, la firmeza, la concentración de sólidos solubles y el color durante el almacenamiento en 10 °C en comparación con frutos sin recubrir. Dichos autores, también indican que el recubrimiento con goma arábiga preservó la calidad organoléptica del tomate durante los 16 días de almacenamiento. También se han

reportado la mezcla de goma con extractos de diferentes condimentos. (Naeem, Abbas, Ali, & Hasnain, 2018), indican que el recubrimiento a base de goma guar acoplados con extractos derivados de diferentes condimentos, como *Nigella sativa*, *Coriandrum sativum*, *Foeniculum vulgare miller* y *Laurus nobilis*, pueden preservar los parámetros de calidad del tomate hasta 60 días a 10 °C (85% de humedad relativa).

En una reciente investigación se ha informado del potencial que presenta el exudado del árbol *Capparis scabrida* (Sapote), debido a las excelentes propiedades de barrera y elevada biodegradabilidad, sin embargo, aún no se han reportado trabajos de investigación sobre su aplicación como recubrimiento comestible en vegetales. Por tal razón, el objetivo de la presente investigación fue determinar el efecto de las disoluciones de goma de sapote (0,5%, 1% y 2,5%) (w/v) sobre las características físicas, químicas, microbiológicas y aceptabilidad del sabor del tomate durante su almacenamiento en condiciones ambientales (20 °C y 85% HR) y en refrigeración (15 °C y 90% HR).

2. Material y métodos

El trabajo de investigación se llevó a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Envases y Embalajes, Laboratorio de Físico Química, Laboratorio de Biotecnología y Laboratorio de Investigación e Instrumentación de la Facultad de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Los tomates que se usaron fueron de la variedad Katia en estado de maduración "pintón", obtenidos en el Mercado Mayorista de Lima, procedentes del departamento de Ica. La goma de sapote en polvo fue proporcionada por la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina, proveniente de la ciudad de Motupe, departamento de Lambayeque.

Metodología experimental

Las concentraciones de las dispersiones de goma de sapote fueron de 0,5%, 1% y 2,5% (w/v), y el procedimiento consistió en dispersar la goma de sapote en polvo en agua destilada, luego calentada con agitación suave en una placa caliente con agitador magnético hasta alcanzar la temperatura de 80 °C durante una hora. Posteriormente, se filtró al vacío, se adicionó glicerol 1% (w/v) para dar flexibilidad y resistencia a la cobertura y se sometió una vez más a agitación con magnetos a temperatura ambiente

por el tiempo de 15 minutos, hasta alcanzar una dispersión homogénea a ser usada como cobertura. Se recubrieron cien frutos por cada dispersión de goma de sapote, para ello se sumergieron los frutos durante un tiempo de 3 minutos a temperatura ambiente. Posteriormente los frutos se almacenaron a temperatura ambiente (20 °C) y condiciones de refrigeración (15 °C).

Pérdida porcentual de peso

Se controló diariamente el peso de tres frutos enteros por cada tratamiento y se determinó la pérdida de peso por cada día transcurrido respecto al peso en el día 0.

Tasa de respiración

Se determinó utilizando un sistema cerrado según Pastor Navarro (2010). Se utilizaron 8 frascos de vidrio de volumen conocido (1500 cm³) para medir la tasa de respiración de los tratamientos cubiertos con goma de sapote (0,5%, 1% y 2,5%) y su correspondiente tratamiento sin cobertura (testigo). Por cada tratamiento se introdujo 3 tomates en cada frasco correspondiendo un peso neto de 350 g de tomate. Cuatro frascos se almacenaron a temperatura ambiente (20 °C y HR de 85%) y cuatro en refrigeración (15 °C y HR de 90%). Cada frasco estuvo provisto de un septum en su tapa, la cual fue sellada para mantener hermético el frasco durante todo el tiempo de las mediciones y hasta el descarte de la muestra por presencia de mohos, exudación de líquido etc. La medida de la concentración de gases se efectuó por un tiempo de 26 días con una aguja conectada a un analizador de gases (Pack Check, Modelo 325, marca Mocon). El analizador de gases estuvo equipado con un sensor electroquímico para medir la concentración de O₂ y un mini espectrofotómetro de infrarrojos para detectar el contenido en CO₂. Se consideraron como puntos experimentales los obtenidos a una misma hora por cada día transcurrido, con la finalidad de asegurar uniformidad en los datos. La tasa respiratoria (TRi, m³.kg⁻¹.s⁻¹) de las muestras en términos de generación de CO₂ se determinó a partir de la pendiente de la ecuación lineal del ajuste de concentración de gases frente al tiempo, donde C es la concentración de gases (% CO₂) en un tiempo t (s), M es la masa de la muestra (kg) y V es el volumen en el espacio de cabeza del frasco de vidrio (m³) (Escalante Varona, 2015).

Sólidos solubles, pH y acidez titulable

La determinación de los sólidos solubles se efectuó usando un refractómetro calibrado a 20

°C (AOAC, 2000). El pH se determinó usando un potenciómetro (Hanna Instrument), previamente calibrado en una solución buffer y cuyo electrodo fue sumergido en la solución obtenida luego de licuar 10 g de tomate y 90 mL de agua destilada. La acidez titulable total se determinó por titulación potenciométrica con hidróxido de sodio (NaOH) 0.1 N, hasta alcanzar el pH de 8,2 que es el punto de viraje del indicador fenolftaleína.

Color

Se usó un colorímetro Croma Meter (Modelo CR-400, Kónica Minolta), obteniendo el valor de las coordenadas cromáticas: L*, a*, b*, C* y h°. Los valores de C* y h° se determinaron reemplazando los valores de a* y b* en las siguientes ecuaciones:

$$C = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$$

$$h = \frac{180^\circ}{\pi} \cdot \tan^{-1} \left(\frac{b^*}{a^*} \right)$$

La medición del color se efectuó directamente sobre el fruto (tomate), sin dejar espacio entre este y el lente del colorímetro. Se realizaron tres mediciones en la superficie de cada fruto, cada una en un punto diferente.

Firmeza

La firmeza del fruto fue medida en dos puntos diferentes, una a cada lado del eje ecuatorial. Se utilizó un texturómetro (QTS Texture Analyzer, CNS FARNELL) con punzón de 8,0 mm y cuya velocidad de penetración programada fue de 20 mm/min (Ali et al., 2010).

Prueba de aceptación de sabor

Participó un total de 50 consumidores, constituido por jóvenes de 17 a 25 años. Los seis tomates seleccionados por cada tratamiento fueron cortados, con cáscara, en ocho porciones y colocadas en platos descartables; se colocó mondadientes para que los panelistas tomen las muestras a ser evaluadas. Se indicó a cada panelista la toma de agua intercalada entre cada muestra evaluada. La evaluación sensorial de la aceptación del sabor fue semanal.

Mohos y Levaduras

Se utilizó el método de recuento en placa por siembra para la determinación del contenido de mohos y levaduras (ufc/g). Se realizó el análisis de una muestra representativa, de tres tomates con cáscara, tomando una pequeña cantidad igual, de cada uno de ellos, se homogenizó y se diluyó la muestra. Para el recuento de mohos y

levaduras se utilizó el Agar Oxitetraciclina Gentamicina Extracto de Levadura Glucosa (OGYE), siguiendo la metodología descrita por ICMSF (2000).

Análisis estadístico

Se utilizó el diseño completo al azar (DCA), en tomates sin recubrimiento (testigo) y en tomates recubiertos con goma de sapote (0,5%, 1% y 2,5). El análisis estadístico incluyó: la variación porcentual de pérdida de peso por día y por tratamiento durante todo el almacenamiento, el análisis de varianza (ANVA) a los resultados de las variables medidas con instrumentos (sólidos solubles, pH, acidez, color y textura), concluyendo con la prueba LSD de Fisher para las comparaciones de medias. Los datos de la prueba de aceptación de sabor, se procesaron con la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis que sirvió para encontrar la existencia de diferencias o no entre tratamientos (Mendiburu, 2021).

3. Resultados y discusión

a) Pérdida de peso al medio ambiente y en refrigeración

En el almacenamiento al medio ambiente (Fig. 1a), los tratamientos con cobertura de goma y sin cobertura presentaron valores de pérdida de peso porcentual muy cercanos, pero mayores a los observados a temperatura de refrigeración; en refrigeración, el tratamiento testigo presentó menor reducción de peso respecto a los tratamientos con 1% y 2,5% (w/v) de cobertura, diferencias que podrían ser debidas a la falta de uniformidad en los grados de madurez de las muestras seleccionadas para cada tratamiento, o a posibles deficiencias en el recubrimiento y oreado de los tomates. En refrigeración (Fig. 1b), al día 30, el tratamiento con 1% (w/v) de cobertura presentó mayor pérdida de peso respecto a los demás tratamientos; por el contrario, el tratamiento con 0,5% (w/v) presentó menor pérdida de peso y con valores muy cercanos al tratamiento sin cobertura (8,93%) llegando a registrar pérdidas de 8,33% mientras que los tratamientos con 1% y 2,5% (w/v) mostraron valores de 11,13% y de 10,77% respectivamente. Se conoce que los recubrimientos comestibles actúan como una capa adicional que recubre los estomas, lo que reduce la transpiración y, a su vez, reduce la pérdida de peso. Las diferencias en la capacidad para reducir la pérdida de peso se pueden atribuir a la diferente permeabilidad al vapor de agua que pueden lograr las gomas en las formulaciones (Salehi, 2020). Los valores de

pérdida de agua encontrados en este trabajo son muy superiores a los reportados por Davila-Aviña et al. (2011), quienes trabajaron con tomates (cv Grandela) con dos grados de madurez (breaker y pink) y dos tipos de cobertura (carnauba y aceite mineral) almacenados durante 28 días a 10 °C, obteniendo pérdidas de peso de 2,20% y 1,60% en tomates con grado de madurez breaker y de 2,53% y 1,67% en tomates con grado de madurez pink. Estas diferencias podrían deberse a las diferentes temperaturas de almacenamiento (15 °C en este estudio y 10 °C en el de Dávila-Aviña), al uso de variedades de tomate distintas, al grado de madurez, como, sobre todo, a la naturaleza del recubrimiento.

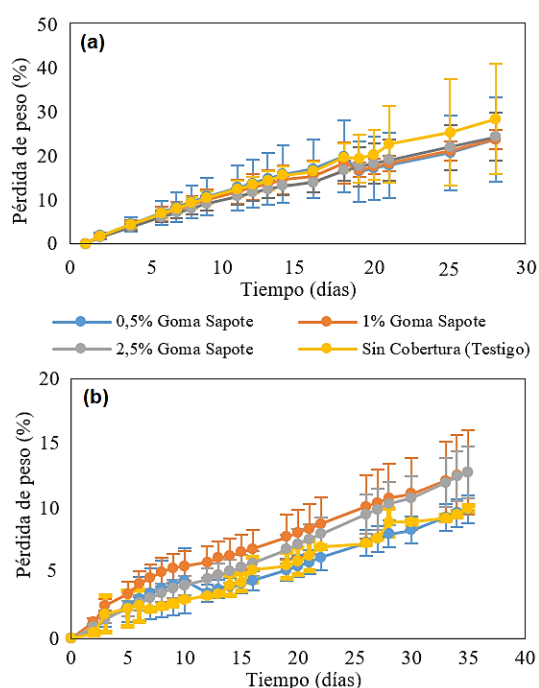


Figura 1. Efecto de la cobertura de goma de sapote en la pérdida de peso porcentual (a) al medio ambiente (20 °C y 85 ± 3,8% HR); (b) refrigeración (15 °C y 90 ± 1,3% HR) durante almacenamiento.

b) Tasa de respiración al medio ambiente y en refrigeración

El tomate al ser un fruto climatérico tiene una vida poscosecha relativamente corta. El principal factor asociado con la vida útil poscosecha del tomate es el aumento de la respiración que da como resultado una alta maduración de la fruta y el deterioro de la calidad del tomate (Salehi, 2020). Según los resultados obtenidos, se evidenció una tendencia muy parecida en la tasa de respiración de todos los tratamientos (con y sin cobertura) almacenados a temperatura ambiente y en refrigeración. La mayor tasa de respiración, en términos de generación de CO₂ (ml/kg h), se

produjo entre los dos a tres primeros días (Medio ambiente: 2,85, día 1; 2,86 día 2; 0,80 día 3. Refrigeración: 2,85, día 1; 1,87, día 2; 0,77, día 3), luego de lo cual se aprecia, en términos generales, una disminución gradual con ligeros picos de subidas y bajada hasta el final del almacenamiento.

c) Sólidos solubles al medio ambiente y en refrigeración

Al medio ambiente, se aprecia una tendencia ligeramente ascendente en el contenido de sólidos solubles, desde 5,6 al inicio a 5,9 al final del periodo de almacenamiento de 28 días, siendo el tratamiento sin cobertura (testigo) el que mostró mayor incremento. Sin embargo, no se encontró diferencia estadística significativa entre todos los tratamientos a un nivel de probabilidad de 0,05. Valores cercanos reporta Asgar et al. (2010) en tomates cubiertos con goma arábica en concentraciones de 20% y 15%, con un contenido final de °Brix de 6,9. En los tratamientos en refrigeración (Fig. 3b) también se produjo un ligero incremento en el contenido de sólidos solubles, aunque en menor magnitud que en los tratamientos al medio ambiente. Los picos de subidas y bajadas que se presentan a lo largo del tiempo de almacenamiento se deberían a las diferencias propias entre las unidades experimentales analizadas. No se encontró diferencias significativas ($p < 0,05$) en el contenido de sólidos solubles (°Brix) entre los tratamientos con cobertura, pero sí entre ellos y el tratamiento sin cobertura (testigo).

d) pH al medio ambiente y en refrigeración

Se produjo una tendencia creciente en el valor del pH durante el almacenamiento en todos los tratamientos al medio ambiente (Fig. 4a), desde 4,5 hasta 4,75 a 4,84. No se encontró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$), comportamiento similar al informado por Petit-Jiménez et al., (2010), en papaya "Maradol" recubierta con cera comestible, cuyo valor de pH se incrementó desde 5,14 a 5,86 durante un almacenamiento de 12 días a temperatura ambiente, mostrando no verse fuertemente afectada por la aplicación de ceras como recubrimiento. Capistrán Carabarin et al., (2017), indican que el incremento en el pH es debido a la disminución de la acidez. Los tratamientos almacenados en refrigeración registraron de igual modo un comportamiento ascendente pero irregular, con presencia de picos de variación, desde un valor inicial de 4,5 hasta valores de 4,7

a 4,8. Los tratamientos almacenados al ambiente y en refrigeración no presentaron diferencias significativas respecto al tratamiento sin cobertura ($p < 0,05$).

e) Acidez titulable total a temperatura ambiente y en refrigeración

A temperatura ambiente, se produjo un ligero descenso de la acidez titulable total en todos los tratamientos durante el tiempo de almacenaje, siendo algo más pronunciado en el tratamiento testigo. Los picos de subidas y bajadas que se presentan durante el tiempo de almacenaje se deberían a la variabilidad inherente en el comportamiento fisiológico entre las unidades experimentales. No se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre el tratamiento sin cobertura (testigo) y los tratamientos con cobertura de goma de sapote al 0,5 y 1% (w/v). Los tratamientos almacenados en refrigeración también presentaron disminución de la acidez titulable total durante el tiempo de almacenaje, siendo ésta más pronunciada durante los primeros tres días, seguido de picos de subida y bajada. Los valores de la acidez titulable total variaron desde 0,28% al inicio del almacenamiento hasta 0,18% a 0,23% al final, no encontrándose diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$).

f) Firmeza al medio ambiente y en refrigeración

Tanto en los tratamientos al medio ambiente como en los tratamientos en refrigeración se produjo una disminución de la firmeza del fruto (Figs. 2a y 2b), apreciándose una disminución más pronunciada en los tratamientos en refrigeración durante los primeros 8 días, luego de lo cual este descenso continuó en forma más lenta hasta el final del periodo de almacenaje (28 días al medio ambiente y 35 días en refrigeración). Desde valores iniciales de firmeza de 1900 a 2000 g fuerza en los tratamientos al medio ambiente y en refrigeración, respectivamente, se llegó a valores de 700 a 1000 g fuerza al final del almacenaje, teniéndose así que la firmeza de las muestras de tomate disminuyó hasta en un 70 % aproximadamente. Bajo condiciones de refrigeración, el tratamiento testigo y el tratamiento con 2,5% de cobertura tuvieron una duración de 24 días en estado comestible y los tratamientos con 0,5% y 1% de cobertura un tiempo de 35 días. En ambas condiciones de almacenamiento, no se presentaron diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$ %) entre todos

los tratamientos, lo que indicaría que la goma de sapote en las concentraciones usadas (0,5 %, 1 % y 2,5 %) no afectó significativamente el desarrollo de la madurez durante el almacenaje entre todos los tratamientos en estudio, debiéndose más bien el descenso de la firmeza de los tejidos del tomate a la actividad metabólica y enzimática (Duguma, 2022).

Se ha reportado que la firmeza de los tomates cherry tiende a disminuir como resultado de la degradación ácida de la pectina (Wu, Lu, & Wang, 2016). Según Berrospe-Ochoa, Saucedo-Veloz, Ramírez-Guzmán, & Saucedo-Reyes, (2018), la disminución en la firmeza de los frutos está asociada a la degradación de la hemicelulosa, la celulosa y la pectina por acción de la enzima poligalacturonasa.

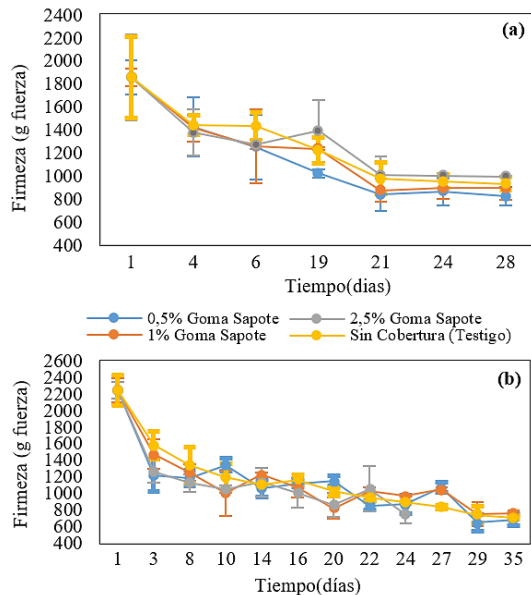


Figura 2. Efecto de la cobertura de goma de sapote en la firmeza de los tratamientos (a) al medio ambiente (20 °C y 85 ± 3,8% HR); (b) refrigeración (15 °C y 90 ± 1,3% HR) durante almacenamiento.

g) Color al medio ambiente y en refrigeración

La luminosidad o brillantez (L^*) disminuyó desde el inicio del almacenaje (46.5 y 50 al medio ambiente y en refrigeración, respectivamente) en todos los tratamientos, tanto al medio ambiente como en refrigeración. Este descenso fue más pronunciado durante los primeros seis días en las muestras al medio ambiente (39 - 40.5) y durante los primeros ocho días en las muestras en refrigeración (39 - 42), después de lo cual el descenso continuó, pero en forma más lenta hasta el final del período de almacenaje (36-38 al medio ambiente; 37-39 en refrigeración) (Figs. 3a y 3b). No se encontró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos con cobertura

almacenados al medio ambiente pero si lo hubo entre ellos y la muestra sin cobertura ($p < 0,05$); en refrigeración los tratamientos sin cobertura se diferenciaron de los tratamientos con 1% y 2,5% (w/v) de cobertura de goma de sapote.

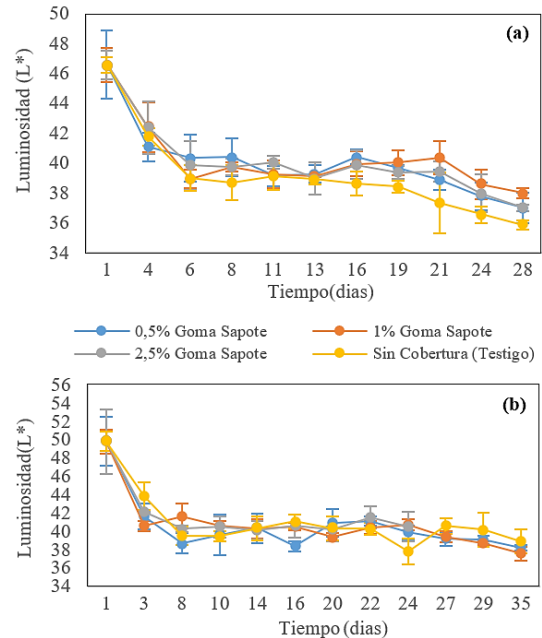


Figura 3. Efecto de la cobertura de goma de sapote en la luminosidad (a) al medio ambiente (20 °C y 85 ± 3,8% HR) (b) refrigeración (15 °C y 90 ± 1,3% HR) durante almacenamiento.

Con respecto al valor de h° , éste disminuyó significativamente durante los primeros seis días de almacenamiento al medio ambiente en todos los tratamientos, desde 60° hasta 43°, para luego decrecer ligeramente, con una tendencia a mantenerse constante, hasta el final del almacenaje, 38°, con ligeras diferencias entre los tratamientos. Sin embargo, no se encontró diferencia estadística significativa entre los tratamientos. En el caso de las muestras almacenadas en refrigeración (Fig. 8b), la disminución del valor de h° fue más drástica durante los primeros tres días en todos los tratamientos, bajando de 78,6° al inicio hasta 38,6° - 42,8°, siendo esta disminución mayor que la presentada por todos los tratamientos almacenadas al medio ambiente. Después de estos tres primeros días el descenso fue mucho menos pronunciado, con tendencia a mantenerse constante este valor de h° , llegando a valores de 37,7°- 39,8° al final del almacenamiento de 35 días. No se presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) entre todos los tratamientos (con y sin cobertura de goma de sapote). Esta disminución del valor de h° durante el almacenamiento significa que en las muestras se está incremen-

tando el color rojo y disminuyendo el color verde amarillento, ya que, en este sistema de medición del color, el rojo puro toma el valor de cero, y a medida que se incrementa se está aproximando progresivamente a los colores de amarillo y verde sucesivamente; por lo tanto, estos cambios de color indican un aumento del proceso de maduración durante el almacenamiento, siendo este proceso más acelerado durante los primeros seis días. (Al-Juhaimi, 2014) encontró que el valor final de h° estuvo en relación directa al porcentaje de goma arábica usada en la cobertura, con la diferencia de que las concentraciones de goma usadas en el referido estudio (5%, 10%, 15% y 20%) fueron mucho mayores que las empleadas en este estudio con goma de sapote (0,5%, 1% y 2,5%).

En cuanto al valor del chroma, se produjo un aumento significativo en los primeros tres días en las muestras almacenadas al medio ambiente en todos los tratamientos, desde 20,1 al inicio hasta 35,8 en estos tres primeros días, lo cual indica un aumento en la intensidad del color con respecto al tiempo, como índice de que el proceso de maduración se está desarrollando. Después de estos tres primeros días, continuó incrementándose este valor en todos los tratamientos, pero en menor intensidad, hasta llegar a valores de 39,8-42,0 al final de los 28 días de almacenamiento. No se registró diferencias significativas entre el tratamiento sin cobertura (testigo) y los tratamientos con cobertura de goma de sapote al 0,5% y 1% (w/v). Ali et al. (2010) reportan un mayor incremento de chroma en tomates sin cobertura almacenados al ambiente durante los primeros días, mientras que en frutos con cobertura de 5% y 10% de goma arábica el incremento se dio entre los 12 a 16 días y en los frutos cubiertos con 15% y 20% conservaron su coloración verde incluso pasado los 20 días de almacenamiento, resultados que indican que a mayor concentración de goma como cobertura se retardaría el proceso de maduración, fenómeno que no ocurrió en el

presente estudio, debido posiblemente a las menores concentraciones empleadas (0,5%, 1% y 2,5%), las que no serían suficientes para generar una atmósfera modificada que retarde el proceso de maduración.

En las muestras almacenadas en refrigeración, la variación del valor del chroma en todos los tratamientos siguió un comportamiento ascendente gradual, pero de forma menos pronunciada que el presentado por los tratamientos almacenados al medio ambiente, lo cual indica un mayor retardo en el proceso de maduración por efecto de la menor temperatura de almacenamiento. En estos tratamientos, el valor del chroma se incrementó desde 31,8 al inicio del almacenaje hasta 43,0 – 47,2 al final (35 días). No se encontró diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos con y sin recubrimiento. Al-Juhaimi (2014) reporta una disminución inicial del valor de chroma con leve aumento posterior en tomates recubiertos con goma arábica almacenados en refrigeración, siendo este aumento menor en las muestras cubiertas con 15% y 20% de cobertura y mayor en el tratamiento testigo.

h) Contenido microbiano al medio ambiente y en refrigeración

La Tabla 1 presenta los resultados del recuento de mohos y levaduras (ufc/g) encontrado en las muestras de tomate cubiertas con goma de sapote almacenadas al ambiente y en refrigeración. Se apreció un ligero incremento del contenido de mohos y levaduras a lo largo del tiempo de almacenamiento en todos los tratamientos (con y sin cobertura) almacenados al medio ambiente como en refrigeración, pero, los valores hallados, en todos los tratamientos, están por debajo del nivel máximo permitido de 10^3 ufc/g para mohos y levaduras, establecido por la Norma Sanitaria que establece los Criterios Microbiológicos de Calidad Sanitaria e Inocuidad para los Alimentos y Bebidas de Consumo Humano (MINSA, 2008).

Tabla 1

Resultados del recuento de mohos/levaduras(ufc/g) en los tratamientos con cobertura de goma de sapote almacenados al medio ambiente (20°C y $85 \pm 3,8\%$ HR) y refrigeración (15°C y $90 \pm 1,3\%$ HR)

Tiempo de almacenamiento (días)	Temperatura ambiente				Temperatura de refrigeración			
	0,50%	1%	2,50%	Testigo	0,50%	1%	2,50%	Testigo
0	<10	<10	<10	10	<10	<10	<10	25
7	75	100	50	16x10	<10	<10	<10	40
14	95	80	38x10	30x10	15	10	28	88
21	20x10	95	20x10	27x10	30	20	55	22x10
28	20x10	18x10	28x10	50x10	45	60	100	37x10

En términos generales, los tratamientos con cobertura de goma de sapote presentaron una menor contaminación por mohos y levaduras con respecto a los tratamientos sin cobertura (testigo), lo cual indicaría un cierto efecto protector de estas coberturas; Gutiérrez-Tlahque et al., (2016) indican que la interacción entre bajas temperaturas y coberturas comestibles provoca en el fruto un comportamiento de mayor rigidez durante el almacenamiento debido a la mayor fuerza en la pared celular del fruto dada por la goma, impidiendo con ello el ataque microbiano.

i) Características sensoriales (medio ambiente y refrigeración)

El análisis de *Kruskall Wallis* efectuado a los resultados de aceptación de sabor de los tratamientos con cobertura de goma de sapote y sin cobertura (testigo) almacenados a temperatura ambiente y en refrigeración reportó la no existencia de diferencias significativas al final del almacenamiento, pudiéndose afirmar que el uso de la goma de sapote como cobertura no alteró significativamente el sabor, lo que se reflejó en las medias obtenidas en todos los tratamientos cuyos niveles de aceptación estuvieron entre 5 (“no me agrada ni desagrada”) hasta 8 (“me agrada mucho”).

Finalmente, todas las pruebas realizadas a lo largo del presente trabajo de investigación, cuyo objetivo fue determinar el efecto de barrera de la goma de sapote como cobertura, a temperatura ambiente y en refrigeración, no reportaron diferencias marcadas respecto al tratamiento sin cobertura (testigo) almacenado en las mismas condiciones. Esto podría deberse a que las concentraciones de goma ensayadas de las coberturas fueron insuficientes para generar el efecto deseado de generar una atmósfera modificada que retarde el proceso de maduración del tomate.

4. Conclusiones

El efecto de la goma de sapote en las tres concentraciones de cobertura evaluadas sobre las características fisicoquímicas no fue significativo, tanto en condiciones de medio ambiente como en refrigeración. La aceptabilidad del sabor de los tratamientos con cobertura de goma de sapote osciló en las categorías de “No me agrada ni desagrada” y “Me gusta mucho” durante todo el periodo de almacenamiento. Por otro lado, las coberturas de goma de sapote tuvieron un efecto protector sobre la

contaminación de las muestras por mohos y levaduras.

Referencias bibliográficas

- Al-Juhaimi, F. Y. (2014). Physicochemical and Sensory Characteristics of Arabic Gum-Coated Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Fruits during Storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 38(3), 971–979. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12053>
- Ali, A., Maqbool, M., Alderson, P. G., & Zahid, N. (2013). Effect of gum arabic as an edible coating on antioxidant capacity of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit during storage. *Postharvest Biology and Technology*, 76, 119–124. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2012.09.011>
- Ali, A., Maqbool, M., Ramachandran, S., & Alderson, P. G. (2010). Gum arabic as a novel edible coating for enhancing shelf-life and improving postharvest quality of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 58(1), 42–47. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2010.05.005>
- AOAC. (2000). *Official methods of analysis* (17th ed). Gaithersburg, MD: Association of Official Analytical Chemists.
- Berospe-Ochoa, E., Saucedo-Veloz, C., Ramírez-Guzmán, M., & Saucedo-Reyes, D. (2018). Componentes del sabor y contenido de ácido ascórbico de jitomates (*Solanum lycopersicum* L.) nativos e híbridos comerciales. *Agrociencia*, 52(4), 623–638.
- Capistrán Carabarrín, A., Aquino Bolaños, E. N., Chavez Servia, J. L., Velásquez Melgarejo, V., Vera Guzman, A., Viveros Contreras, R., & Verdalet Guzmán, I. (2017). Cambios en los parámetros fisicoquímicos en tomate de árbol (*Solanum betaceum*) durante su almacenamiento poscosecha a 5 °C. *Avances de La Ciencia En México*, (2017), 1020–1027.
- Davila-Avina, & et al. (2011). Effect of Edible Coatings, Storage Time and Maturity Stage on Overall Quality of Tomato Fruits. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 6(1), 162–171. <https://doi.org/10.3844/ajabssp.2011.162.171>
- Duguma, H. T. (2022). Potential applications and limitations of edible coatings for maintaining tomato quality and shelf life. *International Journal of Food Science & Technology*, 57(3), 1353–1366. <https://doi.org/10.1111/ijfs.15407>
- Escalante Varona, A. V. (2015). Aplicación de un recubrimiento comestible de goma de Tara (*Caesalpinia spinosa* Molina Kuntze) sobre fresas (*Fragaria ananassa* cv. Aromas) para prolongar su conservación. Tesis. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- FAO. (2022). Pérdidas y desperdicios de alimentos en América Latina y el Caribe. Retrieved from Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe.
- Gutiérrez-Tlahque, J., Sánchez-Juárez, S., De Jesús Mundo, A., Altamirano-Romo, S., López- Palestina, C. U., Raya-Pérez, J. C., & Aguirre-Mancilla, C. L. (2016). Aplicación de un recubrimiento comestible a base quitosano para conservación de litchi en fresco. *Investigación y Desarrollo En Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1(2), 397–404.
- ICMSF. (2000). *Microorganismos de los Alimentos 1*. España: Ed. Acribia.
- López Enriquez, D. F., Cuatin Ruano, L. Y., Andrade, J. C., & Osorio Mora, O. (2016). Evaluación de un recubrimiento comestible a base de proteínas de lactosuero y cera de abeja sobre la calidad fisicoquímica de uchuva (*Physalis peruviana* L.). *Acta Agronómica*, 65(4), 326–333. <https://doi.org/10.15446/acag.v65n4.50191>
- Mendiburu, F. de. (2021). Statistical Procedures for Agricultural Research. In *Statistical Procedures for Agricultural Research*. Retrieved from <https://cran.r-project.org/web/packages/agricolae/index.html>
- MINSA. (2008). *Resolución ministerial N° 591-2018- Criterios Microbiológicos para frutas, hortalizas, frutos frescos y otros vegetales*. Lima, Perú.
- Mudgil, D., & Barak, S. (2020). Mesquite gum (Prosopis gum): Structure, properties & applications - A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 159, 1094–1102. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.05.153>

- Naeem, A., Abbas, T., Ali, T. M., & Hasnain, A. (2018). Effect of antioxidant and antibacterial properties of guar gum coating containing spice extracts and its application on tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.). *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12(4), 2725–2734. <https://doi.org/10.1007/s11694-018-9890-5>
- Pastor Navarro, C. (2010). *Recubrimientos comestibles a base de hidroxipropil metilcelulosa: caracterización y aplicación*. Tesis. Universidad Politécnica de Valencia.
- Petit-Jiménez, D., Terán, Y., Rojas, B., Salinas-Hernandez, R., García-Robles, J., & Báez-Sañudo, R. (2010). Efecto de las ceras comestibles sobre la calidad en frutos de papaya. *Rev. Iber. Tecnología Postcosecha*, 11(1), 37–42.
- Salehi, F. (2020). Edible Coating of Fruits and Vegetables Using Natural Gums: A Review. *International Journal of Fruit Science*, 20(sup2), S570–S589. <https://doi.org/10.1080/15538362.2020.1746730>
- Valle-Guadarrama, S., López-Rivera, O., Reyes-Vigil, M., Castillo-Merino, J., & Santos-Moreno, A. (2008). Recubrimiento Comestible Basado En Goma Arábica Y Carboximetilcelulosa para Conservar Frutas en Atmósfera Modificada. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 14(3), 235–241.
- Wu, S., Lu, M., & Wang, S. (2016). Effect of oligosaccharides derived from *Laminaria japonica*-incorporated pullulan coatings on preservation of cherry tomatoes. *Food Chemistry*, 199, 296–300. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.12.029>

