



CYTAL-ALACCTA 2019
Buenos Aires, 20 – 22 noviembre 2019

EMPLEO DE RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES COMO PRESERVANTES DE LA CALIDAD DE ZANAHORIAS MÍNIMAMENTE PROCESADAS

Vasco, F.¹, Gamboa-Santos J.¹, Campañone L.^{1,2}

1. *CIDCA (Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos), (CONICET La Plata –UNLP). Calle 47 y 116, La Plata (1900), Argentina.*

2. *Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Química, Universidad Nacional de La Plata. Calle 47 y 1, La Plata (1900), Argentina.*

E-mail: mvasco@mdp.edu.ar

RESUMEN

La zanahoria mínimamente procesada es una de las hortalizas más buscadas por el consumidor actual a pesar de su corta vida útil de estante. El empleo de recubrimientos comestibles basados en polisacáridos resulta una técnica saludable y eficaz para la preservación de productos frutihortícolas. En el presente trabajo se estudiaron tres formulaciones de recubrimientos a base de los siguientes hidrocoloides: carboximetilcelulosa (CMC), almidón de mandioca (AM) y alginato de sodio gelificado con cloruro de calcio (AL) con el objetivo de retardar el deterioro sobre rodajas de zanahoria mínimamente procesadas. A las soluciones se les adicionó glicerol, aceite de girasol y tween, como emulsionante. La eficiencia de estos recubrimientos fue evaluada respecto de los siguientes indicadores: actividad de la enzima Peroxidasa, -POD- (Espectrofotometría UV), polifenoles totales, -PFT- (Espectrofotometría UV), color (sistema de visión computacional), aspecto visual y velocidad de respiración (Cromatografía Gaseosa) de las muestras recubiertas y sin recubrir (SR), almacenadas a 4°C durante 30 días. Los resultados indicaron que, tanto CMC como AM lograron disminuir el porcentaje de la actividad POD inicial en las muestras. Esta tendencia no fue observada en AL. Durante el almacenamiento, se evidenció, al décimo día, un aumento de la actividad para todas las muestras. Sin embargo, AM logró mantener constantes los valores de actividad enzimática hasta el día 30 y por debajo de los obtenidos para SR. Por el contrario, los porcentajes observados en CMC fueron similares a su control, mientras que AL mostró un aumento significativo de la actividad durante todo el período de almacenamiento, resultando superior a la de SR. El análisis de color indicó un incremento de la tonalidad inicial de las rodajas cuando se aplicó el recubrimiento de CMC, manteniendo a su vez el color durante todo el almacenamiento, en comparación con las muestras SR, que mostraron aspecto pálido y blanquecino. Por su parte, el color en las muestras recubiertas con AM fue similar al de SR durante todo el estudio. En el caso de AL, los parámetros de color se mantuvieron hasta el décimo día. Esto último pudo vincularse a una pérdida de integridad del film sobre la superficie de las rodajas, lo cual también pudo observarse visualmente. En cuanto a los PFT, todas las muestras recubiertas arrojaron valores similares a los de las muestras SR durante el almacenamiento, aunque se visualizaron valores más elevados en las de AL a partir del día 20. Los resultados de velocidad de respiración indicaron un efectivo comportamiento inicial para todos los recubrimientos, con tasas de emisión de CO₂ más bajas que las obtenidas para las

muestras SR. Durante el almacenamiento, sólo las muestras AM mantuvieron constantes los valores hasta el día 30, en concordancia con la menor actividad enzimática observada. Sin embargo, esta formulación no logró mantener el color del producto, resultando efectivo en este caso CMC, o bien AL, pero en este último caso, con un máximo de diez días de almacenamiento.

Palabras claves: Zanahoria, Calidad, Recubrimientos, Polisacáridos

1. Introducción

En los últimos años, los recubrimientos comestibles han demostrado ser de utilidad para la preservación de vegetales mínimamente procesados. Son económicos y sencillos de utilizar comparado con otros métodos de tratamiento poscosecha. Los recubrimientos permiten alargar la vida útil del producto y también responder a la demanda de los consumidores de productos naturales, a la vez que contribuyen a crear un medio ambiente más sostenible. Los recubrimientos actúan provocando un efecto similar al del almacenamiento bajo atmósfera controlada o modificada, mediante la generación de una barrera a la pérdida de agua y al intercambio de gases que retarda la deshidratación, mejora la textura y reduce el crecimiento microbiano. Aplicados sobre productos frescos forman una capa de película delgada comestible, natural y biodegradable. Como parte de los materiales empleados para su elaboración se encuentran los polímeros. Dentro del grupo de los polisacáridos se encuentran los alginatos, almidones y la carboximetilcelulosa. El alginato (AL) puede formar recubrimientos gelificados en presencia de iones divalentes, por reticulación iónica. La carboximetilcelulosa (CMC), es un derivado de la celulosa que se obtiene de las paredes celulares de las plantas. Por su parte, el almidón de mandioca (AM), se destaca como una matriz potencial de biopolímeros para la fabricación recubrimientos comestibles debido a su naturaleza ubicua y económica. Todos estos materiales son capaces de formar una matriz polimérica continua de baja permeabilidad al O₂ y CO₂, reduciendo la velocidad de respiración de los productos mínimamente procesados. A su vez, mediante su uso, se limita la velocidad de pardeamiento al evitar que ciertas enzimas entren en contacto con el O₂ (González-Aguilar et al., 2000). A pesar de sus buenas propiedades, exhiben un fuerte carácter hidrofílico que los convierte en una barrera débil para el vapor de agua. Algunos estudios han apuntado a evaluar cambios en la formulación del recubrimiento teniendo en cuenta principalmente las propiedades del alimento que se busca conservar. Entre ellos, se ha propuesto la incorporación de compuestos lipídicos a la matriz polimérica, con el objetivo de mejorar las propiedades de barrera al vapor de agua de los vegetales (Choi et al., 2016).

Las zanahorias son una de las hortalizas más utilizadas para preparaciones como ensaladas listas para consumir o sopas. Su color naranja es atractivo e indica un contenido elevado de carotenoides. Además, contiene cantidades apreciables de otros nutrientes, como carbohidratos y vitaminas. Por estas características, el producto mínimamente procesado tiene una elevada demanda, pero su comercialización es limitada por su rápido deterioro durante el almacenamiento, debido a cambios fisiológicos que reducen su vida útil (Ragaert et al., 2007). La blancura en la superficie de corte y el desarrollo del sabor amargo debido a los compuestos fenólicos son característicos del catabolismo anaeróbico, como resultado de la alta tasa de respiración y del deterioro microbiológico (Barry-Ryan et al., 1998). El uso de recubrimientos comestibles en zanahorias se está explorando en gran medida para mantener su aspecto fresco. Sin embargo, los mayores resultados reportados involucran al quitosano como matriz base y existe escasa o nula bibliografía que informe acerca de la aplicación de recubrimientos emulsionados a base de polímeros como CMC, AL y AM, que se apliquen sobre zanahorias y que arrojen resultados positivos. De acuerdo a lo explicado, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación de recubrimientos comestibles emulsionados a base de: CMC, AL y AM, sobre la calidad de rodajas de zanahoria almacenadas bajo refrigeración, con el fin de extender su vida útil comercial.

2. Materiales y Métodos

2.1 Materiales

Para la obtención de los recubrimientos se empleó alginato de sodio (Sigma, Aldrich), carboximetilcelulosa de sodio (Sigma, Aldrich), almidón de mandioca de uso comercial, cloruro de calcio anhidro (Anedra AG), glicerina (99,9% Biopack), aceite de girasol de uso comercial y Tween 20 (99,9 % Biopack). Las zanahorias (*Daucus carota*) variedad “*Nantesa Híbrida*” fueron adquiridas en el mercado local de la ciudad de La Plata.

2.2 Preparación y obtención de los recubrimientos emulsionados

Para la obtención de los recubrimientos, se elaboraron previamente las suspensiones de los diferentes biopolímeros:

- A. Suspensión de Alginato de sodio (AL): se obtuvo una suspensión al 2%, mediante el calentamiento de la misma a 70°C con agitación constante, hasta su completa disolución.
- B. Suspensión de Carboximetilcelulosa (CMC): se obtuvo una suspensión al 1%, mediante el calentamiento a 85°C con agitación constante, hasta su completa disolución.
- C. Suspensión de almidón de Mandioca. (AM): Se obtuvo una suspensión al 3% por

gelatinización a 70°C bajo agitación constante durante un tiempo de 20 minutos.

Posteriormente, a las suspensiones viscosas obtenidas en A, B y C aún calientes y bajo agitación, se les adicionaron glicerol, (30, 40 y 20 g/100g polímero, respectivamente), Tween 20 (0,2%) y finalmente aceite de girasol (0,25%, 0,15% y 0,25%, respectivamente). Las emulsiones fueron obtenidas utilizando un homogeneizador ultrasónico de punta (Sonic Ruptor, Omni Inc.) al 50% de potencia, durante 5 min.

2.3 Aplicación del recubrimiento, almacenamiento y análisis de las muestras

La aplicación de los recubrimientos se realizó por inmersión de rodajas de zanahoria de 1 cm de espesor en la emulsión durante 2 min. Las rodajas introducidas en la formulación de AL fueron posteriormente sumergidas en una solución de CaCl₂ (2%) durante 2 min para permitir el entrecruzamiento con los iones Ca⁺². Luego, todas las muestras fueron secadas a 25°C hasta peso constante. A continuación, se pesaron y envasaron en bandejas plásticas de polipropileno de 108 x 81 x 42 mm, envueltas con film de 25 micras de espesor. El almacenamiento de las muestras se llevó a cabo en cámara de refrigeración a 4°C, durante 30 días. Las rodajas sin recubrir (SR) se trataron en forma similar sumergiéndolas en agua destilada. Todas las muestras se analizaron por triplicado. Se evaluó la evolución de la calidad a diferentes tiempos de almacenamiento, a través de los siguientes parámetros:

Análisis de la Peroxidasa (POD). Se realizó de acuerdo al método de Morales-Blancas et al. (2002), con modificaciones. Las muestras previo análisis fueron liofilizadas. Los ensayos de actividad POD se llevaron a cabo agregando en placas de multipocillo 15 µl de extracto enzimático con 340 µl de solución sustrato. La actividad POD se midió a partir del aumento de la absorbancia a 470 nm en función del tiempo, con un lector de placas Synergy HT-Siafrt™ (Biotek Instruments, USA). La reacción se controló durante 5 min. La actividad enzimática se expresó en porcentaje.

Cuantificación de los Polifenoles Totales (PFT). Se utilizó el reactivo Folin-Ciocalteu (FC) de acuerdo al método de Singleton et al. (1999) con modificaciones. Las muestras previo análisis fueron liofilizadas. La cuantificación se llevó a cabo a 735 nm con un lector de placas Synergy HT-Siafrt™ (Biotek Instruments, USA). Los resultados se expresaron como mg de equivalente de ácido gálico por 100 g de peso seco de la muestra.

Atmósfera interna: CO₂. Para el estudio de la atmósfera interna de gases generada por las muestras, se colocaron 36 g de rodajas recubiertas y sin recubrir en frascos de vidrio de 100 mL. Se cerraron y sellaron herméticamente y se almacenaron bajo refrigeración. La medición se llevó a cabo tomando 500 µL de muestra del espacio de cabeza de los

frascos que se inyectaron en un cromatógrafo gaseoso (Agilent Technologies, Serie 7890A) equipado con una columna Supelco Carboxin 1010 Plot (30 m x 530 μm , 15 μm) y con detectores de conductividad térmica (TCD) a 250°C y de ionización de llama (FID) a 300°C situados en serie. Los resultados se expresaron como ml/kg.

Color. Se midió mediante un sistema de visión computacional compuesto por un ambiente de iluminación controlada, una cámara digital, una tabla de colores estándar utilizado para su calibración y un procesador de imágenes en el espacio de color Rojo, Verde, Azul (RGB). La conversión RGB a CIE Lab se implementó usando un modelo teórico conocido y diversos modelos matemáticos empíricos (Goñi y Salvadori, 2017). La determinación de los parámetros de color se realizó sobre imágenes de cuatro muestras para cada tratamiento. Los resultados se expresaron como WI (Índice de blanqueamiento) e Índice croma (Cab), a través de:

$$WI = 100 - \sqrt{(100 - L^*)^2 + (b^*)^2 + (a^*)^2} \quad \text{y}; \quad Cab = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$$

3. Resultados y discusión

Evaluación de la actividad POD. La evolución del porcentaje de la actividad (POD) de las muestras de zanahoria sin recubrir y recubiertas, se presenta en las **Figuras 1a, b y c**. Los porcentajes se refieren a los valores de POD de las muestras frescas. Se puede observar que los tratamientos con los recubrimientos CMC y AM lograron reducir el porcentaje de la actividad POD inicial de las muestras hasta valores de aproximadamente un 30%. Los resultados indicarían que estos tratamientos tienen la capacidad de formar rápidamente una barrera de acción protectora sobre la superficie de las rodajas de zanahoria, lo cual permite reducir la disponibilidad de oxígeno que conduce a la oxidación enzimática de los compuestos fenólicos, por lo que se inhibe su actividad POD, pudiendo retrasar el envejecimiento de las zanahorias recién cortadas (Wang et al., 2015). A diferencia de este comportamiento inicial, en el caso de las muestras AL, no se evidenciaron diferencias significativas en los porcentajes iniciales de actividad de la enzima, los cuales fueron similares a los de las muestras SR. Durante el almacenamiento, se observó que el porcentaje aumentó tanto en zanahorias recubiertas como SR. Diversos autores también señalaron esta tendencia del aumento de la actividad de la enzima con el tiempo de almacenamiento, independientemente de que el producto esté o no recubierto (Wang et al., 2015; Coelho et al., 2017). Se sabe que la actividad POD está correlacionada con varias reacciones de deterioro que influyen en el color, el sabor, la textura y las propiedades nutricionales de los vegetales procesados (Alegria et al. 2010). Más allá de

esta tendencia en la actividad POD, los comportamientos observados entre las zanahorias almacenadas han sido diversos. En el caso de las muestras de CMC los porcentajes no difirieron significativamente de los de las muestras SR, registrándose al final del almacenamiento hasta un 200% de incremento. Esto podría indicar que el recubrimiento no estaría actuando como barrera eficaz a la reducción de oxígeno disponible para desencadenar las reacciones enzimáticas, probablemente debido a su ruptura o solubilización durante el tiempo de evaluación. En el caso de las muestras AM, a diferencia del comportamiento anterior, se evidenció una menor actividad POD respecto a las muestras SR a partir del décimo día y registrando aproximadamente un 50% menos de actividad al finalizar el almacenamiento. Estos resultados concuerdan con los observados por diversos autores al estudiar el almacenamiento de productos vegetales mínimamente procesados recubiertos a base de almidón de mandioca (Ojeda et al., 2014). La reducción de la POD podría atribuirse al efecto barrera a los gases respiratorios, generado por el recubrimiento (Kumar et al., 2018). Una tendencia muy diferente a las anteriores se observó en las muestras AL, cuyos porcentajes POD fueron significativamente superiores a los de las muestras SR durante todo el período de almacenamiento. Esta tendencia, ya registrada en estudios previos de una formulación similar a base de AL, podría atribuirse a la interacción entre el calcio del recubrimiento y la enzima presente en el tejido vegetal (Vasco et al., 2016). Se sabe que los iones divalentes, influyen en la actividad proteica y en la configuración estructural de la enzima, actuando como cofactor. El resultado de esta interacción se vería reflejado en un aumento considerable de los valores POD. A su vez, se ha informado que este efecto es dependiente del pH del medio. Medda et al. (2003) registraron una mayor POD a pH 5,75, similar al valor que presentan las zanahorias.

Contenido de Polifenoles Totales (PFT)

En la **Figura 2** se presentan los resultados de la evolución del contenido de polifenoles totales en función del tiempo de almacenamiento para todas las muestras de zanahoria. Como puede observarse, no se evidenciaron diferencias significativas en los niveles iniciales de polifenoles, de muestras CMC AM, y SR. Esto indicaría que la aplicación de estos tratamientos (recubrimiento y secado) no afectarían este parámetro. Durante el almacenamiento refrigerado, las muestras tratadas con CMC y AM no mostraron diferencias significativas para el contenido de PFT.

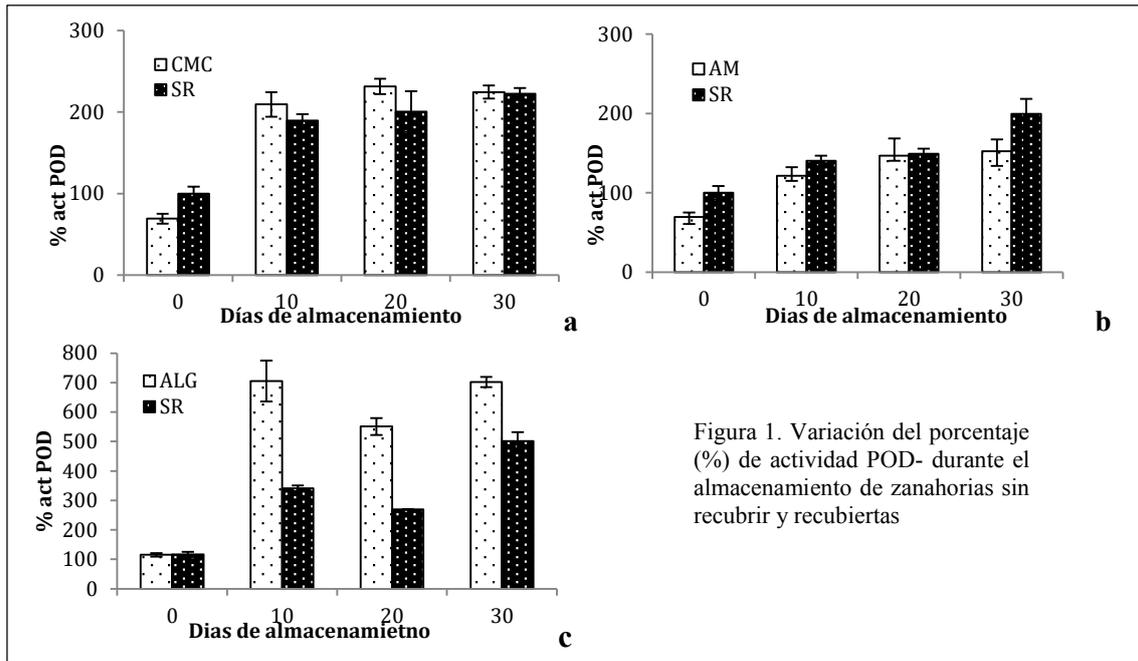


Figura 1. Variación del porcentaje (%) de actividad POD- durante el almacenamiento de zanahorias sin recubrir y recubiertas

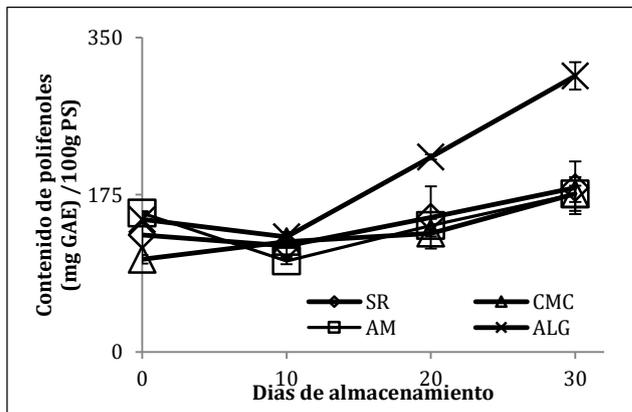


Figura 2. Efecto del contenido de polifenoles totales con el almacenamiento en muestras de zanahoria sin tratar y recubiertas por diferentes tratamientos.

Resultados similares se hallaron en otros sistemas de recubrimientos aplicados a frutas (Bilbao-Sainz et al., 2018). Sin embargo, el estudio de la evolución del contenido de polifenoles sobre las muestras AL durante el almacenamiento arrojó valores significativamente superiores a los obtenidos para las muestras restantes e incluso se observaron incrementos significativos durante el almacenamiento. Estudios previos de aplicación de este recubrimiento sobre frutas y hortalizas concuerdan con nuestros resultados (Vasco et. al., 2016). Se ha asociado el aumento del contenido de polifenoles en el tejido vegetal con el inicio del mecanismo de defensa contra el estrés oxidativo inducido por las bajas temperaturas, incluida la actividad de enzimas de defensa como la POD y la acumulación de compuestos fenólicos, ligninas, etc. (Sangeetha et al. 2010). No obstante, deberían realizarse estudios con técnicas analíticas más sensibles para precisar el comportamiento de estos compuestos durante el almacenamiento, pues es sabido que pueden generarse posibles interferencias correspondidas a la presencia de otros

compuestos coloreados, entre ellos los nitrogenados, ácidos orgánicos y azúcares, que absorben a la misma longitud de onda que los polifenoles, y pueden por lo tanto intervenir e influir en la cuantificación del método de Folin (Chen et al., 2015).

Parámetros de Color

Los resultados de color, representados por los parámetros de índice de blanqueamiento (IB) e índice Chroma (Cab) se ilustran en la **Figura 3 (a)** y **(b)**, respectivamente. Todas las muestras evidenciaron un aumento en el IB y una disminución en Cab conforme transcurrió el tiempo de almacenamiento y, excepto para CMC, no se observaron diferencias significativas en los valores de las muestras recubiertas y SR al final del mismo. Estos cambios denotan una pérdida importante del color característico en estas rodajas, volviéndose más blanquecinas y fue concordante con las observaciones visuales. Las variaciones significativas en AL se evidenciaron al finalizar el almacenamiento coincidentemente con los altos valores de PFT. Esta relación se fundamentaría en el proceso de síntesis de fenoles o bien a posibles interferencias durante la cuantificación de polifenoles con el método de Folin, como se detalló anteriormente. En particular, CMC, presentó un retraso tanto en el aumento del parámetro IB como en la disminución del parámetro Cab. Las variaciones en dichos parámetros fueron significativas al día 10, y se mantuvieron luego sin cambios hasta finalizar el almacenamiento. El recubrimiento podría reducir la difusión de agua sobre la superficie de las rodajas de zanahoria al formar una fina capa protectora superficial y, por lo tanto, inhibir el proceso de blanqueamiento que se genera por el corte del tejido y debido a la deshidratación y lignificación (Song et al., 2017). Por su parte, Vargas et al. (2009) relacionaron el proceso de deshidratación de la superficie con la formación de compuestos fenólicos y lignina mediado por la enzima PAL, lo cual puede ser prevenido manteniendo la superficie húmeda. La independencia entre la actividad enzimática y los cambios de color implicados en las zanahorias, también se visualizó en las muestras AM, las cuales presentaron menor POD respecto de SR al finalizar el almacenamiento (figura 1b), mientras que los valores de IB y Cab no difirieron entre sí.

Atmósfera interna: CO₂ La tasa de respiración de las muestras recubiertas y SR almacenadas durante 30 días a 4°C se presentan en la **Figura 4**.

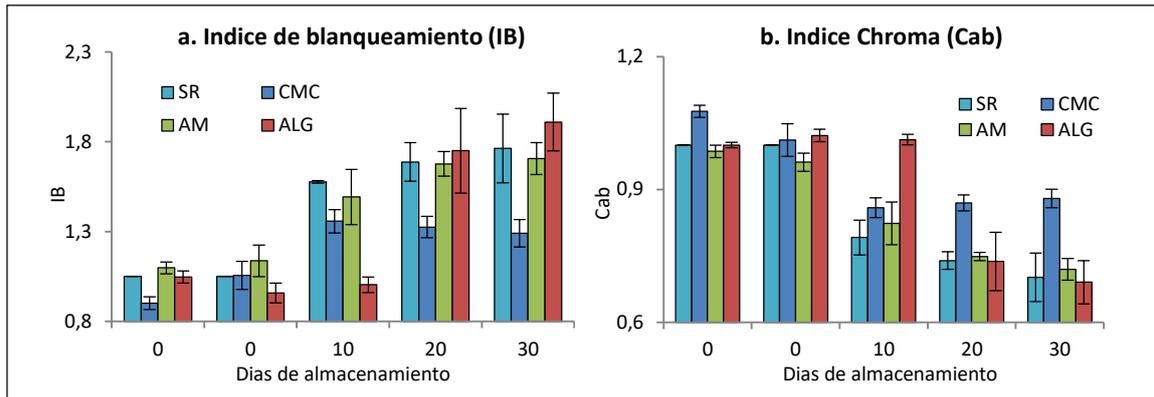


Figura 3. Evolución del color (normalizado a su valor inicial), a través de los índices de: Blanqueamiento (a) y Chroma (b) de las muestras de zanahorias recubiertas y sin recubrir, en almacenadas bajo refrigeración, en los tiempos iniciales (0 y 0r) y 10, 20 y 30 días. 0: Tiempo inicial, sin recubrir. 0r: tiempo inicial, luego de recubrir.

Luego de 1 día de almacenamiento la concentración de CO_2 para todas las muestras recubiertas no difirió significativamente entre sí y resultó inferior a la de las muestras SR. La acumulación observada al inicio del almacenamiento fue probablemente debida al estrés por el corte del vegetal que afectó en mayor medida a las muestras SR (Valerga et al., 2018). Después del día 10 se observaron menores niveles de respiración para las muestras AL y AM respecto de los hallados para SR y CMC, que a su vez se asemejaron entre sí. Sin embargo, las muestras AL registraron un aumento significativo en la producción de CO_2 . Finalmente, se alcanzaron valores parecidos entre AL, CMC y SR, lo cual fue concordante con los deterioros físicos y químicos observados a partir del día 10. Tosati et al., (2015), informaron resultados similares de producción de CO_2 para muestras de tomate recubiertas con hidroxipropilmetilcelulosa y sin recubrir. El incremento de CO_2 pudo estar relacionado con una aceleración en el metabolismo del vegetal, debido a un mayor daño del tejido. Sólo las muestras AM mantuvieron constantes los valores hasta el final del almacenamiento, en correlación con la menor actividad enzimática observada previamente (Figura 1b). Los resultados obtenidos para AM, indicarían que este actúa como una barrera efectiva para bloquear el paso libre de gas a través de los poros del vegetal.

4. Conclusiones

El recubrimiento a base de almidón de mandioca (AM), logró disminuir significativamente la actividad metabólica de las zanahorias mínimamente procesadas durante todo el almacenamiento refrigerado. Esto fue concordante con una actividad enzimática controlada. Sin embargo, esta formulación no logró mantener el color y apariencia del producto en su estado inicial. Estos parámetros son de gran importancia para el consumidor a la hora de seleccionar alimentos, por lo que resulta efectivo en este caso el recubrimiento a base de CMC. La aplicación de AL preservó el color y los

compuestos bioactivos de la zanahoria fresca durante 10 días de almacenamiento, por lo tanto, el AL podría ser una alternativa para zanahorias mínimamente procesadas, aunque con una menor vida de estante.

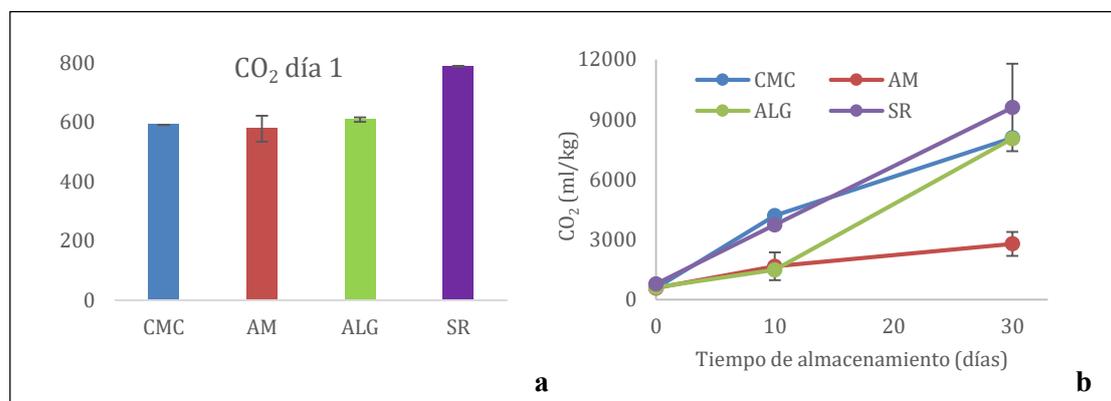


Figura 4. Atmósfera interna: Generación de gases CO₂ de las rodajas de zanahorias recubiertas y sin recubrir, al día 1 (a) y durante el almacenamiento (b).

5. Referencias

- Alegria, C., Pinheiro, J., Gonçalves, E. M., Fernandes, I., Moldão, M., & Abreu, M. (2010). *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 11(1), 155–161.
- Alvarez, M.V., Moreira, M.; Ponce, A. (2015). *Food S 86 ci. Technol, Campinas*, 35(1): 86-94.
- Barry-Ryan, C.; O’Beirne, D. (1998). *Journal of Food Science*, 63, 851-856.
- Bilbao-Sainz, C., Chiou, B.-S., Punotai, K., Olson, D., Williams, T., Wood, D. McHugh, T. (2018). *Journal of Food Science*, 83(7), 1880–1887.
- Chen, C.W. Cheng, J.Y. Liang, (2015). *Food Chem.*,170, 10
- Campo, JA.; Velasco P.; Vanegas M.; y Andrade, MM. (2017). *Revista de Ciencias Agrarias*, 40(3): 641-654.
- Choi, W. S., Singh, S., & Lee, Y. S. (2016). *Food Science and Technology*, 70, 213–222.
- Coelho, D. G., Andrade, M. T. D., Mélo Neto, D. F. D., Ferreira-Silva, S. L., & Simões, A. D. N. (2017). *Revista Caatinga*, 30(2), 503–512.
- González-Aguilar G A, Wang C, Buta, J G. (2000). *J. Agric. Food Chem.* 48:4204–4208.
- Goñi, S. M., Salvadori, V. O. (2017). *Journal of Food Measurement and Characterization*. 11(2), 538-547.
- Kumar, P., Sethi, S., Sharma, R. R., Singh, S., Varghese, E. (2018). *Journal of Food Science and Technology*, 55(9), 3767-3778.
- Medda, R., Padiglia, A., Longu, S., Bellelli, A., Arcovito, A., Cavallo, S., Pedersen, J.Z., Floris, G. (2003). *Biochemistry* 42(29),8909-8918.
- Morales-Blancas, E. F.; Chandia, V. E.; & Cisneros-Zeballos, L. (2002). *Journal of Food Science*, 67(1):146–154.
- Nandane, A. S., & Jain, R. K. (2011). *International Journal of Advanced Engineering Technology*, 2(4), 211e217.
- Ojeda, G. A., Sgroppo, S. C., & Zaritzky, N. E. (2014). *International Journal of Food Science & Technology*, 49(3), 876–883.
- Ragaert, P.; Devlieghere, F.; Debevere, J. (2007). *Postharvest Biology and Technology*, 44, 185–194
- Sangeetha, G., Thangavelu, R., & Usha Rani, S. (2010). *International Journal of Food Science & Technology*, 45(5), 1024–1032.
- Silva-Weiss, A., Ihl, M., Sobral, P. J. A., Gómez-Guillén, M. C., Bifani, V. (2013). *Food Engineering Reviews*, 5(4), 200-216.
- Singelton, V.L.; Orthofer, R.; Lamuela-Raventos, R. M. (1999). *Oxidants and Antioxidants, Pt A Methods in Enzymology*. 299: 152–178.
- Song Z., Li F., Guan H., Xu Y., Fu Q. & Li D. (2017). *Food Control*, 74, 34–44.
- Tosati, JB., de Oliveira, D., Lerin, LA.; Sarantópoulos, IGL.; Rodrigues, A. (2015). *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*. Volume 5, Issue 3, 281
- Valerga, L; Darré, M; Irigoiti, Y; Concellón, A; Lemoine, ML. (2018). *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, vol. 19, núm. 1.
- Vargas, M.; Chiralt, A.; Albors, A.; Gonzalez- Martinez, C. (2009). *Postharvest Biology and Technology*, 51:263–271.
- Vasco M.F., Campañone L.A., Agnelli M.E. (2016). *VI Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos*. <https://cicytac.cba.gov.ar/wp-content/uploads/2018/03/Conservacioninocuidad.pdf>.
- Wang, X., Kong, D., Ma, Z., and Zhao, R. (2015). *Irish Journal of Agricultural and Food Research*. 54(1) 64–71.