

Efecto de un empaque bioactivo aplicado como cobertura en la calidad de fresas Effect of a bio-active packaging used as a mulch on the quality of strawberries

G. P. Radilla-Serrano^a, S. Rosales-Chimal^{id a}, H. M. Palma-Rodríguez^{id a}, E. Aquino-Torres^{id a}, M. Reyes-Pérez^{id b}
A. Vargas-Torres^{id a,*}

^a Centro de Investigación en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Av. Universidad Km 1, Rancho Universitario, CP 43600, Tulancingo, Hidalgo, México.

^b Área Académica de Ciencias de la Tierra y Materiales, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Mineral de la Reforma 42186, México.

Resumen

En este estudio se utilizaron biopelículas a base de almidón de chayotextle (*Sechium edule Sw*) con extracto y microcápsulas de cáliz de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) como recubrimiento en fresas para prolongar su vida útil. Se obtuvieron recubrimientos con almidón de chayotextle (CH), un recubrimiento con 1.5 mL de extracto (CE) y un recubrimiento con 2.5 g de microcápsulas (CM). El CM mostró una menor pérdida de peso de la fresa en relación con el tiempo de almacenamiento (14 días), se observó un comportamiento similar de mayor dureza en la fresa con este recubrimiento. Los grados Brix y la acidez se controlaron mejor en las fresas con recubrimiento que en las fresas control (sin recubrimiento). Estos resultados indican que los recubrimientos biodegradables con extracto y extracto microencapsulado de flor de jamaica retardan la maduración de la fresa y podrían utilizarse como alternativa para la conservación de alimentos.

Palabras Clave: Fresas, biopelículas, cobertura, propiedades de textura, calidad.

Abstract

In this study, biofilms based on Chayotextle (*Sechium edule Sw*) starch with extract and microcapsules of Jamaican calice (*Hibiscus sabdariffa*) extract were used as a coating on strawberries to prolong their shelf life. A coverage with chayote starch (CH), a coverage with 1.5 mL of extract (CE) and a coverage with 2.5 g of microcapsules (CM) were obtained. The C-2.5 showed a lower weight loss in the strawberry with respect to the storage time (14 days), a similar behaviour of greater hardness was observed in the strawberry with the same coverage. The Brix levels and the acidity of the strawberries were better controlled in the strawberries with a cover than in the control strawberries (without a cover). These results indicate that biodegradable coatings added with extract and microencapsulation of the jamaica flower extract delay strawberry ripening and could be used as an alternative for food preservation.

Keywords: Strawberries, biofilms, coverage, textural properties, quality.

1. Introducción

La fresa (*Fragaria spp.*) pertenece a la familia de las *Rosaceae* en el género *Fragaria*, es un fruto no climatérico caracterizado por su aroma y sabor únicos y altamente deseables (García y Pinzon, 2017). La vida útil postcosecha de la fresa es muy corta. La pérdida de calidad de esta fruta se debe principalmente a su actividad metabólica relativamente alta y su sensibilidad a la descomposición por hongos, es también susceptibles a la pérdida de agua, magulladuras y daños mecánicos debido a su textura blanda y la falta de una cáscara protectora (Colussi, et al, 2021). La

vida útil de las fresas frescas en cámaras frigoríficas (0 °C) está alrededor de 2 semanas posterior a este almacenamiento, tienen un máximo de 3-4 días a temperatura ambiente (aprox. 20 °C). Es por ello, que se han desarrollado diversas tecnologías para la conservación de fresa. Uno de los métodos que actualmente tiene potencial para conservar la vida postcosecha de frutas como la fresa, consisten en una delgada capa de un material comestible y que puede aplicarse directamente sobre un alimento o convertirse en una película y ser usado como envoltura para alimentos sin cambiar los ingredientes originales o el método de procesamiento, actuando como una barrera de resistencia contra la migración

*Autor para la correspondencia: apolonio@uaeh.edu.mx

Correo electrónico: paola.radilla2510@hotmail.com (G. P. Radilla-Serrano), sylviachimalnutricion@gmail.com (S. Rosales-Chimal), heidi_palma9528@uaeh.edu.mx (H. M. Palma-Rodríguez), eaquino@uaeh.edu.mx (E. Aquino-Torres), mreyes@uaeh.edu.mx (M. Reyes-Pérez), apolonio@uaeh.edu.mx (A. Vargas-Torres).

de gases y de agua, además proveen un mayor tiempo de conservación del producto (Martínez-Ortiz *et al.*, 2019). Además, los consumidores modernos, preocupados por su salud, exigen alimentos que conserven su valor nutritivo, textura y frescura. La conservación de estos parámetros de calidad plantea retos únicos a la industria alimentaria porque las frutas tienen un metabolismo activo que puede provocar un rápido deterioro del producto si no se controla. Para ello se han utilizado películas y/o recubrimientos comestibles en frutas frescas para prolongar su vida útil y preservar sus parámetros de calidad (Zambrano-Zaragoza *et al.*, 2013; Vargas-Torres *et al.*, 2017; Martínez-Ortiz *et al.*, 2019). Estos parámetros pueden mejorarse regulando la velocidad de transferencia de humedad, oxígeno, dióxido de carbono, lípidos, compuestos que sintetizan para dar aroma y sabor en frutos y hortalizas (McHugh y Senesi, 2000).

Por lo que se han hecho estudios en donde evalúan el efecto del recubrimiento a base de almidón adicionado con microcápsulas de ácido ascórbico empleado en guayabas. Dicho recubrimiento impacta de manera positiva en la guayaba, incrementando su vida útil debido a que disminuye la tasa de respiración, grados Brix, pérdida de peso y mantiene la firmeza del fruto por mayor tiempo en comparación con el control (Martínez-Ortiz *et al.*, 2019).

En este sentido y debido a las preocupaciones de los consumidores por alimentos saludables, han conducido a explorar nuevas alternativas para ser aplicadas en los procesos alimenticios. El extracto de jamaica ha cobrado gran interés debido a su efecto benéfico en la salud del consumidor debido a la gran variedad de compuestos fenólicos, antocianinas, flavonoides y ácidos orgánicos (Salemet *et al.*, 2022). Por lo que usar el extracto de jamaica encapsulado y adicionado a una biopelícula para ser usada como cobertura en fresas podría influenciar la calidad de este fruto. Por lo que el objetivo de este estudio es evaluar el efecto del extracto de Jamaica y del extracto encapsulado adicionado en una cobertura a base de almidón, sobre las propiedades físico-mecánicas en las fresas recubiertas.

2. Materiales y métodos

2.1. Materia prima

Los tubérculos de chayotextle (*Sechium edule* Sw.) se adquirieron de un mercado local en la ciudad de Tulancingo de Bravo, Hidalgo, México. Las fresas (*fragaria ssp*), se recolectaron de un huerto comercial paralelo 20 S.A de C.V. Huasca de Ocampo, Hidalgo, México, México. Los cálizos de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) se adquirieron de un mercado local en la ciudad de Acapulco, Guerrero, México.

2.2. Aislamiento de almidón

El almidón de chayotextle y de malanga se obtuvieron siguiendo las metodologías propuestas por Aila-Suarez *et al.*, (2013) y Rosales-Chimal *et al.*, (2023), respectivamente.

2.3. Extracto del cáliz de jamaica

Se pesaron 10 g de flor jamaica y se adicionaron 100 mL de agua destilada. Posteriormente en una parrilla de

calentamiento (Cole-Parmer StableTemp, AO-03405-21) se llevó a una temperatura de 90 °C por 10 min, transcurrido el tiempo se dejó enfriar a temperatura ambiente para su posterior encapsulación.

2.4. Encapsulación del extracto de jamaica

Se mezclaron 26.3 g de almidón de malanga con 74.6 mL de extracto de cáliz de jamaica (concentración 10:100). La mezcla fue homogenizada y alimentada en el secador por aspersión (Mini Spray Dryer B-290, Büchi Labortechnik AG, Flawil, Suiza). A una velocidad de 5 mL/min, con una temperatura de entrada y salida de 118 y 60 °C, respectivamente. Las microcápsulas obtenidas se recolectaron y almacenaron en bolsas herméticas oscuras a temperatura 5° C, hasta su posterior uso.

2.5. Elaboración de coberturas de almidón de chayotextle

Las coberturas se prepararon con 2 g de almidón de chayotextle, 1 g de glicerol, y 170 mL de agua. La solución se colocó en mini reactor, conectado a un recirculador (Polyscience, 912) y se agitó a 100 rpm, la mezcla se calentó a 90 °C durante 10 min. La solución obtenida fue enfriada a 40 °C antes de adicionar el extracto y/o microcápsulas.

Las soluciones obtenidas para cobertura fueron tres, la primera únicamente con almidón de chayotextle (CH), mientras que la segunda y tercera fueron adicionadas con 1.5 mL extracto de jamaica (CE) y 2.5 g de microcápsulas (CM), respectivamente.

2.6. Aplicación de las coberturas en las fresas

Las fresas se recolectaron de la misma cosecha, lote, tamaños y pesos similares sin ningún daño físico ni signos visibles de enfermedad. Después fueron sanitizadas por inmersión en una solución desinfectante de frutas (Biopur, México) durante 10 min. Posteriormente se les aplicó la cobertura con el uso de un aerógrafo y se dejó secar en un horno de convección a 35 °C por 1 h. La aplicación del recubrimiento se evaluó durante el almacenamiento (4 °C y 95% HR) durante 14 días.

2.7. Firmeza y pérdida de peso

La firmeza de las fresas, control y las recubiertas fue determinada utilizando un analizador de textura (TA.XTplus, Vienna Court, UK) equipado con una punta de acero inoxidable de 2 mm de diámetro, la cual perforó el espesor en la mitad de la muestra con una velocidad de 1 mm s⁻¹, a una profundidad de 6 mm, obteniendo de la prueba la fuerza máxima que es necesaria para perforar el fruto registrada en Newtons. Para la determinación de pérdida de peso fueron usados diez frutos por tratamiento y se colocaron en frascos de vidrio, los cuales fueron pesados en una balanza analítica diariamente, expresando los resultados en porcentaje de pérdida de peso (%), calculado con la ecuación 1 (Mata-Montes de Oca *et al.*, 2007):

$$\text{Pérdida de peso (\%)} = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \times 100 \quad (1)$$

2.8. Acidez titulable, pH, sólidos totales solubles (°Brix)

La acidez titulable (AT) fue determinada de acuerdo con el método 942.15 de la AOAC (2005). Se homogenizaron 5 g de pulpa del fruto en 25 mL de agua destilada y se tituló la solución con NaOH (0.1N), empleando fenolftaleína como indicador, esto se llevó a cabo en un titulador automático (SCHOTT Instruments, Tritoline 7500 KF, Alemania) usando un electrodo de vidrio calibrado previamente, los resultados fueron expresados como porcentaje de ácido cítrico. Los cambios de pH se determinaron tomando la lectura de este directamente en la pulpa homogenizada con un potenciómetro. (HANNA Instruments Ltd, HI 221, Bedford, Reino Unido). Los sólidos solubles totales (SST) se determinaron mediante la medida del índice de refracción del jugo de la muestra. Para esta prueba se colocó una gota de muestra en la superficie lectora del refractómetro de mesa tipo ABBE (Abbe 315RS, Royal Tunbridge Wells, Reino Unido) previamente calibrado con agua destilada (Método 932.12, AOAC, 2005).

3. Resultados

3.1. Firmeza

La firmeza es uno de los cambios físicos más notables utilizados para evaluar la calidad de los productos frescos y está estrechamente relacionado con la tasa de pérdida de agua, así como con los cambios metabólicos dentro de la fruta, incluida la pérdida de la integridad de la membrana, hidrólisis de celulosa y hemicelulosa, y la despolimerización de pectina y almidón (Mdutshwa *et al.*, 2017).

En la fruta control se observa una disminución continua de la firmeza con el incremento de los días de almacenamiento, mostrando valores aproximadamente de 19.008 N a 3.72 N, en los días 0 y 14, respectivamente. La fresa recubierta solo con almidón (CH) mostró una ligera reducción en firmeza, hasta el día 9, lo que indica que este recubrimiento tiene un impacto significativo en la calidad de la fruta; sin embargo, la incorporación de extracto (CE) y encapsulado (CM) mostraron los valores más altos de fuerza, lo que indica mayor firmeza en la fresa hasta el día 11, observando valores mayores para la cobertura de CM y

mostrando diferencias estadísticas con CH y CE.

El ablandamiento de los frutos respecto a los días de almacenamiento se debe principalmente a la solubilización de la pectina, pérdida de galactosa, arabinosa y despolimerización de xiloglucano durante la maduración y las condiciones postcosecha, las enzimas como poligalacturonasa, β -galactosidasa y pectin-metil-esterasa juegan un papel muy importante en el rompimiento de polisacáridos de la pared celular, impactando de manera negativa en la firmeza y cohesión estructural de los frutos (Lin *et al.*, 2018).

El efecto de la cobertura de CH, CE y CM forman una barrera que limita el suministro de oxígeno, provocando una disminución en la tasa de actividades enzimáticas. Otros estudios mencionan que la adición de compuestos bioactivos podría influir en la integridad de la cobertura (Lo'ay y Taher, 2018), otro estudio en donde se recubrió guayaba con una solución de almidón y ácido ascórbico encapsulado (Martínez-Ortiz *et al.*, 2019), mostró un comportamiento similar al observado en este estudio, los autores mencionan que esto puede ser debido a que las microcápsulas podrían impedir el libre paso de las moléculas de agua del interior al exterior, lo que podría influenciar en la vida útil de producto y en la dureza.

3.2. Pérdida de peso

La pérdida de peso está directamente relacionada con la pérdida de humedad del fruto, que es un aspecto muy importante de almacenamiento y está impulsada por la diferencia de presión de vapor de agua entre la superficie del fruto y el ambiente (Brasil y Siddiqui, 2018).

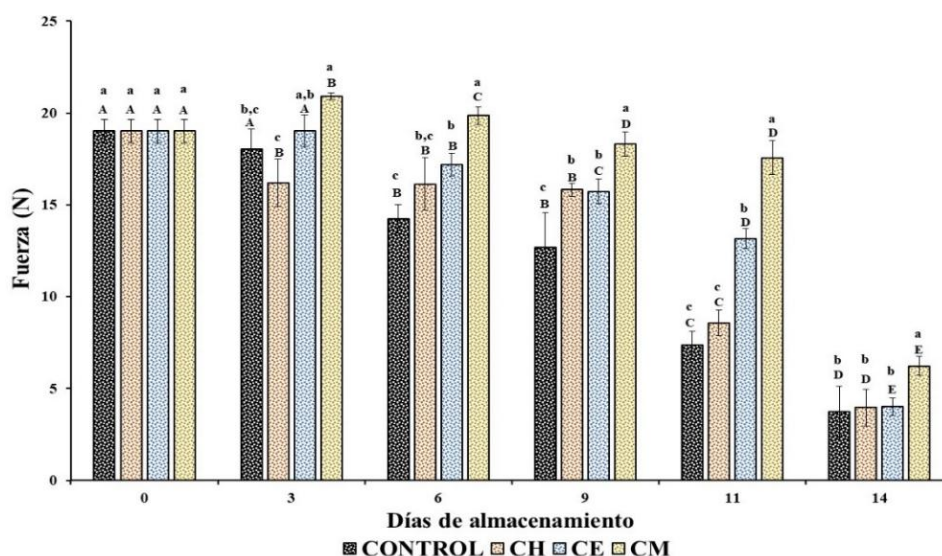


Figura 1: Efecto de la cobertura a base de almidón de chayotextle adicionada con extracto de jamaica y microencapsulado de jamaica sobre la firmeza de la fresa durante 14 días de almacenamiento a 4 °C

Tabla 1. Efecto de las diferentes formulaciones de coberturas a base de almidón de chayotextle adicionadas con extracto o microencapsulado de jamaica

DÍAS	CONTROL	CH	CE	CM
0	26.625 ± 0.458 ^{a, A}	26.625 ± 0.458 ^{a, A}	26.625 ± 0.458 ^{a, A}	26.625 ± 0.458 ^{a, A}
3	24.037 ± 0.670 ^{a, B}	24.563 ± 0.442 ^{a, A}	24.878 ± 0.349 ^{a, A}	25.311 ± 0.518 ^{a, A}
6	22.942 ± 0.279 ^{b, BC}	24.492 ± 0.339 ^{a, A}	24.059 ± 0.642 ^{ab, AB}	24.547 ± 0.401 ^{a, A}
9	22.577 ± 0.279 ^{b, CD}	24.357 ± 0.424 ^{a, AB}	23.366 ± 0.674 ^{ab, AB}	24.381 ± 0.460 ^{a, A}
11	21.602 ± 0.311 ^{b, D}	23.074 ± 0.505 ^{a, B}	22.472 ± 0.627 ^{ab, B}	23.291 ± 0.694 ^{a, AB}
14	17.847 ± 0.347 ^{b, E}	17.235 ± 0.387 ^{b, C}	21.118 ± 0.540 ^{a, C}	22.134 ± 0.823 ^{a, B}

Los datos son la media de 4 réplicas ± la desviación estándar. Las letras en minúscula indican diferencias estadísticamente significativas en las formulaciones y las letras en mayúsculas indican diferencias estadísticamente significativas en los días ($p \leq 0.05$). Control: Fresa sin cobertura. CH: Fresa con cobertura de almidón de chayotextle. CE: Fresa con cobertura de almidón de chayotextle y extracto de jamaica. CM: Fresa con cobertura de almidón chayotextle y microcápsulas de extracto de jamaica.

aplicadas a las fresas sobre la pérdida de peso (g).

y el microencapsulado de jamaica, juegan un papel importante en este comportamiento. La reducción en la pérdida de peso de la fruta recubierta se atribuye al efecto protector del recubrimiento comestible a base de polisacáridos (Martínez-Ortiz *et al.*, 2019). Otros autores han reportado que el uso de extractos y sólidos inmersos en la cobertura pueden formar complejos mediante enlaces químicos, o puede incrementar la viscosidad de la solución de cobertura, en donde reportan que estos cambios en las soluciones de cobertura mejoran la distribución y la adherencia a los frutos lo que impacta en la tasa de transferencia de vapor de agua del interior al exterior del fruto, e influye en la disminución de la entrada del oxígeno al fruto, lo que afecta la tasa de respiración, decreciendo la velocidad de reacciones en el fruto (Saleem *et al.*, 2021; Nur

et al., 2021). Similar comportamiento fue reportado en fresas, pero recubiertas con quitosano por Khan *et al.*, 2019, en donde la fresa control (sin cobertura) registro una mayor pérdida de peso, con el incremento de los días de almacenamiento.

No se observó diferencia estadística significativa ($p \leq 0.05$), entre los tratamientos en los días 0 a 3 de almacenamiento (Ver Tabla 1), y por efecto de la cobertura. Las fresas sin cobertura (Control) y CH mostraron la mayor pérdida peso, restando el día 0 menos el día 14 de almacenamiento, observando una reducción en peso de ~8.8 g. Sin embargo, en las fresas recubiertas con CE y CM mostraron una menor pérdida de peso de ~ 5 g y ~ 4 g, respectivamente. En donde la adición del extracto de jamaica en los procesos de síntesis en el fruto. Es también observado que durante los 14 días de almacenamiento la fresa (control) mostro valores de acidez bajos en comparación con las fresas recubiertas, y las fresas recubiertas con CM mostraron los valores mayores de acidez, seguida por CH y CE. Este incremento en los valores de acidez en las fresas recubiertas es debido a lo que reporta Dávila-Aviña *et al.*, (2017), donde las coberturas en frutos retardan el proceso de respiración anaerobia debido a que se incrementa la concentración de piruvato en las células durante el almacenamiento.

3.3. Acidez titulable

En la Figura 1 podemos observar el comportamiento de la acidez titulable durante el almacenamiento, la cual disminuye con el incremento en los días de almacenamiento.

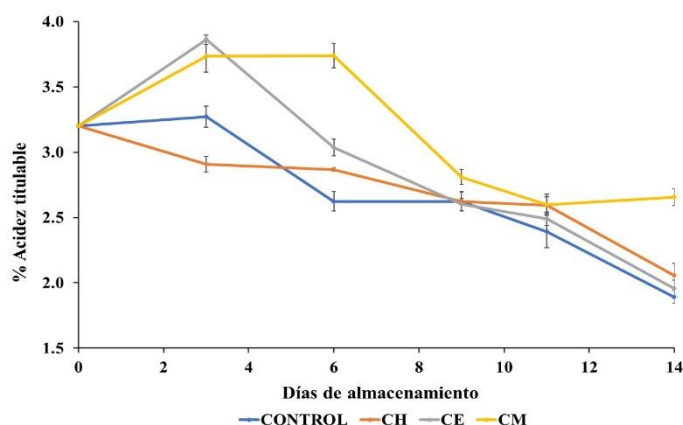


Figura 1: Determinación de acidez titulable (%) en fresas con coberturas elaboradas a base de almidón de chayotextle-adicionadas con extracto de jamaica y microencapsulados

Sin embargo, se observa también que la muestra control y la CH mostraron valores bajos de acidez en los días 0 al 9. Los valores de acidez están relacionados con la cantidad de azúcares en el fruto, por lo tanto, a mayor acidez, menor azúcares (Shigematsu *et al.*, 2018), lo que indica el retardo

Las frutas con coberturas CM y CE mostraron mayores valores de acidez, lo que podría indicar 2 cosas, que se estén cuantificando los ácidos orgánicos presentes en el extracto o que el extracto y el microencapsulado están funcionando como reforzamiento en la matriz de la cobertura (Dai *et al.*, 2015), impidiendo el libre paso del oxígeno hacia el fruto, lo que decrece la velocidad de las reacciones bioquímicas y por consecuencia la velocidad de maduración. Algunos estudios reportan que la estructura química del almidón debido a sus grupos -OH expuestos puede interaccionar por puentes de hidrógeno con otras estructuras químicas (Lu *et al.*, 2006), esto podría estar provocando una fuerte interacción química con el extracto de jamaica y/o las microcápsulas con la matriz de la cobertura, reduciendo el número de poros o microfracturas en la cobertura, impidiendo el paso del O₂ y

afectando la tasa de reacciones químicas que con llevan a la maduración de los frutos.

3.4. pH, y solidos totales solubles

El pH de las frutas frescas muestra valores en un intervalo de 3 a 3.9, dicho valor puede ser influenciados por la variedad en la fruta, nivel de maduración, condiciones de almacenamiento y contaminación microbiana (Gross *et al.*, 2016). El pH en las fresas en este estudio mostró un valor de 3.278 ± 0.026 , en el día cero de almacenamiento y fue incrementado conforme transcurrían los días de almacenamiento. Este comportamiento fue más notable en la fresa control y CH, observando valores en el día 14 de almacenamiento de 3.415 ± 0.019 , y 3.350 ± 0.059 , respectivamente. Sin embargo, menores incrementos en los valores de pH fueron observados en las fresas recubiertas con CE con valores de 3.332 ± 0.059 y de 3.280 ± 0.012 para CM. La disminución de los valores de pH puede deberse a las bajas actividades metabólicas y a la baja tasa de respiración en los frutos (Han *et al.*, 2004), lo que favorece la vida de anaquel del producto.

La concentración de sólidos solubles totales (°Brix), son relacionados con la dulzura en los frutos, este incrementa a medida que los ácidos orgánicos (acidez titulable), son utilizados como sustrato en las reacciones químicas y enzimáticas que contribuyen con el proceso de maduración (Kowalczyk *et al.*, 2017). La Figura 2, muestra el efecto del recubrimiento sobre el contenido de los °Brix con respecto a los días de almacenamiento. Los frutos de fresa control, y los recubiertos mostraron un incremento similar del día 0 al día 3 de almacenamiento. Sin embargo, del día 3 al día 9 la muestra control y CH mostraron mayores valores de °Brix, lo indica que los procesos de maduración se están llevando a cabo más rápido que en CE y CM, lo que concuerda con los resultados obtenidos en este estudio de pérdida de peso, acidez titulable, firmeza y pH, en donde la muestra control y CH mostraron cambios más notables que las fresas recubiertas con CE y CM, indicando una mayor tasa de reacciones químicas y bioquímicas que conllevan a la maduración del fruto.

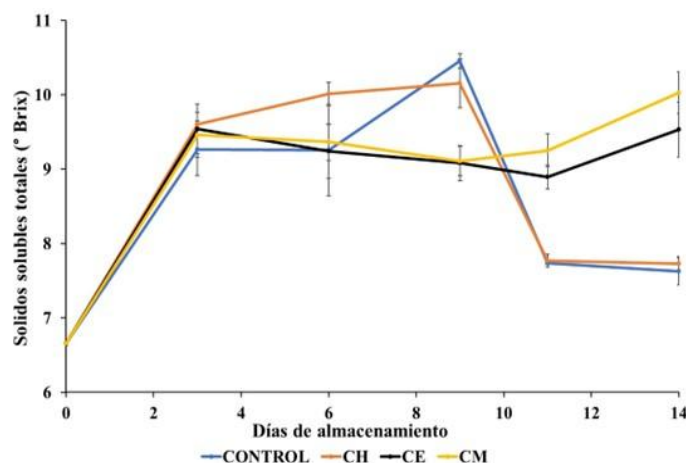


Figura 2: Determinación de solidos solubles totales (°Brix) en fresas con coberturas a base de almidón de chayotextle adicionadas con extracto de jamica y microencapsulados

También es observado en la fresa control al día 11 y 14 una drástica reducción de los sólidos solubles, este comportamiento puede ser debido a que en esos días inicie la etapa de senescencia de la fresa y que °Brix y ácidos orgánicos presentes estén siendo utilizados como sustratos de la respiración para síntesis de nuevos componentes (Kays, 1997). Por otro lado, las coberturas de CE, CM, los compuestos presentes en el extracto de Jamaica y el microencapsulado podrían estar jugando un papel importante, ya que como se describió anteriormente por Dai *et al.*, 2015; Lu *et al.*, 2006, los grupos -OH, el extracto y las microcápsulas podrían impedir el libre paso del O₂ al interior de la fresa disminuyendo las reacciones de maduración en el fruto.

4. Conclusiones

En el presente trabajo se estudió el efecto de recubrimientos de almidón de chayotextle con extracto de flor de jamaica y el extracto microencapsulado sobre la vida útil de las fresas. Las formulaciones que contenían el extracto y microencapsulado fueron las más eficaces para retrasar cambios de maduración en guayabas, tales como mantener el peso, prolongar la textura, y controlar el pH y la acidez. La firmeza es la principal calidad sensorial de las frutas frescas. En general, la aplicación de recubrimientos a base de almidón comestible y recubrimientos mezclados con extracto de jamaica y extracto microencapsulado es una buena alternativa para conservar los atributos de calidad originales de las frutas y prolongar su vida útil.

Agradecimientos

Guadalupe Paola Radilla-Serrano agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT-México) por la beca otorgada para estudiar la maestría en el Instituto de Ciencias Agropecuarias, (ICAP-UAEH).

Referencias

- García, O. y Pinzón, M. (2017). Efecto de recubrimientos de almidón de plátano guayabo (*Musa paradisiaca* L.) en la calidad de fresas. *Alimentos Hoy*, 24, 92-102.
- Colussi, R., Ferreira da Silva, W. M., Biduski, B., Mello El Halal, S. L., da Rosa Zavareze, E. y Guerra Dias, A. R. (2021). Postharvest quality and antioxidant activity extension of strawberry fruit using allyl isothiocyanate encapsulated by electrospun zein ultrafine fibers. *LWT-Food Science and Technology*, 143, 111087.
- Martínez-Ortiz, M. A., Palma-Rodríguez, H. M., Montalvo-González, E., Sáyo-Ayerdi, S. G., Utrilla-Coello, R. y Vargas-Torres, A. (2019). Effect of using microencapsulated ascorbic acid in coatings based on resistant starch chayotextle on the quality of guava fruit. *Scientia Horticulturae*, 256, 1-8.
- Zambrano-Zaragoza, M., Mercado-Silva, E., Ramirez-Zamorano, P., Cornejo-Villegas, M., Gutiérrez-Cortez, E. y Quintanar-Guerrero, D. (2013). Use of solid lipid nanoparticles (SLNs) in edible coatings to increase guava (*Psidium guajava* L.) shelf-life. *Food Research International*, 51, 946-953.
- Vargas-Torres, A., Becerra-Loza, A.S., Sayago-Ayerdi, S.G., Palma-Rodríguez, H.M., de Lourdes García-Magaña, M. y Montalvo-González, E. (2017). Combined effect of the application of 1-MCP and different edible coatings on the fruit quality of jackfruit bulbs (*Artocarpus heterophyllus* Lam) during cold storage. *Scientia Horticulturae*, 214, 221-227.

- McHugh, T., Senesi, E., 2000. Apple wraps: a novel method to improve the quality and extend the shelf life of fresh-cut apples. *Journal of Food Science*, 65, 480–485.
- Salem, M. A., Zayed, A., Beshay, M. E., Abdel Mesih, M. M., Ben Khayal, R. F., George, F. A., y Ezzat, S. M. (2022). Hibiscus sabdariffa L.: phytoconstituents, nutritive, and pharmacological applications. *Advances in Traditional Medicine*, 22, 497–507.
- Khan, I., Tango, N. C., Chelliah, R., & Deog-Hwan, O. (2019). Development of antimicrobial edible coating based on modified chitosan for the improvement of strawberries shelf life. *Food Science Biotechnology*, 28, 1257-1264.
- Aila-Suárez, S., Palma-Rodríguez, H. M., Rodríguez-Hernández, A. I., Hernández-Urbe, J. P., Bello Pérez, L. A., & Vargas-Torres, A. (2013). Characterization of films made with chayote tuber and potato starches blending with cellulose nanoparticles. *Carbohydrate Polymers*, 98, 102-107.
- AOAC, 2005. Official Methods of Analysis of AOAC International (2005), 18th ed. AOAC International, Gaithersburg, MD, USA.
- Mditshwa, A., Magwaza, L. S., Tesfay, S. Z., & Mbili, N. (2017). Postharvest quality and composition of organically and conventionally produced fruits: A review. *Scientia Horticulturae*, 216, 148-159.
- Lin, Y., Lin, Y., Lin, H., Lin, M., Li, H., Yuan, F., Chen Y y Xiao, J. (2018). Effects of paper containing 1-MCP postharvest treatment on the disassembly of cell wall polysaccharides and softening in Younai plum fruit during storage. *Food Chemistry*, 264, 1-8.
- Lo'ay, A. A. y Taher, M. A. (2018). Influence of edible coatings chitosan/PVP blending with salicylic acid on biochemical fruit skin browning incidence and shelf life of guava fruits cv. 'Banati'. *Scientia Horticulturae*, 235, 424-436.
- Brasil, I. M. y Siddiqui, M. W. (2018). Chapter 1 - Postharvest Quality of Fruits and Vegetables: An Overview. In M. W. Siddiqui (Ed.), *Preharvest Modulation of Postharvest Fruit and Vegetable Quality* (pp. 1e-40): Academic Press.
- Nur, B. M., Zaidiyah, Z. y Luthfi, F. (2021). Characteristics of corn starch-based edible coating enriched with curry leaf extract on quality of the strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 922, 012065.
- Shigematsu, E., Dorta, C., Rodrigues, F. J., Cedran, M. F., Giannoni, J. A., Oshiiwa, M. y Mauro, M. A. (2018). Edible coating with probiotic as a quality factor for minimally processed carrots. *Journal of Food Science and Technology*, 55, 3712-3720.
- Dávila-Aviña, J., Gil Chavez, G. J., Olivas, G., Ayala-Zavala, J. F., M, R.-D., Pareek, S., y Ga, G.-A. (2017). Evaluation of Edible Coatings Effect on Anaerobic Metabolism and Volatile Compounds Production of Fresh Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cv. "Grandella". *Research Journal of Chemical and Environmental Sciences*, 53, 62-75.
- Dai, L., Qiu, C., Xiong, L. y Sun, Q. (2015). Characterisation of corn starch-based films reinforced with taro starch nanoparticles. *Food Chemistry*, 174, 82-88.
- Lu, Y., Weng, L. y Cao, X., 2006. Morphological, thermal and mechanical properties of ramie crystallites—reinforced plasticized starch biocomposites. *Carbohydrate Polymers* 63, 198–204.
- Gross, K. C., Wang, C. Y. y Saltveit, M. E. (2016). The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks: United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service
- Han, C., Zhao, Y., Leonard, S. W. y Traber, M. G. (2004). Edible coatings to improve storability and enhance nutritional value of fresh and frozen strawberries (*Fragaria × ananassa*) and raspberries (*Rubus ideaus*). *Postharvest Biology and Technology*, 33, 67-78.
- Kowalczyk, D., Kordowska-Wiater, M., Zięba, E. y Baraniak, B. (2017). Effect of carboxymethylcellulose/candelilla wax coating containing potassium sorbate on microbiological and physicochemical attributes of pears. *Scientia Horticulturae*, 218, 326-333.
- Kays, S. (1997). *Postharvest physiology of perishable plant products*. Exon Press. Athens, GA.