

EVALUACIÓN DE LAS FORMULACIONES DE PELÍCULA COMESTIBLE DE NOSTOC SPHAERICUM APLICADAS A LA CONSERVACIÓN DE FRESAS

EVALUATION OF EDIBLE FILM FORMULATIONS OF NOSTOC SPHAERICUM APPLIED IN THE PRESERVATION OF STRAWBERRIES

Carlos Guillermo Seguil Mirones^{1*}; Zayuri Kantu Mendoza Falcon²; Enzo Martin Casimiro Soriano^{3*}

1* Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional del Centro del Perú.

Av. Mariscal Castilla 3909. Distrito El Tambo, provincia Huancayo, región Junín, Perú. Correo electrónico: cseguil60@yahoo.com

2. Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional del Centro del Perú. Correo electrónico: zayu_11_11@hotmail.com

3* Instituto General de Investigación. Universidad Nacional del Centro del Perú. Correo electrónico: ecasimiroSORIANO@gmail.com

Recibido: 23 de octubre de 2020

Aceptado: 15 de abril de 2021

Abstract

The high perishability rate in strawberries (*Fragaria x ananassa*) complicates their post-harvest storage, creating the need to develop effective means of preservation. The research studied the physicochemical qualities of strawberries coated with edible films based on Nostoc (*Nostoc Sphaericum*). The films were generated by immersing the fruit in solutions of Nostoc polysaccharides at 0,7% (A), 1,0% (B) and 1,3% (C) concentration (p/v). The product was stored for 8 days at room temperature (18 ± 2 ° C), subsequently the quality parameters were measured. The DBCA design was applied with a significance level of 5%. The texture was found to vary directly with the polysaccharide concentration in the coating. The average weight loss for treatments A, B, C and the pattern were 66,92%, 60,92%, 49,06% and 41,72%, respectively. In all cases, a variation of less than 0,3 was observed in the pH scale and greater than 0,3% for acidity, without significant differences. The variation in SST for the treatments was 4,9 (C), 5,2 (A) and 7,4 (B) ° brix. An extension of the useful life of 16% of strawberries up to two

days was determined. It was determined that the application of Nostoc films prolong the useful life of strawberries, highlighting their performance in weight loss and texture compared to the control sample, on the descending scale C> B> A.

Keywords: Edible coating, polysaccharides, Nostoc Sphaericum, strawberry, physicochemical, shelf life

1. Introducción

La fresa (*Fragaria x ananassa*) es una fruta no climatérica muy consumida debido a su sabor y características nutricionales. Se considera una fuente notable de vitaminas (A, B1, B2, B6, C y E), β -carotenos y otros componentes bioactivos como fibra soluble, antioxidantes, polifenoles, flavonoides, antocianinas y taninos (Gol et al., 2013; Luksiene y Buchovec, 2019). Los ácidos predominantes en la fresa son cítrico y málico (Parvez y Wani, 2018).

A pesar de su alto volumen de consumo, la fresa es una fruta muy perecible, con un tiempo de vida post-cosecha de 5 días entre 0-4°C (Parvez y Wani, 2018). El deterioro del fruto se debe a la susceptibilidad al daño mecánico, cortes y aplastamiento (gracias a la cáscara delgada y textura suave), desordenes fisiológicos e infecciones causadas por *Penicillium* sp, *Botrytis cinerea*, *Monilinia* sp, *Rhizopus stolonifer*, *Collectotrichum*, *Mucor*, *Phytophthora*, entre otros (Barrazueta et al., 2018; Li et al., 2017).

Las técnicas usuales para la preservación de fresas incluyen la aplicación de fungicidas, tratamientos de calor, enfriamiento (Luksiene y Buchovec, 2019; Aitboulahsen et al., 2018; Contigiani et al., 2018; Li et al., 2017), deshidratación, empacamiento en atmósfera modificada, tratamiento osmótico, ultrasonido, tratamientos químicos (Martínez et al., 2018), recubrimientos comestibles de polisacáridos (Gol et al., 2013; Guerreiro et al., 2015) y combinaciones, que llegan a alterar atributos como color, textura y olor (Romanazzi et al., 2013).

Los recubrimientos comestibles han cobrado interés debido a su uso

como conservantes naturales, ecoamigables y no tóxicos que mantienen la calidad de la fruta al igual que los métodos de preservación en atmósfera modificada, aunque con menor costo y procesamiento (Ju et al., 2019). Actúan como barreras semipermeables que reducen el intercambio gaseoso (O₂ y CO₂), reducen la velocidad de respiración celular, pérdida de agua por evaporación, pérdida de compuestos volátiles y actúan como barrera física para el acceso a microorganismos perjudiciales (Barrazueta et al., 2018).

El tratamiento se consigue agregando una capa delgada sobre la superficie del fruto hecha de material comestible basado en polisacáridos, lípidos, proteínas o sus combinaciones (Aitboulahsen et al., 2018; Martínez et al., 2018; Guerreiro et al., 2015). Se suelen incluir antibióticos y antioxidantes en las matrices poliméricas de quitosano (Luksiene y Buchovec, 2019; Pagliarulo et al., 2016; Perdonnes et al., 2012), almidón (Campos et al., 2011), metilcelulosa (Nadim et al., 2015) y similares (Li et al., 2017).

El nostoc común (*Nostoc sphaericum*) es una especie de cianobacteria de la familia Nostoceae, es consumida en Asia y Sudamérica. Crece regularmente en colonias de 10 a 25 mm de diámetros situadas en humedales andinos, lagos y lagunas sobre los 3000 msnm en Ecuador, Bolivia, Perú y el norte de Chile (Ponce, 2014). Posee elevado contenido de proteínas, aminoácidos, vitaminas, minerales, ácidos grasos poliinsaturados y pigmentos como clorofila, ficocianina y escitonemina que le brindan resistencia UV y antioxidante (Galetovic et al., 2017). Debido a su contenido de criptoficina, heteroglicanos, antioxidantes polifenólicos, se ha demostrado.

su capacidad antiinflamatoria, anti-biótica (Liao et al., 2015), conservante y anticancerígena (Li y Guo, 2018; Shen et al., 2018). La caracterización de películas de Nostoc demostró la existencia de α -D-glucopiranososa, β -D-xilopiranososa, β -D-ribopiranososa, arabinosa y derivados en las paredes celulares (Rodríguez et al., 2017).

su capacidad antiinflamatoria, anti-biótica (Liao et al., 2015), conservante y anticancerígena (Li y Guo, 2018; Shen et al., 2018). La caracterización de películas de Nostoc demostró la existencia de α -D-glucopiranososa, β -D-xilopiranososa, β -D-ribopiranososa, arabinosa y derivados en las paredes celulares (Rodríguez et al., 2017).

2. Materiales y Métodos.

2.1. Lugar de Ejecución

La preparación de soluciones de cobertura de Nostoc, recubrimiento y almacenamiento de las muestras de fresas recubiertas se realizó en el Laboratorio de Química de Alimentos de la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional del Centro del Perú, ubicada en la ciudad de Huancayo, región Junín del Perú (3259 msnm, temperatura 5 - 20°C y 0% de humedad relativa).

2.2. Materiales y preparación de muestras.

Se utilizaron muestras de nostoc (*Nostoc sphaericum*) procedentes del distrito de Cullhuas, provincia de Huancayo, región Junín (3688 msnm, temperatura de 5 - 13 °C y 0% de humedad relativa). Las muestras de cianobacteria se seleccionaron, lavaron con agua, desinfectaron a 60 ppm y se almacenaron a 0 - 3 °C. Posteriormente, se extrajeron y purificaron los polisacáridos aplicando el método

modificado descrito por Jurado et al. (2014), se secaron en estufa a 60 °C, fueron molidos, tamizados y almacenados en desecador para emplearse como materia prima.

Las fresas (*Fragaria x ananassa*) fueron compradas en el mercado local, provenientes del distrito de Huaral, región Lima (186 msnm, temperatura ambiental 13-20°C y 55% de humedad relativa), seleccionadas bajo criterios de madurez, tamaño, libres de infestación y defectos físicos, luego fueron lavadas, desinfectadas y secadas a temperatura ambiente. Las muestras de fresas no tuvieron más de 2 días de almacenamiento post-cosecha antes de su adquisición.

2.3. Aplicación de Películas.

Las soluciones de nostoc se prepararon disolviendo totalmente las muestras secas de cianobacteria en agua a 40°C, luego se adicionaron cantidades proporcionales de glicerol (15,0 % m/v) como plastificante y conservante sorbato de potasio (0,1 % m/v). Las soluciones finales de polisacárido tuvieron concentraciones de 0,7 % (tratamiento A), 1,0 % (Tratamiento B) y 1,3 % (Tratamiento C) en m/v. Las mezclas coloidales para tratamiento se homogenizaron y dejaron reposar por un minuto para su uso.

Los recubrimientos se aplicaron utilizando el método de inmersión descrito por Djioua et al. (2010), se dejó drenar la solución sobrante en cada fruto para homogenizar el espesor de las capas y se secaron las películas por aire frío. Las fresas recubiertas se almacenaron por 8 días a temperatura ambiente (18 ± 2 °C), aisladas del contacto con insectos, ambiente seco y la luz del sol. Las muestras se separaron en dos grupos generales: fresas con

recubrimiento y fresas sin recubrimiento (control). El estado de conservación y cualidades de las fresas se revisaron diariamente.

2.4. Evaluación mecánica y fisicoquímica de fresa recubierta.

En todas las muestras se realizaron los análisis mecánicos y fisicoquímicos por triplicado, empleando el diseño estadístico de bloques completamente al azar (DBCA) con un análisis de varianza (ANOVA) de confiabilidad alta ($\alpha = 5\%$). Para los análisis se tomaron al azar 5 muestras de fresas recubiertas por cada tratamiento y de control seleccionadas al azar. La evaluación se realizó cada 24 h después de haberse aplicado el recubrimiento, durante 8 días seguidos. Para el análisis estadístico, procesamiento de datos, organización, gráficos y varianza se utilizó el software Statistical MINITAB 18.

Textura. Se midió por presión ecuatorial sobre el fruto utilizando un penetrómetro analógico para frutas con soporte de capacidad máxima de 1 Kg, punta de 6 mm de diámetro y se expresaron los resultados en kg/cm².

Pérdida de peso. Se evaluó por el método gravimétrico (pesado directo), utilizando una balanza analítica Adventurer OHAUS Modelo AR3130 Blanco cada 24 horas.

pH y acidez. Las muestras seleccionadas al azar se molieron con una licuadora, se filtraron con gaza y se midieron los parámetros en el jugo del fruto. El pH se determinó directamente con un potenciómetro marca Hanna Instruments calibrado, de acuerdo a lo descrito por Maraie y Elsayy (2017). La acidez se determinó por titulación de 10 mL de jugo claro del fruto diluido en 100 mL de agua desionizada con NaOH 0,1 N previamente.

estandarizada (AOAC, 1995). Los resultados se expresaron en % ácido cítrico.

Sólidos solubles totales. Este parámetro fue determinado mediante el método refractométrico a través de la lectura en un refractómetro de (0 – 32 °Brix) de acuerdo a lo descrito por Ozkurt y Altuntas (2018).

Tiempo de vida útil. Se realizó inspección visual cada 24 horas para cada fresa, identificando la presencia de hongos, levaduras o ataques patógenos de *Penicillium* sp, *Botrytis cinerea*, *Rhizopus stolonifer* y similares.

3. Resultados y discusión.

3.1. Textura

En la figura 1 se muestra la tendencia de progresiva disminución en la firmeza de las fresas durante los 8 días de almacenamiento. El análisis ANOVA indicó ausencia de diferencias significativas entre todos los tratamientos. La media mayor correspondió al tratamiento C en el recubrimiento comestible y la menor media corresponde a la muestra control para el total de días almacenados. El tratamiento A aplicado en el pericarpio de la mostró una mejor textura durante los días 6, 7 y 8 de almacenamiento. El control sufrió las mayores pérdidas de textura, especialmente durante los días 3 y 4 de experimentación.

La textura en fresas disminuye con el tiempo de almacenamiento a pesar del uso de recubrimientos, esto se debe al propio proceso de descomposición interno del fruto (enzimas proteolíticas, respiración celular y evaporación) y por efecto de organismos (hongos y bacterias) en la superficie del fruto (Restrepo y Aristizábal, 2010). A pesar de ello, los frutos con recubrimientos poseen una textura más firme durante mayor tiempo,

a diferencia de la muestra control e independientemente de la temperatura.

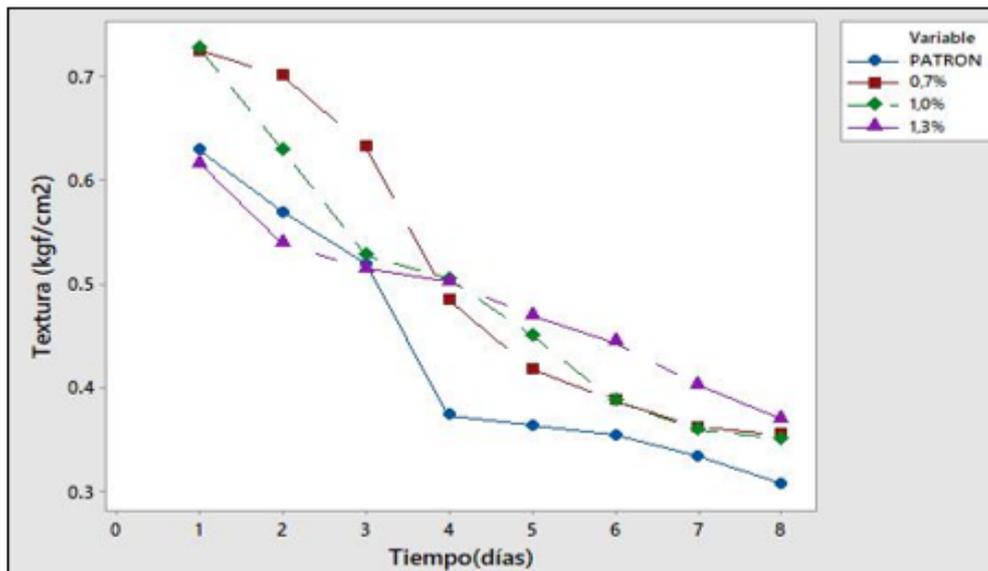


Figura 1. Pérdida de firmeza en fresas para los tratamientos de recubrimiento A(1,3%), B(1,0%), C(0,7%) y el control, durante 8 días de almacenamiento.

La textura en fresas disminuye con el tiempo de almacenamiento a pesar del uso de recubrimientos, esto se debe al propio proceso de descomposición interno del fruto (enzimas proteolíticas, respiración celular y evaporación) y por efecto de organismos (hongos y bacterias) en la superficie del fruto (Restrepo y Aristizábal, 2010). A pesar de ello, los frutos con recubrimientos poseen una textura más firme durante mayor tiempo, a diferencia de la muestra control e independientemente de la temperatura.

Las películas de polisacáridos en el nostoc, formados por unidades de glucosa, galactosa, xilosa y ácidos urónicos (Liao et al., 2015), demuestran su eficacia como recubrimiento en fresas, similar a lo descrito para quitosano, proteína de soya y almidón de yuca (Saavedra, 2010). En estos casos, se ha demostrado que los polisacáridos y proteínas.

son capaces de formar una cubierta estructural fuerte (Barrazueta et al., 2018), con cadenas moleculares de gran peso molecular, atraídas por fuerzas intermoleculares de origen polar que le brindan resistencia mecánica (Rodríguez et al., 2017). Debido a que la cubierta de nostoc también contiene antioxidantes, puede actuar como barrera química para la luz y acción de agentes descomponedores (Shen et al., 2018).

3.2. Pérdida de peso.

En la figura 2 se aprecia que durante los 8 días de almacenamiento, existió una tendencia lineal para la pérdida de peso en todos los tratamientos y la muestra control. Las pérdidas en masa de fruto fueron casi constantes durante el periodo de estudio. Se obtuvieron diferencias significativas para los tratamientos A, B, C y el control con pérdidas de $66,92 \pm 12,25\%$, $60,92 \pm 10,36\%$, $49,06 \pm 13,04\%$

y $41,72 \pm 19,13\%$, respectivamente. Los resultados indicaron que la pérdida de masa fue inversamente proporcional a la concentración de polisacáridos en el recubrimiento del fruto. En general, durante los 8 días de experimentación, la conservación en

masa fue superior para el tratamiento A y el menor para la muestra de control. Durante los días 5, 6, 7 y 8 no existió variación significativa en la masa de fresa para la muestra control, llegando a superar poco significativamente la masa del tratamiento C al final de la experimentación,

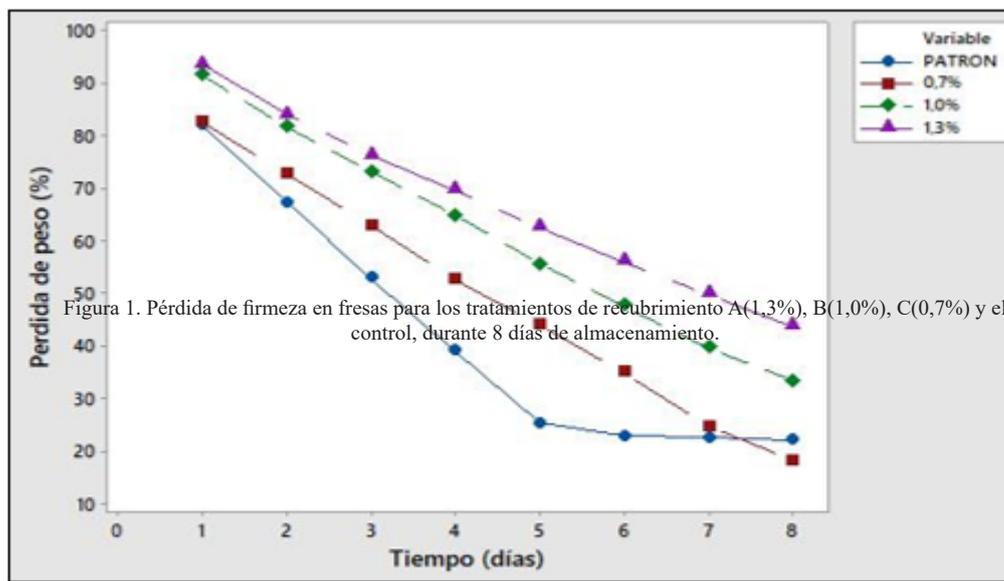


Figura 2. Pérdida de peso en fresas para los tratamientos de recubrimiento A, B, C y el control, durante 8 días de almacenamiento.

Por otra parte, la pérdida de peso registrada durante la experimentación se originó principalmente por evaporación, puesto que la fresa posee una velocidad de transpiración elevada y pericarpio delgado que no funcionan como barrera efectiva para evitar la pérdida de agua libre del fruto. La pérdida superior al 60% de masa tras el recubrimiento se asemeja a lo obtenido por Saavedra (2010) y Restrepo y Aristizábal (2010) que emplearon proteína aislada de soya y la cera de carnauba, respectivamente, para proteger fresas. En la misma línea, Tavares et al. (2019) determinó, para cubiertas de quitosano, que la pérdida de agua se reduce con el incremento

en el contenido de polisacáridos de la cobertura, debido al entrapamiento en las redes poliméricas por su naturaleza polar que puede extrapolarse a la cobertura de nostoc empleada.

3.3. pH

En todos los casos se observó una variación inferior a 0,3 en la escala de pH durante todo el periodo de estudio, como se observa en la figura 3. A partir del tercer día, se encontraron diferencias significativas entre todos los tratamientos y el control fue más notables, aunque no siguieron una tendencia homogénea. Incluso la muestra control tendió se acidificó después del día 5 contrario al comportamiento del resto de,

tratamientos que incrementaron su pH con el paso de los días. Al final de los días analizados, la variación en el pH fue mayor en los tratamientos B y C con incremento de

pH aproximado de 0,3 unidades. El menor incremento se dio en el tratamiento A, con $0,11 \pm 0,03$ unidades. La muestra control incrementó su pH en 0,1 unidades al día 5 y descendió 0,11 unidades hasta el día 8.

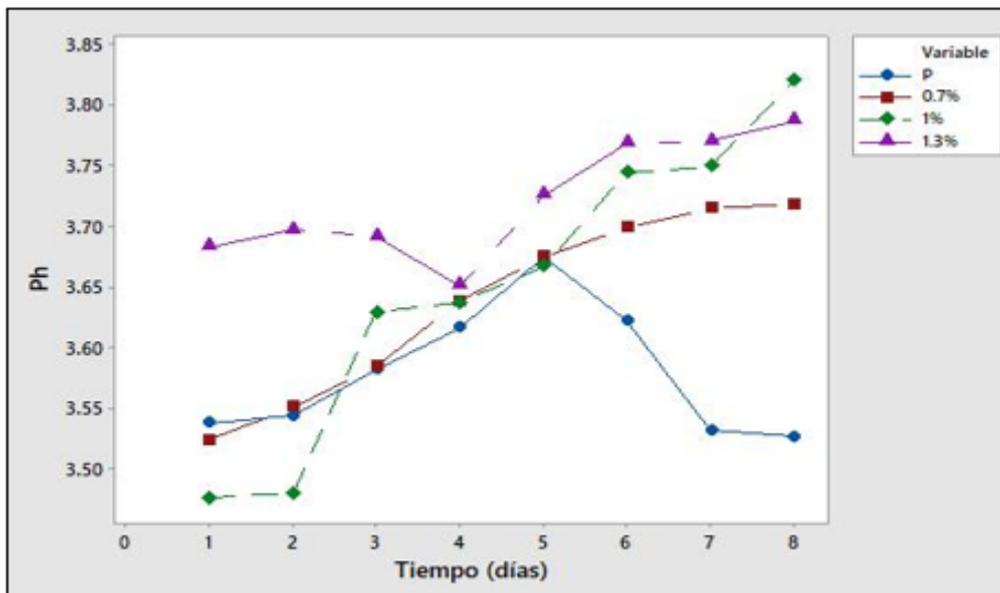


Figura 3. Variación de PH en fresas para los tratamientos de recubrimiento A, B, C y el control, durante 8 días de almacenamiento.

El pH es uno de los parámetros que presenta menor variación durante el periodo de poscosecha de la fresa. Diversos estudios muestran poco o ningún cambio con el tiempo, incluso con la modificación de factores externos (García et al., 1998). La basificación encontrada proviene de la transformación del CO₂ (resultado de la respiración celular) en ácido carbónico y posterior disociación en el agua libre del fruto, liberando protones. Debido al efecto homeostático de las células, se impide el ingreso de los protones al citoplasma a través de intercambio catiónico y empleo de sistemas amortiguadores de ácido cítrico, con el correspondiente gasto de energía (Mejía et al., 2004). La formación de iones bicarbonato le confiere la basicidad encontrada

durante el almacenamiento. Sin embargo, como se observó en la muestra control, esta capacidad de amortiguamiento finaliza cuando no la célula no posee energía suficiente o la descomposición se acelera, favoreciendo la despolimerización y plegando las paredes celulares, provocando que el pH disminuya drásticamente.

3.4. Acidez

Para las diferentes concentraciones en la formulación de recubrimientos no se encontraron diferencias significativas en la acidez, como se muestra en la figura 4. Los resultados indican una tendencia descendente durante el almacenamiento, con una variación superior del 0,30% para todos los tratamientos. La menor

fluctuación detectada se dio para A con la media $0,37 \pm 0,06\%$. La muestra control mostró una variación significativa en el contenido de acidez a partir del día 4, en concordancia con lo determinado en la

medición de pH, originada por la ausencia de preservación, heterogeneidad de tamaños y diferencia en el contenido nutrimental. En todos los casos, el balance general muestra una tendencia a la basicidad en los frutos.

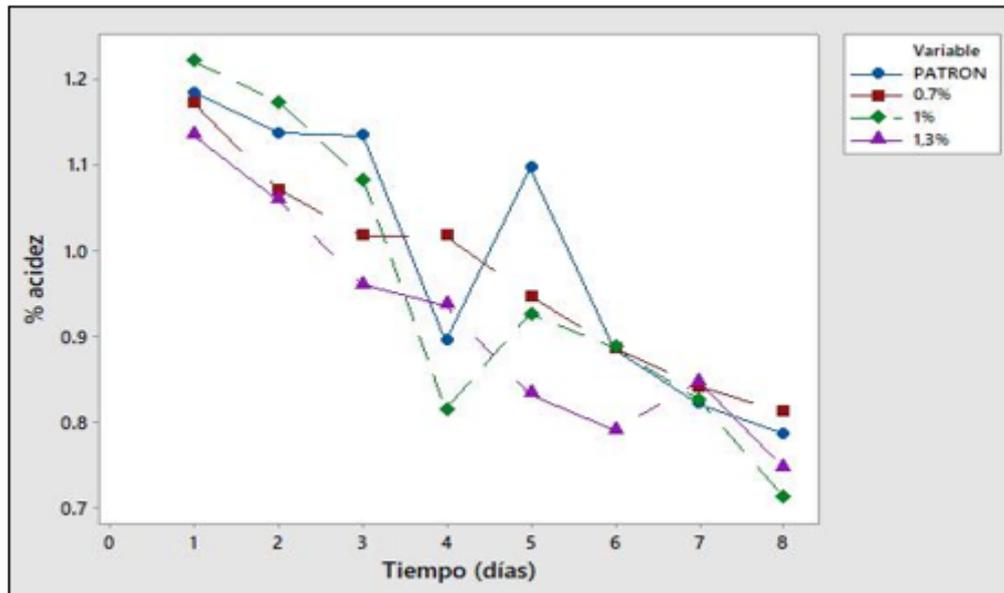


Figura 4. Variación de % acidez en fresas para los tratamientos de recubrimiento A, B, C y el control, durante 8 días de almacenamiento.

El mismo concepto se aplica para el decrecimiento de la acidez en el almacenamiento, de acuerdo a lo reportado por Restrepo y Aristizábal (2010) para recubrimiento polimérico de quitosano en fresas, con un aumento significativo a partir del día 5. Asimismo, si bien se trabajó a temperatura ambiente (18°C), Saavedra (2010) y Barrazueta et al. (2018) reportan su influencia no significativa en el % de acidez en fresas frescas a una temperatura de $13\text{-}15^{\circ}\text{C}$. Esto indica que la técnica de recubrimiento puede ser eficaz en un rango de temperaturas determinado, prescindiendo del congelamiento como técnica usual de transporte y almacenamiento.

En este aspecto se debe mencionar la influencia del ácido cítrico como conservante interno del fruto,

constituyendo hasta el 60% del total de ácidos presentes en la fresa, cuya concentración puede ser muy variable en dependencia del suelo de cultivo (Milosevic et al., 2009). Es probable que el contenido inicial de ácido cítrico haya sido variable para las muestras utilizadas, por lo que la notable heterogeneidad del % de acidez en el periodo de estudio se deba a este factor.

3.5 Sólidos Solubles Totales.

Del análisis ANOVA se determinaron diferencias estadísticas significativas para los tres tratamientos, como se muestra en la figura 5. El contenido de SST siguió una tendencia al incremento con el paso de los días, en un rango de $5\text{-}8^{\circ}\text{brix}$. La menor variación en SST se encontró en el tratamiento

C en $4,9 \pm 0,9^\circ\text{brix}$, seguido de A con $5,2 \pm 1,1^\circ\text{brix}$ y B con $7,4 \pm 2,1^\circ\text{brix}$. El incremento en este parámetro se debió a la oxidación de azúcares y polisacáridos en el interior del fruto. En el caso de la muestra control, si bien

la variación general fue de $3,6^\circ\text{brix}$ hasta el final del estudio, a partir del día 5 no se registró incremento notable en el contenido de sólidos debido al estado de pudrimiento, así como el consumo de nutrientes, azúcares y fibra del fruto por acción de microorganismos.

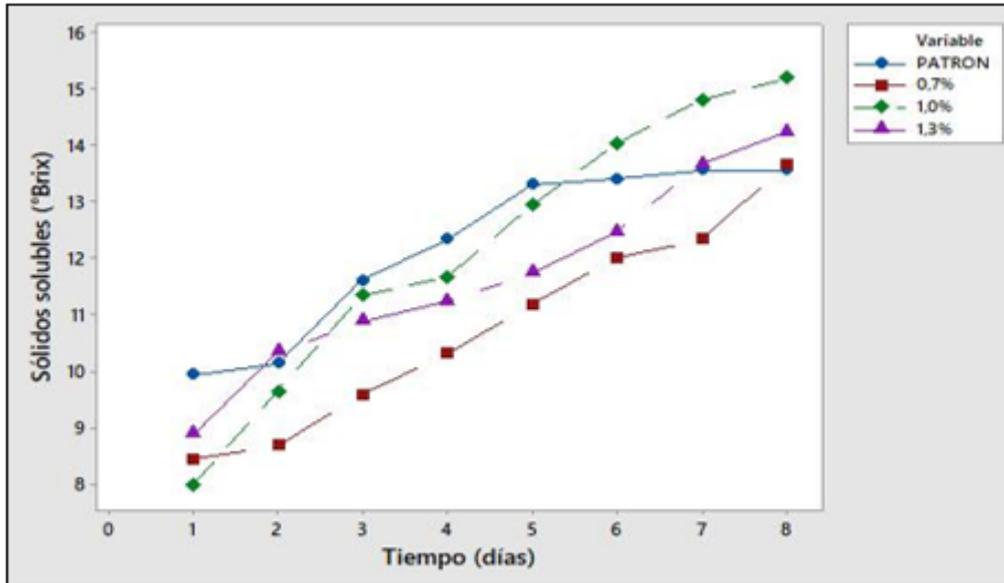


Figura 5. Variación de SST en fresas para los tratamientos de recubrimiento A, B, C y el control, durante 8 días de almacenamiento.

El incremento en la concentración de sólidos solubles totales se debe al efecto sinérgico de la evaporación del agua y la hidrólisis de azúcares, proteínas y componentes solubles de la pared celular vegetal. La liberación de sustratos al interior de la fruta incrementó su concentración y la posterior lectura del $^\circ\text{brix}$. Los resultados obtenidos muestran similitud con lo encontrado por Tavares (2019) en quitosano, determinando que el recubrimiento tiene un efecto permeable sobre el agua, incluso sin diferencias significativas para distintas concentraciones de polímero en la superficie. Debido a que no se consideraron otros factores de conservación, como la temperatura, y no existen evidencias de la aplicación de

nostoc como recubrimiento en fresas, no fue posible diferenciar el impacto efectivo del recubrimiento entre tratamientos. Restrepo y Aristizábal (2010) indicaron mejores resultados tras la aplicación adicional de refrigeración. en SST se encontró en el tratamiento.

3.6. Vida Útil.

En la figura 6 se observa que, en todos los casos estudiados, la presencia de hongos se incrementó con el paso de los días. Se obtuvieron diferencias significativas entre las muestras con recubrimiento y la muestra control, siendo el incremento en el porcentaje de frutos dañados en 84,15%, 75,12%, 70,62% y 68,25% para el control y los tratamientos A, B y C, respectivamente.

La relación indica que, conforme aumenta la concentración de polisacárido en la película aplicada, el porcentaje de infestación por hongos disminuye.

La vida útil del 50% de las fresas se determinó en diferentes periodos de

tiempo, mientras que la muestra control mostró infestación entre los días 3 y 4, las fresas recubiertas a partir del día 6. Además, no se encontraron diferencias notables al final del periodo de estudio para los tratamientos B y C.

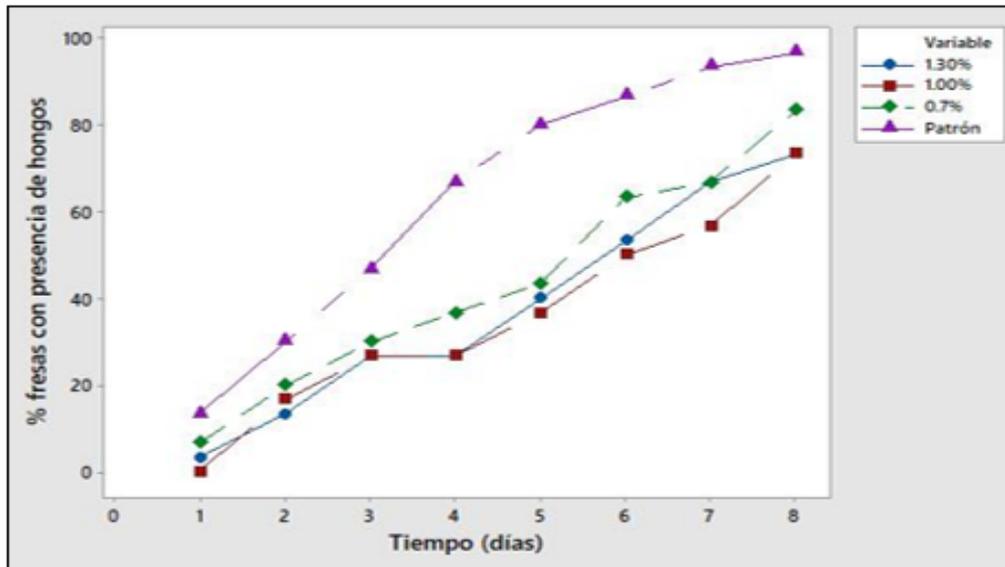


Figura 6. Porcentaje de presencia de hongos en fresas para los tratamientos de recubrimiento A, B, C y el control, durante 8 días de almacenamiento.

El principal hongo identificado en las fresas dañadas fue *Botrytis cinerea*, igual a lo reportado por Saavedra (2010), para recubrimiento de fresas con polisacáridos de yuca (*Manihot esculenta*). Sin embargo, los resultados del presente estudio fueron más eficientes ya que para el día 7 todavía se contaba con el 40% de las muestras aun en buen estado, ello se puede deber a las diferencias de la composición del recubrimiento, temperatura de almacenamiento y factores intrínsecos del fruto (Miramont, 2012). Los resultados indican que el tiempo de vida útil de los frutos se extiende cuando la concentración de la solución de cobertura es mayor. Siendo que el color, firmeza, sabor, valor nutritivo y seguridad del fruto

se relacionan con su composición al momento de la cosecha y los cambios que le suceden durante la manipulación post-cosecha, es probable que el decaimiento de la vida útil se haya gestado incluso antes de la experimentación (Parvez y Wani, 2018).

4. Conclusiones.

La aplicación de las películas a base de polisacáridos de *Nostoc sphaericum* evidencian buen desempeño como recubrimientos comestibles para la conservación de fresas a temperatura $18 \pm 2^\circ\text{C}$, resaltando un desempeño general significativo en el mantenimiento de propiedades mecánicas y fisicoquímica frente a las muestras control, directamente relacionadas con la concentración de la solución de recubrimiento.

Se determinó que la textura y pérdida de peso se conservan mejor con un recubrimiento de concentración 1,3% de polisacárido de nostoc, seguido de las concentraciones 1,0% (ligeramente significativo) y 0,7%. Esto se debe al impedimento del ingreso de microorganismos y evapotranspiración al interior del fruto. Asimismo el recubrimiento reduce significativamente el incremento del pH al interior de los frutos y contribuye a reducir la acidificación al actuar como medio de aislamiento al exterior. El principal agente de degradación fue el hongo *Botrytis cinérea* y la aplicación de películas como método de conservación demostró la extensión de más de 2 días en la vida útil del fruto y aumento del tiempo de vida medio mayor al 20%.

5. Referencias bibliográficas

- Aitboulahsen, M., Zantar, S., Laglaoui, A., Chairi, H., Arakrak, A., Bakkali, M., y Hassani Zerrouk, M. (2018). Gelatin-based edible coating combined with *Mentha pulegium* essential oil as bioactive packaging for strawberries. *Journal of food quality*, 2018(1), 1-7.
- Aguilera, M., & Reza, M. (2011). Propiedades funcionales de las Antocianinas. Obtenido de <https://biotecnia.unison.mx/index.php/biotecnia/article/view/81>
- AOAC (1995). *Official Methods of analysis* (16th edition), Washington, Estados Unidos: Association of Official Analytical Chemists International.
- Barrazueta-Rojas, S., Falconí, J., Navarro-Ojeda, M., Oleas-López, J., y Mendoza-Zurita, G. (2018). Pysicochemical properties and application of edible coatings in strawberry (*Fragaria x Ananassa*) preservation. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 71(3), 8631-8641.
- Campos, R., Kwiatkowski, A., y Clemente, E. (2011). Post-harvest conservation of organic strawberries coated with cassava starch and chitosan. *Revista Ceres*, 58(5), 554-560.
- Contigiani, E., Jaramillo-Sánchez, G., Castro, M., Gómez, P., y Alzamora, S. (2018). Postharvest quality of strawberry fruit (*Fragaria x Ananassa* Duch cv. Albion) as affected by ozone washing: fungal spoilage, mechanical properties, and structure. *Food and Bioprocess Technology*, 11(9), 1639-1650.
- Galetovic, A., E Araya, J., y Gómez-Silva, B. (2017). Composición bioquímica y toxicidad de colonias comestibles de la cianobacteria andina *Nostoc* sp. Llayta. *Revista chilena de nutrición*, 44(4), 360-370.
- García, J., Medina, R. y Olías, J. (1998). Quality of strawberry automatically packed in different plastic films. *Journal of Food Science*. 63(1): 1037-1041.
- Gol, N., Patel, P., y Rao, T. (2013). Improvement of quality and shelf-life of strawberries with edible coatings enriched with chitosan. *Postharvest Biology and Technology*, 85(1), 185-195.
- Guerreiro, A., Gago, C., Faleiro, M., Miguel, M., y Antunes, M. (2015). The use of polysaccharide-based edible coatings enriched with essential oils to improve shelf-life of strawberries. *Postharvest Biology and Technology*, 110(1), 51-60.
- Ju, J., Xie, Y., Guo, Y., Cheng, Y., Qian, H., y Yao, W. (2019). Application of edible coating with essential oil in food preservation. *Critical reviews in food science and nutrition*, 59(15), 2467-2480.
- Jurado, T., Fuertes, R., Tomas, G., Ramos, E., Arroyo, A., Cáceres, P., y Cárdenas, M. (2014). Estudio fisicoquímico, microbiológico y toxicológico de los polisacáridos del *Nostoc commune* y *Nostoc sphaericum*. *Rev. Peruana de Química e Ingeniería Química*, 17(1), 15-22.
- Li, L., Sun, J., Gao, H., Shen, Y., Li, C., Yi, P., y Liu, G. (2017). Effects of polysaccharide-based edible coatings on quality and antioxidant enzyme system of strawberry during cold storage. *International Journal of Polymer Science*, 2017(1), 1-9.
- Li, Z., y Guo, M. (2018). Healthy efficacy of *Nostoc commune* Vaucher. *Oncotarget*, 9(18), 14669.
- Liao, H., Wu, T., Tai, J., Chi, M., y Lin, L. (2015). Immunomodulatory potential of the polysaccharide-rich extract from edible cyanobacterium *Nostoc commune*. *Medical Sciences*, 3(4), 112-123.

- Luksiene, Z., y Buchovec, I. (2019). Impact of chlorophyllin-chitosan coating and visible light on the microbial contamination, shelf life, nutritional and visual quality of strawberries. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 52 (1), 463-472.
- Maraci, R., y Elsayy, K. (2017). Chemical quality and nutrient composition of strawberry fruits treated by g-irradiation. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 30(1), 1-8.
- Martínez, K., Ortiz, M., Albis, A., Gutiérrez, C., Valencia, M., y Grande, C. (2018). The effect of edible chitosan coatings incorporated with *Thymus capitatus* essential oil on the shelf-life of strawberry (*Fragaria x ananassa*) during cold storage. *Biomolecules*, 8(4), 155.
- Mejía, L., Alzamora, S., Guerrero, S., Nieto, A., y Vidales, S. (2004). Conservación de frutas y hortalizas mediante tecnologías combinadas. Manual de capacitación de la División AGS de FAO. Roma, Italia: Servicio de Tecnologías de Ingeniería Agrícola y Alimentaria (AGST).
- Milosevic, T., Milosevic, N., y Glisic, I. (2009). Strawberry (*Fragaria X ananassa* Duch.) yield affected by the soil pH. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 81(2), 265-269.
- Miramont, S. (2012). Recubrimientos elaborados a partir de biopolímeros para el soporte de sustancias con actividad antimicrobiana: carvacrol y sorbatos (tesis de maestría). Universidad Tecnológica Nacional, Buenos Aires, Argentina.
- Nadim, Z., Ahmadi, E., Sarikhani, H., y Amiri, R. (2015). Effect of methylcellulose-based edible coating on strawberry fruit's quality maintenance during storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(1), 80-90.
- Ozkurt, H., & Altuntas, O. (2018). Quality Parameter Levels of Strawberry Fruit in Response to Different Sound Waves at 1000 Hz with Different dB Values (95, 100, 105 dB). *Agronomy*, 8(7), 127.
- Pagliarulo, C., Sansone, F., Moccia, S., Russo, G. L., Aquino, R. P., Salvatore, P., y Volpe, M. G. (2016). Preservation of strawberries with an antifungal edible coating using peony extracts in chitosan. *Food and Bioprocess Technology*, 9(11), 1951-1960.
- Parvez, S., y Wani, I. (2018). Postharvest biology and technology of strawberry. *Postharvest Biology and Technology of Temperate Fruits*, Washington DC, Estados Unidos: Springer, Cham. 331-348
- Perdonés, A., Sánchez-González, L., Chiralt, A., y Vargas, M. (2012). Effect of chitosan-lemon essential oil coatings on storage-keeping quality of strawberry. *Postharvest biology and technology*, 70(1), 32-41.
- Ponce, E. (2014). Nostoc: un alimento diferente y su presencia en la precordillera de Arica. *Idesia (Arica)*, 32(2), 119-121.
- Restrepo, J., y Aristizabal, T. (2010). Conservación de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch cv. Camarosa) mediante la aplicación de recubrimientos comestibles de gel de mucilaginoso, de penca sábila (*Aloe barbadensis* Miller) y cera de carnauba. *Vitae*, 17(1), 252-263.
- Rodríguez, S., Torres, F., y López, D. (2017). Preparation and characterization of polysaccharide films from the cyanobacteria *Nostoc commune*. *Polymers from Renewable Resources*, 8(4), 133-150.
- Romanazzi, G., Feliziani, E., Santini, M., y Landi, L. (2013). Effectiveness of postharvest treatment with chitosan and other resistance inducers in the control of storage decay of strawberry. *Postharvest Biology and Technology*, 75(1), 24-27.
- Saavedra, H. (2010). Evaluación de películas comestibles de almidón de yuca y proteína aislada de soya en la conservación de fresas.

NOVA - Publicación Científica en Ciencias Biomédicas, 8(14), 121 - 240.

Shen, S., Jia, S., Wu, Y., Yan, R., Lin, Y., Zhao, D., y Han, P. (2018). Effect of culture conditions on the physicochemical properties and antioxidant activities of polysaccharides from *Nostoc flagelliforme*. *Carbohydrate polymers*, 198(1), 426-433.

Tavares, T., Alvarenga, R., De Rezende, Q., Patto, D., De Oliveira A., y De Oliveira J. (2019). Chitosan coatings in the maintenance of strawberry quality during refrigerated storage. Brazil. *Brazilian Journal of Development*, 5(6), 5434-5448.