

# AMIDIQ

Academia Mexicana de Investigación y Docencia en Ingeniería Química A.C.

# Avances en Ingeniería Química

Vol 1, No. 3



## XLII Encuentro Nacional

Desafíos actuales en la investigación  
y docencia en ingeniería química



## Memorias del XLII Encuentro Nacional del AMIDIQ

Evento virtual del 08 al 11 de septiembre de 2021

# AVANCES EN INGENIERÍA QUÍMICA

Vol. 1, No. 3

Memorias del XLII Encuentro Nacional de la AMIDIQ  
“Desafíos Actuales en la Investigación y Docencia  
en Ingeniería Química”

AVANCES EN INGENIERÍA QUÍMICA, Vol. 1. No. 3, septiembre 2021, es una publicación anual de la Academia Mexicana de Investigación y Docencia en Ingeniería Química A.C. Canarias 704, Col. Portales, Delegación Benito Juárez, C.P. 03300, Ciudad de México, México. Tel. 3338464060. Página electrónica de la publicación: <https://amidiq.com/avances-en-ingenieria-quimica/> y dirección electrónica: [avancesiq@amidiq.com](mailto:avancesiq@amidiq.com). Editor responsable: Dr. Jorge Ramón Robledo Ortiz. Certificado de Reserva de Derechos al Uso Exclusivo de Título 04-2021-080511192500-102, ISSN *en trámite*, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsables de la última actualización de este número: Dra. María del Rosario Enríquez Rosado, Dr. Jorge Ramón Robledo Ortiz, Dra. Nelly Ramírez Corona, Dr. Fernando Israel Gómez Castro, Dra. Sara Núñez Correa, Academia Mexicana de Investigación y Docencia en Ingeniería Química A.C. Canarias 704, Col. Portales, Delegación Benito Juárez, C.P. 03300, Ciudad de México, México. Fecha de última actualización: 22 de septiembre de 2021. Tamaño del archivo: 135 MB.

## BIENVENIDA

Hace dos años, en nuestro último evento presencial, celebrábamos los cuarenta años de creación de la Academia Mexicana de Investigación y Docencia en Ingeniería Química, gracias a muchas y muchos ingenieros químicos que contribuyeron a su formación, crecimiento y consolidación. Hoy, en este segundo evento virtual, la AMIDIQ cobra aún más relevancia como un espacio para el intercambio de ideas, no sólo para conocer el quehacer en las instituciones que forman ingenieros químicos y sus áreas afines, sino también para la discusión y propuesta de soluciones en el ámbito académico.

En el encuentro pasado, había mucha incertidumbre; ahora, algunas certezas: las menos alentadoras, como el incremento de la brecha de desigualdad de oportunidades para la educación en general, y particularmente a la educación superior; o aquellas que se ratifican, como el hecho de que las opciones tecnológicas a las que recurrimos para mantener las clases a distancia llegaron para quedarse aunque éstas nunca sustituirán la experiencia adquirida en las aulas, laboratorios y talleres, ya que la interacción con nuestras y nuestros estudiantes son fundamentales para una formación integral de los futuros ingenieros químicos que contribuyen al desarrollo de la sociedad. Debemos pues, aprender la lección que nos han dejado estos dos años fuera de nuestros espacios académicos para poner sobre la mesa, la discusión sobre los desafíos que se imponen en la docencia y la investigación de nuestra disciplina en México, derivada de este periodo de incertidumbre generada por la contingencia sanitaria y de los múltiples cambios que se han dado a nivel nacional y global.

A pesar de las circunstancias, la participación en los Encuentros Nacionales de la AMIDIQ en formato virtual ha sido importante. En este XLII Encuentro se recibieron en total 586 trabajos en las diez áreas convocadas: Biotecnología, Catálisis e Ingeniería de las Reacciones, Educación, Energía, Fenómenos de Transporte, Ingeniería de Alimentos, Ingeniería Ambiental, Materiales y Polímeros, Termodinámica, Ingeniería de Procesos, Simulación y Control. Para este XLII Encuentro Nacional se programaron cuatro conferencias plenarias y el foro de docencia que abordará el tema del presente encuentro. En esta ocasión, en modo pre-congreso, se ha organizado un evento de reconocimiento al Dr. Arturo Jiménez, por sus 50 años de trayectoria académica en colaboración con la Universidad de Guanajuato y el Instituto Tecnológico de Celaya.

Desde nuestro último encuentro, hemos tenido la lamentable pérdida de varios miembros de nuestra academia; en particular quienes colaboraron siempre de manera activa, propositiva y en beneficio de la AMIDIQ: Dr. René Reyes (UDLAP), Dr. Alberto Florentino Aguilera (UG) y Dr. Antonio Valiente (UNAM), y en este sentido este evento está dedicado a su memoria.

Les agradecemos su participación en este evento virtual, para el cual, los Comités Organizador y Técnico, se han esmerado para proporcionar un espacio abierto e incluyente, a la distancia, para la interacción entre profesores, investigadores y estudiantes de Ingeniería Química y áreas afines, que permita discutir sobre las contribuciones en materia de docencia e investigación en la Ingeniería Química.

Sean todos bienvenidos

**Dra. María del Rosario Enríquez Rosado**

**Presidenta del Comité Organizador**

**Dr. Tomás Viveros García**

**Presidente del Comité Técnico**

## CONSEJO DIRECTIVO 2019 - 2021

**María del Rosario Enríquez Rosado**

Universidad del Mar  
Presidenta  
enriquez@angel.umar.mx

**Jorge Ramón Robledo Ortiz**

Universidad de Guadalajara  
Vicepresidente  
jorge.robledo@cucei.udg.mx

**Nelly Ramírez Corona**

Universidad de las Américas Puebla  
Secretaria  
nelly.ramirez@udlap.mx

**Adrián Bonilla Petriciolet**

Instituto Tecnológico de Aguascalientes  
Tesorero  
petriciolet@hotmail.com

**Fernando Israel Gómez Castro**

Universidad de Guanajuato  
Vocal de Investigación  
fgomez@ugto.mx

**Sara Núñez Correa**

Universidad Veracruzana  
Vocal de Docencia  
sarnunez@uv.mx

## COMITÉ ORGANIZADOR AMIDIQ 2021

María del Rosario Enríquez Rosado

Jorge Ramón Robledo Ortiz

Nelly Ramírez Corona

Sara Núñez Correa

Fernando Israel Gómez Castro

## COMITÉ TÉCNICO AMIDIQ 2021

Tomás Viveros García  
Presidente

Adela Irmene Ortiz López  
Agustín Ramón Uribe Ramírez  
Aida Alejandra Pérez Fonseca  
Alfonso Mauricio Sales Cruz  
Alma Hortensia Serafin Muñoz  
Aurora Valdés Fragoso  
Claudia Gutiérrez Antonio  
Didilia Ileana Mendoza Castillo  
Eduardo Salvador Pérez Cisneros  
Enrique Arriola Guevara  
Fernando Israel Gómez Castro  
Francisco Raúl Carrillo Pedroza  
Guadalupe de la Rosa Álvarez  
Guadalupe María Guatemala Morales  
Hugo Joaquín Ávila Paredes  
Hugo Mujica Paz  
Hugo Pérez Pastenes  
Ignacio René Galindo Esquivel  
Adela Irmene Ortiz López  
Agustín Ramón Uribe Ramírez  
Aida Alejandra Pérez Fonseca

Janett Betzabe González Campos  
Jesús Alberto Ochoa Tapia  
Jesús Isaac Minchaca Mojica  
Jorge Ramón Robledo Ortiz  
José María Ponce Ortega  
Juan Gabriel Segovia Hernández  
Marco Antonio Sánchez Castillo  
María del Rosario Enríquez Rosado  
Miguel Ángel Morales Cabrera  
Nelly Ramírez Corona  
Ricardo Morales Rodríguez  
Rubén González Núñez  
Salvador Hernández Castro  
Sara Núñez Correa  
Teresa del Carmen Flores Flores  
Tomás Viveros García  
Zeferino Gamiño Arroyo  
Janett Betzabe González Campos  
Jesús Alberto Ochoa Tapia  
Jesús Isaac Minchaca Mojica

## COMITÉ REVISOR AMIDIQ 2021

Addi Rhode Navarro Cruz  
Adrian Bonilla-Petriciolet  
Adriana Medina Ramirez  
Agustín Jaime Castro Montoya  
Agustín Ramón Uribe Ramírez  
Aida Alejandra Pérez Fonseca  
Alejandro Ruiz Marin  
Alicia Román Martínez  
Alma Hortensia Serafin Muñoz  
Ana Angelica Feregrino Perez  
Andrea Quetzalli Cerdán Pasarán  
Antioco López-Molina  
Antonio Bernabé Antonio  
Antonio Rodríguez Martínez  
Araceli Guadalupe Romero Izquierdo  
Araceli Jacobo Azuara  
Arelí del Carmen Ortega Martínez  
Arodí Bernal Martínez  
Arturo Rangel Gonce  
Arturo Sanchez  
Avelina Franco Vega  
Beatriz Gutiérrez Rivera  
Beatriz Ruiz Camacho  
Brenda Huerta Rosas  
Carlos Enrique Alvarado Rodríguez  
Carolina Conde Mejía  
Cesar Gomez  
Christian O. Díaz-Ovalle  
Cintia Karina Rojas Mayorga  
Claudia Gutiérrez Antonio  
Claudia Martínez Gómez  
Constanza Machín Ramírez  
Daniel Álvarez Barrera  
David Contreras López  
Denis Rodrigue  
Diana Bustos Martínez  
Didilia Ileana Mendoza Castillo  
Dolores Gabriela Martínez Vázquez  
Edgar José López Naranjo  
Edgar Omar Castrejón González  
Edgar Vázquez-Núñez  
Edilberto Murrieta Luna  
Eduardo Alberto López Maldonado  
Eduardo Sánchez-Ramírez  
Enrique Arriola Guevara  
Enrique Palou

Erasmus Herman y Lara  
Erika Yudit Rios Iribe  
Eunice Yáñez Barrientos  
Fabricio Napoles Rivera  
Fernando Israel Gómez Castro  
Francisco Lopez-Villarreal  
Francisco Manuel Pacheco Aguirre  
Francisco Raul Pedroza  
German Cuevas  
Guadalupe María Guatemala-Morales  
Gustavo Rangel-Porras  
Héctor A. Ruiz  
Hector Hernandez Escoto  
Heidi Patricia Medorio Garcia  
Hilda Elizabeth Reynel Avila  
Horacio Inchaurregui Méndez  
Hugo Joaquín Ávila Paredes  
Ignacio René Galindo Esquivel  
Irmene Ortiz López  
Irving Israel Ruiz López  
Ismael Alejandro Aguayo Villarreal  
Ivan Luzardo  
J. Betzabe González  
J. Carlos Cárdenas Guerra  
Javier Fontalvo  
Jazmín Cortez González  
Jorge Arturo Alfaro Ayala  
Jorge Ramón Robledo Ortíz  
José de Jesús Ramírez Minguela  
José Enrique Botello Álvarez  
José Lemus Ruiz  
José María Ponce-Ortega  
Jose-Antonio Colin-Luna  
Josefina Vergara Sánchez  
Juan Antonio Noriega Rodríguez  
Juan Antonio Sánchez Márquez  
Juan Gabriel Segovia Hernandez  
Juan José Quiroz Ramírez  
Julio Armando de Lira Flores  
Lada Domratcheva Lvova  
Lorena Eugenia Sánchez Cadena.  
Luis Mario González Rodríguez  
Ma. del Carmen Chávez Parga  
Ma. Guadalupe de la Rosa Alvarez  
Marco Antonio Sánchez Castillo  
Maria Antonieta Rios Corripio

María De La Luz Xochilt Negrete Rodríguez  
María del Rosario Galindo González  
María Elena Sosa Morales  
Maria Guadalupe Aguilar Uscanga  
Mario Alberto Rodríguez Angeles  
Martín Esteban González López  
Martín Picón Núñez  
Mauricio Sales Cruz  
Mayra Agustina Pantoja Castro  
Mayra Ruiz Reyes  
Micael Gerardo Bravo Sánchez  
Midory Samaniego Hernández  
Miguel Ángel Morales Cabrera  
Myrna H. Matus  
Nadia Renata Osornio Rubio  
Nancy del Pilar Medina Herrera  
Nancy Eloisa Rodríguez Olalde  
Nancy Velasco Alvarez  
Nelly Flores Ramirez  
Norma Leticia Gutiérrez Ortega  
Obdulia Vera López  
Oscar Andrés Prado-Rubio  
Radamés Trejo Valencia  
Rafael Huirache  
Raul Carrera Cerritos  
Raúl Reyes-Bautista  
Rene Loredó-Portales  
Ricardo Morales Rodríguez  
Roberto Gutiérrez-Guerra  
Rodolfo Murrieta Dueñas  
Rosa Isela Corona González  
Rosa Maria Camacho Ruiz  
Rubén González Núñez  
Salvador Marmolejo Cervantes  
Salvador Tututi-Avila  
Sara Núñez Correa  
Silvia Yudith Martinez Amador  
Susana Figueroa Gerstenmaier  
Teresa del Carmen Flores Flores  
Ulises Paramo Garcia  
Ulrich Vasconcelos  
Valaur Ekbalam Márquez Baños  
Vicente Rico Ramírez  
Yuridiana Rocio Galindo Luna  
Zeferino Gamiño Arroyo



# **INGENIERÍA DE ALIMENTOS**

## EFFECTO DE RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES DE PECTINA CON REUTERINA SOBRE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE FRESAS EN REFRIGERACIÓN

Jocelin Gabriela Hernández-Carrillo<sup>a\*</sup>, Yuridia Ortiz-Rivera<sup>b</sup>, Emmanuel Orta-Zavalza<sup>b</sup>, Crystel Montoya-Torres<sup>b</sup>, Susana Elizabeth González<sup>b</sup>, David Sepúlveda<sup>c</sup>.

<sup>a</sup> División Multidisciplinaria de Ciudad Universitaria, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Av. José de Jesús Macías Delgado 18100, Ciudad Juárez, Chih., 32579, México. jocelin.hernandez@uacj.mx

<sup>b</sup> Departamento de Ciencias Químico-Biológicas, Instituto de Ciencias Biomédicas, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Av. Plutarco Elías Calles 1210, Ciudad Juárez, Chih., 32310, México.

<sup>c</sup> Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A. C., Unidad Cuauhtémoc, Av. Río Conchos S/N, Ciudad Cuauhtémoc, Chih., 31570, México.

### Resumen

Las fresas son muy apreciadas por el consumidor, pero su deterioro es muy rápido. En este trabajo se evaluó el efecto de recubrimientos comestibles de pectina cítrica (T1) adicionados con aceite esencial de limón (T2) y reuterina (T3) sobre las características fisicoquímicas de fresas durante 31 días de almacenamiento en refrigeración. En general, no se presentaron efectos importantes en los parámetros fisicoquímicos evaluados ( $a_w$ , SST, pH, AT, IM). Las fresas recubiertas presentaron un color más rojo y vívido hacia el final del almacenamiento, así como una menor diferencia total de color. Las fresas con T2 tuvieron la menor pérdida de peso, logrando mantener hasta 3.5% más humedad que las frutas control. El T3 contribuyó a una mejor apariencia de las fresas por todo el periodo de estudio. Los recubrimientos desarrollados son buenas alternativas para retardar el deterioro de las fresas, sin afectar su calidad.

### Introducción

Las fresas son frutas susceptibles al deterioro microbiano y a la pérdida de humedad, además de que tienen baja resistencia al daño mecánico y una alta tasa de respiración [1]. Algunas estrategias que se han empleado para contrarrestar el deterioro de alimentos frescos son el uso de recubrimientos comestibles y bioconservadores. Dentro de estos últimos, la reuterina es una sustancia producida durante el metabolismo anaeróbico de *Lactobacillus reuteri*, con importantes propiedades antimicrobianas [2]. La adición de reuterina en recubrimientos comestibles es una estrategia que no ha sido estudiada, y podría favorecer que se mantenga una alta concentración de esta sustancia en la superficie de las frutas por un periodo prolongado, ayudando a alargar su vida útil. Sin embargo, a pesar de su efectividad como antimicrobiano, es importante evaluar como la adición de esta sustancia en un recubrimiento podría afectar otras propiedades de los frutos recubiertos, como son las características fisicoquímicas. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto recubrimientos comestibles de pectina adicionados con reuterina y aceite esencial de limón (AEL) en las características fisicoquímicas de fresas durante su almacenamiento en refrigeración.

### Metodología

Se realizó la extracción de pectina de cáscaras de naranja con agua (1:9, cáscaras:agua) a un pH de 2, por 1 h a 85°C con agitación constante. La pectina se precipitó con 1.5 volúmenes etanol absoluto (AZ®) frío, se secó a 50°C por 24 h y se molió.

El primer recubrimiento (T1) se elaboró con la pectina (3%, p/v) en agua destilada y con glicerol (2%, p/v). El segundo tratamiento (T2) se elaboró igual que T1 con la adición de aceite esencial de limón (AEL) (2%, v/v), utilizando además tween 20 (0.75%). Para preparar el tercer tratamiento (T3), se realizó de la misma manera que el T2 y se incorporó reuterina (10 mM).

Las fresas se inocularon con una suspensión de esporas de *Penicillium* sp. ( $3.36 \times 10^7$  UFE/mL) y se dejaron secar al ambiente. Posteriormente, las frutas se recubrieron por inmersión con los distintos tratamientos y

se dejaron secar al ambiente por 40 min. Las fresas recubiertas, así como fresas que únicamente se inocularon, pero no se recubrieron (Control), se almacenaron en refrigeración ( $4\pm 2^\circ\text{C}$ ) por 31 días.

Se evaluó la actividad de agua ( $a_w$ ) (AQUA LAB® mod. Serie 3, Decagon Devices Inc.), pH (Conductronic® mod. PH10), acidez titulable (TA) por el método volumétrico empleando 2 g de muestra en 40 mL de agua destilada, sólidos solubles totales (SST) (Handhel Atc®), índice de madurez (IM;  $\text{IM} = \text{SST} / \text{AT}$ ), pérdida de peso (PP) por el monitoreo del peso en una balanza analítica (Velab XA200, Velab Co), apariencia y color ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , croma, ángulo hue, diferencia total de color; Zhongli®, mod. ZL-1401) de las fresas.

Se utilizó el ANOVA de una vía para determinar efectos significativos del tiempo y de los tratamientos en los parámetros fisicoquímicos de las fresas ( $\alpha=0.05$ ).

## Resultados

Se obtuvo un rendimiento de extracción de pectina de  $15.33 \pm 2.53\%$ , lo que fue similar a los resultados reportados en otros trabajos con condiciones de extracción similares [3-4]. La actividad de agua de las fresas fue de  $0.997 \pm 0.002$ , sin efecto significativo ( $p > 0.05$ ) de los tratamientos o el tiempo, por lo que los recubrimientos desarrollados no afectaron este parámetro en las frutas. Otros autores han publicado resultados similares (0.986-0.99) a los obtenidos en este trabajo [5].

Hasta el día 24, no se observó influencia del tiempo o de los tratamientos ( $p > 0.05$ ) en los SST de las frutas (Fig. 1a). Previamente se ha reportado que recubrimientos de quitosano [6] y de goma guar [7] tampoco tuvieron efectos significativos en los SST de fresas durante su almacenamiento.

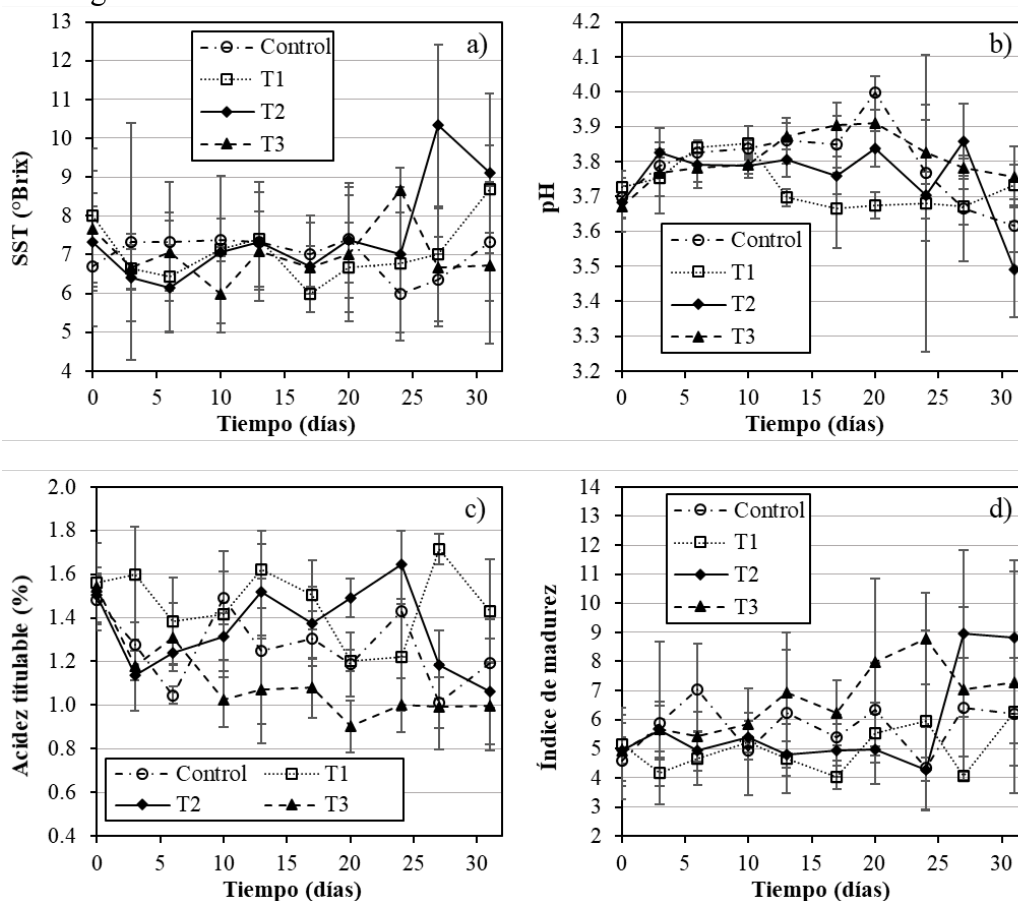


Figura 1. Sólidos solubles totales (SST)(a), pH (b), acidez titulable (c) e índice de madurez (d) de fresas sin y con recubrimientos durante su almacenamiento en refrigeración (T1: Pectina; T2: Pectina + AEL; T3: Pectina + AEL + Reuterina).

Los valores de pH de las fresas estudiadas estuvieron entre 3.49 y 3.99 con cambios menores respecto al tiempo (Fig. 1b). Las fresas recubiertas con T1 presentaron los valores de pH más bajos en los días 13 a 20 (Fig 1b), probablemente por reducción de la actividad metabólica debido a una menor disponibilidad de oxígeno generada por el recubrimiento [8], lo cual se podría haber modificado por los aditivos en los otros tratamientos.

La AT de las fresas estuvo en el rango de 0.9 a 1.71%, donde las frutas con T3 exhibieron una ligera disminución (Fig. 1c), posiblemente por efectos en la tasa de respiración o por la inhibición del deterioro microbiológico por la reuterina.

El IM se registró entre 4.01 y 8.96 sin efecto significativo del tiempo de almacenamiento ( $p>0.05$ ) (Fig. 1d), lo que concuerda con un estudio de fresas recubiertas con quitosano [6], en el que no se observaron diferencias en el IM por 17 días.

La aplicación inicial de los recubrimientos prácticamente no produjo efectos en el color de las fresas, lo que es importante pues esta característica influye en la aceptabilidad del producto por parte del consumidor [9]. Los cambios más notorios en el color ocurrieron a partir del día 21 (Fig. 2), con una disminución en el croma (Fig. 2c), así como con el incremento de la luminosidad (Fig. 2a), del ángulo hue (Fig. 2b) y de la diferencia total de color respecto (Fig. 2d).

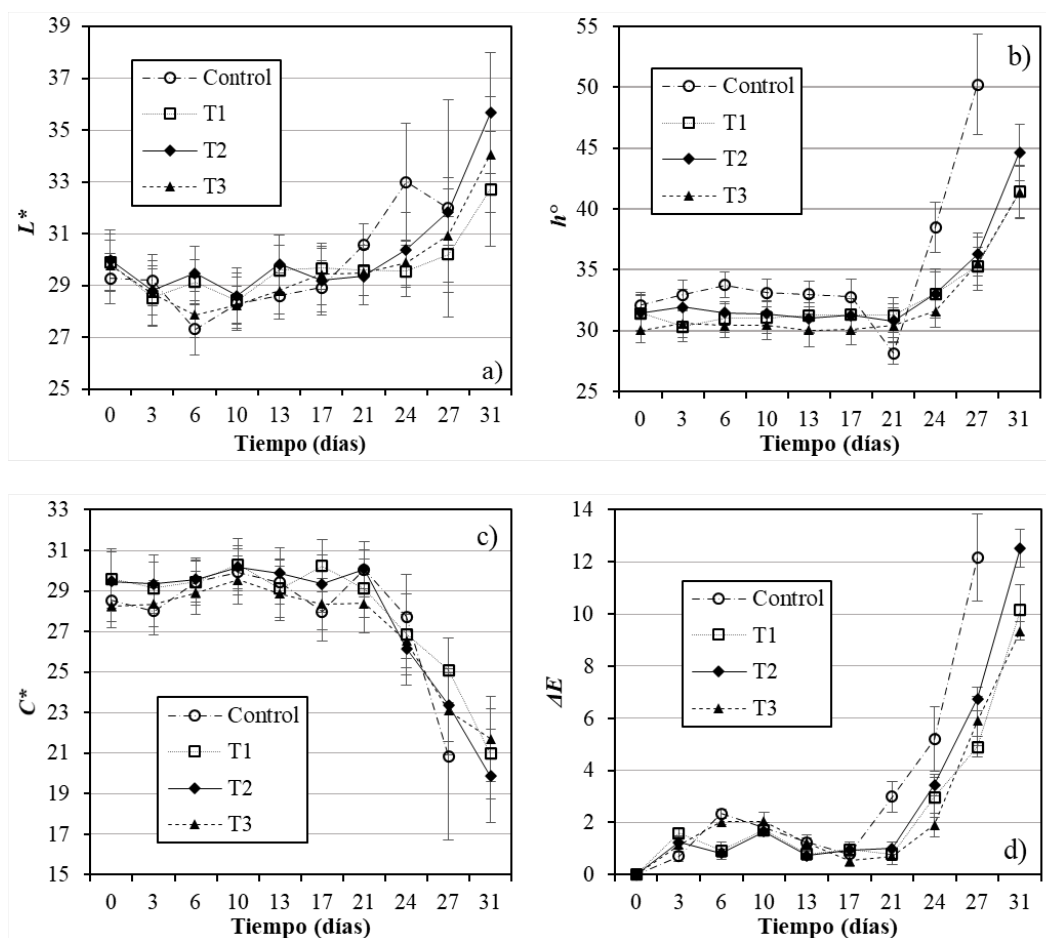


Fig. 2. Luminosidad (a), ángulo hue (b), croma (c) y diferencia total de color ( $\Delta E$ ) respecto al día cero (d) de fresas sin y con recubrimientos durante su almacenamiento en refrigeración (T1: Pectina; T2: Pectina + AEL; T3: Pectina + AEL + Reuterina).

Generalmente, los valores de  $L^*$  disminuyen durante el almacenamiento debido a la pérdida de humedad de la superficie [10]. Sin embargo, también se ha reportado trabajos sin diferencias significativas en este parámetro tras la aplicación de recubrimientos en fresas durante 16 días de almacenamiento [11-12]. Adicionalmente, el incremento en  $L^*$  hacia el final del almacenamiento en el presente trabajo, se atribuye al crecimiento de *Penicillium* en la superficie de las fresas (Fig. 4).

Los valores más bajos de  $h^\circ$  de las fresas recubiertas en los días 3 al 17 (Fig. 2b) podrían estar relacionados con un menor contenido de antocianinas, pues estos compuestos son responsables del color rojo de las fresas [13]. Así que, los recubrimientos podrían haber retardado la respiración de las frutas, disminuyendo la síntesis de antocianinas o la degradación de clorofila durante el proceso de maduración de estos días [14].

Por otra parte, la reducción de  $C^*$  hacia el final del análisis podría haber estado influenciada por la degradación de antocianinas de las frutas recubiertas, además de la colonización de *Penicillium* en las fresas control.

En general, a partir del día 21, las fresas recubiertas mostraron un color más rojo (menores valores de  $h^\circ$ ) y vívido (mayores valores de  $C^*$ ), además de que tuvieron una menor diferencia total de color respecto al día cero (Fig. 2d). Por lo tanto, los recubrimientos desarrollados podrían haber ayudado a disminuir los cambios de color en las fresas a través de la reducción en el intercambio de gases y al mantenimiento de compuestos bioconservadores en la superficie de las frutas y, de esta manera, retardando la respiración, transpiración y el crecimiento microbiano.

La PP de las fresas (Fig. 3) se incrementó al paso del tiempo ( $p < 0.05$ ) debido a la migración del agua de las frutas al ambiente [15]. Después de 31 días de almacenamiento, la pérdida de peso total de las muestras estuvo entre  $27.50 \pm 3.2$  y  $33.72 \pm 2.7\%$ .

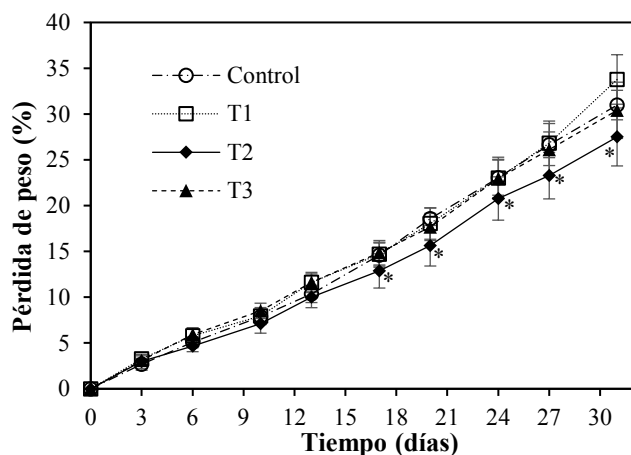


Figura 3. Pérdida de peso de fresas sin y con recubrimientos durante su almacenamiento en refrigeración.

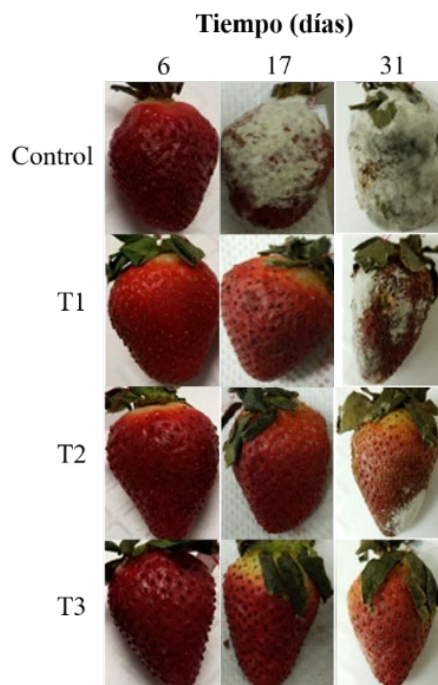


Figura 4. Apariencia de fresas sin y con recubrimientos durante su almacenamiento en refrigeración.

La mayor PP observada en T1 podría deberse a la naturaleza hidrofílica de la pectina, lo que se ha reportado previamente en fresas recubiertas con quitosano, otro polisacárido [16]. A partir del día 17, T2

presentó una menor PP ( $p < 0.05$ ) que los otros tratamientos, lo que se relaciona con la adición del aceite esencial de limón en el recubrimiento, incrementando la fracción de compuestos hidrofóbicos en el mismo. A pesar de que T3 también contenía AEL, este tratamiento presentó mayor PP que T2 a partir del día 6 del análisis. Este fenómeno podría estar relacionado con la naturaleza hidrofílica de la reuterina, favoreciendo la retención de agua en el recubrimiento, llevando a una mayor plastificación del material. Adicionalmente, el tamaño de la molécula de reuterina [17] es similar al del glicerol, comúnmente empleado como agente plastificante, por lo que la reuterina podría estar actuando de la misma forma. La combinación de estos dos fenómenos posiblemente originó una mayor movilidad en las cadenas de pectina, facilitando la migración de agua a través del recubrimiento. Finalmente, se observó que las fresas con T3 tuvieron la mejor apariencia prácticamente durante todo el almacenamiento de las frutas en refrigeración (Fig. 4).

## Conclusiones

La pectina cítrica extraída de manera convencional de cáscaras de naranja fue adecuada para el desarrollo de recubrimientos comestibles para fresas. En general, los recubrimientos tuvieron efectos benéficos al reducir los cambios de color en las fresas, mientras que T2 mostró la mejor habilidad para prevenir la migración de humedad de las fresas. La apariencia de las frutas con T3 fue mucho mejor que la de las otras muestras. Es interesante resaltar que los recubrimientos no mostraron una influencia significativa en los otros parámetros fisicoquímicos de las fresas durante 31 días de almacenamiento en refrigeración, lo que permite que mantengan sus características como fresas frescas sin tratamientos. Los recubrimientos comestibles de pectina, adicionados con aceite esencial de limón y reuterina son buenas opciones para incrementar la vida útil de las fresas sin perjudicar su calidad.

## Referencias

1. Nguyen, V.T.B., Nguyenm D.H.H., Nguyen, H.V.H. "Combination effects of calcium chloride and nano-chitosan on the postharvest quality of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.)". *Postharvest Biology and Technology* 162 (2020) 111103.
2. Talarico, T.L., Dobrogosz, W. J. "Chemical characterization of an antimicrobial substance produced by *Lactobacillus reuteri*". *Antimicrobial Agents and Chemotherapy* 33 (1989) 674-679.
3. Hosseini, S. S., Khodaiyan, F., Yarmand, M. S. "Aqueous extraction of pectin from sour orange peel and its preliminary physicochemical properties". *International Journal of Biological Macromolecules*, 82 (2016), 920-926.
4. Pasandide, B., Khodaiyan, F., Mousavi, Z. E., Hosseini, S. S. "Optimization of aqueous pectin extraction from *Citrus medica* peel". *Carbohydrate Polymers*, 178 (2017), 27-33.
5. Giraldo G., G. A. "Efecto del tratamiento de impregnación a vacío en la respiración de frutas (manzana, fresa, melocotón y sandía) mínimamente procesadas". *Vitae*, 13 (2006), 21-25.
6. Ventura-Aguilar, R. I., Bautista-Baños, S., Flores-García, G., Zavaleta-Avejar, L. "Impact of chitosan based edible coatings functionalized with natural compounds on *Colletotrichum fragariae* development and the quality of strawberries". *Food Chemistry*, 262 (2018), 142-149.
7. Oregel-Zamudio, E., Angoa-Pérez, M. V., Oyoque-Salcedo, G., Aguilar-González, C. N., Mena-Violante, H. G. "Effect of candelilla wax edible coatings combined with biocontrol bacteria on strawberry quality during the shelf-life". *Scientia Horticulturae*, 214 (2017), 273-279.
8. Zheng, Y., Wang, S. Y., Wang, C. Y., Zheng, W. "Changes in strawberry phenolics, anthocyanins, and antioxidant capacity in response to high oxygen treatments". *LWT - Food Science and Technology*, 40 (2007), 49-57.
9. Del-Valle, V., Hernández-Muñoz, P., Guarda, A., Galotto, M. J. "Development of a cactus-mucilage edible coating (*Opuntia ficus indica*) and its application to extend strawberry (*Fragaria ananassa*) shelf Life". *Food Chemistry*, 91 (2005), 751-756.
10. Perdonés, A., Sánchez-González, L., Chiralt, A., Vargas, M. "Effect of chitosan-lemon essential oil coatings on storage-keeping quality of strawberry". *Postharvest Biology and Technology*, 70 (2012), 32-41.
11. Guerreiro, A. C., Gago, C. M. L., Faleiro, M. L., Miguel, M. G. C., Antunes, M. D. C. "The use of polysaccharide-based edible coatings enriched with essential oils to improve shelf-life of strawberries". *Postharvest Biology and Technology*, 110 (2015), 51-60.
12. Khodaei, D., Hamidi-Esfahani, Z. "Influence of bioactive edible coatings loaded with *Lactobacillus plantarum* on physicochemical properties of fresh strawberries". *Postharvest Biology and Technology*, 156 (2019), 110944.

13. Ayala-Zavala, J. F., Wang, S. Y., Wang, C. Y., González-Aguilar, G. A. "Effect of storage temperatures on antioxidant capacity and aroma compounds in strawberry fruit". *LWT - Food Science and Technology*, 37 (2004), 687–695.
14. Li, D., Zhang, X., Li, L., Aghdam, M. S., Wei, X., Liu, J., ... Luo, Z. "Elevated CO<sub>2</sub> delayed the chlorophyll degradation and anthocyanin accumulation in postharvest strawberry fruit". *Food Chemistry*, 285 (2019), 163–170.
15. Duan, J., Wu, R., Strik, B. C., Zhao, Y. "Effect of edible coatings on the quality of fresh blueberries (Duke and Elliott) under commercial storage conditions". *Postharvest Biology and Technology*, 59 (2011), 71–79.
16. Valenzuela, C., Tapia, C., López, L., Bunger, A., Escalona, V., Abugoch, L. "Effect of edible quinoa protein-chitosan based films on refrigerated strawberry (*Fragaria × ananassa*) quality". *Electronic Journal of Biotechnology*, 18 (2015), 406–411.
17. Vollenweider, Sabine, Evers, S., Zurbriggen, K., Lacroix, C. "Unraveling the hydroxypropionaldehyde (HPA) system: an active antimicrobial agent against human pathogens". *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58 (2010), 10315–10322.