

Recubrimientos naturales a partir de cefalotórax y exoesqueletos de jaiba¹⁶ (*Callinectes sapidus*) y de camarón (*Litopenaeus vannamei*) y su aplicación sobre un fruto no climatérico, frambuesa (*Rubus idaeus*) para extender su vida de anaquel

Natural coatings from cephalothorax and exoskeletons of crab (*Callinectes sapidus*) and shrimp (*Litopenaeus vannamei*) and its application on a non-climacteric fruit, raspberry (*Rubus idaeus*) to extend its shelf life

Nereida De-la-Cruz-Guerra, Rolando Salvador García-Gómez*, Samuel Mendoza-Pérez

^aUniversidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química, Departamento de Ingeniería Química, Laboratorios 301, 302, 303 de Ingeniería Química Ambiental y de Química Ambiental. Edificio E-3 Alimentos y Química Ambiental, Conjunto E, Circuito de la Investigación Científica S/N, Ciudad Universitaria, Alcaldía Coyoacán, 04510 Ciudad de México, México
Emails (*Correos-e*): nereunam@hotmail.com, rolandogarciagomez@quimica.unam.mx*, mcduran@quimica.unam.mx

* Autor a quien debe dirigirse la correspondencia / *Corresponding author*

Recibido / *Received*: Enero / *January* 15, 2023

Aceptado / *Accepted*: Febrero / *February* 14, 2023 (Número 1, enero-junio / *Number 1, January-June*)

Resumen

El uso de polímeros naturales como quitina y quitosana obtenidos de residuos de crustáceos (cefalotórax de camarón y/o jaiba) presentan beneficios al ser empleados como recubrimientos comestibles para preservar y aumentar la vida útil de algunos frutos. En este estudio, se emplearon técnicas fisicoquímicas y sensoriales para evaluar la vida de anaquel de frambuesas (*Rubus idaeus*) recubiertas con esos polímeros. Lotes de frambuesas fueron recubiertos con una biopelícula de quitina-quitosana (Q-Qn) proveniente de cefalotórax y exoesqueletos de jaiba y camarón en una relación (50:50), empleando lotes control con quitosana Sigma-Aldrich a una concentración de 1.5% en masa (Qn 1.5%). Adicionalmente, se tuvieron lotes de frutas sin recubrir (Blanco). Todos los lotes fueron mantenidos durante un periodo de 21 días de almacenamiento a temperaturas de 5, 25 y 35°C. Entre los resultados destacables se tienen que el recubrimiento experimental bajo estudio Q-Qn obtenido de cefalotórax y exoesqueletos de jaiba y camarón presentó actividad antifúngica al ser empleado en frambuesas evitando el desarrollo de hongos en todos los lotes a los cuales se les aplicó. La evaluación sensorial realizada en las mermeladas obtenidas a partir de los recubrimientos determinó que los consumidores prefirieron la mermelada elaborada con frambuesas recubiertas con quitosana comercial (Qn 1.5%). Adicionalmente, la evaluación sensorial no detectó resabio a camarón o jaiba en la mermelada elaborada con frambuesas recubiertas con quitina-quitosana (Q-Qn). Lo anterior hace posible la implementación del recubrimiento experimental empleando distintas concentraciones en la aplicación de biopelículas a frambuesas, así como en la realización de cambios en la preparación de las mermeladas con la finalidad de obtener una mayor aceptación de sus atributos sensoriales.

Palabras clave: Recubrimientos naturales, quitina, quitosana, jaiba (*Callinectes sapidus*), camarón (*Litopenaeus vannamei*), frambuesa (*Rubus idaeus*), vida de anaquel

Abstract

*The use of natural polymers such as chitin and chitosan obtained from crustacean residues (shrimp and/or crab cephalothorax) present benefits when used as edible coatings to preserve and increase the useful life of some fruits. In this study, physicochemical and sensory techniques were used to evaluate the shelf life of raspberries (*Rubus idaeus*) coated with these polymers. Lots of raspberries were coated with a chitin-chitosan (Q-Qn) biofilm from cephalothorax and exoskeletons of crab*

¹⁶ En México se conoce a este crustáceo, *Callinectes sapidus*, como jaiba. La palabra jaiba procede del taíno saiba (pertenece a la familia lingüística macroarahuacana, que se extiende desde América del Sur a través del Caribe), que era como llamaban a los cangrejos de agua dulce los arahuacos (población cuya lengua se deriva del chibcha y es hablada en la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia) [Nota de los editores]

and shrimp in a ratio (50:50), using control lots with Sigma-Aldrich chitosan at a concentration of 1.5% in mass (Qn 1.5%). Additionally, there were batches of uncoated fruits (blank). All batches were kept for a period of 21 days of storage at temperatures of 5, 25, and 35°C. Among the results are that the experimental coating under study Q-Qn obtained from cephalothorax and exoskeletons of crab and shrimp presented antifungal activity when used on raspberries, avoiding the development of fungi in all batches to which it was applied. The sensory evaluation carried out on the jams obtained from the coatings determined that consumers preferred the jam made with raspberries coated with commercial chitosan (Qn 1.5%). Additionally, the sensory evaluation did not detect an aftertaste of shrimp or crab in the jam made with raspberries coated with chitin-chitosan (Q-Qn). This makes it possible to implement the experimental coating using different concentrations in the application of biofilms to raspberries, as well as in making changes in the preparation of jams in order to obtain greater acceptance of their sensory attributes.

Keywords: Natural coatings, chitin, chitosan, crab (*Callinectes sapidus*), shrimp (*Litopenaeus vannamei*), raspberry (*Rubus idaeus*), shelf life

INTRODUCCIÓN

Los cambios en los acelerados estilos de vida y la importancia de ingerir alimentos saludables y listos para su consumo han causado un incremento en el consumo de alimentos frescos. Bajo este contexto, las frutas han resultado ser una alternativa idónea para solventar esta problemática. Por ello es muy importante que lleguen hasta el consumidor final en óptimas condiciones (Bierhals et al., 2011; García, 2011). La implementación de los recubrimientos comestibles de bajo costo resulta beneficiosa para los productores de frutas, ya que para ellos representan una menor pérdida económica y una mayor calidad de venta en los productos que comercializan (Zhan et al., 2011). Por ello, en la industria frutícola se desea disminuir las pérdidas post cosecha especialmente de los frutos con alto valor agregado y que, generalmente, requieren de un mayor cuidado en su manipulación. Es así como surgen las tecnologías y tratamientos post-cosecha entre los que destacan los recubrimientos con películas comestibles (Pérez-Pérez y López-Malo, 2011).

Dentro de las principales ventajas del uso de los recubrimientos comestibles en la protección y conservación de alimentos se encuentra la formación de una barrera protectora sobre la superficie del fruto. Esta modifica la composición gaseosa interna haciendo que disminuya la tasa de respiración y, por lo tanto, se prolongue la vida postcosecha del producto al crear una atmósfera modificada entre la película y la superficie de las frutas evitando la degradación de pigmentos a causa de la ausencia de CO₂ y, como consecuencia, el desarrollo de colores indeseables (Pérez-Guzmán et al., 1999; Pérez-Villarreal y Báez, 2003).

Los materiales utilizados en las formulaciones con las que generalmente se elaboran los recubrimientos comestibles son biopolímeros que pueden ser acarreadores de diferentes aditivos, tales como antimicrobianos, antioxidantes, nutracéuticos y agentes aromatizantes obtenidos de productos naturales (Ayana y Turhan, 2010; Campos et al., 2011). Estos materiales son biodegradables, por lo que reducen su impacto al ambiente (Du et al., 2011) y no causan daños al consumidor (Zarazúa-Cruz, 2022).

La industria acuícola produce grandes cantidades de subproductos provenientes de crustáceos como el camarón y la jaiba siendo mínimamente aprovechados al no estar los humanos acostumbrados a su consumo. Generalmente son depositados en cuerpos de agua generando contaminación en ríos, lagunas o en suelos (rellenos sanitarios municipales). Dentro de los subproductos que podrían aprovecharse están las proteínas, los pigmentos carotenoides del tipo de las astaxantinas y la quitina (Figura 1), obtenida de sus cefalotórax y exoesqueletos (Ortega-Granados, 2011; Sarabia-Bañuelos, 2011). La quitosana (Figura 2), un derivado desacetilado de la quitina, es uno de los polímeros destacados que han sido empleados en la elaboración de biopelículas comestibles debido a las buenas propiedades mecánicas y de permeabilidad selectivas al CO₂ y al O₂, mejorando así su calidad y prolongando la vida útil de las frutas frescas (Djioua et al., 2010).

Explicado lo anterior, en este estudio se propuso la sinergia de los recubrimientos de quitina-quitosana (Q-Qn) obtenidos a partir de ambos cefalotórax y exoesqueletos de jaiba y camarón para que, mediante la separación de la quitina del resto de sus componentes y tras su conversión a su derivado desacetilado (la quitosana) con una mayor solubilidad, se pudieran preparar las biopelículas y aplicarlas directamente sobre un fruto no climatérico, las frambuesas (*Rubus idaeus*) (Figura 3). Este fruto es una fuente importante de vitamina C, antioxidantes y minerales, pero de manipulación y almacenamiento delicado y con una vida de anaquel corta. La frambuesa es de gran importancia a nivel nacional ya que la producción y exportación de este fruto ha ido en aumento en los últimos años, lo que ha reflejado un mayor interés productivo hacia este cultivo agrícola (Andrade-P. et al., 2007; Bezerra-de-Aquino et al., 2015; El Financiero, 2021; Lárez-Velásquez, 2008; SE, 2018).

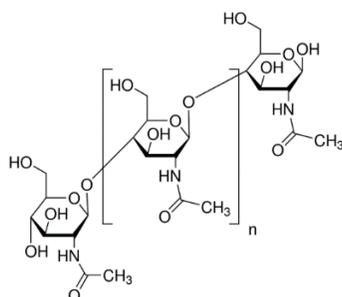


Figura 1. Estructura química de la quitina (Sigma-Aldrich, 2015a)

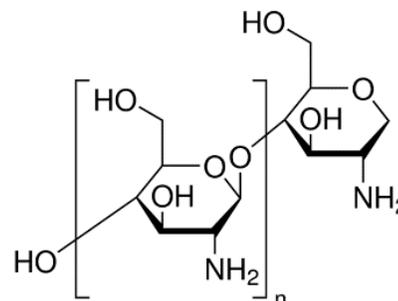


Figura 2. Estructura química de la quitosana (Sigma-Aldrich, 2015b)



Figura 3. Frambuesas maduras (De-la-Cruz-Guerra, 2019]

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de películas de quitina-quitosana obtenidas a partir de cefalotórax y exoesqueletos de camarón y de jaiba en la vida de anaquel de frambuesas frescas y en la calidad organoléptica de mermeladas elaboradas con ellas. Para lograr lo anterior, primero se determinó la proporción más adecuada de cefalotórax y exoesqueletos de camarón y de jaiba al utilizarse el disolvente patentado en los laboratorios donde se realizó la investigación, conocido como MAC-141¹⁷ (Flores-Ortega et al., 2004), para la elaboración de las biopelículas utilizadas para recubrir las frambuesas. Adicionalmente, se evaluaron las características físicas y sensoriales de las frambuesas recubiertas con las películas de quitina-quitosana provenientes del cefalotórax de camarón, sometidas a tres diferentes condiciones de temperatura (5, 25 y 35°C). Por último se evaluó la existencia de diferencias significativas entre las características presentadas por las frambuesas recubiertas con películas de quitina-quitosana (Q-Qn) con un control de quitosana comercial Sigma Aldrich (Q-SA) y un blanco de frambuesas sin recubrimiento, empleando para ello un análisis estadístico de varianza con un nivel de confianza de 95%, de los datos obtenidos para cada uno de los parámetros evaluados (porcentaje de humedad, grados Brix, pH, porcentaje de acidez y contenido de vitamina C).

¹⁷ Metanol-Agua-Cloruro de calcio en relación molar 1:4:1 (Flores-Ortega et al., 2004)

METODOLOGÍA

Recolección de las materias primas

Los cefalotórax y exoesqueletos de camarón y de jaiba parcialmente deproteinizados fueron obtenidos en el área de pescados y mariscos del Mercado La Nueva Viga en la Central de Abastos de la Ciudad de México (CDMX). Una vez recolectados se transportaron a los Laboratorios 301, 302 y 303 de Ingeniería Química Ambiental y de Química Ambiental (LIQAYQA) para realizar la remoción de impurezas, limpieza y secado de los exoesqueletos y cefalotórax de camarón y jaibas llevando a cabo la técnica señalada por Sarabia-Bañuelos (2011) para el caso del camarón y la técnica señalada por Mendoza-Pérez (2014) para el caso de la jaiba. Las frambuesas empleadas en el presente trabajo experimental fueron adquiridas en contenedores con una masa de alrededor de 170 g cada uno, en la tienda de autoservicio Walmart Copilco, de la Ciudad de México, en el área de frutas y verduras donde se encontraban en refrigeración entre 4 y 6°C (Figura A.1 del Anexo).

Separación de la mezcla quitina-quitosana (Q-Qn) a partir de los cefalotórax y exoesqueletos de camarón y de jaiba

Para la realización de este punto se tomó como base lo descrito por Flores-Ortega (2004, 2008). Para ello, se realizó una molienda en un molino de café marca Hamilton Beach Modelo CM08 en húmedo para proceder con un secado en una estufa Felisa (México) a una temperatura de 60°C durante 18 h y así retirar la humedad restante. Posteriormente, se realizó una molienda en una licuadora Osterizer (México) para disminuir el tamaño de partícula obtenido durante la primera molienda, seguido de un tamizado en un tamiz No. 80 (tamaño de partícula de 180 µm) para, finalmente, obtener cefalotórax y exoesqueletos de camarón y de jaiba parcialmente desproteinizados, llevando a cabo la técnica anteriormente descrita.

Elaboración del disolvente MAC-141©

La metodología para la elaboración del disolvente MAC-141© propuesta por Flores-Ortega y colaboradores (2004) y mejorada por Ortega-Granados y Durán-Domínguez-de-Bazúa (2014) se basa en la capacidad que presenta la mezcla de metanol-agua-cloruro de calcio en relación molar 1:4:1 para la extracción de quitina. Está fundamentada en el hecho de que el calcio conforma un complejo entre la quitina y la sal de calcio al romper los puentes de hidrógeno de la quitina, aunado a la capacidad de las moléculas de metanol para redirigir las zonas hidrofóbicas del poliglúcido¹⁸ lejos del disolvente (Flores-Ortega, 2008).

Determinación de la proporción idónea CEPD:MAC-141©

La determinación de la proporción idónea de cefalotórax y exoesqueleto parcialmente desproteinizado (CEPD) CEPD:MAC-141© se llevó a la cabo partiendo de una mezcla 50:50 (m/m) de cefalotórax y exoesqueletos de camarón y jaiba parcialmente desproteinizados. Las proporciones con que se trabajó fueron 1:5, 1:50 y 1:100 (m/m) de CEPD (50:50) y disolvente MAC-141©, respectivamente. La metodología empleada fue la señalada por Sarabia-Bañuelos (2011), retomada por Ortega-Granados (2011) y Enríquez-Estrada y Nava-Arévalo (2016).

Preparación y empleo de las soluciones control

Para tener referentes durante el empleo del recubrimiento experimental elaborado a partir de CEPD y MAC-141©, se requirió el uso de un recubrimiento comercial empleado como recubrimiento control (elaborado con quitosana comercial de la marca Sigma-Aldrich). La selección de disolventes y solutos se realizó con base en lo señalado por Ortega-Granados (2011) y descrito por Enríquez-Estrada y Nava-Arévalo (2016). El recubrimiento experimental (Q-Qn) se elaboró en una proporción de 1:50 (m/m) de CEPD y MAC-141©, mientras que el recubrimiento control (Qn 1.5% en masa) se preparó usando una solución de ácido ascórbico al 2% en volumen como disolvente y quitosana comercial de la marca Sigma-Aldrich en una concentración de 1.5% m/v. Ambos recubrimientos se aplicaron

¹⁸ Por errores semánticos se ha arrastrado el uso de la palabra derivada de la sacarosa, sacárido, cuando realmente la sacarosa es un dímero de glucosa y fructosa, por lo que cualquier molécula que tenga glucosa debiera llamarse glúcido [nota de los y las editores(as)]

respectivamente en lotes de frambuesas mediante la técnica conocida como cepillado (Figura A.2 del Anexo). Adicionalmente, se preparó un lote de frambuesas sin recubrimiento alguno, señalado como "blanco" en la presente investigación (Figura A.4 del Anexo).

Las frambuesas en este estudio fueron almacenadas bajo tres condiciones distintas de temperatura: A 5°C en un refrigerador doméstico comercial de la marca MABE, Modelo Space Line (México) a 25°C manteniéndolas sobre charolas a la temperatura ambiente presente en el laboratorio y a 35°C dentro de una incubadora de marca ECOSHELL-9052 (México). Se separaron en lotes de 55 frutos de acuerdo con el tipo de recubrimiento correspondiente para las tres condiciones de almacenamiento (Figuras A.5 a 7 del Anexo).

Determinaciones físicas y química realizadas en las muestras de frambuesas

El contenido de humedad (% H) fue determinado a través del método de la termobalanza descrito por Enríquez-Estrada y Nava-Arévalo (2016). La determinación de grados Brix (°Bx) se realizó empleando un refractómetro ATAGO-ATC-1 con una escala de 0-90%, empleando la metodología señalada en la norma mexicana NMX-F-103-NORMEX-2009 (SE, 2009). La determinación del valor de pH se llevó a cabo empleando un potenciómetro de la marca Orión 720-A7, siguiendo la técnica señalada en la NMX-F-317-NORMEX-2013 (SE, 2013). La determinación del porcentaje de acidez (% HA) se efectuó siguiendo la metodología descrita en la Norma Mexicana: (MNX-FF-011-1982) empleando una titulación con hidróxido de sodio al 0.1N, usando fenolftaleína como indicador. Para la determinación del contenido de vitamina C, se llevó a cabo una titulación empleando la técnica del 2,6-Diclorofenol-Indofenol (2,6-DI) de la AOAC (2000). Los cambios de coloración de los frutos se evaluaron empíricamente mediante una comparación con la escala de color impresa Pantone®.

Determinaciones sensoriales y presencia y/o ausencia de hongos

Las determinaciones de cambios de textura en frambuesas se realizaron de manera manual, empleando el tacto para definir cualitativamente la dureza presentada por cada una de las muestras, ubicándolas dentro de una de tres categorías (blando, firme o duro) con las que se analizó esta cualidad. De la misma forma la presencia de hongos se determinó únicamente mediante un análisis visual, señalando ausencia de estos en aquellas ocasiones donde no fue perceptible visualmente la aparición de estructuras ni cambios en textura o coloración característicos de la presencia de hongos en frambuesas.

Pruebas de nivel de agrado con consumidores

Se llevó a cabo la elaboración de mermeladas de frambuesa con los distintos lotes, mediante las cuales se realizaron pruebas de análisis sensorial (de nivel de agrado) (Figuras A.8 a 10 del Anexo). Estas pruebas con consumidores se hicieron con la finalidad de detectar alguna diferencia significativa entre atributos como color, aroma, textura y sabor de mermeladas elaboradas con frambuesas de las diferentes muestras (un lote blanco, un lote control con frambuesas recubiertas con quitosana comercial y un lote sometido al recubrimiento experimental de Q-Qn). Para estas evaluaciones se utilizaron escalas hedónicas de cinco puntos (Severiano et al., 2012). La evaluación sensorial de mermeladas de frambuesa tuvo lugar en el vestíbulo del Edificio A de la Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México, FQ-UNAM, con la colaboración de jueces no entrenados (alumnos de la FQ) (Figuras A.11 y 12 del Anexo).

Análisis estadísticos

Se realizaron análisis estadísticos empleando el programa Statgraphics® para el tratamiento de datos. La elaboración de análisis de varianza, *andeva* (*ANOVA* por sus siglas en inglés) se realizó con un nivel de significancia de 0.05. Los factores para evaluar fueron los tipos de recubrimientos y el tiempo. Las variables dependientes fueron los parámetros evaluados durante el estudio de vida de anaquel, realizándose para cada temperatura (5, 25 y 35°C) una tabla de análisis de varianza por cada uno de los parámetros evaluados (% H, °Bx, pH, % HA y % de vitamina C).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Pruebas de vida de anaquel en frambuesas

En las frutas, el ablandamiento del tejido se encuentra relacionado con cambios en la estructura de la pared celular. Estos cambios generalmente ocurren debido a la degradación y solubilización de la pectina y, adicionalmente, a la acción de las enzimas, que resultan en la modificación de la estructura de la misma (Chitarra y Chitarra, 2005). Existen distintas enzimas presentes en las frambuesas, las cuales contribuyen al ablandamiento durante la maduración del fruto, como son las galactosidasas (β -galactosidasa), las cuales liberan galactosa de las cadenas laterales, produciéndose cierto ablandamiento (Brueckner, 2009), con una mayor porosidad de las paredes celulares. Otra enzima es la pectinmetilesterasa que desesterifica la homogalacturona en frutas, como en este caso las frambuesas (Haliwell, 2012). La turgencia de las células es un factor importante que se debe considerar, ya que contribuye en gran medida a la firmeza de las frutas. Para que las células se mantengan turgentes, la pérdida de agua desde las vacuolas hacia el apoplasto debe ser evitada o minimizada, con transpiración controlada (Avena-Bustillos et al., 2011). Por otra parte, una piel íntegra y de poca transpiración ejerce presión hacia las células internas elevando su turgencia y, por el contrario, si la piel pierde agua fácilmente deja de ejercer presión y las células pierden agua lo que, sumado a la formación de espacios intercelulares grandes, contribuye a la blandura (Avena-Bustillos et al., 2011).

Determinación de los cambios de textura

La tendencia general obtenida luego de haber realizado un análisis manual de la textura de las frambuesas recubiertas y de un lote sin recubrir (blanco) almacenadas a distintas temperaturas (5, 25 y 35°C) fue presentar cierta firmeza, para trascurrido el tiempo, sentirse una textura blanda y, finalmente, endurecerse (Tabla 1).

Tabla 1. Resultados de la determinación de cambios de textura en frambuesas recubiertas

T	5°C			25°C			35°C		
Tiempo (días)	Tipo de recubrimiento en estudio								
	Blanco	Q-Qn	Qn 1.5%	Blanco	Q-Qn	Qn 1.5%	Blanco	Q-Qn	Qn 1.5%
0	Firme	Blando	Blando	Firme	Blando	Blando	Firme	Blando	Blando
4	Firme	Blando	Blando	Blando	Blando	Blando	Duro	Duro	Duro
7	Firme	Blando	Blando	Blando	Duro	Blando	Duro	Duro	Duro
11	Firme	Blando	Blando	Duro	Duro	Duro	Duro	Duro	Duro
14	Blando	Blando	Blando	Duro	Duro	Duro	Duro	Duro	Duro
18	Blando	Blando	Blando	Duro	Duro	Duro	Duro	Duro	Duro
21	Blando	Blando	Blando	Duro	Duro	Duro	Duro	Duro	Duro

Donde: Blanco, sin recubrimiento; Q-Qn, recubrimiento de quitina-quitosana 1:50; Qn 1.5%, Recubrimiento quitosana Sigma-Aldrich al 1.5% en masa (Control)

Lo anterior ocurrió a causa de la pérdida de agua que presentaron las frutas, ya que al inicio del seguimiento se tuvo una mayor cantidad de agua al interior, lo que otorgó una mayor firmeza; pero conforme avanzó el tiempo, la pérdida de agua aumentó y los tejidos comenzaron a ablandarse, hasta que terminaron por contar con una cantidad mínima de humedad y un alto contenido de sólidos, lo cual provocó que las frambuesas terminaran por endurecerse y reducir su tamaño. Comparando los recubrimientos empleados con el blanco, las frambuesas a las que no se les adicionó ningún recubrimiento fueron las que presentaron una mayor firmeza, al menos al inicio del almacenamiento.

Esto pudo deberse a que la aplicación de los recubrimientos se realizó mediante la técnica de cepillado, lo cual afectó a la textura de las frambuesas recubiertas, ya que como la piel de las frambuesas es muy delicada, quizás se pudo haber dañado parcialmente durante este procedimiento. Las frambuesas recubiertas con Q-Qn 1:50 se endurecieron más rápidamente que las recubiertas con el biopolímero comercial de Qn al 1.5% y que las que no fueron recubiertas (blanco) y que fueron almacenadas a 5 y a 25°C. Esto podría indicar que el recubrimiento de Q-Qn 1:50 no logró formar una barrera protectora más eficiente contra la liberación de agua como fue el caso del recubrimiento de Qn al 1.5%. Al ser comparadas estas frambuesas con los lotes de frutos que no tuvieron ningún recubrimiento (blanco), su pérdida de agua fue más lenta. En un estudio similar realizado por García-Luna-Pérez y Vargas-Cid (2016) emplearon higos (*Ficus carica*) y uvas rojas (*Vitis vinifera* L.) con recubrimientos de Q-Qn obtenidos de cefalotórax de crustáceos y extraídos con el mismo disolvente MAC-141. Al ser aplicados sobre los lotes de higos observaron en los atributos de textura y arrugamiento, que los recubrimientos control de Qn-SA al 1.5 y 2% en ambos frutos fueron los que mantuvieron por más tiempo el parámetro de firmeza a las tres temperaturas de 4, 25 y 35°C, pero al aplicar los recubrimientos de Q-Qn experimental en estos frutos fueron los que mostraron un menor cambio en la coloración de las uvas a lo largo del estudio.

Las temperaturas de almacenamiento a las que se sometieron las frambuesas dieron información importante. A mayor temperatura, más rápida fue la pérdida de agua en los frutos y, por tanto, también el endurecimiento (Tabla 1). Esto ocurrió debido a que mientras más elevada fue la temperatura de almacenamiento, los tejidos se ablandaron y liberaron agua más fácilmente (Gil-Salaya, 2012). Cabe mencionar que para el caso de las frambuesas almacenadas a una temperatura de 5°C, de manera general, la textura pasó de ser firme a blanda, pero no llegaron al endurecimiento.

Análisis visual de la presencia/ausencia de hongos

En el lote blanco, como en las frambuesas recubiertas con el recubrimiento de Qn 1.5% (Control, C) almacenadas a las temperaturas de 5 y 25°C, se detectó la presencia de hongos, mientras que su ausencia se presentó en las frambuesas tratadas con el recubrimiento de Q-Qn 1:50 en las tres temperaturas de almacenamiento (Tabla 2).

Tabla 2. Resultados del análisis visual de la presencia de hongos en frambuesas recubiertas almacenadas a temperaturas de 5, 25 y 35°C

Temp.	5°C			25°C			35°C		
Tiempo (Días)	Tipo de recubrimiento en estudio								
	Blanco	Q-Qn	Qn 1.5%	Blanco	Q-Qn	Qn 1.5%	Blanco	Q-Qn	Qn 1.5%
0	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
4	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Presencia	Ausencia	Presencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
7	Presencia	Ausencia	Ausencia	Presencia	Ausencia	Presencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
11	Presencia	Ausencia	Ausencia	Presencia	Ausencia	Presencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
14	Presencia	Ausencia	Ausencia	Presencia	Ausencia	Presencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
18	Presencia	Ausencia	Ausencia	Presencia	Ausencia	Presencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
21	Presencia	Ausencia	Presencia	Presencia	Ausencia	Presencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia

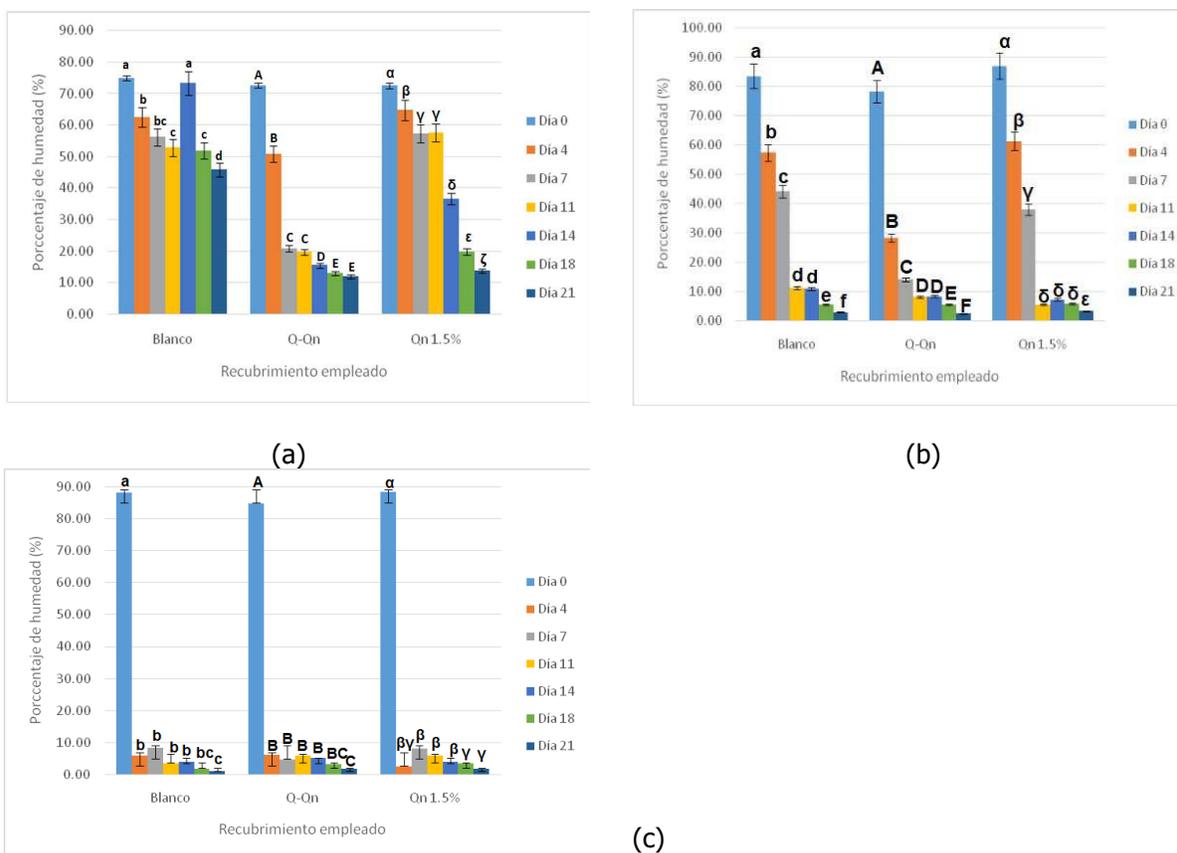
Donde: Blanco, sin recubrimiento; Q-Qn, recubrimiento de quitina-quitosana 1:50; Qn 1.5%, recubrimiento quitosana Sigma-Aldrich al 1.5% (Control)

Anteriormente se ha observado que los recubrimientos con quitosana presentan propiedades benéficas al usarse en el campo de la agricultura por su actividad bactericida y fungicida, además de presentar una relativa inocuidad (Lárez-Velásquez, 2008). Sin embargo, al comparar entre ambos recubrimientos

de quitosana, se obtuvo que el recubrimiento obtenido experimentalmente posee una mayor actividad fungicida que el recubrimiento comercial Qn-1.5% Sigma-Aldrich usado como control.

Determinación del contenido de humedad (% H)

En cuanto a los resultados sobre el contenido de humedad en las frambuesas se obtuvo una diferencia significativa a un $\alpha=0.05$ entre los lotes (blanco, Q-Qn y Qn al 1.5% como control) y el tiempo desde el día 0 hasta el término de la vida de anaquel bajo condiciones de almacenamiento de 5 y 25°C (Gráfica 1).



Donde: Blanco, sin recubrimiento; Q-Qn, recubrimiento de quitina-quitosana 1:50; Qn 1.5%, recubrimiento quitosana Sigma-Aldrich al 1.5% (usado como control)

Gráfica 1. Pérdida de humedad expresada en porcentaje¹⁹, en los diferentes lotes de frambuesas recubiertas y almacenadas a: a) 5°C, b) 25°C, c) 35°C. Grupos que no comparten la misma letra difieren estadísticamente

No se presentaron diferencias significativas entre los tipos de recubrimientos empleados bajo las condiciones de 35°C. Lo anterior fue atribuido a la forma en que se llevó a cabo el recubrimiento de los frutos (la aplicación de los recubrimientos mediante la técnica de cepillado), la cual fue empírica (no se pudo evaluar su reproducibilidad) a nivel de laboratorio bajo las condiciones en que se realizó el estudio (el recubrimiento se distribuyó manualmente y esto pudo haber generado cambios en la cantidad adicionada del mismo) lo cual promovió que fueran únicas para cada frambuesa (superficie heterogénea de frambuesas).

¹⁹ En México, a partir de 2009 y después de una ardua argumentación, se aceptó usar indistintamente el punto decimal o la coma decimal (DOF, 2009). En los escritos científicos siempre se usa el punto decimal

Con el análisis estadístico, los resultados obtenidos empleando la diferencia de medias a través del método de Tukey, para las condiciones de almacenamiento a 25 y 35°C se observó que a 5°C, el recubrimiento de Q-Qn 1:50 fue ineficiente debido a que presentó una mayor pérdida de humedad con respecto del lote blanco y, para las condiciones de almacenamiento de 25 y 35°C, al no presentarse diferencias entre las medias de los tres lotes (blanco, Q-Qn 1:50 y Qn al 1.5% usado como control), no se observaron efectos significativos de la aplicación de los recubrimientos. Para el almacenamiento a 5°C, el lote que presentó la menor pérdida de humedad en comparación con el lote blanco fue el recubierto con Qn al 1.5% usado como control, permitiendo que las frambuesas mantuvieran por más tiempo el agua libre hasta el día once (Gráfica 1).

Determinación de los grados Brix (°Bx)

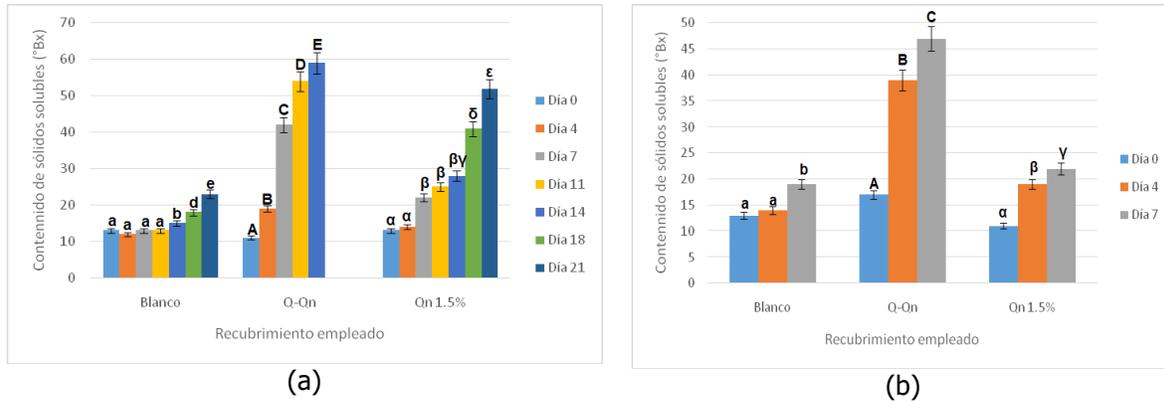
Los grados Brix indican el contenido total de sólidos disueltos (glúcidos o sales) en 100 g de un líquido (SE, 2009). En la literatura se ha encontrado que el contenido mínimo de sólidos solubles recomendado para la cosecha en frambuesas es de 8°Bx (Jongen, 2005). Del total de 14% de los sólidos generalmente, un 9% es soluble, los glúcidos reductores glucosa y fructosa (1.5-4%) y el ácido cítrico (2%) (Green, 1971).

La concentración de cada uno de los glúcidos es del orden de 2.0 g/100 g y la xilosa es el glúcido neutro predominante de las paredes celulares, que disminuye durante la maduración a causa de su hidrólisis (Azaraksh et al., 2012). Las frambuesas, al ser un fruto no climatérico, después de ser cosechadas apenas siguen madurando de forma lenta y no tienen cambios bruscos en su aspecto y composición. El aumento en °Bx también se puede deber a que como maduran lentamente la protopectina en las paredes celulares hidroliza a pectinas solubles (Navarrete, 2009) y, conforme ocurren las distintas etapas de madurez, hay un mayor número de glúcidos hidrolizados presentes en las frambuesas. Esto provoca un aumento del contenido de sólidos solubles (Eum et al., 2009) y esto puede explicar lo observado en el presente estudio. De los datos experimentales provenientes de los diferentes lotes se obtuvieron lecturas de alrededor de 13°Bx del día cero y se observó una tendencia general al aumento del contenido de sólidos solubles de °Bx (Gráfica 2). Independientemente del tratamiento y la temperatura de almacenamiento, los °Bx en las frambuesas presentaron un aumento probablemente vinculado a la degradación de las pectinas teniendo en cuenta que las pectinas forman parte de los compuestos medidos al evaluar los sólidos solubles totales (Chitarra y Chitarra, 2005). Para el caso de los lotes de frambuesas sometidos a 25°C, la determinación de °Bx únicamente pudo llevarse a cabo hasta el día siete y, para los almacenados a 35°C, solamente pudo realizarse la primera lectura, ya que la concentración de sólidos presentes (glúcidos) en las frambuesas después de esas lecturas sobrepasó el máximo intervalo de medición del refractómetro empleado a causa de la deshidratación de las frambuesas, no siendo posible determinar la concentración de sólidos solubles después de esas lecturas. Sin embargo, para los lotes sometidos a las tres temperaturas bajo estudio (5, 25 y 35°C), se tuvo un aumento de °Bx más rápido para el caso de los lotes de frambuesas recubiertas con Q-Qn al 1:50 para las tres condiciones de temperatura, por lo que se determinó que el recubrimiento con Q-Qn al 1:50 fue el que permitió una menor absorción de agua por el recubrimiento y mayor pérdida de humedad del fruto, concentrando más los sólidos solubles presentes en las frambuesas.

Determinación del valor de pH

Las frambuesas comerciales que se encuentran en el punto de madurez comercial presentaron un valor de pH de 3.2-3.7 de acuerdo con lo encontrado en la literatura (Scramin et al., 2011). Al inicio del estudio de vida de anaquel las frambuesas presentaron valores de pH cercanos al valor mencionado. Sin embargo, durante las lecturas posteriores, la tendencia general para los lotes almacenados a las tres temperaturas del estudio fue de incremento. Trejo-Ramírez y colaboradores (2015) quienes trabajaron también con frutos de frambuesa señalaron que, a pesar de las diferentes temperaturas de almacenamiento, el pH tendió a incrementarse conforme transcurrieron los días de

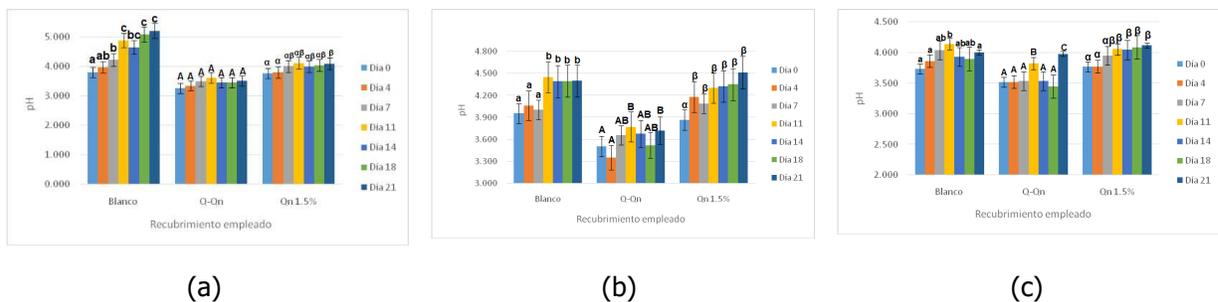
almacenamiento. Esto también modifica sus características organolépticas a causa de estos cambios, como son el color y la apariencia (Trejo-Ramírez et al., 2015). Los resultados obtenidos en la presente investigación coincidieron con esos resultados, señalando ser un indicador de la calidad de los frutos al inicio del estudio.



Donde: Blanco, sin recubrimiento; Q-Qn, recubrimiento de quitina-quitosana 1:50; Qn 1.5%, recubrimiento quitosana Sigma-Aldrich al 1.5% (usado como control)

Gráfica 2. Determinación de °Bx en los lotes de frambuesas recubiertas y almacenadas a: (a) 5°C y (b) 25°C. Grupos que no comparten la misma letra difieren estadísticamente

De acuerdo con los resultados obtenidos de los lotes de frambuesas recubiertas con Q-Qn almacenados a 5, 25 y 35°C se puede decir que este recubrimiento fue el que logró mantener una menor variación del pH de las frambuesas, en comparación con el lote blanco o el recubierto con Qn al 1.5% usado como control. El aumento en los valores de pH es un indicador de una disminución en la acidez total, el cual, se encuentra relacionado con la actividad respiratoria como se mencionó anteriormente y, en el caso de la frambuesa, fue bastante más evidente, ya que los frutos tienen un bajo contenido de glúcidos (Souza, 2007). Con base en el análisis estadístico, se encontró una diferencia significativa entre el lote recubierto con quitina-quitosana (Q-Qn) y el resto de los lotes, presentando valores de pH inferiores a los obtenidos de las muestras recubiertas con quitina comercial (Qn 1.5%) y de las muestras sin recubrimiento (blanco) (Gráfica 3).

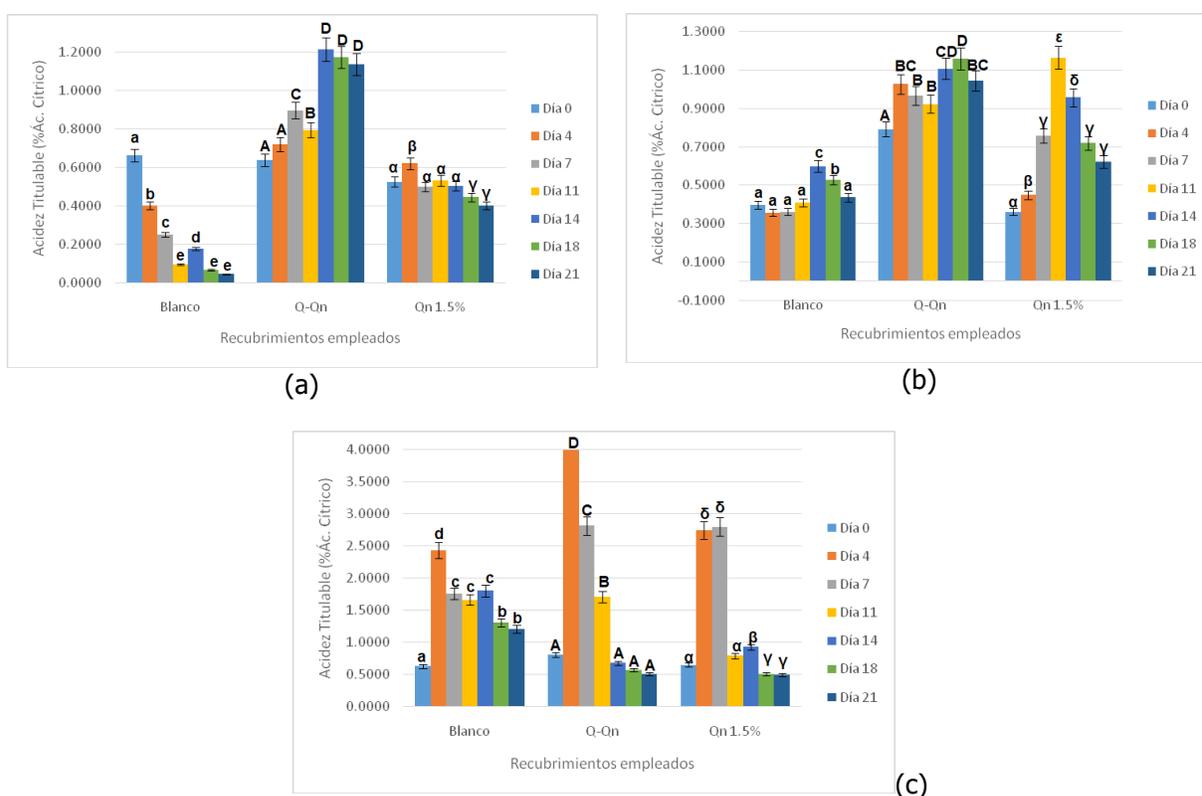


Donde: Blanco, sin recubrimiento; Q-Qn, recubrimiento de quitina-quitosana 1:50; Qn 1.5%, recubrimiento quitosana Sigma-Aldrich al 1.5% (usado como control)

Gráfica 3. Determinación de pH en los diferentes lotes de frambuesas recubiertas y almacenadas a: (a) 5°C, (b) 25°C, (c) 35°C. Grupos que no comparten la misma letra difieren estadísticamente

Determinación del porcentaje de acidez

El ácido cítrico es el que se encuentra mayoritariamente en las frambuesas, la concentración de ácidos totales generalmente es alta y estos son componentes del sabor de la fruta. La degradación de dichos ácidos orgánicos ocurre por respiración o por conversión de éstos en glúcidos, disminuyendo así durante la maduración (Xu et al., 2001). Es así como la concentración de ácidos titulables declina con la maduración de la frambuesa, más a una temperatura mayor y constituye un índice de ella (Navarro-da-Silva et al., 2013; Pérez-Guzmán et al., 1999). En este estudio, las frambuesas recubiertas con quitina-quitosana 1:50 (Q-Qn) presentaron un aumento de acidez titulable en el caso de los lotes almacenados a 5 y 25°C. Esto resulta contradictorio si se compara con los resultados obtenidos para pH. Sin embargo, este aumento de acidez titulable puede atribuirse a la falta de detección visible del cambio de coloración al momento de la realización de las determinaciones ya que, debido al color de los frutos estudiados, la detección visual del vire de color en el punto de equivalencia de la titulación se dificultaba, lo que pudo haber provocado falsos positivos al momento de realizar estas pruebas (Gráfica 4).



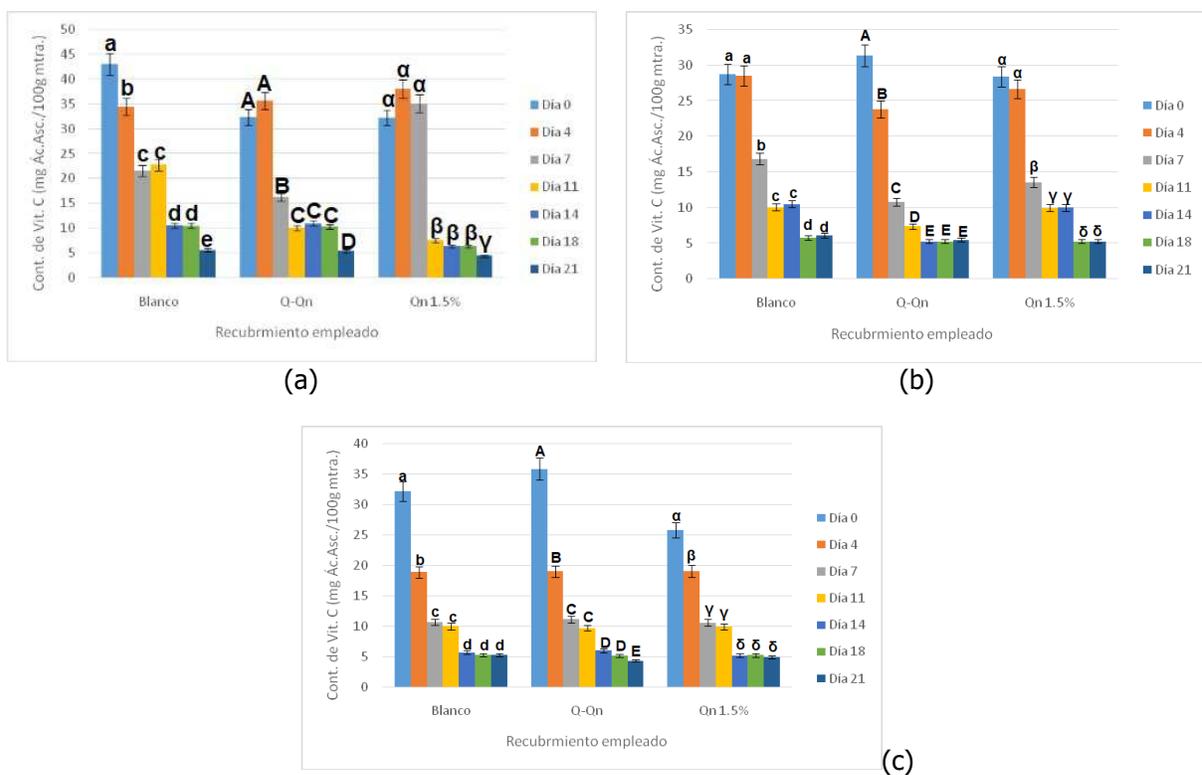
Donde: Blanco, sin recubrimiento; Q-Qn, recubrimiento de quitina-quitosana 1:50; Qn 1.5%, recubrimiento quitosana Sigma-Aldrich al 1.5% (usado como control)

Gráfica 4. Determinación de la acidez titulable expresado en porcentaje de ácido cítrico, en los diferentes lotes de frambuesas recubiertas y almacenadas a: (a) 5°C, (b) 25°C, (c) 35°C. Grupos que no comparten la misma letra difieren estadísticamente

Determinación del contenido de vitamina C

Las frambuesas son frutos considerados como muy buenas fuentes de vitamina C (Mullen et al., 2002). Sin embargo, la vitamina C al ser sensible a la oxidación, a la luz y al calor es muy fácil que se degrade.

En este caso, para todos los lotes almacenados a las distintas temperaturas de estudio (5, 25 y 35°C), se obtuvo una disminución en la concentración de vitamina C. Esto se atribuye en gran parte a que el daño mecánico, la descomposición y el envejecimiento promueven la ruptura de la pared celular y liberan enzimas de degradación como la polifenol oxidasa y la ascorbato oxidasa, que son responsables de la oxidación del ácido ascórbico (Mokady et al., 1984). Al comparar los lotes sometidos a las temperaturas de 5 y 25°C, se observó que las frambuesas recubiertas con Q-Qn 1:50 fueron las que tuvieron una pérdida de vitamina C menor comparadas con las que presentaron los lotes blanco y Qn 1.5%. Esto indicaría que este recubrimiento fue más eficiente en retardar la pérdida de vitamina C que el recubrimiento de Qn al 1.5% usado como control y el blanco (Gráfica 5).



Donde: Blanco, sin recubrimiento; Q-Qn, recubrimiento de quitina-quitosana 1:50; Qn 1.5%, recubrimiento quitosana Sigma-Aldrich al 1.5% (usado como control)

Gráfica 5. Pérdida de vitamina C en los diferentes lotes de frambuesas recubiertas y almacenadas a: a) 5°C, b) 25°C, c) 35°C. Grupos que no comparten la misma letra difieren estadísticamente

Determinación de cambios de color

La pigmentación del fruto es un parámetro sensorial que resulta de vital importancia preservar, pues es la primera impresión que ejerce un producto sobre el consumidor. Como ya se ha mencionado, el cambio de color en el fruto es causado por la síntesis, acumulación y degradación de pigmentos (Azcón-Bieto y Talón, 2008). Las antocianinas, que son las responsables de impartir el color a las frambuesas, son: Mono, di o triglicósidos (glucosa, ramnosa y xilosa) de cianidina (principalmente) y de pelargonidina (Jennings y Carmichael, 1980). Se encuentran en todo el tejido de las frambuesas pero, mayoritariamente, cerca de la piel (Pérez-Gago et al., 2006). El cambio de tonalidad en la sobremadurez refleja un aumento de concentración. Los ácidos sinápico y ferúlico ejercen un efecto de copigmentación con el glucósido y el soforósido de cianidina, especialmente cuando la proporción es 100:1, la temperatura es baja y el pH es 4.0 (Pérez-Villarreal y Báez, 2003).

Después de cosechadas las frambuesas aumentan la intensidad del color (Wang, 2003) y el aumento en la concentración de antocianinas continúa. Es por eso por lo que durante el estudio de vida de anaquel se presentaron cambios en la coloración de los lotes de frambuesas estudiados. Para el caso de los lotes de frambuesas recubiertas con Q-Qn los tonos pasaron de un rojo a morado manteniendo siempre una coloración más rojiza que las frambuesas del lote blanco en las tres temperaturas, mientras que las frambuesas que fueron recubiertas con Qn 1.5% pasaron de una coloración rojiza a morada, presentando tonalidades cafés durante las últimas lecturas del estudio. En solución acuosa, las antocianinas existen en cuatro diferentes formas en equilibrio (Figura 8): La base quinoidal, el catión flavilio, el carbinol o pseudobase y la chalcona (Guzmán et al., 2010). Los cambios de coloración en frambuesas dependen en gran medida del desplazamiento del equilibrio que ocurre con las antocianinas.

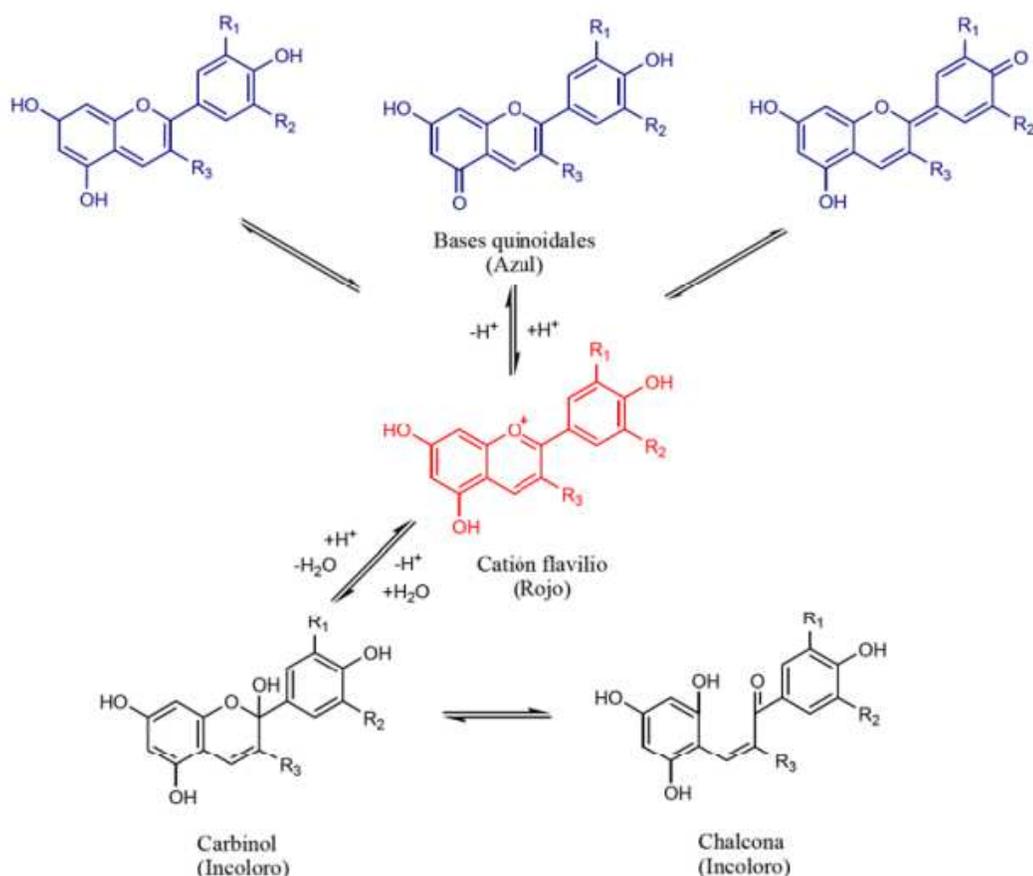


Figura 8. Equilibrio de las estructuras de la antocianina en solución acuosa (Horbowicz et al., 2008)

Se sabe que, luego de la refrigeración, el color de la fruta es más oscuro y el contenido de antocianinas y la capacidad antioxidante totales son mayores que en la fruta fresca o congelada (Lim et al., 2011). Comparando entre los lotes de distintos recubrimientos sometidos a una temperatura de 5°C (Tabla 3), se tuvo que las frambuesas recubiertas con Q-Qn fueron las que cambiaron más rápido de coloración, siendo notorio el cambio en el día cuatro manteniendo el color rojizo. Para el caso de los lotes almacenados a 25°C y 35°C las frambuesas sin recubrimiento fueron las que cambiaron de coloración más rápidamente, teniendo cambios notorios a partir del día cuatro hacia el morado y café. Las frambuesas recubiertas con Q-Qn 1:50 fueron las que presentaron un menor cambio de coloración, lo cual indica que el recubrimiento de Q-Qn fue el que preservó la coloración de los frutos por un mayor tiempo (De-la-Cruz-Guerra, 2019).

Determinación del tiempo de vida de anaquel de frambuesas

Para llevar a cabo el cálculo de la vida de anaquel se emplearon los datos de humedad obtenidos durante el estudio realizado. En la Tabla 3 se presentan los datos de esta parte de la investigación.

Estos datos indican que las frambuesas presentaron una mayor vida de anaquel al estar almacenadas a una temperatura de 5°C. El recubrimiento con Qn 1.5% usado como control es el que, comparado con el recubrimiento de Q-Qn 1:50, permitió alargar más el tiempo de vida de anaquel. Aunque estos valores son teóricos dan una indicación de la bondad de la refrigeración ya que hasta el blanco se mantiene mejor.

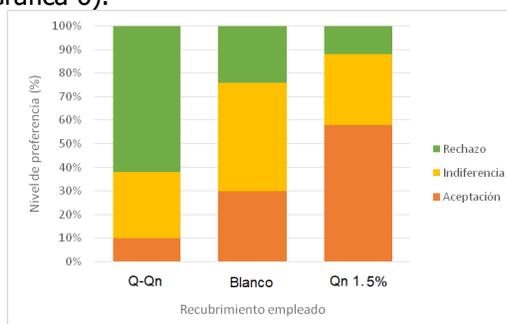
Tabla 3. Determinación de tiempo teórico de vida de anaquel con base en la humedad de las frutas

Tiempo de vida de anaquel teórico (días)			
T (°C)	Recubrimiento empleado		
	Blanco	Q-Qn	Qn 1.5%
5	22	20	21
25	17	14	15
35	8	12	12

Donde: Blanco, sin recubrimiento; Q-Qn, recubrimiento de quitina-quitosana 1:50; Qn 1.5%, recubrimiento quitosana Sigma-Aldrich al 1.5% (usado como control)

Evaluación sensorial de mermeladas de frambuesa

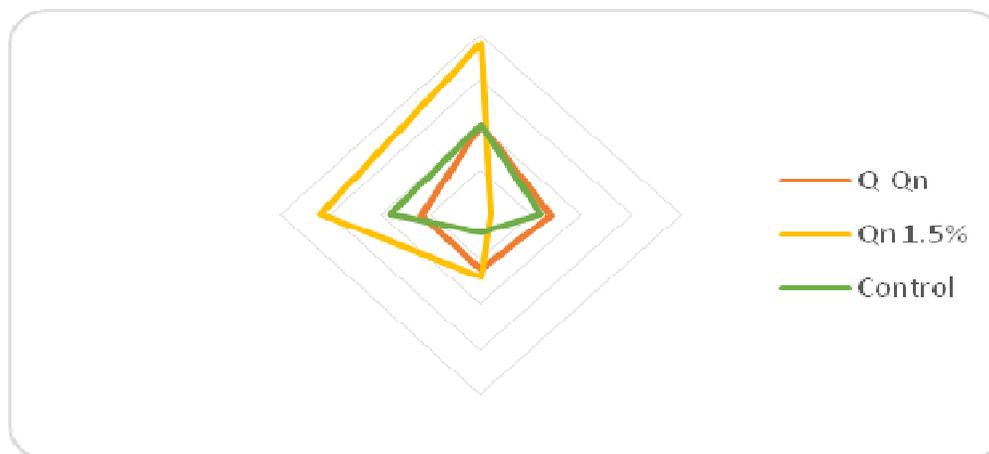
Para los fines de la presente investigación se eligió evaluar el atributo de color, ya que es el primer atributo detectable por el consumidor para evaluar la calidad de un producto. Considerando el aroma, la textura y el sabor, este último es relevante ya que contribuye a identificar si el recubrimiento experimental (Q-Qn) elaborado a partir de crustáceos provee un sabor característico de estos productos a las frambuesas recubiertas y, por tanto, a las mermeladas elaboradas con estos frutos, lo que representaría una desventaja sensorial para dicho recubrimiento. Para ello, 50 consumidores (jueces no entrenados) evaluaron los atributos de mermeladas elaboradas con un contenido de 55% de frambuesas provenientes de los lotes: Blanco, Q-Qn y Qn 1.5%. Las mermeladas se elaboraron al tercer día después de la aplicación de los recubrimientos correspondientes, ya que en este tiempo deja de presentarse un excedente de recubrimiento aplicado y fueron evaluadas dos días después de su elaboración. La encuesta fue realizada a 24 mujeres y 26 hombres, dentro de las instalaciones de la Facultad de Química de la UNAM. El cuestionario aplicado en la evaluación sensorial de mermeladas de frambuesa se realizó bajo una escala hedónica de cinco puntos y fueron seleccionadas de mejor a peor: Qn al 1.5% usado como control > blanco > muestra de mermelada elaborada con frambuesas recubiertas con Q-Qn 1:50 (Gráfica 6).



Donde: Blanco, sin recubrimiento; Q-Qn, recubrimiento de quitina-quitosana 1:50; Qn 1.5%, recubrimiento quitosana Sigma-Aldrich al 1.5% (usado como control)

Gráfica 6. Comparación del nivel de preferencia de consumo de mermeladas de frambuesa por consumidores

Se evaluaron cuatro atributos sensoriales, color, aroma, textura y sabor. Al comparar el grado de aceptación de dichos atributos, se obtuvo que el color, sabor y textura de la mermelada elaborada con frambuesas recubiertas por Qn al 1.5%, lote usado como control, fueron los de mayor agrado. Para el aroma, la mermelada elaborada con frambuesas recubiertas por Q-Qn 1:50 fue el producto que más agradó al panel de jueces (Gráfica 7).



Donde: Blanco, sin recubrimiento; Q-Qn, recubrimiento de quitina-quitosana 1:50; Qn 1.5%, recubrimiento quitosana Sigma-Aldrich al 1.5% (usado como control)

Gráfica 7. Comparación del nivel de preferencia de mermeladas de frambuesa con base en los cuatro atributos sensoriales, color, aroma, textura y sabor evaluados por los consumidores

A continuación, se muestran los resultados de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para los diversos atributos sensoriales de las mermeladas. En la Tabla 4 se aprecia que debido a que el valor P fue mayor a 0.05 no existieron diferencias significativas en el color de las mermeladas.

Tabla 4. Prueba de Kruskal-Wallis para el color

Grupo	Tamaño Muestra	Rango Promedio
BLANCO	50	68.56
Q-QN	50	73.29
QN	50	84.65

Estadístico = 4.05342 Valor-P = 0.131768

Para el caso del aroma (Tabla 5) el valor P fue menor a 0.05, por lo tanto, sí existieron diferencias significativas en el aroma de las mermeladas. De acuerdo con las medias el grupo con mejor aroma fue el blanco y este a su vez fue estadísticamente distinto a los tratamientos recubrimiento de quitina-quitosana 1:50 y el recubrimiento quitosana Sigma-Aldrich al 1.5%. Esto indica que el biopolímero modifica ligeramente el aroma del producto y lo hace menos agradable al consumidor.

Tabla 5. Prueba de Kruskal-Wallis para Aroma

Grupo	Tamaño Muestra	Rango Promedio
BLANCO	50	90.74
Q-QN	50	70.46
QN	50	65.3

Estadístico = 10.6559 Valor-P = 0.00485406

La Tabla 6 muestra los resultados para la textura. Se aprecia que sí existieron diferencias significativas. La mejor textura se obtuvo en los grupos que tenían recubrimientos de quitina-quitosana 1:50 o el

recubrimiento quitosana Sigma-Aldrich al 1.5%. La peor textura se obtuvo en el blanco. Con esto se demuestra que los biopolímeros pueden mejorar la textura de un producto elaborado con frutos recubiertos.

Tabla 6. Prueba de Kruskal-Wallis para Textura

Grupo	Tamaño Muestra	Rango Promedio
BLANCO	50	49.18
Q-QN	50	83.74
QN	50	93.58

Estadístico = 31.3351 Valor-P = 1.5692E-7

Finalmente, para el sabor la Tabla 7 muestra que el valor P de la prueba de Kruskal-Wallis fue menor a 0.05. Por lo tanto, también sí hubieron diferencias significativas en el sabor. Destaca que el peor sabor se obtuvo en las mermeladas elaboradas con el recubrimiento natural de quitina-quitosana. No existieron diferencias en el sabor entre el blanco y la mermelada elaborada con frutos recubiertos con quitosana Sigma-Aldrich al 1.5%. El menor agrado por las mermeladas elaboradas con los recubrimientos naturales obtenidos de los cefalotórax de crustáceos. Se deberán mejorar los recubrimientos de tal forma que no aporte sabores desagradables al producto final.

Tabla 7. Prueba de Kruskal-Wallis para Sabor

Grupo	Tamaño Muestra	Rango Promedio
BLANCO	50	81.71
Q-QN	50	49.85
QN	50	94.94

Estadístico = 31.2388 Valor-P = 1.64659E-7

Finalmente, en un estudio realizado por Ortega-Granados en 2011 en donde se evaluó el efecto de los recubrimientos obtenidos de quitina-quitosana en fresas empleando cefalotórax y exoesqueleto de camarón a temperatura ambiente y de refrigeración se concluyó que tanto las películas de Q-Qn obtenidas mediante el procesamiento de estos biopolímeros y/o la elaborada empleando la quitina comercial de la marca Sigma al 2%, concluyó que ambas películas aciduladas con ácido acético al 0.5% brindaron una mayor protección en cuanto a los valores de pH, acidez y sólidos solubles totales (°Brix) reduciendo las pérdidas ocasionadas por la actividad enzimática y metabólica manteniendo la calidad y el valor nutritivo de la fruta. Asimismo, esta película de 2.0% redujo la actividad microbiana. Al comparar ese estudio con el realizado en esta investigación es posible pensar que el efecto de acidular las mezclas de quitina-quitosana pudiera ejercer una acción sinérgica que favorezca el recubrimiento en el fruto y, por lo tanto, su vida de anaquel en óptimas condiciones, por lo que será importante seguir realizando experimentación, pero empleando este tipo de recubrimientos acidulados.

CONCLUSIONES

- El uso del recubrimiento compuesto por quitina-quitosana (Q-Qn) extraído con el disolvente MAC-141© sobre los lotes de frambuesas, presentó varios beneficios que satisfacen las propiedades características de las películas comestibles. Cabe mencionar que, para algunos parámetros, el beneficio no fue cuantificable.
- La mejor temperatura de conservación para las frambuesas de las tres temperaturas en estudio (5, 25 y 35°C) fue de 5°C, ya que permite preservar los parámetros vinculados a la calidad fisicoquímica alargando la vida de anaquel por un período de 21 días.
- Tras la comparación entre proporciones de 1:5, 1:50 y 1:100 de CEPD:MAC-141© se determinó que la mejor proporción para la elaboración del recubrimiento experimental (Q-Qn) fue de 1:50 CEPD:MAC-141©.

- Se logró obtener material particulado (polvo) de cefalotórax y exoesqueletos de jaiba y camarón (CEPD) en una proporción 50:50 tras las operaciones unitarias de limpieza, secado y molienda en los Laboratorios 301, 302 y 303 de Ingeniería Química Ambiental y de Química Ambiental (LIQAYQA) de la Facultad de Química de la UNAM. Se obtuvo el recubrimiento principal del estudio (Q-Qn), empleando el disolvente MAC-141©.

Recubrimientos en frambuesas

De acuerdo con los resultados obtenidos de las pruebas de vida de anaquel realizadas con frambuesas recubiertas empleando el biopolímero experimental (Q-Qn), se pueden dar las siguientes conclusiones.

- El beneficio tecnológico más relevante que presentó el recubrimiento experimental (Q-Qn) y que fue observado al emplearse sobre frambuesas en el presente estudio mediante el análisis visual de presencia de hongos fue la capacidad antifúngica, evitando la presencia visualmente detectable de hongos en todos los lotes tratados con este recubrimiento durante el tiempo total del estudio.
- Permitió la ralentización de algunos fenómenos de madurez en las frambuesas de forma más eficiente, con respecto al recubrimiento control (Qn 1.5%), tal como se observó en el menor aumento de valores de pH en los distintos lotes almacenados a las tres temperaturas en estudio (5, 25 y 35°C).
- En el caso de la conservación del contenido de ácido ascórbico, no se observó un efecto positivo en comparación con los lotes tratados con el recubrimiento comercial Qn 1.5%, ya que se presentó una tendencia a la disminución de esta vitamina al igual que para los otros lotes.
- Mantiene por más tiempo un color aceptable a 25°C con respecto al lote blanco y al lote recubierto con Qn 1.5%, conservándolo por 7 días, mientras que en los otros lotes la coloración cambió a partir del día 4.
- Los consumidores prefirieron una mermelada elaborada con frambuesas recubiertas con Q-Qn al evaluar el aroma y no se observaron alteraciones en el atributo de color por parte del recubrimiento en la evaluación sensorial realizada a las mermeladas elaboradas con esos frutos.

NOMENCLATURA

Abreviatura, palabra	Significado
AOAC	Siglas en inglés de la Asociación Oficial de Químicos Analíticos (<i>Association of Official Analytical Chemists: AOAC</i>)
ASLT	Siglas en inglés de pruebas aceleradas de vida de anaquel (<i>Accelerated Shelf-Life Testing</i>)
°Bx	Grado Brix
°C	Grado Celsius
CDMX	Ciudad de México
CONAPESCA	Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca, parte de la SAGARPA ahora SADER de México
CEPD	Cefalotórax y exoesqueleto de camarón y jaiba parcialmente desproteinizados
DDA	Grado de desacetilación de la quitina por sus siglas en inglés (<i>degree of deacetylation</i>)
DPV	Déficit de presión de vapor
EE.UU.	Abreviatura correcta del nombre del país Estados Unidos. Durante los aciagos días del expansionismo belicoso de este país trataron de apoderarse de varios países del continente americano que incluso dividieron en dos al crear el canal de Panamá (la tristemente célebre Doctrina Monroe) y empezaron a imprimir su papel moneda adicionando a su nombre United States las palabras "of America". Sin embargo, no se

Abreviatura, palabra	Significado
	han atrevido todavía a modificar su constitución por lo que se siguen llamando Estados Unidos y su abreviatura es EE.UU. y no EUA (Estado Unido de América)
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (por sus siglas en inglés, <i>Food and Agriculture Organization</i>)
g	Unidad de masa en gramos
% H	Porcentaje de humedad
% HA	Porcentaje de acidez
INIA	Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Chile
kg	Unidad de masa en kilogramos
L	Unidad de volumen en litros
MAC-141©	Disolvente compuesto por metanol, agua y cloruro de calcio en una proporción molar 1:4:1, con capacidad de extracción de la mezcla quitina-quitosana de los cefalotórax y exoesqueletos de jaiba y camarón
México	Su nombre oficial es Estados Unidos Mexicanos, ya que se buscaba terminar con el centralismo ancestral de los pueblos precolombinos y de la dominación española por casi cuatro siglos. Y aunque no se ha logrado cabalmente este sistema federalista, al menos persiste con el nombre. La palabra México viene del náhuatl y como el sonido "sh" no está en la lengua española los primeros conquistadores tomaron del vasco y el catalán la letra "x" para este sonido. Al pasar de los siglos, se perdió la connotación y ahora en México puede pronunciarse como "s", como "j" o como "x" (cs) [Xochimilco, se pronuncia como "s", México, como "j", Texcoco, como "cs"]. Su significado tiene, según Luis Cabrera (2002), más de 20 etimologías para este topónimo. El más aceptado viene de <i>Mexictli</i> (nombre del Dios mexica <i>Huitzilopochtli</i>), lugar del dios del ombligo de maguey o lugar del dios alojado en el ombligo del maguey: de <i>metl</i> = maguey, <i>xictli</i> = ombligo y <i>co</i> = lugar. Era el dios del sol como Ra para los egipcios
mg	Unidad de masa para los miligramos
mL	Unidad de volumen para los mililitros
NMX	Norma Mexicana (opcional)
NOM	Norma Oficial Mexicana (obligatoria)
pH	Potencial de hidrógeno
PG	Enzima poligalacturonasa
PME	Enzima pectinmetilesterasa
Quitosana	Palabra acuñada sin seguir ninguna regla. Las gomas generalmente derivan su nombre del compuesto monomérico y la terminación -ana: Dextrosa, dextrana; levulosa, levulana; manosa, manana; etc. Pero, para el caso de la quitina debió haberse llamado quitana y, sin embargo, se encuentran en los diferentes países hispanohablantes publicaciones con las palabras quitosano, quitosán, quitosan y quitosana. En este grupo de investigación se empleó la palabra quitosana
Qn 1.5%	Quitosana comercial Sigma Aldrich a una concentración de 1.5% en agua destilada acidulada con 2% de ácido ascórbico en volumen
Q-Qn	Mezcla quitina-quitosana obtenida de los cefalotórax y exoesqueletos parcialmente desproteinizados de jaiba y camarón
SADER	Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, parte del poder ejecutivo federal del actual gobierno mexicano
SAGARPA	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, parte del poder ejecutivo federal del gobierno mexicano hasta el sexenio anterior (2018)

Abreviatura, palabra	Significado
SE	Secretaría de Economía, parte del poder ejecutivo federal del gobierno mexicano
SEGOB	Secretaría de Gobernación, parte del poder ejecutivo federal del gobierno de México
SIAP	Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera de México
Ton	Toneladas
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México
USDA	Departamento de Agricultura de los EE.UU. (por sus siglas en inglés, <i>United States Department of Agriculture</i>)

RECONOCIMIENTOS

Los materiales y reactivos se adquirieron con los fondos aportados por la Facultad de Química de la UNAM a través de la Secretaría Académica de Investigación y Posgrado, SAIP, con el Programa de Apoyo a la Investigación y el Posgrado, PAIP, Claves 50009065 y 50009067. Los pequeños equipos se adquirieron con fondos de la Dirección General de Asuntos del Personal Académico de la UNAM, DGAPA, a través del Programa de Apoyo a proyectos para la Innovación y el Mejoramiento de la Enseñanza, PAPIME, Claves EN103704, PE101709 y PE100514. Los autores reconocen la valiosa asesoría de la Profa. Dr.-Ing. María del Carmen Durán-Domínguez-de-Bazúa.

BIBLIOGRAFÍA

- Andrade-P., R.D., Torres-G., R., Montes-M., E.J., Chávez-B., M.M., Naar-O., V. 2007. Elaboración de un sazónador a base de harina de cabezas de camarón de cultivo (*Penaeus sp.*). *Vitae*. 2(14):109-113.
- AOAC. 2000. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemistry. Ed. AOAC. Vol. 2, Parte 2.17. P. 1417. Washington, DC, EE. UU.
- Avena-Bustillos, R.d.J., Krochta, J.M., Salveit, M.E. 2011. Water vapour resistance of red delicious apples and celery sticks coated with edible caseinate-acetylated monoglyceride films. *J. Food Sci.* 62(2):351-354.
- Ayana, B., Turhan, K.N. 2010. Edible films/coatings containing antimicrobial agent and their applications in food packaging / *Gıda ambalajlamasında antimikrobiyel madde içeren yenilebilir filmler/kaplamalar ve uygulamaları*. *Gıda*. 35(2):151-158 (en turco).
- Azcón-Bieto, J., Talón, M. 2008. Fundamentos de fisiología vegetal. McGraw-Hill, 2ª Edición, 530 páginas. Madrid, España.
- Azaraksh, N., Osman, A., Ghazali, H.M., Tan, C.P., Mohd-Adzahan, N. 2012. Optimization of alginate and gellan based edible coating formulations for fresh cut pineapples. *Int. Food Res. J.* 19(1):279-285.
- Bezerra-de-Aquino, A., Fitzgerald-Blank, A., Lins-de-Aquino-Santana, L.C. 2015. Impact of edible chitosan-cassava starch coatings enriched with *Lippia gracilis* Schauer genotype mixtures on the shelf life of guavas (*Psidium guajava* L.) during storage at room temperature. *Food Chem.* 171:108-116.
- Bierhals, V.S., Chiumarelli, M., Hubinger, M.D. 2011. Effect of cassava starch coating on quality and shelf life of fresh cut pineapple (*Ananas comosus* L. Merrill cv 'Pérola'). *J. Food Sci.* 76(1):E62-E72.
- Brueckner, B. 2009. Nutritional quality of fruits and vegetables. En *Postharvest handling: A systems approach*. Florkowski, W.J., Schwefelt, R.L., Brueckner, B., Prussia, S.E. eds., 2nd edition. Elsevier. Pp. 53-62. Amsterdam, Países Bajos.
- Cabrera, L. 2002. Diccionario de aztequismos. Obra póstuma. Puesta en orden y revisada por J. Ignacio Dávila-Garibi. Luis Reyes-García revisó los términos nahuas y Esteban Inciarte los que aparecen en latín. Colofón, S.A. 5ª edición. ISBN 968-867-038-3. Ciudad de México, México.
- Campos, C.A., Gerschenson, L.N., Flores, S.K. 2011. Development of edible films and coatings with antimicrobial activity. *Food Bioproc. Tech.* 4(6):849-875.
- Chitarra, M.I.F., Chitarra, A.B. 2005. Pós-colheita de frutas e hortaliças: Fisiologia e manuseio. Universidade Federal de Lavras. P.783. Lavras, Brasil (en portugués).
- De-la-Cruz-Guerra, N. 2019. Evaluación de la sinergia de los recubrimientos naturales provenientes del cefalotórax de jaiba (*Callinectes sapidus*) y del cefalotórax de camarón (*Litopenaeus vannamei*) sobre un fruto no climatérico, frambuesa (*Rubus idaeus*). Tesis profesional de Química de Alimentos. UNAM, Facultad de Química. Ciudad de México, México.
- Djioua, T., Charles, F., Freire, J.M., Filgueiras, H., Ducamp-Collin, M.N., Sallanon, H. 2010. Combined effects of postharvest heat treatment and chitosan coating on quality of fresh cut mangoes (*Mangifera indica* L.). *Int. J. Food Sci.* 45(4):849-855.
- DOF. 2009. DIARIO OFICIAL (Primera Sección). Modificación del inciso 0, el encabezado de la Tabla 13, el último párrafo del Anexo B y el apartado Signo decimal de la Tabla 21 de la Norma Oficial Mexicana NOM-008-SCFI-2002, Sistema general de unidades de medida. CUARTO. - Se modifica el encabezado de la tabla 13 para quedar como sigue: Tabla 21 - Reglas para la escritura de los números y su signo decimal. Signo decimal: El signo decimal debe ser una coma sobre la línea (,) o un punto sobre la línea (.). Si la magnitud de un número es menor que la unidad, el signo decimal debe ser precedido por un cero. Diario Oficial de la Federación: Jueves 24 de septiembre de 2009. Poder Ejecutivo Federal. Ciudad de México, México.

- Du, W.X., Olsen, C.W., Avena-Bustillos, R.J., Friedman, M., McHugh, T. 2011. Physical and antibacterial properties of edible films formulated with apple skin polyphenols. *J. Food Sci.* 76(2):M149-M155.
- El Financiero. 2021. Crecen a doble dígito producción y exportación de frambuesas mexicanas. <https://www.elfinanciero.com.mx/economia/2021/08/15/crecen-a-doble-digito-produccion-y-exportacion-de-frambuesas-mexicanas/>
- Enríquez-Estrada, R.A., Nava-Arévalo, J.D. 2016. Estudios de vida de anaquel en productos hortofrutícolas empleando recubrimientos obtenidos de exoesqueletos y cefalotórax de camarón. Tesis profesional de Química de Alimentos. UNAM, Facultad de Química. Ciudad de México, México. 132.248.9.195/ptd2016/enero/0740203/Index.html
- Eum, H., Hwang, D., Linke, M., Lee, S., Zude, M. 2009. Influence of edible coating on quality of plum (*Prunus salicina* Lindl. Cv. 'Sapphire'). *Eur. Food Res. Technol.* 229(3):427-434.
- Flores-Ortega, R.A. 2004. Bioplástico de quitina: Formación de películas de quitina a partir de desechos de camarón por métodos ecológicos. Tesis de Maestría en Ciencias. UNAM, Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias Químicas. Ciudad de México, México.
- Flores-Ortega, R.A. 2008. Obtención y caracterización de esponja de quitina a partir de cefalotórax de camarón. Tesis de Doctorado en Ciencias. UNAM, Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias Químicas. Ciudad de México, México.
- Flores-Ortega, R.A., Barrera-Rodríguez, S., Durán-Domínguez-de-Bazúa, M.d.C. 2004. Extracción ecológica de quitina y subproductos. Patente Núm. 264482. Solicitud de Registro: Octubre 1, 2004. UNAM, Facultad de Química. Instituto Mexicano para la Protección Industrial, IMPI. Folio PA/a/2004/009517. Otorgada el 12 de febrero de 2009. Ciudad de México, México.
- García, M.A., Ventosa, M., Díaz, R., Casariego, A. 2011. Efecto de coberturas de alginato de sodio enriquecidas con *Aloe vera* en la calidad de zanahoria mínimamente procesada. *Ciencia Tec. Alim.* 21(3):62-67.
- Gil-Salaya, G. 2012. Fruticultura: Madurez de la fruta y manejo postcosecha. Frutas de climas templado y subtropical. 4^o ed. Pontificia Universidad Católica de Chile. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Santiago, Chile.
- Green, T. 1971. Principles of food viscosity analysis. En Instrumental assessment of food sensory quality: A practical guide. Kilcast, D., ed. Woodhead Publishing Limited. Pp. 129-162. Cambridge, Reino Unido.
- Guzmán, M., Ortega, A., Anaya, C. 2010. Piranoantocianinas: Modificaciones estructurales de antocianinas. Departamento de Ingeniería Química, Alimentos y Ambiental. Universidad de las Américas, Puebla. México. [https://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No4-Vol-1/TSIA-4\(1\)-Guzman-Figueroa-et-al-2010.pdf](https://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No4-Vol-1/TSIA-4(1)-Guzman-Figueroa-et-al-2010.pdf)
- Haliwell, B. 2012. Free radicals and antioxidants: Updating a personal view. *Nutr. Rev.* 70(5):257-265.
- Horbowicz, M., Kosson, R., Grzesiuk, A., Debski, H. 2008. Anthocyanins of fruits and vegetables. Their occurrence, analysis, and role in human nutrition. *Veg. Crop. Res. Bull.* 68:5-22.
- Jennings, D.L., Carmichael, E. 1980. Anthocyanin variation in the genus *Rubus*. *New Phytol.* 84:505-513.
- Jongen, W.M.F. 2005. Improving the safety of fresh fruit and vegetable. Ed.CRC. Boca Raton, FL, EE.UU.
- Lárez-Velásquez, C. 2008. Algunas potencialidades de la quitina y 'el quitosano' para usos relacionados con la agricultura en Latinoamérica. *Revista UDO Agrícola.* 8(1):1-22.
- Lim, R. Stathopoulos, C.E. Golding, J.B. 2011. Effect of edible coatings on some quality characteristics of sweet cherries. *Int. Food Res. J.* 18(4): 1237-1241.
- Mendoza-Pérez, S. 2014. Obtención de pigmentos carotenoides a partir de desechos de jaiba (*Callinectes sapidus*). Tesis profesional de Química de Alimentos. UNAM, Facultad de Química. Ciudad de México, México.
- Mokady, S., Cogan, U., Lieberman, L. 1984. Stability on vitamin C in fruit and fruit blends. *J. Sci. Food Agric.* 35(4):452-456.
- Mullen, W., Stewart, A.J., Lean, M.E.J., Gardner, P., Duthie, G.G., Crozier, A. 2002. Effect of freezing and storage on the phenolics, ellagitannins, flavonoids, and antioxidant capacity of red raspberries. *J. Agric. Food Chem.* 50(18):5197-52101.
- Navarro-da-Silva, A., de-Cassia-dos-Santos-Navarro-da-Silva, R., Marques-Ferreira, M.A. Rodrigues-Minim, V.P., de-Melo-Teixeira-da-Costa, T., Perez, R. 2013. Performance of hedonic scales in sensory acceptability of strawberry yogurt. *Food Qual. Prefer.* 30:9-21.
- Navarrete, G. 2009. Aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina para preservar la calidad de la zarzamora (*Rubus fruticosus*) almacenada en refrigeración lista para consumir. Tesis profesional de Ingeniería de Alimentos. UNAM, FES-Cuautitlán. Cuautitlán, Edo. de México, México.
- Ortega-Granados, J.A. 2011. Efecto del recubrimiento de fresas usando quitina-quitosana obtenida de cefalotórax y exoesqueleto de camarón en su vida de anaquel a temperatura ambiente (20±2°C) y refrigeración (4°C). Tesis profesional de Química de Alimentos. UNAM, Facultad de Química. Ciudad de México, México.
- Ortega-Granados, J.A., Durán-Domínguez-de-Bazúa, M.d.C. 2014. Proceso de química verde para la obtención de materiales espumados a partir de residuos sólidos de animales artrópodos, y productos obtenidos con el mismo. Patente Núm. MX 371901. Solicitud de Registro: MX/a/2014/015119 UNAM, Facultad de Química. Instituto Mexicano para la Protección Industrial, IMPI. Folio MX/E/2014/088656. Otorgada el 06 de febrero de 2020. Ciudad de México, México.
- Pantone®. 2018. <http://www.pantone.com/pages/pantone/index.aspx>
- Pérez-Gago, M.B., Serra, M., del-Río, M.A. 2006. Color change of fresh cut apples coated with whey protein concentrate based edible coating. *Postharvest Biol. Technol.* 39:84-92.
- Pérez-Guzmán, A., Saucedo-Veloz, C., Arana-Errasquín, R. 1999. Effect of individual seal packaging in plastic films on the quality of Dancy mandarins stored under refrigeration. *Food Sci.Tec. Int.* 5(3):215-222.
- Pérez-Pérez, E., López-Malo, A. 2011. Tecnologías involucradas en el procesamiento mínimo de frutas y hortalizas. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos.* 5(2):13-27.
- Pérez-Villarreal, B., Báez, R. 2003. Utilización de ceras comestibles en la conservación de frutas. *Rev. Tec. Hig. Alim.* 345(6):59-65.
- Sarabia-Bañuelos, P. 2011. Aprovechamiento integral de residuos de crustáceos: Obtención de quitina y quitosana del cefalotórax de camarón por métodos ecológicos. Tesis de Maestría en Ciencias. UNAM, Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias Químicas. Ciudad de México, México.

- Scramin, J.A., de-Britto, D., Forato, L.A., Bernardes-Filho, R., Colnago, L.A., Assis, O.B.G. 2011. Characterisation of zein oleic acid films and applications in fruit coating. *Int. J. Food Sci.* 46(10):2145-2152.
- SE. 1982. NMX-FF-011-1982: *Productos alimenticios no industrializados para uso humano. Fruta fresca. Determinación de acidez titulable. Método de titulación.* Secretaría de Economía. Catálogo de Normas Mexicanas. Normas Mexicanas. Dirección General de Normas. <http://www.economia-nmx.gob.mx/normasmx/detallenorma.nmx?clave=NMX-FF-011-1982>
- SE. 2009. NMX-F-103-NORMEX-2009: *Alimentos. Determinación de grados Brix en alimentos y bebidas método de ensayo (prueba)- Especificaciones (cancela a la NMX-F-103-1982).* Secretaría de Economía. Catálogo de Normas Mexicanas. Normas Mexicanas. Dirección General de Normas. <http://www.economia-nmx.gob.mx/normasmx/detallenorma.nmx?clave=NMX-F-103-NORMEX-2009>
- SE. 2013. NMX-F-317-NORMEX-2013: *Alimentos-Determinación de pH en alimentos y bebidas no alcohólicas-Método potenciométrico-Método de prueba- Especificaciones (cancela a la NMX-F-317-S-1978).* Secretaría de Economía. Catálogo de Normas Mexicanas. Normas Mexicanas. Dirección General de Normas. <http://www.economia-nmx.gob.mx/normasmx/detallenorma.nmx?clave=NMX-F-317-NORMEX-2013>
- SE. 2018. NMX-FF-132-SCFI-2018. *Productos alimenticios no industrializados para consumo humano-fruta fresca-frambuesa (Rubus sp.)-Especificaciones y métodos de prueba.* Secretaría de Economía. Catálogo de Normas Mexicanas. Normas Mexicanas. Dirección General de Normas. <https://www.sinec.gob.mx/SINEC/Vista/Normalizacion/DetalleNMX.xhtml?pidn=RzdNZmNSOXBudzJlaW9vK0Y4dWk3Zz09>
- Severiano, P., Gómez, D., Méndez, C., Pedrero, D., Gómez, C., Ríos, S., Escamilla, A., Utrera, M. 2012. Manual de evaluación sensorial. UNAM. Pp. 124-138. Ciudad de México, México.
- Sigma-Aldrich. 2015a. Chitin. <http://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/sigma/c9213?lang=es®ion=MX>
- Sigma-Aldrich. 2015b. Chitosan. <http://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/aldrich/740500?lang=es®ion=MX>
- Souza, M.B. 2007. Framboesa: Qualidade pós-colheita. *Folha de Divulgação AGRO.* 556(6):17-32 (en portugués).
- Trejo-Ramírez, V., Trejo-Márquez, M.A., Pascual-Bustamante, S., Lira-Vargas, A.A. 2015. Extracción de aceite esencial de eucalipto y su aplicación como agente antifúngico en un envase activo para conservación de frambuesa. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha.* 16(2):228-233.
- Wang, C.Y. 2003. Maintaining postharvest quality of raspberries with natural volatile compounds. *Int. J. Food Sci. Tec.* 38:869-875.
- Xu, S., Chen, X., Sun, D. 2011. Preservation of kiwifruit coated with an edible film at ambient temperature. *J. Food Eng.* 50:211-216.
- Zarazúa-Cruz, V. 2022. Estudios de las concentraciones del metanol en un fruto climatérico (pera, *Pyrus communis*) y en uno no climatérico (zarzamora, *Rubus fruticosus*) que fueron recubiertos con biopolímeros obtenidos de residuos de crustáceos. Tesis profesional de Química de Alimentos. Facultad de Química, UNAM. Enero 26, 2022. <http://132.248.9.195/ptd2021/noviembre/0820428/Index.html>

Anexo Acervo fotográfico



Figura A.1. Contenedores con las frambuesas empleadas en esta investigación



Figura A.2. Frambuesas recién recubiertas con biopelícula de Q-Qn



Figura A.3. Eliminación de exceso de recubrimiento



Figura A.4. Frambuesas sin recubrimiento (Lote Blanco)



Figura A.5. Lotes (Qn 1.5%, Q-Qn y Blanco) destinados a almacenamiento de 5°C

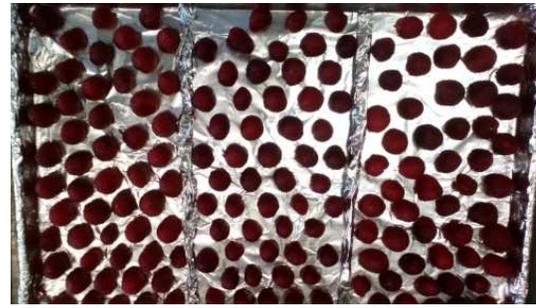


Figura A.6. Lotes (Qn 1.5%, Q-Qn y Blanco) destinados a almacenamiento de 25°C



Figura A.7. Lotes (Qn 1.5%, Q-Qn y Blanco) destinados a almacenamiento de 35°C



Figura A.8. Cocción de fruta para elaboración de mermelada



Figura A.9. Control de temperatura en elaboración de mermelada



Figura A.10. Mermeladas elaboradas con las frambuesas en estudio



Figura A.11. Muestras para evaluación sensorial de mermeladas de frambuesa



Figura A.12a. Evaluación sensorial de mermeladas de frambuesa con consumidores



Figura A.12b. Evaluación sensorial de mermeladas de frambuesa con consumidores