

POSGRADO: ESPECIALIDAD EN BIOTECNOLOGÍA.

Efecto de la temperatura de secado en algunas propiedades funcionales de películas comestibles a base de quitosano-co-octil galato.

Idónea comunicación

Presenta:

PÉREZ OLIVARES ROSIO

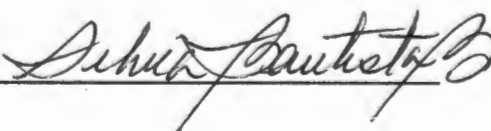
Comité Tutoral

Dra. Elsa Bosquez Molina



Lectora

Dra. Silvia Bautista Baños



México, D. F., Noviembre 2013

AGRADECIMIENTOS

Gracias al Sr. De L. M. Por acompañarme todo este tiempo.

A mis Padres y hermanas por todo el apoyo incondicional.

A mi hermano en donde se encuentre.

A la M. en C. Leonor, por todas sus observaciones y apoyo durante el desarrollo experimental de este trabajo.

Y muy especialmente a la Dra. Elsa por ser una persona brillante y admirable. Por toda la paciencia que tuvo, sin ella no hubiese concluido; mil gracias y que Dios la siga llenando de sabiduría y bendiciones.

El presente trabajo se realizó en:

El laboratorio de Biotecnología de Frutas y Hortalizas. Edificio S-156

Departamento de Biotecnología.

Universidad Autónoma Metropolitana.

Unidad Iztapalapa.

AGRADECIMIENTOS

Institución

Universidad Autónoma Metropolitana.

Comité Tutoral:

Dra. Elsa Bosquez Molina

Dra. Silvia Bautista Baños

INDICE

	Pág.
I INTRODUCCIÓN	- 8 -
2 MARCO TEÓRICO.....	- 10 -
2.1 Películas	- 10 -
2.2 Materiales utilizados y su función relativa en la formulación de PCs o RCs.	- 10 -
2.3 Materiales utilizados y su función relativa en la formulación de PCs o RCs	- 11 -
2.4 Propiedades funcionales de las PCs y RCs.	- 12 -
2. 5 Elaboración de PCs y RCs.	- 12 -
2. 6 Proceso de preparación para la formación de películas	- 12 -
2. 7 Efecto de la temperatura de secado y humedad relativa en las propiedades funcionales de películas.	- 14 -
2.8 Propiedades mecánicas	- 16 -
2.9 Resistencia en la elasticidad	- 16 -
2.10 Caracterización de las PCs y RCs formadas.....	- 16 -
2.11 Propiedades de barrera	- 17 -
2. 12 Quitosano	- 18 -
2.13 Quitosano Modificado.....	- 18 -
3 HIPÓTESIS	- 19 -
4 OBJETIVO GENERAL.....	- 19 -
5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	- 20 -
5.1 Sintetizar quitosano-co-octil galato.	- 20 -
5.2 Determinar del efecto de la temperatura de secado en el esfuerzo de ruptura y porcentaje elongación.....	- 20 -
5.3 Determinar el efecto de la temperatura de secado y la permeabilidad al vapor de agua en películas elaboradas con quitosano-co-octil galato y Q_{netivo} con y sin plastificante.....	- 20 -
6 METODOLOGIA	- 20 -
6.1 Síntesis de quitosano-co-octil galato (QOG).....	- 20 -
6.2 Diseño experimental.	- 21 -
6.3 Preparación de formulaciones formadoras de película.....	- 21 -
6.4 Formulaciones de quitosano-co-octil galato.	- 22 -
6.5 Caracterización de las películas obtenidas	- 23 -
6.6 Espesor	- 23 -

6.7 Brillo.....	- 23 -
6.8 Color	- 24 -
6.9 Pruebas mecánicas	- 24 -
6.10 Permeabilidad al vapor de agua (PVA).....	- 25 -
7 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	- 26 -
7.1 Películas de Q_{nativo}	- 26 -
7.2 Tiempo de Secado	- 26 -
7.3 Formulaciones con quitosano-co-octil galato	- 27 -
7.4 Tiempo de Secado.....	- 28 -
7.5 Espesor.....	- 28 -
7.6 Color	- 29 -
7.7 Brillo.....	- 31 -
7.8 Pruebas mecánicas	- 31 -
7.9 Esfuerzo a la tensión	- 32 -
7.10 Porcentaje de elongación	- 33 -
7.11 Permeabilidad al vapor de agua	- 34 -
8 CONCLUSIONES	- 35 -
9 BIBLIOGRAFÍA	- 37 -

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Quitosano nativo	- 18 -
Figura 2. Quitosano-co-octil galato modificado por (García y Gimeno (2010)	- 19 -
Figura 3. Efecto de la temperatura en el tiempo de secado	- 27 -
Figura 4. Efecto de la temperatura de secado en la fuerza de tensión a la ruptura. (a) Por formulación, (b) por temperatura.....	- 32 -
Figura 5. Efecto de la temperatura de secado en el %E de las películas sometidas a diferentes temperaturas de secado	- 33 -

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1 Diseño experimental	- 21 -
Cuadro 2 Formulaciones de Q_{nativo}	- 22 -
Cuadro 3 Formulaciones de Q_{nativo} y QOG con y sin plastificante	- 23 -
Cuadro 4 Características observadas de las películas de Q_{nativo} con diferentes formulaciones	- 26 -
Cuadro 5 Características observaciones generales comparativas de Q_{nativo} y del QOG.....	- 28 -
Cuadro 6 Tiempo de secado a diferentes temperaturas	- 28 -
Cuadro 7 Espesor de las diferentes formulaciones	- 29 -
Cuadro 8 Parámetros del color de las películas obtenidas	- 29 -
Cuadro 9 Parámetros del brillo de las películas obtenidas	- 31 -
Cuadro 10 PVA en las tres temperaturas evaluadas 25, 35 y 45 ° C.....	- 34 -
Cuadro 11 Efecto de la temperatura de secados en TS, %E y PVA en las cuatros formulaciones. .	- 35 -

Efecto de la temperatura de secado en algunas propiedades funcionales de películas comestibles a base de quitosano-co-octil galato.

I INTRODUCCIÓN

Los envases y empaques desempeñan un papel fundamental en la conservación, distribución y comercialización de los alimentos. Entre sus funciones destacan el de contener al alimento y protegerlo de la acción mecánica, química y microbiológica.

Históricamente el desarrollo de envases ha ocurrido a la par del hombre, ya que desde la antigüedad ha existido la necesidad de conservar el calor mismo del cuerpo, de la vivienda y sobre todo la de proteger los alimentos. En este último caso, la evolución comenzó con el uso de recipientes naturales que cubrían a las frutas o animales, de los cuales al ver el hombre su utilidad, buscó imitarlos, adaptarlos y mejorarlos según sus necesidades siendo los primeros intentos unos recipientes formados por hierbas entrelazadas y vasijas de barro sin cocer, al que le siguieron la elaboración de vasijas de arcilla, de madera, barriles de madera, uso del vidrio en tarros, botellas, hojalata, cartón, plásticos, etc.; conforme se fueron hallando nuevas maneras de formarlos y crearlos con diferentes materiales el desarrollo de los envases ha ido en aumento, evolucionando y diversificándose tratando de satisfacer nuevas necesidades. La invención de los materiales como el celofán, poliéster y polietileno durante las tres primeras décadas del siglo XX, impulsó en los años siguientes el desarrollo de diferentes tipos de materiales y películas plásticas así como la tecnología para su producción a gran escala y aplicación en diferentes industrias como el de la construcción, cosméticos, electrodomésticos y principalmente en los sistemas de envasado de alimentos y dado que la mayoría son de un solo uso, surgió el problema de qué hacer con ellos una vez que se han utilizado (<http://www.docstoc.com/docs/30934455/Historia-del-envase-y-empaque>).

Esto generó la necesidad de reducir el impacto en la contaminación ambiental que se ha producido con el incremento de desechos generados por el uso de envases y plásticos de origen sintético o no biodegradable, (Bosquez y col., 2000; Quintero y col., 2010; Ramos y col., 2010). Por lo que desde la década de los años 1980s, y en particular para la industria de alimentos, ha habido interés en desarrollar materiales que cumplan con las

funciones de un envase y empaque para conservarlos pero con características de compatibilidad con el ambiente. Esto ha motivado la búsqueda de biopolímeros o compuestos naturales que ofrezcan propiedades de resistencia y funcionalidad específica acorde a cada alimento (permeabilidad selectiva al vapor de agua, gases, sabores, aromas, etc.) convirtiéndose esta área en una excelente opción de innovación para el desarrollo de nuevos materiales activos y biodegradables (Krochtay col., 1994; Debeaufort y col., 1998; Soliva-Fortuny y Marti-Belloso, 2001).

En este contexto, las películas y recubrimientos comestibles han adquirido una importancia destacada debido a que desempeñan un importante papel en la conservación, distribución y comercialización de alimentos, y especialmente en aquellos altamente perecederos (Falguera y col., 2011).

Sin embargo, a pesar de que es amplia la información científica y técnica disponible para la elaboración de este tipo de cubiertas comestibles, el principal reto es que las formulaciones tienen que desarrollarse con características específicas para cada producto (Kester y Fennema, 1986; Greener y Fennema, 1994).

El uso de recubrimientos es una práctica antigua que se desarrolló para imitar las cubiertas naturales de frutas y hortalizas. Existen reportes que datan de los siglos XII y XIII en los que se menciona que en China se realizaba la inmersión de naranjas y limas en cera fundida para retardar la pérdida de agua (Kaplan, 1986, Greener y Fennema, 1994).

Actualmente, los avances de esta tecnología derivan fundamentalmente de las contribuciones generadas por la ciencia de los materiales y la ciencia de los alimentos (Lee y col., 2008). La ciencia de los materiales permite entender la resistencia mecánica, las propiedades de barrera, propiedades ópticas, propiedades químicas y físicas, de los biopolímeros y materiales compuestos, dado que son determinantes para su elaboración y propósito de uso. Por otro lado, la ciencia de los alimentos permite entender las cinéticas de deterioro de los alimentos (crecimiento microbiano, oxidación lipídica, ganancia o pérdida de humedad, flujo de gases metabólicos, etc.) que gobiernan la vida de anaquel del alimento.

En las últimas décadas se ha realizado bastante trabajo en este campo, el cual se ha reportado tanto en la literatura científica como de patente. (Kaplan 1986; Kester y Fennema 1986; Pertuzzi y col., 2002).

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Películas

Un recubrimiento comestible (RC) se define como una matriz continua, delgada, donde su estructura se encuentra alrededor del alimento mediante la adherencia (García-Ramos y col., 2010). Por otra parte, una película comestible (PC) es una matriz preformada, delgada, que posteriormente es utilizada en forma de recubrimiento para el alimento o entre los componentes del mismo.

2.2 Materiales utilizados y su función relativa en la formulación de PCs o RCs.

La obtención de estas películas y recubrimientos implica la formulación y preparación de soluciones o emulsiones formadoras de PC o RC constituidas principalmente por un hidrocoloide (un polisacárido o una proteína o un compuesto de naturaleza proteica), por un compuesto de naturaleza lipídica o por una mezcla de los mismos; estos compuestos son los que constituyen la matriz estructural (Krochta y col., 1994). Las propiedades de la matriz polimérica dependerán no solo de los polímeros empleados y su proporción en la formulación, sino también de su compatibilidad.

Además del componente estructural, en la formulación participan otros compuestos en forma de aditivos (plastificantes, agentes enrejantes, antimicrobianos, antioxidantes, emulsificantes, etc.), cuyo tipo y concentración hay que considerar así como las condiciones bajo las cuales se prepara la formulación (tipo de solvente, pH y temperatura). (Martin-Polo y col., 1992; Karbowiak y col., 2007).

2.3 Materiales utilizados y su función relativa en la formulación de PCs o RCs

Con la intención de aprovechar las ventajas de los diferentes componentes, las formulaciones se elaboran combinando los materiales en diferentes proporciones. En estas cubiertas compuestas, el uso de 2 ó más materiales simplemente combinados permiten mejorar las propiedades como el intercambio gaseoso, adherencia y permeabilidad al vapor de agua. (Wong y col., 1992). El carácter funcional de una película o recubrimiento comestible depende fuertemente de la naturaleza de sus componentes.

Carbohidratos y proteínas. Como almidones, celulosa, derivados de celulosa como carboximetilcelulosa, metilcelulosa, hidroxipropilcelulosa, gomas de plantas (alginatos, pectinas, goma arábica), almidones modificados y proteínas del suero de leche, glúten de trigo, gelatina, caseína y zeínas.

Estos hidrocoloides confieren características de adherencia, homogeneidad, integridad estructural, poca susceptibilidad a daños mecánicos y su acción como barrera restringe la migración de gases, grasas, aceites y solutos. Sin embargo son pobres como barrera al transporte de vapor de agua.

Lípidos. En este caso están incluidas las ceras (carnauba, candelilla, de abeja), aceites (mineral y vegetal), parafinas, ácidos grasos, glicéridos acetilados y resinas.

Estos compuestos no proporcionan por sí solos integridad y maleabilidad estructural para formar películas, pero proporcionan barreras eficaces al vapor de agua, flujo de gases y migración de solutos.

Plastificantes. Incluyen polioles como glicerol, sorbitol, manitol, sacarosa, ácidos grasos, monoglicéridos acetilados, propilenglicol, polietilenglicol, entre otros. Su función principal es la de mejorar las propiedades mecánicas, aumentan la flexibilidad de la cubierta formada reduciendo su dureza y formación de escamas y grietas. A nivel molecular, debilitan las fuerzas intermoleculares entre las cadenas adyacentes del biopolímero.

Otros aditivos. Varían dependiendo de la función que se requiera agregar al RC o PC, entre éstos se encuentran antioxidantes, antimicrobianos, colorantes, etc. Los cuales pueden aplicarse de manera directa en el producto y posteriormente protegerlos con las

cubiertas, o bien, incorporarlos en la formulación (Coma y col., 2002; Ouattara y col., 2000).

2.4 Propiedades funcionales de las PCs y RCs.

Los polisacáridos, proteínas y/o lípidos son conocidos por su capacidad para formar películas; al mezclar los componentes se tiene la posibilidad de aprovechar las distintas características funcionales de cada uno para la formación de películas con propiedades deseables, estas pueden actuar como barreras efectivas al transporte de gases (O_2 y CO_2), presentando permeabilidad selectiva al vapor de agua, buena adherencia, flexibilidad, etc. (Gontard y Guilbert, 1993; Krochta, 1994; Donhowe y Fennema, 1994).

Dado que las propiedades sobresalientes de las diferentes sustancias pueden aprovecharse, es común elaborar formulaciones compuestas para obtener películas o recubrimientos de composición heterogénea, a las que se les denomina multicomponentes.

2. 5 Elaboración de PCs y RCs.

La obtención de una PC o RC con las propiedades funcionales deseadas, depende también del método de preparación, forma de aplicación, las condiciones de secado y de las condiciones de manejo o almacenamiento a las que será sometido el recubrimiento o película (Kester y Fennema, 1986; Debeaufort y col., 1998).

2. 6 Proceso de preparación para la formación de películas

Para conseguir las máximas ventajas de los componentes es necesario establecer la forma para obtener la mejor interacción posible entre las moléculas mediante la acción de tratamientos físicos o químicos ya que la microestructura y estado físico de la PC o RCs terminados dependen, en gran medida, del proceso o técnica de preparación (Wong y col., 1992).

La formación de películas o recubrimientos comestibles a base de biopolímeros puede llevarse a cabo mediante alguno de los siguientes procesos:

Coacervación. Consiste en inducir la precipitación o gelificación del hidrocoloide (material biopolimérico), que se encuentra dispersado en solución acuosa, mediante la adición de un solvente no-electrolito en el que el biopolímero no es soluble (por ejemplo alcohol), o por la adición de un electrolito que genere una precipitación de sales ("saltingout"), o modificando el pH de la solución. Con este proceso se consigue la reordenación del biopolímero mediante enlaces iónicos o de puentes de hidrógeno, favoreciéndose el entrecruzamiento de las moléculas para finalmente formar una matriz. A este proceso se le llama *coacervación simple*.

En la coacervación compleja es el proceso involucra la dispersión por separado de dos biopolímeros de carga opuesta, para después combinarlos induciendo interacciones de neutralización y precipitación de la mezcla.

La coacervación mediante coagulación o gelación térmica se lleva a cabo mediante el calentamiento de la dispersión del biopolímero provocando su desnaturalización, gelificación o precipitación o bien, mediante un enfriamiento rápido de la dispersión en caliente del biopolímero para inducir una transición sol-gel.

Eliminación del solvente. Se basa en la formación de una película sólida mediante la simple evaporación del solvente en el que se encuentra dispersado el biopolímero, una vez que se ha aplicado sobre un soporte inerte. Para obtener una película con propiedades mecánicas adecuadas es necesario ajustar correctamente la temperatura y velocidad de secado.

Solidificación. Es el caso de sustancias formadoras de recubrimientos no solubles en agua como los aceites, grasas y ceras estas se funden y posteriormente se aplican sobre soportes o directamente sobre los alimentos, y se someten a bajas temperaturas o a temperatura ambiente para solidificar. En este proceso es preciso regular la velocidad de enfriamiento con el fin de evitar fracturas de las películas, usualmente se emplea para los recubrimientos cerosos, como queso de bola (Greener y col., 1994).

Con lo que respecta a las técnicas de aplicación, estas pueden ser por:

Vaciado o casting. Es la forma más común de formar películas y consiste en aplicar un volumen conocido de la formulación sobre una superficie plana, o bien con un aplicador

que permita controlar el espesor de la formulación aplicada y de una forma aproximada el de la película final obtenida.

Aspersión. En este caso se aplica la solución o dispersión por medio de presión; al asperjar se forman películas más delgadas y se emplea menos cantidad de solución formadora de películas.

Inmersión. El producto a cubrir es sumergido en la solución formadora de película; en este caso se forman películas con espesor no controlado pero su aplicación se adapta mejor para productos de superficies irregulares: carnes, pescados, frutas y vegetales. (Greener y col., 1994).

2. 7 Efecto de la temperatura de secado y humedad relativa en las propiedades funcionales de películas.

La formación de películas es el reordenamiento de las moléculas durante el proceso de secado de las formulaciones en gel o en solución. Así entonces resulta un punto crítico a estudiar, es el comportamiento de las formulaciones y las películas comestibles obtenidas cuando se aplican diferentes temperaturas de secado (García y col., 2000).

La temperatura de secado no solo tiene que ver cómo afecta con el tiempo en que se obtiene película, sino también con la estructura que adquiere, lo cual determina sus propiedades de barrera, mecánicas e incluso su morfología. Alcántara y col., 1998, estos investigadores reportaron que la temperatura de secado a 21°C a una humedad relativa (HR) de 50% las películas se formaron en un tiempo de 20h; mientras que a una temperatura de 95 °C con una HR de 30%, las películas se secaron en 2 h. También observaron que la temperatura afectó el color de las películas, a 95 °C y 30% HR las películas presentaron un color amarillentas. En comparación con las películas realizadas a 21 °C y 50% HR obteniendo una mejor apariencia en color claro y sin olor.

Srinivasa y col. (2004) y Mayachiew y col. (2008) realizaron trabajos empleando diferentes métodos de secado evaluando la cinética de secado en varias propiedades de películas de quitosano. El secado a condiciones de control secado aire ambiente y secado por aire caliente a 40 °C, secado al vacío, secado a baja presión de vapor, sobrecalentado a presión absoluta en diferentes temperaturas 70, 80, y 90°C, obteniendo

películas con un color amarillo tenue debido a las temperaturas empleadas. Para el método de secado al vacío el tiempo de formación de las películas fue más corto. Las películas elaboradas a 70°C presentaron buena resistencia a la fuerza de tensión y porcentaje de elongación. Las películas elaboradas a temperatura ambiente tenían mejor cristalinidad en comparación con el método secado al vacío.

La temperatura afecta la estructura de la película en la difusión, la solubilidad del permeante, el tamaño, forma y polaridad de la molécula del permeante que circula y las características de la película como cristalinidad, presencia de plastificante. Y del mismo modo la hidratación de la película, por consiguiente la permeabilidad también se verá influenciada por este factor y por el gradiente de humedad relativa a través de la cubierta (De Leiris, 1986; Pascat, 1998; Gontard y col., 1993).

Debeuafort y Voilley, (1995) Informan que el secado influye en las propiedades mecánicas de las películas comestibles, en un análisis realizado observaron cambios en la estructura interna de las películas las cuales se secaron en diferentes temperatura y humedad relativa, lo que explica diferencias significativas en permeabilidad al vapor de agua y propiedades mecánicas. Se concluyó a una temperatura lenta de secado las películas proporcionan mejores propiedades de barrera y propiedades mecánicas.

Wasina. y col., (2010)Trabajaron con diferentes temperaturas y métodos de secado con aire caliente (40° C), secado al vacío y secado de vapor a90°C), empleando concentraciones diferentes de (glicerol 25%, 75% y 125%). Reportaron el tiempo secado para las películas fue en aumentó con la concentración de glicerol. La concentración de glicerol tuvo efectos diferentes en el espesor de la película. Para el secado con aire caliente a (40 °C), secado al vacío, con la misma concentración de glicerol requiere menos tiempo, en cambio el secado a aire caliente, el tiempo utilizado fue en aumento con las concentraciones de glicerol.

Como ya se mencionó anteriormente, la respuesta de las propiedades funcionales de estos materiales depende de la temperatura de secado bajo la que se forman, del gradiente de humedad relativa, el grosor de la película, entre otros materiales a emplear, por lo que las propiedades que se incluyen en una caracterización comprenden la permeabilidad al vapor de agua, gases y la resistencia en términos de elongación.. (Baldwin., 1994).

2.8 Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas en las películas comestibles tienen un gran impacto en la estabilidad y flexibilidad a cambios de temperatura, físicos y ambientales, las propiedades mecánicas que mayormente se determinan son la fuerza y el porcentaje de elongación al quiebre, el cual representa la habilidad de la película al estirarse (Gennadios y col., 1994).

Por ello el estudio de propiedades mecánicas de las películas alimenticias es importante en relación a las características del alimento y a su manipuleo.

2.9 Resistencia en la elasticidad

Como del gradiente de presión de vapor de agua al que estarán sometidas las PCs o RCs, genera diferencias en magnitud de la fuerza conductora de la difusión y también por el efecto que tiene la humedad relativa (a_w) que se alcanza en el equilibrio sucede que en el material formado se puede adsorber agua, incrementando su permeabilidad y por lo tanto se pueden modificar las propiedades de resistencia y elasticidad (Gontard y col., 1994; Mc Hugh y col., 1994).

2.10 Caracterización de las PCs y RCs formadas

Consiste básicamente en evaluar las matrices formadas para cuantificar los diversos parámetros que dan lugar a las propiedades mecánicas, de barrera, ópticas y antimicrobianas a fin de determinar las posibilidades de su aplicación como nuevo material de empaque, ya que en productos vivos como los vegetales que se consumen en fresco, su aplicación crea una atmósfera modificada (AM) que restringe la transferencia de gases (O_2 , CO_2) y se puede obtener un efecto conservador del producto lo cual puede ser conveniente si el efecto conseguido es el prolongar la vida de anaquel, sin embargo si la barrera es muy restringida, entonces podría tenerse un efecto adverso pues se puede comprometer seriamente su calidad, estabilidad y sanidad (Miller y Krochta, 1997; Bosquez, y col., 2000; Falguera y col., 2011).

De acuerdo con lo indicado, la determinación de la permeabilidad al vapor de agua de las PCs provee de información útil en lo que respecta a la viabilidad de aplicar las PCs como recubrimiento de alimentos (Vargas y col., 2011).

De esta manera la medición de las propiedades mecánicas de las RC y PCs permite predecir su respuesta mecánica durante la aplicación y manejo. (Vargas y col., 2011).

2.11 Propiedades de barrera

Usualmente las películas comestibles poseen buenas propiedades de barrera a los gases y de adhesión a la superficie de frutas y vegetales, sin embargo en general tienen propiedades bajas de barrera a la humedad debido a la naturaleza hidrofílica de las mismas (Guilbert., 1986).

A continuación se describen algunos conceptos:

Permeabilidad es la resistencia al flujo de un permeante (vapor de agua o gas) a través de una película, impulsado por un gradiente de presión o concentración.

Difusión capilar, consiste en el paso del permeado a través de canales u orificios sin resistencia alguna, ocurre en materiales que son porosos y que presentan imperfecciones.

Difusión activa, en este caso la permeación ocurre de manera tal que la molécula se permea pasando a través de la película solubilizándose hasta que atraviesa ésta y la difusión dependerá del tamaño y polaridad del penetrante, así como de la cristalinidad, de los enlaces y movimiento de las cadenas del polímero. (Greener y col., 1994).

De acuerdo con lo anterior, para que una película o recubrimiento comestible pueda ser considerado de buenas propiedades, debe reunir los siguientes requisitos:

1. Poseer una estructura (matriz) que forme una barrera eficaz y conveniente a la difusión de vapor de agua y flujo de gases.

2. Tener baja sensibilidad a los cambios de estructura en el intervalo de temperatura y humedad al que será expuesto.

Cabe resaltar que aun cuando las PCs y RCs pueden ser vehículos eficaces para la incorporación de aditivos, siempre existe la posibilidad de que su adición modifique adversamente las propiedades funcionales esperadas. (Cuq y col., 1995).

2. 12 Quitosano

El quitosano (Figura 1) Es un polisacárido catiónico con alto peso molecular, compuesto por unidades de glucosamina con uniones $\beta(1\rightarrow 4)$, se obtiene por la desacetilación alcalina de extractos de quitina, el mayor componente del caparazón de los crustáceos. El quitosano se ha utilizado en la elaboración de películas comestibles por su propiedad natural de formar películas pero también debido a su actividad biológica como compuesto antimicrobiano (No y col., 2002).

El quitosano puede formar cubiertas semi-permeables, claras, resistentes, flexibles y presentan buena barrera al oxígeno.

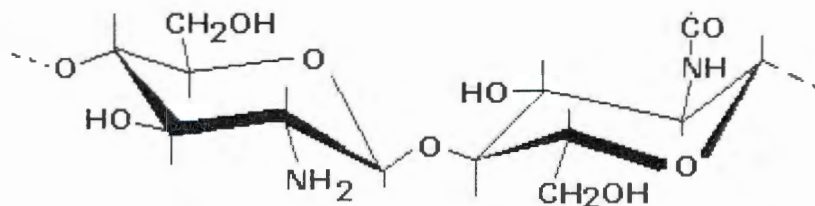


Figura 1. Quitosano nativo

El uso de este polímero en recubrimientos puede proteger a los alimentos contra ataques microbianos y modificar la atmósfera de frutas y hortalizas frescas (Krochta y De Mulder-Johnston, 1997).

2.13 Quitosano Modificado

Una de las modificaciones más frecuentes del quitosano es la adición de compuestos fenólicos como (ácido gálico, octil galato, dodecil galato) que sirven en las ramificaciones

de la cadena principal, lo cual le confiere al quitosano características físicas y químicas diferentes, como incrementar su solubilidad y al mismo tiempo, conferirle un valor agregado como la de capacidad antioxidante (Vachoud y col., 2001; Siripatrawan y col., 2010).

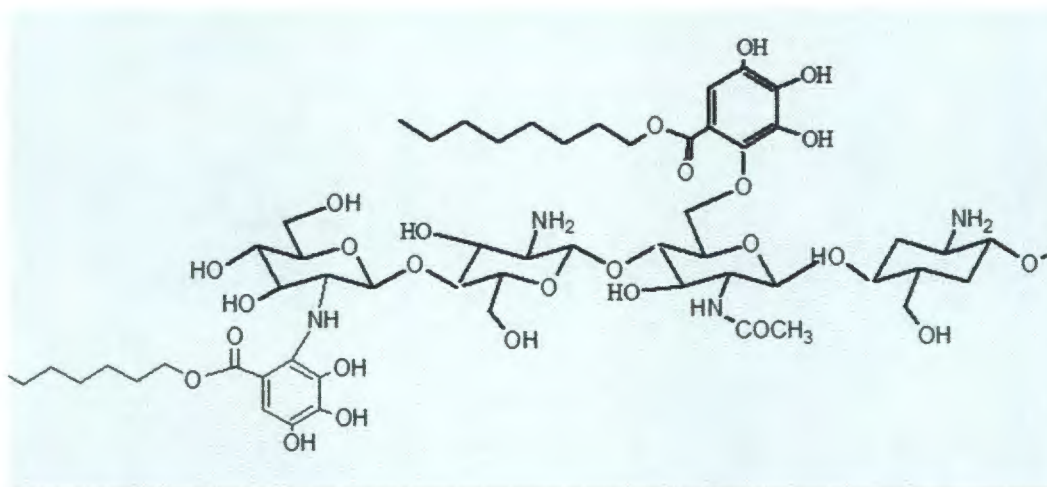


Figura 2. Quitosanoco–octil galato modificado por (García y Gimeno (2010)

Cuando se emplean sales del ácido gálico, le confiere hidrofobicidad al quitosano, esto representa una ventaja en la formulación de RC y PCs a base de quitosano ya que se simplificarían las formulaciones al no haber necesidad de adicionar compuestos de tipo hidrofóbico para conferirle dicha propiedad. García y Gimeno (2010) realizaron la modificación enzimáticamente del quitosano para mejorar la capacidad antimicrobiana y antioxidante, con la adición de ácido gálico y octil galato al quitosano.

3 HIPÓTESIS

La temperatura de secado afectará las propiedades mecánicas y de permeabilidad al vapor de agua de películas formuladas a base quitosano-co-octil galato.

4 OBJETIVO GENERAL

Determinar el efecto del plastificante, temperatura de secado a una condición de humedad, en la permeabilidad al vapor de agua y propiedades mecánicas de películas a base de quitosano-co-octil galato.

5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

5.1 Sintetizar quitosano-co-octil galato.

5.2 Determinar del efecto de la temperatura de secado en el esfuerzo de ruptura y porcentaje elongación.

5.3 Determinar el efecto de la temperatura de secado y la permeabilidad al vapor de agua en películas elaboradas con quitosano-co-octil galato y Q_{nativo} con y sin plastificante.

6 METODOLOGIA

La metodología se realizó en tres etapas:

1ra. Etapa

6.1 Síntesis de quitosano-co-octil galato (QOG).

El quitosano modificado se obtuvo de acuerdo con la metodología reportada por Vachoud y col. (2001) y García y Gimeno, (2010). El procedimiento detallado consistió en el siguiente:

- a) Se preparó una solución de quitosano nativo (Q_{nativo}), de peso molecular medio al 1.6% y se adiciono gradualmente HCl 2M para mantener un pH en 2.5.
- b) Posteriormente, la solución de Q_{nativo} se diluyó con buffer de fosfato (0.1M pH 5.0) hasta que se obtuvo una concentración del polímero de 0.3%.
- c) Se ajustó el pH a 4.5 con NaOH 1M.
- d) Una vez ajustado el pH se adicionó el octil galato previamente disuelto en acetona a concentración de 20 mM.
- e) Posteriormente se adicionó la enzima peroxidasa de rábano (HPR) por relación de peso.
- f) Adicionada la enzima se agregó lentamente 15 ml de H_2O_2 al 5% (v/v).
- g) Una vez terminada la adición de H_2O_2 se dejó reaccionar durante 1 hora. Transcurrido el tiempo de reacción se procedió a purificar el polímero de la siguiente manera:

- h) El polímero se precipitó a pH 7 con NaOH 2M.
- i) Alcanzado el pH, la solución del polímero se mantuvo en refrigeración durante 24 h.
- j) Posteriormente se decantó recuperando el sedimento (QOG) y se congeló durante 24 h a -80°C.
- k) Posteriormente el polímero se liofilizó por 48 h.
- l) Concluida la liofilización, el quitosano modificado se almacenó en recipientes cerrados.

6.2 Diseño experimental.

En el Cuadro 1 se muestra el diseño experimental para la elaboración de las formulaciones formadoras de película.

Cuadro 1 Diseño experimental

TEMPERATURA DE SECADO		
25 °C	35°C	45 °C
55% HR		
Plastificante (Glicerol)		
Q y QOG		

Cada una de las formulaciones se realizó por triplicado.

6.3 Preparación de formulaciones formadoras de película.

En una primera fase se prepararon 8 formulaciones empleando Q_{nativo} con diferentes concentraciones de glicerol (Gli) para ensayar su comportamiento al aplicar las tres temperaturas de secado planteadas en el estudio, como se indica en el Cuadro2.

Cuadro 2 Formulaciones de Q_{nativo} .

Formulación	Biopolímero (%)	Glicerol (%)	Ácido acético al 1% (v/v)(%)
Q_{nativo}	1	0	99.0
Q_{nativo} -Gli _{0.1}	1	0.1	98.9
Q_{nativo} -Gli _{0.2}	1	0.2	98.8
Q_{nativo} -Gli _{0.3}	1	0.3	98.7
Q_{nativo} -Gli _{0.4}	1	0.4	98.6
Q_{nativo} -Gli _{0.5}	1	0.5	98.5
Q_{nativo} -Gli _{0.6}	1	0.6	98.4
Q_{nativo} -Gli _{0.75}	1	0.75	98.25

Se prepararon 150 mL de cada formulación disolviendo el Q_{nativo} en solución de ácido acético con agitación continua mediante un agitador magnético durante 24h a temperatura ambiente, después de transcurrido este tiempo, se agregó el glicerol agitando por 20 minutos más. Cada formulación se filtró utilizando una tela de organza para separar los sólidos suspendidos. Posteriormente se tomaron 15 ml de cada formulación y se vertieron en cajas Petri de polietileno con 9 cm de diámetro (*casting*). En esta fase se dividieron las cajas para secarlas a temperatura ambiente (25 ± 2 °C), 35 °C y 45 °C. Para el caso de las temperaturas de 35 y 45 °C se empleó una incubadora ShelLab Mod.61ZZMFG, sobre una superficie nivelada. Se realizaron tres repeticiones por tratamiento.

Se monitoreó el tiempo requerido hasta que se obtuvo la película formada de cada formulación y temperatura ensayada.

2da. Etapa.

6.4 Formulaciones de quitosano-co-octil galato.

En una segunda etapa y con la finalidad de comparar el comportamiento del quitosano modificado, se prepararon diferentes formulaciones utilizando Q_{nativo} , quitosano-co-octil galato y glicerol como plastificante a diferentes concentraciones como se indica en el Cuadro 3.

Cuadro 3 Formulaciones de Q_{nativo} y QOG con y sin plastificante

Formulación	Biopolimero (%)	Glicerol (%)	Ácido acético al 1% (v/v) (%)
Q _{nativo}	1	0	99
QOG	1	0	99
Q _{nativo} Gli _{0.25}	1	0.25	98.75
QOG Gli _{0.25}	1	0.25	98.75
Q _{nativo} -Gli _{0.50}	1	0.50	98.50
QOG-Gli _{0.50}	1	0.50	98.50
Q _{nativo} -Gli _{0.75}	1	0.75	98.25
QOG-Gli _{0.75}	1	0.75	98.25

El procedimiento de preparación de las formulaciones fue el mismo que se describió en el caso de las formulaciones de Q_{nativo}.

6.5 Caracterización de las películas obtenidas

Una vez obtenidas las películas, se hicieron observaciones generales relacionadas con su aspecto, flexibilidad y facilidad de despegado de la superficie en donde fue colocada. Posteriormente se determinaron las variables que se describen a continuación.

6.6 Espesor

Esta característica se determinó con un micrómetro Mitutoyo Mod. ID-C112E (Mitutoyo Corp., Japón) con una precisión de ± 0.01 mm. Para esta prueba se tomaron 10 puntos aleatorios de cada película.

6.7 Brillo

Se determinó con un brillómetro Novo-Gloss de ángulo sencillo (Rhopoint Instrumentation Ltd., Inglaterra). El brillo se reporta en unidades de brillo (GU, por sus siglas en inglés),

mediendo a 60° de una línea normal en superficie de la película. Se realizaron tres determinaciones por muestra.

6.8 Color

Se midió con un colorímetro Hunter Lab, obteniendo datos de L* a* y b*; donde L* corresponde a la luminosidad. El parámetro cromático a* se encuentra representado por una escala rojo-verde donde los valores positivos son rojos, los valores negativos son verdes y el cero es neutro; el parámetro cromático b* se encuentra representado por una escala azul-amarillo donde los valores positivos son amarillos, los valores negativos son azules y el cero es neutro.

6.9 Pruebas mecánicas

Para estas pruebas se utilizó un Texture Analyzer Marca – Brookfield Engineering Laboratories, Modelo QTS-25/25.

Las películas obtenidas de cada una de las formulaciones evaluadas, se cortaron en tiras de 10 cm de largo por 10 mm de ancho las cuales fueron acondicionadas en un desecador acondicionado a 55 ± 2 % de humedad relativa por 48 horas con una solución saturada de NaBr. Las mediciones se realizaron por triplicado.

Las pruebas mecánicas se realizaron sujetando las películas con mordazas con una separación de 5 mm entre la base y la mordaza inferior, las muestras fueron sometidas a una carga de 0.100 N. Se midió en tiempo real la fuerza de fractura por tensión. A partir de los datos obtenidos se determinó el esfuerzo a la tensión utilizando la siguiente ecuación:

$$ET = \frac{\text{Esfuerzo al trabajo}}{\text{Ancho de la película}} \text{ (MPa)} \quad \text{Ec. (1)}$$

El porcentaje de elongación (%E) se calculó mediante la ecuación:

$$\%E = \frac{\text{Deformación}}{\text{Longitud de la película}} \times 100 \text{ Ec. (2)}$$

3ra etapa

6.10 Permeabilidad al vapor de agua (PVA).

La PVA se determinó empleando una modificación del Método gravimétrico estándar de la ASTM, E 96-80 (ASTM, 1989), conocido como el método de la copa o celda de prueba, utilizándose en su lugar un sistema dinámico como lo reporta Debeaufort y col. (1993).

La velocidad de transmisión de vapor de agua se calculó mediante la ecuación:

$$VTVA = \frac{\Delta P}{(\Delta t)(A)} \quad (g \cdot m^{-1} \cdot s^{-1}) \text{ Ec. (3)}$$

Donde

VTVA= Velocidad de transmisión de vapor de agua

$\Delta p/\Delta t$ = Diferencia de peso (g) por unidad de tiempo de la celda de permeación

A = Área de la película; $A = \pi r^2 = 1.1310E-04m^2$

r = 0.006 m

$$PVA = \frac{VTVA}{\Delta P} * \text{Grosor} (g \cdot m^{-1} \cdot S^{-1})/Pa \quad \text{Ec. (4)}$$

Donde

ΔP = Gradiente de presión de vapor de agua de los ambos lados de la película(P_2-P_1)

$P_1 = 2.8978 \times 10^{-3}$ Pa

$P_2 = 2.7939 \times 10^{-3}$ Pa

7 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 Películas de Q_{nativo}

De las ocho formulaciones de quitosano nativo realizadas SOLO cuatro presentaron características deseables de formación de película como se presenta en el Cuadro 4.

Cuadro 4 Características observadas de las películas de Q_{nativo} con diferentes formulaciones

Formulación	Características observadas		
	25 °C	35 °C	45°C
Qnativo	X	X	X
Qnativo-Gli0.1	↑	↑	X
Qnativo-Gli0.2	X	↑	X
Qnativo-Gli0.25	↑	↑	↑
Qnativo-Gli0.3	↑	↑	↑
Qnativo-Gli0.4	X	↑	X
Qnativo-Gli0.5	↑	↑	↑
Qnativo-Gli0.6	↑	X	X
Qnativo-Gli0.75	↑	↑	↑

X= No se desprende, quebradiza, no flexible, chiclosa, no se forma.

↑= Fácil desprendimiento, flexible, maleable, no pegajosa, bien formada.

7.2 Tiempo de Secado

Respecto al efecto de la temperatura en el tiempo de secado en las formulaciones elaboradas con Q_{nativo} se observó que a mayor temperatura, el tiempo es menor, como era de esperarse, pero el efecto general fue con las películas que presentaron características ya sea de quebradizas o "chiclosas" conforme la temperatura de secado aumentaba. Como puede observarse para el caso de la temperatura a 25°C las formulaciones con glicerol requirieron un tiempo ligeramente mayor que con Q_{nativo} sin plastificante.

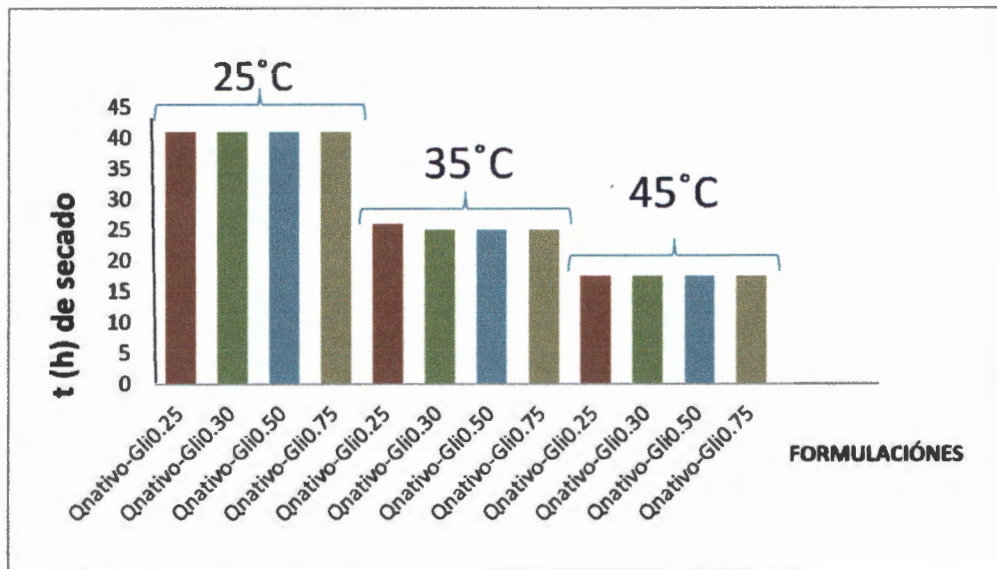


Figura 3. Efecto de la temperatura en el tiempo de secado

Con base en estos resultados se tomó como criterio el emplear la concentración de 0.25% de glicerol para formular las películas a base de QOG comparando el comportamiento en diferentes temperaturas contra el Q_{nativo} . Como ya se ha mencionado, la eficacia del plastificante es un parámetro importante, ya que de ésta depende la obtención de las características deseables en las películas comestible (Sothornvit y Krochta2001). Chae y Heo, (1997) reportaron que a temperaturas altas, el tiempo de deshidratación fue menor en la elaboración de película y estas son más maleable y flexible pero comprometiendo su resistencia a la tensión.

7.3 Formulaciones con quitosano-co-octil galato

De las pruebas previas de formulación de formación de película la formulación que presentó mejores características fue la de quitosano con 0.25 g de glicerol. Esta se tomó como base para la elaboración de formulaciones a base de QOG.

Cuadro 5 Características observaciones generales comparativas de Q_{nativo} y del QOG.

Formulación	Características observada de Q_{nativo} y QOG		
	25 °C	35 °C	45°C
Q_{nativo}	X	X	X
$Q_{nativo-Gli0.25}$	↑	↑	↑
QOG	↑	↑	X
QOG-Gli _{0.25}	↑	↑	↑

X= No se desprende, quebradiza, no flexible, chiclosa, no se forma.

↑= Fácil desprendimiento, flexible, maleable, no pegajosa, bien formada

7.4 Tiempo de Secado

El tiempo de secado se ve afectado por la temperatura (Cuadro 6). Con la temperatura a 45 °C el tiempo de secado, se reduce en un 50-55% con respecto a la temperatura ambiente para las cuatro formulaciones. Estos resultados concuerdan con los reportados por Fernández y col., (2010) quienes indican que a temperaturas altas se reduce el tiempo de secado.

Cuadro 6 Tiempo de secado a diferentes temperaturas

FORMULACIÓN	TIEMPO DE SECADO (h)		
	25 °C ±2	35 °C	45°C
Q_{nativo}	38	26	19
QOG	40	29	18
$Q_{nativo-Gli0.25}$	49	35	17
QOG-Gli _{0.25}	38	26	19

7.5 Espesor

En el Cuadro 7 se presentan los valores del espesor de las películas obtenidas. El espesor de las películas de Q_{nativo} y el de las películas de QOG se ve afectado por la temperatura de secado aplicada, siendo mayor el grosor en las películas obtenidas con

EFFECTO DE LA TEMPERATURA DE SECADO EN ALGUNAS PROPIEDADES FUNCIONALES DE PELÍCULAS COMESTIBLES A BASE DE QUITOSANO-CO-OCTIL GALATO.

Q_{nativo} , a 25°C, $Q_{\text{nativo}}\text{Gli}_{0.25}$, a 35°C y $QOG\text{-Gli}_{0.25}$ a 45°C. Para la formulación de QOG en las tres temperaturas fue menor en comparación con la de $QOG\text{-Gli}_{0.25}$

Cuadro 7 Espesor de las diferentes formulaciones




FORMULACIÓN	ESPESOR (mm)		
	25 °C	35 °C	45°C
Q_{nativo}	0.027±0.0026	0.019±0.0015	0.022±0.0007
$Q_{\text{nativo}}\text{-Gli}_{0.25}$	0.022±0.0026	0.025±0.0015	0.021±0.0007
QOG	0.017±0.0001	0.018±0.0022	0.017±0.0012
QOG- $\text{Gli}_{0.25}$	0.023±0.0031	0.024±0.0002	0.027±0.0004

*Cada valor es un promedio de 3 determinaciones.





7.6 Color

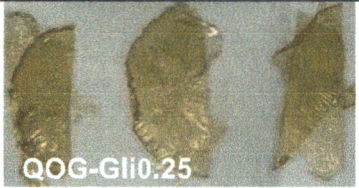
En el Cuadro 8 se presentan los datos obtenidos para los parámetros de luminosidad y color exhibidos por las diferentes películas a las temperaturas de secado aplicadas.

Cuadro 8 Parámetros del color de las películas obtenidas

Formulación	T (°C)	L*	a*	b*
	25	transparente	-	-
	35	transparente	-	-
	45	transparente	-	-

EFFECTO DE LA TEMPERATURA DE SECADO EN ALGUNAS PROPIEDADES FUNCIONALES DE PELÍCULAS COMESTIBLES A BASE DE QUITOSANO-CO-OCTIL GALATO.

 QOG	25	36.16 ± 1.43	2.07 ± 0.83	13.41 ± 1.02
 QOG	35	35.42 ± 1.25	1.46 ± 0.27	13.34 ± 1.3
 QOG	45	37.36 ± 2.34	1.41 ± 0.25	13.34 ± 1.8
 Qnativo Gli _{0.25}	25	transparente	-	-
 Qnativo Gli _{0.25}	35	transparente	-	-
 Qnativo Gli _{0.25}	45	transparente	-	-
 QOG-Gli _{0.25}	25	25.31 ± 1.09	0.50 ± 0.002	8.287 ± 0.35
 QOG-Gli _{0.25}	35	27.04 ± 2.33	0.39 ± 0.001	7.51 ± 0.214

 <p>QOG-Gli0.25</p>	45	26.86±2.84	0.36 ±0.019	8.545±0.87
--	----	------------	-------------	------------

Como puede observarse, la principal diferencia se observó en el parámetro de L^* y en b^* encontrándose que los valores de L^* se encuentran entre 25-37 en las películas a base de QOG, indicando que tienen baja luminosidad, mientras que el valor b^* (parámetro cromático escala azul-amarillo) indica que tienden al color amarillo, esto es atribuido al color original de (QOG).

7.7 Brillo

En general, todas las películas presentaron brillo, pero las películas de la formulación de $Q_{nativo}-Gli_{0.25}$ a 25°C fueron más brillantes que el resto de las formulaciones elaboradas seguido de Q_{nativo} . Cabe señalar que el brillo en QOG- $Gli_{0.25}$ a 35 y 45 °C se redujo respecto a 25 °C. En QOG a 25°C se observó ligero incremento en comparación con las otras dos temperaturas de 35^o y 45°C que cuando se agregó el plastificante.

Cuadro 9 Parámetros del brillo de las películas obtenidas

Películas	25 °C	35 °C	45°C
Q_{nativo}	67.3 ± 1.90	54.6 ± 0.41	44.6 ± 1.37
$Q_{nativo} Gli_{0.25}$	68.4 ± 1.22	63.5 ± 1.37	64.4 ± 1.18
QOG	57.3 ± 1.54	56.6 ± 1.23	39.3 ± 0.74
QOG- $Gli_{0.25}$	58.6 ± 0.66	45.6 ± 1.11	30.4 ± 1.46

7.8 Pruebas mecánicas

En este estudio se evaluaron dos propiedades, el esfuerzo a la tensión y el porcentaje de elongación.

7.9 Esfuerzo a la tensión

En la Figura 4 se presenta la respuesta a la tensión de las películas secadas a diferentes temperaturas. Como puede observarse en A, al aumentar la temperatura, las películas ofrecen mayor resistencia a la tensión con excepción de la película de Q_{nativo} -Gli_{0.25}. En la Fig. 2B, se aprecia claramente que, mientras el Q_{nativo} con glicerol disminuye su resistencia al aumentar la temperatura de secado, sucede todo lo contrario en el caso del QOG con plastificante.

Alcántara y col., (1998); Srinivasa y col., (2004); Pompimon y col., (2008) mostraron que la resistencia mecánica de las películas elaboradas con polímeros depende del método de preparación y de un secado lento, esto debido a que las cadenas poliméricas se reorganizan a menor temperatura de secado y este orden facilita la flexibilidad.

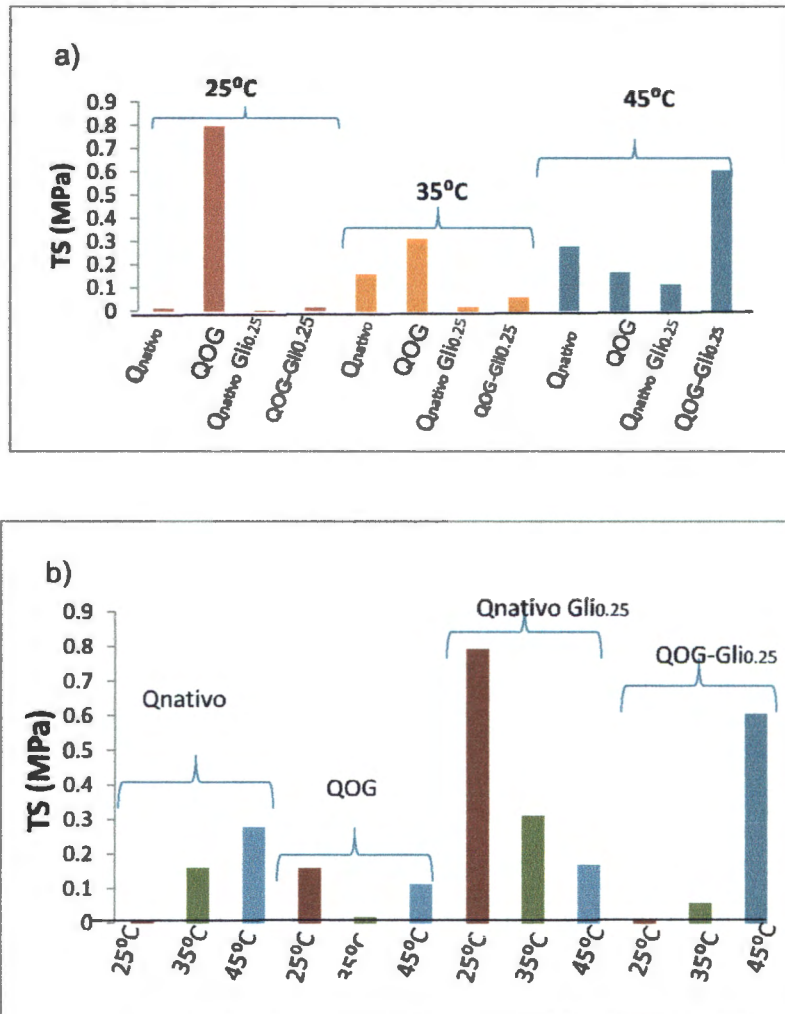


Figura 4. Efecto de la temperatura de secado en la fuerza de tensión a la ruptura. (a) Por formulación, (b) por temperatura.

7.10 Porcentaje de elongación

En la Figura 5 se observa el porcentaje de elongación (%E) de las películas secadas a diferentes temperaturas.

En el caso de las formulaciones en las que se adicionó plastificante fue notorio que la temperatura de 45 °C disminuye el % de elongación, esto es, para las películas se toman menos flexibles.

En las tres temperaturas de secado evaluadas las formulaciones de Q_{nativo} -Gli_{0.25} y QOG-Gli_{0.25}, se obtuvo un % de elongación más notorio a temperatura de 35°C. Para Q_{nativo} -Gli_{0.25} a 25°C y QOG-Gli_{0.25} A temperatura de 45 °C el % de elongación fue menor en la formulación de QOG-Gli_{0.25}

Guilbert y Biquet, (1986); Yang y Paulson, (2000) reportaron que la adición de plastificante permite la obtención de una película menos frágil y más maleable La función del glicerol mejora la movilidad de las cadenas poliméricas.

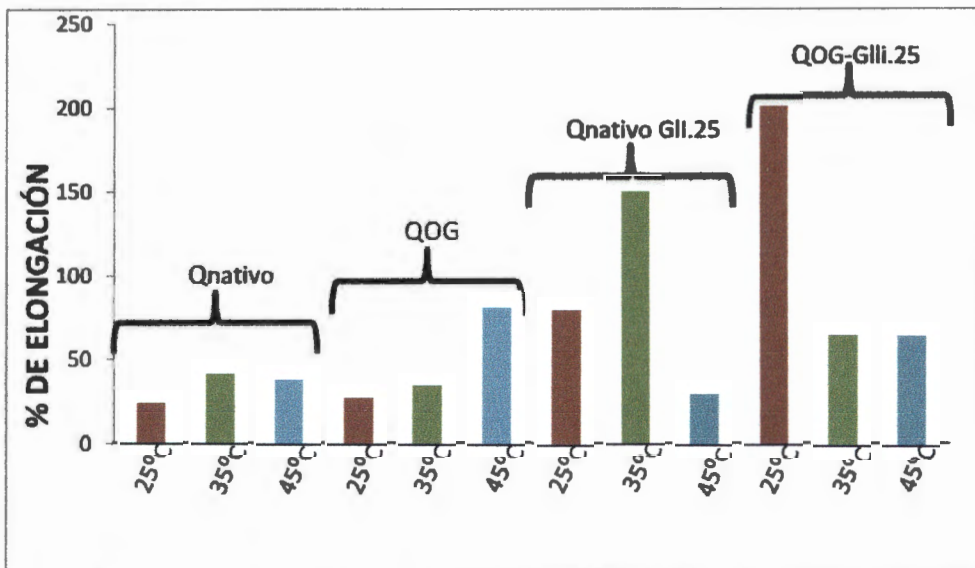


Figura 5. Efecto de la temperatura de secado en el %E de las películas sometidas a diferentes temperaturas de secado

7.11 Permeabilidad al vapor de agua

En el Cuadro 10 se muestra la permeabilidad al vapor de agua de las películas en las tres temperaturas evaluadas, observándose que en la formulación de Q_{nativo} a temperatura de 25°C, la permeabilidad fue más alta con respecto a las temperaturas de 35 y 45 °C. En la formulación de $Q_{nativo-Gli_{0,25}}$ la permeabilidad fue alta a temperaturas de 35°C en comparación con la temperaturas de 25 y 45°C. Los valores de permeabilidad al vapor de agua se encuentra en el rango reportado por Zhang y col (2013) de 1.21×10^{-9} a $7.33 \times 10^{-9} \text{ g}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{Pa}^{-1}$ para películas de quitosano obtenidas con diferente contracción de glicerol. Mayachiew y Devahastin, (2008) señalan que valores de PVA altos indican propiedades de barrera bajas. Comparando la permeabilidad del Q_{nativo} contra el QOG secado a 25°C, se observó que el QOG presenta una PVA menor en un 42.3% y a la temperatura de secado de 35°C no presentó diferencia, pero a 45°C la PVA de este material es menor en un 22% que al Q_{nativo} , indicando que esta última temperatura no es adecuada para mejorar esta propiedad de barrera en el QOG. El plastificante reduce notablemente la PVA.

Cuadro 10 PVA en las tres temperaturas evaluadas 25, 35 y 45 ° C

Formulación	PVA ($\times 10^{-9} \text{ g}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{Pa}^{-1}$)		
	T (° C)		
	25	35	45
Q_{nativo}	1.468±0.017	0.943±0.058	1.144±0.033
$Q_{nativo-Gli_{0,25}}$	1.248 ±0.026	1.359±0.023	1.092±0.044
QOG	1.045±0.020	0.936±0.004	0.924±0.024
QOG-Gli _{0,25}	1.250 ±0.036	1.191±0.005	1.468±0.01

En el Cuadro 11 se muestra los resultados obtenidos de las cuatro formulaciones obtenidas en el esfuerzo a la tensión (TS), porcentaje de elongación (%E) y permeabilidad al vapor de agua (PVA). El resultados del TS, %E en la formulación de Q_{nativo} fue menor y su permeabilidad fue alta a 25°C. En las propiedades mecánicas se obtuvo una disminución en TS en las formulaciones de QOG y QOG-Gli_{0,25} excepto a temperatura

EFFECTO DE LA TEMPERATURA DE SECADO EN ALGUNAS PROPIEDADES FUNCIONALES DE PELÍCULAS COMESTIBLES A BASE DE QUITOSANO-CO-OCTIL GALATO.

de 45°C con plastificante, se observó un resultado contrario en el %E. Esto significa que el plastificante disminuye significativamente TS, incrementando el %E de las películas, este comportamiento también lo observó Zhang y col.(2013), al elaborar películas de quitosano. En la formulación de $Q_{nativo}-Gli_{0.25}$ se obtuvo un valor menor TS en una temperatura de 45°C, y en el %E, en la PVA se obtuvo un resultado alto a 35°C. Los resultados obtenidos en el TS de la formulación de QOG fue bajo para las tres temperaturas, el %E a temperatura de 45°C fue alto comparado con 25 y 35°C, y la PVA fue baja en las tres temperaturas. En la formulación de $QOG-Gli_{0.25}$ se obtuvo un TS bajo y %E alto a temperatura de 25°C.

Cuadro 11 Efecto de la temperatura de secados en TS, %E y PVA en las cuatro formulaciones.

FORMULACION	TS			(%E)			PVA		
	T (° C)								
	25	35	45	25	35	45	25	35	45
Q_{nativo}	0.01	0.16	0.27	24.43	41.58	38.20	1.468	0.943	1.144
$Q_{nativo}-Gli_{0.25}$	0.79	0.31	0.16	79.49	151.7	30.03	1.248	1.359	1.092
QOG	0.00	0.01	0.11	27.33	35.00	81.60	1.045	0.936	0.924
$QOG-Gli_{0.25}$	0.01	0.05	0.60	201.67	64.81	64.81	1.250	1.191	1.468

8 CONCLUSIONES

- De las formulaciones ensayadas con Q_{nativo} a diferentes concentraciones de plastificante, y temperaturas de secado, las que presentaron mejores características en estructura, flexibilidad, desprendimiento y maleabilidad fueron $Q_{nativo-g} 0.25$, $Q_{nativo-g} 0.3$, $Q_{nativo-g} 0.5$, $Q_{nativo-g} 0.75$
- De las formulaciones elaboradas con QOG, la que presentó mejores características fue aquella en la que se utilizó 0.25% de plastificante y por ello se seleccionó para evaluar el efecto de las diferentes temperaturas de secado.

EFFECTO DE LA TEMPERATURA DE SECADO EN ALGUNAS PROPIEDADES FUNCIONALES DE PELÍCULAS COMESTIBLES A BASE DE QUITOSANO-CO-OCTIL GALATO.

- No hubo efecto de la temperatura de secado en el espesor de las películas, pero sí por adición del plastificante, ya que éste redujo el espesor.
- Las películas a base de Q_{nativo} con y sin plastificantes fueron transparentes y las de QOG fueron de color amarillento con baja luminosidad.
- El brillo disminuyó con el aumento de la temperatura de secado, con excepción de la película de $Q_{\text{nativo-Gli0.25}}$.
- La resistencia de las películas se afecta tanto por la temperatura de secado como por el tipo de quitosano. En el Q_{nativo} la resistencia a la ruptura disminuye con la adición de plastificante y conforme aumenta la T de secado. En el QOG la resistencia a la ruptura solo aumenta cuando las películas son secadas a 45°C.
- Al aumentar la temperatura de secado, las películas sin plastificante presentan un ligero aumento en el % de elongación. En las películas con plastificante, la temperatura de secado de 45 °C disminuye notablemente su flexibilidad.
- Las temperaturas de secado de 25°C y 35°C reducen la PVA de la formulación de QOG en aproximadamente un 42% con respecto al Q_{nativo} . El plastificante afectó adversamente esta propiedad de barrera.

9 BIBLIOGRAFÍA

- Alcántara C. R., Rumsey, T. R. y Krochta, J. M. 1998. Drying rate effect on the properties of whey protein films. *Journal Food Process. Preser* 21:387-405.
- ASTM. 1989. Standard Test Methods for Water Vapor Transmission of Materials E. 96-80. En *Annual book of ASTM standards*. Volumen.15:745-754. Filadelfia, EUA: American Society for Testing and Materials.
- Baldwin EA. 1994. Edible coatings for fruits and vegetables, past, present and future. In: *Edible coatings and films to improve food quality*. Krochta JM, Baldwin EA, Nisperos- Carriedo M, Editors. 25-64.
- Bosquez-Molina, E., Vernon-Carter, E.J., Pérez, F. L.J. y Guerrero-Legarreta I.2000. Películas y recubrimientos comestibles para la conservación de frutas y hortalizas en fresco. *Alimentaria*.1 4-35.
- Chae, S. y Heo, T.1997. Production and properties of edible film using whey protein. *Biotechnol Bioprocess Engineer* no. 2:122-125.
- Cuq B, Gontard N. y Guilbert S.1995. Edible films and coatings as active layers. In: *Active food packaging*. Rooney ML. 111-142.
- Debeaufort, F. Martin-Polo, M. y Voilley, A. 1993. Polarity homogeneity and structure affect water vapor permeability of model edible films. *J. Food Sci.* 58 (2):426-430.
- Debeaufort, F. y Voilley, A. 1995. Effect of surfactants and drying rate on barrier properties on emulsified edible films. *Intl. J. Food Sci. & Tech.*3:183-190.
- Debeaufort, F., Quezada-Gallo, J.A. y Voilley, A. 1998. Edible Films and Coatings: Tomorrow's packagings. *Review. Critical. Food Sci.* 38:299- 313.
- De Leiris J. P. 1986. Wateractivity and permeability. In: *Food packaging and preservation. Theory and Practice* .M Mathlouthi Ed. Elsevier Applied Science Pub. London. 213-234.
- Donhowe I. G. y Fennema O. 1994. Edible films and coatings: stics, formation, definitions, and testing methods. In: *Krochta JM, Baldwin EA, Nisperos- Carriedo NO editors. Edible coatings and films to character simprove food quality*. Lancaster, Pa: Technomic Pub Co.1-24.
- Falguera, V., Quintero, J.P., Jiménez, A., Muñoz, J.A. y Ibarz, A. 2011. Edible films and coatings: Structures, active functions and trends theiruse. *Trends in Food Science & Technology*. 22:292-303.

- Fernández-Pan, K. Ziani, R. Pedroza-Islas y J. I. Maté.2010. Effect of Drying Conditions on the Mechanical and Barrier Properties of Films Based on Chitosan, *Drying Technology: An International Journal*, 28:12, 1350-1358
- Fennema, O., Donhowe, I.G., y Kester, J.J. 1994. Lipid Type and Location of the Relative Humidity Gradient Influence on the Barrier Properties of Lipid to Water Vapor. *Journa. Food Eng.* 22:225-239.
- García, A., M. N. Martino y N. E. Zaritzky.2000. Lipid addition to improve barrier properties of edible starch-based films and coatings. *Journal of Food Science.* 65. 6:941-947.
- García, M. A., Gimeno, M. N., Martino, y N. E. Zaritzky.2010.Microstructural characterization of plasticized starch-based films. *Starch.*52:118–124.
- Gennadios, A. y Weller, C. L. 1994. Edible films coating from wheat and cornprotein. *Food Technology.* 44:63-69.
- Greener D. I. y Fennema O. 1994. Edible films and coatings: formation, definitions and testing methods. En *Edible coatings and films to improve food quality.* Journal. M Krochta, E. A. Baldwin y M. Nisperos-Carriedo. Technomic Publishing. 6-9.
- Guilbert, S. 1986. Technology and application of edible protective films. In *Food Packaging and Preservation: Theory and Practice*; Maathlouthi. Elsevier Applied Science Publishing Co., London.371-393.
- Gontard N. y Guilbert S. 1993. Biopackaging: technology and properties of edible and /or biodegradable materials of agricultural origin. Presented atIFTEC symposium: 'Food Packaging Interactions and Packaging Disposability'. The Hague, November 1992. 15-18.
- Gontard, N. G., Guilbert, S. y J. L. Cuq. 1994. Water and glycerol asplasticizers affect mechanical and water vapor barrier properties of an edible wheat gluten film. *Journal of Food Sci. Technol.* 58:201–211.
- Fernández I-Pan, K. Ziani , R. Pedroza-Islas & J. I. Maté 2010.Effect of Drying Conditions on the Mechanical and Barrier Properties of Films Based on Chitosan, *Drying Technology: An International Journal*, 28:12, 1350-1358.
- Kaplan, H.J. 1986. Washing, Waxing and Color Adding. En *Fresh Citrus Fruits.*W.F. Wardowski, S. Nagy y W. Grierson, eds., Westport, CT: AVI Publishing Co. 379.
- Karbowiak, T., Debeaufort, F. y Voilley, A. 2007. Influence of thermal process on structure and functional properties of emulsion-based edible films. *Food Hydrocolloids.* 21:879–888

- Kester, J.J. y Fennema, O.R. 1986. Edible Films and Coatings. Review. Food Technol. 40:47-59.
- Krochta J. M., Baldwin E. A. y Nispero-Carriedo M. O. 1994. Edible and coatings: characteristic, formation, definitions, and testing methods. In: Edible coatings and films to improve Food Quality. Technomic Publishing CO INC USA.
- Krochta J. M y De Mulder-Johnston C.M., 1997. Edible and biodegradable polymer films: challenges and opportunities. Food Technol. 51:60-74.
- Lee, D.S.; Yam, K.L. y Piergiovanni, L. 2008. Food Packaging Science and Technology. CRC Press. 631.
- Martin-Polo, M., Mauguin, C. y Voilley, A. 1992. Hydrophobic films and their efficiency against moisture transfer. 1. Influence of the film preparation technique. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 40:407-412.
- Mayachiew, P. y Devahastin, S. 2008. Comparative evaluation of physical properties of edible chitosan films prepared by different drying methods. Drying Technology. 26:176-185.
- Mc Hugh, T. y Krochta, J. 1994. Milk protein-based edible films and coating. Food Technology, 48, 97-103.
- No, H.K., Park, N.Y., Lee, S.H. y Meyers, S.P. 2002. Antibacterial activity of chitosans and chitosan oligomers with different molecular weights. Int. Journal. Food Microbiol. 74:65-72.
- Ouattara B., Simard R. E., Piette G., Bégin A. y Holley R. A. 2000. Inhibition of surface spoilage bacteria in processed meats by application of antimicrobial films prepared with chitosan. International Journal of Food Microbiology. 62:139-148.
- Pascat B. 1998. Study of some factors affecting permeability. In: Food packaging and preservation. Theory and Practice. Mathlouthi Ed. Elsevier Applied Science Pub. London. 7-24.
- Pertuzzi, M. A., Armada, M., Gottifredi, J. C., Aparicio, A. R. y Jiménez, P. 2002. Estudio de la permeabilidad al vapor de agua de films comestibles para recubrir alimentos. Congreso Regional de Ciencia y Tecnología. Sección: Ciencias de la Ingeniería, Agronomía y Tecnología. Secretaría de Ciencia y Tecnología. nº 177. 4400.
- Pornpimon Mayachiewy., Sakamon Devahastin., 2008. Comparative Evaluation of Physical Properties of Edible Chitosan Films Prepared by Different Drying Methods, Drying Technology: An International Journal, 26:2, 176-185

- Quintero, C.J., Falguera, V. y Muñoz, H.A., 2010. Películas y recubrimientos comestibles: importancia y tendencias recientes en la cadena hortofrutícola. *Revista Tumbaga*. 5:93-118.
- Ramos-García.; M.L., Bautista-Baños, S., Barrera-Necha, L. y Bosquez-Molina,E. 2010. Compuestos antimicrobianos adicionados en 14recubrimientos comestibles para uso en productos hortofrutícolas. *Rev. Mexicana de Fitopatología*. 28:44-57.
- Siripatrawan U. y Harte B. R., 2010. Physical properties and antioxidant activity of an active film from chitosan incorporated with green tea extract. *FoodHydrocolloids*.24:770–775.
- Srinivasa, P. C., Ramesh, M. N., Kumar, K. R., y Tharanathan, R. N. 2004.Properties of chitosan films prepared under different drying conditions. *Journal of Food Engineering*. 63:79–85.
- Soliva-Fortuny, R.C. y Martin-Belloso, O., 2001. Envasado de alimentos mediante recubrimientos comestibles. *Alimentari*. 29-37.
- Sothornvit, R. y Krochta, J. M. 2001. Plasticizer effect on mechanical properties of B-lactoglobulin films. *Journal of Food Engineering*, 50, 149-155.
- Suyatma, N.E., Copinet, A., Tighzert, L. 2005. Coma, V. Effects of hydrophilic plasticizers on mechanical, thermal and surface properties of chitosan films. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 3950–3957.
- Vachoud L. Chen T., Payne F. G. y Vazquez-Duhalt R. 2001. Peroxidase catalyzed grafting of gallate esters onto the polysaccharide chitosan. *Enzyme and Microbial Technology*, 29:380-385.
- Vargas M., Perdones A., Chiralt A., Cháfer M. y González- Martínez. 2011.Effectof homogenization conditions on physicochemical properties of chitosan-based-film-forming dispersions and films. *Food Hydrocolloids*.25:1158-1164.
- Yang, L. y Paulson, A. T. 2000. Mechanical and water vapour barrier properties of edible gellan films. *Food Research International*, 33, 563-570.
- Wasina Thakhiew, , Somchart Soponronnarit. 2010. Effects of drying methods and plasticizer concentration on some physical and mechanical properties of edible chitosan films a *Journal of Food Engineering*. 99:216–224.
- Wong, W., Gastineau, F.A., Gregorski, K.S., Tillin, A.J. y Pavlath, A. E. 1992.Chitosan-Lipid Films: Microstructure and Surface Energy. *J. Agric. Food Chem*. 40:540-544.
- Zhang., Y., Peng. J, Wang J. 2013. Preparation and Characterization of chitosan edible films. *Applied Mechanics and materials Vols*. 291-294 pp778-781

[http://www.docstoc.com/docs/30934455/Historia-del-envase-y-empaque.](http://www.docstoc.com/docs/30934455/Historia-del-envase-y-empaque)