



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Desarrollo de un recubrimiento comestible a partir de un biopolímero para prolongar la vida útil de frutas frescas

Diana Cristina Moncayo Martínez

Universidad Nacional de Colombia

Programa Interfacultades, Maestría en Ciencia y Tecnología Alimentos

Bogotá, Colombia

2013

Desarrollo de un recubrimiento comestible a partir de un biopolímero para prolongar la vida útil de frutas frescas

Diana Cristina Moncayo Martínez

Tesis de investigación presentada como requisito parcial para optar al título de:
Magister en Ciencia y tecnología de Alimentos

Director:

Ing. Néstor Ariel Algecira Enciso

Universidad Nacional de Colombia

Programa interfacultades, Maestría en Ciencia y Tecnología Alimentos

Bogotá, Colombia

2013

Agradecimientos

A mis padres y hermanos, por su apoyo y sus palabras de ánimo durante todo este tiempo.

Al Ingeniero Néstor Algecira, por la dedicación y consejos durante la realización de este proyecto.

Al Ingeniero Gustavo Buitrago Hurtado, por la colaboración prestada para la realización completa de este proyecto.

Al Departamento Administrativo de Ciencia Tecnología e innovación (Colciencias) por la financiación de esta investigación a través del proyecto “Desarrollo de empaques comestibles para frutas de consumo fresco para el mercado nacional y de exportación” código: 110152128693.

Resumen

Se desarrollaron formulaciones de recubrimientos comestibles las cuales se emplearon para recubrir frutas y elaborar películas comestibles por la técnica de moldeo por evaporación de solvente. Se evaluó el efecto en propiedades mecánicas, permeabilidad al vapor de agua, espesor y color de las películas elaboradas con la adición del biopolímero tipo dextrana en concentraciones de 2, 3 y 5% p/v, pectina 0, 0,1, 0,4, 1 y 2 %p/v, glicerol y sorbitol al 70% p/v en concentraciones 0, 0,2, 0,5, 1 y 1,5, %v/v, polisorbato 80 en concentraciones de 0,1, 0,2, 0,5 %v/v, el aceite de canola se evaluó en concentraciones de 0,1, 0,2, 0,5%v/v y el aceite de canela en la concentración de 0,005% v/v. El método de aplicación del recubrimiento en frutas se determinó por la evaluación de características fisicoquímicas en fresas recubiertas por inmersión y aspersion durante el almacenamiento en refrigeración. Tres formulaciones fueron aplicadas en fresa, arándano y feijoa. Fue realizado un seguimiento durante el almacenamiento de las propiedades fisicoquímicas, de textura, características sensoriales y microbiológicas. Las películas con alto contenido de dextrana fueron quebradizas. Películas elásticas y altamente higroscópicas fueron obtenidas con altas concentraciones de plastificantes, estas películas no fueron caracterizadas. La aplicación del recubrimiento comestible por los métodos de inmersión y aspersion no presentaron diferencias significativas en cuanto a pérdida de peso, pH y sólidos solubles. La aplicación de los recubrimientos comestibles crea una barrera a la pérdida de vapor de agua, que se manifiesta como una disminución de la pérdida de peso durante el almacenamiento, comparando las frutas recubiertas y sin recubrir usadas como controles. Los recubrimientos logran la protección del color de las frutas durante el almacenamiento. Sensorialmente presentaron mayor aceptación las frutas recubiertas, principalmente en el parámetro de apariencia y brillo. Los recubrimientos comestibles a base de dextrana muestran potencial para prolongar la vida útil de frutas.

Palabras clave: biopolímeros, pérdida de peso, películas comestibles

Abstract

Formulation for edible coatings for fruits and edible films were development. The effect of biopolymer concentration 2, 3 y 5 % w/v, pectin 0, 0.1, 0.4, 1 y 2 %w/v, sorbitol (solution 70% w/v) and glycerol 0, 0.2, 0.5, 1, 1.5, %v/v, polysorbate 80 0.1, 0.2, 0.5 %v/v, canola oil 0.1, 0.2, 0.5%v/v and cinnamon oil 0.005% v/v in mechanic properties, water permeability, thickness, color were evaluated. The method for application of edible coatings in fruits was determinate with physicochemical analyses in strawberry in cold storage. The coatings were applied for dipping or spraying. Strawberries, blueberries and feijoa were coatings with three formulations, during cold storage physicochemical analyses, textural analyses, sensory quality and microbiological quality were investigated. High dextran concentrations produced delicate edible films. Elastic and hygroscopic edible films were obtained with high plasticizers concentrations, these were not evaluated. Spraying and dipping method had no significant effects on weight loss, pH, and soluble solid content. The edible coating retard water loss during the storage. The color during storage was protected with edible coatings. Average scores for appearance and gloss were obtained for fruits coating with dextran and pectin. Dextran base edible coatings show a potential for extend a fruit shelf life.

Keywords: biopolymers, weight loss, edible films

Contenido

1. Resumen	V
2. Lista de figuras	IX
3. Lista de tablas	X
4. Introducción	12
1. Capítulo 1: Elaboración y caracterización de películas comestibles a base de dextrana	15
1.1 Resumen.....	15
1.2 Introducción.....	15
1.3 Materiales y Métodos	17
1.3.1 Materiales	17
1.3.2 Métodos.....	17
1.4 Resultados y discusión.....	20
1.5 Conclusiones.....	26
1.6 Referencias.....	26
2. Capítulo 2. Selección del método de aplicación de un recubrimiento comestible en fresa	31
2.1 Resumen.....	31
2.2 Introducción.....	31
2.3 Materiales y métodos	33
2.3.1 Materiales	33
2.3.2 Preparación dispersión de recubrimiento	33
2.3.3 Aplicación del recubrimiento	34
2.3.4 Análisis fisicoquímicos.....	34
2.3.5 Análisis estadístico	35
2.4 Resultados y discusión.....	36
2.5 Conclusiones.....	42
2.6 Referencias.....	42
3. Capítulo 3. Evaluación de un recubrimiento comestible en frutas durante el almacenamiento en refrigeración	46
3.1 Resumen.....	46
3.2 Introducción.....	46
3.3 Materiales y métodos	48
3.3.1 Materiales	48
3.3.2 Preparación dispersión de recubrimiento	48

3.3.3	Aplicación del recubrimiento	49
3.3.4	Análisis fisicoquímicos	49
3.3.5	Análisis microbiológicos	50
3.3.6	Análisis sensorial	50
3.3.7	Análisis estadístico	51
3.4	Resultados y discusión	51
3.5	Conclusiones	65
3.6	Referencias	65
4.	Conclusiones	68
5.	Anexo 1: Artículo Surface properties of fruits coated with biopolymers	70
7.	Anexo 2: Trabajo presentado como póster	71
8.	Anexo 3: Trabajo presentado en modalidad oral	73
9.	Referencias	74

Lista de figuras

FIGURA 2-1. EFECTO DEL MÉTODO DE APLICACIÓN DEL RECUBRIMIENTO COMESTIBLE EN LA PÉRDIDA DE PESO EN FRESAS ALMACENADAS A 7°C. T1: CONTROL, T2: INMERSIÓN, T3: ASPERSIÓN.....	36
FIGURA 2-2. PORCENTAJE DE ÁCIDO CÍTRICO EN FRESAS CONTROL Y RECUBIERTAS POR INMERSIÓN Y ASPERSIÓN ALMACENADAS A 7°C. T1: CONTROL, T2: INMERSIÓN, T3: ASPERSIÓN.....	37
FIGURA 2-3. PH EN FRESAS CONTROL Y RECUBIERTAS POR INMERSIÓN Y ASPERSIÓN ALMACENADAS A 7°C. T1: CONTROL, T2: INMERSIÓN, T3: ASPERSIÓN..	38
FIGURA 2-4. SÓLIDOS SOLUBLES DE FRESAS CONTROL Y RECUBIERTAS POR INMERSIÓN Y ASPERSIÓN ALMACENADAS A 7°C. T1: CONTROL, T2: INMERSIÓN, T3: ASPERSIÓN.....	39
FIGURA 2-5. CAMBIOS EN EL COLOR EXTERNO (A) ÁNGULO DE MATIZ (HUE), (B) CROMA DE FRESAS CONTROL Y RECUBIERTAS POR INMERSIÓN Y ASPERSIÓN ALMACENADAS A 7°C. T1: CONTROL, T2: INMERSIÓN, T3: ASPERSIÓN.	40
FIGURA 2-6. FUERZA DE PENETRACIÓN DE FRESAS CONTROL Y RECUBIERTAS POR INMERSIÓN Y ASPERSIÓN ALMACENADAS A 7°C. T1: CONTROL, T2: INMERSIÓN, T3: ASPERSIÓN.	41
FIGURA 2-7. DETERIORO FÚNGICO DE FRESAS CONTROL Y RECUBIERTAS POR INMERSIÓN Y ASPERSIÓN ALMACENADAS A 7°C. T1: CONTROL, T2: INMERSIÓN, T3: ASPERSIÓN.....	42
FIGURA 3-1. FRUTAS RECUBIERTAS. (A1) D0 -DÍA 3, (A2) G0.5- DÍA 3, (A3) P1- DÍA 3, (A4) P2- DÍA 3, (A5) D0 -DÍA 20, (A6) G0.5- DÍA 20, (A7) P1- DÍA 20, (A8) P2- DÍA 20, (B1) D0 -DÍA 3, (B2) G0.5- DÍA 3, (B3) P1- DÍA 3, (B4) P2- DÍA 3, (B5) D0 -DÍA 25, (B6) G0.5- DÍA 25, (B7) P1- DÍA 25, (B8) P2- DÍA 25, (C1) D0 -DÍA 1, (C2) G0.5- DÍA 1, (C3) P1- DÍA 1, (C4) P2- DÍA 1, (C5) D0 -DÍA 7, (C6) G0.5- DÍA 7, (C7) P1- DÍA 7, (C8) P2- DÍA 7.	53
FIGURA 3-2. ÁNGULO DE MATIZ (HUE) DE FRUTAS RECUBIERTAS. (A) FEIJOA, (B) ARÁNDANO, (C) FRESA.	61

Lista de tablas

TABLA 1-1: COMPOSICIÓN DE LAS FORMULACIONES DE DISPERSIONES A BASE DE DEXTRANA SELECCIONADAS PARA ELABORAR PELÍCULAS.	20
TABLA 1-2: PORCENTAJE DE HUMEDAD, ACTIVIDAD DE AGUA, ESPESOR Y PERMEABILIDAD DE LAS PELÍCULAS.....	22
TABLA 1-3: COLOR DE PELÍCULAS A BASE DE DEXTRANA.....	23
TABLA 1-4: PROPIEDADES MECÁNICAS DE PELÍCULAS A BASE DE DEXTRANA Y PECTINA.	24
TABLA 3-1. FORMULACIONES APLICADAS COMO RECUBRIMIENTO EN FRESAS ALMACENADAS EN REFRIGERACIÓN.....	52
TABLA 3-2. PORCENTAJE DE PÉRDIDA DE PESO EN FRUTAS ALMACENADAS EN REFRIGERACIÓN. D0; CONTROL. G0.5; DEXTRANA 2% - GLICEROL 0.5%. P1; DEXTRANA 2% - PECTINA 1%. P2; DEXTRANA 2% - PECTINA 2%.....	54
TABLA 3-3. CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO CÍTRICO EN FRUTAS ALMACENADAS EN REFRIGERACIÓN. D0; CONTROL. G0.5; DEXTRANA 2% - GLICEROL 0.5%. P1; DEXTRANA 2% - PECTINA 1%. P2; DEXTRANA 2% - PECTINA 2%.....	57
TABLA 3-4. PH EN FRUTAS ALMACENADAS EN REFRIGERACIÓN. D0; CONTROL. G0.5; DEXTRANA 2% - GLICEROL 0.5%. P1; DEXTRANA 2% - PECTINA 1%. P2; DEXTRANA 2% - PECTINA 2%.	58
TABLA 3-5. SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES FRUTAS ALMACENADAS EN REFRIGERACIÓN. D0; CONTROL. G0.5; DEXTRANA 2% - GLICEROL 0.5%. P1; DEXTRANA 2% - PECTINA 1%. P2; DEXTRANA 2% - PECTINA 2%.....	59
TABLA 3-6. FIRMEZA EN FRUTAS ALMACENADAS EN REFRIGERACIÓN. D0; CONTROL. G0.5; DEXTRANA 2% - GLICEROL 0.5%. P1; DEXTRANA 2% - PECTINA 1%. P2; DEXTRANA 2% - PECTINA 2%.	60

TABLA 3-7. RECUENTO DE MESÓFILOS AEROBIOS, MOHOS Y LEVADURAS DE FRUTAS ALMACENADAS EN REFRIGERACIÓN. D0; CONTROL. G0.5; DEXTRANA 2% - GLICEROL 0.5%. P1; DEXTRANA 2% - PECTINA 1%. P2; DEXTRANA 2% - PECTINA 2%. 62

TABLA 3-8. PUNTAJES OBTENIDOS EN EL PANEL SENSORIAL DE FRUTAS ALMACENADAS EN REFRIGERACIÓN. D0; CONTROL. G0.5; DEXTRANA 2% - GLICEROL 0.5%. P1; DEXTRANA 2% - PECTINA 1%. P2; DEXTRANA 2% - PECTINA 2%..... 64

Introducción

El consumo mundial de frutas registra una tendencia en ascenso, lo cual se explica, además de los cambios en los ingresos y las estructuras poblacionales, en la creciente valoración social y científica de las propiedades nutricionales y funcionales de las frutas (Tafur *et al.*, 2006). Este fenómeno se evidencia en el crecimiento de las exportaciones de frutas colombianas. Colombia en el 2011 exportó en frutas US\$46,2 millones, un millón más que en 2009, según información del Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, basado en cifras del DANE (Lacouture, 2011). En el 2012, Colombia exportó más de US\$ 48,6 millones de frutas exóticas e importó US\$1,5 millones, lo que arroja una balanza comercial superavitaria de US\$47 millones. Entre las frutas exóticas más exportadas se encuentran la uchuva, la gulupa, la granadilla y la pitahaya, mientras las más importadas fueron los mangos.

Los principales mercados destino de las frutas exóticas colombianas son, entre otros, Países Bajos, Alemania, Canadá, Francia y Costa Rica. Así mismo, es importante resaltar que se ha logrado diversificar los mercados de exportación ya que, por ejemplo, la pitahaya se exporta a Hong Kong, Indonesia, Singapur y Brasil como países destino. En el 2012, las exportaciones de feijoa alcanzaron un 38,3% más que lo registrado en el 2011. Durante los últimos tres años, el crecimiento promedio anual de las ventas externas de esta fruta fue del 15,1%. En el 2012, las exportaciones de arándanos totalizaron US\$ 37. 447, un 24,3% más que lo registrado en el 2011 cuando fueron de US\$ 10.993. Es importante resaltar que este tipo de frutas no registra ventas externas antes del 2011, por lo que se puede inferir que éstas se comenzaron a realizar a partir de ese año. Para el 2012, las ventas externas de pitahaya fueron un 0,4% menos que lo registrado en el 2011. Durante los últimos tres años, el crecimiento promedio anual de las exportaciones fruta fue del 10,7%. Las exportaciones de uchuvas en el 2012, totalizaron US\$ 29,2 millones, un 8,6% más que lo registrado en el 2011 cuando sumaron US\$ 26,9 millones. Durante los últimos tres años el crecimiento promedio anual de las ventas internacionales de esta fruta fue de 14,4% (Legiscomex, 2013).

Se estima que a nivel mundial las pérdidas poscosecha de frutas y hortalizas, son del orden de 5 - 25% en países desarrollados y 20-50% en países en desarrollo. La diferencia en la magnitud del daño de ambos escenarios obedece a que en los países desarrollados prevalecen condiciones ambientales de temperatura y humedad menos favorables para la ocurrencia de daños, tienen mayor disponibilidad de recursos tecnológicos y económicos para prevenir las pérdidas poscosecha y los mercados son más exigentes. Las causas de las pérdidas en poscosecha, se pueden clasificar en factores internos como; respiración, composición, cambios morfológicos, envejecimiento, desordenes fisiológicos y en factores externos temperatura; daños físicos, humedad relativa, patógenos, composición de la atmósfera, luz, gravedad, animales, contaminación por manipulación (Departamento de protección vegetal, 2007).

La tendencia por la protección del medio ambiente, ha llevado a la búsqueda de nuevas alternativas de empaques para frutas y verduras, disminuyendo el uso de empaques sintéticos no biodegradables. Actualmente se buscan emplear productos que se degraden totalmente en dióxido de carbono, agua y que posteriormente puedan servir como abono orgánico. Las películas elaboradas con materiales biodegradables como almidones, ceras, entre otras, ofrecen transparencia, flexibilidad y dureza, adicionalmente con el empleo de plastificantes comerciales, se logra aumentar sustancialmente la biodegradabilidad y mejoran las propiedades mecánicas y de barrera (Villada *et al.*, 2007), permitiendo disminuir las pérdidas poscosecha de productos hortofrutícolas. En la actualidad se encuentran investigaciones en las que se emplean materiales de recubrimiento como almidones, quitosano, pectinas, ceras, gomas, proteínas con el fin de prolongar la vida de productos hortofrutícolas mediante la disminución de la pérdida de peso, disminución en la producción de CO₂ y protección contra hongos, principalmente (Ali *et al.*, 2010; Lima *et al.*, 2010; Bósquez, E., 2003; Del Valle *et al.*, 2005; Ribeiro *et al.*, 2007; Vu *et al.*, 2011; Olivas *et al.*, 2007; Carneiro, M., *et al.*, 2009; Duan, J., *et al.*, 2011; Restrepo, J., *et al.*, 2010).

El objetivo de este proyecto es buscar una alternativa para lograr extender la vida de anaquel de frutas mediante la aplicación de un recubrimiento comestible biodegradable, evitando el deterioro del producto por daños fúngicos y mecánicos ocasionados durante el proceso de manipulación, transporte y distribución, logrando así incursionar en nuevos mercados fortaleciendo la cadena del sector hortofrutícola. Se propone emplear como biopolímeros como pectina y BiLac, un biopolímero tipo dextrana, desarrollado por el

Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional de Colombia. El biopolímero es el resultado de la conversión enzimática de sacarosa mediante un complejo enzimático obtenido con cepas de *Leuconostoc mesenteroides* IBUN 91.2.98. Se evalúan los efectos de aditivos como biopolímeros, plastificantes, lípidos, emulsificantes y antimicrobianos en la formación de película sobre un soporte externo evaluando propiedades mecánicas, color, humedad, espesor, permeabilidad a vapor de agua y propiedades como pérdida de peso, pH, acidez titulable, características sensoriales y microbiológicas en las frutas recubiertas con las dispersiones durante el almacenamiento. El método de aplicación del recubrimiento comestible se selecciona teniendo características fisicoquímicas. Como fruta control fue seleccionada la fresa, fruta que presenta una alta percibibilidad y con la cual se obtienen resultados rápidos sobre la eficiencia de los recubrimientos y un posible aproximación al comportamiento de estas dispersiones en frutas con otras superficies y que no presenten una alta susceptibilidad al deterioro, principalmente por daños mecánicos. Este trabajo se desarrolla dentro del proyecto “Desarrollo de empaques comestibles para frutas de consumo fresco para el mercado nacional y de exportación” financiado por el Departamento Administrativo de Ciencia Tecnología e innovación (Colciencias).

Capítulo 1: Elaboración y caracterización de películas comestibles a base de dextrana

1.1 Resumen

Este trabajo presenta la elaboración y caracterización de películas comestibles formuladas con biopolímero tipo dextrana, pectina, aceite de canela, aceite de canola, polisorbato 80, glicerol y sorbitol. Las películas se formaron mediante la técnica de moldeado por evaporación de solvente. La caracterización de las películas comestibles se realizó mediante la determinación del porcentaje de humedad, actividad de agua, permeabilidad al vapor de agua, propiedades mecánicas y color. La estructura de las películas comestibles fue evaluada mediante microscopía electrónica de barrido. La adición de glicerol en la formulación modificó las propiedades mecánicas y de permeabilidad al vapor de agua. La inclusión de pectina alteró el color de las películas y permitió disminuir la permeabilidad al vapor de agua.

Términos para indexación: biopolímero, pectina, glicerol, permeabilidad

1.2 Introducción

Las películas comestibles son una delgada capa de material homogéneo, aplicadas sobre un alimento que pueden ser consumidas. Una gran cantidad de materiales han sido investigados en los últimos años con el fin de obtener películas comestibles y biodegradables. Entre los materiales estudiados se encuentran almidones (Flores et al., 2007; Mathew & Abraham, 2008), pectina (Medeiros et al., 2012), proteína de soya (Kokoszka et al., 2010), carragenina (Moraes et al., 2012), quitosano (Martins et al., 2012), gomas (Flores et al., 2010) entre otros. La formulación de las películas puede contener uno

o más de estos componentes que podrían actuar de manera sinérgica (Valenzuela et al., 2013). Prodpran y colaboradores (2007) reportan que la adición de ceras y lípidos mejoran las propiedades de barrera de películas elaboradas con proteínas. Las películas comestibles son el resultado de la mezcla de diferentes biopolímeros, plastificantes, emulsificantes, lípidos, antimicrobianos, saborizantes, colorantes, probióticos, antioxidantes, etc., que permitan mejorar la calidad de la película en cuanto a permeabilidad, propiedades mecánicas entre otras. Una de las funciones de las películas comestibles es lograr la prolongación de la vida útil por la disminución de pérdida de peso, preservación de color, aroma, sabor y valor nutricional de los alimentos (Sayanjali et al., 2011; Perdonés et al., 2012).

Los biopolímeros con enlaces α -1,6 son denominados dextranas, se obtienen por vía enzimática de cepas de *Leuconostoc mesenteroides* y *Streptococcus*. Las enzimas actúan sobre la sacarosa, desdoblándola en glucosa y fructosa, polimerizando la glucosa (Stanier et al., 1992). Las dextranas de alto peso molecular obran como estabilizantes, viscosantes o floculantes. Son compatibles con sales, ácidos, bases, estables en un amplio rango de temperatura (Hudson & Smith, 1998) y algunas pueden formar películas (Angarita, 2007). La dextrana empleada en esta investigación tiene la propiedad de formar películas, características que la hace promisoría para la formulación de recubrimientos comestibles. La pectina es un polisacárido aniónico, se encuentra principalmente en la lamela media de las paredes celulares de las plantas. Cambios en la fuente de la pectina pueden ocasionar cambios físicos y de textura en los productos que emplean este material como aditivo (Mohnen, 2008). El uso de pectina en la elaboración de películas comestibles ha sido reportado por Galus y Andrzej (2013) y Giancone y colaboradores (2009) quienes desarrollaron y caracterizaron películas elaboradas con este material.

Los plastificantes son compuestos de baja volatilidad que pueden ser añadidos para impartir flexibilidad a la película polimérica (Casariego et al., 2008). Entre los plastificantes usados en la industria alimenticia se encuentran; mono-, di-, oligo- sacáridos, polioles, lípidos y derivados. La adición de plastificantes a las soluciones filmogénicas empleadas para elaborar películas comestibles logran disminuir las fuerzas de atracción intermoleculares, modificando las propiedades mecánicas y de permeabilidad a gases (Gontard et al., 1993).

El objetivo de este trabajo es la elaboración y caracterización de películas comestibles a base de un biopolímero tipo dextrana. Las películas se obtienen mediante la técnica de moldeo por evaporación de solvente. El espesor, la permeabilidad al vapor de agua, las propiedades mecánicas, el color y la morfología de las películas a base de dextrana son determinadas.

1.3 Materiales y Métodos

1.3.1 Materiales

El biopolímero tipo dextrana fue suministrado por el Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional de Colombia. Se obtiene a partir de la bifidobacteria *Leuconostoc mesenteroides* IBUN 91.2.98. Como plastificantes se emplearon glicerol y sorbitol. Como emulsificante fue adicionado polisorbato 80. El aceite de canola se empleó como lípido, con el fin de mejorar la barrera al vapor de agua. Serrano (2009) demostró la eficacia del aceite de canela en la inhibición de *Botrytis cinerea* al ser adicionado en un recubrimiento comestible para conservar fresas, las formulaciones estudiadas contenían este aditivo en búsqueda de una protección adicional de los alimentos recubiertos. Se usó agua destilada para la preparación de las dispersiones y todos los reactivos empleados fueron grado USP. Para la elaboración de las películas la dextrana fue adicionada en concentraciones 2, 3, y 5, %p/v.

1.3.2 Métodos

Preparación de la solución filmógena. Las dispersiones fueron preparadas a temperatura ambiente ($20^{\circ}\text{C}\pm 2$) en el homogenizador ULTRA-TURRAX, T 18 basic (IKA, Alemania) a 7200 rpm por 5 min. La pectina fue homogenizada en agua a 80°C y se empleó en concentraciones de 0, 0,1, 0,4, 1 y 2 %p/v. Las soluciones acuosas de glicerol y sorbitol al 70% fueron preparadas con un agitador mecánico a 300 rpm por 10 minutos. Los plastificantes fueron adicionados al agua destilada en concentraciones de 0, 0,2, 0,5, 1, 1,5, %v/v, estas concentraciones se tomaron de acuerdo a lo reportado por Angarita (2007). La emulsión fue preparada a 3500 rpm por 5 min en el homogenizador ULTRA-TURRAX, T 18 basic (IKA, Alemania), empleando agua destilada, polisorbato 80 en concentraciones de 0,1, 0,2, 0,5 %v/v, aceite de canola en concentraciones de 0,1, 0,2, 0,5%v/v y aceite de canela al 0,005% v/v fueron adicionados lentamente al agua.

Posteriormente las tres soluciones se homogenizaron a una velocidad de 7200 rpm por 10 min. El aire que contenían las dispersiones se retiró en un horno a vacío a -0,7 bar y 20°C por 5 horas, para no afectar la continuidad y homogeneidad de las películas.

- **Elaboración de películas.** Para la elaboración de las películas se emplearon 100g de la solución filmógena, los cuales fueron llevados a moldes de teflón. El secado se realizó a una temperatura de $35 \pm 0,1^\circ\text{C}$ y una humedad relativa de $50 \pm 1\%$ en una cámara con condiciones controladas (LABTECH, Corea) por 20 horas. Las películas fueron retiradas de los moldes y almacenadas en bolsas con cierre hermético hasta su caracterización.
- **Humedad.** Para determinar el contenido de agua las películas fueron pesadas (W_0) y secadas en un horno a 105°C por 24 horas, posteriormente fueron nuevamente pesadas (W_1). El contenido de agua fue calculado con la siguiente ecuación:

$$\% \text{Contenido de agua} = (W_0 - W_1) * 100 / W_0$$

- **Actividad de agua.** La actividad de agua (a_w) se determinó en el medidor de actividad de agua FA-st Lab water activity meter (GBX, Francia). Todas las formulaciones se analizaron por triplicado.
- **Espesor.** El espesor fue medido con un micrómetro digital de 0-25 mm (Mitutoyo, Japón) con una precisión de $\pm 0,001$ mm. Las películas fueron evaluadas en cinco lugares.
- **Medidas colorimétricas.** El color se determinó sobre un fondo blanco empleando el colorímetro Minolta CR-300 (Minolta Camera Co., Ltd, Osaka, Japón). Se determinaron los parámetros de la escala CIElab Luminosidad (L^*) y parámetros de cromaticidad a^* (rojo-verde) y b^* (amarillo-azul), con los cuales se determinó el Croma (C^*), el ángulo de matiz (Hue) y el índice de color (Murillo et al., 2011). El color fue medido en los cuatro extremos y en el centro de las películas, para un total de cinco puntos con tres repeticiones. El índice de color puede estar entre los siguientes rangos y puede utilizarse como variable de control de calidad en alimentos. Si IC^* es negativo (-40 a -20), su valor relaciona los colores que van desde el azul violeta al verde profundo. Si IC^* es negativo (-20 a -2), su valor relaciona los colores que van del verde profundo al verde amarillento. Si IC^* está entre -2 a +2,

representa el amarillo verdoso. Si IC^* es positivo (+2 a +20), se relaciona con los colores que van desde el amarillo pálido al naranja intenso. Si IC^* es positivo (+20 a +40), se relaciona con los colores que van desde el naranja intenso al rojo profundo (Vignoni et al., 2006).

- Permeabilidad al vapor de agua. Para determinar la permeabilidad al vapor de agua las películas fueron acondicionadas por 48 horas a $20 \pm 0,1^\circ\text{C}$ y una humedad relativa de 50 ± 1 %. Se evaluaron gravimétricamente de acuerdo con la norma ASTM E-96 (2012). Las cápsulas fueron pesadas dos veces al día durante 6 días, con el fin de determinar la pérdida de peso. El espesor de las películas fue medido después del ensayo para no deteriorar la película. Tres replicas fueron evaluadas para cada formulación.
- Propiedades mecánicas. Fueron medidas en el texturómetro (TA, XT2, Texture Technologies Corp., Scarsdale, NY, USA). Se determinaron la fuerza de tensión y elongación hasta la ruptura de la película usando el accesorio A/TG. Las muestras fueron troqueladas en forma de corbatín y acondicionadas por 48 horas a $20 \pm 0,1^\circ\text{C}$ y 50 ± 1 % de humedad relativa. La separación inicial de las pinzas fue de 10 cm, la velocidad antes de la prueba de 1 mm/s, durante la prueba de 1 mm/s y una velocidad después de la prueba de 10 mm/s, a una distancia de 70 mm. La elongación y resistencia a la tensión fueron calculadas considerando la norma ASTM D882 (2012). Se evaluaron 10 películas de cada formulación.
- Microscopía. Las películas se fracturaron con nitrógeno gaseoso con el fin de obtener una vista lateral y de la superficie. Las muestras fueron fotografiadas en un microscopio electrónico de barrido marca FEI QUANTA 200, en modo de alto vacío con un detector de electrones secundarios a 25 kV.
- Análisis estadístico. Los datos encontrados fueron analizados como medias y desviación estándar (Media \pm DS). El análisis estadístico de los datos se realizó mediante un análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significancia de 0,05 usando el test de Tukey (HSD), empleando el software Statgraphics Centurion XVI (Versión 16.1.11).

1.4 Resultados y discusión

La adición de plastificantes como sorbitol y glicerol modifican la estructura de la red formada por el biopolímero, logrando películas frágiles o películas con una alta elasticidad. Las formulaciones elaboradas sin adición de plastificante presentaron una alta fragilidad, por tanto fue necesario la incorporación de plastificantes. Con concentraciones del biopolímero superiores al 2 % p/v las películas elaboradas fueron frágiles y opacas. Películas con alta elasticidad fueron obtenidas con la adición de glicerol en concentraciones superiores a 0,5 % v/v, característica que dificultó la remoción del molde. Películas con concentraciones menores a 1% v/v de sorbitol, presentaron una alta fragilidad razón por la cual no fueron caracterizadas. La adición del emulsificante y lípido en concentraciones superiores al 0,1% v/v ocasionaron la formación de un exudado en la superficie, dificultando la caracterización. La adición de pectina incrementó la resistencia de las películas, presentando una mejor homogeneidad y continuidad que las elaboradas únicamente con dextrana. Un cambio en el color de las películas fue observado por la adición de pectina en concentraciones superiores al 1 % p/v. La Tabla 1-1 presenta la composición de las soluciones empleadas para obtener películas con características adecuadas en cuanto a homogeneidad y continuidad, las cuales posteriormente fueron caracterizadas. Las películas seleccionadas contenían 2%p/v de dextrana, 0,1% v/v de polisorbato 80 y 0,1% v/v de aceite de canola.

Tabla 1-1: Composición de las formulaciones de dispersiones a base de dextrana seleccionadas para elaborar películas.

Formulación	Pec (%p/v)	Gli (%v/v)	Sor (%v/v)
F1	-	0,2	-
F2	-	0,5	-
F3	-	-	1,0
F4	-	-	1,5
F5	0,1	0,5	-
F6	0,4	0,5	-
F7	1,0	0,5	-
F8	2,0	0,5	-
F9	2,0	1,0	-

F1-F9, formulaciones; Pec, pectina; Glic, Glicerol; Sor, sorbitol.

Con la adición de glicerol y sorbitol en diferentes concentraciones no se presentó un efecto significativo ($p>0,05$) en el contenido de agua de las películas (Tabla 1-2), se encuentran diferencias en esta característica por las características de los plastificantes y la incorporación de la pectina. Los valores de este estudio son menores que los reportadas para películas elaboradas con almidón de castaña de agua y quitosano (Mei et al., 2013) y de proteína aislada de soya (Ramos et al., 2012).

En cuanto a la actividad de agua no se encontraron valores de superiores a 0,6 en las películas. No se presentaron diferencias significativas ($p>0,05$) al emplear glicerol o sorbitol en diferentes concentraciones, pero si se presentaron diferencias significativas cuando se incorporó pectina en diferentes concentraciones, encontrando una relación directa entre la concentración de pectina y el valor de actividad de agua.

Se encontró que la permeabilidad al vapor de agua (Tabla 1-2) se ve afectada por un incremento en la adición de plastificante ($p<0,05$) coincidiendo con lo encontrado por Trejo y colaboradores (2001), probablemente por un mayor grado de reacción con la cadena polimérica y por la reducción de las fuerzas intermoleculares que modifican la red favoreciendo la permeabilidad del agua (Gontard et al., 1993). La adición de pectina a la formulación disminuye la permeabilidad al vapor al compararla con la formulación con de igual concentración de plastificante y de dextrana. Los valores encontrados para permeabilidad al vapor de agua de este estudio son menores a los reportados para películas de gelatina-almidón (Al-Hassan & Norziah, 2012), pululano (Shih et al., 2011) y de proteínas de suero (Ozdemir & Floros, 2008).

Tabla 1-2: Porcentaje de humedad, actividad de agua, espesor y permeabilidad de las películas.

Formulación	Humedad (%)	Aw	Espesor de la película (mm)	Permeabilidad $\left(\frac{g*mm}{s*m^2*Pa^2}\right)*10^8$
F1	11,48±0,49 ^{abc}	0,41±0,01 ^a	0,04±0,01 ^a	0,25±0,01 ^a
F2	13,33±0,21 ^{cd}	0,44±0,01 ^a	0,06±0,01 ^a	2,13±0,01 ^c
F3	10,76±0,51 ^{ab}	0,43±0,01 ^a	0,09±0,01 ^b	0,23±0,02 ^a
F4	9,43±0,31 ^a	0,41±0,01 ^a	0,13±0,02 ^b	3,68±0,39 ^d
F5	13,40±0,39 ^{cd}	0,52±0,01 ^b	0,28±0,01 ^c	0,99±0,01 ^b
F6	12,45±0,29 ^{bc}	0,54±0,01 ^{bc}	0,17±0,01 ^d	0,32±0,01 ^a
F7	15,00±0,54 ^d	0,54±0,01 ^{bc}	0,23±0,01 ^e	0,27±0,01 ^a
F8	10,42±0,51 ^a	0,57±0,01 ^{cd}	0,51±0,02 ^f	1,13±0,04 ^b
F9	12,74±0,21 ^{bc}	0,60±0,01 ^d	0,39±0,01 ^g	2,28±0,12 ^c

Aw, Actividad de agua. Los valores son reportados como medias y desviación estándar. Valores dentro de la misma columna con letras diferentes indica diferencia significativa ($p < 0,05$), mediante el test de Tukey.

Existen diferencias significativas en espesor al usar sorbitol o glicerol y al adicionar pectina, posiblemente por la estructura molecular de cada una, su efecto plastificante y el incremento de sólidos en la formulación.

La saturación del color (C^*) para las películas formuladas con dextrana y pectina presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) por el incremento en las concentraciones de estos aditivos y del plastificante (Tabla 1-3). La formulación que contenía 1% p/v de pectina mostró una mayor saturación del color. Las formulaciones estudiadas presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) en la luminosidad del color, expresada como L^* . Las películas elaboradas con sorbitol y con glicerol 0,2 % p/v fueron ligeramente blancas (valores de L^* altos). Todas las formulaciones exhibieron un color amarillento, representado por los valores mayores a 90° en el ángulo de matiz (Hue). En cuanto al índice de color las películas se encuentran en la escala de -2 a + 2, consideradas dentro de un color amarillo verdoso.

Tabla 1-3: Color de películas a base de dextrana.

Formulación	L	a*	b*	C*	IC*	Hue
F1	95,01±0,38 ^{de}	-0,22±0,08 ^{ab}	6,34±0,67 ^{cd}	6,34±0,67 ^{cd}	-0,35±0,10 ^{ab}	91,93±0,56 ^{ab}
F2	92,81±0,56 ^{ab}	-0,22±0,12 ^{ab}	10,24±0,45 ^f	10,24±0,45 ^f	-0,23±0,12 ^{ab}	90,98±0,48 ^a
F3	95,07±0,35 ^{de}	-0,20±0,08 ^{ab}	5,52±0,73 ^{bc}	5,52±0,73 ^{bc}	-0,37±0,13 ^{ab}	91,99±0,69 ^{ab}
F4	95,01±0,65 ^{de}	-0,23±0,06 ^a	6,86±1,11 ^d	6,86±1,11 ^d	-0,42±0,11 ^a	92,31±0,58 ^b
F5	94,85±0,31 ^{cd}	-0,12±0,07 ^b	4,79±0,49 ^b	4,79±0,49 ^b	-0,25±0,16 ^{ab}	91,37±0,87 ^{ab}
F6	93,13±0,89 ^e	-0,18±0,01 ^c	2,20±0,29 ^a	2,20±0,29 ^a	-0,85±0,12 ^c	94,68±0,63 ^c
F7	93,80±0,48 ^{bc}	-0,10±0,02 ^b	6,71±0,61 ^d	6,71±0,61 ^d	-0,20±0,05 ^b	91,08±0,27 ^a
F8	92,56±0,83 ^a	-0,24±0,04 ^{ab}	8,67±0,80 ^e	8,67±0,80 ^e	-0,30±0,05 ^{ab}	91,59±0,29 ^{ab}
F9	94,49±0,23 ^{ab}	-0,23±0,03 ^a	7,15±0,30 ^d	7,15±0,30 ^d	-0,35±0,06 ^{ab}	91,85±0,30 ^{ab}

L*, Luminosidad; a* y b* parámetros de cromaticidad; C*, saturación del color; IC*, Índice de color; Hue, ángulo de matiz. Los valores son reportados como medias y desviación estándar. Valores dentro de la misma columna con letras diferentes indica diferencia significativa ($p < 0,05$), mediante el test de Tukey.

Las propiedades mecánicas pueden dar información de la durabilidad de películas y de la capacidad de mantener la integridad mecánica de los alimentos (Sothornvit & Krochta, 2005). En esta investigación se encontró un incremento en el porcentaje de elongación de las películas por el incremento en la concentración de plastificante en las películas (Tabla 1-4), llevando también a obtener un valor bajo de resistencia a la tensión, resultados que concuerdan con Chiumarelli & Hubinger (2012). La adición de pectina incremento la resistencia a la tensión, el valor encontrado para la película que contiene dextrana 2 % p/v y pectina 2 % p/v y es cercano al reportado por Galus & Andrzej (2013) para películas que contienen una concentración del 100% de pectina.

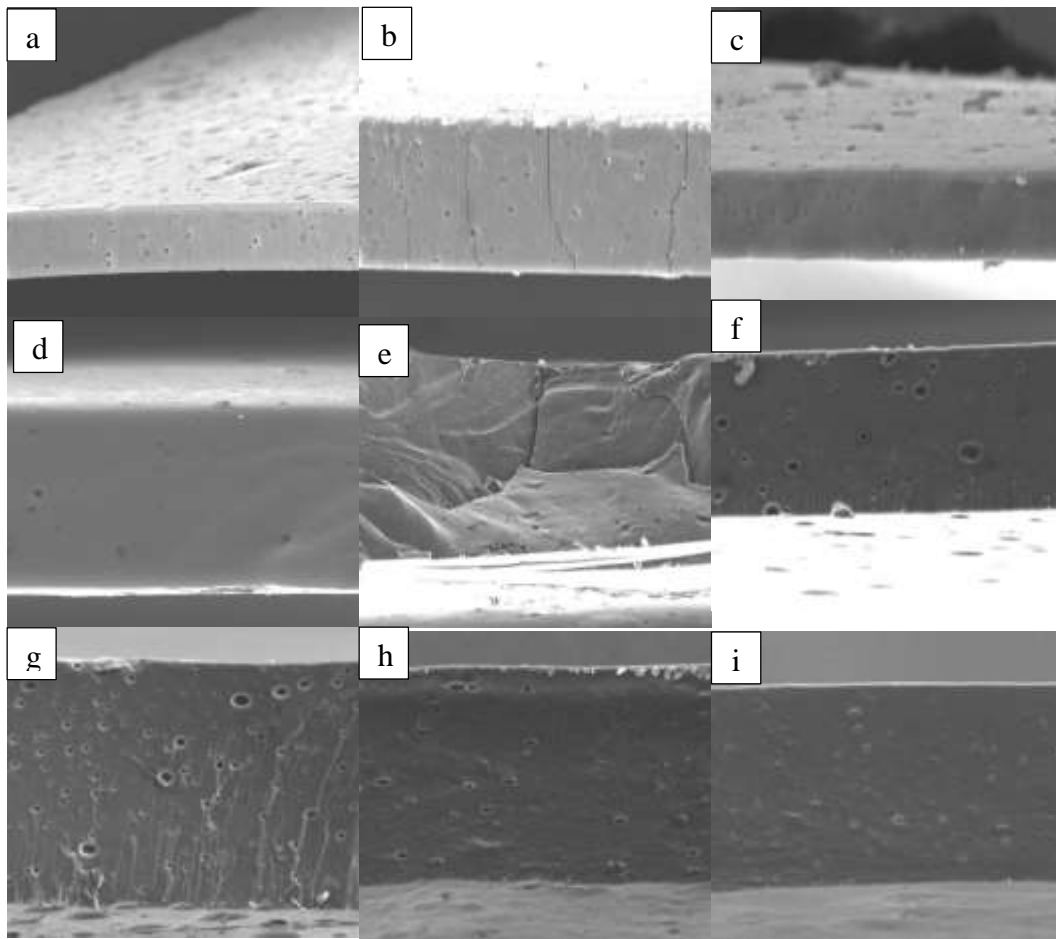
Tabla 1-4: Propiedades mecánicas de películas a base de dextrana y pectina.

Formulación	Resistencia a la tensión (MPa)	Elongación (%)
F1	19,76±0,53 ^f	24,32±2,15 ^{bc}
F2	3,50±0,64 ^{bc}	54,44±4,79 ^e
F3	0,84±0,18 ^a	30,59±0,54 ^{cd}
F4	4,49±0,49 ^{cd}	38,47±3,44 ^d
F5	2,25±0,19 ^b	62,35±8,06 ^e
F6	5,22±0,51 ^d	38,68±3,44 ^d
F7	12,78±0,25 ^e	21,28±1,89 ^b
F8	20,57±1,46 ^f	10,18±1,67 ^a
F9	4,15±0,29 ^{cd}	22,20±4,32 ^b

Los valores son reportados como medias y desviación estándar. Valores dentro de la misma columna con letras diferentes indica diferencia significativa ($p < 0,05$), mediante el test de Tukey.

Los cortes transversales de las películas fueron observadas a 1000x y se presentan en la Figura 1-1. Formulaciones compactas y con superficies suaves fueron obtenidas al adicionar sorbitol. Las películas presentaron fracturas cuando la formulación incluía glicerol, siendo pronunciadas para la formulación con bajo contenido de plastificante. Las superficies de las películas presentaron partículas sólidas, originadas posiblemente por un gradiente en la concentración de agua durante el proceso de secado, estas observaciones coinciden con lo reportado por Murillo y colaboradores (2011) en películas a base de proteína aislada de soya. Las películas elaboradas con pectina presentaron poros, posiblemente porque el tiempo de extracción del aire incorporado en el proceso de elaboración de la formulación fue insuficiente, ocasionando discontinuidades de las películas a nivel microscópico.

Figura 1-1. Fotografías obtenidas por microscopía electrónica de barrido de películas a base de dextrana 1000x: (a) F1, (b) F2, (c) F3, (d) F4, (e) F5, (f) F6, (g) F7, (h) F8, (i) F9.



1.5 Conclusiones

Este artículo presenta la viabilidad de la elaboración de películas continuas y homogéneas obtenidas con pectina y dextrana como biopolímeros. Las películas elaboradas con dextrana y pectina muestran una baja permeabilidad al vapor de agua, lo que las haría promisorias para la aplicación en frutas o vegetales, mejorando los signos de deshidratación propios la senescencia de estos productos. La adición de glicerol en la formulación afecta las propiedades mecánicas de las películas, incrementando la elasticidad. Los resultados presentan un posible uso para la dextrana estudiada como un empaque biodegradable o recubrimiento comestible.

1.6 Referencias

AL-HASSAN, A. A.; NORZIAH, M. H. Starch–gelatin edible films: Water vapor permeability and mechanical properties as affected by plasticizers. **Food Hydrocolloids**, v. 26(1), p.108–117, 2012.

ANGARITA, H. **Estudio de las variables que afectan la procesabilidad bajo condiciones de extrusión de un biopolímero de glucosa**, 2007. Tesis (Maestría) – Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

ASTM. D882 Standard test method for tensile properties of thin plastic sheeting. **ASTM International**. West Conshohocken, PA, 2012.

ASTM. E96 Standard test method for water vapour transmission of materials. **ASTM International**. West Conshohocken, PA, 2012.

CASARIEGO, A.; SOUZA, B.W.S.; VICENTE, A.A.; TEIXEIRA, J.A.; CRUZ, L.; DÍAZ, R. Chitosan coating surface properties as affected by plasticizer, surfactant and polymer concentrations in relation to the surface properties of tomato and carrot. **Food Hydrocolloids**, v. 22, p.1452-1459, 2008.

CHIUMARELLI, M.; HUBINGER, M. D. Stability, solubility, mechanical and barrier properties of cassava starch – Carnauba wax edible coatings to preserve fresh-cut apples. **Food Hydrocolloids**, v.28(1), p.59–67, 2012.

FLORES, S.K; COSTA, D.; YAMASHITA, F.; GERSCHENSON, L.N.; GROSSMANN, M.V. Mixture design for evaluation of potassium sorbate and xanthan gum effect on properties of tapioca starch films obtained by extrusion. **Materials Science and Engineering**, v. 30, p.196–202, 2010.

FLORES, S.; FAMÁ, L.; ROJAS, A.; GOYANES, S.; GERSCHENSON, L. Physical properties of tapioca-starch edible films: Influence of filmmaking and potassium sorbate. **Food Research International**, v.40, p.257–265, 2007.

GALUS, S.; ANDRZEJ, L. Development and characterization of composite edible films based on sodium alginate and pectin. **Journal of Food Engineering**, v.115(4), p.459–465, 2013.

GIANCONE T.; TORRIERI E.; MASI, P.; MICHON, C. Protein–polysaccharide interactions: Phase behaviour of pectin–soy flour mixture. **Food Hydrocolloids**, v. 23, p.1263–1269, 2009

GONTARD,N.; GUILBERT, S.; CUQ, J.L. Water and glycerol as plasticizers affect mechanical and water vapor barrier properties of an edible wheat gluten film. **Journal of Food Science**, v.58, p.206-211, 1993.

HUDSON, S.M; SMITH, C. Chitin and chitosan. Kaplan DL (Ed.). **Biopolymers from renewable resources**. Springer. New York, 1998. p.96-118.

KOKOSZKA, S.; DEBEAUFORT, F.; HAMBLETON, A.; LENART A.; VOILLEY, A. Protein and glycerol contents affect physico-chemical properties of soy protein isolate-based edible film. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 11, p.503–510, 2010.

MARTINS, J.T.; CERQUEIRA, M.A; VICENTE, A.A. Influence of α -tocopherol on physicochemical properties of chitosan-based film. **Food Hydrocolloids**, v. 27, p.220- 227, 2012.

MATHEW, S; ABRAHAM, E. Characterisation of ferulic acid incorporated starch–chitosan blend film. **Food Hydrocolloids**, v. 22, p.826–835, 2008.

MEDEIROS, B.G.S.; PINHEIRO, A.C.; CARNEIRO-DA-CUNHA, M.G.; VICENTE, A.A. Development and characterization of a nanomultilayer coating of pectin and chitosan – Evaluation of its gas barrier properties and application on ‘Tommy Atkins’ mangoes. **Journal of Food Engineering**, v. 110, p.457–464, 2012.

MEI, J.; YUAN, Y; WU, Y.; LI, Y. Characterization and antimicrobial properties of water chestnut starch - chitosan edible films. **International Journal of Biological Macromolecules**, v.61, p.169-174, 2013.

MOHNEN, D. Pectin structure and biosynthesis. **Current opinion in Plant Biology**, v.11, p.266-277, 2008.

MORAES, K.S.de; FAGUNDES, C.; MELO, M.C.; ANDREANI, P.; RODRIGUEZ, A. Conservation of Williams pear using edible coating with alginate and carrageenan. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.32 (4), p.679-684, 2012.

MURILLO-MARTÍNEZ, M.M.; PEDROZA-ISLAS, R; LOBATO-CALLEROS, C.; MARTÍNEZ-FEREZ, A.; VERNON-CARTER, E.J. Designing W1/O/W2 double emulsions stabilized by protein polysaccharide complexes for producing edible films: Rheological, mechanical and water vapour properties. **Food Hydrocolloids**, v. 25, p.577-585, 2011.

OZDEMIR, M.; FLOROS, J. D. Optimization of edible whey protein films containing preservatives for mechanical and optical properties, **Journal of Food Engineering**, v.86 p.215–244, 2008.

PERDONES, A; SÁNCHEZ, L; CHIRALT, A.; VARGAS, M. Effect of chitosan–lemon essential oil coatings on storage-keeping quality of strawberry. **Postharvest Biology and Technology**, v. 70, p.32-41, 2012.

PRODPRAN, T.; BENJAKUL, S.; ARTHARN, A. Properties and microstructure of protein-based film from round scad (*Decapterus maruads*) muscle as affected by palm oil and

chitosan incorporation. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 41, p.605–614, 2007.

RAMOS, A.; SANTOS, A.; LEÃO, M.; PEREIRA, J.; SILVA, S.B.; FERNANDES, J.; FRANCO, I.; PINTADO, M.E.; MALCATA, F.X. Antimicrobial activity of edible coatings prepared from whey protein isolate and formulated with various antimicrobial agents. **International Dairy Journal**, v. 25(2), p.132-141, 2012.

SAYANJALI, S.; GHANBARZADEH, B.; GHIASSIFAR, S. Evaluation of antimicrobial and physical properties of edible film based on carboxymethyl cellulose containing potassium sorbate on some mycotoxigenic *Aspergillus* species in fresh pistachios. **LWT - Food Science and Technology**, v. 44, p.1133-1138, 2011.

SERRANO, S. **Evaluación de una película comestible con aceite esencial de canela para la conservación poscosecha de fresas (*Fragaria chiloensis*)**, 2009. Tesis (Especialización) – Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

SHIH, F. F.; DAIGLE, K. W.; CHAMPAGNE, E. T. Effect of rice wax on water vapour permeability and sorption properties of edible pullulan films. **Food Chemistry**, v. 127(1), p.118–121, 2011.

SOTHORNVIT, R.; KROCHTA, J.M. Plasticizers in edible films and coatings. In J.H.Han (Ed.), **Innovations in food packaging**. London, UK: Academic Press, 2005. p. 403-433.

STANIER, R.Y.; INGRAHAM, J.L.; WHEELIS, M.L.; PAINTER, P.R. **Microbiología**. 2 ed. In: Prentice-Hall. Reverté S.A (Ed.). Barcelona (España), 1992. 176p.

TREJO, V.; ARAGÓN, N.; MIRANDA, P. Estimación de la permeabilidad al vapor de agua en películas a base de quitosán. **Journal of the Mexican Chemical Society**, v.45(1), p.1-5, 2001.

VALENZUELA, C.; ABUGOCH, L.; TAPIA, C. Quinoa protein-chitosan-sunflower oil edible film: Mechanical, barrier and structural properties. **LWT - Food Science and Technology**, v.50, p.531-537, 2013.

VIGNONI, L.A.; CÉSARI, R.M.; FORTE, M.; MIRÁBILE, M.L. Determinación de índice de color en ajo picado. **Información tecnológica**, v.17(6), p.63-67, 2006.

Capítulo 2. Selección del método de aplicación de un recubrimiento comestible en fresa

2.1 Resumen

Fresas orgánicas fueron tratadas con un recubrimiento comestible elaborado con un biopolímero tipo dextrana, glicerol, polisorbato 80, aceite de canela y aceite de canola. Se estudió el comportamiento de los frutos durante el almacenamiento al aplicar el recubrimiento por inmersión y aspersion. La pérdida de peso, acidez titulable, pH, color, firmeza, sólidos solubles totales y deterioro fúngico, fueron determinados para las frutas tratadas y las controles durante 20 días de almacenamiento a 7 °C. Los resultados no presentan diferencias significativas en pérdida de peso, pH y sólidos solubles con los dos métodos de aplicación. Los recubrimientos de dextrana ofrecen una buena barrera al vapor de agua disminuyendo la pérdida de peso comparados con las fresas sin recubrimiento. El recubrimiento por inmersión logra crear una película sobre la superficie de la fruta que disminuye los valores de hue.

Palabras clave: recubrimiento comestible, dextrana, fresa, vida útil

2.2 Introducción

Las fresas son frutas altamente perecederas, tienen una vida útil muy corta, se ven afectadas por hongos, daños mecánicos, pérdida de peso y deterioro fisiológico durante el almacenamiento. A temperaturas entre 0 y 4 °C las fresas pueden alcanzar una vida útil de alrededor de 5 días (El Ghaouth *et al.*, 1991; Garcia *et al.*, 1998). Los recubrimientos comestibles son delgadas capas de materiales aplicados sobre alimentos, contribuyen a la conservación, distribución y venta de frutas y vegetales. Algunas de las funciones son proteger los productos de daño mecánico, físico y químico y de la actividad microbiológica. El propósito principal es retardar la migración de la humedad, aunque también puede

retardar la migración de gases por la modificación de la atmósfera interna del alimento, retener sabores o como medio de transporte de antimicrobianos, antioxidantes, preservantes, vitaminas, minerales, colorantes y saborizantes, logrando un producto atractivo para el consumidor no solo por sus características nutricionales sino sensoriales. Los recubrimientos comestibles se clasifican de acuerdo con el material del cual están elaborados, por tanto pueden ser obtenidos de carbohidratos (celulosa y derivados, quitosano, almidón, goma, alginatos, carragenina, agar-agar y pectinas), lípidos, proteínas, hidrocoloides o mezclas de estos. El quitosano ha sido usado en fresas para lograr una mayor resistencia a la transferencia del vapor de agua (Vu *et al.*, 2011). Cerezas tratadas con gelatina presentaron una menor pérdida de peso durante el almacenamiento (Lim *et al.*, 2011). El recubrimiento a base de alginato de sodio y ácido ascórbico fue evaluado en láminas de mango logrando conservar el color y mantener la capacidad antioxidante (Robles-Sánchez *et al.*, 2013). La adición de algunos compuestos (lípidos, hidrocoloides, o combinación de lípidos - hidrocoloides) puede reducir el deterioro de los alimentos, mejorar la permeabilidad al vapor de agua cuando se incorporan en los recubrimientos comestibles. La adición de un plastificante a la dispersión usada como recubrimiento comestible afecta las propiedades mecánicas y la permeabilidad de las películas. El emulsificante reduce la tensión superficial de la dispersión de recubrimiento y promueve la adhesión sobre la superficie a ser recubierta, además de brindar estabilidad y homogeneidad a la emulsión (Casariego *et al.*, 2008). Los antimicrobianos ofrecen seguridad y vida útil a los alimentos, en este grupo se incluyen aditivos como el ácido benzoico, ácido cítrico, bacteriosinas como nisina, aceites esenciales y fitoalexinas (Burton, 2004). Los biopolímeros con enlaces α -1,6 son denominados como dextranas y se obtienen por vía enzimática empleando complejos enzimáticos producidos con cepas de *Leuconostoc mesenteroides* y *Streptococcus*, las enzimas actúan sobre la sacarosa desdoblándola en glucosa y fructosa, polimerizando la glucosa (Stanier *et al.*, 1992). Son homopolisacáridos extracelulares bacterianos. Estos compuestos pueden ser o no solubles en agua (Naessens *et al.*, 2005). Las dextranas de alto peso molecular pueden ser estabilizantes, viscosantes, floculantes (García *et al.*, 2004).

El método de inmersión es el más empleado para el recubrimiento de alimentos, generalmente se usa en alimentos de superficie irregular. El tiempo de inmersión dependerá de la humedad, concentración y viscosidad de la solución del hidrocoloide, de la superficie y de la posible penetración de la dispersión de recubrimiento en el alimento

(Hershko *et al.*, 1996). Los alimentos recubiertos por inmersión deben someterse posteriormente a etapas de escurrido y secado con el fin de obtener una película adherida a la superficie del alimento. El espesor de la película estará determinado por la viscosidad del material de recubrimiento y/o por la velocidad con la cual la viscosidad cambia después de la aplicación. La aplicación del recubrimiento por aspersion es una tecnología ampliamente usada, evita el consumo excesivo de recubrimiento. Presenta la dificultad de una pobre distribución del material de recubrimiento sobre la superficie a recubrir (Andrade *et al.*, 2013). El objetivo de este trabajo fue seleccionar el método de aplicación (inmersión o aspersion) de un recubrimiento comestible a base de dextrana en fresa. Durante el almacenamiento en refrigeración se determinó pH, acidez titulable, pérdida de peso, color, textura y deterioro fúngico.

2.3 Materiales y métodos

2.3.1 Materiales

El biopolímero tipo dextrana fue suministrado por el Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional de Colombia y se obtiene a partir de sacarosa empleando un complejo enzimático obtenido de cultivos con *Leuconostoc mesenteroides* IBUN 91.2.98. Glicerol (Merck, Alemania) como plastificante, polisorbato 80 como emulsificante (Merck, Alemania), aceite de canola como lípido y aceite de canela como antimicrobiano. Todos los reactivos empleados fueron grado alimenticio. Las fresas variedad Albión fueron obtenidas de un cultivo orgánico en el municipio de Mosquera – Cundinamarca.

2.3.2 Preparación dispersión de recubrimiento

La dispersión acuosa fue preparada con una concentración de 2% p/v de biopolímero, 0,1% v/v de polisorbato 80, glicerol al 0,2% v/v, aceite de canola 0,1% v/v y aceite de canela al 0,005% v/v. El volumen total del agua se dividió en tres partes; en la primera parte la dextrana se homogenizó en agua destilada en un ULTRA-TURRAX, T 18 basic (IKA, Alemania) a 7200 rpm por 5 min a temperatura ambiente. En la segunda parte se preparó la dispersión de glicerol con agitación mecánica a 300 rpm por 10 minutos y en la parte restante se preparó la emulsión de agua, polisorbato 80, aceite de canola y aceite de canela, adicionando gota a gota estos aditivos a una velocidad de 3500 rpm por 5 min en

el homogeneizador. Posteriormente las tres dispersiones fueron mezcladas y homogenizadas a una velocidad de 7200 rpm por 10 min.

2.3.3 Aplicación del recubrimiento

Las fresas fueron clasificadas de acuerdo al tamaño, estado de madurez, daño mecánico y fúngico. Posteriormente fueron lavadas, desinfectadas con una mezcla de ácidos orgánicos y nuevamente lavadas con agua para retirar el exceso de desinfectante. Para la aplicación del recubrimiento por inmersión las frutas fueron sumergidas en la dispersión del biopolímero por un minuto seguido de 30 segundos de escurrimiento. Las frutas control se sumergieron en agua destilada con el mismo tratamiento que las recubiertas. Posteriormente las frutas tratadas y sin tratar se secaron a 20 ± 2 °C durante 1 hora. La aspersión del recubrimiento sobre la fruta se realizó con aerógrafo, usando presión de aire de 5 psi, el tiempo de secado fue de 30 minutos.

2.3.4 Análisis fisicoquímicos

Las frutas recubiertas y controles se empacaron en cajas de Poli Etilén Tereftalato de 250 gramos, fueron almacenadas a condiciones de refrigeración ($7 \pm 0,5$ °C) hasta el momento de su análisis. Durante los días 1, 4, 7, 11, 15, 18 y 20 se realizaron los análisis fisicoquímicos. El día 1 corresponde al día de aplicación del recubrimiento.

- pH. A la fruta triturada se le adicionaron 50 mL de agua destilada. Con agitación constante se realizó la medición del pH con un potenciómetro (OAKTON, E.U). El análisis se realizó por triplicado.
- Acidez titulable. Al jugo de la fruta sin semillas (aproximadamente 5g) se le agregaron 50 mL de agua destilada. La dispersión fue valorada con hidróxido de sodio 0,1 N, hasta un pH aproximado $8,1 \pm 0,2$ (NTC 4623, 1999). La acidez titulable se expresó como porcentaje de ácido cítrico. El ensayo se realizó por triplicado.
- Sólidos solubles totales. Se determinaron por el método refractométrico y fueron expresados en grados Brix, tres muestras fueron evaluadas.

- Pérdida de peso. El análisis se realizó por triplicado. El peso de los frutos fue medido con una balanza de precisión 0,0001 g (OHAUS, E.U). Los resultados fueron expresados con relación al porcentaje de la pérdida de peso acumulada.
- Firmeza. La firmeza fue expresada como la fuerza necesaria para penetrar los frutos con y sin tratamientos. Las mediciones se realizaron en Texturómetro TA-XT plus (Stable Micro Systems Ltd., Reino Unido). Se realizó un ensayo de penetración, con la probeta P/2. Las mediciones se efectuaron en tres puntos diferentes de la zona ecuatorial de los frutos. Se analizaron 5 frutos por ensayo (Cardona, 2007).
- Color. El color determinó con un Colorímetro Minolta CR 300 (Minolta Camera Co., Ltd, Osaka, Japón) tanto en frutas recubiertas como en las controles. Se determinaron los parámetros de la escala CIElab Luminosidad (L^*) y parámetros de cromaticidad a^* (rojo-verde) y b^* (amarillo-azul). Los cálculos del croma (C^*) y el ángulo de matiz (Hue) fueron efectuados con la ecuación (2-1) y (2-2) respectivamente. Las mediciones se realizaron en cinco frutos durante los días 1,4, 7, 11, 15, 18 y 20.

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (2-1)$$

$$\text{hue} = \arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (2-2)$$

- Daño fúngico. Las fresas fueron examinadas para verificar la presencia de hongos durante los días del almacenamiento. Se consideró que una fruta estaba infectada cuando una lesión era observada. El índice de daño fue expresado como porcentaje de frutas infectadas.

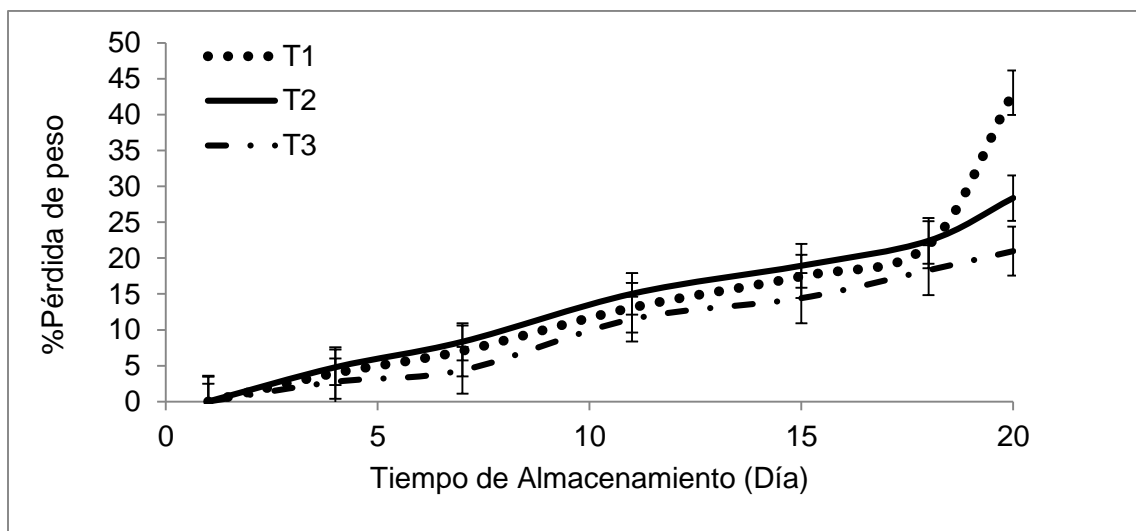
2.3.5 Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó usando un análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significancia de 0,05 usando el test de Tukey (HSD), empleando el software Statgraphics Centurion XVI (Versión 16.1.11).

2.4 Resultados y discusión

Tanto las frutas cubiertas como las frutas control presentaron una pérdida de peso progresiva durante el almacenamiento (Figura 2-1). La pérdida de peso en productos hortofrutícolas se produce por la pérdida de agua, ocasionada por el proceso de respiración y transpiración. Los recubrimientos brindan una barrera que permite disminuir la pérdida de vapor de agua, retardando la deshidratación de la fruta. En este caso el recubrimiento aplicado por aspersión crea una barrera que permite alcanzar una pérdida de peso del 21% en 20 días de almacenamiento, aproximadamente la mitad de la pérdida de peso de los frutos sin recubrir. La aplicación de un recubrimiento de alginato de sodio en fresa disminuyó la pérdida de peso durante el almacenamiento (Fan *et al.*, 2009). Ribeiro y colaboradores (2007) encontraron una menor pérdida de peso en fresas al usar recubrimientos de quitosano y carragenina, ambos con cloruro de calcio, aunque no encontraron una diferencia significativa entre las fresas recubiertas y sin recubrir. No se presentan diferencias significativas ($p > 0,05$) en cuanto a la pérdida de peso entre los métodos de inmersión y aspersión, pero sí entre frutas recubiertas y las controles almacenadas en refrigeración, con lo cual se podría inferir que los recubrimientos de dextrana y aceite de canola (empleado para mejorar la permeabilidad al vapor de agua) son una buena barrera al vapor de agua, comparada con los formulados a base de polisacáridos.

Figura 2-1. Efecto del método de aplicación del recubrimiento comestible en la pérdida de peso en fresas almacenadas a 7°C. T1: Control, T2: Inmersión, T3: Aspersión.



El porcentaje de ácido cítrico (ácido predominante) en fresas recubiertas y controles se ubicó en un rango de 0,4 a 0,8 durante el periodo de almacenamiento (Figura 2-2). Estos valores se encuentran por debajo de los reportados por Montero y colaboradores (1996). Se presentó un efecto significativo estadísticamente ($p < 0,05$) en la acidez titulable de las frutas recubiertas por aspersión y las fresas controles. El pH es importante desde el punto de vista sensorial de las frutas, cuando el pH aumenta la percepción de dulzor también lo hace. El pH de las frutas estudiadas se encontró en el rango de 3,6 y 3,9 (Figura 2-3). El pH de los frutos controles presentaron un máximo valor el día 7 (3,9), el valor para fresas recubiertas por aspersión en este día fue de 3,6. Se encontró que en el día 10 de almacenamiento el pH fue menor para las fresas recubiertas por aspersión (3,5), seguidas por las tratadas por inmersión (3,6) y finalmente las control (3,7). Los valores reportados en esta investigación son similares a los reportados por Cordenunsi y colaboradores (2003) y menores a los valores encontrados por Ornelas-Paz y colaboradores (2013).

Los valores de este trabajo no siguen el comportamiento tradicional de pH para fresas, se presenta la disminución de los ácidos orgánicos ocasionada por la hidrólisis de la maduración, pero no constante. La fluctuación en los valores posiblemente fue ocasionada por las diferencias en la madurez de los frutos, aunque se clasificaron de acuerdo a esta característica, la maduración de los frutos no siempre es homogénea y la incidencia de la luz y del suelo pueden influir en este aspecto.

Figura 2-2. Porcentaje de ácido cítrico en fresas control y recubiertas por inmersión y aspersión almacenadas a 7°C. T1: Control, T2: Inmersión, T3: Aspersión. Las barras verticales indican la desviación estándar de tres replicas.

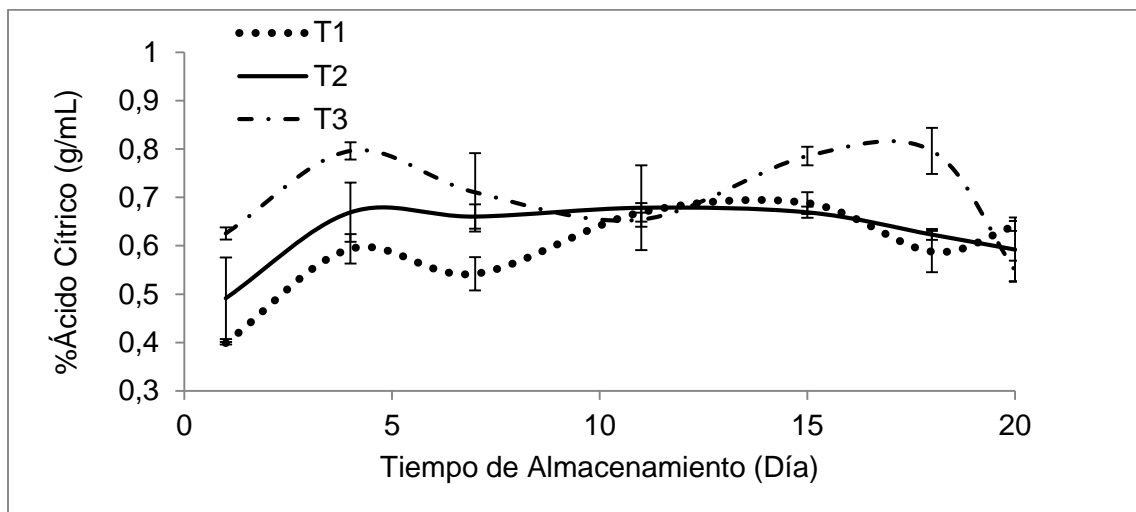
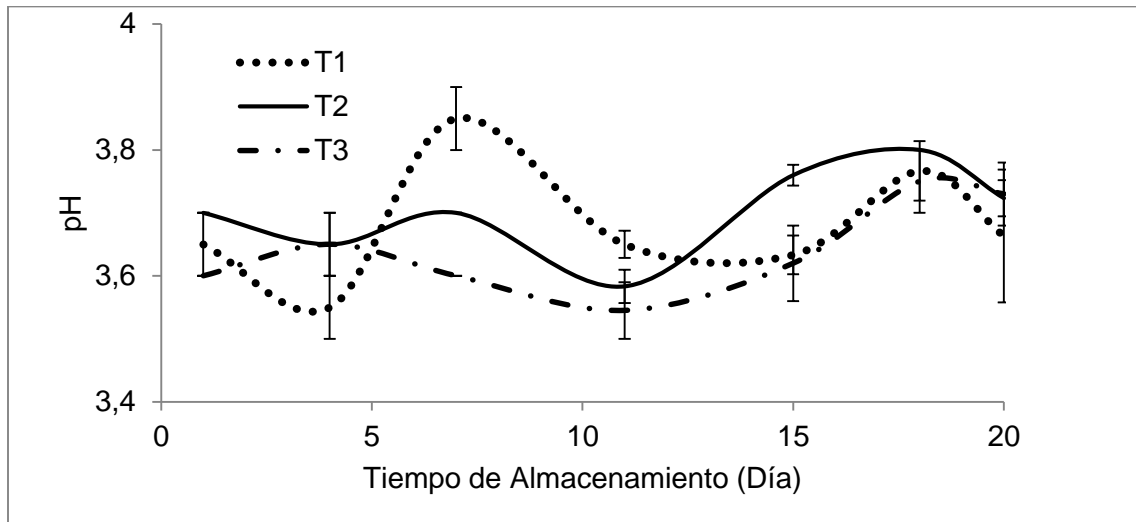


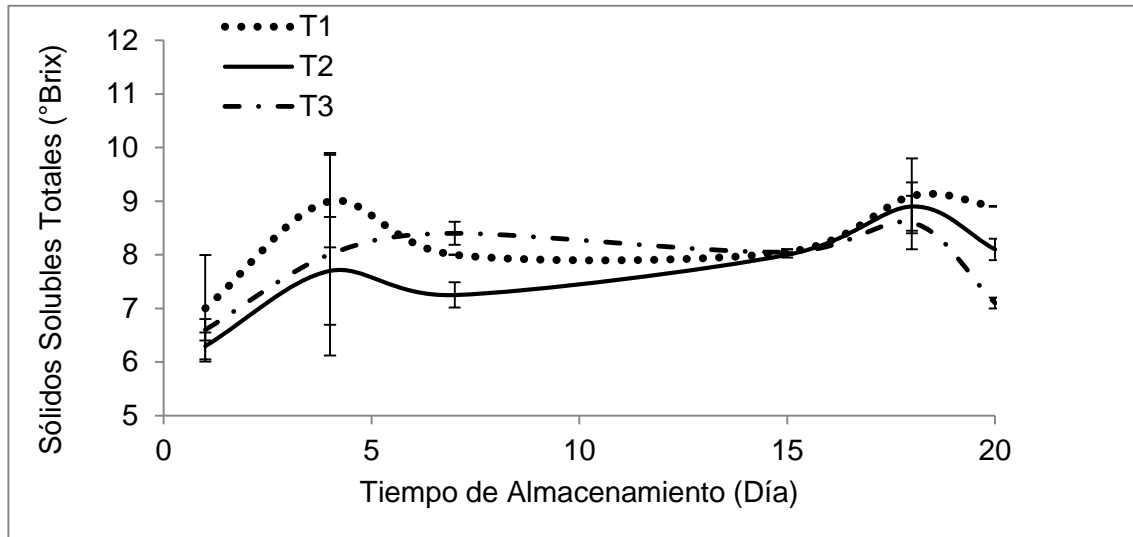
Figura 2-3. pH en fresas control y recubiertas por inmersión y aspersion almacenadas a 7°C. T1: Control, T2: Inmersión, T3: Aspersion. Las barras verticales indican la desviación estándar de tres replicas.



El contenido de sólidos solubles totales presentó un incremento con respecto al valor del día 1 y del día 20 para los tres tratamientos (Figura 2-4). Como las fresas no poseen almidón que permita aportar a la síntesis de azúcares luego de la cosecha, el incremento en estos sólidos puede ser consecuencia de la degradación de la pared celular (Cordenunsi *et al.*, 2003). No se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) en el contenido de sólidos solubles totales entre las frutas recubiertas y control.

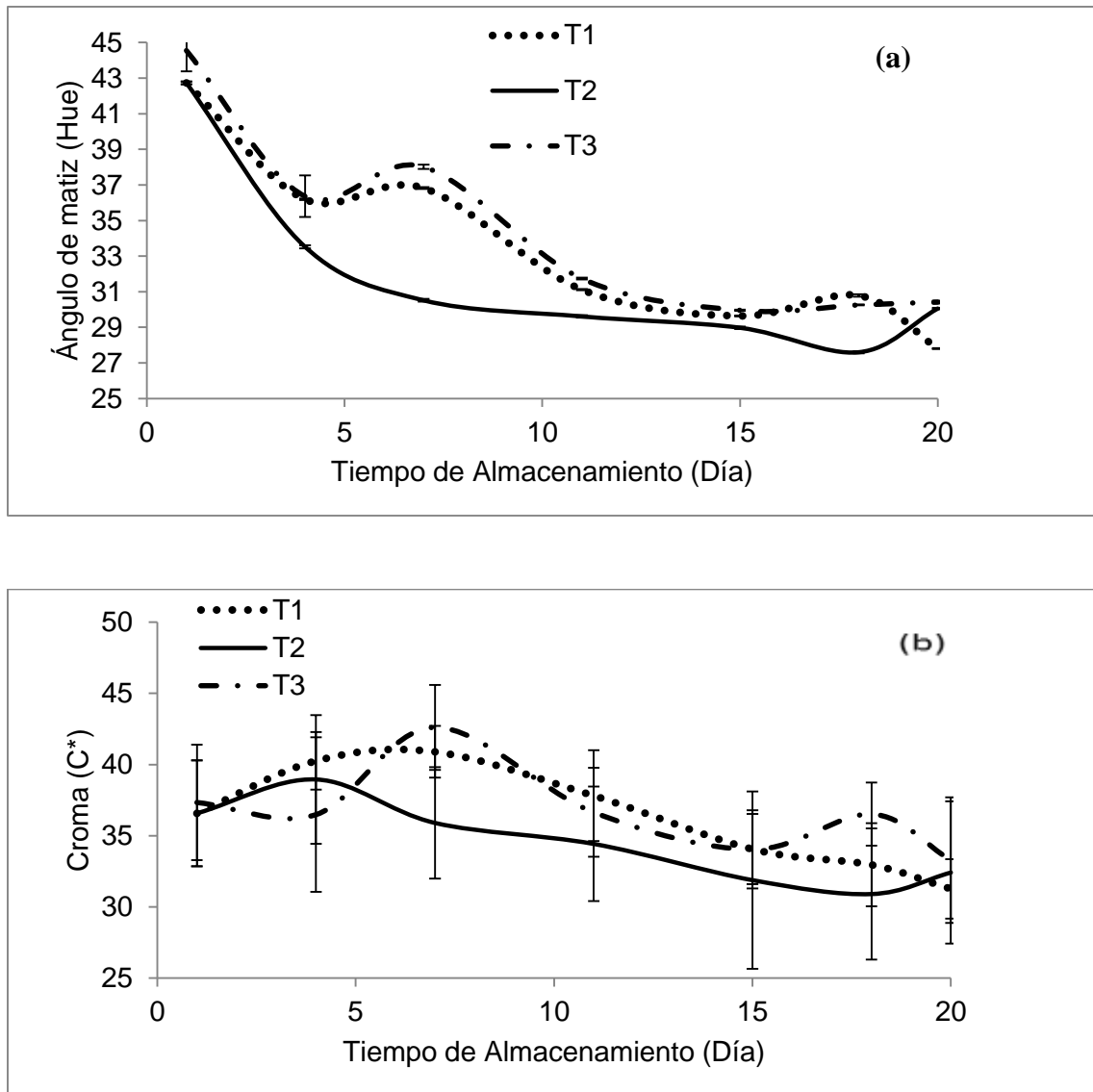
El color es uno de los atributos que condiciona la adquisición de frutas. Los cambios en el color se determinaron mediante el croma y el ángulo hue, este último representa las coordenadas en el espacio de color estandarizado. Los resultados se presentan en la Figura 2-5. El ángulo de matiz disminuyó durante el almacenamiento, posiblemente por la síntesis de antocianinas, pigmento que contribuye al color rojo de las fresas y por el proceso respiratorio llevado a cabo durante el almacenamiento. Las frutas van cambiando de un color rojo a un color oscuro. Resultados similares fueron presentados Han y colaboradores (2004) al evaluar el comportamiento de fresas recubiertas con quitosano.

Figura 2-4. Sólidos solubles de fresas control y recubiertas por inmersión y aspersion almacenadas a 7°C. T1: Control, T2: Inmersión, T3: Aspersion. Las barras verticales indican la desviación estándar de tres replicas.



Las fresas recubiertas por inmersión presentaron menores valores de Hue y croma durante todo el almacenamiento, posiblemente por el espesor de la película formada con la dispersión. Resultados similares a los presentados en esta investigación fueron reportados en el tratamiento de fresa con recubrimientos a base de quitosano y ácido oleico (Vargas *et al.*, 2006). Al final del almacenamiento las fresas control presentaron una mayor disminución en el croma y Hue (menos rojo) cambios ocasionados por la deshidratación del fruto, con esto se puede confirmar el efecto benéfico de los recubrimientos en estos parámetros tal y como ha sido reportado para recubrimientos de quitosano - cera (Velickova *et al.*, 2013) y alginato (Fan *et al.*, 2009).

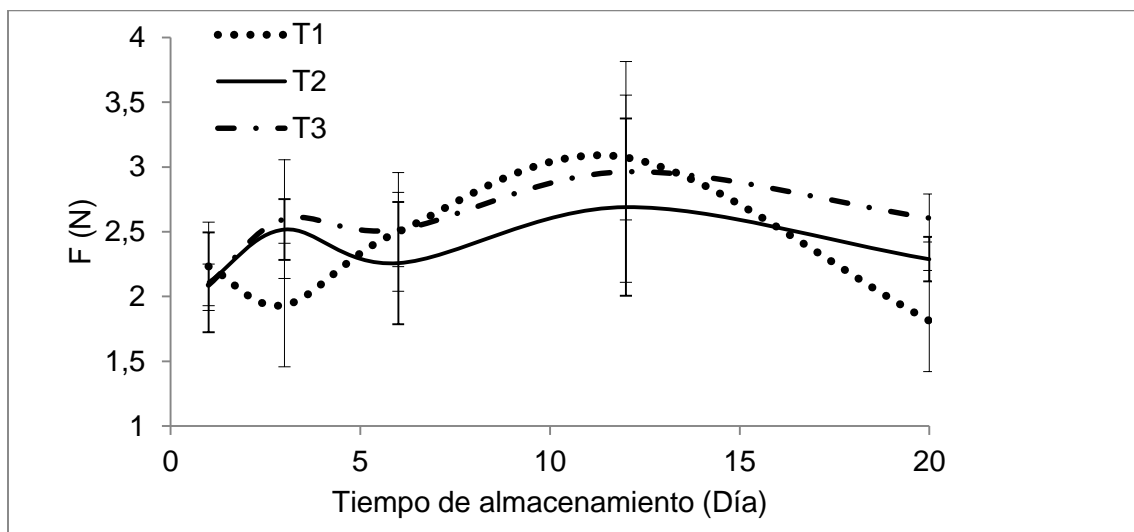
Figura 2-5. Cambios en el color externo (a) Ángulo de matiz (Hue), (b) Croma de fresas control y recubiertas por inmersión y aspersion almacenadas a 7°C. T1: Control, T2: Inmersión, T3: Aspersion. Las barras verticales indican la desviación estándar de cinco replicas.



La firmeza de las fresas disminuyó durante el almacenamiento para los tres tratamientos (Figura 2-6). La textura de los alimentos es uno de los puntos críticos para la comercialización. Las frutas recubiertas por inmersión y aspersion presentaron una menor pérdida de firmeza. Para penetrar los frutos tratados la fuerza requerida es mayor a la necesaria para los frutos control. Autores como Heng Koh y Melton (2002) encontraron que las propiedades de textura de las frutas se ven modificadas parcialmente por la

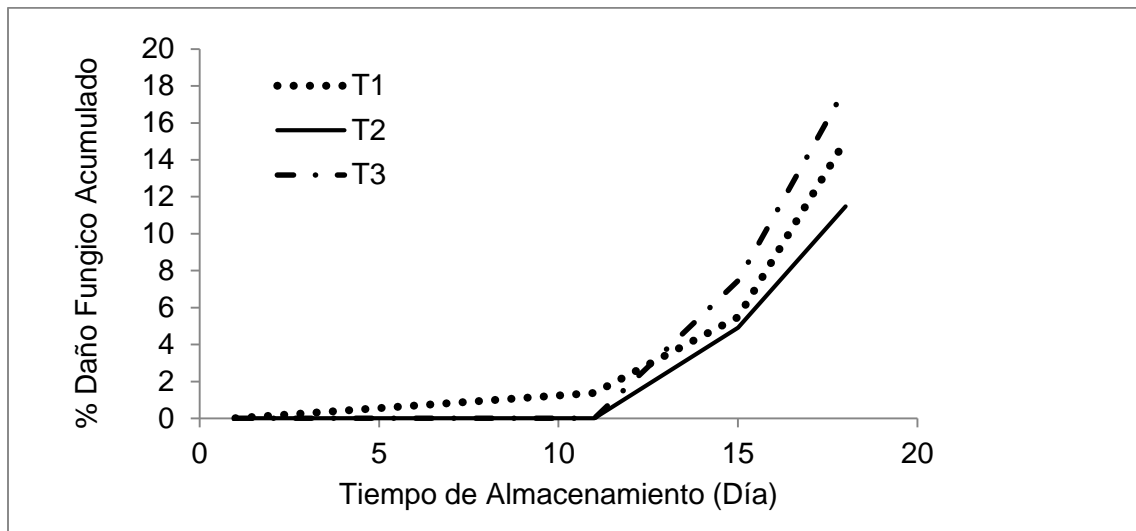
turgencia y composición de los polisacáridos durante el proceso de maduración. La modificación de compuestos de la pared celular como pectina y hemicelulosa altera la red tridimensional causando pérdida de turgencia en los tejidos del fruto (Figuroa *et al.*, 2010). La aplicación de un recubrimiento a base de dextrana por aspersion e inmersión logra mantener la firmeza del fruto durante el almacenamiento comparado con fresas sin recubrir, probablemente por la modificación de la atmósfera y la disminución del metabolismo, logrando prolongar el tiempo de almacenamiento de este producto. Resultados similares fueron obtenidos con recubrimientos de quitosano (El Ghaouth *et al.*, 1991) y de gluten de trigo (Tanada-Palmu & Grosso, 2005).

Figura 2-6. Fuerza de penetración de fresas control y recubiertas por inmersión y aspersion almacenadas a 7°C. T1: Control, T2: Inmersión, T3: Aspersion. Las barras verticales indican la desviación estándar de quince replicas.



Las frutas sin recubrir presentan signos de deterioro fúngico después del día 11 (Figura 2-7). Al final del almacenamiento el 17,9% de las fresas sin recubrir fueron infectadas con hongos visibles, en tanto las frutas recubiertas por inmersión presentan un porcentaje menor (11,48%) posiblemente una película de mayor espesor formada en la piel de la fruta y la sinergia con el aceite de canela lograron una disminución de este daño.

Figura 2-7. Deterioro fúngico de fresas control y recubiertas por inmersión y aspersion almacenadas a 7°C. T1: Control, T2: Inmersión, T3: Aspersión.



2.5 Conclusiones

La pérdida de peso, pH y sólidos solubles no presentan diferencias significativas por la aplicación del recubrimiento comestible por los métodos de inmersión y aspersion, la selección del método de aplicación dependerá de la morfología de la fruta y de los equipos con que se cuenten para este proceso. Los recubrimientos de dextrana ofrecen en fresa una mayor barrera al vapor de agua, logrando disminuir de manera significativa la pérdida de peso. La aplicación por inmersión presenta valores bajos del ángulo de matiz Hue durante el almacenamiento, posiblemente por el espesor de la película formada por este método.

2.6 Referencias

Andrade, R., Skurtys, O., & Osorio, F. (2013). Drop impact behavior on food using spray coating: Fundamentals and applications. Food Research International.

Burton, S. (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in food- a review. International Journal of Food Microbiology, 94, 223-253.

Cardona, J. (2007). Desarrollo de una película para la conservación de fresas. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

Casariego, A., Souza, B.W.S., Vicente, A., Teixeira, J., Cruz, L., Díaz, R. (2008). Chitosan coating surface properties as affected by plasticizer, surfactant and polymer concentrations in relation to the surface properties of tomato and carrot. *Food Hydrocolloids*, 22, 1452-1459.

Cordenunsi, B. R., Nascimento, J. R. O., & Lajolo, F. M. (2003). Physico-chemical changes related to quality of five strawberry fruit cultivars during cool-storage. *Food Chemistry*, 83(2), 167–173.

El Ghaouth, A.E., Arul, J., Ponnampalam, R., Boulet, M., 1991. Chitosan coating effect on storability and quality of fresh strawberries. *Journal of Food Science*. 56, 1618–1620.

Fan, Y., Xu, Y., Wang, D., Zhang, L., Sun, J., Sun, L., & Zhang, B. (2009). Effect of alginate coating combined with yeast antagonist on strawberry (*Fragaria x ananassa*) preservation quality. *Postharvest Biology and Technology*, 53(1-2), 84–90.

Figuroa, C. R., Rosli, H. G., Civello, P. M., Martínez, G., Herrera, R., & Moya-León, M. (2010). Changes in cell wall polysaccharides and cell wall degrading enzymes during ripening of *Fragaria chiloensis* and *Fragaria x ananassa* fruits. *Scientia Horticulturae*, 124(4), 454–462.

García, M., Quintero, R. & López, A., (2004). *Biotecnología alimentaria*. Limusa S.A (Ed.). México, p. 430.

Garcia, M.A., Martino, M.N. & Zaritzky, N.E., 1998. Plasticized starch- based coatings to improve strawberry (*Fragaria ananassa*) quality and stability. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 46, 3758–3767.

Han, C., Zhao, Y., Leonard, S., & Traber, M. (2004). Edible coatings to improve storability and enhance nutritional value of fresh and frozen strawberries (*Fragaria x ananassa*) and raspberries (*Rubus ideaus*). *Postharvest Biology and Technology*, 33(1), 67–78.

Heng Koh, T., & Melton, L.D. (2002). Ripening-related changes in cell wall polysaccharides of strawberry cortical and pith tissues. *Postharvest Biology and Technology*, 26(1), 23–33.

Hershko, V., Klein, E., & Nussinovitch, A. (1996). Relationship between edible coatings and garlic skin. *Journal of Food Science*, 61(4), 769–777.

ICONTEC. NTC 4623. (1999). Productos de frutas y verduras. Determinación de la acidez titulable.

Lim, R., Stathopoulos, C. E., & Golding, J. B. (2011). Effect of edible coatings on some quality characteristics of sweet cherries. *International food Research Journal*, 18(4), 1237–1241.

Montero, T. M., Moll, E. M., Esteban, R. M., & López-Andréu, F. J. (1996). Quality attributes of strawberry during ripening. *Scientia Horticulturae*, 65, 239–250.

Naessens, M., Cerdobbel, A., Soetaert, W., & Vandamme, E.J. (2005). *Leuconostoc dextranucrase* and dextran: production, properties and applications. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, v. 80(8), p.845–860.

Ornelas-Paz, J. D. J., Yahia, E. M., Ramírez-Bustamante, N., Pérez-Martínez, J. D., Escalante-Minakata, M. D. P., Ibarra-Junquera, V., Ochoa-Reyes, E. (2013). Physical attributes and chemical composition of organic strawberry fruit (*Fragaria x ananassa* Duch, Cv. Albion) at six stages of ripening. *Food chemistry*, 138(1), 372–81.

Ribeiro, C., Vicente, A. A., Teixeira, J. A., & Miranda, C. (2007). Optimization of edible coating composition to retard strawberry fruit senescence. *Postharvest Biology and Technology*, 44(1), 63–70.

Robles-Sánchez, R. M., Rojas-Graü, M. A., Odriozola-Serrano, I., González-Aguilar, G., & Martín-Belloso, O. (2013). Influence of alginate-based edible coating as carrier of antibrowning agents on bioactive compounds and antioxidant activity in fresh-cut Kent mangoes. *LWT - Food Science and Technology*, 50(1), 240–246.

Stanier, R.Y., Ingraham, J.L., Wheelis, M.L. & Painter, P.R. (1992). Microbiología. 2 ed. In:Prentice- Hall. Reverté S.A (Ed.). Barcelona (España). 176p.

Tanada-Palmu, P. S., & Grosso, C.R.F. (2005). Effect of edible wheat gluten-based films and coatings on refrigerated strawberry (*Fragaria ananassa*) quality. *Postharvest Biology and Technology*, 36(2), 199–208.

Vargas, M., Albors, A., Chiralt, A., & Gonz, C. (2006). Quality of cold-stored strawberries as affected by chitosan – oleic acid edible coatings. *Postharvest Biology and Technology*, 41, 164–171.

Velickova, E., Winkelhausen, E., Kuzmanova, S., & Alves, V.D. (2013). *LWT - Food Science and Technology* Impact of chitosan-beeswax edible coatings on the quality of fresh strawberries (*Fragaria ananassa* cv Camarosa) under commercial storage conditions. *LWT - Food Science and Technology*, 52(2), 80–92.

Vu, K. D., Hollingsworth, R. G., Leroux, E., Salmieri, S., & Lacroix, M. (2011). Development of edible bioactive coating based on modified chitosan for increasing the shelf life of strawberries. *Food Research International*, 44(1), 198–203.

Capítulo 3. Evaluación de un recubrimiento comestible en frutas durante el almacenamiento en refrigeración.

3.1 Resumen

Recubrimientos comestibles elaborados con dextrana y pectina fueron usados para preservar fresas, arándanos y feijoas. Se realizó un seguimiento fisicoquímico, sensorial y microbiológico durante el almacenamiento en refrigeración (7 °C). La aplicación de recubrimientos comestibles permitió mantener la calidad de frutas como fresa, feijoa y arándano, principalmente por una reducción en la pérdida de peso de los frutos tratados. La fuerza necesaria para penetrar los frutos fue mayor en los frutos tratados. Los valores de matiz (Hue) para los frutos sin recubrir fueron menores a los de los frutos tratados, la película formada sobre la superficie permite conservar esta característica importante para la aceptación del consumidor. Los frutos recubiertos obtuvieron mayores puntuaciones en color, apariencia y brillo al compararlos con los frutos usados como controles. Este estudio presenta una alternativa de conservación de frutas, logrando mantener la calidad durante el almacenamiento.

Palabras clave: dextrana, pectina, pérdida de peso, análisis sensorial.

3.2 Introducción

Los recubrimientos comestibles son delgadas capas de materiales aplicados sobre alimentos. Algunas de las funciones son proteger los productos de daño mecánico, físico y químico y de la actividad microbiológica (An *et al.*, 2008; Mastromatteo *et al.*, 2011; Mei *et al.*, 2013). El propósito principal es retardar la migración de la humedad, pueden

ser útiles en la retención de sabores y olores característicos de los productos o como vehículo de antimicrobianos, antioxidantes, preservantes, vitaminas, minerales, colorantes y saborizantes, logrando un producto atractivo para el consumidor no solo por sus características nutricionales sino sensoriales. Los recubrimientos pueden ser elaborados con carbohidratos (celulosa y derivados, quitosano, almidón, goma, alginatos, carragenina, agar-agar y pectinas), lípidos (ceras, lacas), proteínas (proteína de soya, proteínas de suero, colágeno, entre otras) o mezclas de estos, considerando las características deseadas en el recubrimiento. La adición de compuestos como ceras en la formulación de los recubrimientos puede reducir el deterioro de los alimentos y mejorar la permeabilidad al vapor de agua (Chiumarelli & Hubinger, 2012). Adicionalmente la formulación puede contener emulsificantes que reducen la tensión superficial de la dispersión de recubrimiento y promueven la adhesión sobre la superficie a ser recubierta, además de brindar estabilidad y homogeneidad a la emulsión (Casariego *et al.*, 2008). Los antimicrobianos ofrecen seguridad y vida útil a los alimentos, en este grupo se incluyen aditivos como el ácido benzoico, ácido cítrico, bacteriosinas como nisina, aceites esenciales y fitoalexinas (Burton, 2004). Investigaciones recientes reportan la aplicación de recubrimientos comestibles para prolongar la vida útil de frutas tanto enteras o cortadas. El quitosano en fresas logró proporcionar una mayor resistencia a la transferencia del vapor de agua (Vu *et al.*, 2011). Cerezas tratadas con gelatina presentaron una menor pérdida de peso durante el almacenamiento (Lim *et al.*, 2011). El recubrimiento a base de alginato de sodio y ácido ascórbico fue evaluado en láminas de mango logrando conservar el color y mantener la capacidad antioxidante (Robles-Sánchez *et al.*, 2013). Los biopolímeros con enlaces α -1,6 son denominados como dextranas y se obtienen por vía enzimática empleando complejos enzimáticos producidos con cepas de *Leuconostoc mesenteroides* y *Streptococcus*, las enzimas actúan sobre la sacarosa desdoblándola en glucosa y fructosa, polimerizando la glucosa (Stanier *et al.*, 1992). Son homopolisacáridos extracelulares bacterianos. Estos compuestos pueden ser o no solubles en agua (Naessens *et al.*, 2005). Las dextranas de alto peso molecular pueden ser estabilizantes, viscosantes, floculantes (García *et al.*, 2004). El método de inmersión es el más empleado, generalmente se usa en alimentos de superficie irregular. El tiempo de inmersión dependerá de la humedad, concentración y viscosidad de la dispersión del hidrocoloide, de la superficie y de la posible penetración de la dispersión de recubrimiento en el alimento (Hershko *et al.*, 1996). Los alimentos recubiertos por

inmersión deben someterse posteriormente a etapas de escurrido y secado con el fin de obtener una película adherida a la superficie del alimento. El objetivo de este trabajo fue realizar el seguimiento fisicoquímico, sensorial y microbiológico de fresas, arándanos y feijóas tratadas con recubrimiento comestible a base de dextrana y pectina durante el almacenamiento en refrigeración.

3.3 Materiales y métodos

3.3.1 Materiales

El biopolímero tipo dextrana fue suministrado por el Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional de Colombia, fue obtenido a partir de sacarosa empleando un complejo enzimático obtenido de cultivos con *Leuconostoc mesenteroides* IBUN 91.2.98. Pectina de bajo metoxilo como biopolímero. Glicerol (Merck, Alemania) como plastificante, polisorbato 80 como emulsificante (Merck, Alemania), aceite de canola como lípido y aceite de canela como antimicrobiano. Todos los reactivos empleados fueron grado alimenticio.

3.3.2 Preparación dispersión de recubrimiento

Se emplearon dispersiones acuosas homogéneas de dextrana de concentración 1, 2, 3 y 5 %p/v preparadas en un homogenizador ULTRA-TURRAX, T 18 basic (IKA, Alemania) operado a 7200 rpm por 5 min y temperatura ambiente ($20^{\circ}\text{C}\pm 2$). La pectina fue empleada en concentraciones de 0, 1 y 2 %p/v y homogenizada en agua a 80°C . El glicerol como plastificante se empleó en concentración de 0,2, 0,5, 1 %v/v, la solución en agua se elaboró empleando un agitador mecánico a 300 rpm por 10 minutos. Para la preparación de la emulsión el polisorbato 80 en concentración de 0,1 v/v, el aceite de canola en concentración de 0,1 v/v y el aceite de canela a la concentración de 0,005% v/v fueron adicionando gota a gota al agua. La emulsión se preparó a 3500 rpm por 5 min en el homogenizador ULTRA-TURRAX, T 18 basic (IKA, Alemania). Posteriormente las tres dispersiones se homogenizaron a una velocidad de 7200 rpm por 10 min. El aire que contenían las dispersiones se retiró en un horno a vacío a -0,7 bar y 20°C por 1 hora.

3.3.3 Aplicación del recubrimiento

Las frutas fueron clasificadas de acuerdo al tamaño, estado de madurez y ausencia de daño mecánico y fúngico. Posteriormente fueron lavadas, desinfectadas con una mezcla de ácidos orgánicos y nuevamente lavadas con agua para retirar el exceso de desinfectante. La aplicación del recubrimiento se realizó por inmersión, las frutas fueron sumergidas en la dispersión del biopolímero por un minuto seguido de 30 segundos de escurrimiento, con el fin de retirar el excedente de la dispersión. Las frutas control se sumergieron en agua destilada con el mismo tratamiento que las recubiertas. Posteriormente las frutas se secaron a 20 ± 2 °C durante 1 hora, con el fin de formar la película protectora sobre la superficie del alimento.

3.3.4 Análisis fisicoquímicos

Las frutas recubiertas y las frutas controles se empacaron en cajas de Poli Etilén Tereftalato de 250 gramos, fueron almacenadas a condiciones de refrigeración (7 ± 1 °C) hasta el momento de su análisis. Durante los días 1, 5, 10, 15 y 20 se realizaron los análisis fisicoquímicos para feijoa y arándano. Para fresa los análisis se realizaron el día 1, 3,5, 7, 10. El día 1 corresponde al día de aplicación del recubrimiento.

- Pérdida de peso. El análisis se realizó por triplicado. El peso de los frutos fue medido con una balanza de precisión 0,0001 g (OHAUS, E.U). Los resultados fueron expresados con relación al porcentaje de la pérdida de peso acumulada.
- pH. A 5 g de fruta triturada se le adicionaron 50 mL de agua destilada, con agitación constante se realizó la medición del pH con un potenciómetro (OAKTON, E.U). El análisis se realizó por triplicado.
- Acidez titulable. Al jugo de la fruta sin semillas (aproximadamente 5g) se le agregaron 50 mL de agua destilada. La dispersión fue valorada con hidróxido de sodio 0,1 N, hasta un pH aproximado $8,1 \pm 0,2$ (ICONTEC, 1999). La acidez titulable se expresó como porcentaje de ácido cítrico para todos los casos, por ser el ácido predominante. El ensayo se realizó por triplicado.

- Sólidos solubles totales. Se determinaron por el método refractométrico y fueron expresados en grados Brix con un refractómetro Pal - α (ATAGO, Japón). El ensayo se realizó por triplicado.

- Firmeza. La firmeza fue expresada como la fuerza necesaria para penetrar los frutos con y sin tratamientos. Las mediciones se realizaron en Texturómetro TA-XT plus (Stable Micro Systems Ltd., Reino Unido). Se realizó un ensayo de penetración, con la probeta P/2. Las mediciones se efectuaron en tres puntos diferentes de la zona ecuatorial de los frutos (Cardona, 2007). Se analizaron 5 frutos por ensayo.

- Color. El color determinó con un Colorímetro Minolta CR 300 (Minolta Camera Co., Ltd, Osaka, Japón) tanto en frutas recubiertas como en las controles. Se determinaron los parámetros de la escala CIElab Luminosidad (L^*) y parámetros de cromaticidad a^* (rojo-verde) y b^* (amarillo-azul). Los cálculos del ángulo de color (hue) fueron efectuados con la ecuación $\text{hue} = \arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right)$

(3-1).

$$\text{hue} = \arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (3-1)$$

3.3.5 Análisis microbiológicos

Las frutas recubiertas y sin recubrir fueron evaluadas mediante el recuento de mesófilos aerobios y recuento de Mohos y Levadura durante el almacenamiento (INVIMA, 1998).

3.3.6 Análisis sensorial

La evaluación sensorial fue realizada mediante un método descriptivo de puntajes con un panel conformado por siete catadores entrenados del Departamento de Química para evaluar los frutos recubiertos y los frutos control. Se evaluaron los atributos: apariencia y brillo, color, aroma, sabor y textura, tanto para los frutos almacenados en refrigeración como a temperatura ambiente. Los atributos apariencia – brillo y color se evaluaron con una escala ascendente de 1-7, y de 1- 5 para textura, aroma y sabor. La evaluación sensorial se realizó el día 1 de almacenamiento y al día 5 para fresa, y el día 1 y 15 para arándano y feijoa.

3.3.7 Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó usando un análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significancia de 0,05 usando el test de Tukey (HSD), empleando el software Statgraphics Centurion XVI (Versión 16.1.11).

Para la evaluación sensorial fue aplicada la prueba de Kruskal Wallis para determinar en el análisis sensorial se presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos. La prueba no paramétrica de Friedman con una probabilidad ($p < 0,05$) fue aplicada con el fin de determinar diferencias significativas entre los atributos sensoriales durante el almacenamiento.

3.4 Resultados y discusión

Inicialmente fueron evaluadas las dispersiones de recubrimiento en fresas, teniendo en cuenta que son frutas altamente perecederas, tienen una vida útil muy corta y se ven afectadas por hongos, daños mecánicos, pérdida de peso y deterioro fisiológico durante el almacenamiento. A temperaturas entre 0 y 4 °C las fresas pueden alcanzar una vida útil de alrededor de 5 días (El Ghaouth *et al.*, 1991; Garcia *et al.*, 1998). En la Tabla 3-1 se presentan los resultados obtenidos en cuanto a porcentaje de pérdida de peso de fresas recubiertas durante almacenamiento en refrigeración. La pérdida de peso está relacionada directamente con la deshidratación de la fruta y es considerada como un factor influye en la aceptación del producto. La formulación que contenía 3% de dextrana y 1% de sorbitol a pesar de presentar un porcentaje bajo en cuanto a pérdida de peso presentaba una alta adherencia al empaque, además de una apariencia brillante lo cual podría ser un factor de rechazo por parte del consumidor, al considerar el producto como artificial. Fueron seleccionadas para la aplicación en feijoa y arándano la formulaciones con concentraciones de 2% de dextrana – 0,5 %glicerol (G0.5), 2% de dextrana – 1% de pectina (P1), 2,0% de dextrana – 2,0% de pectina (P2), estas formulaciones contenían 0,1% de polisorbato 80, 0,1% de aceite de canola y 0,005% de aceite de canela. Todas las formulaciones fueron comparadas con frutas sin recubrir (D0).

Durante el almacenamiento se realizó un seguimiento visual de las frutas. En el día 1 en el cual el recubrimiento fue aplicado se encontró que las frutas presentaban un mayor brillo con formulación que contenía la mayor concentración de pectina (2%). En todos los casos se observó una diferencia en el brillo de las frutas recubiertas y las empleadas como controles, ver Figura 3-1. En el almacenamiento los signos de deshidratación

fueron más evidentes en las frutas sin tratar, para todas las frutas estudiadas, se logró mejorar la apariencia de las frutas tanto en color como brillo. Los recubrimientos comestibles lograron disminuir la pérdida de calidad del producto.

Tabla 3-1. Formulaciones aplicadas como recubrimiento en fresas almacenadas en refrigeración.

% Dextrana	% pectina	% Sorbitol	% Glicerol	% Polisorbato 80	% Aceite Canola	% Aceite Canela	Tiempo (Día)	%Pérdida de peso
3,0	0,0	0,5	0,0	0,1	0,1	0,05	7	17,8
3,0	0,0	1,0	0,0	0,1	0,1	0,005	11	8,69
3,0	0,0	0,0	0,5	0,1	0,1	0,05	7	10,7
2,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,1	0,005	11	15,0
2,0	0,0	0,0	0,5	0,1	0,1	0,005	7	10,7
2,0	0,0	0,0	1,0	0,1	0,1	0,005	11	16,4
2,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,2	0,005	14	17,8
2,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,2	0,005	18	21,5
2,0	1,0	0,0	0,5	0,1	0,1	0,005	10	10,2
2,0	2,0	0,0	0,5	0,1	0,1	0,005	10	10,4

La pérdida de peso calculada durante el almacenamiento para las frutas estudiadas se reporta en la Tabla 3-2, todas las frutas presentan una pérdida progresiva durante el almacenamiento. Los recubrimientos comestibles aplicados a fresa, arándano y feijoa muestran efectos estadísticamente significativos ($p < 0,05$) en la reducción de pérdida de peso que se encuentra relacionada directamente con la pérdida de agua. Los recubrimientos al crear una película protectora sobre la piel de la fruta que permite disminuir la pérdida de vapor de agua durante los procesos de respiración y transpiración, manteniendo por un periodo mayor la calidad de las frutas. Comportamientos como los reportados en este trabajo fueron reportados en guayaba (Zambrano-Zaragoza *et al.*, 2013) y en cerezas dulces (Alonso y Alique, 2004). La formulación con una concentración de 2% de dextrana y 2% de pectina presentó valores bajos de pérdida de peso en fresa (10,55%), arándano (10,21%) y feijoa (10,65%) al compararlos con los recubrimientos que contenían únicamente dextrana o pectina en una concentración baja.

Figura 3-1. Frutas recubiertas. (A1) D0 -día 3, (A2) G0.5- día 3, (A3) P1- día 3, (A4) P2- día 3, (A5) D0 -día 20, (A6) G0.5- día 20, (A7) P1- día 20, (A8) P2- día 20, (B1) D0 -día 3, (B2) G0.5- día 3, (B3) P1- día 3, (B4) P2- día 3, (B5) D0 -día 25, (B6) G0.5- día 25, (B7) P1- día 25, (B8) P2- día 25, (C1) D0 -día 1, (C2) G0.5- día 1, (C3) P1- día 1, (C4) P2- día 1, (C5) D0 -día 7, (C6) G0.5- día 7, (C7) P1- día 7, (C8) P2- día 7.

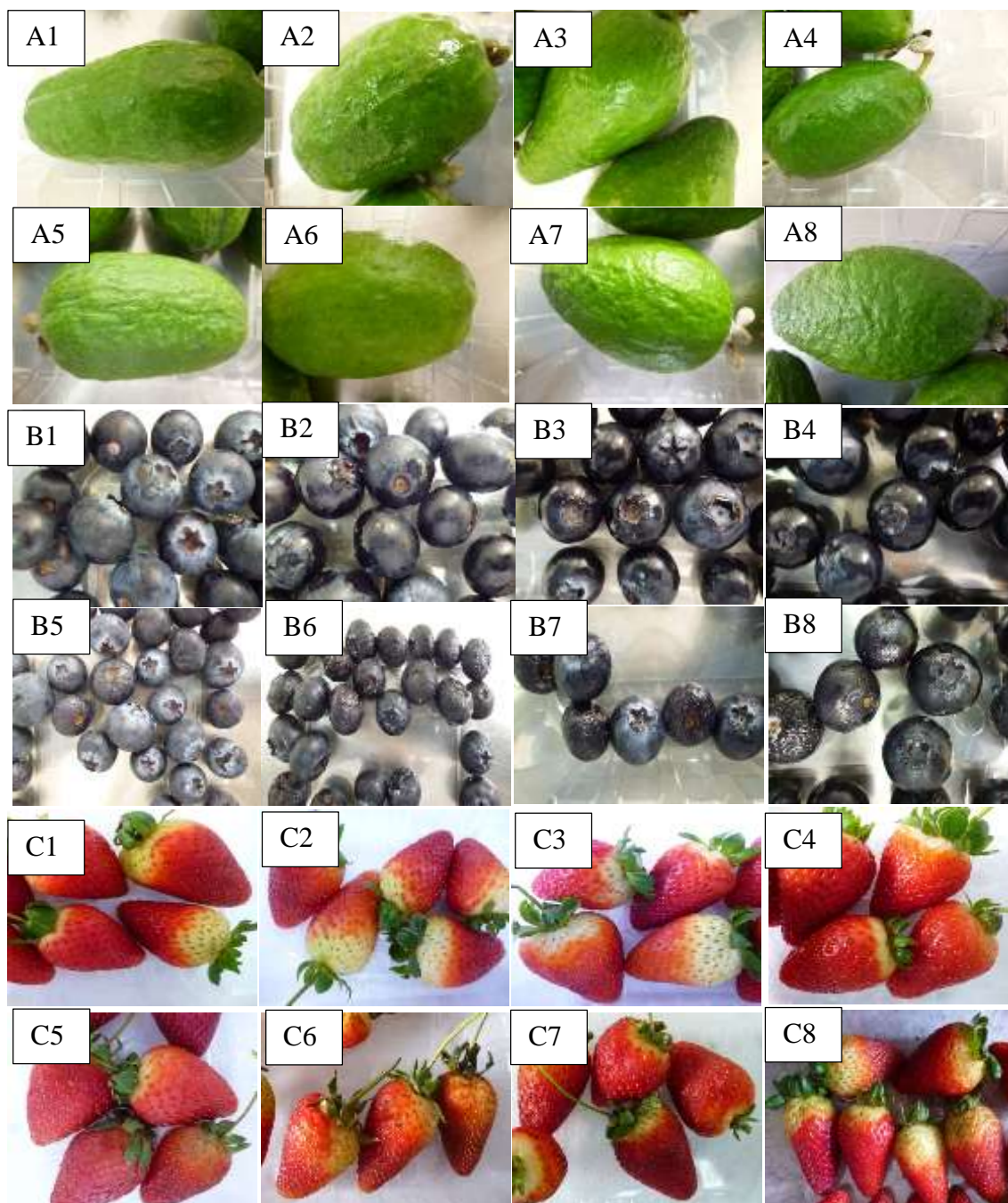


Tabla 3-2. Porcentaje de pérdida de peso en frutas almacenadas en refrigeración. D0; control. G0.5; dextrana 2% - glicerol 0.5%. P1; dextrana 2% - pectina 1%. P2; dextrana 2% - pectina 2%.

Tiempo (Día)	% Pérdida de peso											
	Fresa				Arándano				Feijoa			
	D0	G0.5	P1	P2	D0	G0.5	P1	P2	D0	G0.5	P1	P2
3	5,79 ^d	5,01 ^c	4,93 ^b	4,16 ^a	-	-	-	-	-	-	-	-
5	10,05 ^d	8,71 ^c	6,62 ^a	8,00 ^b	2,01 ^d	1,68 ^c	1,56 ^b	1,54 ^a	2,53 ^d	1,21 ^b	1,96 ^c	1,11 ^a
7	14,01 ^d	10,5 ^c	9,38 ^a	9,77 ^b	-	-	-	-	-	-	-	-
10	19,95 ^d	12,6 ^c	11,1 ^b	10,55 ^a	5,95 ^c	6,86 ^d	2,97 ^b	2,76 ^a	4,23 ^c	4,46 ^d	2,96 ^b	2,33 ^a
15	-	-	-	-	9,21 ^d	7,32 ^c	6,11 ^b	5,44 ^a	9,08 ^d	8,43 ^c	5,55 ^b	4,33 ^a
20	-	-	-	-	10,43 ^d	9,44 ^b	9,76 ^c	10,2 ^a	10,32 ^c	11,32 ^d	9,99 ^b	7,97 ^a
25	-	-	-	-	15,46 ^c	12,57 ^b	11,42 ^a	11,21 ^a	14,24 ^d	12,46 ^c	11,33 ^b	10,65 ^a

(a-d) Letras diferentes en la misma fila representan diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$) usando Tukey. (-) no se realizó el ensayo

La acidez titulable presentó una disminución en las frutas cubiertas y las usadas como controles durante el almacenamiento (Tabla 3-3). Los frutos recubiertos presentaron una menor pérdida de ácido cítrico, autores como Yaman & Bayoindirli (2002) asocian este comportamiento con la disminución del consumo de ácidos durante el proceso de respiración y esto puede ser consecuencia la protección lograda por la aplicación de recubrimientos comestibles. Los valores de pH presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos en el día 5 para el caso de la fresa y en el día 10 para el arándano (Tabla 3-4). El pH en fresa presentó una relación inversa con la acidez. En el almacenamiento el valor de pH del arándano recubierto con 2% de dextrana y 0,5% de glicerol se incrementó en el día 10, posteriormente se presentó una disminución, para los demás recubrimientos el incremento ocurrió en el día 15 de almacenamiento, tendencia que también fue reportada por Duan y colaboradores (2011).

El contenido de sólidos solubles totales de frutos recubiertos y frutos control se presentan en la Tabla 3-5. Los frutos recubiertos y no recubiertos presentaron un incremento en la cantidad de sólidos solubles totales durante el almacenamiento. En el día 10 y 15 para feijoa y arándano, respectivamente, se encontró un incremento en los sólidos solubles totales seguido de una disminución en estos valores. En fresa el incremento de los sólidos comenzó después del día 5 para los controles y frutos recubiertos con 2% de dextrana y 0,5% de glicerol, en tanto para las frutas tratadas este aumento se presenta en el día 10. El incremento de los sólidos solubles al final del almacenamiento fue reportado por Gol y colaboradores (2013). Velickova y colaboradores (2013) atribuyen este incremento al proceso respiratorio de las frutas durante el almacenamiento.

La pérdida de firmeza ocurrió gradualmente en frutos tratados y no tratados, este comportamiento se presentó en las tres frutas estudiadas (Tabla 3-6). La firmeza de los arándanos presenta diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos ($p < 0,05$) el día 10 donde el recubrimiento que contiene 1% de pectina presenta una mayor pérdida de firmeza. Al final del almacenamiento el recubrimiento con mayor contenido de pectina requiere una mayor fuerza para penetrar el fruto (0,68 N), estadísticamente estas diferencias no son significativas. Para las feijoas se encuentra que los recubrimientos permiten proteger al fruto disminuyendo la pérdida de firmeza

durante el almacenamiento. En el día 7 de almacenamiento las fresas los controles presentan un incremento en la fuerza posiblemente por la pérdida de agua que lleva a la deshidratación del fruto, característica asociada con la senescencia. La disminución de la firmeza de frutas es debido al deterioro de la estructura de la célula, de la composición de la pared celular y de procesos bioquímicos como la hidrólisis de la pectina y del almidón en azúcar (Yaman & Bayoindirli, 2002). Las frutas recubiertas al final del almacenamiento presentan una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,05$) al compararlos con las frutas control, este efecto protector ya fue reportado (Del-Valle *et al.*, 2005; Benítez *et al.*, 2013).

El color es uno de los atributos que condiciona la adquisición de frutas. El ángulo de matiz (Hue), representa las coordenadas en el espacio de color estandarizado. En la Figura 3-2 se presentan los resultados encontrados para fresa, arándano y feijoa almacenados en refrigeración. El recubrimiento con la mayor concentración de pectina (2%) brinda a la feijoa una mayor protección del color, la disminución característica de los valores de hue durante el almacenamiento de frutas en este caso es menor. Al final del almacenamiento no se presentan diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) en cuanto a los valores de Hue de frutos sin tratar y los tratados con 2% de dextrana y 1% de pectina. Los recubrimientos comestibles en arándano permiten mantener el color de los frutos durante el almacenamiento, pero al final de este no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$). El recubrimiento con una concentración de pectina de 2% mantiene el color de la fresa, protegiendolo de la degradación. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre fresas recubiertas y sin recubrir durante el almacenamiento. Resultados con comportamientos similares a los presentados en este estudio fueron reportados también por An *et al.* (2008) y Chiumarelli & Hubinger (2012).

Tabla 3-3. Concentración de ácido cítrico en frutas almacenadas en refrigeración. D0; control. G0.5; dextrana 2% - glicerol 0.5%. P1; dextrana 2% - pectina 1%. P2; dextrana 2% - pectina 2%.

Tiempo (Día)	% Ácido cítrico											
	Fresa				Arándano				Feijoa			
	D0	G0.5	P1	P2	D0	G0.5	P1	P2	D0	G0.5	P1	P2
1	0,78±0,06 ^a	0,74±0,20 ^a	0,77±0,10 ^a	0,71±0,10 ^a	0,24±0,07 ^a	0,22±0,03 ^a	0,26±0,05 ^a	0,24±0,07 ^a	1,54±0,18 ^b	1,55±0,01 ^b	1,10±0,08 ^a	1,46±0,04 ^{ab}
3	0,75±0,20 ^a	0,75±0,05 ^a	0,77±0,10 ^a	0,75±0,20 ^a	-	-	-	-	-	-	-	-
5	0,73±0,04 ^a	0,74±0,02 ^a	0,74±0,02 ^a	0,76±0,03 ^a	0,31±0,14 ^{ab}	0,34±0,02 ^b	0,25±0,01 ^a	0,32±0,02 ^b	1,31±0,11 ^a	1,90±0,03 ^b	1,36±0,06 ^a	1,11±0,12 ^a
7	0,75±0,30 ^a	0,77±0,10 ^a	0,76±0,021 ^a	0,78±0,10 ^a	-	-	-	-	-	-	-	-
10	0,91±0,10 ^c	0,84±0,05 ^b	0,76±0,06 ^a	0,74±0,04 ^a	0,15±0,02 ^a	0,38±0,01 ^c	0,20±0,01 ^{ab}	0,22±0,02 ^b	2,30±0,06 ^b	2,39±0,17 ^b	1,47±0,24 ^a	2,20±0,16 ^b
15	-	-	-	-	0,35±0,04 ^b	0,23±0,01 ^a	0,58±0,01 ^c	0,25±0,03 ^{ab}	1,95±0,26 ^{ab}	2,44±0,13 ^b	1,88±0,13 ^{ab}	1,63±0,00 ^a
20	-	-	-	-	0,21±0,03 ^a	0,18±0,02 ^a	0,46±0,04 ^b	0,23±0,01 ^a	1,66±0,21 ^b	1,38±0,03 ^{ab}	1,57±0,07 ^b	1,05±0,01 ^a
25	-	-	-	-	0,20±0,07 ^{ab}	0,16±0,01 ^a	0,33±0,01 ^c	0,20±0,01 ^b	1,40±0,08 ^b	1,43±0,04 ^b	1,49±0,05 ^b	0,99±0,02 ^a

(a-c) Letras diferentes en la misma fila representan diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$) usando Tukey. (-) no se realizó el ensayo.

Tabla 3-4. pH en frutas almacenadas en refrigeración. D0; control. G0.5; dextrana 2% - glicerol 0.5%. P1; dextrana 2% - pectina 1%. P2; dextrana 2% - pectina 2%.

Tiempo (Día)	pH											
	Fresa				Arándano				Feijoa			
	D0	G0.5	P1	P2	D0	G0.5	P1	P2	D0	G0.5	P1	P2
1	3,44±0,02 ^a	3,43±0,03 ^a	3,42±0,05 ^a	3,41±0,01 ^a	3,65±0,11 ^a	3,44±0,06 ^a	3,45±0,11 ^a	3,54±0,04 ^a	2,96±0,02 ^a	2,88±0,01 ^a	2,92±0,04 ^a	2,87±0,09 ^a
3	3,52±0,04 ^b	3,57±0,07 ^a	3,49±0,04 ^a	3,38±0,08 ^a	-	-	-	-	-	-	-	-
5	3,53±0,09 ^b	3,57±0,1 ^b	3,55±0,08 ^b	3,30±0,02 ^a	3,43±0,05 ^a	3,57±0,05 ^a	3,52±0,06 ^a	3,58±0,04 ^a	3,24±0,02 ^b	3,07±0,01 ^a	3,01±0,00 ^a	3,16±0,04 ^b
7	3,48±0,04 ^a	3,50±0,05 ^a	3,49±0,10 ^a	3,48±0,06 ^a	-	-	-	-	-	-	-	-
10	3,49±0,01 ^a	3,50±0,05 ^a	3,53±0,04 ^a	3,51±0,02 ^a	4,25±0,12 ^{ab}	4,79±0,04 ^c	4,45±0,08 ^b	4,08±0,00 ^a	3,29±0,06 ^a	3,27±0,01 ^a	3,35±0,02 ^a	3,26±0,04 ^a
15	-	-	-	-	3,58±0,13 ^a	3,98±0,18 ^a	3,57±0,06 ^a	3,83±0,12 ^a	3,15±0,03 ^a	3,1±0,00 ^a	3,15±0,03 ^a	3,13±0,03 ^a
20	-	-	-	-	3,53±0,08 ^{ab}	3,71±0,06 ^b	3,40±0,08 ^a	3,5±0,07 ^{ab}	3,41±0,01 ^a	3,14±0,01 ^a	3,22±0,01 ^a	3,29±0,01 ^a
25	-	-	-	-	3,37±0,08 ^a	3,50±0,06 ^a	3,29±0,08 ^a	3,32±0,09 ^a	3,19±0,03 ^a	3,13±0,01 ^a	3,19±0,01 ^a	3,14±0,01 ^a

Letras diferentes en la misma fila representan diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$) usando Tukey. (-) no se realizó el ensayo.

Tabla 3-5. Sólidos solubles totales frutas almacenadas en refrigeración. D0; control. G0.5; dextrana 2% - glicerol 0.5%. P1; dextrana 2% - pectina 1%. P2; dextrana 2% - pectina 2%.

Tiempo (Día)	Sólidos solubles totales (°Brix)											
	Fresa				Arándano				Feijoa			
	D0	G0.5	P1	P2	D0	G0.5	P1	P2	D0	G0.5	P1	P2
1	7,5±0,3 ^a	7,9±0,1 ^a	7,8±0,3 ^a	7,9±0,1 ^a	9,5±0,1 ^a	9,6±0,1 ^a	10,0±0,1 ^{ab}	10,35±0,1 ^b	11,2±0,4 ^b	10,3±0,1 ^{ab}	10,6±0,2 ^{ab}	9,6±0,4 ^a
3	8,2±0,2 ^a	8,4±0,1 ^a	8,2±0,1 ^a	8,5±0,4 ^a	-	-	-	-	-	-	-	-
5	7,6±0,1 ^a	8,7±0,1 ^c	8,6±0,1 ^c	8,3±0,1 ^b	11,5±0,1 ^c	11,4±0,1 ^c	10,5±0,1 ^b	-	12,2±0,3 ^c	11,4±0,1 ^b	11,1±0,0 ^{ab}	10,4±0,2 ^a
7	8,13±0,1 ^a	8,3±0,2 ^a	8,3±0,2 ^a	8,3±0,1 ^a	-	-	-	-	-	-	-	-
10	8,7±0,1 ^b	8,2±0,2 ^{ab}	8,1±0,2 ^a	7,9±0,4 ^a	13,7±0,0 ^c	12,6±0,1 ^b	14,5±0,3 ^d	11,5±0,2 ^a	12,9±0,1 ^a	12,4±0,1 ^a	12,6±0,2 ^a	12,5±0,2 ^a
15	-	-	-	-	16,7±0,1 ^c	15,6±0,4 ^b	16,1±0,2 ^{bc}	12,7±0,2 ^a	9,7±0,1 ^a	13,3±0,2 ^b	12,6±0,2 ^b	12,1±0,3 ^b
20	-	-	-	-	15,0±0,2 ^b	16,3±0,1 ^c	15,6±0,2 ^b	13,5±0,1 ^a	11,6±0,1 ^a	12,2±0,2 ^a	12,0±0,2 ^a	11,7±0,1 ^a
25	-	-	-	-	13,6±0,2 ^a	14,9±0,1 ^b	15,2±0,1 ^b	14,7±0,1 ^b	12,9±0,1 ^b	12,2±0,1 ^a	12,4±0,1 ^{ab}	12,5±0,1 ^{ab}

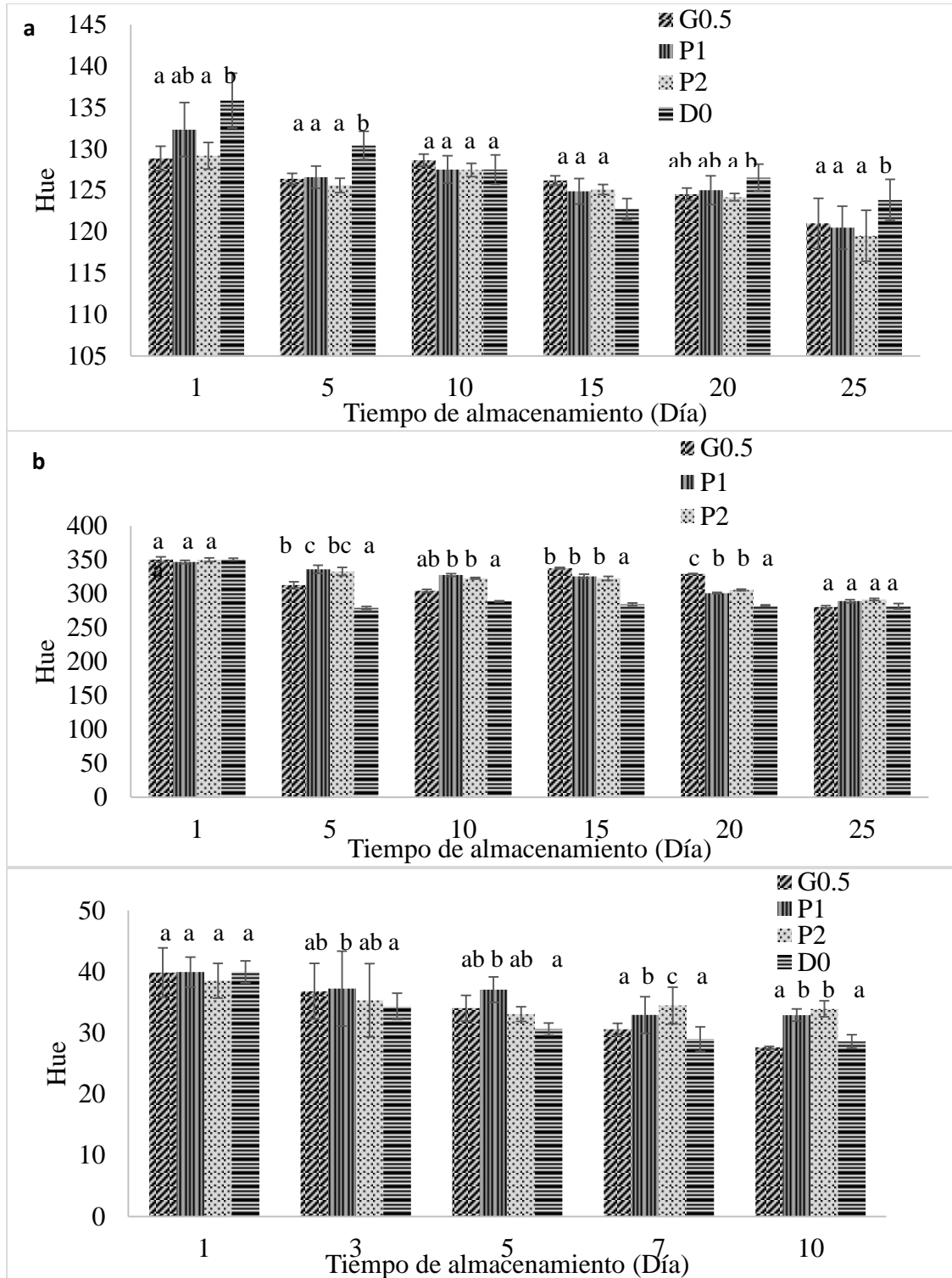
(a-c) Letras diferentes en la misma fila representan diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$) usando Tukey. (-) no se realizó el ensayo.

Tabla 3-6. Firmeza en frutas almacenadas en refrigeración. D0; control. G0.5; dextrana 2% - glicerol 0.5%. P1; dextrana 2% - pectina 1%. P2; dextrana 2% - pectina 2%.

Tiempo (Día)	Firmeza (N)											
	Fresa				Arándano				Feijoa			
	D0	G0.5	P1	P2	D0	G0.5	P1	P2	D0	G0.5	P1	P2
1	1,89±0,06 ^a	2,12±0,20 ^{ab}	2,28±0,23 ^{ab}	2,28±0,23 ^b	1,84±0,13 ^a	2,00±0,22 ^a	1,78±0,44 ^a	1,86±0,26 ^a	17,26±2,09 ^a	16,85±0,72 ^a	16,56±2,60 ^a	16,56±2,60 ^a
3	1,55±0,12 ^a	1,83±0,12 ^b	1,91±0,11 ^c	1,58±0,23 ^a	-	-	-	-	-	-	-	-
5	0,90±0,15 ^a	1,10±0,12 ^{ab}	1,54±0,09 ^b	1,46±0,53 ^b	2,49±0,26 ^a	2,02±0,34 ^a	2,21±0,49 ^a	2,11±0,44 ^a	12,68±0,97 ^a	10,53±0,53 ^c	8,13±0,31 ^b	8,31±1,67 ^b
7	1,60±0,13 ^b	1,07±0,15 ^a	1,35±0,08 ^{ab}	1,45±0,50 ^{ab}	-	-	-	-	-	-	-	-
10	0,87±0,15 ^a	1,43±0,11 ^b	1,62±0,15 ^b	1,66±0,22 ^b	1,96±0,09 ^b	1,85±0,15 ^b	1,41±0,14 ^a	1,81±0,15 ^b	8,29±0,72 ^a	13,43±1,52 ^b	13,91±0,60 ^b	8,18±0,63 ^a
15	-	-	-	-	2,49±0,28 ^a	2,02±0,34 ^a	2,21±0,49 ^a	2,11±0,44 ^a	10,63±1,20 ^a	10,65±1,77 ^a	10,83±1,34 ^a	10,76±1,92 ^a
20	-	-	-	-	2,49±0,26 ^a	2,02±0,34 ^a	2,11±0,44 ^a	2,49±0,26 ^a	5,43±0,38 ^a	14,27±1,91 ^c	7,95±0,71 ^b	7,60±1,08 ^b
25					0,62±0,06 ^a	0,66±0,07 ^a	0,67±0,13 ^a	0,68±0,10 ^a	5,07±0,26 ^a	12,01±0,64 ^d	7,13±0,58 ^b	8,30±0,18 ^c

(a-d) Letras diferentes en la misma fila representan diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$) usando Tukey. (-) no se realizó el ensayo.

Figura 3-2. Ángulo de matiz (Hue) de frutas recubiertas. (a) Feijoa, (b) arándano, (c) fresa. Letras diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$) usando Tukey.



Los resultados del análisis microbiológico para cada una de las frutas estudiadas se presentan en la Tabla 3-7. Los recuentos bajos de mohos y levaduras encontrados en las tres frutas recubiertas ratifican la protección de los recubrimientos, posiblemente por la sinergia entre el aceite de canela que actúa como antifúngico (Davidson y Naidu, 2000; Serrano, 2009) y el incremento de la resistencia a daños mecánicos obtenida por la capa externa formada por la dextrana y pectina.

Tabla 3-7. Recuento de mesófilos aerobios, mohos y levaduras de frutas almacenadas en refrigeración. D0; control. G0.5; dextrana 2% - glicerol 0.5%. P1; dextrana 2% - pectina 1%. P2; dextrana 2% - pectina 2%.

Parámetro	Tratamiento	Tiempo de almacenamiento (Días)					
		1	10	1	25	1	25
		Fresa		Arándano		Feijoa	
Recuento de mesófilos aerobios (ufc/g)	D0	30	36000	<10	<10	<10	<10
	G0.5	<30	11100	20	31	<10	<10
	P1	30	10550	<10	>200	<10	<10
	P2	<30	410	<10	430	<10	<10
Recuento de mohos y levaduras (ufc/g)	D0	11900	67000	6200	17900	20	50
	G0.5	36000	58000	350	8850	<10	40
	P1	36000	77000	2050	4000	<10	10
	P2	50000	90000	970	1400	90	<180

En la Tabla 3-8 se presentan los puntajes obtenidos en el análisis sensorial de las frutas cubiertas y sin recubrir. Los puntajes para apariencia y brillo de las fresas no presentaron diferencias significativas ($p>0,05$) por el almacenamiento ni por el tratamiento. Los frutos control y recubiertos con dextrana sin adición de pectina presentaron una menor puntuación en el día 5. El aroma de los frutos control presentó una diferencia estadísticamente significativa al ser comparados con los controles, los catadores identificaron un sabor a fermento en estos frutos. La textura no presentó diferencias significativas ($p>0,05$). Los recubrimientos que contenían pectina presentaron mayores puntuaciones de color en el segundo día de evaluación. El color, la apariencia y brillo de

los arándanos recubiertos obtuvieron una mayor puntuación que los no tratados, esto porque los recubrimientos permiten incrementar el brillo de la superficie y resaltando el color de los frutos, posiblemente puede estar relacionado con percepción fresca. El tratamiento con una concentración de 2% de pectina presentó un efecto positivo en cuanto al aroma y sabor de los arándanos. Las feijoa sin recubrir y con 2% de dextrana y 0,5% de glicerol fueron considerados como opacas. La textura en el segundo día de evaluación de las frutas tratadas con 2% de dextrana y 0,5% de glicerol fue baja comparadas con las recubiertas con pectina, se encontró del análisis sensorial que la formulación con 1% de pectina reduce la pérdida de firmeza de los frutos.

Tabla 3-8. Puntajes obtenidos en el panel sensorial de frutas almacenadas en refrigeración. D0; control. G0.5; dextrana 2% - glicerol 0.5%. P1; dextrana 2% - pectina 1%. P2; dextrana 2% - pectina 2%.

Parámetro	Tratamiento	Tiempo de almacenamiento (Días)					
		1	5	1	15	1	15
		Fresa		Arándano		Feijoa	
Apariencia y brillo	D0	6A ^a	4.5A ^a	4A ^a	1.5A ^a	5A ^a	4.5A ^a
	G0.5	7A ^a	4A ^a	4A ^a	5A ^a	5A ^a	7A ^a
	P1	5A ^a	6A ^a	5A ^a	5.5A ^b	6.5A ^a	6A ^a
	P2	7A ^a	7A ^a	6A ^a	5A ^a	6.5A ^a	3.5A ^a
Aroma y sabor	D0	3.5A ^a	2A ^b	5A ^a	4A ^a	3A ^a	3.5A ^a
	G0.5	3.5A ^a	3A ^a	3A ^a	5A ^a	4.5A ^a	3A ^a
	P1	5A ^a	3AB ^a	3A ^a	3.5A ^a	4A ^a	2.5A ^a
	P2	4A ^a	5B ^a	4.5A ^a	5A ^a	3A ^a	3A ^a
Color	D0	6A ^a	4A ^a	6A ^a	5.5A ^a	5A ^a	5.5A ^a
	G0.5	6A ^a	5A ^a	7A ^a	5A ^a	5A ^a	7A ^a
	P1	5.5A ^a	6A ^a	7A ^a	3.5A ^a	5.5A ^a	6A ^a
	P2	6A ^a	7A ^a	4.5A ^a	5A ^a	7A ^a	5.5A ^a
Textura	D0	5A ^a	4A ^a	5A ^a	4.5A ^a	5A ^a	2A ^a
	G0.5	4A ^a	4A ^a	3A ^a	4.5A ^a	5A ^a	1.5A ^a
	P1	5A ^a	4.5A ^a	4A ^a	3A ^a	4A ^a	3A ^a
	P2	5A ^a	5A ^a	5A ^a	5A ^a	4.5A ^a	2.5A ^a

a-b Letras diferentes en minúscula en la misma fila indican diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$) usando la prueba de Friedman. Letras diferentes en mayúscula en la misma columna representan diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$) usando la prueba de Kruskal Wallis.

3.5 Conclusiones

La pérdida de peso se disminuye significativamente cuando los frutos son tratados con recubrimientos comestibles a base de dextrana.

Los recubrimientos comestibles permiten obtener una mayor resistencia a la penetración, disminuyendo la pérdida de calidad del fruto por daño mecánico.

La disminución de la coloración característica de los frutos estudiados es menor cuando se aplican los recubrimientos.

Los recubrimientos formulados con una alta concentración de pectina y dextrana logran conservar el aroma y sabor característicos de fresas y arándanos. Adicionalmente las formulaciones estudiadas logran mantener la coloración de las frutas durante el almacenamiento.

3.6 Referencias

Alonso, J., & Alique, R. (2004). Influence of edible coating on shelf life and quality of “Picota” sweet cherries. *European Food Research and Technology*, 218(6), 535–539. doi:10.1007/s00217-004-0908-3

An, J., Zhang, M., Wang, S., & Tang, J. (2008). Physical, chemical and microbiological changes in stored green asparagus spears as affected by coating of silver nanoparticles-PVP. *LWT - Food Science and Technology*, 41(6), 1100–1107. doi:10.1016/j.lwt.2007.06.019

Benítez, S., Achaerandio, I., Sepulcre, F., & Pujolà, M. (2013). Aloe vera based edible coatings improve the quality of minimally processed “Hayward” kiwifruit. *Postharvest Biology and Technology*, 81, 29–36. doi:10.1016/j.postharvbio.2013.02.009

Chiumarelli, M., & Hubinger, M. D. (2012). Stability, solubility, mechanical and barrier properties of cassava starch – Carnauba wax edible coatings to preserve fresh-cut apples. *Food Hydrocolloids*, 28(1), 59–67. doi:10.1016/j.foodhyd.2011.12.006

Del-Valle, V., Hernández-Muñoz, P., Guarda, A., & Galotto, M. J. (2005). Development of a cactus-mucilage edible coating (*Opuntia ficus indica*) and its application to extend strawberry (*Fragaria ananassa*) shelf-life. *Food Chemistry*, 91(4), 751–756. doi:10.1016/j.foodchem.2004.07.002

Development of edible bioactive coating based on modified chitosan for increasing the shelf life of strawberries. (2011). *Food Research International*, 44(1), 198–203. doi:10.1016/j.foodres.2010.10.037

Duan, J., Wu, R., Strik, B. C., & Zhao, Y. (2011). Effect of edible coatings on the quality of fresh blueberries (Duke and Elliott) under commercial storage conditions. *Postharvest Biology and Technology*, 59(1), 71–79. doi:10.1016/j.postharvbio.2010.08.006

Fonseca, S. C., Oliveira, F. a. ., & Brecht, J. K. (2002). Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: a review. *Journal of Food Engineering*, 52(2), 99–119. doi:10.1016/S0260-8774(01)00106-6

Gol, N. B., Patel, P. R., & Rao, T. V. R. (2013). Improvement of quality and shelf-life of strawberries with edible coatings enriched with chitosan. *Postharvest Biology and Technology*, 85, 185–195. doi:10.1016/j.postharvbio.2013.06.008

Lim, R., Stathopoulos, C. E., & Golding, J. B. (2011). Effect of edible coatings on some quality characteristics of sweet cherries. *International food Research Journal*, 18(4), 1237–1241.

Mastromatteo, M., Mastromatteo, M., Conte, A., & Del Nobile, M. A. (2011). Combined effect of active coating and MAP to prolong the shelf life of minimally processed kiwifruit (*Actinidia deliciosa* cv. Hayward). *Food Research International*, 44(5), 1224–1230. doi:10.1016/j.foodres.2010.11.002

Mei, J., Yuan, Y., Guo, Q., Wu, Y., Li, Y., & Yu, H. (2013). Characterization and antimicrobial properties of water chestnut starch-chitosan edible films. *International journal of biological macromolecules*, 61C, 169–174. doi:10.1016/j.ijbiomac.2013.06.026

Robles-Sánchez, R. M., Rojas-Graü, M. A., Odriozola-Serrano, I., González-Aguilar, G., & Martín-Belloso, O. (2013). Influence of alginate-based edible coating as carrier of antibrowning agents on bioactive compounds and antioxidant activity in fresh-cut Kent mangoes. *LWT - Food Science and Technology*, 50(1), 240–246. doi:10.1016/j.lwt.2012.05.021

Velickova, E., Winkelhausen, E., Kuzmanova, S., Alves, V. D., & Moldão-Martins, M. (2013). Impact of chitosan-beeswax edible coatings on the quality of fresh strawberries (*Fragaria ananassa* cv Camarosa) under commercial storage conditions. *LWT - Food Science and Technology*, 52(2), 80–92. doi:10.1016/j.lwt.2013.02.004

Yaman, Ö., & Bayoındırlı, L. (2002). Effects of an Edible Coating and Cold Storage on Shelf-life and Quality of Cherries. *LWT - Food Science and Technology*, 35(2), 146–150. doi:10.1006/fstl.2001.0827

Zambrano-Zaragoza, M. L., Mercado-Silva, E., Ramirez-Zamorano, P., Cornejo-Villegas, M. a., Gutiérrez-Cortez, E., & Quintanar-Guerrero, D. (2013). Use of solid lipid nanoparticles (SLNs) in edible coatings to increase guava (*Psidium guajava* L.) shelf-life. *Food Research International*, 51(2), 946–953. doi:10.1016/j.foodres.2013.02.012.

Conclusiones

Las películas elaboradas con dextrana y pectina muestran una baja permeabilidad al vapor de agua, lo que las haría promisorias para la aplicación en frutas o vegetales, mejorando los signos de deshidratación propios la senescencia de estos productos.

Los recubrimientos de dextrana ofrecen en fresa una mayor barrera al vapor de agua, logrando disminuir de manera significativa la pérdida de peso. La aplicación por inmersión presenta valores bajos del ángulo de matiz Hue durante el almacenamiento, posiblemente por el espesor de la película formada por este método.

Los recubrimientos comestibles permiten obtener una mayor resistencia a la penetración, disminuyendo la pérdida de calidad del fruto por daño mecánico.

La disminución de la coloración característica de los frutos estudiados es menor cuando se aplican los recubrimientos.

Los recubrimientos formulados con una alta concentración de pectina y dextrana logran conservar el aroma y sabor característicos de fresas y arándanos. Adicionalmente las formulaciones estudiadas logran mantener la coloración de las frutas durante el almacenamiento.

Recomendaciones

1. Evaluar la permeabilidad a gases como O_2 y CO_2 de las películas.
2. Determinar contenido de antioxidantes en frutas recubiertas.
3. Determinar los gases de respiración durante el almacenamiento.

Anexo 1: Artículo Surface properties of fruits coated with biopolymers

INGENIERIA E INVESTIGACION VOL. 23 No. 3, DECEMBER - 2013 (11-16)

The surface properties of biopolymer-coated fruit: A review

Propiedades de superficie en frutas recubiertas con biopolímeros: revisión

D. Moncayo¹, G. Buitrago² and N. Algecira³

ABSTRACT

Environmental conservation concerns have led to research and development regarding biodegradable materials from biopolymers, leading to new formulations for edible films and coatings for preserving the quality of fresh fruit and vegetables. Determining fruit skin surface properties for a given coating solution has led to predicting coating efficiency. Wetting was studied by considering spreading, adhesion and cohesion and measuring the contact angle, thus optimising the coating formulation in terms of biopolymer, plasticiser, surfactant, antimicrobial and antioxidant concentration. This work reviews the equations for determining fruit surface properties by using polar and dispersive interaction calculations and by determining the contact angle.

Keywords: Edible coating, edible film, contact angle, wettability.

RESUMEN

La elaboración de películas y recubrimientos con materiales naturales y biodegradables, disminuyen los daños ambientales comparados con los ocasionados por materiales comunes de plásticos sintéticos. Las formulaciones con biopolímeros como celulosa, gomas, almidones o proteínas; permiten conservar la calidad de las frutas y los vegetales frescos. La determinación de las propiedades que tiene la superficie de la piel de la fruta y la solución de recubrimiento, permiten predecir la eficiencia del proceso. El estudio del fenómeno de humectabilidad, considerando el trabajo de expansión, cohesión, adhesión y medición del ángulo de contacto, logra optimizar la formulación de recubrimiento en cuanto a concentraciones de biopolímeros, plastificantes, surfactantes, antioxidantes, etc. Este trabajo es una revisión de las ecuaciones que permiten determinar las propiedades superficiales de las frutas, considerando el cálculo de las interacciones polares, dispersivas y la determinación del ángulo de contacto.

Palabras clave: recubrimiento comestible, película comestible, ángulo de contacto y humectabilidad.

Libre acceso en:

<http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/ingein/article/viewFile/41034/42671>

Anexo 2: Trabajo presentado como póster

**V Encuentro Regional
XXVI Congreso Interamericano
de Ingeniería Química**

**AIQU
CIQ 2012**

12, 13 y 14 de NOVIEMBRE
Centro de Convenciones "Jorge de los Ríos" Montevideo - Uruguay

Certificamos que el Póster titulado

**APLICACIÓN DE UNA DEXTRANA COMO RECUBRIMIENTO
COMESTIBLE EN FRESA (FRAGARIA x ANANASSA L.)**

fue presentado por

DIANA CRISTINA MONCAYO MARTINEZ

cuyos autores son

**MONCAYO MARTINEZ, D. C.; BUITRAGO HURTADO, G.;
PERILLA PERILLA, J. E.; ALGECIRA ENCISO, N. A.**

Montevideo, 14 de noviembre de 2012.-

Ing. Quím. Elisa Dibbar
Secretaria de la AIQU

Ing. Quím. Marcos Fernández
Presidente de la AIQU y de la CIQ

Argentina

Anexo 3: Trabajo presentado en modalidad oral

CERTIFICA

Que la Comunicación Oral

ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE PELÍCULAS COMESTIBLES A BASE DE DEXTRANA

Ha sido presentada por los Autores:

**Diana Cristina Moncayo Martínez, Nestor Ariel Algecira Enciso,
Gustavo Buitrago Hurtado, Jairo Ernesto Perilla Perilla,**

En el VII CONGRESO CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
"CYTA 2013"
celebrado en Córdoba durante los días 12, 13 y 14 de Junio de 2013.

Y para que así conste, se expide el presente certificado en
Córdoba, 14 de Junio de 2013.

VII CONGRESO CITA

Ciencia y Tecnología de los Alimentos

Córdoba, 12, 13 y 14 de Junio de 2013

 UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

www.cytacordoba2013.com


D. Rafael Gómez Díaz,
Presidente del Comité Organizador
Universidad de Córdoba


Dña. Montserrat Vique Amar,
Secretaria
Universidad de Córdoba

Referencias

ALI, A.; MAQBOOL, M.; RAMACHANDRAN, S.; ALDERSON, P.G. Gum arabic as a novel edible coating for enhancing shelf-life and improving postharvest quality of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit. *Postharvest Biology and Technology*, v. 58, p. 42-47, 2010.

BÓSQUEZ, E. Elaboración de recubrimientos comestibles formulados con goma de mezquite y cera de candelilla para reducir la cinética de deterioro en fresco del limón persa (*Citrus latifolia* Tanaka). 2003. Tesis (Doctorado) - Universidad Autónoma Metropolitana, México.

CARNEIRO-DA-CUNHA, M.G.; CERQUEIRA, M.A.; SOUZA, B.W.S.; SOUZA, M. P.; TEIXEIRA, J.A.; VICENTE, A.A. Physical properties of edible coatings and films made with a polysaccharide from *Anacardium occidentale* L. *Journal of Food Engineering*, v.95, p.397-385, 2009.

DEL VALLE, V.; HERNÁNDEZ-MUÑOZ, P.; GUARDA, A.; GALOTTO, M.J. Development of a cactus-mucilage edible coating (*Opuntia ficus indica*) and its application to extend strawberry (*Fragaria ananassa*) shelf life. *Food Chemical*, v.91, p.751-756, 2005.

DEPARTAMENTO DE PROTECCIÓN VEGETAL. Deterioro de las frutas y hortalizas frescas en el periodo de poscosecha. Honduras: Fundación Hondureña de Investigación Agrícola. 2007.

DUAN, J.; WU, R.; STRIK, B. C.; ZHAO, Y. Effect of edible coatings on the quality of fresh blueberries (Duke and Elliott) under commercial storage conditions. *Postharvest Biology and Technology*, v.59, p.71-79, 2011.

LACOUTURE, M. (11 de Agosto de 2011). PROEXPORT. Recuperado el 20 de Agosto de 2011, de <http://www.proexport.com.co/noticias/proexport-y-coca-cola-en-alianza-para-promocionar-frutas-colombianas-al-exterior>.

LEGISCOMEX. (15 de Mayo de 2013). Legiscomex. Recuperado el 30 de Junio de 2013, de <http://www.legiscomex.com/BancoMedios/Documentos%20PDF/exportaciones-estudio-frutas-exoticas.pdf>.

LIMA, A.M.; CERQUEIRA, M. A.; SOUZA, B.W.S.; SANTOS, ED.C.M.; TEIXEIRA, J.A.; MOREIRA, R.A.; VICENTE, A.A. New edible coatings composed of galactomannans and collagen blends to improve the postharvest quality of fruits- Influence on fruits gas transfer rate. *Journal of Food Engineering*, v.97, p.101-109, 2010.

OLIVAS, G.I.; MATTINSON, D.S.; BARBOSA-CÁNOVAS, G.V. Alginate coatings for preservation of minimally processed Gala apples. *Postharvest Biology Technology*, v.45, p.89-96, 2007.

RESTREPO, J.; ARISTIZABÁL, I. Conservación de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch cv. *Camarosa*) mediante la aplicación de recubrimientos comestibles de gel mucilaginoso de penca sábila (*aloe barbadensis* miller) y cera carnauba. *Vitae*, revista de la facultad de química farmacéutica, v.17 (3), p.252-263, 2010.

RIBEIRO, C.; VICENTE, A.A; TEIXEIRA, J.A.; MIRANDA, C. Optimization of edible coating composition to retard strawberry fruit senescence. *Postharvest Biology and Technology*, v.44, p.63-70, 2007.

TAFUR, R., TORO, J., PERFETTI, J., RUIZ, D., MORALES, J. Plan Frutícola Nacional (PFN). Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Fondo Nacional de Fomento Hortofrutícola, Asohofrucol, SA, p. 43, 2006.

VILLADA, H., ACOSTA, H. y VELASCO, R. Biopolímeros naturales usados en empaques biodegradables. Universidad del Cauca, Departamento de Agroindustria, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad del Valle. Departamento de Ingeniería de Alimentos, 2007.

VU, K.D.; HOLLINGSWORTH, R.G.; LEROUX, E.; SALMIERI, S. y LACROIX, M. Development of edible bioactive coating based on modified chitosan for increasing the shelf life of strawberries. Food Research International, v.44, p.198-203, 2011.