Universidad de La Salle
Ciencia Unisalle

Ingeniería de Alimentos | Facultad de Ingeniería

2015

Evaluación de los daños mecánicos de la fresa variedad Albión con el uso de una película comestible durante la cadena poscosecha

Karen Rocío Torres Morales
Universidad de La Salle, Bogotá

John Carlos Pájaro González
Universidad de La Salle, Bogotá

Follow this and additional works at: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_alimentos

Part of the Engineering Commons, and the Food Science Commons

Citación recomendada

Torres Morales, K. R., & Pájaro González, J. C. (2015). Evaluación de los daños mecánicos de la fresa variedad Albión con el uso de una película comestible durante la cadena poscosecha. Retrieved from https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_alimentos/254

This Trabajo de grado - Pregrado is brought to you for free and open access by the Facultad de Ingeniería at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Ingeniería de Alimentos by an authorized administrator of Ciencia Unisalle. For more information, please contact ciencia@lasalle.edu.co.

Evaluación de los daños mecánicos de la fresa variedad *Albión* con el uso de una película comestible durante la cadena poscosecha

KAREN ROCÍO TORRES MORALES

JOHN CARLOS PÁJARO GONZÁLEZ

UNIVERSIDAD DE LA SALLE

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS

Bogotá D.C.

Año 2015

Evaluación de los daños mecánicos de la fresa variedad *Albión* con el uso de una película comestible durante la cadena poscosecha

KAREN ROCÍO TORRES MORALES

JOHN CARLOS PÁJARO GONZÁLEZ

Trabajo de grado para optar al título de

Ingeniero de Alimentos

Director (a):

María Patricia Chaparro González

Ingeniera de Alimentos – Universidad Jorge Tadeo Lozano

UNIVERSIDAD DE LA SALLE

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS

Bogotá D.C.

Año 2015

DEDICATORIA

A mi madre Teresa, por ser la luz que sigo para lograr mis metas.

A mi padre Edgar, por quererme tanto y por su apoyo.

A mi hermano Emerson, por brindarme su cariño.

A los amigos que siempre han estado presentes.

Karen Torres M.

A Karen, Sarah y Samuel por ser esa luz que me ilumino y no me dejo desvanecer.

A mi hermano Alex por darme ese empuje inicial, compromiso y entrega.

A madre Rubi por su paciencia, cariño incondicional y colaboración.

A mi hermana Zulay por su consideración y cariño.

… Y a las amistades que siempre creyeron en mí.

John Carlos Pájaro.

AGRADECIMIENTOS

Conjuntamente agradecemos:

A la Universidad de La Salle por la formación académica recibida y por la sensibilidad hacia las problemáticas sociales de nuestro país.

A nuestra directora Patricia Chaparro, por creer en este proyecto desde el principio y dirigirlo con sabiduría, dedicación y carisma.

A Juan Carlos Povea y Luis Miguel Triviño por sus pertinentes orientaciones, por compartir sus experiencias y brindarnos la información para lograr nuestros propósitos.

Al instituto SINCHI por la colaboración en el desarrollo de pruebas.

A la Ing. Marcela Carrillo, por brindarnos su experiencia y colaborarnos en el desarrollo de pruebas.

A todos aquellos que de alguna forma hicieron posible la realización de este proyecto.

RESUMEN

Estudios realizados por la Universidad Nacional de Colombia, indicaron pérdidas de frutas en general, de un 30% por daños mecánicos durante la cadena poscosecha. Las películas comestibles han surgido como una solución para aumentar la vida útil en frutas y hortalizas; estas películas se realizan a base de algunos compuestos orgánicos como el almidón. El objetivo de esta investigación fue evaluar los daños mecánicos por punción, impacto, compresión y vibración en fresas (variedad *Albión*) recubiertas con una película comestible (PCat). Para obtener la PCat, se utilizó el método de Casting y esta se realizó a base de almidón de achira, por ser un producto altamente cultivado en Colombia, con alrededor de 1169 productores, según reportes de Corpoica. Dentro de la formulación de la película se incluyó el ácido tánico como un agente entrecruzante. La película se caracterizó en cuanto a propiedades mecánicas, contenido de humedad y permeabilidad al vapor de agua; los resultados indicaron que la PCat presentó un contenido de humedad de 22,7%, módulo de Young de 1,18 MPa, elongación de 49,4%, y una permeabilidad al vapor de agua de $1,6x10^{-5}$ g Pa^{-1} s^{-1} m^{-1}. La PCat se aplicó por inmersión a fresas variedad *Albión* y se evaluó su comportamiento frente a los daños mecánicos, además de observar el efecto que la PCat tuvo en cuanto a tasa de respiración, cambios de color y aceptación sensorial de los frutos. Los resultados obtenidos indicaron que las fresas con la PCat tuvieron mayor resistencia al daño por punción, impacto y vibración que fresas sin ningún tratamiento, además los frutos con la película redujeron su tasa de respiración significativamente ($P<0,05$) en comparación con fresas sin tratamiento. La evaluación sensorial realizada a 30 panelistas consumidores habituales de fresa y analizada con la prueba estadística de Wilcoxon, indicó que para cada atributo evaluado (olor, color, sabor y textura) existieron diferencias significativas ($P<0,05$) respecto a la mínima calificación permisible de 3,0 la cual correspondía a la categoría de "bueno", por lo tanto no existieron alteraciones indeseables en las propiedades organolépticas del fruto por efectos de la película comestible.

Palabras clave: Almidón de achira, agente entrecruzante, propiedades mecánicas, vida útil.

CONTENIDO

RESUMEN....1
CONTENIDO....2
LISTA DE TABLAS....5
LISTA DE FIGURAS....6
1 GLOSARIO Y ABREVIATURAS....8
2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA....10
3 OBJETIVOS....13
3.1 Objetivo General....13
3.2 Objetivos Específicos....13
4 MARCO DE REFERENCIA....14
4.1 Marco conceptual....14
4.1.1 Agente entrecruzante....14
4.1.2 Compresión....14
4.1.3 Esfuerzo máximo....14
4.1.4 Hidrocoloide....14
4.1.5 Hidrogel....14
4.1.6 Módulo de Young....14
4.1.7 Limite elástico....15
4.1.8 Película comestible....15
4.1.9 Plastificantes....15
4.1.10 Punto de rotura....15
4.1.11 Reología....15
4.1.12 Resistencia....15
4.1.13 Tasa de respiración....15

4.1.14 Tensión 15
4.1.15 Textura. 15
4.1.16 Turgencia. 15
4.2 Marco Teórico 16
4.2.1 Mercado de la fresa en Colombia 16
4.2.2 Caracterización de la fresa 17
4.2.3 Daño mecánico – físico 19
4.2.4 Respiración 21
4.2.5 Pérdida de agua y tasa de transpiración 21
4.2.6 Definición de una película comestible 21
4.2.7 Parámetros característicos de las películas comestibles 22
4.2.8 Agentes entrecruzantes en películas comestibles 23
4.2.9 Carbohidratos como material estructural 24
4.2.10 Uso de almidón de achira como material en la película comestible 24
5 ANTECEDENTES 26
6 MARCO LEGAL 28
7 METODOLOGÍA 29
7.1 Preparación y caracterización de la película comestible 30
7.1.1 Componentes de la película comestible 30
7.1.2 Preparación de las películas comestibles preformadas en placa 30
7.1.3 Determinación de las propiedades mecánicas 31
7.1.4 Permeabilidad al vapor de agua de la película 32
7.2 Aplicación de la película comestible a los frutos y evaluación de los daños mecánicos 32
7.2.1 Materia prima a evaluar 32
7.2.2 Aplicación de la película comestible en la fruta 33

7.2.3 Prueba por punción 33
7.2.4 Prueba por compresión 34
7.2.5 Prueba por impacto 34
7.2.6 Prueba por vibración 35
7.3 Evaluación del uso de la película comestible en propiedades fisiológicas y atributos de color de la fresa 36
7.3.1 Tasa de respiración 36
7.3.2 Pérdida de peso 37
7.3.3 Evaluación del color 37
7.3.4 Prueba sensorial 37
7.4 Análisis estadístico 37
8 RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS 39
8.1 Caracterización de la PCat bajo variables de contenido de humedad, propiedades mecánicas y permeabilidad al vapor de agua 39
8.2 Efectos de la PCat en los daños mecánicos durante el proceso poscosecha 42
8.3 Evaluación del efecto de la PCat en el índice de respiración, pérdida de peso y atributos de color 54
8.4 Evaluación sensorial 62
9 CONCLUSIONES 65
10 RECOMENDACIONES 65
11 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 67
12 ANEXOS 75

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Composición nutricional de la fresa sin variedad disponible.....17
Tabla 2 Composicion nutricional de la achira.....25
Tabla 3 Valores caracteristicos de la Pcat.....39
Tabla 4 WVTR promedio para diferentes films.....40
Tabla 5 Valores promedio de la fuerza de puncion.....292
Tabla 6 Valores promedio del área de magulladura para muestras FPC y BL 45
Tabla 7 Valores promedio de dureza, cohesividad y gomosidad para muestras FPC y BL.....31
Tabla 8 Registro de pesos iniciales y finales después del transporte de las muestras FPC y BL.332
Tabla 9 Valores promedio de IR para las muestras FPC y BL ... **¡Error! Marcador no definido.**4
Tabla 10 Valores promedio de peso en muestras FPC y BL respecto al tiempo 346
Tabla 11 Valores promedio del color superficial en muestras FPC y BL respecto al tiempo 35
Tabla 12 Calificaciones y categorías hedónicas de 5 puntos utilizados para evaluar muestra FPC. 6336
Tabla 13 Estadísticos descriptivos para los atributos sensoriales de la muestra FPC.....6342
Tabla 14 Resultados obtenidos de prueba de la mediana..... **¡Error! Marcador no definido.**

LISTA DE FIGURA

Figura 1 Producción de fresa en Colombia durante 1992 y 2011 16
Figura 2 Cambios de color durante la maduración 18
Figura 3 Análisis de perfil de textura obtenido para fresa. 20
Figura 4 Sistema radical de la achira 255
Figura 5 Procedimiento esquematizado de las pruebas realizadas.....29
Figura 6 Solución SF utilizada para formar la PCat en las fresas 311
Figura 7 PCat preformada en placa 31
Figura 8 Cultivo de fresa ubicado en Sibaté (Cundinamarca) 33
Figura 9 Inmersión de la fresa para formar la película comestible 33
Figura 10 Prueba de compresión a una muestra BL.....34
Figura 11 Transporte de las muestras a granel. 36
Figura 12 Envase hermético para determinar IR.....37
Figura 13 PCat preformada en placa 42
Figura 14 Variación de la fuerza de punción en las muestras FPC y BL respecto al tiempo. 43
Figura 15 Dispersión de las medias del área de magulladura de las muestras FPC y BL.....45
Figura 16 Muestra BL antes del impacto. 46
Figura 17 Muestra BL después del impacto. 46
Figura 18 Muestra FPC antes del impacto 46
Figura 19 Muestra FPC después del impacto.....46
Figura 20 Comportamiento de la dureza de las muestras FPC y BL respecto al tiempo. . 49**¡Error! Marcador no definido.**
Figura 21 Variación de la cohesividad en muestras FPC y BL respecto al tiempo. 50
Figura 22 Variación de la gomosidad en muestras FPC y BL respecto al tiempo. 51
Figura 23 Muestra FPC antes del transporte. 53
Figura 24 Muestra FPC después del transporte. 53
Figura 25 Muestra BL antes del transporte. 53
Figura 26 Muestra BL después del transporte. 54
Figura 27 Variación del IR en muestras FPC y BL respecto al tiempo. 555
Figura 28 Variación del peso de las muestras FPC y BL respecto al tiempo. 57
Figura 29 Variación de la luminosidad de las muestras FPC y BL respecto al tiempo. 5959

Figura 30 Variación de la coordenada * a de las muestras FPC y BL respecto al tiempo.....60
Figura 31 Variación de la coordenada * b de las muestras FPC y BL respecto al tiempo.....61
Figura 32 Variación de la coordenada * C de las muestras FPC y BL respecto al tiempo.....62
Figura 33 Variación de la coordenada * h de las muestras FPC y BL respecto al tiempo.....62

1 GLOSARIO Y ABREVIATURAS

***a**	Coordenada de rojos y verdes
***b**	Coordenada de amarillos y azules
***C**	Coordenada de cromaticidad
***L**	Coordenada de luminosidad
AC	Almidón de achira
Am	Área de magulladura generada en la fresa después de un impacto
ANOVA	Análisis de la varianza
ASTM	American Society of Testing Materials
AT	Ácido tánico
BL	Fresa patrón
Ch	Cohesividad de las muestras después de la compresión
CMC	Carboximetilcelulosa
D	Dureza de las muestras después de la compresión
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
Faostat	División de Estadística de la FAO
FPC	Fresa con película comestible
G	Glicerol
Go	Gomosidad de las muestras después de la compresión
HDPE	Polietileno de alta densidad
HP	Hewlett-Packard
HR	Humedad Relativa
ICA	Instituto Colombiano Agropecuario
ICBF	Instituto de Bienestar Familiar

IICA	Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura
IR	Índice de respiración
NTC	Norma Técnica Colombiana
OEA	Organización de los Estados Americanos
OMS	Organización Mundial de la Salud
PCa	Película a base de almidón de achira y acido tánico
PP	Pérdida de peso de las muestras FPC y BL
S.A.	Sociedad Anónima
SF	Solución filmogénica para la inmersión de fresas
SF2	Solución filmogénica para obtener películas comestibles
SINCHI	Instituto amazónico de investigaciones científicas
Sp.	Especie con género desconocido
TCD	Detector de conductividad térmica
TPA	Análisis del perfil de textura
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México
WVTR	Tasa de transmisión de vapor de agua
Xe	Medida del espesor de la PCat
Xef	Esfuerzo máximo de la PCat
Xm	Módulo de elasticidad de la PCat
Xw	Contenido de humedad de la PCat

2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La producción de fresa en Colombia durante el año 2012 fue de 60.775 t y esta producción estuvo dominada por el sector de Cundinamarca con el 60% de la producción nacional (Corporación Colombiana Internacional). Paralelo a lo anterior, instituciones como la Universidad Nacional (Camacho, 2002) indican que existieron pérdidas de frutas en general de un 30% durante la cadena poscosecha y por su parte algunos municipios como Anapoima, ubicado en el departamento de Cundinamarca reportaron pérdidas de 40 a 50% de frutas anualmente (Municipio de Anapoima) y Corpocauca (2005) reporto en su región pérdidas del 40% de fresa, debido al daño mecánico que sufren los frutos durante las etapas de recolección, transporte y comercialización.

Estas pérdidas poscosecha por daño mecánico no solo se evidencian en Colombia, en México la investigadora Alcántara (2009) evaluó la calidad de la fresa durante el manejo poscosecha y el transporte simulado. El daño mecánico se presentó como una causa de la disminución de la calidad en el fruto y por ende de perdidas poscosecha. La autora también explica que en el transporte se estimula abrasiones y magulladuras. En cuanto a datos estadísticos, los resultados del estudio arrojaron un porcentaje de perdida de fresa durante la cadena poscosecha de 20.54% para la variedad *Chandler* y de 21.42% para la variedad *Camarosa*, no se reportan aun valores para la variedad *Albión*. Define

Estudios similares se han realizado en países desarrollados como España, en donde los investigadores Kamp y Pedersen (1990), indicaron que más del 20% de las fresas muestreadas presentaron daños mecánicos, especialmente por presión.

Según Luna (2008) los principales factores de pérdida de la fresa son: inadecuada recolección, deterioro fisiológico, transporte y enfermedades. Además el autor mencionó que la fresa es un fruto altamente perecedero. Sumado a lo anterior, una de las características de la fresa es que posee una alta tasa de respiración a temperatura ambiente, que está en el rango de 50 – 100 ml CO_2 kg^{-1} h^{-1} (Mitcham, Crisosto, & Kader, 2013). Esto la hace más susceptible a procesos metabólicos vitales y al no tener una barrera exterior hay gran pérdida de agua. Olías (1998) afirma que al existir una pérdida del 3% en peso de la fresa, ya es suficiente para que el fruto pierda brillo característico y presente una apariencia arrugada.

La FAO (1987) identifica cuatro causas de daño mecánico para la fresa, como los son; cortes, compresiones, impactos y raspaduras por vibración, estos daños generan magulladuras, lesiones, perdidas de piel o algo de pulpa y se tornan de un color pardo, por lo que el producto reduce su valor comercial y pierde calidad, además la mencionan que estas daños causan infecciones, aceleran la respiración y el excesivo deterioro poscosecha.

La aplicación de una película comestible en fresas surgió como una posible solución a la meta que tiene el Ministerio de Agricultura de que el mercado de la fresa supere en el 2019 los 2.600 millones de dólares en ventas de producto fresco, lo anterior publicado en su boletín semanal (2013). De acuerdo al diario La República (2012) las zonas agroecológicas de Colombia permiten una producción permanente de fresa, sin embargo existe una amplia brecha tecnológica, y como lo indican estudios recientes existen pérdidas poscosecha que están alrededor del 40% (Corpocauca, 2005).

Con el desarrollo de un método que permita disminuir las perdidas poscosecha, se aumenta la disponibilidad de fresas para los consumidores y así se favorece la seguridad alimentaria en el país, teniendo en cuenta además que las frutas y las hortalizas son los mejores portadores de vitaminas, minerales esenciales, fibra dietaría, antioxidantes fenólicos, glucosinolatos y otras sustancias bioactivas (Kader y Rolle, 2004).

Teniendo en cuenta la información anterior y las investigaciones que se han realizado durante varios años sobre películas comestibles; estas pueden ser una posible solución al problema de perdidas poscosecha causada por el daño mecánico, ya que las mismas aumentarían la vida útil de los frutos y mejorarían algunas propiedades como textura (Algeciras et al, 2010).

Las películas comestibles tienen en la actualidad diferentes aplicaciones, y está previsto que su uso se expandirá con el desarrollo de los sistemas de recubrimiento activo. Esta segunda generación de materiales de recubrimiento puede emplear sustancias químicas, compuestos fitoquímicos, enzimas o microorganismos vivos que previenen, el crecimiento microbiano o la oxidación de lípidos en

productos alimentarios que han sido recubiertos, además de ser una de las soluciones al impacto ambiental generado por el uso de empaques. (Quintero, 2010)

Los límites de observación para esta investigación abarcaron la cadena poscosecha, es decir desde la recolección del fruto hasta su comercialización.

Con el desarrollo de esta investigación se pretendió responder al cuestionamiento de *¿qué efecto tuvo el uso de una película comestible a base de almidón de achira (AC) y con ácido tánico (AT) como agente entrecruzante, en la disminución de daños mecánicos, en las propiedades fisiológicas y sensoriales de la fresa variedad Albión?*

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

Evaluar la disminución de daños mecánicos de la fresa variedad *Albión* con el uso de una película comestible durante la cadena poscosecha.

3.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar la película comestible bajo variables de contenido de humedad, propiedades mecánicas y permeabilidad al vapor de agua.
- Evaluar el efecto de la película comestible en los daños mecánicos durante el proceso poscosecha, sometiéndola a pruebas de punción, compresión, impacto y vibración.
- Evaluar el efecto de la película comestible en las funciones fisiológicas de la fresa.
- Evaluar el grado de aceptación de la fresa con película comestible.

4 MARCO DE REFERENCIA

4.1 Marco conceptual

4.1.1 **Agente entrecruzante**: Son compuestos multifuncionales que pueden contener: mínimo dos dobles enlaces polimerizables, al menos un doble enlace polimerizable y un grupo funcional reactivo con el monómero; al menos dos grupos funcionales reactivos con el monómero y metales polivalentes capaces de formar entrecruzamientos iónicos (Soto y Oliva, 2012).

4.1.2 **Compresión**: Relación entre el esfuerzo normal promedio y la deformación normal unitaria en muchos materiales utilizados en ingeniería, sean de metal, cerámica, polímeros o compuestos (Universidad Tecnológica de Pereira, 2012).

4.1.3 **Esfuerzo máximo**: Cuando existen dos fuerzas que jalan hacia debajo de una barra, por ejemplo, de su extremo inferior y otra fuerza hacia arriba que ejerce una fuerza igual en su extremo superior (Universidad Tecnológica de Pereira, 2012).

4.1.4 **Hidrocoloide:** Sustancias naturales poliméricas disueltas o solubles en agua, generalmente son de composición polisacárido y se encuentran presentes de igual forma los almidones. También son conocidos como gomas. Los hidrocoloides aumentan la viscosidad del medio donde se aplican por su naturaleza hidrofílica porque reduce la movilidad del agua libre. (Parzanese, *n.d*).

4.1.5 **Hidrogel**: Son materiales que poseen características especiales, tales como su alta capacidad de hinchamiento, su permeabilidad al agua y a solutos de tamaño pequeño. Sus propiedades son dependientes de factores como la composición de su formulación (tipo de monómero, cantidad de entrecruzante) y cuando se aplican en un medio acuoso, dependen del pH, la fuerza iónica y la temperatura. Es por estas razones, que si es ajustada la proporción de sus componentes en su formulación, es posible modificar la interacción del hidrogel con el medio (Allen, 1999).

4.1.6 **Módulo de Young**: Proporción entre la fuerza y la deformación de un material. Este módulo predice el estiramiento o la compresión de un objeto, siempre que la fuerza no sobrepase el límite elástico del material (Universidad Tecnológica de Pereira, 2012).

4.1.7 **Limite elástico**: Tensión máxima que un material puede soportar sin mostrar deformación unitaria permanente al eliminar completamente el origen de la tensión (n mm^{-2}) (Universidad Tecnológica de Pereira, 2012).

4.1.8 **Película comestible:** Matriz preformada, delgada, que posteriormente será utilizada en forma de recubrimiento del alimento o estará ubicada entre los componentes del mismo (Quintero et al, 2010).

4.1.9 **Plastificantes**: Aditivo que tiene como objetivo mejorar la flexibilidad de los recubrimientos y películas comestibles haciéndolas menos frágiles (Quintero et al, 2010).

4.1.10 **Punto de rotura**: Punto de la curva fuerza-deformación o tensión deformación unitaria para el que se produce una rotura en la macro estructura del espécimen (n, m) o (n mm^{-2}) (Universidad Tecnológica de Pereira, 2012).

4.1.11 **Reología**: Estudio del flujo y deformación de la materia bajo la influencia de una fuerza mecánica (Moreno, 2005).

4.1.12 **Resistencia:** Tensión máxima que un material es capaz de soportar (n mm^{-2}); tensión de compresión, de tracción o de esfuerzo cortante. La resistencia o compresión, tracción o corte se calcula a partir de la carga máxima durante un ensayo de compresión/tensión llevado a cabo hasta la rotura/corte o torsión y del área de sección transversal inicial (Universidad Tecnológica de Pereira, 2012).

4.1.13 **Tasa de respiración**: Proceso mediante el cual las reservas orgánicas (carbohidratos, proteínas, grasas) son degradados a productos finales simples con la liberación de energía (Kader, 1992).

4.1.14 **Tensión:** Intensidad en un punto de un cuerpo de las fuerzas internas o componentes de dichas fuerzas que actúen sobre un determinado plano que contiene dicho punto (n mm^{-2}) (Universidad Tecnológica de Pereira, 2012).

4.1.15 **Textura**: Está determinada por factores tales como turgencia de la célula, contenido de almidón y la naturaleza de las paredes de la célula (Vendrell, 1999).

4.1.16 **Turgencia:** Presión ejercida por los fluidos y por el contenido celular sobre las paredes de la célula (Lexicoon, *n.d*).

4.2 Marco Teórico

4.2.1 Mercado de la fresa en Colombia

En un artículo del Diario La República (2012), Adriana Senior, presidente de la entidad Corporación Colombia Internacional afirma que la producción de fresa durante 2011 y 2012 fue aproximadamente 45.000 toneladas. El principal departamento productor fue Cundinamarca, con el 63.4 %; seguido de Antioquia con el 23.8 % y Norte de Santander, con 6.98 % de producción nacional.

En la Figura 1, se identifica la producción de fresa colombiana que en el 2011 fue aproximadamente 45.000 toneladas.

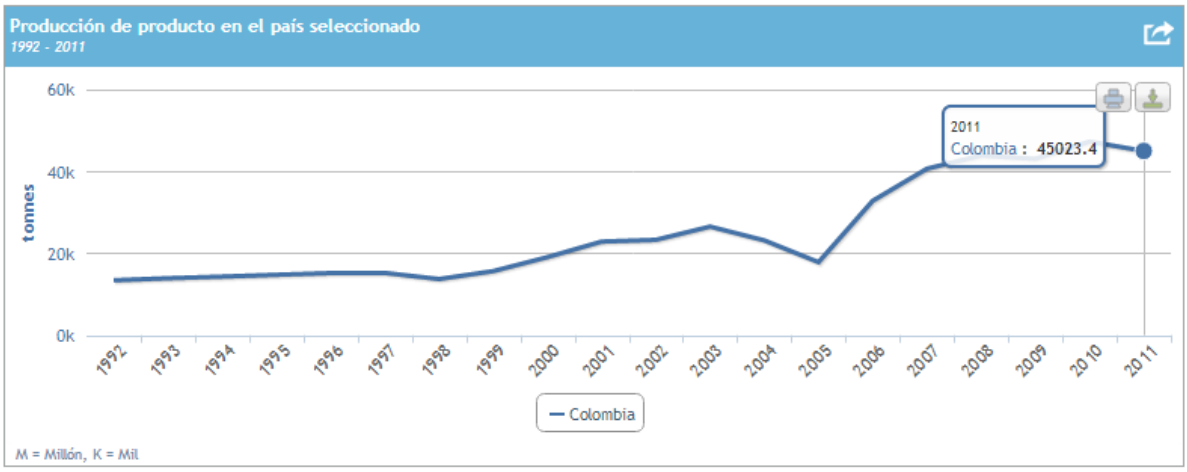

Figura 1 Producción de fresa en Colombia durante 1992 y 2011 (Faostat, 2013).

A pesar de que un gran número de compradores reconocen a Colombia como una fuente importante de suministro de fresas, se deben optimizar los costos de producción para aumentar la competencia en el mercado. Es necesario que la industria de las fresas crezca con soportes técnicos, haciendo seguimiento al comportamiento productivo de las diferentes variedades (IICA-Colombia, *n.d.*). El IICA también afirma que existen graves problemas que pueden afectar esta industria, uno de ellos es la falta de homogeneidad en empaques.

Las soluciones para optimizar la producción de fresas deben abarcar toda la cadena poscosecha. Factores como el uso de técnicas inadecuadas de cosecha, selección, empaque, transporte, almacenamiento, conservación y distribución de los productos alimenticios además del

desconocimiento o inexistencia de programas de investigación y de la poco difusión de tecnología darán como resultado pérdidas considerables de productos y esfuerzos (OEA, 1977).

4.2.2 Caracterización de la fresa

Manning (1993) afirma que la fresa (*Fragaria sp.),* es un fruto no climatérico, con alta tasa de respiración (a 0 °C entre 6 a 10 ml CO_2 Kg^{-1} h^{-1}), por otro lado Barrett, Somogyi y Ramaswamy (2005) indican que las anteriores características hacen de la fresa, una fruta muy perecedera además su producción de etileno es muy baja después de que se recoge de la planta. En la Tabla 1 se recopila la composición nutricional de la fresa.

Tabla 1 Composición nutricional de la fresa sin variedad disponible **(**Tabla de composición de alimentos del ICBF, 2005).

HUMEDAD	89.90 G
ENERGÍA	41 KCAL
PROTEÍNAS	0.8 G
LÍPIDOS	0.5 G
CARBOHIDRATOS TOTALES	8.30 G
CENIZAS	0.5 G
CALCIO	28.0MG
FOSFORO	27.0MG
HIERRO	0.8MG
VITAMINA A	30.0U.I.
TIAMINA	0.03MG
RIVOFLAVINA	0.07MG
NIACINA	0.3MG
ÁCIDO ASCÓRBICO	60.0MG

En cuanto a la textura de la fresa, Szczesniak y Smith (1969) afirman que "la gran susceptibilidad de las fresas al daño de su textura no es una sorpresa, cuando se considera su contenido de sólidos extremadamente bajo, ya que contienen alrededor de un 10% de materia sólida".

Rosenthal (2001) afirma que a nivel estructural, los órganos de las plantas son susceptibles dependiendo de ciertos factores como: la rigidez inherente de la pared celular, la fuerza de unión de la lamela central y el grado de soporte dentro de la célula. En el caso de la fresa, el tejido es muy susceptible debido a que la relación superficie/volumen es mayor.

Para determinar el índice de madurez, Thompson (1996) informa que para las fresas se usa el color en su superficie para determinar su índice de madurez (½ ó ¾ de la superficie en color rojo o rosa), debido a que el color de la piel de la fresa cambia conforme la fruta madura. La fruta se considera madura cuando esta presenta más de ½ o las ¾ partes de la superficie de color rojo. Esto va de acuerdo a las normas de calidad que se apliquen.

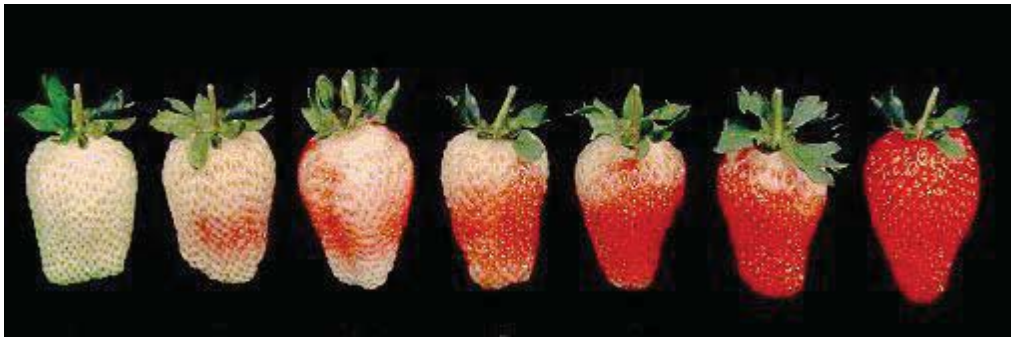

Figura. 2 Cambios de color durante la maduración (NTC 4103).

Las pérdidas en las ventas de frutas y vegetales según la OMS, se estiman entre un 30% y un 50% en países en vía de desarrollo y un 2 a 3% en países desarrollados (Camacho, 2002). Por su parte la FAO, (1981) estimó perdidas poscosecha en fresa, el varios países en desarrollo y fue cerca del 23% (Kader y Rolle, 2004). En México, en un estudio realizado por Reyes (1994) en la recolección de la fresa en la ciudad de Irapuato, se hallaron pérdidas por daño mecánico del 9.13%, el cual fue atribuido al transporte.

Según Bower *et al* (2003) las pérdidas poscosecha en la fresa, pueden ascender hasta el 40% si durante su manejo y transporte hay pérdida de agua de la fruta, antes de que la fruta llegue al consumidor. Por lo que su vida de almacenamiento puede ser de menos de una semana, aun bajo condiciones ideales a 0 °C.

La pérdida de frutas frescas durante la poscosecha puede ser por factores cuantitativos como pérdida de agua, lesiones físicas, fisiológicas de descomposición y decadencia y por perdidas cualitativas como acidez, sabor, color y valor nutritivo (Barret *et al*., 2005). Estas pérdidas poscosecha pueden ocurrir en el huerto, durante el transporte y a lo largo de la cadena de manipulación (clasificación, tamaño, maduración, refrigeración y almacenamiento). La

maduración está estrechamente relacionada con el daño mecánico y con las pérdidas de los frutos, porque cuanto más maduro esta un fruto, más susceptible es al daño mecánico (Barret, et al., 2005).

4.2.3 Daño mecánico – físico

Existen varios tipos de daños físicos como lesiones superficiales, impactos, contusiones, daños por vibraciones y todos estos contribuyen al deterioro de la fruta. Estos daños no solo representan una mala presentación del producto sino además causan la pérdida de agua, estimula mayores tasas de respiración y la acción de microorganismos y enfermedades (Barret *et al.*, 2005). Todo lo anterior lleva a pensar que el principal problema de perdidas poscosecha, es causado por los daños mecánicos a los que se someten los frutos.

La manipulación negligente de los frutos, causa magulladuras internas, las cuales ocasionan un daño fisiológico anormal, o hendiduras y grietas en la piel, todo lo anterior lleva a un aumento inmediato de la perdida de agua y aceleran el proceso de modificaciones fisiológicas. Estos daños también causan la aparición de organismos patógenos causantes de la descomposición (FAO, 1993).

Los autores O'Brien, Claypool, Leonard, York y MacGillivray definen el daño mecánico como cualquier lesión que altere en la fruta su forma, su tamaño, su color o sus propiedades físicas.

4.2.3.1. Tipos de daño mecánico

4.2.3.1.1 *Por compresión:* La presión sobre la superficie de la fresa genera una modificación en su volumen y estructura. Puede ser causado por otras frutas y ocurre durante y después del empaque por forzar la entrada de demasiados productos en un contenedor muy pequeño (Dadzie *et al.*, 1997).

Los datos obtenidos por medio del texturómetro, son medidos mediante la Figura 3:

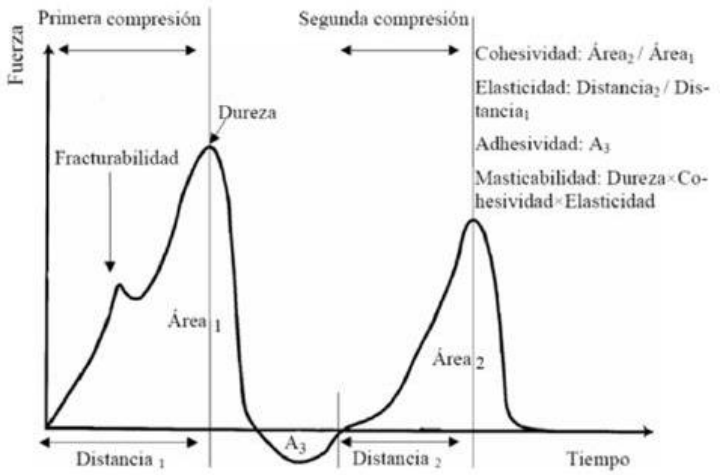

Figura. 3 Análisis de perfil de textura obtenido para fresa (Ruiz, 2005).

El análisis de perfil de textura se basa en la imitación de la masticación. El texturómetro con el cual se obtiene la gráfica, realiza una doble compresión. En la gráfica se obtienen parámetros como la dureza, cohesividad y gomosidad medida en N, entre otros (Szcsesniak).

La dureza se refiere a la fuerza que se requiere para comprimir un alimento entre la lengua y el paladar o entre los molares y se presenta en el primer ciclo de compresión como la fuerza máxima. En cuanto a la cohesividad se refiere al cociente entre el área positiva bajo la curva de fuerza obtenida en la segunda compresión, además esta representa la fuerza con la cual están unidas las moléculas y el límite hasta el cual se pueden deformar antes de romperse. La gomosidad es la energía requerida para desintegrar un alimento de modo que esté listo para ser tragado, es el producto de la dureza por la cohesividad (Hleap & Velasco, 2010).

4.2.3.1.2 *Por vibración:* Está asociado con el transporte y en consecuencia a la vibración repetida y prolongada de la fruta. El daño por vibración es mayor en las capas superiores de la fruta (Dadzie *et al*, 1997).

4.2.3.1.3 *Por punción*: Rosenthal (2001) lo define como hendidura, corte con astillas o por el propio recolector. Se utilizan sistemas de punción simulados, como el texturómetro, para evaluar la madurez de la fruta, evaluar la fuerza de penetración, la resistencia de frutos en la lesión mecánica, es decir comúnmente se utiliza para evaluar la fuerza de la piel.

4.2.3.1.4 *Por impacto:* Es causado por un objeto que cae de cierta altura sobre la fruta. Los daños mecánicos por impacto causan magulladuras, con o sin rotura de la cáscara. Este daño puede ocurrir

a lo largo de toda la cadena de comercialización, desde la cosecha hasta llegar al consumidor final (Dadzie *et al*, 1997).

4.2.4 Respiración

Durante la respiración los nutrientes almacenados en el fruto (carbohidratos, proteínas y grasas) se descomponen en productos finales sencillos, con ayuda de la liberación de energía. La pérdida de estos materiales orgánicos acelera la senescencia, por lo tanto hay una disminución del valor energético, es decir la pérdida del fruto es directamente proporcional a su tasa de respiración (Barret *et al.*, 2005). Autores como Barret (2005), afirman que la tasa de respiración de la fresa es muy alta comparada con otros frutos para la fresa se registran valores de 50 – 100 mL CO_2 Kg^{-1} (Mitcham et al, 2013).

4.2.5 Pérdida de agua y tasa de transpiración

El marchitamiento del fruto, la baja calidad de la textura, el ablandamiento, la flacidez, pérdida de frescura, baja jugosidad y la mala calidad nutricional, son causadas por el metabolismo del fruto y el estado de madurez fisiológico. Además de lo anterior, la tasa de transpiración se ve influenciada por heridas superficiales, etapa de madurez y factores internos (características morfológicas y anatómicas y la relación superficie-volumen). Todos estos procesos de desarrollo que se originan en los frutos, pueden ser controlados por revestimientos o envolturas plásticas, por ejemplo, las películas comestibles (Barret *et al*., 2005).

4.2.6 Definición de una película comestible

McHugh (2000), define una película comestible como una capa preformada y delgada elaborada con materiales comestibles como hidrocoloides, proteínas y lípidos. Krochta y Mulder (1996), afirman que las películas comestibles pueden ser formadas sobre un alimento como una cobertura o preformada y puede colocarse entre los componentes de un alimento o ser un envoltorio para este, además Guilbert, (1986); Gennadios y Weller (1990) indican que las películas comestibles pueden aplicarse mediante inmersión, pulverización o pintado, o bien como una envoltura continua que separa distintos componentes alimenticios, que puede ser consumida como parte del producto.

Kester *et al*, (1986) afirman que una de las funciones de las películas comestibles es mejorar las propiedades mecánicas y manejo del alimento además de impartir una mayor integridad a la estructura del mismo.

4.2.7 Parámetros característicos de las películas comestibles

4.2.8.1 Contenido de humedad

Lazard, Doreau y Madison (1998) explican que el contenido de agua de la película comestible afecta la resistencia a la permeabilidad frente al agua, a la flexibilidad y a otras propiedades de la película resultante y esta debe ajustarse convenientemente, ya que esta necesitaría suficiente cantidad de agua como para dispersar los componentes de almidón y glicerol de la película, ya que el almidón de achira tiene un alto contenido de amilosa (27%) y así formar la película.

4.2.8.1 Propiedades mecánicas

Rodríguez & Osés (2006) afirman que las propiedades mecánicas se consideran buenas, cuando hay un equilibrio en la estructura química del film. La norma (ASTM D882, 2000), dicta los parámetros para medir las propiedades mecánicas en films o películas comestibles. Escobar *et al*, (2008) indican que mediante el método de la ASTM se permite estudiar el efecto de las variables tales como la humedad relativa, temperatura o cantidad de plastificantes u otros aditivos en la composición de las películas sobre las características mecánicas de las películas. Gennadios y Brandenburg, (1994) afirman que un aumento del contenido de plastificante conducirá a una disminución de la fuerza de tensión y del módulo elástico.

4.2.8.2 Esfuerzo máximo

Al momento que una fuerza actúa sobre un cuerpo, las fuerzas de resistencia al interior de este cuerpo reaccionan, estas fuerzas de reacción son denominadas tensiones, por lo tanto una tensión es una resistencia interna a una fuerza externa. La tensión se mide por la fuerza aplicada sobre unidad de superficie que tiende o produce deformación en un cuerpo (Alter, 2004). La norma ASTM D 882 – 12 indica que el esfuerzo máximo se mide en newton por metro.

4.2.8.3 Porcentaje de elongación

Se calcula dividiendo la extensión en el momento de la ruptura de la muestra por la longitud de referencia inicial de la muestra y multiplicándolo por 100, este resultado nos dirá la capacidad que tiene la película para deformarse antes de que llegue al punto de ruptura. (Norma ASTM D882-12.

4.2.8.4 Permeabilidad al vapor de agua (WVTR)

La permeabilidad al vapor de agua, es otro factor a tener en cuenta ya que puede influir en gran medida a que la fresa conserve durante un tiempo más largo sus características sensoriales, nutricionales y microbiológicas, que es lo que determina su calidad y vida útil. Una adecuada permeabilidad en la película genera una barrera al vapor de agua y solutos, siendo de gran facilidad con la que el vapor de agua puede penetrar en la fresa. (Chaudhari, Kumbhar, Singh, y Maharaj, 1993).

En Marzo (2010) se indica que existen dos procesos para que ocurra el paso a través de materiales poliméricos: el primer método es donde los gases y vapores atraviesan micro poros, imperfecciones y grietas. En el otro efecto influye la difusión y la solubilidad, porque estas se disuelven en la superficie de la película, por acción del gradiente, evaporándose de la superficie y desplazándose a lugares de menor concentración. El espesor del material, la naturaleza del polímero y la temperatura influyen en la permeabilidad

4.2.8 Agentes entrecruzantes en películas comestibles

Na, C. (2006). Caracterizó varias muestras de películas comestibles utilizando los procedimientos de ASTM estas para mejorar las propiedades mecánicas, tales como fuerza de tensión, porcentaje de elongación y propiedades como la permeabilidad al vapor de agua, se están usando agentes entrecruzantes como el ácido tánico. También se explica que este acido estructuralmente permite modificar la red del polímero a partir de un entrecruzamiento entre las cadenas poliméricas y así obtener películas con mayor funcionalidad (Chambi, *et al* 2006).

Rivero, García y Pinotti (2013) prueban que por su estructura el ácido tánico es capaz de formar múltiples enlaces de hidrógeno con diferentes macromoléculas". También Ghica, *et al* (2009) estudiaron su capacidad entrecruzante en matrices de colágeno con el objetivo de utilizarlas como soportes para liberación controlada. Por otra parte, Pyla, Kim, Silva y Jung (2010) lo incorporaron

a matrices de almidón con el fin de liberarlo debido a sus propiedades activas como agente antimicrobiano y antioxidante, y atribuyeron la disminución en la velocidad de liberación del compuesto activo al grado de interacción establecido con las cadenas poliméricas.

4.2.9 Carbohidratos como material estructural

Cubero, Monferrer y Villalta (2002) definen a los hidrocoloides como sustancias naturales poliméricas solubles en agua. Dentro de este grupo se incluyen los almidones, generalmente el término aplica a sustancias de composición polisacárido. Las películas comestibles elaboradas a partir de hidrocoloides pueden ser usadas en aquellas aplicaciones donde el control de la migración de agua no es el objetivo. Sin embargo, presentan buenas propiedades de barrera frente al oxígeno, dióxido de carbono y los lípidos.

Parra, Tadini, Ponce y Lugão, (2004) afirman que los almidones han sido empleados en las películas comestibles y aportan a estas buenas propiedades de flexibilidad y buena permeabilidad al vapor de agua. García, (1998) y Coca A, (1998).

4.2.10 Uso de almidón de achira como material en la película comestible

Según García *et al*, (1998), Colombia demanda al año 2000 toneladas de almidón de achira, los departamentos de Cundinamarca y Huila estiman una producción de 1308 toneladas anuales, donde el 94.6% esta abarcado por el departamento de Cundinamarca. El almidón es biodegradable, presenta barrera contra el agua y presentan una barrera más eficaz, gracias a su alto contenido de amilosa del 27%. (Ribera, 2006).

Cárdenas M (1950) afirma que la achira es una planta perenne de múltiples rizomas, grandes y subterráneos. La planta utilizada para la extracción de almidón es la especie *Canna edulis Ker* (Pérez E, *n.d.*)

Figura 4 Sistema radical de la achira. (Corpoica, 2003.)

Coca (1998), describe a la achira como una de las plantas que produce mayor rendimiento de almidón por unidad de superficie, aunque el rendimiento varía con la edad de los rizomas, esta tiene una forma ovoide, con un gran tamaño, además indica que el almidón de achira tiene alta rapidez de sedimentación, por su mayor diámetro de partícula comparado con otros almidones (38µm - 75µm).

Tabla 2 Composición nutricional de la achira (Tabla de composición de alimentos colombianos ICBF, 2005).

Nutriente	Cantidad
Humedad	23.10 g
Energía	307 Kcal
Proteínas	0.50 g
Lípidos	0 g
Carbohidratos totales	76 g
Cenizas	0.10 g

5 ANTECEDENTES

El daño mecánico en frutos se ha venido estudiando a lo largo de una década; investigadores como Ciro y Osorio (2007) hicieron un estudio preliminar de la resistencia mecánica a la fractura y fuerza de firmeza para fruta de uchuva (*Physalis peruviana l.*), donde se realizó caracterización reológica y se evaluaron pruebas de compresión, firmeza y fractura. Los resultados indicaron que la fuerza de firmeza y la resistencia mecánica a la fractura disminuyen con el tiempo de poscosecha de la fruta, indicando que el fruto maduro es más susceptible al daño mecánico con respecto al verde y pintón.

La FAO (1993), ha presentado informes del efecto que tienen los daños mecánicos en la calidad en frutas y hortalizas. Se atribuyó a las lesiones fisiológicas la pérdida de agua que sufren los frutos y la aceleración de los procesos biológicos, dando lugar a alimentos descompuestos.

Se ha descrito el uso de los empaques como un factor decisivo para proteger los frutos, durante todas las etapas del proceso, desde el productor hasta el consumidor y de esta manera evitar las perdidas poscosecha (FAO, 1987); la FAO también propuso en su informe, el uso de empaques individuales que sirvan como colchón para absorber la energía. Moncayo, Buitrago, Perilla y Algeciras (2010) de la Universidad Nacional de Colombia, estudiaron la capacidad de un recubrimiento elaborado a partir de un biopolímero tipo dextrana para prolongar la vida útil de la fresa. Sus hallazgos fueron que el recubrimiento mejora las propiedades mecánicas del fruto, como lo es la textura, y disminuye la pérdida de peso.

Cárdenas (2006) informo que investigadores de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, de la UNAM, diseñaron una película a base de colágeno, una proteína insoluble, para ser aplicada en fresas. El logro fue aumentar la vida útil hasta en nueve días y además los investigadores concluyeron que de esta manera se pueden reducir las pérdidas poscosecha, que llegan a ser hasta del 45%, por la vulnerabilidad ante las bacterias. Según Cárdenas "el recubrimiento, que los autores definen como un pequeño envase individual, evita la merma de peso del producto, que al almacenarse pierde líquidos y firmeza", además se da como una opción al congelamiento, el cual cambia las propiedades físicas del fruto.

Investigadores de la Universidad de las Américas en Puebla México, realizaron un estudio para evaluar la aplicación de películas comestibles a base de quitosano y mucílago de nopal en la calidad

de fresas de la variedad *Festival*, y la evaluación de la textura en las fresas mejoro mediante el uso de ambas películas (Hernández, 2009).

También los investigadores Amal, S., El-Mogy, M., Aboul-Anean, H y Alsanius (2010), encontraron que películas hechas a base de proteína de soya y timol mejoraban la firmeza, mantenían el contenido de ácido ascórbico y los niveles de azúcar en fresas.

La calidad en fresa refrigerada también se ha deseado mejorar; Tanada, P., y Grosso, C., (2005) concluyeron de su investigación que las películas comestibles hechas a base de gluten de trigo mejoran la retención de firmeza, reducen la pérdida de peso y muestran mejor calidad comparadas con una muestra control.

En el año 2009, el Instituto Emerging Food R&D, reporto el efecto que tiene un recubrimiento comestible a base de caseinato de sodio plastificado con sorbitol o glicerol sobres las propiedades de textura y fisicoquímicas en moras. Los científicos encontraron que los recubrimientos a base de caseinato de sodio se pueden utilizar en moras frescas para controlar su pérdida de peso. También puede mejorar la apariencia y las propiedades mecánicas de la fruta durante un período de tiempo más largo.

En el año 2012 los autores Li, Yan, Cao, Zhao y Jiang, documentado en la Food Science and Technology International, encontraron que al usar recubrimientos a base de quitosano en peras se disminuyó la perdida de firmeza y la relación de ácido y azúcar, además de retrasar cambios de color e inhibición de enfermedades.

El uso del ácido tánico como agente entrecruzante fue estudiado por Na Cao, Yuhua y Junhui (2006), quienes hallaron que este agente mejora las propiedades mecánicas en las películas comestibles, por ejemplo la fuerza de tensión, porcentaje de elongación y permeabilidad al vapor de agua.

6 MARCO LEGAL

Dentro del marco legislativo que compete para este trabajo de grado, existen diferentes documentos que enmarcan las responsabilidades intergubernamentales e interdisciplinarias que convergen y que por ende, se hace necesario detallarlas para entender cuál es su importancia.

- NTC 4103. Fresa variedad Chandler, especificaciones.
- NTC 882-3. Fresas, almacenamiento y transporte.
- NTC 882. Fresas especificaciones del empaque.
- NTC 756:1973, Frutas y Hortalizas. Toma de muestras
- NTC 2479:1988, Embalajes. Indicaciones gráficas para el manejo de artículos
- Reglamento 899 de 1987 Unión Europea, por el que se establecen las normas de calidad para las cerezas y para las fresas.
- Norma: United States Standards for grades of strawberries.
- Reglamento (CE) Nº 450/2009 sobre materiales y objetos activos e inteligentes destinados a entrar en contacto con alimentos
- ASTM D882-12 Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting
- ASTME96M – 12 Standard Test Methods for Water Vapor Transmission of Materials.

7 METODOLOGÍA

Para dar cumplimiento al objetivo general y los objetivos específicos se realizó el siguiente plan de trabajo:

1. En la fase inicial se obtuvo la PCat (película comestible a base de almidón de achira y acido tánico). A esta película se le realizaron pruebas mecánicas, prueba de permeabilidad al vapor de agua y caracterización de la humedad.

2. En la segunda fase se aplicó la PCat a la fresa por inmersión. Se dejaron secar en moldes durante 20 minutos y se obtuvo una muestra la cual se denominó FPC. Cada FPC se sometió a pruebas simuladas de daño mecánico (impacto, compresión, punción y vibración) tomando como referencia una muestra patrón (BL).

3. En la tercera fase se realizó un seguimiento de las características ópticas, pérdida de peso y tasa de respiración a la muestra FPC y a su vez tomando como referencia la muestra (BL).

4. Finalmente en la cuarta fase se determinó el grado de aceptación de FPC por medio de una prueba de análisis sensorial efectuada en 30 consumidores de fresa.

La Figura 5 esquematiza de manera simplificada las pruebas que se realizaron a lo largo de esta investigación.

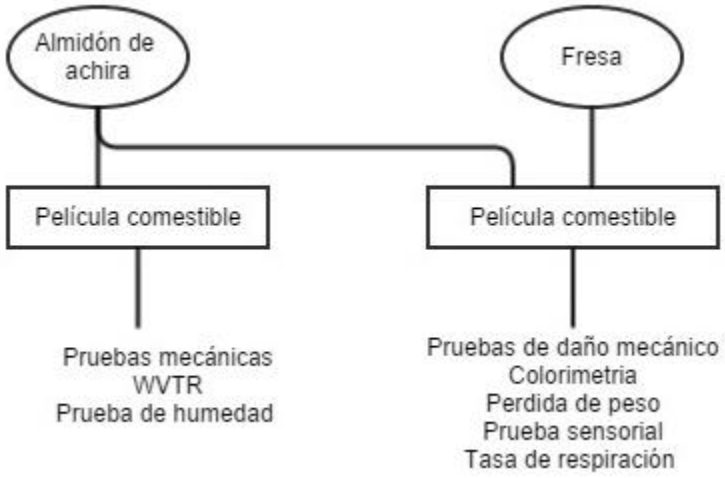

Figura 5 Procedimiento esquematizado de las pruebas realizadas.

7.1 Preparación y caracterización de la película comestible

7.1.1 Componentes de la película comestible

Para la elaboración de la película comestible se utilizó como matriz polimérica almidón de achira (AC), el cual fue adquirido en un supermercado local. El material que le otorgo la plasticidad a la PCat fue el glicerol (G), con una pureza de 99% suministrado por Bell Chem Internacional, S.A. (Medellín, Colombia), y como agente entrecruzante se utilizó el ácido tánico (AT) grado alimenticio suministrado por Disproalquimicos, S.A (Bogotá, Colombia). Además se tuvo en cuenta el uso de agua destilada ya que está libre de estos compuestos y no requiere de potabilización. (Domingo, 2000).

7.1.2 Preparación de las películas comestibles preformadas en placa

Se elaboró la PCat, la cual tuvo una composición de 16 g de material polimérico (AC), 17 g de G y una concentración de 0.1% de AT por cada 100 ml de solución.

El procedimiento de preparación incluyo una etapa de dispersión del G en agua destilada, luego se añadió lentamente el AC previamente pesado y el AT, todo lo anterior con continua agitación utilizando la plancha Thermo Scientific SP131635Q hasta obtener una mezcla homogénea. La solución de AC. G y AT se llevó a baño de María a 50 ± 2°C durante 20 minutos con el objetivo de controlar la gelatinización del almidón, la cual se presentó a una temperatura de 65°C e inmediatamente se retiró del Baño de María para evitar la gelificación de AC. La solución filmogénica obtenida se dividió en dos procesos, una parte se utilizó como solución filmogénica para la inmersión de las fresas (SF) y la otra parte de la solución, la cual se denomina (SF2), se dispersó en las cajas Petri para obtener las películas preformadas (PCat). A la solución SF se le disminuyo la temperatura hasta 15°C para poder sumergir las fresas y no causar un escaldado de estas, mientras que SF2 se agregó con la temperatura de gelatinización a las cajas Petri. La cantidad de solución vertida en las cajas Petri de la solución SF2 fue constante de 40 ml, teniendo en cuenta que dichas cajas tenían un diámetro de 8.8 cm, lo anterior se realizó para obtener un espesor similar en todas las PCat de entre 280 y 315µm.

Las placas que contenían la suspensión filmogénica se colocaron sobre una superficie horizontal nivelada durante 18 horas aproximadamente a una condición de 50% de HR y 25°C para lograr el secado. Tras el secado, las PCat se despegaron de forma íntegra de la superficie de las cajas Petri.

Figura 6 Solución SF utilizada para formar la PCat en las fresas

Figura 7 PCat preformada en placa

7.1.3 Determinación de las propiedades mecánicas

Se seleccionaron 5 PCat con una humedad promedio del 27%, estas corresponden a la emulsión preparada (SF2) teniendo en cuenta que no presentaran burbujas y fracturas y se acondicionaron durante 24h a 25 ± 2°C y 50 ± 1% HR. El ensayo de resistencia a la tracción se realizó en la Universidad de Los Andes en la sede de Bogotá. Las muestras fueron cortadas en tiras de 90 mm con un espesor de entre 280 y 315 µm y se ajustaron a las mordazas del quipo Universal Instron 3367. La velocidad del ensayo fue 50 mm/min a unas condiciones de humedad del 52% y temperatura de 21°C, la distancia entre las mordazas fue de 90 mm con una celda de carga de 30kN, la dirección del ensayo de las muestras fue de tipo longitudinal. Las propiedades mecánicas fueron

determinadas por quintuplicado utilizando como referencia la norma ASTM D882. Se determinó el esfuerzo máximo (MPa), elongación a la rotura (%) y el módulo de elasticidad (MPa).

7.1.4 Permeabilidad al vapor de agua de la película

Para determinar la permeabilidad al vapor de agua (WVTR) de las PCat se realizaron los ensayos en la Universidad de los Andes. El método utilizado para la medición fue el gravimétrico establecido en la norma ASTM E96 y ASTM E96/M- 10 Standard Test Methods for Water Vapor Transmission of Materials. Se seleccionaron 4 muestras de películas las cuales no debían presentar defectos como presencia de burbujas o presencia de fracturas y cuyo espesor fue de 0,327 mm. Las PCat se llevaron a una cámara de control con un plato de aluminio con bordes ensanchados y el sellante usado fue parafina. El área de ensayo de la muestra de las PCat fue de 0,00177 m^2. El interior de la cámara se encontraba en condiciones de humedad del 90% y una temperatura de ensayo de 38ºC. La humedad relativa y temperatura se midieron continuamente, el aire se distribuyó de forma continua a lo largo de la cámara, con una velocidad suficiente para mantener las condiciones uniformes en todos los lugares de prueba. Pasados 30 min para la estabilización de las películas, se pesaron las probetas con una frecuencia de 30 min, esto para proporcionar 8 a 10 puntos (tomas) durante la prueba y así determinar la cantidad de vapor de agua transferida y absorbida por el desecador. Los resultados de velocidad de transmisión de agua se expresaron en g $h^{-1}m^{-2}$ y los resultados de permeanza en g $Pa^{-1}s^{-1}m^{-2}$.

7.2 Aplicación de la película comestible a los frutos y evaluación de los daños mecánicos

7.2.1 Materia prima a evaluar

Las fresas variedad *Albión* utilizadas en este estudio fueron adquiridas en el municipio de Sibaté, (Cundinamarca). Las muestras escogidas tenían un peso promedio de 30 g y su grado de madurez se determinó de acuerdo al nivel de color 3, donde el color rojo cubre la zona media del fruto y la zona del cáliz presenta algunos visos de color rosado (NTC 4103). Las muestras fueron transportadas en hielera portátil desde el cultivo hasta la Universidad de la Salle, evitando posibles magulladuras durante el transporte. Se realizó un lavado de las muestras utilizando ácido peracético con una concentración de 0.3% para evitar el crecimiento de bacterias, hongos, levaduras y endosporas.

Figura 8 Cultivo de fresa ubicado en Sibaté (Cundinamarca)

7.2.2 Aplicación de la película comestible en la fruta

Las fresas variedad *Albión* cosechadas en el municipio de Sibaté, presentaban un grado de madurez 3, el cual se determinó de acuerdo al nivel de color. Las fresas se transportaron a la Universidad de la Salle. Tras un día de almacenamiento a temperatura ambiente, se seleccionaron las fresas libres de lesiones y se dividieron en dos lotes homogéneos: el número 1 se utilizó para la aplicación de PCat y el número 2 para el control (BL). Las PCat se aplicaron a las fresas por medio de una inmersión durante 1 minuto en la solución filmogénica (SF) y se obtuvo una muestra de fresa con un empaque comestible denominado FPC. Las FPC se dejaron secar en moldes durante 20 minutos y se almacenaron durante un día en condiciones ambientales para su posterior análisis.

Figura 9 Inmersión de la fresa para formar la película comestible

7.2.3 Prueba por punción

Se eligieron aleatoriamente 15 muestras FPC y 15 BL, donde cada una de ellas se ubicó para que la perforación se realizara en su zona central, el ensayo se realizó durante una semana. Para la

realización de esta prueba se utilizó el texturómetro Lloyd 93455 de la Universidad de la Salle. El ensayo consistió en colocar una muestra en forma horizontal sobre la plataforma del equipo y se penetro su piel por medio de un cilindro de punta redondeada de media pulgada de diámetro, una velocidad de descenso de 0.3 mm/s y una distancia de recorrido de 3 mm, de acuerdo al método empleado por Mercado (1998). De esta manera se obtuvieron 5 mediciones y se promedió la fuerza máxima obtenida en Newtons la cual fue 2,4 N para BL y 1,48 para FPC.

7.2.4 Prueba por compresión

Se utilizó el mismo equipo de textura con un cambio en el vástago, el cual fue una barra cilíndrica de diámetro 3,8 cm, empleando la metodología descrita por Alcántara (2009), donde se describe una distancia recorrida de 10 mm a una velocidad de 5 mm/s y evaluando 15 muestras FPC y 15 BL. La curva que se obtuvo presenta en el eje de las abscisas el tiempo en segundos y en el eje de las ordenadas la fuerza o carga en Newton. En la gráfica se identificó la magnitud de la dureza (N), además de obtener valores para la cohesividad (Ch) y la gomosidad (Go).

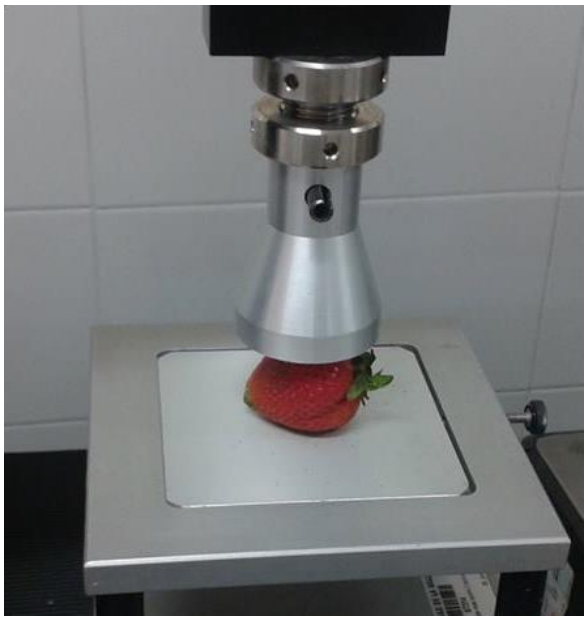

Figura 9 Prueba de compresión a una muestra BL

7.2.5 Prueba de impacto con un objeto de peso conocido

Siguiendo la metodología descrita por Dadzie y Orchard (1997) donde se utilizó 5 muestras FPC y 5 muestras BL, las cuales no presentaban ninguna magulladura, se procedió a realizar una marca circular en su superficie específicamente en la zona ecuatorial, lo anterior con el fin de especificar

el lugar de desarrollo de la magulladura. Se golpeó cada muestra dejando caer un cilindro de bronce de 50 g en la zona inicialmente marcada, desde una altura estándar de 120 cm, estas condiciones se establecieron según la metodología de los autores. Se utilizó un tubo de plástico para guiar la caída del peso, para que el impacto fuera siempre perpendicular a la superficie de la fruta. Se mantuvo la muestra firmemente sobre una almohadilla de goma para minimizar el daño adicional al golpe opuesto. Pasadas 24 horas después de realizada la prueba se cortó cada muestra por la mitad y a través del centro de magulladura en su punto más ancho se midió el diámetro y se calculó su respectiva área en mm.

7.2.6 Prueba por vibración

Se seleccionaron cien muestras del cultivo, las cuales tenían un tamaño y peso promedio. Se separaron en dos lotes en cantidad equitativa, el primero se tomó como referente BL y al segundo como muestras FPC. Los dos lotes se colocaron en canastillas diferentes y se determinó el porcentaje inicial de peso de cada lote. Las muestras se transportaron en igualdad de condiciones en el vehículo que utiliza normalmente el comercializador, desde el municipio de Sibaté (Cundinamarca) al municipio de Anapoima, con una distancia aproximada de 74 Km y a una velocidad de 70 Km/h, con un tiempo promedio de recorrido de 2 horas, la temperatura del recorrido oscilo entre 15 y 25°C. Luego del recorrido se descargaron las fresas y fueron almacenadas por 24 horas a temperatura ambiente. El daño mecánico se evaluó de manera gravimétrica, donde obtuvo una diferencia en el peso de cada uno de los lotes.

Figura 10 Transporte de las muestras a granel.

7.3 Evaluación del uso de la película comestible en propiedades fisiológicas y atributos de color de la fresa

7.3.1 Tasa de respiración

Para determinar la Tasa de respiración se utilizaron 5 muestras de FPC y estas a su vez se compararon con 5 muestras de BL. La medición se realizó en el Instituto SINCHI, donde por medio de un cromatógrafo de gases (Modelo Agilent HP 4890) equipado con un detector de conductividad térmica (TCD) y columnas (228.5 mm y 9 in). Las temperaturas de trabajo del cromatógrafo fueron de 100°C, 30°C y 250°C, para el inyector, horno y detector respectivamente, donde la presión del helio, utilizado como gas portador fue de 12 psi con un caudal de 50 mL min^{-1}. Los frutos fueron colocados en recipientes cerrados herméticamente, los cuales tenían capacidades de 500 y 750 mL, donde se introdujo un fruto por cada recipiente y se almacenaron a una temperatura de 20°C. Al cabo de una hora se tomó 0.1 mL del aire del interior del recipiente y se inyecto al cromatógrafo. El cromatógrafo por medio del software Clarity Lite expreso la producción de CO2 en mL por Kg de fruto y hora producidos.

Figura 11 Envase hermético para determinar IR

7.3.2 Pérdida de peso

Por medio de gravimetría en una balanza analítica se determinó la diferencia de pesos iniciales y finales en 5 muestras FPC y se comparó con 5 muestras BL. La prueba se realizó durante 5 días debido a la vida útil que tienen las muestras. El resultado se expresó como porcentaje de pérdida de peso respecto al peso inicial. (AOAC, 2007)

7.3.3 Evaluación del color

El color se expresó en CIELAB, la L* define la luminosidad, a* denota el valor rojo/verde y b* el valor amarillo/azul, además se calculó el valor del tono (*h). Para realizar la medida se utilizó un colorímetro Minolta 508-d y se ajustaron unas condiciones de medición en ángulo de visión de 2° y en modo de lectura de valores absolutos. El iluminante empleado fue el estándar D 65, el cual correspondió a la luz del día incluyendo la región ultravioleta. Además se tuvo en cuenta que la fresa no es un fruto traslucido, por tener un espesor infinito desde el punto de vista de la reflectancia (Contreras, 2006).

7.3.4 Prueba sensorial

La evaluación sensorial realizada a la muestra FPC se hizo por medio de una prueba de aceptación (prueba hedónica de 5 puntos) aplicada a un grupo de treinta panelistas consumidores de fresa. Para el análisis estadístico se utilizó el programa Minitab® 16.1.0, donde los datos obtenidos por la prueba de aceptación fueron analizados estadísticamente utilizando el método no paramétrico para una sola muestra, específicamente la prueba de Wilcoxon. A partir de los resultados obtenidos se procedió a determinar que atributos presentaban las mejores y peores características.

7.4 Análisis estadístico

Para el análisis estadístico de las muestras se utilizó el paquete estadístico Minitab® 16.1.0 para Windows User. La variables que se estudiaron fueron fuerza de punción (N), área de magulladura (mm^2), dureza (N), cohesividad (N), gomosidad (N), índice de respiración (mL CO_2 Kg^{-1} h^{-1}), pérdida de peso (g), y las coordenadas *L, *a, *b, *h y el croma. Los factores fueron uso de la película comestible y tiempo (días), estudiando también la interacción entre estos dos.

Se realizó un análisis de la varianza (ANOVA) con un nivel de confiabilidad del 5% ($P<0,05$) con el fin de evaluar el efecto causado por uno o más factores en cada una de las variables estudiadas y sus posibles interacciones. Las diferencias mínimas entre los pares de medias se establecieron

mediante el método de Tukey y los resultados se presentan en forma de tabla de información de agrupación, intervalo de confianza y prueba de hipótesis.

8 RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

8.1 Caracterización de la PCat bajo variables de contenido de humedad, propiedades mecánicas y permeabilidad al vapor de agua

La Tabla 3 presenta los valores medios experimentales del contenido de humedad (determinado por método gravimétrico) en porcentaje (Xw), del espesor en mm (Xe) , módulo de elasticidad en MPa (Xm), elongación en porcentaje (Xl), esfuerzo máximo en MPa (Xef) y la permeabilidad al vapor de agua en g $Pa^{-1}s^{-1}m^{-1}$ (WVTR) que caracterizaron a la PCat utilizada durante este estudio.

Tabla 3 Valores característicos de la PCat.

Humedad (%)	**Espesor (mm)**	**Módulo de elasticidad (Mpa)**	**Elongación (%)**	**Esfuerzo máx. (Mpa)**	**Permeabilidad al vapor de agua (g Pa-1s-1m-1)**
22,7±1,6	0,36±0,07	1,18±0,14	49,43±6,61	0,43±0,08	$1,6x10^{-5}$

En cuanto a Xw, la PCat presenta un valor menor al compararse con algunas películas o films obtenidas con almidones como el mandioca, cuyo valor de contenido de humedad fue de 36 a 49.8% dependiendo de los días de almacenamiento (Famá *et al*, 2003), también se comparó con películas a base de almidón de arroz y quitosano las cuales tuvieron un contenido de humedad de 42 a 51% (Bourtoom, 2007). Paralelo a lo anterior el Xw de la PCat fue mayor al reportado por Andrade (2011) cuyo valor fue de 18% para películas a base de AC. Por otro lado Valeria (2011) reporta un contenido de humedad de entre 9 y 15 g de agua/100 g de películas a base de almidón de maíz, la autora indica que el contenido de glicerol incrementa la humedad de las películas debido a su carácter hidrofílico. Además, Psomiadou *et al* (1996) indica que la variación en el contenido de humedad no se debe a condiciones del proceso sino que depende de los componentes de los cuales están elaborados.

La propiedad de permeabilidad al vapor de agua (WVTR) de la PCat fue mayor a la registrada por otras películas compuestas por almidón. Gennadios y Krochta (1992) relacionan en la Tabla 4 diferentes WVTR para películas comestibles y poliméricas.

Tabla 4 WVTR promedio para diferentes films (Gennadios y Krochta, 1992).

Film	WVTR (g m^{-1} s^{-1} Pa^{-1})
Almidón de alta amilosa	2.0-10x1 0^{-10}
Aislado de proteína de soja	1,6-4,4x10^{-9}
Harina de amaranto	3,8x10^{-10}
Harina de arroz	1,1x10^{-10}
HDPE	2,4x10^{-13}
Gluten de trigo	1,4-4,6x10^{-9}

Al tener naturaleza hidrofílica, las películas comestibles (elaboradas con polisacáridos) presentan una relación de pendiente positiva entre la permeabilidad al vapor de agua y el espesor (Gennadios et al., 1994 b; Park and Chinnan, 1995). Bertuzzi *et al* (2002) indica que al tener un valor mayor de espesor hay una interacción mayor entre las moléculas de agua y los grupos funcionales polares del almidón lo que provoca hinchamiento y cambios de estructura que facilitan la difusión de vapor de agua, por lo cual se puede decir que la PCat presenta mayores valores de WVTR comparados con otras películas como los valores de WVTR y espesor presentados por Andrade (2011) para una película comestible compuesta de harina de amaranto cuyo valor de espesor fue de 0,080 mm y su valor de WVTR de 3,8x10^{-10}, lo mismo sucede con una película compuesta por harina de arroz la cual presento un valor en el espesor de 0,10 mm y un valor de WVTR de 1,1x10^{-10} (Díaz et al, 2010) y para una película a base de almidón de achira con una concentración de almidón de achira de 4g /100 g de suspensión y de glicerol de 17 g / 100 g materia cruda el valor de espesor fue 0,084 y de WVTR de 5,3x10^{-10}. Además es importante resaltar que en la obtención de películas comestibles el control del Xe depende de la cantidad vertida y del área de las placas, por lo tanto la cantidad a diluir sebe ser la misma.

Para que las películas comestibles se puedan adecuar a una posible deformación al momento de aplicarse como un recubrimiento comestible, se deben caracterizar mecánicamente. En cuanto al resultado promedio del módulo de elasticidad de la PCat fue inferior al valor obtenido por las películas a base de almidón de achira reportado por Andrade (2011) las cuales tuvieron un Xm de

34,7 a 235,8 MPa, es importante resaltar que la concentración del plastificante (glicerol) utilizado por la autora fue menor, con un valor de 0.85 %p/v.; y la del ácido tánico inferior al 2%. Paralelo a lo anterior el valor de Xm de la PCat fue similar al reportado por Famá L (2009) con un módulo de 1,3 MPa para películas compuestas por almidón de mandioca y con un contenido de glicerol 2,5% p/v; en el caso de la PCat el contenido fue de 17 %p/v. Investigadores como Arredondo (2012) indican que el modulo elástico es un parámetro con el cual se identifica la flexibilidad o fragilidad de los materiales y además establece que si las películas comestibles presentan valores altos de Xm se traduce en materiales frágiles, caso contrario con las películas que presentan valores más pequeños, son más flexibles. En otras investigaciones como la realizada por Bourtoom (2007) se indica que la adición de agentes plastificantes como el glicerol altera los hidrógenos presentes en las cadenas poliméricas del almidón y separa las cadenas intermoleculares adheridas, lo cual incrementa la flexibilidad pero también disminuye la permeabilidad al vapor de agua. Los bajos valores de Xm para la PCat también pueden ser atribuidos al uso del AT como agente entrecruzante según lo observado por Cao et al (2006), en su investigación el autor reporta valores más apropiados en cuanto a propiedades mecánicas de películas entrecruzadas con AT que películas sin tratamiento alguno.

Además del módulo de elasticidad (Xm) para la PCat, se determinó el Xl definido como el grado de estiramiento que puede soportar la película comestible antes de romperse y Xef el cual está definido como la fuerza de tensión por unidad de área que se requiere para romper la película comestible (Arredondo, 2012). Los valores de Xef de la PCat son menores comparados con otras películas compuestas de almidón). Para películas compuestas por almidón de maíz nativo y residuos fibrosos se reportan valores de esfuerzo máximo de 4,3 MPa y de elongación de 29,9% estas películas contenían 30% p/p de glicerol (López et al, 2013). Según lo observado por Arredondo (2012) valores bajos de esfuerzo máximo y módulo de elasticidad, combinados con valores altos de elongación representan películas comestibles fáciles de estirar pero difíciles de romper. El menor valor de Xef de la PCat comparado con otras películas comestibles a base de almidón corrobora lo reportado por Zhang y Hang (2006) donde se indica que este comportamiento es atribuido en gran medida al contenido del plastificante, debido a que este tiene la capacidad de entrelazar moléculas de agua a la estructura polimérica y así reduce la interacción entre sus cadenas y genera espacio entre las moléculas denominado volumen libre, lo que provoca mayor movilidad de las cadenas.

8.2 Efectos de la PCat en los daños mecánicos durante el proceso poscosecha

La prueba de punción mide la resistencia de la piel del fruto a la penetración, además de medir la firmeza de alimentos sólidos como la fresa. (Alcántara, 2009). En la Tabla 5 se muestran los promedios de la fuerza de punción (N) requeridos para penetrar la epidermis de la fresa patrón (BL) y de las fresas con la película PCat denotadas como FPC. De acuerdo al ANOVA realizado a las muestras, el efecto que tuvo el uso de la PCat y del tiempo sobre la fuerza de punción de las muestras fue significativo ($P<0,05$). En la Tabla 5 se identifica que el tiempo también tiene un efecto significativo ($P<0,05$) sobre la fuerza de punción, es decir, la fuerza de punción de las muestras BL y FPC fue diferente durante los cinco días de evaluación. La prueba estadística también indico que no hay una interacción ($P>0,05$) entre el uso de la PCat y el tiempo.

Tabla 5 Valores promedio de la fuerza de punción (N)

	Día 1	**Día 2**	**Día 3**	**Día 4**	**Día 5**
BL	$3,95\pm0,86^{Aa}$	$2,13\pm0,28^{Ab}$	$1,73\pm0,11^{Abc}$	$1,52\pm1,02^{Abc}$	$0,87\pm0,13^{Ac}$
FPC	$2,64\pm0,50^{Ba}$	$1,95\pm0,34^{Bb}$	$1,35\pm0,31^{Bbc}$	$0,93\pm0,18^{Bbc}$	$0,78\pm0,31^{Bc}$

*****Letras mayúsculas diferentes indican diferencia significativa respecto al uso de la PCat, a un nivel de significancia del 5%. **Letras minúsculas diferentes indican diferencia significativa respecto al tiempo, a un nivel de significancia del 5%.

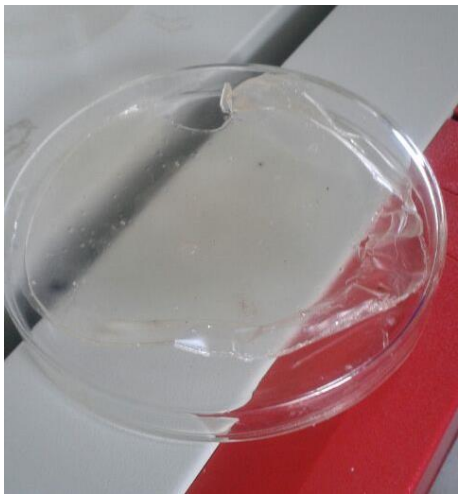

Figura 12 PCat preformada en placa

La prueba de Tukey permitió evaluar la hipótesis que a partir del día 2, la fuerza de punción no varió significativamente, pero si existieron diferencias significativas entre el día 1 y el día 5 de evaluación. Durante el día 1 se presentaron los mayores cambios en la fuerza de punción para ambas muestras.

En la Figura 14 se logra identificar que las muestras presentaron una fuerza de punción diferente en el día 1, de las evidencias anteriores, surgen complicaciones al estandarizar un valor predeterminado en la resistencia de las fresas, a la punción, como explica Alcántara (2009) "los continuos cambios fisiológicos de las células vivas, y la variabilidad inherente entre las unidades individuales del fruto hacen difícil estandarizar su textura" por lo cual se comparó la reducción en porcentaje de la fuerza de punción, en cada muestra durante los 5 días de evaluación. Para la muestra FPC se redujo la fuerza de punción en 78%, mientras que la muestra BL lo hizo en 70% durante los cinco días de análisis, lo que indica que la PCat le confiere más resistencia a la fresa para evitar el daño mecánico por punción. Investigadores como Trejo M, (2007) realizaron pruebas de punción en fresas con películas comestibles a base de gelatina y reportaron los datos como pérdida de fuerza de punción en los frutos. Los resultados describen pérdidas del 62% para muestras sin recubrimiento y de 22% para fresas con recubrimiento. Diab (2001) demostraron que fresas recubiertas con polulano presentan disminución de fuerza de punción del 11% y para fresas sin recubrimiento del 15%, identificándose el efecto del recubrimiento de polulano en la vida útil de las fresas. Los resultados concuerdan con los de este estudio, pese a que la película comestible sea a base de otro polímero, la resistencia en la prueba de punción es mayor en fresas con PCat, dándole mayor viabilidad a esta.

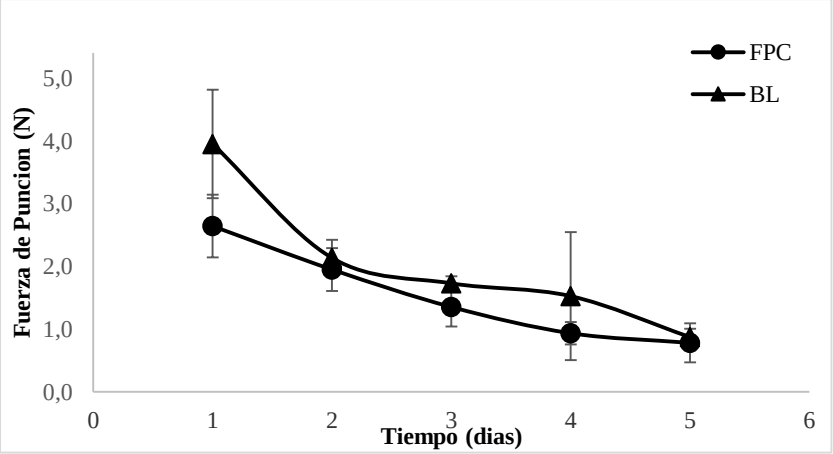

Figura 13 Variación de la fuerza de punción en las muestras FPC y BL respecto al tiempo.

Respecto a los cinco días de evaluación de ambas muestras se observa que el tiempo transcurrido afecta en gran medida la fuerza de punción, lo que indica que las dos muestras (BL y FPC) van perdiendo rigidez estructural necesaria para resistir el paso del vástago por la epidermis. El esfuerzo a la punción nos determina el esfuerzo al impacto y la resistencia de la película, lo que nos ayuda a establecer la durabilidad de nuestra película. (Arias, n.d)

De esta manera se corrobora lo indicado por Olivas Gi (2005) quien indica que la aplicación de películas comestibles sobres frutas climatéricas o no climatéricas permite conservar la apariencia y mejorar la textura.

El comportamiento que exhibió la muestras FPC presentó una gráfica descendente entre los días 1 al 4, con pendiente negativa lo que indica que la fuerza de punción va disminuyendo conforme transcurre el tiempo de almacenamiento, en cuanto al día 5 tiende a ser constante al cambio. En cuanto a la muestra BL, en el día 2 se presenta una caída de la fuerza punción de 2,13N casi igualando la fuerza punciona de la muestra FPC, a partir del día 2 hasta el 4 el comportamiento tiende a ser descendente con una pendiente un poco más reducida que la de la muestra FPC, lo que indica que la razón de cambio es menor y finalmente en el día 5 la fuerza de punciona tiende a ser la misma que la de la muestra FPC. Como indica Thompson (n.d), la hidrolisis del almidón y la degradación de la pectina de la pared celular de la fruta causan perdida de firmeza en el fruto; la perdida de la firmeza es menor con el uso de la PCat al momento de imponerse una fuerza de punción.

Alcántara (2009) realizo un análisis de las fuerzas externas que causan el daño del tejido en la fresa y que la maltrataban por golpes, externamente se visualiza levemente una pequeña hendidura donde sucedió el golpe, por lo tanto en la prueba de impacto se determinó el área de magulladura en mm^2 (Am). En la Tabla 6 se ilustra las medias obtenidas para Am de cada muestra. De acuerdo al ANOVA de un solo factor realizado, se obtuvieron diferencias significativas ($P<0,05$) entre la muestra con PCat denotada como FPC y las muestras patrón denotadas como BL. Los resultados del análisis de la Am formada por la prueba de impacto indicaron que la muestra FPC tiene la media de Am más baja.

Tabla 6. Valores promedio del área de magulladura (mm^2) para muestras FPC y BL *Diferentes letras indican diferencias significativas.

	FPC	BL
(Am)	13,45± 3,03^{B}	39,58± 9,38^{A}

*****Letras diferentes indican diferencia significativa con el uso de la PCat, a un nivel de significancia del 5%.

En la Figura 15 se observa que para la muestra FPC los índices de Am son menores que los de las muestras BL. También es posible identificar una dispersión de datos, los cuales se encuentran menos dispersos para las muestras FPC que para la muestra BL, esto podría atribuirse a la amortiguación que otorga la PCat frente al golpe y que este sea en un solo lugar de la fresa, mientras que la muestra BL sin la PCat describe un comportamiento contrario donde la magulladura se forma con áreas más grandes que otras.

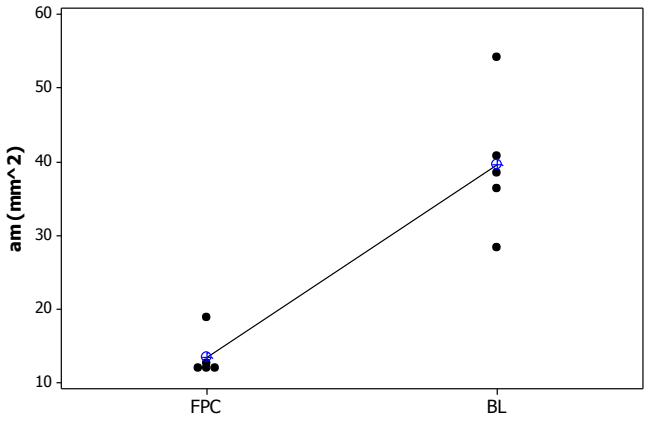

Figura 14 Dispersión de las medias del área de magulladura (Am) de las muestras FPC y BL.

Figura 16 Muestra BL antes del impacto

Figura 17 Muestra BL después del impacto

Figura 18 Muestra FPC antes del impacto

Figura 19 Muestra FPC después del impacto

La habilidad de la PCat en proteger la fresa contra el daño por impacto es usualmente atribuida a determinadas propiedades de tensión que las películas comestibles presentan, por ejemplo el módulo de Young, el cual determina la rigidez de la película, al esfuerzo máximo, el cual se describe como la fuerza requerida para romper la película comestible y la elongación, la cual describe el grado en que la película puede aumentar su tamaño antes de la ruptura (Hashmi, 2014).

Valle (2012) caracteriza a la fresa como susceptible al daño mecánico por impacto debido a la falta de una corteza protectora, el hundimiento de la piel a causa del daño por impacto es atribuido al colapso y muerte de las células bajo la piel de la fruta (Kader, *n.d*). De acuerdo a los datos obtenidos, la PCat ofrece una protección a la fresa impidiendo que forme una área de magulladura (Am) mayor y protegiendo las células situadas debajo de la epidermis de la fresa contra objetos de 50 g en comparación de fresas sin recubrimientos.

El contenido en amilosa de un almidón, le otorga importancia en el campo de las fibras y los plásticos (Inatsu *et al* (1983). La amilosa es la responsable de la formación de películas comestibles a base de almidón; cuando el contenido de amilosa en películas comestibles es más elevado la

tensión a la fractura es mayor (Romero, 2011), otros autores como García, (1998) también atribuyen una mayor flexibilidad de las películas comestibles al contenido en amilosa. El AC presenta un alto contenido de amilosa, el cual es de 27-34% superior al almidón de yuca con 18%, almidón de papa con 23% (Quiroga, 2009) y esto favorece la gelificación de la pasta durante el enfriamiento (Ribera, 2006). La adhesión de la PCat a las paredes de la fresa y la reducción del área de magulladura para la prueba de impacto se puede asumir por el contenido de amilosa que posee el AC, además autores como Meza (2006) indican que el uso de polisacáridos mejora notablemente la adherencia de las películas comestibles a las paredes de las frutas. Sumado a lo anterior, las propiedades del AT otorgan a la PCat una mejor estructura y así proteger la fresa contra impactos de objetos hasta de 50 g.

En la prueba de compresión se evaluó la dureza requerida para deformar por compresión axial las muestras BL y FPC. Se obtuvieron los datos descritos en la Tabla 7.

Tabla 7 Valores promedio de dureza (D), cohesividad (Ch) y gomosidad (Go) para muestras FPC y BL.

Muestra	Días	Dureza (N)	Cohesividad (N)	Gomosidad (N)
FPC	1	$15,13\pm1,60^{Aa}$	$0,08\pm0,01^{Aa}$	$1,10\pm0,12^{Aa}$
	2	$16,21\pm0,88^{Aa}$	$0,02\pm0,00^{Ab}$	$1,15\pm0,41^{Aa}$
	3	$16,71\pm1,94^{Ab}$	$0,05\pm0,01^{Ab}$	$0,92\pm0,34^{Ab}$
	4	$14,35\pm0,58^{Ab}$	$0,05\pm0,03^{Ab}$	$0,46\pm0,22^{Ab}$
	5	$6,41\pm1,98^{Ab}$	$0,05\pm0,02^{Ab}$	$0,43\pm0,20^{Ab}$
BL	1	$17,44\pm0,83^{Aa}$	$0,10\pm0,01^{Aa}$	$1,75\pm0,29^{Aa}$
	2	$15,48\pm0,56^{Aa}$	$0,09\pm0,01^{Ab}$	$1,65\pm0,35^{Aa}$
	3	$14,79\pm1,35^{Ab}$	$0,01\pm0,00^{Ab}$	$0,19\pm0,20^{Ab}$
	4	$14,49\pm0,42^{Ab}$	$0,02\pm0,01^{Ab}$	$0,26\pm0,10^{Ab}$
	5	$12,57\pm1,36^{Ab}$	$0,02\pm0,01^{Ab}$	$0,41\pm0,21^{Ab}$

*****Letras mayúsculas diferentes indican diferencia significativa respecto al uso de la PCat, a un nivel de significancia del 5%. **Letras minúsculas diferentes indican diferencia significativa respecto al tiempo, a un nivel de significancia del 5%.

El análisis de dureza para cada muestra durante los cinco días de evaluación, indico que el uso de la PCat no tuvo incidencia sobre la propiedad evaluada de acuerdo a la prueba de Tukey, la cual

no registro diferencias significativas (P>0,05), esto concuerda con la investigación de Costa (2009) quienes no encontraron cambios significativos en la fuerza de compresión para fresas recubiertas con películas comestibles a base de almidón de mandioca; lo mismo sucedió para la investigación de autores como García et al (1998) quienes no encontraron influencia por el uso de películas a base de polisacáridos en la fuerza de compresión de fresas. Contrario a lo anterior el tiempo tuvo incidencia en la dureza debido a que fue significativo (P<0,05), esto se resume en que las muestras presentaron diferentes durezas conforme el tiempo transcurría, ya que la dureza depende del tiempo de maduración del fruto. La interacción entre uso de la PCat y tiempo fue significativa (P<0,05), por lo tanto existe una correlación entre uso de la PCat y el tiempo, es decir la presencia de los factores conjuntamente produjo una sinergia positiva.

Es importante resaltar que ambas muestras presentaban una dureza inicial diferente, tal como describe Alcántara (2009), quien indica que debido a la composición celular de la fresa es difícil estandarizar su dureza, a partir de lo anterior se calculó la disminución porcentual de cada muestra. Los resultados indicaron que la dureza en la muestra FPC tuvo una reducción de 57,6% durante los cinco días de evaluación reduciendo en 8,7 N su dureza inicial y la muestra BL presento una disminución de 27,9% con 4,9 N de reducción.

En la Figura 20 se evidencia la interacción entre el uso de la PCat y del tiempo. La dureza de la muestra FPC aumento y fue superior a la de BL durante los días 2 y 3, pero experimento una caída a partir del día 4 y en el día 5 la dureza fue menor que la de BL. Esto se puede resumir en que el uso de la PCat incrementa la dureza durante algunos días pero al final del tiempo de almacenamiento la dureza es menor.

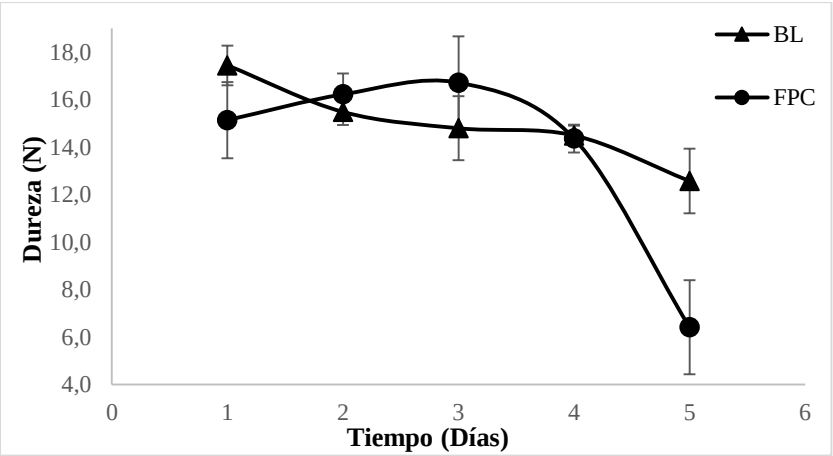

Figura 15 Comportamiento de dureza de las muestras FPC y BL respecto al tiempo.

El uso de la PCat mejore o no la dureza de las fresas dependerá de los días de almacenamiento, lo cual implica que ambos factores presentan una correlación. Restrepo (n.d) reportan interacciones entre el tiempo y las películas comestibles a base de cera y mucilago utilizadas en fresa, además el autor señala que la disminución que presentan las fresas en cuanto a su dureza se relaciona con la degradación del parénquima cortical que forma la pared celular a causa de una degradación enzimática.

La deformación por la compresión aplicada a ambas muestras puede tener lugar en cualquier sentido y por lo tanto viene dada por un tensor de elasticidad, como lo explica el Instituto Tecnológico Superior de Champoton, (n d). En base a lo anterior se puede explicar el incremento de la dureza de la muestra FPC durante los días 2 y 3, donde el uso de la PCat otorgo elasticidad a la estructura de la fresa y se evidencio en el comportamiento que presento ante la compresión. La explicación que se da al comportamiento de la muestra FPC durante los días 4 y 5 se basa en la retrogradación del almidón que genera películas comestibles más frágiles y permeables (Mate, n.d) y además Vargas (2009) explica que durante el envejecimiento el contenido del plastificante disminuye debido al desplazamiento vertical que este sufre hacia la superficie de la película comestible y posteriormente al medio ambiente. La retrogradación del almidón aumenta con el tiempo y se intensifica en almidones con alto contenido de amilosa (27%) como lo es el AC, según lo explicado por Valeria (2011). Otros autores como Amalia et al (n.d) indican que a mayor rigidez menor extensibilidad de las películas comestibles. Autores como Amal (n.d), reportan resultados de películas comestibles a base de soya y gluten aplicadas a fresa, donde la dureza obtenida por

una fuerza de compresión aplicada a las muestras decreció en el transcurso del tiempo, pero indican que el uso de la película mantuvo la firmeza de la fresa por más tiempo que una muestra patrón.

Según Valeria (2011) una prueba de compresión muy utilizada en la actualidad es el TPA, en donde a parte de la dureza, se pueden obtener parámetros como la cohesividad y la gomosidad, estos valores fueron medidos a ambas muestras y se encuentran relacionados en la Tabla 7.

Para el parámetro Ch, el análisis de varianza realizado determino que no existen diferencias significativas (P>0,05) en cuanto al uso de la PCat, es decir la cohesividad fue la misma en las muestras FPC y BL. Contrario a esto el tiempo si presento diferencia significativa en cada muestra (P<0,05) indicando que durante los cinco días de evaluación la adhesividad fue diferente. En cuanto a la interacción entre el uso de la PCat y el tiempo la diferencia también fue significativa (P<0,05) existiendo una correlación entre estos dos factores. De acuerdo a la prueba de comparaciones de Tukey el día 1 presento una cohesividad significativamente mayor que el resto de días para ambas muestras.

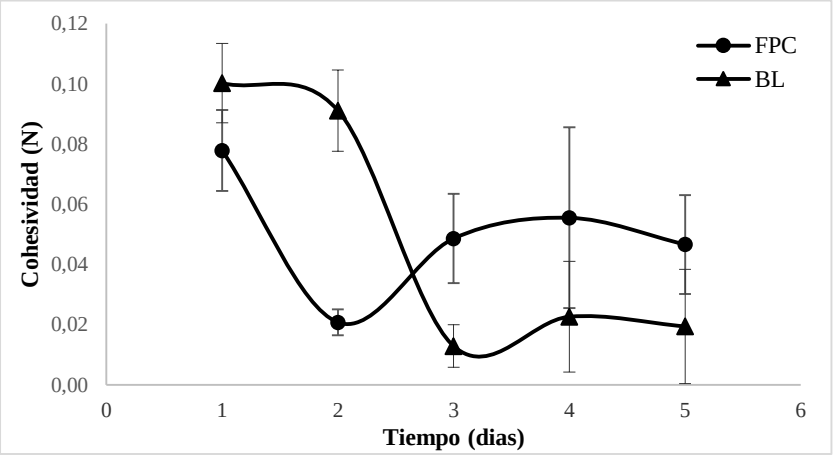

Figura 16 Variación de cohesividad (Ch) en muestras FPC y BL respecto al tiempo.

La fresas son consideras material orgánico de baja cohesividad, es decir tienen baja extensión antes de su ruptura (Alcántara, 2009), esto hace que sensorialmente los tejidos estructurales se suavicen a través del tiempo. La disminución porcentual de Ch para la muestra FPC fue de 37% reduciendo su valor de Ch en 0,031 N a lo largo de los cinco días de almacenamiento. Para la muestra BL la disminución porcentual fue de 80% donde la reducción fue de 0,081 N; Lo cual es muy poco comparado con el trabajo realizado por Hernández (2012) en fresas, el cual presento una reducción del 50% en el valor de Ch. Lo anterior concuerda con los resultados presentados por Alcántara

(2009) donde la cohesividad de fresas se reduce significativamente en función del tiempo de almacenamiento. Todo este se podría simplificar en que la PCat permite mantener un grado de cohesividad de la muestra, debido al alto contenido de amilosa permitiendo así formar películas con alta cohesividad (Hernández, 2009).

La gomosidad está dada por el producto de la dureza con la cohesividad y representa el trabajo para desintegrar un alimento a un estado de deglución (Alcántara, 2009). Al realizar el análisis de varianza para el parámetro Go, se encontró que no existen diferencias significativas (P>0,05) en cuanto al uso de la PCat, por lo tanto la propiedad evaluada fue la misma en las muestras FPC y BL. En cuanto al tiempo, este si presento diferencia significativa en cada muestra (P<0,05) indicando que en los cinco días de almacenamiento de las muestras la gomosidad fue diferente, esto concuerda con la investigación de Kaner (n.d.), donde se reporta disminución de la gomosidad a lo largo del tiempo de almacenamiento para fresas. La interacción entre el uso de la PCat y el tiempo presento diferencias significativas (P<0,05) y se evidencia en la Figura 22. La interacción implico una sinergia entre estos dos factores. De acuerdo a la prueba de comparaciones de Tukey el día 1 y 2 presentaron una gomosidad significativamente mayor que el resto de días para ambas muestras.

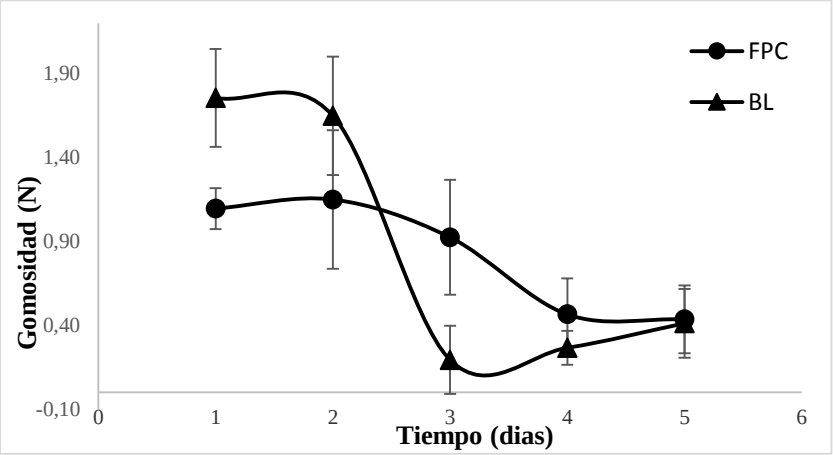

Figura 17 Variación de la gomosidad (Go) en muestras FPC y BL respecto al tiempo.

Los cambios que presentaron los parámetros D, Ch y Go en el tiempo se deben a cambios estructurales de las fresas, donde hay una solubilidad de los componentes de la pared celular incluyendo la pectina (Kader, n.d)

El daño mecánico por vibración se presenta durante el transporte de las fresas hasta su destino (Alcántara, 2009). De acuerdo al transporte realizado para cada lote de muestras (FPC y BL) el cual tuvo un recorrido de 74,5 Km desde el municipio de Sibaté (14°C) hasta el municipio de Anapoima (28-30°C), a una velocidad promedio de 70 Km/h, se obtuvieron los resultados registrados en la Tabla 8. Allí se evidencia el peso total de cada lote antes y después del transporte y la disminución porcentual que presento cada muestra en relación al peso inicial.

Tabla 8 Registro de pesos iniciales y finales después del transporte de las muestras FPC y BL.

Muestra	Peso Inicial (Kg)	Peso final (Kg)	Pérdida de peso (%)
FPC	1,215	0,999	17,7
BL	1,215	0,970	20,2

De acuerdo a los resultados de Fabela, (2002) quien describe que la fresa es muy susceptible a las variaciones de la amplitud de la vibración durante el transporte y que el daño por vibración puede estar provocado por causas de fricción, impacto y compresión debido a que estas no se mantienen constantes durante el transporte, el uso de la PCat en la reducción del daño mecánico por vibración, evidencia una disminución porcentual del peso menor comparada con la muestra BL, esto tal vez se debe a que la PCat no permite que la fricción actué sobre el pericarpio de la fresa. Estos cambios son muy similares a los resultados obtenidos por investigadores como Del Valle (2008) quien aplico un recubrimiento a base de mucilago de nopal en fresas y este mantuvo la integridad entre impactos y rozamientos. Amarante et al. (2001).

Bird et al., (1960), explica que para obtener una protección mecánica en el fruto, las películas comestibles deben tener cierta capacidad de deformación para que ante un esfuerzo las capas externas de las películas se deformen y las capas internas que están en contacto con la epidermis del producto queden intactas. La PCat presenta un módulo de elasticidad bajo comparado con otras películas comestibles a base de almidón como una realizada con almidón acetilado cuyo modulo fue de 1,12 MPa (Pardo, n.d), es decir ante un esfuerzo la deformación de la PCat es mayor, lo que permite cumplir con la protección del fruto que describe Bird et al (1960).

En las Figuras 23 a 26 se evidencia el estado físico en el cual se encontraban las muestras antes y después del transporte. La muestra FPC presenta magullamiento un tanto menor que la muestra

BL; el magullamiento está caracterizado por una pérdida de humedad Elena et al, (n.d). Aunque La FPC presento una pérdida de peso menor que la muestra BL, el valor obtenido de 17% de pérdida de su peso inicial, se debe a que al tener valores altos de WVTR, la PCat permite que haya cierto paso de humedad entre el fruto y la atmosfera que lo rodea. Este valor de permeabilidad al vapor de agua de la PCat aumento con respecto a otras películas de almidón, como por ejemplo para películas de almidón de papa formuladas con 0.1% p/p de GL la WVP fue de 7, $16x10^{-11}$ g/Pa.s.m (Caicedo, n.d), debido a que el contenido en plastificante fue mayor en la PCat de 17 % p/v. Joaqui (2013) describe que debido a la presencia de plastificantes como el GL disminuyen las fuerzas intermoleculares en las cadenas del polímero, lo que aumenta la movilidad molecular y por ende la difusión de vapor de agua.

Figura 23 Muestra FPC antes del transporte.

Figura 24 Muestra FPC después del transporte.

Figura 25 Muestra BL antes del transporte.

Figura 186 Muestra BL después del transporte.

8.3 Evaluación del efecto de la PCat en el índice de respiración, pérdida de peso y atributos de color

En la Tabla 9 se presentan los valores de índice de respiración IR obtenidos para las muestras, durante los cinco días de evaluación.

Tabla 9 Valores promedio de IR para las muestras FPC y BL.

	Tiempo (días)	IR (mL/kg h)
FPC	1	$273,2\pm22,8^{Aa}$
	2	$189,8\pm 17,5^{Aa}$
	3	$183,3\pm10,4^{Aa}$
	4	$213,3\pm15,2^{Aa}$
	5	$331\pm 17,0^{Aa}$
BL	1	$263,6\pm 26^{Ba}$
	2	$254,8\pm21,4^{Ba}$
	3	$268,3\pm 17,5^{Ba}$
	4	$286,6\pm15,2^{Ba}$
	5	$380\pm 10,0^{Ba}$

*****Letras mayúsculas diferentes indican diferencia significativa respecto al uso de la PCat, a un nivel de significancia del 5%. **Letras minúsculas diferentes indican diferencia significativa respecto al tiempo, a un nivel de significancia del 5%.

El análisis de varianza realizado indicó que si existen diferencias significativas ($P<0,05$) en cuanto al uso de la PCat, es decir el IR de la muestra FPC fue diferente al de BL. Lo anterior se resume en que la media del IR de la muestra FPC fue significativamente menor (238,1 mL CO_2 $Kg^{-1}h^{-1}$) al de BL (290,6 CO_2 $Kg^{-1}h^{-1}$). Este valor de FPC indica que es más fácil controlar la respiración de la fresa con el uso de la PCat y por lo tanto mejorar la vida anaquel de este fruto (Ruelas et al, 2013), además los autores Krochta y De MulderJohnston (1997), Pastor et al., 2005 y Quintero et al., (2010) indican que las películas comestibles actúan de forma similar a las atmosferas modificadas porque ejercen barrera a los gases y al vapor de agua, aclarando que en cuanto a costos es más factible el uso de una película comestible.

La interacción de las unidades de polisacárido, con la combinación del plastificante y el ácido tánico en la formulación, dieron como resultado el menor valor reportado, lo cual podría incidir positivamente en el aumento de la vida de anaquel. (González, 2011).

La Figura 27 evidencia la evolución del IR por parte de las muestras de fresa con y sin el uso de la PCat. La muestra BL alcanzó su mayor valor de IR a partir del día 5 de almacenamiento a 20°C. El mayor valor de IR para la muestra BL fue de 380 mL CO_2 Kg^{-1} h^{-1}. Contrario a lo anterior, el proceso de maduración de los frutos recubiertos con la PCat (FPC) fue más lento, alcanzándose un valor máximo de IR de 331 mL/Kg^{-1} h^{-1}. El valor de IR para la muestra BL fue superior al reportado por Almenar E et al, (2007), debido a que ellos reportaron valores de 50-100 mL CO_2 Kg^{-1} h^{-1}.

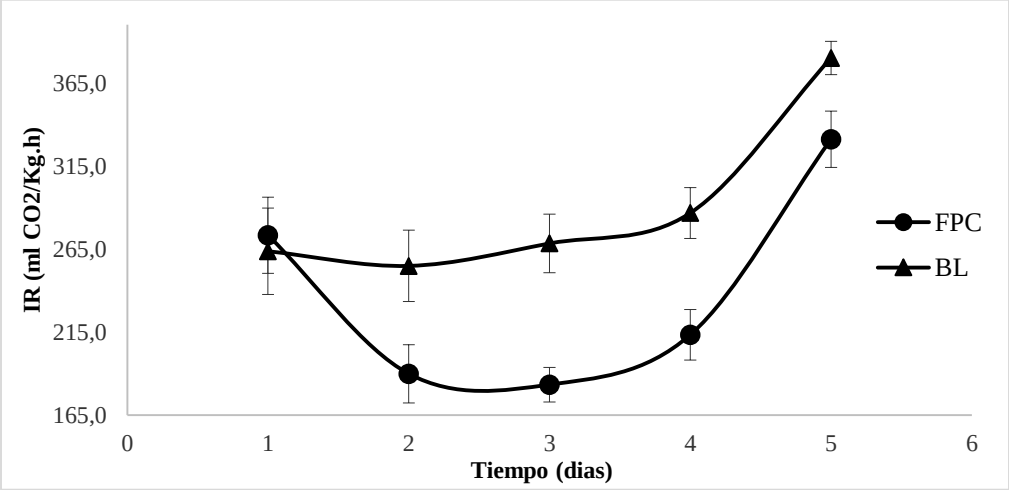

Figura 27 Variación del IR en muestras FPC y BL respecto al tiempo.

El autor Costa (n.d) reportó una disminución del IR en fresas recubiertas con almidón de yuca y otros como Vargas et al (n.d), indican una descenso en el IR de fresas recubiertas con películas comestibles de quitosano y ácido oleico a temperaturas de 5°C. Otros investigadores como Trejo (n.d.) determinaron un IR para fresas con recubrimiento a base de gelatina de 16 mg CO_2 Kg^{-1} h^{-1} y para las fresas sin recubrimiento fue de 70 mg CO2 Kg^{-1} h^{-1} causado por la presencia de hongos a partir del quinto día de su almacenamiento.

Una de las causas que permitió un descenso en el IR de la FPC, tal como explica Eissa, (2007) es que la PCat forma una membrana semipermeable en la superficie. Además autores como Falguera et al, (n.d) indican que las películas comestibles a base de almidón, proporcionan barrera a los gases que se intercambian entre el fruto y la atmosfera y a partir de este fenómeno se reduce el IR. Además autores como Nisperos y Carriedo (1994), indican reducción de IR debido a que los

revestimientos tienen permeabilidad selectiva a los gases como O2 y CO2, especialmente en películas formuladas con polisacáridos.

El objetivo de evaluar el IR en la fresa con el uso de la PCat se da por conclusiones a las que llegaron autores como Millán (n.d) quien indican que el aumento en la tasa de respiración está asociada con el daño mecánico. Por lo tanto si el recubrimiento comestible protege al fruto de daños mecánicos, el valor del IR será menor, pero es importante que el recubrimiento tenga buena permeabilidad a los gases.

Los valores del porcentaje de pérdida de peso (%PP), durante cinco días de almacenamiento y de evaluación, se reportan en la Tabla 10.

Tabla 10 Valores promedio de peso en muestras FPC y BL respecto al tiempo.

MUESTRAS	Días	%PP (g)
FPC	1	$8,59\pm2,98^{A}$
	2	$13,19\pm2,83^{A}$
	3	$17,55\pm2,74^{A}$
	4	$23,04\pm2,62^{A}$
	5	$27,94\pm2,59^{A}$
BL	1	$5,60\pm2,80^{B}$
	2	$9,82\pm2,71^{B}$
	3	$13,49\pm2,62^{B}$
	4	$19,48\pm2,48^{B}$
	5	$25,41\pm2,59^{B}$

*Letras diferentes indican que existe diferencia significativa con el uso de la PCat, a un nivel de significancia del 5%.

El análisis de varianza arrojo diferencias significativas ($P<0,05$) entre las muestras BL y las muestras FPC, en cuanto al tiempo de almacenamiento y además en la interacción.

Detallando lo sucedido con el factor tiempo, la prueba de Tukey indico que el peso disminuyo significativamente durante los cinco días de almacenamiento. En cuanto al uso de la PCat, el valor medio de %PP de las muestras FPC fue de 18% y el de las muestras BL de 14,8%, este resultado de la mayor pérdida de peso registrada para la muestra FPC se atribuyó al valor de WVTR que obtuvo la PCat, lo que causó que el recubrimiento presentara mayores valores de difusión y aumentar la pérdida de peso. Por su parte Tosen, (2014) quien obtuvo perdidas de peso mayores con el uso de películas comestibles formuladas con almidón de yuca, CMC y con una alta

proporción de cera de abejas adjudica al efecto negativo que presento la película comestible respecto a la pérdida de peso, a factores como la anaerobiosis interna que se produjo por la cantidad de cera de abeja en la película comestible y que indujo a la deshidratación y la consecuente pérdida de peso. Lo mismo sucedió para la investigación de Algecira (2010), quien obtuvo un incremento en la pérdida de peso de fresas con películas comestibles de almidón de yuca.

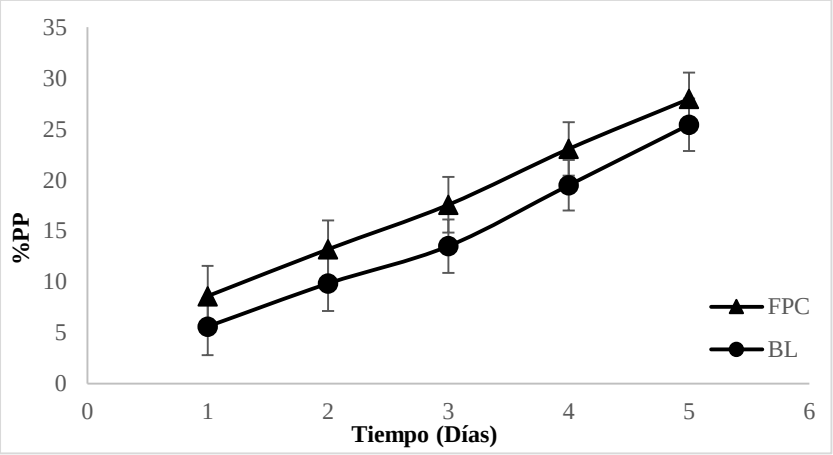

Figura 28 Variación del peso de las muestras FPC y BL respecto al tiempo.

La evaluación del color en la fresa se realizó de acuerdo a las características que esta presenta en su espesor, debido a que este es infinito desde el punto de vista de la reflectancia (Contreras, 2006). De lo anterior se asumió que no hay una influencia del color del fondo sobre el cual se realiza la medición superficial. Para esta investigación se consideró realizar las mediciones en fondo negro.

La Tabla 11 muestra los valores promedio de las coordenadas de claridad (*L), coordenada de verdes y rojos (*a), coordenada de amarillos y azules (*b), croma (*C), obtenidos para evaluar el color superficial de las muestras con el uso de la PCat (FPC) y las muestras patrón (BL) durante los cinco días de almacenamiento.

De acuerdo a la prueba de análisis de varianza para el parámetro *L, se evidencian diferencias significativas ($P<0,05$) en el uso de la PCat, en el tiempo y también en la interacción de estos dos factores. En cuanto al tiempo de almacenamiento, los días 1 y 2 tuvieron un *L significativamente mayor que el resto de días, para la muestra FPC. El descenso que mostro la FPC, se podría asumir por la Reacción de Maillard que se produjo por la acción de los aminoácidos presentes con azucares reductores dando como producto final melanoidinas que oscurecieron la PCat (Garcia T, 2008);

ese factor sumado con la humedad relativa y la luz del medio, indica el oscurecimiento que sufren los frutos durante el almacenamiento (Holcroft y Kader, 1999).

Tabla 11 Valores promedio del color superficial en muestras FPC y BL respecto al tiempo.

Muestra	Días	*L	*a	*b	*C	*h
FPC	1	$46,0\pm1,0^{Aa}$	$17,0\pm0,5^{Bbc}$	$20,9\pm1,2^{Aa}$	$30,3\pm0,9^{Aa}$	$0,7\pm0,1^{Aa}$
	2	$44,0\pm1,0^{Aa}$	$17,8\pm0,7^{Ba}$	$18,0\pm1,2^{Ab}$	$23,0\pm0,5^{Ab}$	$0,8\pm0,0^{Ab}$
	3	$39,0\pm1,0^{Ab}$	$16,1\pm0,3^{Bab}$	$9,0\pm0,7^{Ac}$	$21,0\pm1,0^{Ac}$	$1,0\pm0,0^{Ac}$
	4	$37,5\pm1,3^{Ab}$	$14,0\pm0,3^{Bcd}$	$4,0\pm0,2^{Ad}$	$17,3\pm0,6^{Ad}$	$1,3\pm0,0^{Ad}$
	5	$36,8\pm1,8^{Ab}$	$13,5\pm0,6^{Bd}$	$5,8\pm0,9^{Ad}$	$17,7\pm0,5^{Ad}$	$1,2\pm0,1^{Acd}$
BL	1	$40,5\pm0,5^{Ba}$	$20,0\pm1,0^{Abc}$	$14,3\pm0,6^{Ba}$	$28,0\pm1,0^{Aa}$	$0,73\pm0,0^{Ba}$
	2	$39,0\pm1,0^{Ba}$	$22,4\pm0,6^{Aa}$	$13,3\pm1,1^{Bb}$	$25,0\pm0,8^{Ab}$	$0,54\pm0,0^{Bb}$
	3	$36,7\pm0,8^{Bb}$	$17,9\pm0,3^{Aab}$	$9,2\pm0,5^{Bc}$	$20,4\pm1,2^{Ac}$	$0,40\pm0,0^{Bc}$
	4	$37,0\pm1,0^{Bb}$	$16,3\pm0,5^{Acd}$	$4,3\pm1,7^{Bd}$	$16,6\pm0,5^{Ad}$	$0,26\pm0,1^{Bd}$
	5	$36,5\pm1,3^{Bb}$	$16,0\pm0,9^{Ad}$	$6,8\pm1,2^{Bd}$	$17,5\pm1,2^{Ad}$	$0,40\pm0,0^{Bcd}$

*****Letras mayúsculas diferentes indican diferencia significativa respecto al uso de la PCat, a un nivel de significancia del 5%. **Letras minúsculas diferentes indican diferencia significativa respecto al tiempo, a un nivel de significancia del 5%.

La Figura 29 indica que el comportamiento que presento el parámetro *L correspondiente a la claridad, fue un descenso a lo largo de los cinco días de evaluación esto es similar a lo encontrado por Pastor (2010) quien obtuvo disminución de *L en fresas con películas a base de hidrocoloides durante los seis días de almacenamiento y Trejo (2007) obtuvo disminución de *L tanto en fresas con recubrimiento como sin recubrimiento. Autores como Navarros (2007) reportaron perdida de *L en ciruelas recubiertas con películas a base de hidroxipropilmetilcelulosa y cera de abejas a partir de la cuarta semana de frigoconservacion.

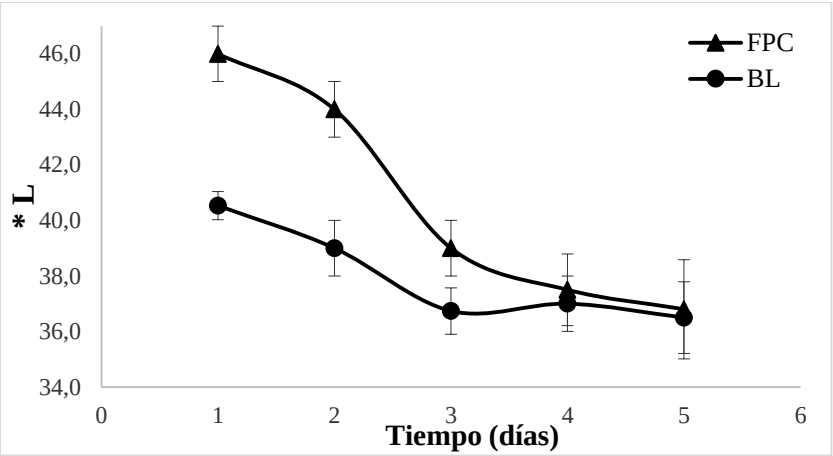

Figura 29 Variación de la Luminosidad de las muestras FPC y BL respecto al tiempo.

Valeria (2011) indico que el uso de plastificantes aumenta la opacidad en películas comestibles y como ya se ha revisado anteriormente en este estudio, el contenido de plastificante de la PCat ha sido mayor que en otras películas elaboradas con almidón. Otros investigadores indican que la luminosidad disminuye si el espesor de la película comestible es muy alto (Reyes, 2013), para esta investigación el espesor (Xe) de la PCat oscilo en valores cercanos a 0.3 mm.

La disminución de los valores de luminosidad de las frutas es un indicador del oscurecimiento que sufren durante su almacenamiento. Una disminución del croma indica un cambio a colores menor vivos o intensos, asociados a los procesos de senescencia de las frutas. Así mismo, una disminución del tono puede indicar una evolución de color, que en frutos rojo-violáceos varia, desde colores rojos a violetas (Holcroft y Kader, 1999)

En cuanto al parámetro *a, se presentaron diferencias significativas ($P<0,05$) entre el uso de la PCat, el tiempo y la interacción tiempo y uso de la película comestible. En la Figura 30 se identifica que *a fue significativamente mayor en el día 2 que en el día 1, para ambas muestras. A partir del día 3, este parámetro inicio un descenso hasta el día 5.

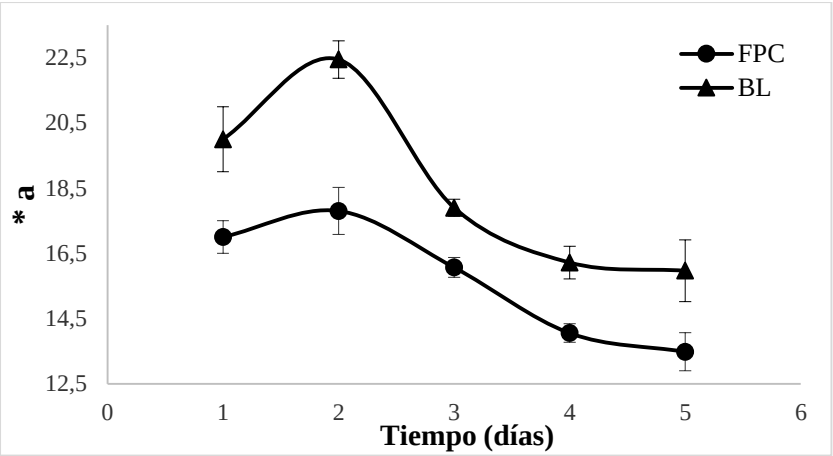

Figura 19 Variación de la coordenada * a de las muestras FPC y BL respecto al tiempo.

El parámetro *a define el componente rojo-verde; rojo para valores positivos y verde para los negativos (Maftoonazad y Ramaswamy, 2005). Es decir para esta investigación, se obtuvieron valores positivos, los cuales indicaron un descenso en el color rojo durante los 5 días de almacenamiento. La pérdida de *a para la muestra FPC fue de 20,7% frente a una pérdida de *a para la muestra BL de 20,1%, esto indica que al momento de conservar el color rojo característico de las fresas, la FPC y la BL presentan características similares. Los resultados obtenidos de *a, difieren con la investigación de Del Valle (2005) quien encontró que el recubrimiento usado en fresa mantuvo su color original y disminuyo las pigmentaciones oscuras. Trejo M (2007) asume la pérdida del color rojo en fresas por un incremento en la respiración y a procesos enzimáticos, a pesar de que en esta investigación se obtuvieron buenos resultados en el índice de respiración (IR) para fresas recubiertas con la PCat, los resultados no indicaron que la PCat presentaran una diferencia en la pigmentación roja característica de la fresa de frutas con o sin recubrimiento.

El parámetro *b indica el componente amarillo-azul; amarillo para valores positivos y azul para negativos (Maftoonazad y Ramaswamy, 2005). En esta investigación, el uso de la PCat y el tiempo presentaron diferencias significativas ($P<0,05$) para *b. La prueba de comparaciones de Tukey, indico que *b fue significativamente mayor en los días 1, 2 y 3 comparada con los días 4 y 5, es decir en estos dos últimos días la perdida de amarillos fue mayor. En la Figura 31 se identifica la reducción de *b que presentaron ambas muestras, allí se identifica que el descenso fue paralelo entre FPC y BL, y se evidencia una linealidad con pendiente positiva, lo que indica que mientras aumenta el tiempo disminuye el valor de *b. El poco efecto que presento la PCat se debe quizá a la alta permeabilidad al vapor de agua que esta presento.

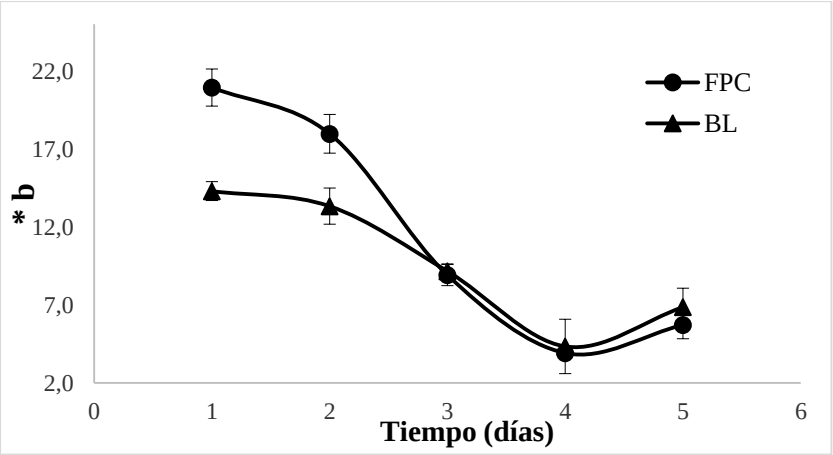

Figura 20 Variación de la coordenada * b de las muestras FPC y BL respecto al tiempo.

El croma (*C) no presento diferencias significativas (P<0,05) con el uso de la PCat, pero en cuanto al tiempo si existió una diferencia. El croma fue significativamente superior en el día 1 para ambas muestras, pero disminuyo significativamente en el resto de días, hasta lograr estabilizarse en el día 4 y 5. La pérdida de *C en la muestra FPC fue de 41% y en la muestra BL de 37,3%. Esta disminución concuerda con lo reportado por Pastor (2010) quien encontró una disminución de *C en fresas recubiertas con películas comestibles durante el tiempo. En la Figura 32 se identifica la reducción que tuvo *C en las muestras con y sin PCat.

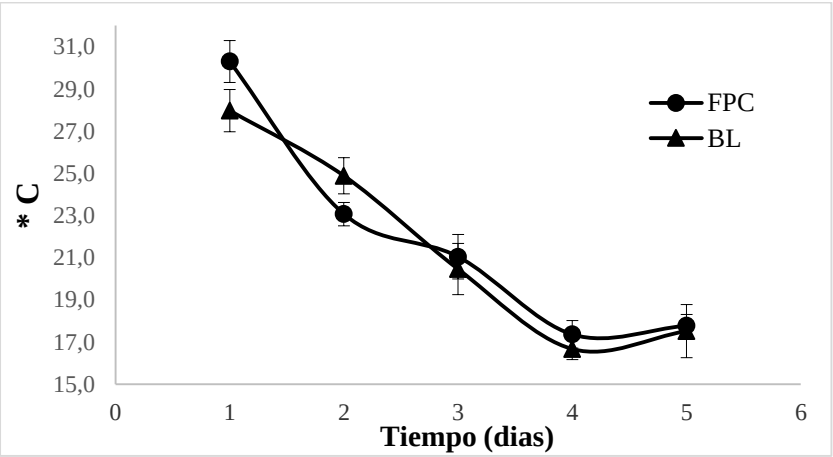

Figura 32 Variación de la coordenada *C de las muestras FPC y BL respecto al tiempo.

En relación al tono (*h) se encontraron diferencias significativas (P<0,05) con el uso de la PCat y el tiempo de almacenamiento. La tonalidad aumento durante los días de almacenamiento y por ende durante la maduración de las fresas para ambas muestras, esto se identifica en la Figura 33. En el caso de la muestra FPC, los frutos del día 1 presentaron un valor de 0,68° y alcanzaron su punto máximo en el día 4 con un valor de 1,30°. Lo anterior concuerda con resultados obtenidos por Pastor (2010), quien registró las mismas tendencias en fresas recubiertas con hidrocoloides.

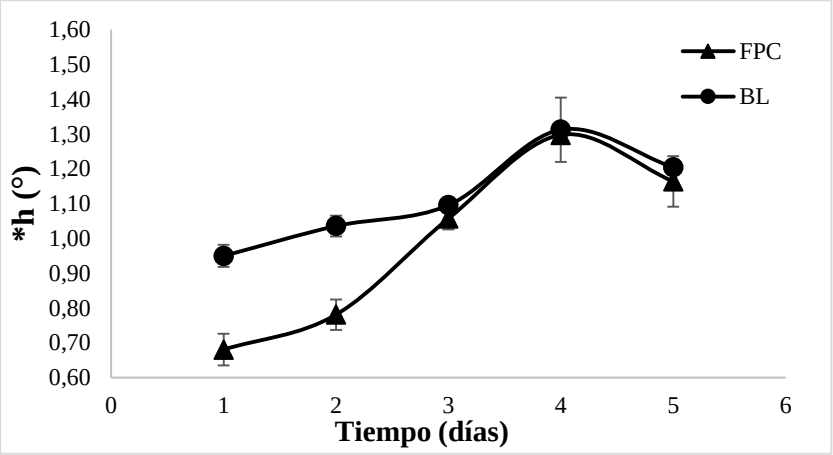

Figura 33 Variación de la coordenada * h de las muestras FPC y BL respecto al tiempo.

8.4 Evaluación sensorial

A treinta panelistas se les solicitó indicar cuanto les agradaba la muestra FPC presentada, asignando un valor a cada atributo según la categoría hedónica reportada en la Tabla 12, la cual va desde "pésimo" hasta "excelente".

Tabla 12 Calificaciones y categorías hedónicas de 5 puntos utilizados para evaluar muestra FPC.

Calificación	Categoría
1	Pésimo
2	Malo
3	Bueno
4	Regular
5	Excelente

En la Tabla 13 se presenta los valores de la media y la desviación estándar de las calificaciones asignadas por los consumidores.

Tabla 13 Estadísticos descriptivos para los atributos sensoriales de la muestra FPC (Valores promedio obtenido de la prueba sensorial por 30 consumidores y su desviación estándar).

Muestra	Estadísticos descriptivos			
	Olor	**Color**	**Sabor**	**Textura**
FPC	4,13±0,73	3,70±0,91	4,50±0,50	4,30±0,59

En la Tabla 13 se observa que el atributo con mejor calificación fue el de sabor, seguido por el atributo de textura y olor. La calificación más baja fue asignada al atributo de color, posiblemente porque la PCat no pasaba desapercibida visualmente.

Para realizar un análisis más específico de los atributos analizados se utilizó la prueba de Wilcoxon. Se analizó el intervalo de confianza de clasificación y la prueba de la mediana obtenida para cada atributo por medio del método con signos de Wilcoxon. Para la prueba de mediana se utilizó como hipótesis alternativa que la muestra FPC tuviera un valor superior a 3, el cual según la categoría hedónica es "bueno", los resultados se sintetizan en la Tabla 14.

Tabla 14 Resultados obtenidos de prueba de la mediana. (Prueba de la mediana =3,0 vs. la mediana >3,0)

Atributo	Estadística de Wilcoxon	Mediana estimada	P
Olor	300,0	4,0	0,000
Color	204,5	4,0	0,001
Sabor	465,0	4,5	0,000
Textura	406,0	4,5	0,000

Para cada atributo existen diferencias significativas ($P<0,05$) respecto a la mediana 3,0. Lo anterior indica que estadísticamente es válido afirmar que cada atributo (olor, color, sabor y textura) supero

la calificación “buena” otorgada por los consumidores y que no existieron alteraciones indeseables en las propiedades organolépticas del fruto por efectos de la película comestible. La PCat por lo tanto no genera un rechazo sensorial sino por el contrario tuvo calificaciones adecuadas por parte de los consumidores. Es importante observar además que el color tuvo un valor de P mayor comparado con el olor, sabor y textura, lo cual indica que el color obtuvo una más baja calificación respecto a los demás; esto concuerda con los resultados obtenidos por prueba de colorimetría, donde se identificó un cambio en el color de la fresa causado por el uso de la PCat.

Lo anterior concuerda con los resultados sensoriales obtenidas para fresas recubiertas con películas a base de almidón de yuca, las cuales también tuvieron una buena aceptación sensorial en cuanto a los atributos de apariencia, aroma, sabor y textura (Costa, 2009).

9 CONCLUSIONES

Las fresas con Película Comestible presentaron mayor resistencia al daño mecánico por punción, impacto y vibración frente a la fresa patrón. De acuerdo a la caracterización de la película comestible a base de almidón de achira y acido tánico, el módulo de elasticidad y el porcentaje de elongación permitieron aumentar las propiedades de textura en la fresa.

En cuanto al daño por compresión evaluado durante cinco días, el uso de la PCat no presento diferencias significativas frente a una muestra patrón, aunque en el día 2 se evidencio un incremento de dureza a la compresión de los frutos con la película comestible.

Con la inclusión de ácido tánico en la formulación, esta mostró una interacción con el plastificante mejorando sus propiedades mecánicas y su funcionabilidad como película, sobre las fresas.

Frente a las propiedades fisiológicas y color superficial, las muestras que usaban la película comestible a base de almidón de achira y acido tánico, disminuyeron el índice de respiración pero presentaron un aumento del color rojo, todos estos factores presentaron cambios a medida que transcurría el tiempo de almacenamiento. Parámetros como la luminosidad disminuyeron en los frutos con recubrimiento, lo anterior se atribuyó al almidón de achira y al plastificante que contenía la película comestible a base de almidón de achira y acido tánico. En cuanto a la pérdida de peso, los resultados fueron mayores en las fresas patrón, esto se adjudicó a que la película comestible a base de almidón de achira y acido tánico, presento una permeabilidad al vapor de agua muy alta, debido a la ausencia de un componente a parte del almidón de achira que fortaleciera esta característica.

10 RECOMENDACIONES

El contenido de la amilosa y los plastificantes son aspectos que inciden en formar una película comestible con propiedades mecánicas adecuadas y de permeabilidad al vapor de agua. Por ello se

recomienda desarrollar películas comestibles con diferentes concentraciones de almidón de achira y de plastificante, para así determinar el efecto que tienen en los daños mecánicos de frutos.

Aún existen pocas investigaciones con el uso de agentes entrecruzantes, a parte del ácido tánico se recomienda encontrar otro tipo de compuestos, evaluar a profundidad el efecto que realiza el entrecruzante y si es posible evaluar la concentración de agente entrecruzante frente a concentraciones de plastificantes y biopolímeros.

A nivel de desarrollo y obtención de la película comestible, sería muy oportuno que se iniciara investigación de equipos y diseños de planta para obtener estos recubrimientos, debido a que las investigaciones desarrolladas han obtenido excelentes resultados pero este desarrollo debe ser más asequible al agricultor y comercializador.

Debido a que en algunas investigaciones se atribuye que los cambios de luminosidad de frutas con los recubrimientos se deben a reacciones ocurridas durante la gelatinización de la solución formadora de película comestible, se podría investigar en compuestos que permitan mantener la luminosidad y que la película comestible presente mejores características de color superficial.

11 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acosta, S. (2014). Propiedades de films de almidón de yuca y gelatina. Incorporación de aceites esenciales con efecto antifungico (Tesis doctoral). Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.

Alcántara G. (2009). Estimación de los daños físicos y evaluación de la calidad de la fresa durante el manejo poscosecha y el transporte simulado. (Tesis doctoral). Universidad politécnica de valencia, Valencia, España.

Algecira, N., Moncayo, D., Buitrago, G., Perilla, J. (2010). Aplicación de una dextrana como recubrimiento comestible en fresa. Disponible en <http://aiquruguay.org/congreso/download/P79.pdf>.

Allen P. E., Bennett D.J. & Williams, D. (1992). Water in methacrylates 1. Sorption and desorption properties of Poly (2–hydroxyethyl Methacrylate–co–Glycol dimethacrylate) networks. European Polymer Journal 28, 347–352.

Almenar, E. (2005). Envasado activo de fresas silvestres (Tesis doctoral). Universidad de Valencia, España.

Alter M. (2004). Los estiramientos "Cuerpo Sano Series". España: Editorial Paidotribo.

Andrade, M., Tapia, D., Menegalli, F. (2011). Development and optimization of biodegradable films based on achira flour. Journal Elsevier.

AOAC. (2007). Official Methods of analysis. 13th Edition. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C., USA

Arias, E., Torres, A. Pérez, C. (n.d.). Instituto Tecnológico de Celaya, Dpto. Ingeniería Bioquímica. Celaya. México

Arredondo T. (2012). Diseño de empaques comestibles activos a base de almidón modificado para su posible aplicación en alimentos en fresco. (Tesis de posgrado). Universidad Autónoma de Querétaro. Qro, Mexico.

Barrett, D., Somogyi, L., Ramaswamy, H. (2005). Processing Fruits, Science and technology, 2d edition. United States of America. CRC PRESS.

Bertuzzi, M. A.; Armada, M.; Gottifredi, J. C.; Aparicio, A. R.; Jiménez, P. (2002). Estudio de la permeabilidad al vapor de agua de films comestibles para recubrir alimentos. Congreso regional de ciencia y tecnología. Universidad Nacional de Catamarca. Buenos Aires. Argentina.

Bourtoom, T. (2007). Plasticizer effect on the properties of biodegradable blend film from rice starch-chitosan. Department of Material Product Technology, Thailand.

Bower, J.H., Biasi, W.V., Mitcham, E. J. (2003). Effects of ethylene and 1-MCP on the quality and storage life of strawberries. Postharvest Biology and Technology 28: 417-423.

Caamal I, Pereira, F, Madera T, (2011). Caracterización óptica y mecánica de películas comestibles a base de mezclas binarias de almidones de Phaseolus lunatus L, Manihot esculenta

Caballero M, (2010). Obtención y caracterización de películas poliméricas de Almidón termoplástico/arcilla modificada con quitosano. (Tesis de pregrado). Universidad Industrial de Santander. Santander, Colombia.

Camacho, G. (2002). Procesamiento y conservación de frutas. Dirección Nacional de Innovación Académica. Universidad Nacional de Colombia, 2002. Disponible en: <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/agronomia/2006228/index.html >

Cárdenas, M. (1950). Plantas alimenticias nativas de los Andes de Bolivia. Universidad de Cochabamba. Bolivia.

Ciro, H., Osorio, A. (2007). Avance experimental de la ingeniería de postcosecha de frutas colombianas: resistencia mecánica para frutos de uchuva. Dyna 75(154). Disponible en: <http://www.revistas.unal.edu.co/ojs/index.php/dyna/rt/printerFriendly/1712/11604>.

Chambi, H., y Grosso, C. (2006). Edible films produced with gelatin and casein cross-linked with transglutaminase. Food Research International, 39 (4), 458-466. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996905002048>.

Chaudhari, A., Kumbhar, B., Singh, B., y Maharaj, N. (1993). Osmotic dehydration of fruits and vegetables a review. Indian Food-Industry, 12, 20-27.

Coca, A. (1998). Utilización de los Almidones en la Industria Panificadora en almidón de achira y Uso Industrial, Santa fe de Bogotá.

Contreras, C. (2006). Influencia del método de secado en parámetros de calidad relacionados con la estructura y el color de manzana y fresa deshidratadas (Tesis doctoral no publicada). Universitat Politècnica de València, Valencia, España.

Corpocauca. (2005). Alianza para el fortalecimiento de la cadena productiva de frutas en el municipio de Sotara, región del macizo colombiano. Disponible en: <http://observatorio.misionrural.net/alianzas/productos/fresa/sotara/preinversion_%20FRESA.pdf>.

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA). (2003). La achira: alternativa agroindustrial para áreas de economía campesina. Disponible en: <http://www.agronet.gov.co/www/docs_si2/La%20achira%20tecnicas%20de%20cultivo%20y%20beneficio.pdf>.

Costa, L., Mendes, L (2009). Selection of an Edible Starch Coating for Minimally Processed Strawberry. Food Bioprocess Technol.

Crantz, Z. (2011). Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, Vol. 12, núm. 1, junio, pp. 101-109. México D.F.

Cubero, N., Monferrer, A., Villalta, J. (2002). Aditivos alimentarios. Ed. Mundi Prensa Libros.

Dadzie, B., Orchard, E. (1997). Evaluación rutinaria postcosecha de híbridos de bananos y plátanos: criterios y métodos. Disponible en: <http://books.google.com.co/books?id=hkQQW5kLMPUC&dq=banks+joseph+impacto+vibracion&source=gbs_navlinks_s>.

Departamento de Patentes e Información Tecnológica. (2013). Informe tecnológico de patentes. Disponible en: <https://www.oepm.es/comun/documentos_relacionados/Informacion_Tecnologica/Ejemplo_ITP_alimentacion.pdf>.

Diab, T.; Costas, G.; Dimitris, G., Evangelos, S. Physicochemical properties and application on pullulan edible films and coatings in fruit preservation. Food Agri., v.81, p. 988-1000, 2001.

Emerging Food R&D Report. (2009). Sodium caseinate edible coating optimizes physicochemical, textural properties of blackberry fruit. Disponible en: <http://www.highbeam.com/doc/1G1-207783320.html>.

Escobar, D., Márquez, R., Repiso, L., Sala, A., Silvera, C. (2008). Elaboración, caracterización y comparación de películas comestibles en base aislada de proteínas de suero lácteo (WPI). Publicación anual del laboratorio tecnológico del Uruguay 3: 57-61. Disponible en: <file:///C:/Users/karit_000/Downloads/37-66-1-SM.pdf>.

Escobar, D., Márquez, R., Repiso, L., Sala, A., Silvera, C. (2008).Preparation, characterization and comparison of edible films based on whey protein isolate. INNOTEC 3:57-62.

Escobar, D., Sala, A., Silvera, C., Harispe, R., Márquez, R. (2009). Películas biodegradables y comestibles desarrolladas en base de aislado de proteínas de suero lácteo: estudio de dos métodos de elaboración y del uso de sorbato de potasio como conservador. Revista del laboratorio tecnológico del Uruguay, (4), 33. Disponible en: <http://ojs.latu.org.uy/index.php/INNOTEC/article/viewFile/51/42>.

Escobar J, García D, Zaldivar D, Katime I. Rev. Iberoam. Polim. (2002); 3(3): 1-25.

Famá, L., Rojas, A., Goyanes., Gerschenson, L. (2003). Películas comestibles de aplicación industrial. Universidad de Buenos Aires.

FAO. (1993). Prevención de pérdidas de alimentos poscosecha: frutas, hortalizas, raíces y tubérculos, Volumen 2. Disponible en: <http://books.google.com.co/books?id=32e7Ezy76DYC&dq=da%C3%B1o+mecanico+en+frutas+y+hortalizas&source=gbs_navlinks_s>.

FAO. (1987). Improvement of Post-harvest Fresh Fruits and Vegetables Handling-A Manual. Regional Office for Asia and the Pacific (RAPA) FAO and the Association of Food Marketing Agencies in Asia and the Pacific (AFMA). Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/x5055S/x5055S00.htm>.

FAOSTAT. (2013). Data base Gateway. Disponible en: <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/home/S>.

García T, Y. (2008). Elaboración de películas de almidón oxidado de plátano (Musa Paradisiaca L) por extrusión y su caracterización parcial [Tesis Magister en Ciencias en Desarrollo de Productos Bióticos]. Yautepec, (México): Instituto Politécnico Nacional, p. 1-76

García, H. (1998). Producción y extracción de Almidón de Achira en Colombia. En Almidón de Achira, Producción y uso industrial. Corpoica, Programa Nacional de Maquinaria y Poscosecha. Santa Fé de Bogotá.

Gennadios, A. Brandenburg, A. Park, J. W. Weller, C., Testin, R. (1994). Water Vapour permeability of wheat gluten and soy protein isolate films. Industrial Crops and Products 2(3), 189-195.

Gennadios A, Weller C. (1990). Edible films and coatings from wheat and corn proteins. Food echnology.

Ghica, M., Albu, M., Popa, L., Leca, M., Brazdaru, L., Cotrut, C., Trandafir, V. (2009). Drug delivery systems based on collagen-tannic acid matrices. Revue Roumaine de Chimie, 54(11-12), 1103–1110.

González L. (2011). Desarrollo y evaluación de una película comestible obtenida del mucílago de nopal (Opuntia ficus-indica) utilizada para reducir la tasa de respiración de nopal verdura. Universidad Simón Bolívar. México.

Guilbert, S. (1986). Technology and application of edible protective films. En: Mathlouthi, M. (ed.). Food Packaging and Preservation. Theory and Practice. Ed. Elsevier Applied Science Publishers. USA, pp. 371-394.

Hernández, F. (2009). Aplicación de películas comestibles a base de quitosano y mucílago de nopal en fresa (Fragaria ananassa) almacenada en refrigeración (Tesis de pregrado). Universidad de las Americas Puebla, Cholula, México.

Hernández, S. (2012). Caracterización de espumas dulces formuladas con zumo de fresa natural y edulcorantes saludables (Maestría). Universidad politécnica de Valencia, Valencia, España.

Ibañez F., y Barcina, Y. (2001). Análisis sensorial de alimentos: métodos y aplicaciones. Barcelona, España: Taylor & Francis.

Instituto de Bienestar Familiar (ICBF). (2005). Tabla de composición de los alimentos, composición 360- Fresa, sin variedad disponible. Colombia. Disponible en:

<http://alimentoscolombianos.icbf.gov.co/alimentos_colombianos/principal_alimento.asp?id_alimento=360&enviado3=1>.

Instituto Mexicano del Transporte. (2002). Vibración durante el transporte y su efecto en perecederos. Disponible en: <http://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt188.pdf>.

Kader, A. Rolle, R. (2004). The role of postharvest management in assuring the quality and safety of horticultural produce. Value of horticultural perishables and their postharvest losses. FAO. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/007/y5431e/y5431e00.htm>.

Kader, A. (n.d.). Biología y Tecnología de Poscosecha: Una Revisión General. Disponible en: <http://www.ecofisiohort.com.ar/wp-content/uploads/2010/04/Biolog%C3%ADa-y-Tecnolog%C3%ADa-de-Postcosecha.pdf>.

Kamp, J., Pedersen, J. (1990). Quality of imported and domestic fruits and vegetables in the Danish retail trade with special reference to mechanical damages. Memorias del Seminario Internacional sobre daños por impacto en frutas y hortalizas. Volumen II. Zaragoza, España. pp. 11 – 16

Lazard, L, Doreau, A. Nadison, J. (1998). National Starch and Chemical Investment Holding Corporation 501 Silverside Road Wilmington, Delaware 19809, US.

Lexicoon. (n.d.) Diccionario. Disponible en: <http://lexicoon.org/es/turgencia>.

Li, J. Yan, J. Cao, J. Zhao, Y. Jiang, W. (2012). Preventing the wound induced deterioration of Yali pears by chitosan coating treatments. Food Sci Technol. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22414935>.

López O, Villar M, García M. (2013). Efecto de la adición de fibras de celulosa de p. ahipa sobre las propiedades de películas de almidón de maíz termoplástico. SAM. CONAMET. La plata. Argentina.

Luna, G. (2008). Plan de negocio para la creación de una empresa agroindustrial destinada a la transformación de fresa en pulpa en Bogotá. (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.

Manning, K. (1993). Soft Fruit. In: Seymour, G. B., Taylor, J. E., Tucker, G. A. (Eds.), Biochemistry of Fruit Ripening. Chapman and Hall, London, pp. 347-377.

Martinelli, M., Froimowicz, P., Calderón., M., Strumia, M. (2003). Materiales poliméricos funcionalizados. Parte 1: Síntesis y polimerización de monómeros funcionalizados. Revista Iberoamericana de Polímeros 4(4). Disponible en: <http://www.ehu.es/reviberpol/pdf/DIC03/Strumia1.pdf>.

Marzo, I. (2010). Efecto del tipo y contenido de aceites esenciales sobre las propiedades mecánicas y barrera de películas comestibles basadas en zeína (Tesis de pregrado). Universidad Pública de Navarra, Pamplona, España.

Mchugh, T. H., Krochta, J. M. (1994). Water vapor permeabilityproperties of edible whey protein-lipid emulsion films. JAOCS, Journal ofthe American Oil Chemists´ Society 71(3), 307-312.

McHugh, T. H. (2000). Protein-lipid interactions in edible films and coatings. Die Nahrung 44(3), 148-151. Disponible en: <http://academica-e.unavarra.es/handle/2454/2203>.

Mercado J. (1998). Estudio de algunos factores que influyen sobre las propiedades físicas que describen las características de la fresa en fresco y modelos estadísticos para su estimación. (Tesis de Doctorado). Universidad Politécnica de Valencia, España.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2013). Boletín semanal: Sistema de Información de Precios y Abastecimiento del Sector Agropecuario (SIPSA). Colombia. Disponible en: <www.agronet.gov.co/www/htm3b/.../Semana_15Junio_21jun_2013.pdf>.

Mitcham, E., Crisosto, C., Kader, A. (2013). Fresa: Recomendaciones para mantener la calidad postcosecha. Disponible en: <http://postharvest.ucdavis.edu/frutasymelones/Fresa_Frutilla>.

Moreno, R. (2005). Reología de suspensiones cerámicas. Editorial CSIC, España.

Na, C., Yuhua, F., Junhui, H. (2006). Mechanical properties of gelatin films cross-linked, respectively, by ferulic acid and tannin acid. Elsevier, ScienceDirect 21 (2007) 575-584.

Olías, J. (1998). Tecnología post-cosecha en el sector fresero de Huelva. Departamento de Fisiología y Tecnología de productos vegetales. Instituto de la Grasa. Sevilla, España

O'Brien, M.; Claypool, L. L.; Leonard, G. J.; York, G. K.; MacGillivraqy, J. H. (1963). "Causes of Fruit Bruising on Transport Trucks". Hilgardia, 35(6):113-243.

Parra, F., Tadini, C., Lugão, A., y Ponce, P. (2004). Mechanical properties and water vapor transmission in some blends of cassava starch edible films. Carbohydrate Polymers. 58, 475 – 481.

Pastor, C. (2010). Recubrimientos comestibles a base de hidroxipropil metilcelulosa: caracterización y aplicación (Tesis doctoral). Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España

Parzanese, M. (n.d.). Tecnologías para la Industria Alimentaria películas y recubrimientos comestibles. Disponible en: <http://www.alimentosargentinos.gov.ar/contenido/sectores/tecnologia/Ficha_07_PeliculaComestible.pdf>.

Pérez, E. Cannáceas; Achira o Chisgua, En: Plantas útiles de Colombia, tercera edición. Bogotá, Colombia. Víctor Hugo. 1947. P. 254-255

Psomiadou, E. Arvanitoyannis, I. Yamamoto, N. (1996). Edible films from natural resources microcrystalline cellulose, methylcellulose and corn starch and polyols. Osaka, Japón

Pyla R., Kim T.J., Silva J.L., Jung Y.S. (2010). Enhanced antimicrobial activity of starch-based film impregnated with thermally processed tannic acid, a strong antioxidant. International Journal of Food Microbiology 137, 154-160

Restrepo, A., Cortes, M., y Rojano B. Determinación de la vida útil de fresa (fragaria ananassa duch.) fortificada con vitamina E. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49611945018>.

Quintero, J., Falguera, V., Muñoz, A. (2010). Películas y recubrimientos comestibles: importancia y tendencias recientes en la cadena hortofrutícola. Disponible en: <http://www.academia.edu/1616455/Pel%C3%ADculas_y_recubrimientos_comestibles_Importancia_y_Tendencias_Recientes_en_la_Cadena_Hortofrut%C3%ADcola>.

Ribera, J. (2006). Extracción de almidón de achira (Canna Edulis) y modificación por acetilación y doble derivatizacion. Universidad Técnica de Ambato.

Rivero, S., García, M., y Pinotti, A. (2013). Propiedades de barrera y antioxidantes de películas activas entrecruzadas de quitosano. Journal of Food Engineering 48, 6298- 6302.

Rodríguez, M., Osés, J., Ziani, K., Maté, J. (2006). Combined effect of plasticizers and surfactants on the physical properties of starch based edible films. Food Research International, 39, 840-846.

Rosenthal A. (2001). Textura de los alimentos, medida y percepción. España: Ed. Acribia S.A.
Saavedra, N., Algeciras, N. (2010). Evaluación de películas comestibles de almidón de yuca y proteína aislada de soya en la conservación de fresas. N O V A 8(14): 171-182. Disponible en: <http://www.imbiomed.com.mx/1/1/articulos.php?method=showDetail&id_articulo=84189&id_seccion=4663&id_ejemplar=8301&id_revista=187>.

Silva, C. (2010). Caracterización reológica de hidrocoloides alimentarios: goma aguar, goma tragacanto, metilcelulosa y sus mezclas (Tesis doctoral). Universidad de Santiago de Compostela, España.

Soto, Diana y Oliva, Haydée. Métodos para preparar hidrogeles químicos y físicos basados en almidón: Una revisión. Rev. Latín Am. Metal. Mater. [en línea]. 2012, vol.32, n.2 [citado 2015-01-14], pp. 154-175. Disponible en: <http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0255-69522012000200002&script=sci_arttext>.

Szczesniak, A.S. y Smith, B.J. (1969). Observations on Strawberry Texture, a three-pronged approach. J. Texture Studies. 1: 65-89.

Thompson, A.K. (1996). Postharvest Technology of Fruit and Vegetables. UK: Blackwell, Oxford. pp. 410.

Trejo, M. Ramos, K. Pérez, C. (2007). Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina sobre la calidad de fresa (fragaria vesca l.) almacenada en refrigeración. Universidad Nacional Autónoma de México.

Universidad Tecnológica de Pereira (2012). Propiedades mecánicas de los materiales. Disponible en: <http://blog.utp.edu.co/metalografia/2012/07/31/2-propiedades-mecanicas-de-los-materiales>.

Valeria, O. (2011). Desarrollo, caracterización y aplicación de envases biodegradables a partir de almidón (Tesis doctoral). Universidad Nacional de La Plata.

Vendrell, M. (1999). Mejora de la calidad de fruta y de la vida útil con la manipulación de la textura. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Instituto de Biología Molecular de Barcelona.

Yam, J., Villaseñor, C., Romantchik, E., Soto, M., Peña, M. (2010). Una revisión sobre la importancia del fruto de Guayaba (Psidium guajava L.) y sus principales características en la postcosecha. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 19 (4), 80. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v19n4/rcta12410.pdf>.

12 ANEXOS

12.1 Resultados estadísticos de la prueba fuerza de punción.

Estadísticas tabuladas: PELICULA. TIEMPO

```
Filas: PELICULA   Columnas: TIEMPO

            1      2      3      4      5   Todo

1       2,640  1,948  1,351  0,933  0,779  1,530
2       3,950  2,134  1,728  1,524  0,871  2,041
Todo    3,295  2,041  1,540  1,228  0,825  1,786

Contenido de la celda: FUERZA DE PUNCION (N): Media
```

Modelo lineal general: FUERZA DE PUNCION (N) vs. PELICULA. TIEMPO

```
Análisis de varianza para FUERZA DE PUNCION (N), utilizando SC ajustada para
     pruebas

Fuente           GL  SC Sec.  SC Ajust.  CM Ajust.      F      P
PELICULA          1   1,9601     1,9601     1,9601   7,88  0,011
TIEMPO            4  21,8232    21,8232     5,4558  21,93  0,000
PELICULA*TIEMPO   4   1,4161     1,4161     0,3540   1,42  0,263
Error            20   4,9761     4,9761     0,2488
Total            29  30,1755


S = 0,498802   R-cuad. = 83,51%   R-cuad.(ajustado) = 76,09%


Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0%

PELICULA   N  Media  Agrupación
2         15    2,0  A
1         15    1,5    B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

TIEMPO  N  Media  Agrupación
1       6    3,3  A
2       6    2,0    B
3       6    1,5    B C
4       6    1,2    B C
5       6    0,8      C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.
```

12.2 Resultados estadísticos de la prueba de impacto.

ANOVA unidireccional: AREA CON. AREA SIN

```
Fuente  GL      SC      CM      F      P
Factor   1  1706,6  1706,6  35,12  0,000
Error    8   388,8    48,6
Total    9  2095,3
```

Agrupar información utilizando el método de Tukey

	N	Media	Agrupación
AREA SIN	5	39,579	A
AREA CON	5	13,452	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

	N	Media	Agrupación
AREA SIN	5	39,579	A
AREA CON	5	13,452	B

12.3 Resultados estadísticos de la prueba de compresión.

Modelo lineal general: dureza vs. uso pc. tiempo

Factor	Tipo	Niveles	Valores
uso pc	fijo	2	1. 2
tiempo	fijo	5	1. 2. 3. 4. 5

Análisis de varianza para dureza, utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	CM Ajust.	F	P
uso pc	1	4,233	4,233	4,233	1,42	0,247
tiempo	4	275,495	275,495	68,874	23,13	0,000
uso pc*tiempo	4	68,384	68,384	17,096	5,74	0,003
Error	20	59,543	59,543	2,977		
Total	29	407,656				

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0%

uso pc	N	Media	Agrupación
1	15	5,8	A
2	15	5,0	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

tiempo	N	Media	Agrupación
2	6	9,9	A
1	6	8,0	A
3	6	4,3	B
4	6	2,7	B
5	6	2,1	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Estadísticas tabuladas: PELICULA. TIEMPO

Filas: PELICULA Columnas: TIEMPO

	1	2	3	4	5	Todo
1	0,07787	0,02077	0,04862	0,05550	0,04666	0,04988
	0,01343	0,00428	0,01485	0,03003	0,01641	0,02421
	3	3	3	3	3	15

```
2       0,10025  0,09113  0,01288  0,02265  0,01942  0,04926
        0,01322  0,01348  0,00707  0,01839  0,01897  0,04143
              3        3        3        3        3       15

Todo    0,08906  0,05595  0,03075  0,03907  0,03304  0,04957
        0,01710  0,03956  0,02217  0,02863  0,02178  0,03334
              6        6        6        6        6       30

Contenido de la celda:  COHESIVIDAD (N)  :  Media
                        COHESIVIDAD (N)  :  Desviación estándar
                                            Conteo

                T
```

Modelo lineal general: COHESIVIDAD (N) vs. PELICULA. TIEMPO

```
Análisis de varianza para COHESIVIDAD (N), utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente           GL    SC Sec.  SC Ajust.  CM Ajust.      F      P
PELICULA          1  0,0000029  0,0000029  0,0000029   0,01  0,919
TIEMPO            4  0,0140266  0,0140266  0,0035067  13,01  0,000
PELICULA*TIEMPO   4  0,0128229  0,0128229  0,0032057  11,90  0,000
Error            20  0,0053899  0,0053899  0,0002695
Total            29  0,0322422


TIEMPO  N  Media  Agrupación
1       6    0,1  A
2       6    0,1    B
4       6    0,0    B
5       6    0,0    B
3       6    0,0    B
```

Estadísticas tabuladas: PELICULA. TIEMPO

```
Filas: PELICULA   Columnas: TIEMPO

             1       2       3       4       5    Todo

1       1,0951  1,1491  0,9236  0,4642  0,4343  0,8132
        0,1223  0,4128  0,3425  0,2151  0,2020  0,3954
             3       3       3       3       3      15

2       1,7542  1,6481  0,1926  0,2649  0,4107  0,8541
        0,2921  0,3537  0,2036  0,1006  0,2050  0,7500
             3       3       3       3       3      15

Todo    1,4247  1,3986  0,5581  0,3645  0,4225  0,8337
        0,4128  0,4392  0,4731  0,1856  0,1825  0,5894
             6       6       6       6       6      30

Contenido de la celda:  GOMOSIDAD (N)  :  Media
                        GOMOSIDAD (N)  :  Desviación estándar
                                          Conteo
```

Modelo lineal general: GOMOSIDAD (N) vs. PELICULA. TIEMPO

```
Análisis de varianza para GOMOSIDAD (N), utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente           GL   SC Sec.  SC Ajust.  CM Ajust.      F      P
PELICULA          1   0,01251    0,01251    0,01251   0,18  0,676
```

```
TIEMPO            4   6,80102    6,80102    1,70025  24,51  0,000
PELICULA*TIEMPO   4   1,87458    1,87458    0,46864   6,75  0,001
Error            20   1,38756    1,38756    0,06938
Total            29  10,07566


TIEMPO  N  Media  Agrupación
1       6    1,4  A
2       6    1,4  A
3       6    0,6    B
5       6    0,4    B
4       6    0,4    B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.
```

12.4 Resultados estadísticos de la tasa de respiración.

Estadísticas tabuladas: PELICULA. TIEMPO

```
Filas: PELICULA   Columnas: TIEMPO

            1      2      3      4      5   Todo

1       279,1  311,0  179,6  158,8  306,0  246,9
        110,9  208,8   42,1   14,5   39,5  119,5
            5      5      5      5      5     25

2       284,5  390,9  273,7  391,2  497,7  367,6
        114,1  187,3   60,7  215,8  267,7  188,1
            5      5      5      5      5     25

Todo    281,8  351,0  226,6  275,0  401,9  307,3
        106,1  191,7   69,9  189,2  206,8  167,4
           10     10     10     10     10     50

Contenido de la celda:  RESPIRACION (mL/kg/h)  :  Media
                        RESPIRACION (mL/kg/h)  :  Desviación estándar
                                                  Conteo

                T
```

Modelo lineal general: RESPIRACION (mL/kg/h) vs. PELICULA. TIEMPO

```
Fuente           GL  SC Sec.  SC Ajust.  CM Ajust.     F      P
PELICULA          1   182156     182156     182156  7,94  0,007
TIEMPO            4   190486     190486      47622  2,08  0,102
PELICULA*TIEMPO   4    82904      82904      20726  0,90  0,471
Error            40   917866     917866      22947
Total            49  1373412


PELICULA   N  Media  Agrupación
2         25  367,6  A
1         25  246,9    B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.


Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0%
```

```
TIEMPO   N  Media  Agrupación
5       10  401,9  A
2       10  351,0  A
1       10  281,8  A
4       10  275,0  A
3       10  226,6  A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.
```

12.5 Resultados estadísticos de la pérdida de peso.

Modelo lineal general: PERDIDA DE PESO (g) vs. PELICULA. TIEMPO

```
Análisis de varianza para PERDIDA DE PESO (g), utilizando SC ajustada para
     pruebas

Fuente           GL  SC Sec.  SC Ajust.  CM Ajust.     F      P
PELICULA          1   10,618     10,618     10,618  1,35  0,258
TIEMPO            4   61,000     61,000     15,250  1,94  0,142
PELICULA*TIEMPO   4    1,253      1,253      0,313  0,04  0,997
Error            20  156,917    156,917      7,846
Total            29  229,788


Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0%

PELICULA   N  Media  Agrupación
1         15   18,0  A
2         15   16,8  A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.


Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0%

TIEMPO  N  Media  Agrupación
1       6   19,6  A
2       6   18,2  A
3       6   17,3  A
4       6   16,5  A
5       6   15,4  A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.
```

12.6 Resultados estadísticos del color superficial.

Estadísticas tabuladas: PELICULA. tiempo

```
Filas: PELICULA   Columnas: tiempo

            1      2      3      4      5   Todo

1       45,25  43,59  39,97  39,06  37,27  41,03
        4,202  2,436  2,092  1,593  1,882  3,813
            4      4      4      4      4     20

2       38,49  40,91  37,16  37,22  38,11  38,38
        0,089  0,000  0,000  0,000  0,000  1,399
            4      4      4      4      4     20
```

```
Todo    41,87  42,25  38,57  38,14  37,69  39,70
        4,543  2,146  2,033  1,431  1,310  3,137
            8      8      8      8      8     40

Contenido de la celda:  color l  :  Media
                        color l  :  Desviación estándar
                                    Conteo
```

Estadísticas tabuladas: PELICULA. tiempo

```
Filas: PELICULA   Columnas: tiempo

            1      2      3      4      5   Todo

1       16,91  19,16  19,12  16,84  15,10  17,43
        4,675  2,377  1,394  0,415  0,688  2,693
            4      4      4      4      4     20

2       20,16  23,36  18,97  16,03  16,47  19,00
        0,102  0,000  0,000  0,000  0,000  2,736
            4      4      4      4      4     20

Todo    18,53  21,26  19,04  16,43  15,79  18,21
        3,519  2,730  0,916  0,510  0,856  2,795
            8      8      8      8      8     40

Contenido de la celda:  color a  :  Media
                        color a  :  Desviación estándar
                                    Conteo
```

Estadísticas tabuladas: PELICULA. tiempo

```
Filas: PELICULA   Columnas: tiempo

            1      2      3      4      5   Todo

1       22,15  15,67  11,38   5,76   6,49  12,29
        3,812  2,840  3,030  1,778  2,156  6,735
            4      4      4      4      4     20

2       18,20  13,91   7,94   4,34   6,86  10,25
        0,093  0,000  0,000  0,000  0,000  5,200
            4      4      4      4      4     20

Todo    20,18  14,79   9,66   5,05   6,68  11,27
        3,270  2,083  2,705  1,389  1,425  6,028
            8      8      8      8      8     40

Contenido de la celda:  color b  :  Media
                        color b  :  Desviación estándar
                                    Conteo
```

Estadísticas tabuladas: PELICULA. tiempo

```
Filas: PELICULA   Columnas: tiempo

            1      2      3      4      5   Todo
```

```
1       29,08  25,21  22,44  17,93  16,59  22,25
        1,017  0,760  1,857  0,570  1,001  4,831
            4      4      4      4      4     20

2       29,01  27,37  20,70  16,66  17,85  22,32
        0,105  0,000  0,000  0,000  0,000  5,126
            4      4      4      4      4     20

Todo    29,04  26,29  21,57  17,29  17,22  22,28
        0,670  1,257  1,529  0,771  0,938  4,917
            8      8      8      8      8     40

Contenido de la celda:  C  :  Media
                        C  :  Desviación estándar
                              Conteo
```

Modelo lineal general: color l vs. PELICULA. tiempo

```
Análisis de varianza para color l, utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente           GL  SC Sec.  SC Ajust.  CM Ajust.      F      P
PELICULA          1   70,366     70,366     70,366  20,66  0,000
tiempo            4  151,769    151,769     37,942  11,14  0,000
PELICULA*tiempo   4   59,480     59,480     14,870   4,37  0,007
Error            30  102,160    102,160      3,405
Total            39  383,775


Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0%

PELICULA   N  Media  Agrupación
1         20   41,0  A
2         20   38,4    B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.


Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0%

tiempo  N  Media  Agrupación
2       8   42,3  A
1       8   41,9  A
3       8   38,6    B
4       8   38,1    B
5       8   37,7    B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.
```

Modelo lineal general: color a vs. PELICULA. tiempo

```
Análisis de varianza para color a, utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente           GL  SC Sec.  SC Ajust.  CM Ajust.      F      P
PELICULA          1   24,623     24,623     24,623   8,18  0,008
tiempo            4  153,006    153,006     38,252  12,71  0,000
PELICULA*tiempo   4   36,758     36,758      9,189   3,05  0,032
Error            30   90,317     90,317      3,011
Total            39  304,704
```

```
S = 1,73510   R-cuad. = 70,36%   R-cuad.(ajustado) = 61,47%


Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0%

PELICULA   N  Media  Agrupación
2         20   19,0  A
1         20   17,4    B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0%

tiempo  N  Media  Agrupación
2       8   21,3  A
3       8   19,0  A B
1       8   18,5    B C
4       8   16,4      C D
5       8   15,8        D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.
```

Modelo lineal general: color b vs. PELICULA. Tiempo

```
Análisis de varianza para color b, utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente           GL  SC Sec.  SC Ajust.  CM Ajust.      F      P
PELICULA          1    41,64      41,64      41,64  10,52  0,003
Tiempo            4  1233,11    1233,11     308,28  77,86  0,000
PELICULA*tiempo   4    23,73      23,73       5,93   1,50  0,228
Error            30   118,78     118,78       3,96
Total            39  1417,26


Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0%

PELICULA   N  Media  Agrupación
1         20   12,3  A
2         20   10,3    B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0%

Tiempo  N  Media  Agrupación
1       8   20,2  A
2       8   14,8    B
3       8    9,7      C
5       8    6,7        D
4       8    5,0        D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.
```

Modelo lineal general: C vs. PELICULA. Tiempo

```
Análisis de varianza para C, utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente           GL  SC Sec.  SC Ajust.  CM Ajust.       F      P
PELICULA          1     0,05       0,05       0,05    0,08  0,785
Tiempo            4   901,93     901,93     225,48  352,43  0,000
```

```
PELICULA*tiempo    4    21,66      21,66       5,41    8,46  0,000
Error             30    19,19      19,19       0,64
Total             39   942,83

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0%

PELICULA   N  Media  Agrupación
2         20   22,3  A
1         20   22,2  A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95,0%

tiempo  N  Media  Agrupación
1       8   29,0  A
2       8   26,3    B
3       8   21,6      C
4       8   17,3        D
5       8   17,2        D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.
```

12.7 Resultados estadísticos de la prueba fuerza de punción

El siguiente reporte correspondió a la evaluación del IR de una muestra FPC en el día 4. El dato indicado en el cuadro RESPONSE fue indicado por el software conectado al cromatografía y este se utilizó para calcular IR.

INSTITUTO AMAZÓNICO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS
SINCHI
LABORATORIO DE POSCOSECHA

Chromatogram Info:

File Name	: F:\MIS DOCUMENTOS 2014\FRESA U SALLE\DIA 4 PC 1.PRM	File Created	: 10/30/2014 11:33:55 AM
Origin	: Acquired	Acquired Date	: 10/30/2014 11:33:55 AM
Project	: c:\Clarity Lite\Projects\Work1.PRJ	By	: Marcela Carrillo

Result Table (ESTD - F:\MIS DOCUMENTOS 2014\FRESA U SALLE\DIA 4 PC 1)

	Reten. Time [min]	Response	RB	Amount [%]	Amount [%]	Peak Type	Compound Name
2	1.393	11.231	A	0.496	100.0	Ordnr	CO2
	Total			0.496	100.0		

12.8 Resultados estadísticos de la prueba fuerza de punción

En registro se identifica la fuerza de punción obtenida en el día 1.

12.9 Resultados estadísticos de la prueba fuerza de compresión

En registro se identifica la dureza obtenida en el día 1.

12.10 Formato de prueba sensorial

FRESA CON PELICULA COMESTIBLE				
NOMBRE:				
FECHA:	27 de noviembre de 2014			
Por favor califique de 1 a 5, siendo 1 pésimo y 5 excelente cada atributo de olor, color, sabor y aroma, según la siguiente escala:				
	1	Pésimo		
	2	Malo		
	3	Regular		
	4	Bueno		
	5	Excelente		
código	**Calificación para cada atributo**			
	OLOR	**COLOR**	**SABOR**	**TEXTURA**
618				
COMENTARIOS:				