

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS



**EVALUACIÓN DE CUBIERTAS DE QUITOSANO APLICADAS EN PAPA
PARA PROLONGAR LA VIDA DE ANAQUEL**

POR

LETICIA PABLO VALENCIA

TESIS

**Presentada como Requisito Parcial para
Obtener el Título de:**

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Mayo de 2010

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

EVALUACIÓN DE CUBIERTAS DE QUITOSANO APLICADAS EN PAPA
PARA PROLONGAR LA VIDA DE ANAQUEL

TESIS

Presentada por

LETICIA PABLO VALENCIA

Que somete a consideración del H. Jurado Examinador como Requisito Parcial para
Obtener el Título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Aprobada por el Comité de Tesis

M. C. Xochitl Ruelas Chacón
Presidente

M.C. Oscar Noé Reboloso Padilla
Vocal

MILDRED FLORES

M.C. Mildred Inna Marcela Flores Verastegui
Vocal

Ing. José Rodolfo Peña Oranday
Coordinador de la División de Ciencia Animal



COORDINACIÓN DE
CIENCIA ANIMAL

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Mayo de 2010

AGRADECIMIENTOS

Fueron muchos los momentos a lo largo de este camino, pero afortunadamente me puedo sentar a escribir la parte más emotiva y personal de este trabajo: los agradecimientos a todos aquellos quienes de una manera u otra me ayudaron a alcanzar esta meta.

A MI ALMA MATER: Por brindarme la oportunidad de obtener una formación profesional así como inolvidables momentos vividos.

A todos mis maestros que contribuyeron en mi formación profesional: **MC. María Hernández Gonzáles, Lic. Laura O. Fuentes Lara, Dra. Ma. De Lourdes Morales Caballero, QFB. Carmen Julia García, MC. Heliodoro de la Garza Toledo, MC. Oscar Noe Reboloso Padilla, especialmente a MC. Xochitl Ruelas Chacón** por brindarme su apoyo y por dirigir este trabajo de investigación.

M.C. Mildred Inna Marcela Flores Verástegui, gracias por todo su apoyo durante este trabajo y por su amistad.

T.L. Carlos Sanmiguel, por el apoyo brindado en el proceso de este trabajo.

A mis amigos, MARÍA DE JESÚS, MAYRA BALÓN, LUIS ALBERTO, ADOLFO, PEDRO, FREDI ENRIQUE, JUAN JOSÉ, HUMBERTO (CHINO), PATY ÁVELINO, ROSY, JUAN MANUEL TIRADO, muchísimas gracias por formar parte de mi vida en esta trayectoria y acompañarme en momentos difíciles.

Jesús Elías, Amigo todo una niñez juntos y hasta en la actualidad eres uno de mis mejores amigos, gracias por forjar mis sueños y alentarme para seguir en mis metas.

Montserrat, Amiga no sabré como agradecerte todo lo que has hecho por mí, y por todo lo que hemos pasado juntas, con el alma muchas gracias amiga.

Mis compañeros, AGLAEL, HUMBERTO (TETO), AMALIA, VENTURA, RICARDO, MAIRA, NAYELI, FRANCISCO, AMIRA, CHUY, TERE, DONALDO, EDEN, ESMERALDA, YESICA, BONY, CONY, JOSÉ ANTONIO MORENO.

A la Familia Balón Xopo, que me han abierto las puertas de su casa y me han tratado como parte de su familia. Gracias por todo el cariño

A la Familia Ayala Flores, en especial a la señora Edith, y a la química Edith Alejandra. Gracias por su apoyo y sus consejos.

A la Familia Vargas Negrete, gracias por el calor de hogar que me han brindado.

A la Familia Mejía López, gracias por brindarme su apoyo y cariño.

DEDICATORIAS

A DIOS. Por acompañarme a cada instante de mi vida y por darme la oportunidad de culminar una de mis principales metas.

A MIS PADRES. Agradezco por todo el amor y apoyo que me han brindado a pesar de la distancia. Deben saber que esta meta culminada el merito no solo es mío, sino en gran parte fue pensando en ustedes, gracias por esa confianza que siempre depositaron en mi, los amo y los extraño demasiado en especial a ti papá que te adelantaste sin antes verme culminar este ciclo, pero se que a donde quiera que estés siempre cuidarás de mi, por eso te dedico este trabajo.

CRISANTO PABLO ALTUNAR (†)

Y

ROSELIA VALENCIA MORALES.

A mi hermana Lupita, muchas gracias por todo el apoyo incondicional que siempre me has brindado, si no fuera por esas palabras que siempre me alentaron no hubiera culminado este sueño, estaré eternamente agradecida contigo por todo lo que recibí de ti.

Amis demás hermanos: Samuel, Carmelino, Rigoberto, María Olga, Gabriela, Blanca Araceli, a todos les agradezco por ser parte de la familia, y recuerden que los retos son más que motivos para seguir adelante y buscar que nuestros sueños se realicen.

A mis sobrinitos, Rafita, Adrián, Bernardo, Leo, Eder, gracias pequeñitos por ser la alegría de la familia.

A ANTONIO MEJÍA LÓPEZ, MI ESPOSO, MI COMPAÑERO, te agradezco con el alma por todo el apoyo que me has brindado en los momentos más cruciales de mi vida, y que siempre has hecho hasta lo imposible por estar conmigo, gracias amor soy muy feliz a tu lado y más ahora que vamos a ser papas.

*Ponerse en movimiento es importante,
pero lo más importante
es mantener el entusiasmo inicial,
persistir y no rendirse a pesar de las dificultades.
Porque vamos a tener tropiezos.
La clave no está en no caerse
Sino en saber levantarse y continuar.*

Paulo Coelho

INDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO.....	iii
DEDICATORIAS.....	v
INDICE GENERAL.....	vi
INDICE DE CUADROS.....	ix
INDICE DE FIGURAS.....	x
RESUMEN.....	13
I INTRODUCCIÓN.....	14
1.1 Justificación.....	15
1.2 Objetivos.....	16
1.2.1 Objetivo generales.....	16
1.2.2 Objetivos específicos.....	16
1.3 Hipótesis.....	16
II REVISIÓN DE LITERATURA.....	17
2.1 Origen de la papa.....	17
2.1.1 Clasificación taxonómica.....	18
2.1.2 Descripción botánica.....	19
2.1.3 Tubérculo.....	19
2.1.4 Hábitat.....	19
2.2 Variedades de papa.....	19
2.2.1 Variedades nacionales.....	19
2.2.2 Variedad alpha.....	20
2.3 Panorama mundial.....	21
2.4 Importancia en México.....	22
2.5 Importancia económica.....	23
2.6 Características y usos de la papa.....	23
2.6.1 Usos.....	24
2.6.1.1 Calidad culinaria y tecnológica.....	24
2.6.1.2 Propiedades de la papa.....	25
2.6.1.3 Oscurecimiento enzimático.....	25
2.6.2 Calidad de la papa para usos industriales.....	26
2.6.2.1 Consumo y desarrollo de nuevos productos.....	26
2.6.2.2 Papas para procesamiento.....	27
2.7 Manejo poscosecha de productos hortifrutícolas en fresco.....	28
2.7.1 Parámetros de calidad.....	28
2.7.1.1 Sólidos solubles totales (° Brix).....	28
2.7.1.2 Firmeza.....	29
2.7.1.3 Color.....	29
2.7.1.4 Humedad.....	30
2.7.1.5 Cuenta total bacteriana.....	30
2.8 Principales factores que influyen en el deterioro de productos hortifrutícolas.....	31
2.8.1 Condicionantes de la calidad de productos vegetales cortados.....	33
2.8.2 Alimentos mínimamente procesados.....	34
2.9 Películas poliméricas comestibles.....	35
2.9.1 Polímeros.....	35

2.9.2	Propiedades funcionales de las películas comestibles y/o biodegradables.....	36
2.9.3	Ventajas y desventajas del uso de películas comestibles.....	36
2.9.3.1	Ventajas.....	36
2.9.3.2	Desventajas.....	37
2.9.4	Aplicación de las películas en la industria de alimentos.....	37
2.9.5	Técnicas de aplicación de películas.....	38
2.9.5.1	Aplicación por inmersión.....	39
2.9.5.2	Aplicación por aspersión.....	39
2.9.5.3	Aplicación por frotación.....	39
2.10	Quitosano.....	40
2.10.1	Propiedades físico-químicas del quitosano.....	41
2.10.2	Desarrollo de películas con quitosano.....	42
2.10.3	Funciones del quitosano.....	42
2.10.3.1	Agente fungicida y como inductor de mecanismos de resistencia.....	42
2.10.3.2	Efecto del quitosano en la calidad del producto hortofrutícola.....	43
2.10.4	Otras funciones del quitosano.....	44
2.10.4.1	Aditivo.....	44
2.10.4.2	Alimentación funcional.....	44
2.10.5	Las cualidades del quitosano.....	44
2.10.6	Aplicaciones.....	45
2.10.6.1	En la industria de alimentos.....	45
2.10.6.2	Dietéticos.....	45
2.10.6.3	Agricultura y ganadería.....	45
2.10.6.4	Tratamiento de agua.....	45
2.10.6.5	Química analítica.....	45
2.10.6.6	Biomedicina.....	45
2.10.6.7	Industria de los cosméticos.....	46
2.10.6.8	En la industria papelera.....	46
III	MATERIALES Y METODOS	47
3.1	Materiales de laboratorio.....	47
3.1.1	Reactivos.....	47
3.1.2	Materiales de vidrio.....	47
3.1.3	Materiales desechables.....	47
3.1.4	Equipo utilizado.....	47
3.2	Elaboración de la película.....	48
3.2.1	Procedimiento.....	48
3.2.2	Material vegetal.....	49
3.2.3	Preparación de la muestra.....	49
3.2.4	Aplicación de la película.....	49
3.2.5	Almacenamiento.....	50
3.3	Análisis de muestra.....	51
3.3.1	Determinación de color.....	51
3.3.2	Determinación de firmeza.....	53
3.3.3	Determinación de humedad.....	54
3.3.4	Determinación de sólidos solubles totales (°Brix).....	55
3.3.5	Análisis microbiológico.....	56
3.4	Diseño y modelo experimental.....	58

IV	RESULTADOS Y DISCUSIONES	59
4.1	Determinación de color.....	59
4.1.1	Luminosidad (L*).....	59
4.1.2	Coordenada de cromaticidad a* y b*.....	62
4.2	Determinación de firmeza.....	64
4.3	Determinación de humedad.....	68
4.4	Determinación de sólidos solubles totales (S.S.T. ° Brix).....	71
4.5	Determinación de microorganismos.....	74
4.5.1	Bacterias.....	74
4.5.2	Hongos y levaduras.....	76
V	CONCLUSIONES	79
VI	BIBLIOGRAFIA	81
VII	ANEXOS	88

INDICE DE CUADROS

1.-	Taxonomía de la papa.....	18
2.-	Algunas variedades nacionales.....	20
3.-	Características agrícolas.....	21
4.-	Características morfológicas.....	21
5.-	Reacción de oscurecimiento enzimático.....	26
6.-	Aplicación de las películas comestibles en diferentes tipos de alimentos.....	38
7.-	Solución de película.....	48
8.-	Significado de cada letra de espacio de color.....	53

ÍNDICE DE FIGURAS

1.- Principales estados productores de papa.....	23
2.- Diagrama de cromaticidad.....	30
3.- Estructura química quitina y quitosano.....	41
4.- Solución de película de quitosano.....	49
5.- Inmersión de las tiras	50
6.- Muestras con y sin película.....	50
7.- Estufa de secado Robertshaw.....	50
8.- Muestra en bolsa ziploc.....	51
9.- Colorímetro minolta CR- 300.....	52
10.- Lectura de muestra	52
11.- Diagrama de cromaticidad	52
12.- Penetrómetro FT 327.....	53
13.- Balanza analítica marca Ohaus.....	55
14.- Estufa marca J.M. Ortiz	55
15.- Refractómetro Atago N- 50 E.....	55
16.- Preparación de diluciones.....	57
17.- Figura de luminosidad. (L*).....	59
18.- Efectos principales de Luminosidad entre días y tratamientos.....	61
19.- Efectos de interacción de Luminosidad entre tratamientos.....	62
20.- Valores obtenidos correspondientes a las coordenadas de Cromaticidad a* y b*. b*.....	64

21.- Firmeza kg/cm ²	65
22.- Efectos principales de Firmeza entre días y tratamientos.....	66
23.- Efectos de interacción de Firmeza entre tratamientos.....	67
24.- Humedad (%).....	68
25.- Efectos principales de Humedad entre días y tratamientos.....	69
26.- Efectos de interacción de Humedad entre tratamientos.....	70
27.- Sólidos solubles totales (°Brix).....	71
28.- Efectos principales de SST entre días y tratamientos.....	73
29.- Efectos de interacción de SST entre tratamientos.....	74
30.- Bacterias (agar C.E).....	75
31.- Efectos principales de Bacterias entre días.....	76
32.- Hongos y levaduras (agar P.D.A.).....	76
33.- Efectos principales de Hongos y levaduras entre días.....	78

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de la película de quitosano en papas mínimamente procesadas.

Para el experimento se utilizó un diseño factorial completamente al azar de dos factores, y se evaluaron los parámetros de calidad: color, firmeza, sólidos solubles totales, humedad y crecimiento microbiano. Las tiras de papas se almacenaron en refrigeración durante el trabajo experimental. Las evaluaciones fueron realizadas en diferentes instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Los resultados se analizaron mediante un análisis de varianza (ANVA) en el cual se utilizó el paquete computacional MINITAB, los factores fueron: tratamiento (con y sin quitosano) y tiempo de almacenamiento (5, 10, 15 y 20 días).

En los resultados de luminosidad se encontró que las muestras tratadas con quitosano, obtuvieron y mantuvieron mayor luminosidad por más tiempo, en cuanto a firmeza las muestras tratadas también presentaron mejor firmeza, así como para bacterias, hongos y levaduras el efecto de la película fue reducirlas paulatinamente; en los siguientes parámetros de calidad de sólidos solubles totales las muestras con quitosano presentaron menor contenido ya que la película protege a las tiras del intercambio gaseoso, ralentizando el metabolismo y los procesos de síntesis de compuestos azucarados, por lo que el contenido de sólidos disueltos es menor, y en cuanto a humedad las muestras sin película con el paso de los días incremento su contenido de humedad ya que el exudado de las mismas muestras incrementaron su contenido.

Palabras clave: películas comestibles, quitosano, la papa, retardar oxidación.

I INTRODUCCIÓN

Existe un gran interés de parte de la población por consumir productos de calidad con características propias o cercanas a las de un alimento fresco y sobre todo natural; además se prefieren productos con un contenido menor de aditivos, libres de ellos o que actúen en conjunto y que conserven sus propiedades nutritivas y organolépticas tras el procesado, que al mismo tiempo mantengan unas condiciones higiénicas muy estrictas. Esta tendencia lleva consigo, la necesidad de mejorar la eficiencia de los procesos de conservación de alimentos básicos, como es el caso de las hortalizas y que al igual mantengan su calidad, dando esto lugar a la mejora de los procesos existentes y al desarrollo de nuevas alternativas de conservación.

La papa es una de las principales hortalizas que se producen en México; su cultivo es uno de los más importantes en el área alimenticia, por ello se ha buscado la manera de conservarlas frescas con un mínimo proceso y que estén disponibles para ser consumidos; con esto, las industrias que comercializan productos pelados y cortados, tienen dificultades para controlar los parámetros de conservación debido a que el producto se deteriora en un tiempo muy corto. Se estima que los países en vías de desarrollo sufren de este problema en un 30-50% y en un 2-3% en los países desarrollados (Pérez-Gago, del Río M. A./Rojas-Argudo C., 2007).

Las principales causas de este factor se ven reflejadas en el proceso de cortado en el que los vegetales son más susceptibles al deterioro químico y microbiológico debido a que las células son destruidas y se liberan minerales, azúcares, vitaminas, y otros compuestos que permiten el crecimiento de los microorganismos que han sobrevivido al proceso (Pérez-Gago, del Río M. A./Rojas-Argudo C., 2007).

Una de las alternativas de conservación de la papa mínimamente procesada es con la aplicación de una película comestible, de la cual se han

realizado diversos estudios sobre la aplicación de éstas creadas a base de un polisacárido natural obteniendo resultados favorables. Algunas de las propiedades de las películas comestibles son evitar la pérdida de humedad, reducir el transporte de gases, reducir la migración de aceites y grasas, reducir el transporte de solutos, mejorar las propiedades mecánicas y de manejo de los alimentos, retener los componentes volátiles o contener aditivos.

Las películas y recubrimientos comestibles han despertado creciente interés debido a sus propiedades y a su gran aplicación en diversas áreas principalmente su uso como materiales protectores de alimentos.

Es por esto que el presente estudio tiene como finalidad evaluar la aplicación de películas de quitosano a papas mínimamente procesadas, que permita retardar su deterioro en cuanto a pérdida de humedad, cambios de color (oxidación) y contaminación microbiológica, y pudiendo ampliar las perspectivas de comercialización a zonas geográficas más alejadas.

1.1 Justificación

El interés de la aplicación de películas y cubiertas comestibles, se debe a que la papa sufre un proceso de deterioro (oxidación) al ser pelado y a las exigencias de los consumidores que requieren productos frescos, con buena apariencia y que estén disponibles. Por lo tanto la película de quitosano será utilizada para mantener la vida útil del tubérculo.

La aplicación de esta película se empleará como barrera entre la hortaliza y el medio ambiente para evitar el oscurecimiento enzimático, pérdida de humedad, color, textura, e impedir el crecimiento microbiano, proporcionándole una mejor calidad al producto y prolongar su vida de anaquel.

1.2 Objetivos

1.2.1 General

Evaluar el efecto del quitosano en la vida de anaquel de papa mínimamente procesada.

1.2.2 Especifico

Evaluar cambios en parámetros de calidad de la papa mínimamente procesada y tratada con película de quitosano:

- a) Color,
- b) Sólidos solubles totales,
- c) Firmeza,
- d) Humedad, y
- e) Crecimiento microbiano.

1.3 Hipótesis

La aplicación de una película comestible a base de quitosano permite alargar la vida de anaquel de la papa mínimamente procesada.

II REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Origen de la papa

Antiguamente se creía que la papa había surgido de una única planta silvestre, la especie *S. tuberosum*. Sin embargo, en 1929 los botánicos rusos Juzepczuk y Bukazov demostraron que aquel origen era más complejo y que se encontraban diferentes plantas silvestres entre los antepasados de las especies de papas cultivadas (Euan, 2006).

La papa es una planta domesticada y cultivada por los sudamericanos de la región andina, la domesticación de esta especie fue hecha por los Incas o civilización preinca, pues así lo indican los datos antropológicos consistentes en hallazgos de tazas y vasijas de barro semejando al tubérculo de papa que datan de 2500 y 5000 años antes de Cristo. Por un periodo bastante largo, la papa permaneció en Europa como una curiosidad botánica, o como una más de las plantas exóticas ornamentales, pues como alimento tardó mucho tiempo en empezar a usarse, y es muy probable que las hambrunas que siempre han padecido periódicamente los pueblos por guerras, epidemias y desastres epidemiológicos como son las sequias y heladas, obligaron a la gente a usarle cada vez en mayor cantidad y frecuencia como alimento, a tal grado que para 1845 Irlanda dependía demasiado de esta planta para alimentarse, es por esto que cuando el tizón tardío se extendió y atacó al cultivo de la papa, la población Irlandesa padeció una hambruna que mató a mas de 1 millón de personas e hizo emigrar a otro millón (Pérez, 1997).

Gran parte de los investigadores están de acuerdo en que el origen de la papa (*Solanum tuberosum*) es la zona andina que comprenden los países de Perú, Ecuador, Bolivia y las costas e islas del sur de Chile (Hardenburg y Wang, 1988).

Sin embargo estudios realizados por Cepeda y Gallegos (2003) indican que el centro de origen de la papa es de los altiplanos de América del Sur, mas precisamente en el área comprendida entre el centro y los alrededores del río

Titicaca, extendiéndose hacia Bolivia, Chile, Argentina y por el norte a Ecuador, Venezuela, Centro América y México. Así mismo también se menciona que México es uno de los centros de origen de cultivo, ya que desde hace mucho tiempo, los nativos consumían papa en forma silvestre, su domesticación se remota hacia el año 2000 a.C.

Con diversas investigaciones realizadas acerca del origen de la papa, se puede comprender la gran importancia que ha tenido en el área de alimentos; sin embargo en la actualidad se han abierto nuevos campos de producción no precisamente enfocadas a alimentos si no para la producción de biocombustibles, por ejemplo etanol a base de agua almidonosa que es residuo obtenido de la papa, alimento para ganado entre otras.

Otro aspecto muy importante acerca de esta hortaliza es la clasificación taxonómica, estudios realizados por científicos que muestran desde nombre común hasta especie

2.1.1 Clasificación taxonómica

Báez (1993) y Mier (1986), ubican al cultivo de la papa dentro de los siguientes niveles taxonómicos como se muestra a continuación (cuadro 1).

Cuadro 1.- Taxonomía de la papa

NOMBRE COMÚN	PAPA
NOMBRE CIENTIFICO	Solanum Tuberosum
REINO	Vegetal
DIVISIÓN	Spermatophyta
TIPO	Angiosperma
CLASE	Dicotiledoneae
SUBCLASE	Gamopétala
ORDEN	Tubiflorae
FAMILIA	Solanaceae
GENERO	Solanum
SUBGENERO	Pachyteromun
ESPECIE	Tuberosum

Fuente: Cepeda y Gallegos (2003).

2.1.2 Descripción botánica

La papa es una planta anual, herbácea y de naturaleza perenne, producen varios tallos aéreos que crecen de 0.5 a 1 metro de altura. Pueden presentarse flores terminales y dar como resultado un fruto de 1 a 3 centímetros de diámetro, que contiene una gran cantidad de semillas. Los frutos (bayas) no son comestibles y las semillas se emplean solo en la siembra. El sistema fibroso de raíces se extiende superficialmente y se desarrollan rizomas múltiples que terminan en los tubérculos conocidos como papas (Cepeda y Gallegos, 2003).

2.1.3 Tubérculo

De forma oval redondeada, piel amarilla clara, generalmente áspera, carne amarilla clara, ojos bastante superficiales.

2.1.4 Hábitat

Las papas pueden cultivarse en una gran diversidad de tipos de suelo; en América, desde la región Suroeste de Estados Unidos hasta el extremo sur de la Cordillera Andina, pero prosperan mejor en suelos arenosos, limosos, turbas y suelos orgánicos. El suelo debe ser suelto, fiabe, profundo, bien drenado y bien provisto de materia orgánica (Rousselle y Crosnier, 1999).

2.2 Variedades de papa

Una variedad es un tipo hereditario distintivo dentro de una especie que conllevan características como: rendimiento, calidad, resistencia a enfermedades, plagas o condiciones adversas del medio (Montaldo, 1984).

2.2.1 Variedades nacionales

En México existe una gran diversidad de variedades de papa obtenidas por mutaciones gemarias y por hibridaciones. Suelen clasificarse según el color en cinco grandes grupos: tubérculos de color amarillo, rosados, rojos, violáceos y

abigarrados. Las variedades más conocidas se muestran a continuación en el cuadro 2.

Cuadro 2.- Algunas variedades nacionales

Alava	Claudia
Alpha	Churra
Amigo	Desirée
Arran	Diamante
Atlantic	Early Robe
Banner	Frito Lay
Binjte	Furore
Cardial	Gallega, etc.

Fuente: Cepeda Y Gallegos (2003)

2.2.2 Variedad alpha

Una variedad muy apreciada en varios países, por su buen rendimiento, poco sensible a la *phytophthora* de la hoja y del tubérculo entre otros aspectos que caracterizan a este cultivo, además de ser una de las principales entre las variedades cultivadas en el estado de Coahuila.

A continuación se presentan características agrícolas en el cuadro 3, y características morfológicas en el cuadro 4.

Cuadro 3.- Características Agrícolas

Maduración:	Tardía.
Tubérculos:	Grandes, ojos bastante superficiales; poco sensible al asoleado.
Rendimiento:	Muy bueno; buen surtido.
Materia seca:	Contenido bastante alto.
Calidad culinaria:	Bastante harinosa, puro de color; una variedad muy apreciada en varios países.
Follaje:	De desarrollo lento, algo abierto al principio, mas tarde de tallos fuertes y robustos, cubriendo bien el terreno.
Enfermedades:	Poco sensible a la phytophthora de la hoja y del tubérculo, poco resistente al virus de enrollado, inmune a la sarna verrugosa.

Fuente Arce F.A. (2002).

Cuadro 4.- Características morfológicas

Planta:	Tallos poco numerosos, robusto de color morado, extendiéndose poco; hojas bastante grandes rígidas, verde grisáceo; foliolas primarias ovales, con peciolo largos y nervios profundos; floración bastante abundante, inflorescencia bastante grande, flores de color rojo morado claro, con bordes blancos.
Tubérculo:	De forma oval redondeada, piel amarilla clara, generalmente áspera, carne amarilla clara, ojos bastante superficiales.
Brote:	Aparrado, al principio esférico, mas tarde periforme, de color morado marrón pálido, en la base verde; muy poco peloso; yema terminal pequeña, predominantemente verde.

Fuente Arce F.A. (2002).

2.3 Panorama Mundial

A nivel mundial, la papa es uno de los cultivos agrícolas más importantes, ya que ocupa el cuarto lugar como producto alimenticio, después del trigo, maíz, el arroz y algunos cultivos agroindustriales como la soya y la caña de azúcar.

Es importante mencionar que los principales países productores, por volumen de papa, no son los países que tienen mayores rendimientos en promedio de la papa; los mayores rendimientos por hectáreas se observan en Estados Unidos y en países miembros de la Unión Europea entre los cuales

destacan, por orden de importancia: Bélgica, Francia, Alemania, Reino Unido e Irlanda. Una característica general que se observa en los países que presentan altos rendimiento por hectárea, es el alto nivel de desarrollo tecnológico con que cuentan, además de las marcadas políticas de subsidio que se dan a los productores agrícolas.

2.4 Importancia en México

La importancia de la papa en México radica básicamente en dos aspectos muy importantes:

1. Su valor alimenticio: ya que la papa contiene carbohidratos, proteínas, celulosa, minerales así como vitaminas A, C y vitaminas del complejo B. De igual manera, se considera que bajo condiciones apropiadas la papa tiene un contenido mayor de nutrientes que los cereales

2. La importancia económica que tiene dicha hortaliza se debe al ingreso que proporciona a sus productores, así como la cantidad de jornales que genera en las diferentes regiones productoras, sobre todo durante el periodo de cosecha (Anónimo 6, 2006).

Anualmente, la superficie dedicada al cultivo de papa en nuestro país, se estima que es de aproximadamente 12,000 hectáreas. El rango de rendimiento de la producción por hectárea es de 40 a 60 toneladas, de acuerdo a la zona productiva; los estados productores de esta hortaliza se encuentran principalmente en la región Norte y Bajío del país (Anónimo 5, 2008).

A continuación se muestra en la figura 1 el porcentaje de producción de cada Estado del País.

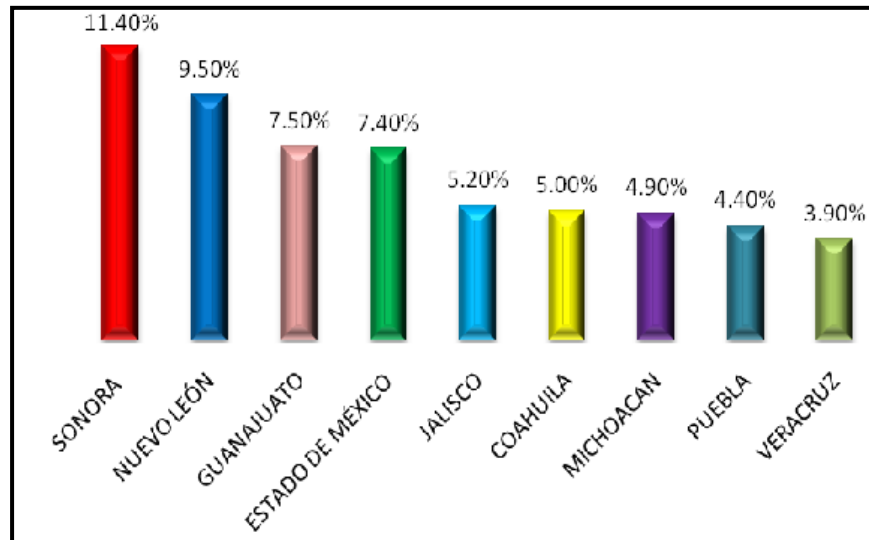


Figura 1.- Principales estados productores de papa. Fuente: (CONPAPA, 2008).

2.5 Importancia económica

La papa es muy consumida en el mundo: alimento básico de muchos países por su riqueza nutrimental. Es la segunda hortaliza más consumida en México después del jitomate. Se cosechan 1, 300,000 toneladas de papas en México por año.

Hay tres mercados posibles para la papa:

1. El mercado en fresco abarca la mayor parte de la producción de papa en el país;
2. El 30% es para uso industrial (fécula, almidón, harina, puré, frituras.)
3. El resto es para semilla (CONAPAPA, 1995).

2.6 Características y usos de la papa

La papa contiene dos aminoácidos muy importantes en la dieta humana que son la lisina y el triptófano. Por otra parte las proteínas que contiene son fáciles de asimilar por el organismo humano o animales que la consumen.

2.6.1 Usos:

1. Consumo doméstico y consumo animal.
2. Industria química, en la cual se le puede extraer alcohol para realizar: licores, esencias y aromas, además que puede utilizarse también en la producción de cosméticos, medicinas, entre otros.
3. Utilización de la papa en la industria de alimentos predominando la producción de hojuelas o chips, bastones de papa precocidas o para freír, puré, mayonesas, jaleas, etc.
4. La papa también es usada como pulpa de proteína, de la cual se puede extraer proteína líquida, proteína seca, agregados para piensos, forrajes, abonos, entre otros.
5. Se usa también como papa deshidratada conglutinante.

2.6.1.1 Calidad culinaria y tecnológica

La calidad de la papa es un conjunto de características percibidas como favorables por el consumidor. Solamente puede ser definido en relación con el destino y la utilización de la cosecha.

Así mismo la calidad indica la ausencia de cualquier agente tóxico como limitación en los contenidos de sustancias naturales indeseables (nitratos y glicoalcaloides), respecto a los límites máximos de residuos de productos fitofarmacéuticos, así como el valor nutritivo, es decir la composición en términos de contenido en calorías, proteínas, aminoácidos indispensables, vitaminas, sales minerales, oligoelementos, etc.

Esos diferentes aspectos están en estrecha relación con la composición química del tubérculo, determinada por la variedad, las condiciones edafoclimáticas y las técnicas de producción y de conservación (Crosnier y Montingny, 1981; Montingny, 1983).

Cualquiera que sea la forma de utilización, los tubérculos deben ser de forma regular, calibre y madurez homogéneos libres de enverdecimiento, de grietas, de daños mecánicos y de defectos internos (corazón hueco, manchas de roya, y ennegrecimiento interno). Para consumir en condiciones satisfactorias, los consumidores así como los comerciantes y distribuidores buscan cada vez más papas de piel y de color claro, libres de alteraciones superficiales (sarnas, etc.).

2.6.1.2 Propiedades de la papa

La papa es fácilmente digerida y tiene un alto valor nutricional. Los tubérculos de papa presentan aproximadamente un 78% de agua y un 18% de almidón.

El resto está compuesto por cantidades variables de proteínas, minerales y cerca de 0,1% de lípidos. La papa contiene varias vitaminas, incluyendo la vitamina C, riboflavina, tiamina y niacina. Entre los distintos minerales que se hallan en la papa se encuentran el calcio, el potasio, el fósforo y el magnesio por su importancia en la nutrición humana. Debido a que presenta una escasa cantidad de sodio, la papa generalmente se sugiere en las dietas que requieren bajos contenidos de este elemento (Anónimo 1, 2009).

2.6.1.3 Oscurecimiento enzimático

El oscurecimiento enzimático se produce en la superficie de los tubérculos crudos cuando son pelados o cortados y mantenidos durante cierto tiempo expuestos al aire. Esta reacción es un inconveniente para la utilización doméstica pero es sobre todo perjudicial en la transformación industrial (Grison et al, 1987).

Siempre que el tiempo transcurrido entre el pelado de los tubérculos y el acondicionamiento de las operaciones de cocción sea suficientemente prolongado para que se inicie la reacción. La causa de oscurecimiento enzimático es la producción de pigmentos coloreados por la oxidación de las sustancias fenólicas del tubérculo bajo la acción de enzimas (fenolasas). Los dos principales fenoles de

la papa son el ácido clorogénico y la tirosina. Se ha demostrado que el ácido clorogénico es oxidado rápidamente por las fenolasas en compuestos poco coloreados, mientras que la oxidación de la tirosina, más lenta, conduce a compuestos de color naranja o rojo (quinonas), pardos y luego negros (melaninas).

La tirosina esta considerada como el principal fenol responsable del oscurecimiento enzimático. La concentración de la enzima (tirosinasa) no es un factor limitante y otras enzimas, como las peroxidadas y las catalasas, pueden intervenir en la reacción de la tirosina.

A continuación se presenta el proceso de reacción enzimática que sufre la papa.

Cuadro 5.- Reacción de oscurecimiento enzimático.



Fuente: Rousselle y Crosnier, 1999.

2.6.2 Calidad de la papa para usos industriales

El uso mundial de la papa esta trasladando el mercado de las papas frescas y como alimento para ganado hacia los productos procesados tales como papas fritas (hojuelas), papas pre-fritas (a la francesa) así como papas congeladas y deshidratadas. El procesamiento de la papa es el sector de más rápido crecimiento dentro de la economía mundial de este tubérculo.

2.6.2.1 Consumo y desarrollo de nuevos productos

El desarrollo de nuevos productos es un factor clave en todas las industrias para el movimiento rápido de bienes de consumo. Los bastones de papa son productos antiguos elaborados en grandes cantidades pero con bajos márgenes

de utilidad con el fin de ir evitando esta situación. La industria de procesamiento a finales de los años ochenta se dedicó a desarrollar e introducir nuevos tipos de bastones y otros productos especiales.

El procesamiento de papa y la tendencia del consumo actual se relacionan con los países desarrollados. La producción es altamente industrial, tecnológicamente avanzada y depende en gran medida de un coherente y asegurado suministro de materia prima. La demanda de bastones de papa y el crecimiento de las empresas de comida rápida, tales como McDonald's, fue seguido por el desarrollo y crecimiento de los distribuidores de alimentos. No sólo en los países en desarrollo, China y la India, sino también en los países del Centro y este de Europa, un desarrollo similar puede ser observado. Las plantas productoras de bastones son construidas para proporcionar la materia prima de la comida rápida (Monreal, 2001).

2.6.2.2 Papas para procesamiento

El suministro de papa como materia prima es crucial para el desarrollo de una industria moderna de procesamiento y su cadena agroalimentaria. Está basada en cultivos adecuados, buenas prácticas agrícolas, almacenamiento en frío desde la cosecha, control permanente de la calidad durante el almacenamiento y una entrega programada a la planta de transformación.

La elaboración de bastones y hojuelas de papa requiere de variedades diferentes a las usadas para el consumo en fresco. Los procesadores organizan su propia cadena de suministro a través de contratos y contacto directo con los agricultores. A ellos les ofrecen el material de siembra así como asesoría y servicios durante el cultivo y posterior almacenamiento.

De esta forma, los parámetros de calidad de los productos transformados, tal como los exige el mercado, son transmitidos a las papas por los mismos agricultores. Dichos parámetros son: el tamaño adecuado del tubérculo para elaborar bastones, un alto contenido de materia seca y un bajo contenido de azúcares reductores.

2.7 Manejo poscosecha de productos hortifrutícolas en fresco

El mal manejo Poscosecha es un problema que afecta gravemente a la economía de los productores, los comercializadores, los consumidores y por ende a todo el país. En los países desarrollados se estima que las pérdidas por poscosecha de los productos hortifrutícolas alcanzan del 5% al 25%, en tanto, en los países en vías de desarrollo estas alcanzan del 20% al 50%, y en algunos casos más (Martínez, 2004).

El producto mal manejado es de baja calidad y de corta vida útil, lo que impide que éste alcance mercados exigentes y lejanos. Se debe analizar la conveniencia de invertir en un mejor manejo poscosecha, antes de pensar en el incremento de áreas de cultivo. Es muy importante tener en cuenta que el manejo poscosecha no puede mejorar la calidad del producto cosechado, es decir, que el buen manejo agrícola es de primordial importancia. El diseño de las operaciones debe considerar el sistema total desde la cosecha hasta el consumidor final (Martínez, 2004).

2.7.1 Parámetros de calidad

2.7.1.1 Sólidos solubles totales (°Brix)

Los grados Brix son la unidad de medida de las sustancias solubles en agua que reflejan el porcentaje de la cantidad de sólidos solubles que contienen los frutos. A mayor valor es más deseable. Un valor mayor o igual a 4.0 es considerado bueno. Existe una correlación directa entre sólidos solubles y firmeza (Osuna, 1983).

Los grados Brix miden la cantidad de sólidos solubles presentes en un jugo o pulpa expresados en porcentaje de sacarosa. Los sólidos solubles están compuestos por los azúcares, ácidos, sales y demás compuestos solubles en agua presentes en los jugos de las células de una fruta. Se determinan empleando un refractómetro. A un Brix, le corresponde a 1 gramo de azúcar en 100 gramos

de solución azucarada (es decir el peso de la solución una vez hecha la mezcla y este tipo de relación se la conoce como peso en peso).

2.7.1.2 Firmeza

La firmeza es una característica que determina la calidad y vida poscosecha de muchos frutos y hortalizas. Previo a la maduración, las hortalizas tienen una estructura celular rígida ordenada y bien definida, mientras que las paredes celulares blandas y difusas caracterizan los tejidos vegetales de los productos maduros. Para el consumidor el factor más importantes es la firmeza al tacto, por lo que es importante que se conserve durante la comercialización en fresco (Aguilar, 2004).

2.7.1.3 Color

El color es el cambio más obvio que se presenta tanto en frutas como en hortalizas y es, a menudo, el principal criterio utilizado por los consumidores para determinar si está maduro o no el producto. El cambio de color, se debe principalmente a la degradación de clorofilas, proceso que permite la percepción de otros pigmentos que ya se encontraban en el cloroplasto o que se sintetizan de nuevo en el proceso de la maduración, adquiriendo el fruto la coloración amarilla, roja, naranja. Estas coloraciones se deben a la presencia de carotenoides (amarillo, rojo), compuestos fenólicos como flavonoides (amarillo) y antocianinas rojas y azules (Aguilar, 2004).

Los cambios de color tienen lugar en la piel y pulpa del fruto como consecuencia de las modificaciones de los pigmentos fotosintéticos. Para la determinación de la madurez sobre la base del color, se utilizan escalas visuales como el diagrama de cromaticidad que ilustran la ubicación del color y a través de un colorímetro se pueden obtener los valores a considerar para ver el grado de madurez de un fruto (Aguilar, 2004).

En la siguiente figura se presenta el diagrama de cromaticidad

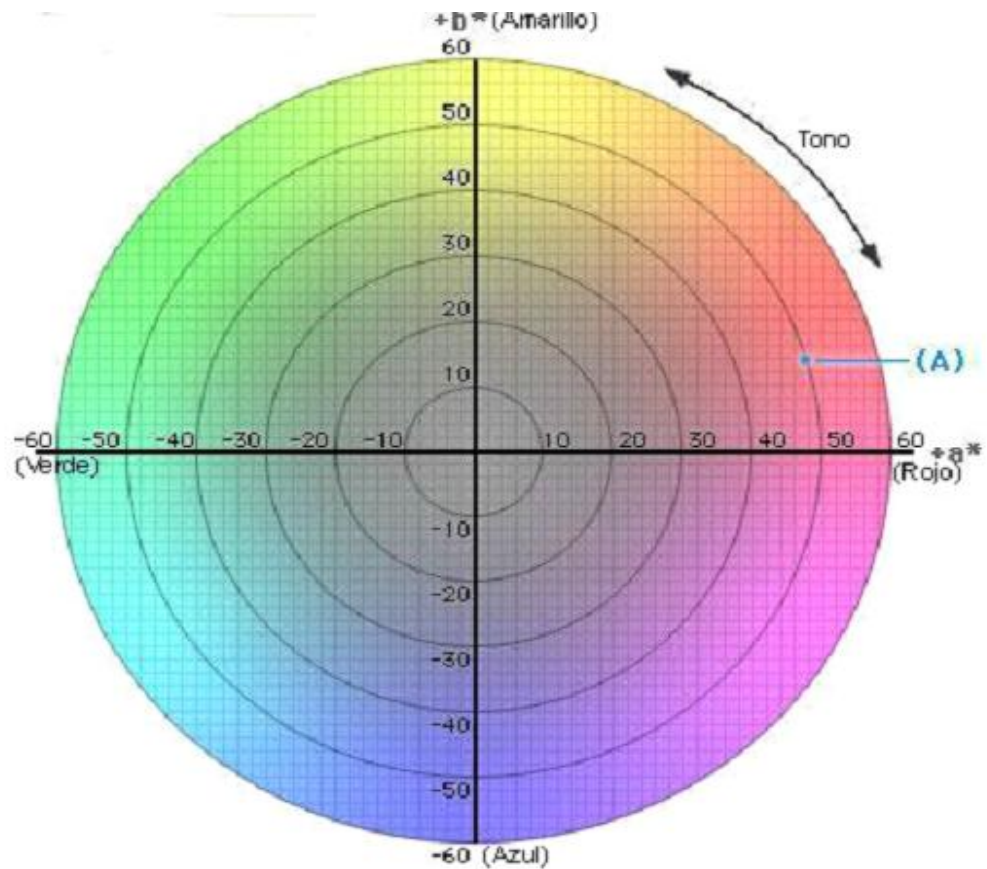


Figura 2.- Diagrama de cromaticidad

2.7.1.4 Humedad

La disminución en el contenido de humedad puede ser una de las principales causas de deterioro, ya que ésta no solo resulta en pérdidas cuantitativas directas (peso), si no que también causa pérdidas en la apariencia, debido al marchitamiento y deshidratación de textura (ablandamiento y flacidez) pérdida de consistencia y jugosidad) y valor nutricional.

2.7.1.5 Cuenta total bacteriana

Es la determinación de un posible crecimiento microbiano lo cual indica la calidad sanitaria de un alimento ya que este debe satisfacer ciertas

especificaciones microbiológicas; también estima la duración de la de anaquel del producto.

2.8 Principales factores que influyen en el deterioro de los productos hortifrutícolas

Los productos hortifrutícolas, aún después de cosechados, siguen vivos y están sujetos a cambios y deterioro. Es importante considerar los factores internos y externos que promueven el deterioro y los que lo retardan.

1. Procesos Fisiológicos Internos

Los productos vivos respiran, es decir consumen sus reservas de carbohidratos, quemándolas para producir CO₂, agua y la energía necesaria para mantener los procesos vitales. Parte de esta energía se pierde al ambiente y puede producir el calentamiento del producto (calor vital). La respiración causa pérdida de peso, cambios de sabor y envejecimiento.

Otro importante proceso es la transpiración, que es la pérdida de agua por los poros. Su velocidad depende del producto, de la temperatura y de la humedad ambiental. Causa también pérdida de peso, marchitamiento y pérdida de textura.

Los productos generan etileno, que es una hormona que regula el crecimiento, la maduración y senescencia.

Los procesos de maduración y envejecimiento causan modificaciones internas y externas en el producto. Los almidones se transforman en azúcares (deseable en frutas pero indeseable en papas) o los azúcares en almidones (indeseable en maíz tierno). Se modifican los pigmentos: desaparece la clorofila verde, se generan carotenos amarillos o antocianos rojos, cambia el contenido de vitaminas, de pectinas, etc. Esto causa modificaciones en el sabor, el color, la textura y el aroma, que son los principales factores de calidad (Martínez, 2004).

2. Daños Fisiológicos causados por agentes externos

La congelación causa el colapso de los tejidos y el deterioro total de los productos frescos. En ciertos casos, sobre todo en frutas tropicales, el frío, aún por encima del punto de congelación, produce alteraciones fisiológicas que destruyen la calidad (temperatura crítica). Esta temperatura depende del tipo de producto, de la variedad y de las condiciones del cultivo.

3. Daños Físicos

Daños superficiales o profundos causados por impacto, abrasión, corte, vibración, causan deterioro de los tejidos internos produciéndose decoloraciones, pérdida de textura, incremento de la transpiración y de la respiración, y en consecuencia, deterioro general de la calidad y disminución de la vida útil.

Estos daños se convierten en vías de penetración de infecciones que aceleran aún más el deterioro.

4. Daños Patológicos

Los patógenos, hongos y bacterias atacan de preferencia los tejidos afectados por daños mecánicos o fisiológicos. Su ataque es favorecido por altas temperaturas y humedades relativas. Su acción destructiva puede ser muy rápida y puede pasar de productos enfermos a productos sanos, por contacto superficial.

5. Daños por factores ambientales

Los factores ambientales que más influencia tienen en la acción de los anteriormente citados son: la temperatura, la humedad relativa, la composición de la atmósfera circundante, la presencia de etileno, y la luz.

Manejando adecuadamente estos factores ambientales, e impidiendo daños mecánicos y la acción de microorganismos, podemos lograr productos de alta calidad y mayor tiempo de vida.

1. Humedad Relativa

Su elevación disminuye la transpiración pero favorece el desarrollo de microorganismos, por lo que debe encontrarse un adecuado punto de equilibrio.

2. Luz – Posición

La incidencia de luz puede causar decoloraciones en papas y otros productos. El geotropismo puede alterar la forma del producto como es el caso del espárrago, si no se lo almacena en posición vertical.

3. Adecuado Punto de Corte

El adecuado punto de corte es un factor crucial en el manejo poscosecha, y de él depende en gran medida la selección del proceso de manejo, la vida útil y las características sensoriales finales (sabor, aroma, textura, color). Es necesario determinar índices de madurez que orienten estas operaciones. El tiempo transcurrido a partir de determinadas operaciones de cultivo, las características fisiológicas y propiedades físicas, químicas o sensoriales se emplean para determinar estos índices.

2.8.1 Condicionantes de la calidad de productos vegetales cortados

Son varias las características que definen a un producto fresco cortado de buena calidad. Apariencia fresca, textura aceptable, buen sabor y olor, seguridad microbiológica y vida útil suficientemente larga que permita incluir al producto dentro de un sistema de distribución, son algunos de los requisitos para que un producto sea considerado de calidad. Si alguno de estos requisitos no se cumple o se encuentra por debajo de los valores mínimos aceptables para cada parámetro, el producto pierde automáticamente su valor comercial. Factores como el cultivar, el estado de madurez al momento de la recolección, la manipulación durante la poscosecha, el acondicionamiento de la materia prima, así como las condiciones de almacenamiento del producto terminado, son algunos de los que intervienen directamente en la calidad final de los productos frescos cortados.

2.8.2 Alimentos mínimamente procesados

A pesar de que un alimento mínimamente procesado se asocia a la idea de producto fresco, saludable y seguro debe de tenerse en cuenta que también puede estar contaminado. Los vegetales frescos cortados se deterioran mucho más rápidamente que los productos intactos como resultado directo de las heridas asociadas al procesamiento, el cual conduce a cambios físicos y fisiológicos que afectan la calidad del alimento (Saltveit, 1997).

Los síntomas de deterioro de productos frescos cortados incluyen cambios en la textura (flacidez debido a pérdida de agua en los tejidos); en el color, especialmente atribuido a pardeamiento oxidativo en las superficies cortadas y riesgos de contaminaciones microbiológicas. Todos estos cambios van disminuyendo la vida útil de estos productos (Ghaouth y Asselin, 1992).

En la reacción bioquímica hay una alteración del color debido al oscurecimiento enzimático, es donde los compuestos fenólicos son oxidados hasta quinonas mediante reacciones catalizadas por enzimas denominadas genéricamente polifenoloxidasas (PPO). La rotura del tejido que ocurre como consecuencia del procesamiento hace que las enzimas y sus sustratos presentes en el fruto entren en contacto y reaccionen formando compuestos activos. Éstos a su vez experimentan procesos de polimerización que dan lugar a compuestos coloreados denominados melaninas, produciendo el pardeamiento superficial del producto y disminuyendo así su calidad visual.

El grado de oscurecimiento que sufren las frutas y vegetales frescos cortados puede depender de la concentración y tipo de compuestos fenólicos presentes en los frutos, actividad de la polifenoloxidasas (PPO), estado de madurez, presencia de oxígeno (O_2) y compartimentación de las enzimas y sustratos (Nicoli, et al. 1994; Rocha, 1998).

2.9 Películas poliméricas comestibles

Son aquellas elaboradas con sustancias poliméricas naturales, de composición heterogénea las cuales pueden ser ingeridas sin riesgo para el consumidor y que le aportan algunos nutrientes tales como: proteínas, almidones hidrolizados, gomas, pectinas, carragenanos, alginatos, entre otros.

El propósito de estos recubrimientos poliméricos es inhibir la migración de humedad, oxígeno, dióxido de carbono, aroma, lípidos y además servir como transporte de antioxidantes, antimicrobianos y sabores e impartir integridad mecánica y facilitar la manipulación de los alimentos. En ocasiones las películas comestibles que tienen buenas propiedades mecánicas pueden reemplazar las películas sintéticas.

2.9.1 Polímero

Una macromolécula (o un polímero) es una especie química de muy elevado peso molecular. La palabra “polímero” deriva del griego *poly*, muchos; *meros*, parte (muchas partes). Los polímeros son macromoléculas cuyo elevado tamaño se alcanza por la unión repetida de pequeñas moléculas denominadas monómeros. La unión se realiza en secuencia, una unidad después de otra, formando una cadena, en que cada unidad que se repite forma un eslabón, siendo el número de eslabones o número de unidades monoméricas el grado de polimerización (Meheriuk y Lau, 1998).

Además mientras que las sustancias sencillas poseen un único peso molecular, los polímeros presentan un peso molecular que es heterogéneo o polidisperso, por lo que, siempre que se habla de peso molecular en polímeros nos referimos a cantidades promedio. Una cadena de polímero se describe especificando el tipo de unidad que se repite y su agrupamiento espacial. Las moléculas compuestas de unidades química y estereoquímicamente iguales se denominan homopolímeros. Cuando la cadena se compone de varios tipos de unidades repetitivas se denominan copolímeros (Meheriuk y Lau, 1998).

2.9.2 Propiedades funcionales de las películas comestibles y/o biodegradables

Las películas comestibles y/o biodegradables no siempre reemplazan los empaques sintéticos, sino que racionalizan su utilización, además prolongan el estado de frescura de frutos y vegetales y el tiempo de vida útil de los alimentos así también mejoran la eficiencia económica de los materiales de empaque (De la Rosa, 2007).

Las principales propiedades funcionales de las películas comestibles y/o biodegradables es que actúan como: barrera a la humedad; es una de las características funcionales más importante de las películas (Kester y Fennema, 1988).

La deshidratación superficial constituye uno de los principales problemas en el mantenimiento de la calidad de los productos cortados. La pérdida de agua de frutas y vegetales frescos cortados se traduce en una pérdida de peso y de turgencia del producto, también al oxígeno y al dióxido de carbono.

La permeabilidad de las películas o cubiertas comestibles se relacionan con la resistencia a los gases, al vapor de agua y al transporte de solutos.

2.9.3 Ventajas y desventajas del uso de películas comestibles

2.9.3.1 Ventajas

Dentro de las principales ventajas del uso de películas comestibles en productos frescos cortados se encuentran una mejor retención del color, ácidos, azúcares y componentes del sabor, una reducción de la pérdida de agua, disminución de los desordenes metabólicos durante el período de conservación, y una forma de soporte de otros compuestos, una indiscutible reducción en el uso de envases sintéticos y un mantenimiento de la calidad durante el almacenamiento (Soliva-Fortuny y Martín-Belloso, 2001).

2.9.3.2 Desventajas

Su utilización también presenta inconvenientes. Una de las principales desventajas del uso de las películas comestibles es su grosor, ya que este puede restringir el intercambio gaseoso durante la respiración de los tejidos, pudiendo causar acumulación de altos niveles de etanol y por lo tanto el desarrollo de malos sabores (El Ghaouth *et al.*, 1992).

Por otro lado, recubrimientos con escasas propiedades de barrera al vapor de agua pueden causar pérdida de peso y de humedad del alimento sobre el que están aplicados, aunque puede prevenirse la condensación de vapor de agua, que puede dar origen al crecimiento microbiano en frutas y hortalizas envasadas (Ben-Yehoshua, 1985).

Las películas con buenas propiedades de barrera a los gases pueden dar origen a la respiración anaeróbica e interferir con el proceso normal de maduración. Las coberturas deben permitir el paso de cierta cantidad de oxígeno a través del recubrimiento con el fin de evitar condiciones anaeróbicas y sus negativas consecuencias (Meheriuk y Lau, 1998).

2.9.4 Aplicación de las películas en la industria de alimentos.

La mayoría de las películas no pueden ser utilizadas en productos con a_w mayor a 0.94, debido a que se degradan o disuelven con el contacto a la humedad y pueden perder sus propiedades de barrera, al menos que la utilización de la película sea para una protección de corto tiempo o el alimento se congele inmediatamente (Guilbert, 1986).

Es importante valorar las características funcionales de una película comestible para una aplicación particular que depende generalmente de la naturaleza del alimento, de sus propiedades físico-químicas y de su primer modo

de deterioro. Por ejemplo: para la protección de un alimento oxidable es necesario una película con buenas propiedades que sirvan de barrera al oxígeno por el contrario para la envoltura de frutas y verduras frescas será necesaria una cierta permeabilidad al oxígeno y sobre todo al anhídrido carbónico (Labuza y Contreras-Medellín, 1981).

Por eso es muy importante saber el adecuado manejo y aplicación de la película para cada alimento que se desee tratar.

El siguiente cuadro muestra una relación de aplicaciones de la película en diferentes productos

Cuadro 6. Aplicación de las películas comestibles en diferentes tipos de alimentos

Propósito	Aplicación
Proveer una protección individual VS la humedad y el oxígeno	Pescado fresco, queso, carne y derivados, botanas.
Retardar el crecimiento microbiano externo	Alimentos de humedad intermedia
Controlar el balance de humedad dentro de un alimento heterogéneo	Pizzas, pays, sandwiches, pasteles
Mejorar las propiedades mecánicas	Cacahuates, camarones, botana, jaiba
Proveer integridad estructural para reforzar la estructura del alimento	Carne reestructurada, pescado, alimentos, liofilizados
Restringir la migración de humedad	Frutas, horneados, congelados
Proteger las piezas que estarán dentro de tazas o bolsas	Quesos, congelados, helados
Proteger las superficies o el empaçado de la absorción de grasa	Cubos de queso, fruta seca, botana, congelados
Mejorar la apariencia del alimento añadiéndole brillo	Productos de panificación, frutas, botana
Impartir o mejorar sabor, color y palatabilidad	Alimentos diversos

Fuente: Adaptado de Guilbert, 1986.

2.9.5 Técnicas de aplicación de películas

El modo de aplicación de una película comestible depende en gran medida del tipo de producto que se desee recubrir (Soliva-Fortuny y Martín, 2003).

La aplicación directa de la solución formadora de película, sobre el alimento o producto, se puede llevar a cabo por métodos de inmersión, frotación y aspersión, entre otros (Krochta y De Mulder-Johston, 1997; Debeaufort et al, 2003).

2.9.5.1 Aplicación por inmersión:

Es la técnica que proporciona mejores resultados en caso de productos que requieren una capa uniforme en una superficie irregular. Esta técnica es la más utilizada en el recubrimiento de frutas, vegetales y productos cárnicos (Tharanathan, 2003). En el caso de frutas y verduras, la inmersión se realiza en tanques que contienen las formulas formadoras de cubiertas. Posteriormente a esto se procede a un escurrido y secado, dejando que una película delgada sea formada sobre la superficie del producto (Pérez y Báez, 2003).

2.9.5.2 Aplicación por aspersión:

Es el método convencional usado generalmente en muchos de los casos. Debido a la alta presión (60.80 psi) un menor gasto de solución formadora de película es requerido para obtener recubrimientos uniformes (Tharanathas, 2003).

2.9.5.3 Aplicación por frotación:

Se utiliza aire comprimido (menos de 5 psi o 35 kPa) que es aplicado a líneas de empaque que poseen rodillos en movimiento para lograr una dispersión uniforme. El exceso de cubiertas es removido con cepillos colocados por debajo de los rodillos. La cubierta espumosa contiene un poco de agua para así facilitar el proceso de secado (Pérez y Báez, 2003).

Cabe hacer notar que en el caso de cubiertas aplicadas directamente al producto, existen dos condiciones relevantes: cohesión entre las moléculas del material de la cubierta y adhesión entre la cubierta y estructura de soporte. El grado de cohesión influye en las propiedades de barrera y mecánicas de las películas, de forma que una cohesión estructural elevada se traduce en una

reducción de la flexibilidad, de la porosidad y de la permeabilidad a los gases y a los solutos (Guilbert y Biquet, 1995).

La cohesión depende de la estructura química del biopolímero, del proceso de elaboración, parámetros empleados (temperatura, presión, tipo de solvente y dilución, técnica de aplicación, procedimiento de eliminación de solvente, etc.), presencia de plastificantes, agentes ligantes y del espesor final de la película. La cohesión entre los componentes de las películas es favorecida por la presencia de polímeros ordenados de cadena larga (Guilbert et al, 1996).

La adhesividad de la película sobre la superficie del alimento depende principalmente de su naturaleza y del número de interacciones o enlaces entre el recubrimiento y el soporte. Por lo tanto, el uso de sustancias tensoactivas tales como los emulsificantes, hacen posible la adherencia de una película hidrofóbica sobre un producto alimenticio muy hidrofílico.

2.10 Quitosano

El quitosano fue descubierto por Rouget en 1859, quien encontró que al tratar quitina con una solución caliente de hidróxido de potasio se obtiene un producto soluble en ácidos orgánicos. Esta quitina modificada, como él la llamó, se tornaba de color violeta en soluciones diluidas de yoduro y ácido, mientras la quitina era verde. Mas tarde, en 1894, fue estudiada por Hoppe-Seyler quién la denominó quitosano también se conoce como quitosana en algunos lugares.

La materia prima de la que se obtiene el quitosano es la quitina, sustancia de origen natural, la cual químicamente es un polisacárido que se encuentra ampliamente distribuido en la naturaleza, formando parte del exoesqueleto de crustáceos e insectos a los que les confiere rigidez e impermeabilidad. También se encuentra en algunos hongos. La obtención de quitosano a partir de la quitina es a través de un proceso de desacetilación parcial. Así pues, el quitosano es un copolímero de N-acetilglucosaminas y glucosaminas. Bajo el epígrafe quitosano

se incluye una serie de polímeros de diferentes pesos moleculares (50 KDa a 2000 KDa), viscosidades y grado de desacetilación del 40 al 98%. Enseguida se muestra la estructura química de de la quitina y el quitosano (figura 3).

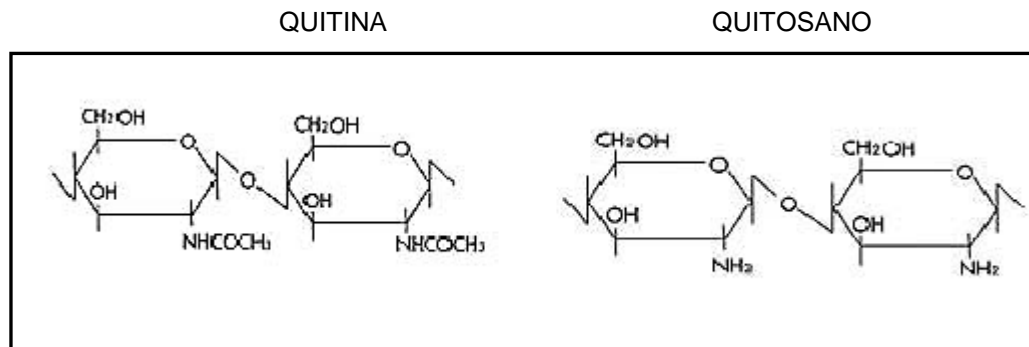


Figura 3.-Estructura química quitina y quitosano

2.10.1 Propiedades físico-químicas del quitosano

Debido a su alto peso molecular y a su estructura lineal no ramificada, el quitosano es un potente agente que incrementa la viscosidad en medio ácido y se comporta como un material pseudoplástico, con viscosidad dependiente de la agitación. La viscosidad de las soluciones de quitosano aumenta al incrementar la concentración de éste, mientras que disminuye al elevar la temperatura y el grado de desacetilación del producto. Es insoluble a pH alcalino y neutro, siendo soluble sólo en ácidos, sobre todo en ácidos orgánicos, presentando solubilidad limitada en ácidos inorgánicos. En disolución, los grupos amino del polímero se protonan dando como resultado un polisacárido soluble cargado positivamente ($R-NH_3^+$).

Por otra parte, las sales de quitosano (con glutamato o cloruro) son solubles en agua, siendo la solubilidad dependiente del grado de desacetilación del quitosano. Así con bajo grado de desacetilación, llega a ser soluble hasta pH = 9, mientras que con un grado de desacetilación alto es soluble hasta pH = 6.5.

La solubilidad también se encuentra influenciada por la adición de sales a la solución, viéndose que al aumentar la fuerza iónica del medio, menor es la solubilidad. Esto se debe, a que el quitosano en solución, tiene una conformación extendida al repelerse las cargas (+) desacetiladas de cada unidad, de las unidades de glucosamina vecinas. Al adicionar electrolitos se reduce este efecto, dando una conformación en espiral al azar. Si se aumenta mucho la concentración de electrolitos en el medio, habrá una sobresaturación, dando lugar a la precipitación del quitosano desde la solución.

2.10.2 Desarrollo de películas con quitosano

El quitosano representa una alternativa interesante en la formulación de recubrimientos y películas comestibles, debido a sus propiedades bioquímicas y formadoras de película. Este polímero ha sido empleado con éxito en estudios realizados sobre tomates, pepinos, calabacines, aguacates y algunas frutas como mango, manzana, papaya, etc.

Las películas de quitosano son resistentes, duraderas, flexibles y muy difíciles de romper, con propiedades mecánicas similares a algunos polímeros comerciales. Tienen una moderada permeabilidad al agua, constituyen buenas barreras para la penetración del oxígeno, disminuyen las tasas de respiración, retrasan el proceso de maduración (debidos al etileno y dióxido de carbono) y además inhiben el desarrollo fúngico.

La estructura molecular del quitosano posibilita también que actúe como liberador de sustancias de una manera controlada, pudiéndose utilizar para incluir aditivos o ingredientes funcionales en los recubrimientos de alimentos frescos o mínimamente procesados.

2.10.3 Funciones del quitosano

2.10.3.1 Agente fungicida y como inductor de mecanismos de resistencia

En lo que respecta a la actividad antimicrobiana del quitosano, su espectro de actuación es amplio, afectando a bacterias, mohos y levaduras. Esta propiedad

ha sido ampliamente descrita en la literatura científica, sobre todo en estudios basados en experimentos in vitro frente a diversos grupos de microorganismos. Aunque su actividad antimicrobiana depende de diversos factores que pueden limitar su eficacia, los estudios demuestran que se puede considerar un compuesto interesante para su utilización como conservante en alimentos, con un potencial considerable para mejorar la calidad y seguridad de los mismos. Los mohos y las levaduras son el grupo más sensible al quitosano, seguidos de las bacterias Gram positivas y las Gram negativas.

Generalmente, la literatura reporta que la actividad fungicida del quitosano esta estrechamente relacionada con las siguientes características:

1. Concentración utilizada: Una baja o alta inhibición en el desarrollo del hongo esta ligada simultáneamente a la dosis aplicada.
2. Naturaleza poli-catiónica del quitosano: Se cree que esta es la clave de su naturaleza antifúngica ya que en la mayoría de los microorganismos la pared celular se encuentra cargada negativamente.
3. Longitud de la cadena de este polímero: Aumentando la superficie catiónica en contacto con el hongo.
4. Formación de barreras estructurales (papilas, lignificación) que impiden la penetración de los hongos en el hospedero (Bautista –Baños S. et al, 2005).

2.10.3.2 Efecto del quitosano en la calidad del producto hortofrutícola

Debido a la habilidad del quitosano de formar una cubierta semipermeable, su aplicación en frutas u hortalizas favorece la mayoría de las veces una mayor vida de almacenamiento. En general, la aplicación del quitosano ocasiona que la maduración de los productos tratados se retrase ya que los niveles de producciones O_2 , CO_2 y/o etileno se reducen. Asimismo, el uso de quitosano previene la pérdida de agua por efecto de la transpiración y por lo tanto retarda la senescencia. El quitosano también favorece la perdida de firmeza y comúnmente el contenido de SST en los frutos aumenta (Bautista- Baños, S. et al, 2005).

2.10.4 Otras funciones del quitosano

2.10.4.1 Aditivo

Por sus propiedades espesantes, gelificantes, y emulsificantes, el quitosano y sus derivados pueden ser considerados mejoradores de la textura de los alimentos, ya que fijan agua y grasa. También pueden ser utilizados como estabilizantes del color, o como agentes floculantes, utilizándose para la clarificación de bebidas (vinos, zumos, etc.).

Diversos estudios ponen de manifiesto también la efectividad del quitosano como antioxidante secundario, por su habilidad de quelatar iones metálicos implicados en la catálisis de las reacciones oxidativas.

2.10.4.2. Alimentación funcional

El quitosano constituye un compuesto prometedor en el campo de la alimentación funcional. Así, por ejemplo, el quitosano puede actuar como liberador de ingredientes funcionales en los recubrimientos de alimentos frescos o mínimamente procesados. También, debido a su mecanismo de acción, se puede considerar que tiene propiedades similares a las de la fibra dietética.

2.10.5 Las cualidades del quitosano

El quitosano es soluble en agua acidificada. Esta solubilidad y su viscosidad, que puede hacerse más espesa o más ligera, según se requiera son características que lo hacen aplicable a usos variados, así como su acción de imán bioquímico, capaz de detectar sustancias nocivas. Por ejemplo, en el estómago humano, atrapa grasas como el colesterol y los triglicéridos, a los que conduce por el intestino capturados hasta evacuarlos. Así que una aplicación farmacéutica lo utiliza como regulador del peso corporal, mientras que también sirve como regulador de la presión arterial, consecuente a la disminución de grasas.

Al gran número de trabajos que existen sobre este versátil material es conveniente realizar una clasificación por área sobre las aplicaciones que se le han ido dando

2.10.6 Aplicaciones:

2.10.6.1 En la industria de alimentos, este derivado de la quitina se utiliza para dar consistencia y viscosidad a los aderezos para ensaladas y mayonesas, mientras que en las frutas y verduras frescas sirve como un protector antimicrobiano (Lárez, 2006).

2.10.6.2 Dietéticos: Se utiliza como adelgazantes, existe una amplia variedad de productos comerciales que ofrecen el polímero como atrapador de grasas en el estomago (Lárez, 2006).

2.10.6.3 Agricultura y ganadería: Se utiliza como recubrimiento de semillas para su conservación durante el almacenamiento, sistemas liberadores de fertilizantes, aditivo para alimento de animales, en formulación de pesticidas, etc. (Lárez, 2006).

2.10.6.4 Tratamiento de agua: Sirve como agente floculante, agente coagulante, tratamientos de flotación para la remoción de aceite de pescado en agua, agentes filtrantes para piscinas y spas, remoción de metales, remoción de surfactantes, etc. (Lárez, 2006).

2.10.6.5 Química analítica: En aplicaciones cromatográficas, intercambiadores de iones, absorción de iones de metales pesados y absorción de ácidos, fabricación de electrodos específicos para metales, etc. (Lárez, 2006).

2.10.6.6 Biomedicina: membrana de hemodiálisis, suturas biodegradables, sustituyentes artificiales de la piel, agente cicatrizante en quemaduras, sistemas liberadores de fármacos, liberación de insulina, transporte de agentes

anticancerígenos, tratamiento de tumores (leucemia), control del virus del SIDA, etc., (Lárez, 2006).

2.10.6.7 Industria de los cosméticos: El quitosano se introduce en cremas humectantes, pues es una molécula que absorbe el agua. Algunos fabricantes de shampoo lo utilizan como ingrediente, ya que desarrolla una película que da protección y brillo al cabello. Espumas de afeitarse, cremas para la piel y el cuerpo (Lárez, 2006).

2.10.6.8 En la industria papelera: donde el principal insumo es la celulosa, el quitosano sirve para fijar y dar resistencia al papel, mientras que una de sus más prometedoras aplicaciones podría ser como plástico biodegradable, sustituyendo al plástico tradicional derivado del petróleo, uno de los materiales más utilizados en el mundo y más difíciles de degradarse, lo que genera mucha contaminación (Lárez, 2006).

III MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en las siguientes instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro: Laboratorio del Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos, el laboratorio de Poscosecha del Departamento de Horticultura, el laboratorio de Lácteos: área de microbiología del Departamento de Producción Animal y el laboratorio de Nutrición y Alimentos del Departamento de Nutrición Animal.

3.1 Materiales de laboratorio.

3.1.1 Reactivos

- ❖ Quitosano marca Sigma
- ❖ Acido oleico marca Jalmek
- ❖ Acido cítrico marca Jalmek
- ❖ Acido tartárico marca Jalmek
- ❖ Agar Papa Dextrosa marca BD Bioxon pH 5.6
- ❖ Agar Para Cuenta Estándar BD Bioxon pH 7.0
- ❖ Peptona de caseína BD Bioxon al 2 % pH 6.5 – 7.5.

3.1.2 Materiales de vidrio

- ❖ Vasos de precipitados marca Pyrex
- ❖ Probeta marca Pyrex
- ❖ Matraz Erlenmeyer marca Pyrex
- ❖ Varilla de vidrio
- ❖ Pipetas de 1 ml marca Pyrex
- ❖ Tubos de ensaye con rosca

3.1.3 Materiales desechables

- ❖ Kleen pack
- ❖ Cajas Petri de Plástico marca (Sym-Lab)
- ❖ Algodón
- ❖ Papel desgrasa

3.1.4 Equipo utilizado

- ❖ Parrilla de Calentamiento Termo-Agitador Marca Nova II (Thermolyne, Stire Plate)
- ❖ Refractómetro Atago N-50E
- ❖ Balanza Analítica Digital Ohaus, Capacidad 120 gramos
- ❖ Balanza Explorer Ohaus, Capacidad 400 gramos

- ❖ Estufa de Secado Felisa, Temperatura 50-300°C
- ❖ Incubadora Blue M, Modelo 100 A
- ❖ Estufa de Secado Marca Robertshaw
- ❖ Cuenta Colonias Quebec, Modelo 3325
- ❖ Refrigerador American, Modelo RC-270
- ❖ Refrigerador White Whesting House
- ❖ Mecheros bunsen marca Fisher
- ❖ Pipeteador
- ❖ Olla de Presión marca Presto.

3.2 Elaboración de la película

Se preparó la película de quitosano con la siguiente formulación:

Cuadro 7.- Solución de película

Quitosano	1 %
Acido oleico	0.6 %
Ácido cítrico	1.5 %

3.2.1 Procedimiento.

Se prepararon 100 ml de solución, agregando 0.6 g de ácido oleico, 1 g de quitosano y 1.5 g de ácido cítrico.

En 100 ml de agua destilada, primero se agregó ácido oleico, ácido cítrico y un agitador magnético en un vaso de precipitado marca Pyrex de 500 ml sobre una parrilla termo-agitador marca Nuova II, calentando hasta llegar a 40 °C.

Posteriormente se agregó el quitosano y se agitó constantemente durante 30 min, tiempo necesario para que la película se forme, ver figura 4.



Figura 4.- Solución de Película de Quitosano

3.2.2 Material vegetal

La papa variedad Alpha se obtuvo en un centro comercial “Aurrera”, esta variedad es conocida comúnmente como papa blanca, una de las más vendidas en esta región por su producción en Arteaga, Coahuila.

3.2.3 Preparación de la muestra

Las papas se lavaron, pelaron y cortaron en tiras de 1.5 cm de ancho y 5 cm de largo, poco antes de que la película estuviera lista para evitar la oxidación.

3.2.4 Aplicación de la película

Las tiras de papas se sumergieron durante 2 minutos en la solución de quitosano (figura 5), después de este tiempo se fueron colocando en un escurridor para retirar el exceso de película.

Posteriormente las muestras se dejaron a temperatura ambiente por 1 hora (figura 6) y después se colocaron en una estufa marca Robertshaw (figura 7) a una temperatura de 55 - 60 °C por 1 hora.



Figura 5.- Inmersión de las tiras.



Figura 6.- Muestras con y sin tratamiento



Figura 7.- Estufa Robertshaw

3.2.5 Almacenamiento

Después del secado las muestras fueron empacadas en bolsas de polietileno de baja densidad marca Ziploc con capacidad para 500g y almacenadas en el refrigerador marca White Whesting House a una temperatura de $5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1$, por un periodo de 25 días, tomando muestras cada 5 días para ser evaluadas (figura 8).



Figura 8.- Muestra en bolsa ziploc

3.3 Análisis de muestra

En los primeros 5 días de almacenamiento se eligieron dos tiras al azar de cada tratamiento. A continuación se describe el procedimiento y el equipo utilizado para realizar cada uno de los análisis.

3.3.1 Determinación de color

Para determinar el color de las muestras se utilizó un colorímetro marca Minolta modelo CR-300 (figura 9) con espacio de color L^* , a^* y b^* , esto con el fin de medir el cambio de coloración que se obtenía al transcurrir los días. Se procedió a cubrir las tiras con plástico adhesivo kleen-pack, después se tomó lectura en los cuatro lados de la tira considerando un mismo punto para cada lado (fig.10).



Figura 9.- Colorímetro Minolta CR -300.



Figura 10.- Lectura de muestra.

Medir el cambio de coloración e interpretar los resultados obtenidos con el fotocolorímetro Minolta modelo CR-300 se utilizó el siguiente diagrama de cromaticidad (Figura 11).

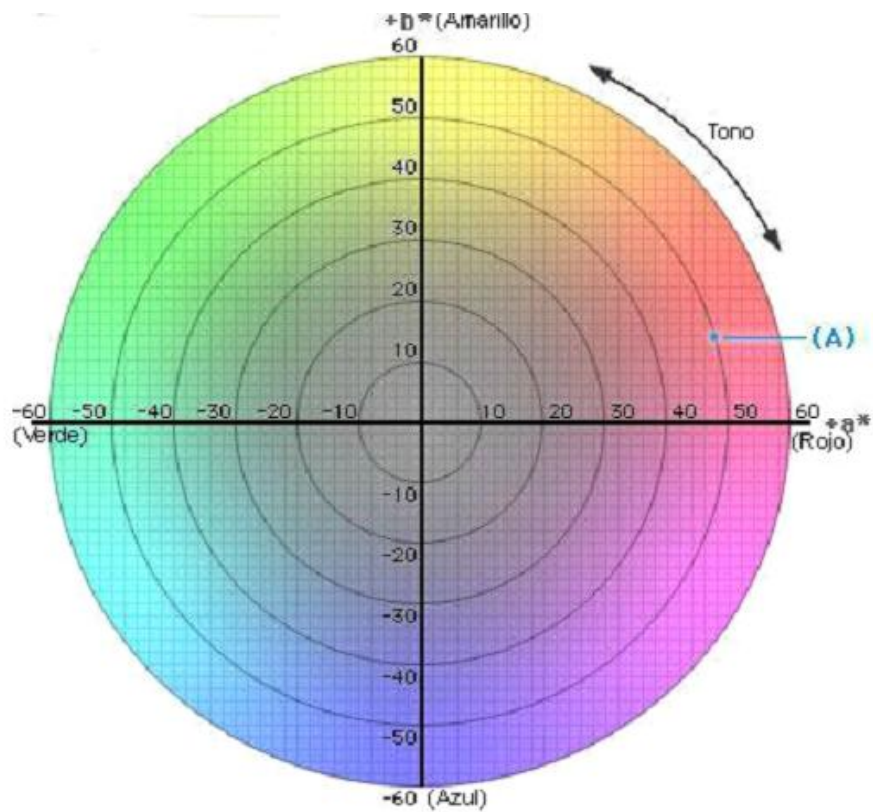


Figura 11.- Diagrama de cromaticidad

Cuadro 8.- Significado de cada letra de espacio de color

L=	Luminosidad
a y b =	Coordenadas de cromaticidad
a (+) =	Indica color rojo
a (-) =	Indica color verde
b (+) =	Indica color amarillo
b (-) =	Indica color azul

A mayor valor numérico mayor coloración o luminosidad (brillo), a menor valor numérico menor intensidad de color o luminosidad (opaco).

3.3.2 Determinación de firmeza

La firmeza nos sirve para medir la resistencia que opone el fruto a la penetración del mismo; y para su determinación se utilizó un penetrómetro modelo FT – 327 con una puntilla de 8 milímetros de diámetro (ver fig.12). Las muestras fueron colocadas sobre la base del equipo, para tomar la lectura se consideraron dos puntos en un mismo lado de la muestra.



Figura 12.- Penetrómetro FT – 327

Para obtener un resultado final de firmeza en kg/cm^2 se realizó un promedio de las dos lecturas, es necesario calcular el área de la puntilla para después hacer la operación respectiva.

3.3.3 Determinación de humedad

Para determinar la humedad de la muestra fue necesaria la cuantificación de materia seca total.

Procedimiento:

Se secó un crisol de porcelana para cada muestra en una estufa marca J.M. Ortiz con un rango de temperatura de $100^\circ\text{C} - 103^\circ\text{C}$ (fig.14), se colocaron en un desecador a peso constante por 15 a 20 min. Después se pesó cada crisol en una balanza analítica marca Explorer (fig.13), registrando peso e identificación. Posteriormente en la balanza analítica se puso papel aluminio, una vez tarado el equipo se pesaron 2 g de muestra y se colocaron en los respectivos crisoles para después dejarlos en la estufa (fig.14) por 24 horas. Después de este tiempo, se pasaron los crisoles con muestra a un desecador para que se enfríen por 20 minutos, para después ser pesados. Con los datos finales se calculó la materia seca total.

$$\% \text{ MST} = \frac{\text{peso del crisol con muestra seca} - \text{peso del crisol solo}}{\text{gramos de muestra}} * 100$$

Una vez que se calculó la materia seca total, el porcentaje de humedad se determinó por diferencia de peso con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ H} = 100 - \% \text{ MST}$$



Figura 13.- Balanza analítica marca ohaus



Figura 14.- Estufa marca J.M. Ortiz

3.3.4 Determinación de sólidos solubles totales (°Brix).

En la determinación de los sólidos solubles totales se utilizó un refractómetro marca Atago N-50E con rango de lectura (0.0 – 50.0 % °Brix). Ver (fig. 15).

Se pesó un gramo de la muestra y se colocó en un mortero con 9 ml de agua destilada se procedió a macerar para tomar unas gotas y colocarlas en el prisma del refractómetro para tomar la lectura.



Figura 15.- Refractómetro Atago N-50E

3.3.5 Análisis microbiológico

Los análisis que se realizaron para determinar crecimiento de microorganismos en cada una de las muestras fueron para bacterias mesofílicas aerobias y hongos y levaduras, aplicando técnicas propuestas por la norma NMX-F-286 (Preparación y dilución de muestras de alimentos para análisis microbiológicos.)

Para cuantificar crecimiento microbiano de cada muestra se procedió a lo siguiente:

Se pesó 10 g de muestra y se agregó a un frasco con 90 mililitros de agua peptonada al 0.5%, este fue la primera dilución, y se partió de esta para realizar las demás diluciones.

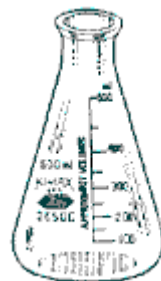
Las bacterias mesofílicas aerobias son todas las bacterias capaces de desarrollarse en un medio nutritivo incubado de 20 a 37°C en condiciones de aerobiosis. Para estas bacterias se sembraron las diluciones 10^{-4} , 10^{-5} y a la 10^{-6} por duplicado en agar para cuenta estándar, se incubaron a 35°C durante 24 y 48 horas, los resultados fueron reportados en (UFC/g).

Hongos y Levaduras: los hongos son organismos que poseen núcleo verdadero, carecen de clorofila, se reproducen sexual o asexualmente por esporas y pueden tener forma multicelular filamentosa (moho) o ser células individuales en gemación (levadura). Para su determinación se sembraron las siguientes diluciones 10^{-3} , 10^{-4} y 10^{-5} también por duplicado en agar papa dextrosa (PDA) representando los resultados obtenidos (UFC/g). Ver (figura 16).

A continuación se muestra las diluciones para determinar contenido de unidades formadoras de colonias de las muestras.

10 g. de muestra + 90 ml. de Solución salina isotónica al 0.09 %

10^{-1}



**10 g. de muestra + 90 ml.
de Solución salina isotónica al 0.09 %**

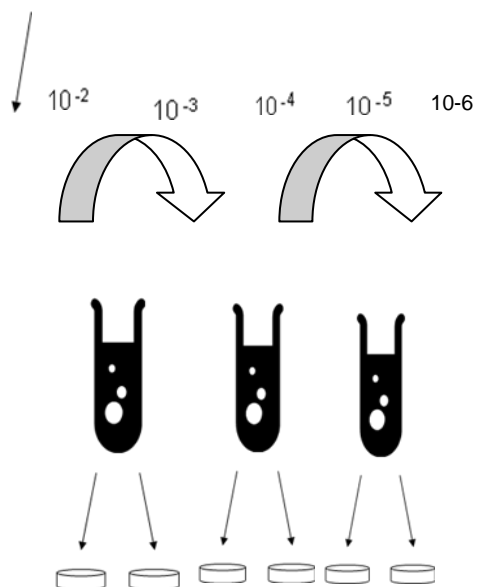


Figura 16.- Preparación de Diluciones

3.4 Diseño y modelo experimental

Los resultados se discutieron con base a un análisis de varianza (ANVA) en el cual se utilizó el paquete computacional Minitab versión 15, para las variables evaluadas de acuerdo con un diseño factorial completamente al azar de dos factores.

$$y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + E_{ijk}$$

Donde:

y_{ijk} : Es la variable de respuesta

μ : Media general

τ_i : Efecto del tratamiento del factor A

β_j : Efecto del tratamiento del factor B

$(\tau\beta)_{ij}$: Efecto de interacción entre A y B

E_{ijk} : Error experimental

IV RESULTADOS Y DISCUSIONES

Se presentan los resultados de las medias obtenidas de cada variable, posteriormente estas son analizadas con el programa Minitab, como resultado se obtienen dos figuras, la primera de efectos principales de cada variable entre días y tratamientos y la segunda figura es de efectos de interacción entre variable y tratamiento.

4.1 Determinación de Color

Análisis de cambios de color de las muestras durante el trabajo experimental, incluye resultados de luminosidad, y coordenadas de cromaticidad (a^* y b^*),

4.1.1 Luminosidad (L^*)

La luminosidad indica que a mayor valor numérico obtenido de las muestras mayor luminosidad (brillo), a menor valor numérico menor intensidad de color o luminosidad (opaco).

La figura 17 presenta el promedio de luminosidad de las muestras.

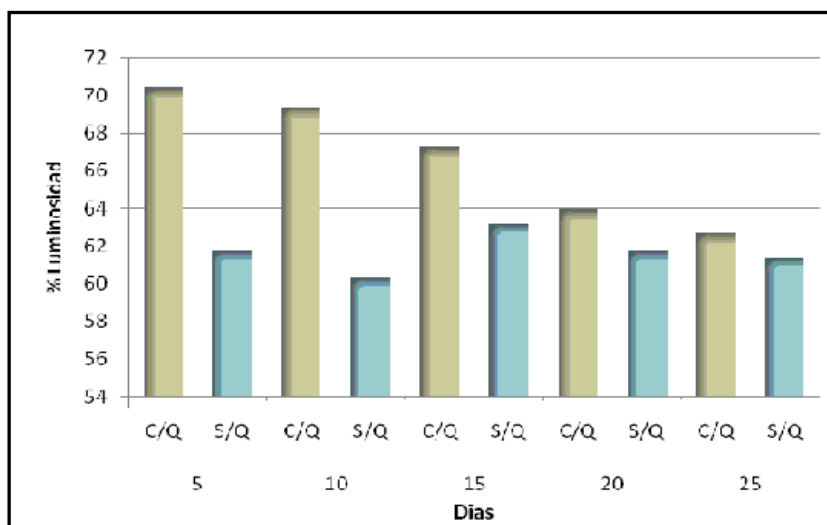


Figura 17.- Luminosidad (L^*)

La primera evaluación se realizó al quinto día de almacenamiento, se puede apreciar que las papas cubiertas con quitosano obtuvieron mayor luminosidad que las muestras sin película.

En la segunda evaluación (10 días), en ambas muestras se presentó ligero decremento de luminosidad con respecto al valor anterior, mientras que en la tercera evaluación las muestras sin quitosano tuvieron un incremento de luminosidad.

En la cuarta y quinta evaluación la luminosidad en las muestras con película siguió disminuyendo, en las muestras sin película los valores de luminosidad se mantuvieron. Este comportamiento se le atribuye a la aparición de una capa blanquecina que absorbe el agua del interior del fruto provocando su deshidratación. En cambio, las muestras no recubiertas, al no tener esa capa no se ven tan afectadas y, presentan en todo momento una textura propia de frutas frescas

En la figura 18 se presentan los efectos principales de luminosidad entre días y tratamiento, se puede ver como la aplicación de la película se ve afectada por el factor tiempo. La figura muestra que la luminosidad en relación a la primera y segunda evaluación (5 y 10 días) disminuye, en la siguiente evaluación (15 días) la variable muestra un ligero aumento.

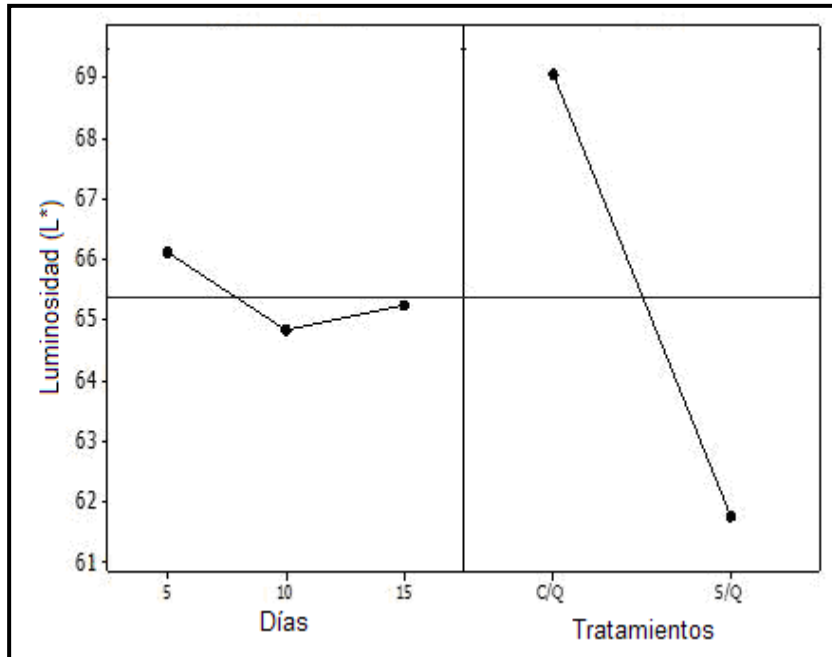


Figura 18.- Efectos principales de Luminosidad entre días y tratamiento.

En cuanto a la aplicación y no de película a las muestras, se observa claramente que las tiras con película mantienen una mejor luminosidad que las papas sin recubrimiento, debido a que la película permite mayor retención de agua favoreciendo la luminosidad y su deterioro es mucho más lento comparado con las muestras sin película.

En la figura 19 observamos la interacción de luminosidad entre tratamientos. Las muestras con quitosano presenta una luminosidad mayor a los 5 días, a los 10 días la luminosidad disminuye y en la tercera evaluación se notó que la variable disminuía aún más. Conforme pasan los días la luminosidad disminuye paulatinamente, proceso natural e inevitable en donde la película interviene como retardador de la pérdida de luminosidad más no la detiene.

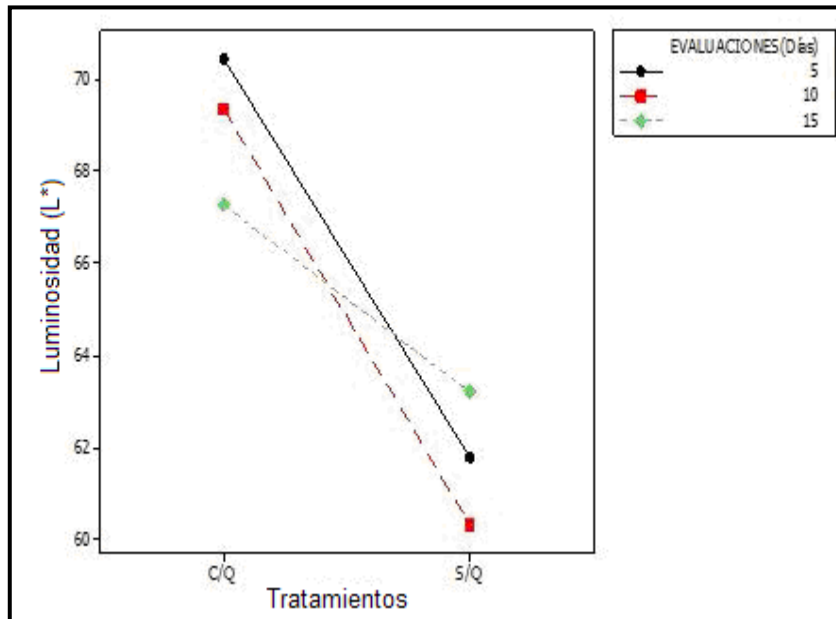


Figura 19.- Efectos de interacción de Luminosidad entre tratamientos.

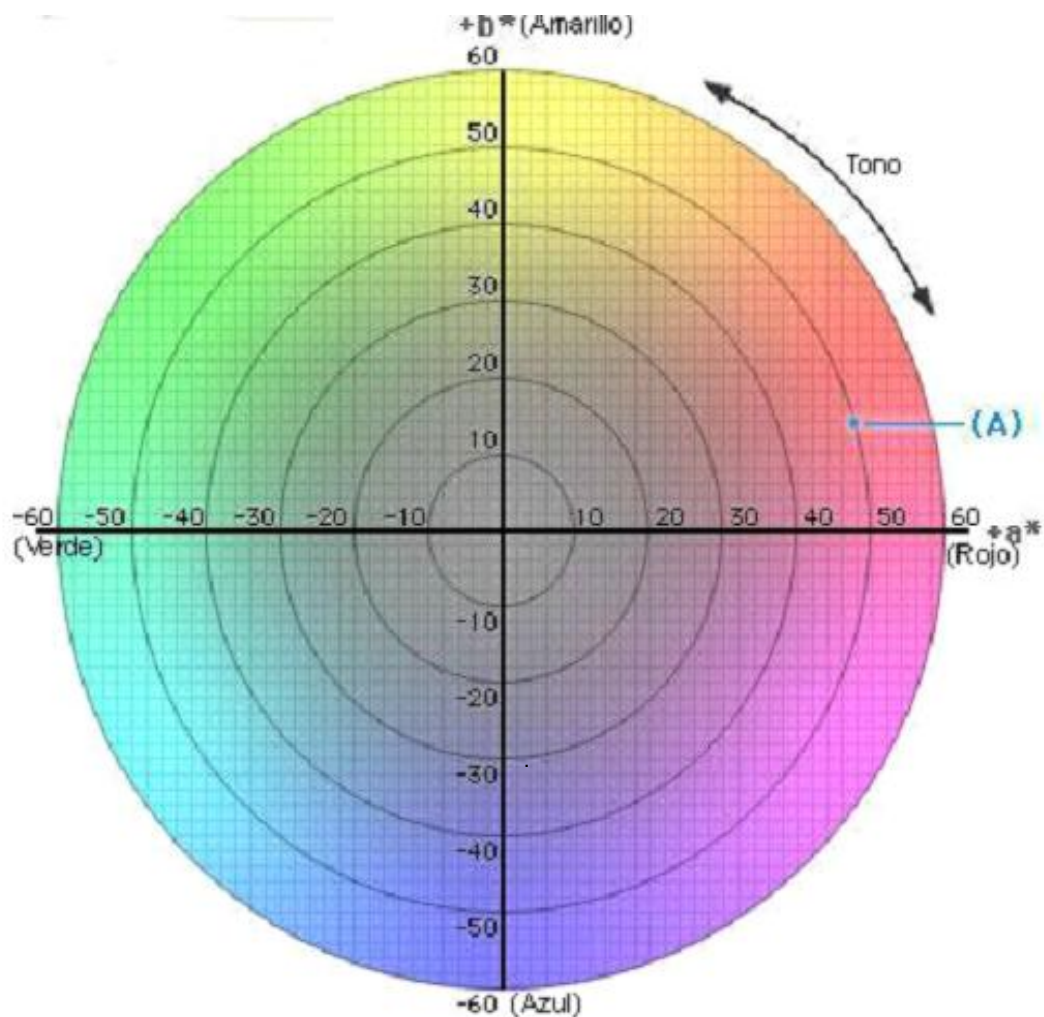
En las muestras sin película se puede observar el valor de luminosidad menor que en las muestras tratadas; esta diferencia es verificada a los 5 días de análisis, en la segunda evaluación se presentó un ligero decremento, a los 15 días la luminosidad vuelve a incrementar, aun con este incremento se aprecia que en estas muestras la luminosidad es aún menor que las papas tratadas.

Pantastico (1984), menciona que para poder restaurar las cubiertas naturales del fruto y proporcionarles luminosidad o brillo es necesaria la aplicación de cubiertas de origen natural o artificial con lo que además de darles luminosidad se da protección, disminuyendo deterioro del producto.

4.1.2 Coordenadas de cromaticidad a^* y b^*

a^* y b^* indican direcciones de colores $+a^*$ es la dirección del rojo, $-a^*$ es la dirección del verde, $+b^*$ es la dirección del amarillo y $-b^*$ es la dirección del azul. El centro es acromático, a medida que los valores de a^* y b^* aumentan y el punto se separa del centro, la saturación o cambio del color se incrementa.

La figura 20 presenta las coordenadas de cromaticidad de a^* y b^* . Podemos observar el comportamiento de los colores, a medida que pasan los días estos valores van tomando una dirección, ubicándose entre el color amarillo y marrón. Tanto en las muestras (físicamente) como en la figura 20 se aprecia que después de los 15 días de evaluación el color se va inclinando a la coordenada $+a^*$, este comportamiento se le atribuye al cambio de coloración causado por la oxidación de la papa, en comparación con las muestras de la primera evaluación.



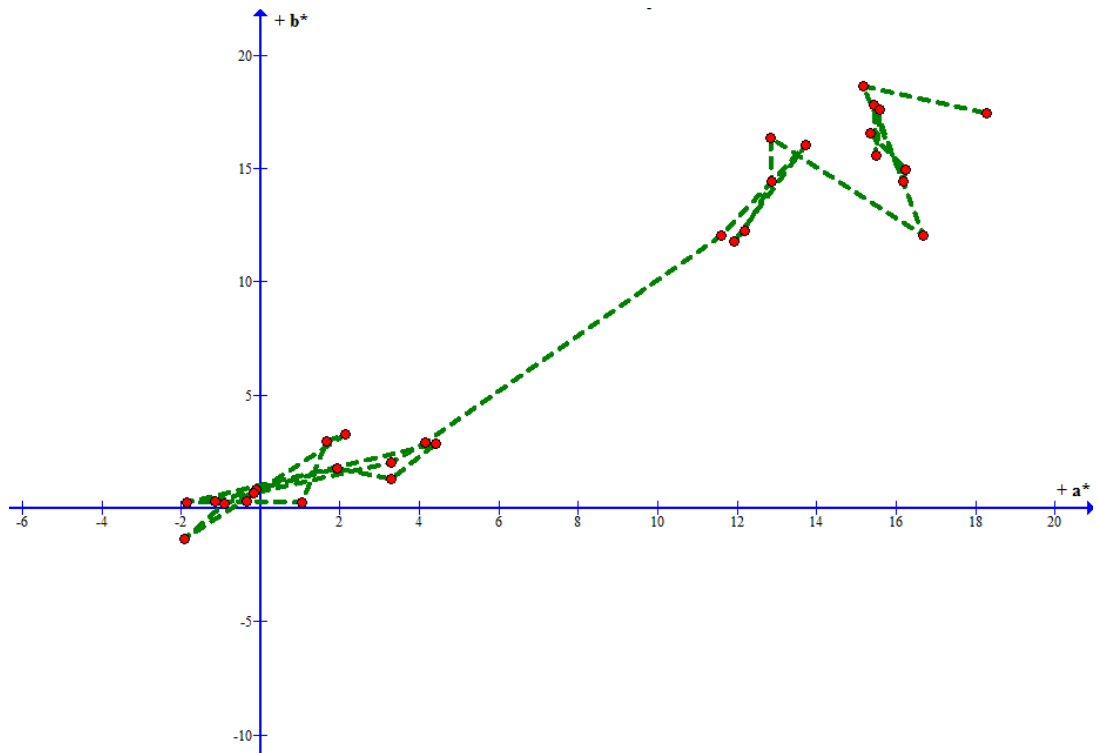


Figura 20.- Valores obtenidos correspondientes a las coordenadas de cromaticidad a* y b*.

Según Aguilar (2004), el cambio de color se debe principalmente a la degradación de clorofilas, proceso que permite la percepción de otros pigmentos que ya se encontraban en el cloroplasto o que se sintetizan en el proceso de la maduración, adquiriendo las muestras un color diferente como el marrón.

4.2 Determinación de firmeza

La figura 21 muestra los resultados de firmeza, a los 5 días de evaluación se puede observar la diferencia en cada tratamiento, las muestras con película alcanzan 15.9 kg/cm^2 de resistencia y las muestras sin tratamiento tienen una resistencia de 15 kg/cm^2 . Esto es debido a que en las muestras tratadas, la película crea una capa que retarda la pérdida de agua.

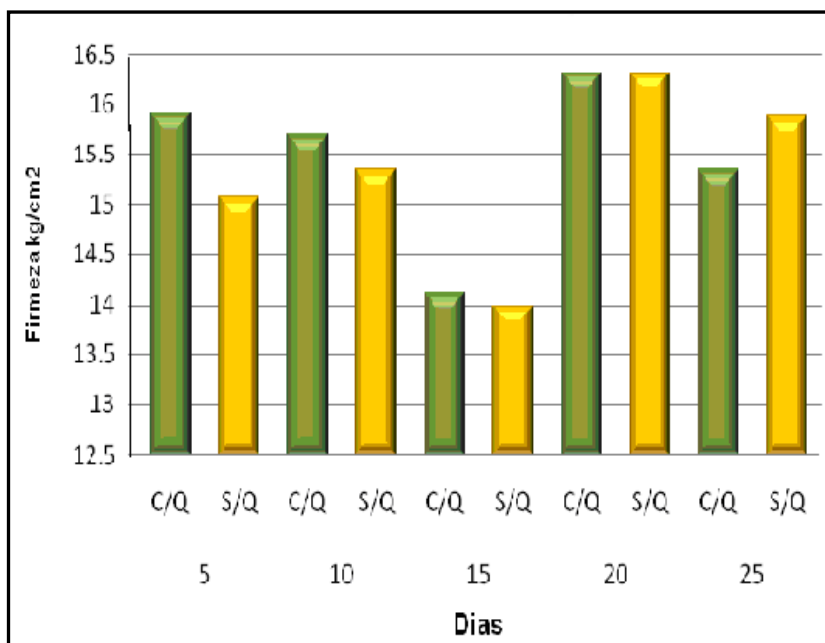


Figura 21.- Firmeza (kg/cm²)

A los 10 días de almacenamiento y análisis de las muestras los resultados arrojados fueron los siguientes. Las muestras con quitosano presentan un 15.8kg/cm² de firmeza y en las muestras sin película un 15.4 kg/cm², encontrándose una ligera diferencia entre ambas muestras. A este tiempo se puede ver que en las muestras sin tratamiento el valor de firmeza aumenta ligeramente atribuido a que van perdiendo humedad haciéndolas mas duras o menos flácidas.

En la tercera evaluación (15 días) de analizadas se encuentra cambio sustancial ya que en ambas muestras disminuye la firmeza, pero en las muestras con quitosano se ve mayor firmeza. Este comportamiento se atribuye a los cambios acelerados inducidos por el daño causado a las células del tejido durante el cortado y pelado,

Una vez analizadas las medias y en base a los resultados del análisis de efectos principales de firmeza (figura 22), se puede observar que la firmeza varia en relación al tiempo, a los primeros 5 y 10 días presentan una ligera diferencia, sin embargo estadísticamente no hay diferencia significativa, mientras que a los

15 días la firmeza disminuye drásticamente afectado por el tiempo de almacenamiento.

En base a los resultados publicados por Bolin y Huxsoll (1989), menciona que los productos mínimamente procesados pierden la firmeza en un corto tiempo durante el almacenamiento a bajas temperaturas.

En cuanto a la aplicación y no de la película las muestras sin tratamiento presentaron mayor firmeza que las muestras con quitosano, sin embargo este valor no es estadísticamente significativo. A medida que transcurre el tiempo de almacenamiento la fuerza máxima de punción disminuye. Probablemente, el film aplicado esté absorbiendo agua del interior de la fruta creando en su superficie una lámina de agua que por diferencia de presión de vapor con el exterior se va evaporando. (Pastor y Ortolá, 2005).

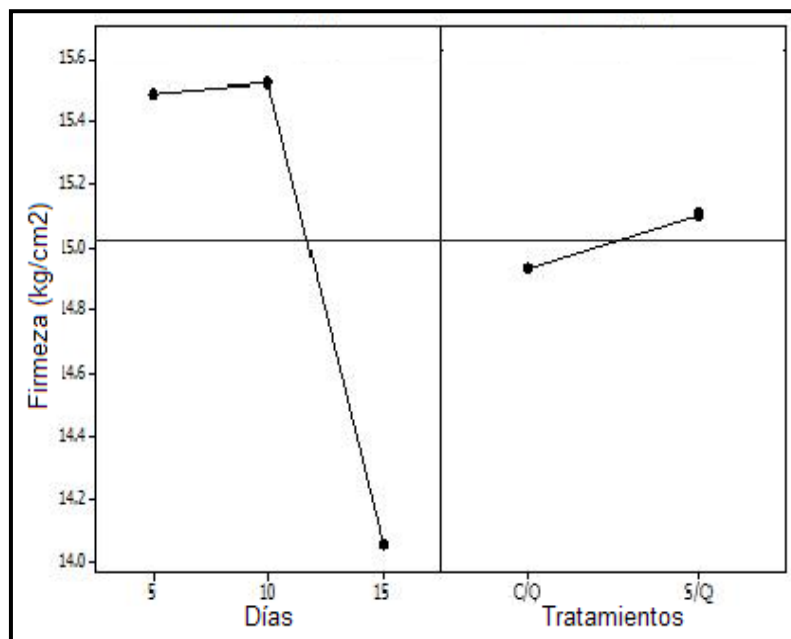


Figura 22.- Efectos principales de Firmeza entre días y tratamientos.

Como en los análisis anteriores, la figura 23 presenta el resultado del comportamiento de cada muestra con o sin película relacionados al tiempo.

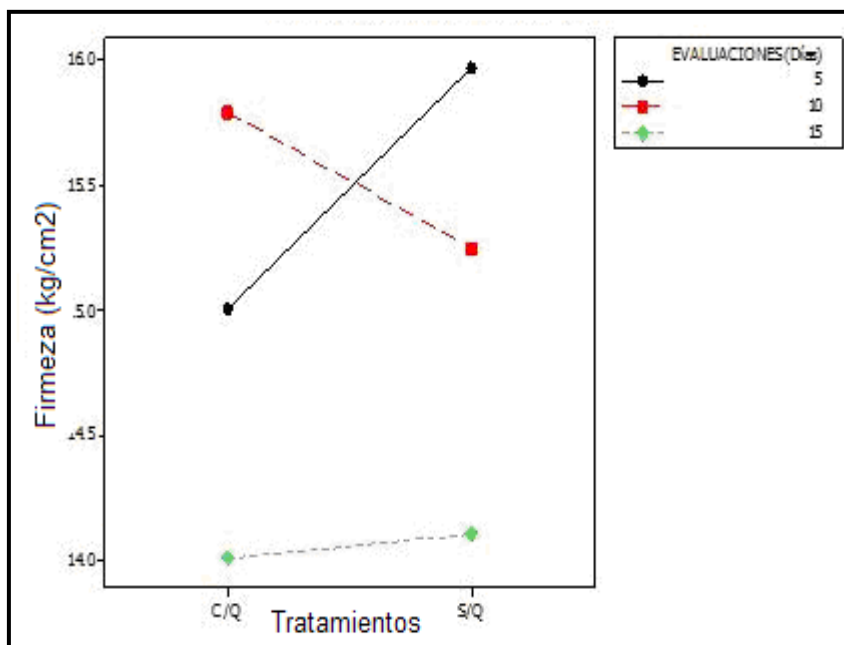


Figura 23.- Efectos de interacción de Firmeza entre tratamientos.

Al quinto día de análisis de las muestras, las papas con quitosano presentaron una firmeza inicial de 15.0 kg/cm^2 , pero en la segunda evaluación esta variable aumento ligeramente a 15.8 kg/cm^2 . En la última evaluación de las muestras con película la firmeza sufrió un decremento teniendo una resistencia de 14 kg/cm^2 . Estadísticamente en el análisis de firmeza no se encontró diferencia significativa. Mientras en las muestras sin película el comportamiento fue lo siguiente, a los 5 días de evaluación la firmeza fue de 16 kg/cm^2 , a los 10 días de este valor disminuye a 15.2 kg/cm^2 y en la tercera evaluación el porcentaje de firmeza disminuye aun más, este proceso se le atribuye a que las muestras van perdiendo humedad constantemente.

De acuerdo a Pastor y Ortolá, (2005), la firmeza de las muestras recubiertas disminuye con el tiempo de almacenamiento debido a la aparición de la capa blanquecina que absorbe el agua del interior del fruto provocando su deshidratación. En cambio, las muestras no recubiertas, al no tener esa capa no se ven tan afectadas y, presentan en todo momento una textura propia de frutas frescas mas sin embargo la pérdida de firmeza es inevitable por que van perdiendo humedad.

4.3 Determinación de humedad

La siguiente figura muestra el porcentaje de humedad presente en las papas con y sin quitosano.

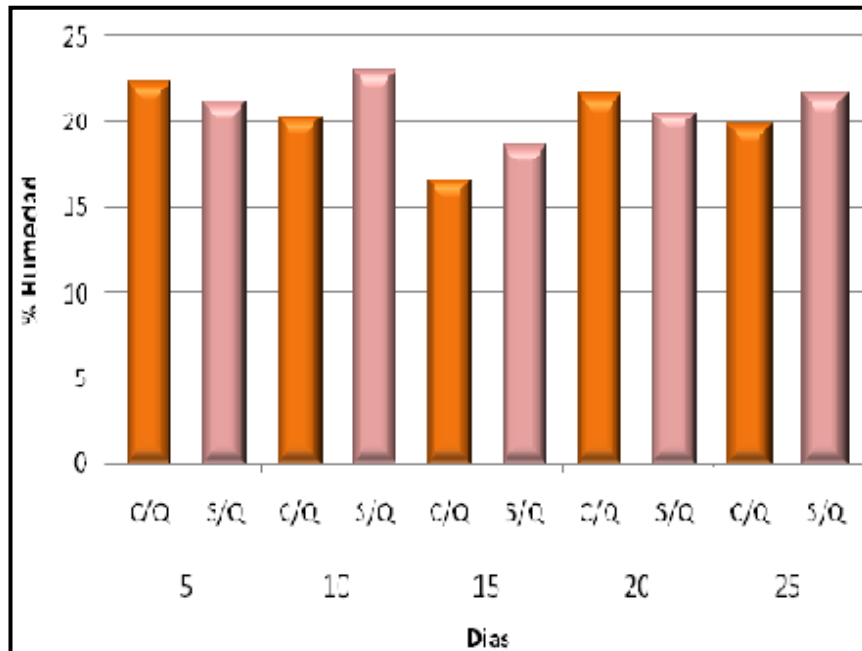


Figura 24.- Humedad (%)

A 5 días de almacenamiento las muestras con quitosano tienen un 23% de humedad mientras que las muestras sin película un 22% encontrándose una mínima variación entre tratamientos. A los 10 días la humedad de las muestras tratadas disminuye a 20%, lo contrario a las muestras sin películas este aumenta a 23%.

Conforme pasa el tiempo esta variable disminuye, lo cual se puede apreciar a los 15 días las muestras con película bajan hasta un 17 %, y en las muestras sin recubrimiento tienen 19 % de humedad. Posterior a esta fecha el porcentaje de humedad presenta un incremento paulatinamente en ambos casos teniendo una mayor cantidad de agua las muestras sin quitosano, posteriormente

esta variable se mantiene constante. El contenido mayor de humedad en las muestras sin tratamiento es posible por que las muestras se encuentran en un medio aislado y estos tienden a absorber la humedad aumentando nuevamente su valor del que había perdido.

Huxsoll y Bolin (1989), menciona que los productos frescos cortados tienden a ser más vulnerables a la pérdida de agua porque ya no están intactas después del pelado y corte o rebanado pero sin descartar la posibilidad que estos pueden adquirir humedad del medio.

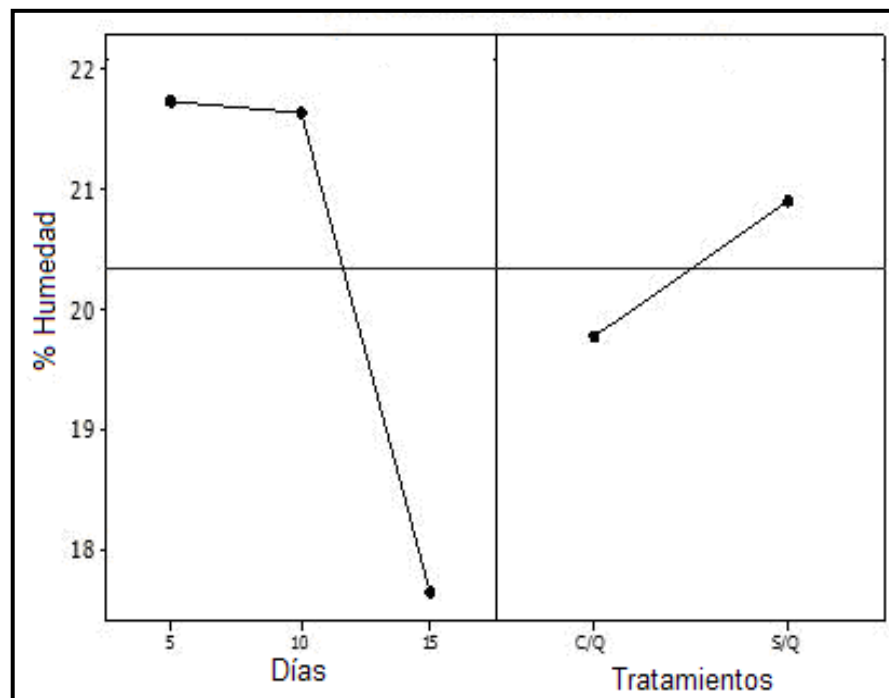


Figura 25.- Efectos principales de % de Humedad entre días y tratamientos.

El porcentaje de humedad (fig. 25) a los primeros 5 días es alta, teniendo un leve decline a los 10 días y a los 15 días esta variable disminuye drásticamente, en relación al factor tiempo esta variable es estadísticamente significativa; mientras que con el factor tratamiento las muestras con recubrimiento presentaron un ligero decline en comparación con las muestras sin película, encontrándose estadísticamente no significativo esta variación.

La piel es una barrera muy importante para evitar la pérdida de turgencia y el resecamiento. Eventualmente, la eliminación de la piel las hace más percederas. El daño mecánico ocasionado al cortar y el método usado, expone a los tejidos internos a la atmósfera, promoviendo el secado. Las operaciones de rallado o rebanado aumentan el área superficial, un problema adicional. Además los daños mecánicos provocan respuestas fisiológicas como aumento en la respiración y potencialmente, la producción de etileno, lo que acorta aun más la vida del vegetal.

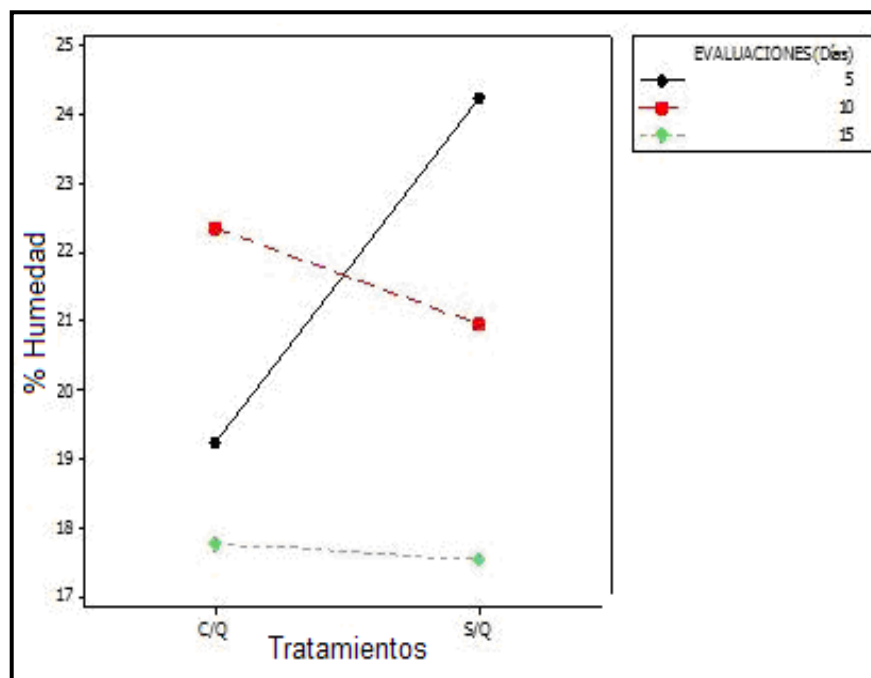


Figura 26.- Efectos de interacción de % de Humedad entre tratamientos.

Esta interacción de humedad entre tratamientos (fig. 26) presenta que a los primeros 5 días en las muestras con película presentan un porcentaje menor de humedad a diferencia de las muestras sin película.

En la segunda evaluación se puede apreciar que en las muestras con película retienen mayor humedad que las muestras sin recubrimiento, sin embargo es un proceso que en ambos tratamientos no se puede evitar.

Y a la tercera evaluación en ambas muestras se presenta un decremento de la humedad, presentándose una ligera diferencia entre ambos teniendo más porcentaje de humedad las muestras con película que las muestras sin película. En esta variable no se encuentra diferencia significativa entre tratamientos.

4.4 Determinación de sólidos solubles totales (S.S.T. ° Brix)

La figura 27, presenta las medias obtenidas de sólidos solubles totales, se puede notar los cambios que se presentaron en cada una de las evaluaciones.

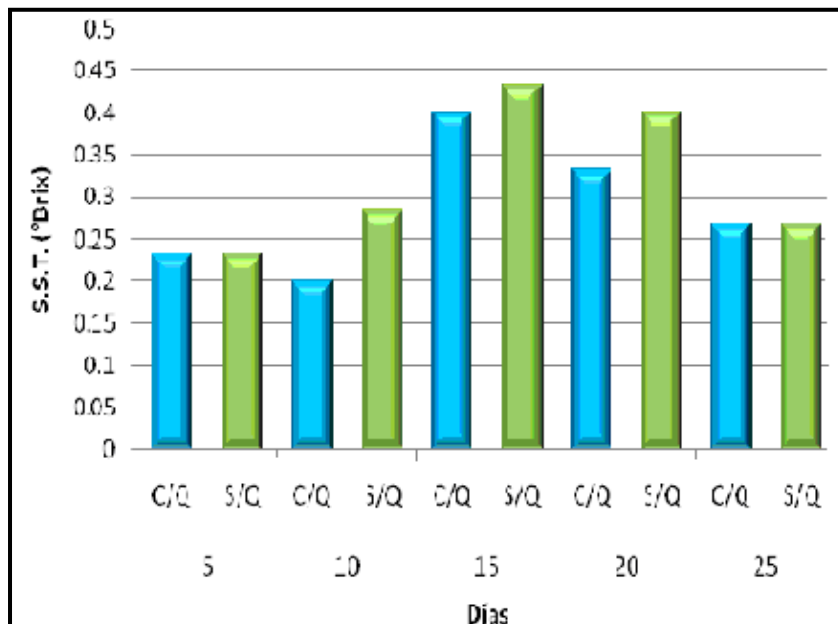


Figura 27.- Sólidos solubles totales (° Brix)

En la primera evaluación no se ve un cambio sustancial de esta variable ya que en ambos se encuentra una concentración de 0.24 °Brix, mientras que a los 10 días los sólidos solubles totales de las muestras con película baja a 0.2 °Brix y en las muestras sin película aumenta a 0.29 °Brix.

A los 15 días se encuentra una mayor concentración de S.S.T. en ambas muestras, pero encontrándose un ligero incremento en las muestras sin película, posterior a estos días esta variable va en decremento, más notable en las muestras con película en comparación a las muestras no tratadas.

Este hecho está relacionado con el papel protector de la película frente al intercambio gaseoso con el ambiente, ralentizando el metabolismo y los procesos de síntesis de compuestos azucarados. Por el contrario, las muestras control, sin barrera de protección, aumentan de forma paulatina su contenido de sólidos disueltos (Pastor y Ortolá, 2005).

Los resultados de S.S.T. fueron analizados con el programa Minitab obteniéndose dos gráficas, gráfica de efectos principales de S.S.T. entre días y tratamientos y gráfica de efectos de interacción de S.S.T. entre tratamiento

En la gráfica de efectos principales (fig.28) con relación al tiempo podemos observar que esta variable fue aumentando teniéndose una mayor concentración de S.S.T. a los 15 días encontrándose diferencia significativa. Mientras que en la relación con o sin tratamiento las muestras con película tuvieron menor porcentaje en comparación con las muestras sin película aun con esta diferencia entre tratamientos no se encontró diferencia significativa.

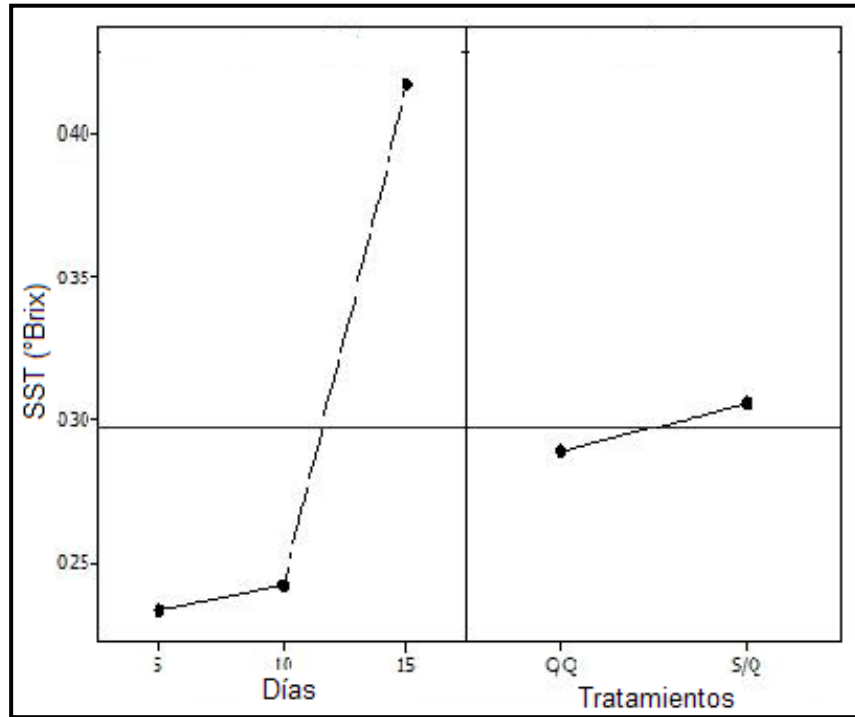


Figura 28- Efectos principales de SST (°Brix) entre días y tratamientos.

En la figura 29 podemos notar que en la primera evaluación que fue a los 5 días, los tratamientos muestran un mismo comportamiento ya que no hay diferencia significativa entre ambos. Al igual que a los 10 días en las muestras sin quitosano muestran un ligero incremento. Este proceso se debe a que en las muestras sin barrera su contenido de sólidos solubles aumenta de forma paulatina. Estadísticamente a los 15 días hay una diferencia significativamente entre tratamientos.

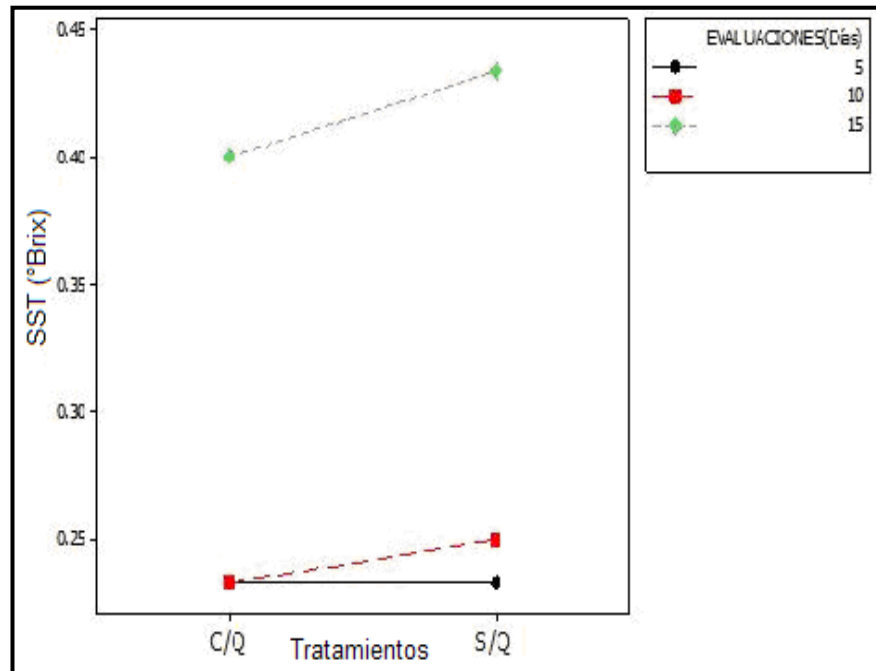
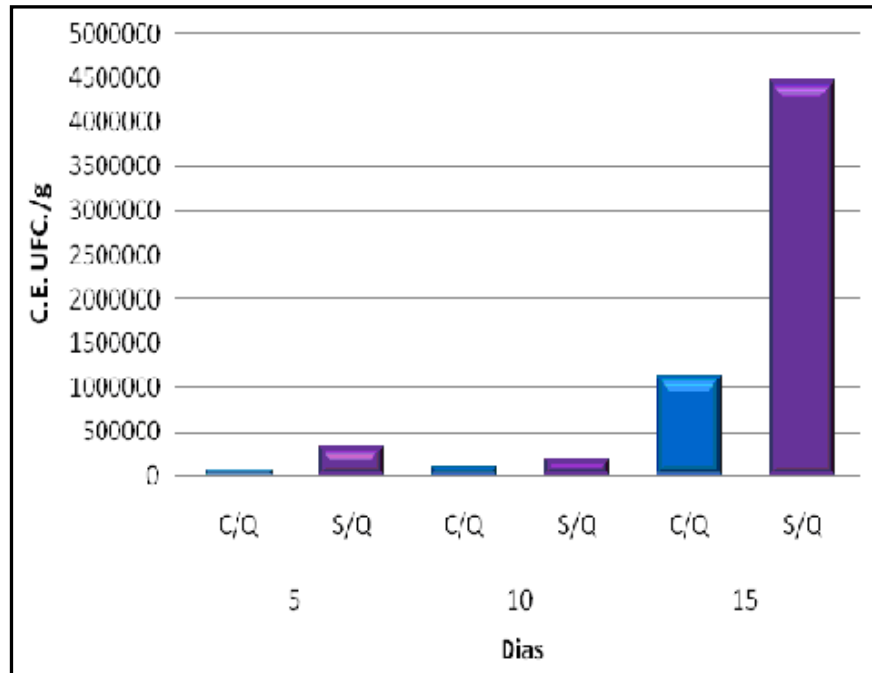


Figura 29- Efectos de interacción de SST (°Brix) entre tratamientos.

4.5 Determinación de microorganismos

4.5.1 Bacterias

Las medias obtenidas en cuanto a la determinación de unidades formadoras de colonias (UFC), en esta investigación se presenta en la figura 30. Se puede observar que el crecimiento de bacterias en ambos tratamientos fueron realmente muy bajo en los primeros 5 y 10 días, y es hasta los 15 días cuando se presento mayor crecimiento en las muestras sin películas que las muestras tratadas.



C.E. = Agar cuenta estándar.

Figura 30.- Bacterias (agar C.E)

En la grafica de efectos principales de bacterias entre días (fig.31) podemos ver que a los primeros 5 días hay un mínimo crecimiento de bacterias, y que en relación al tiempo éstas fueron aumentando constantemente teniéndose un alto contenido de unidades formadoras de colonias a los 15 días.

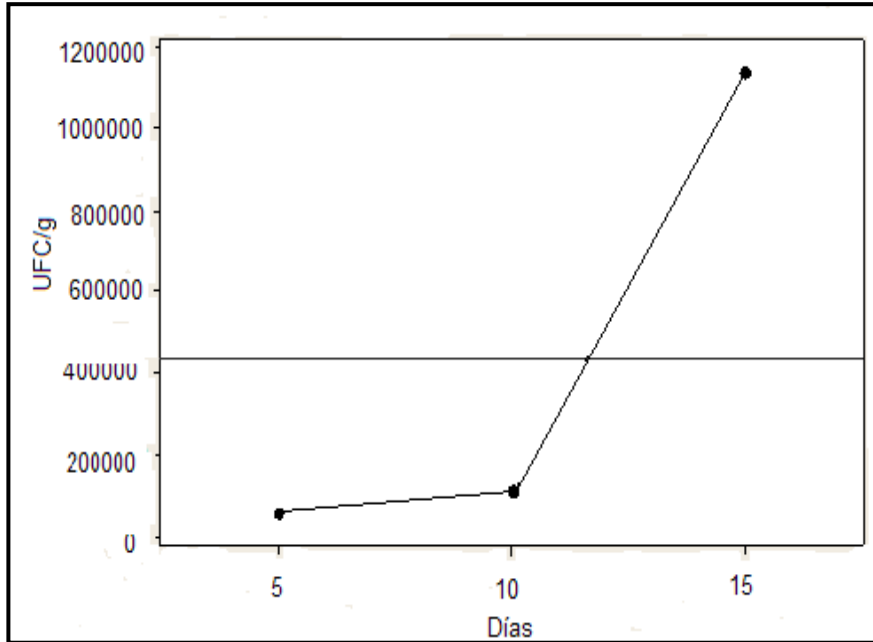
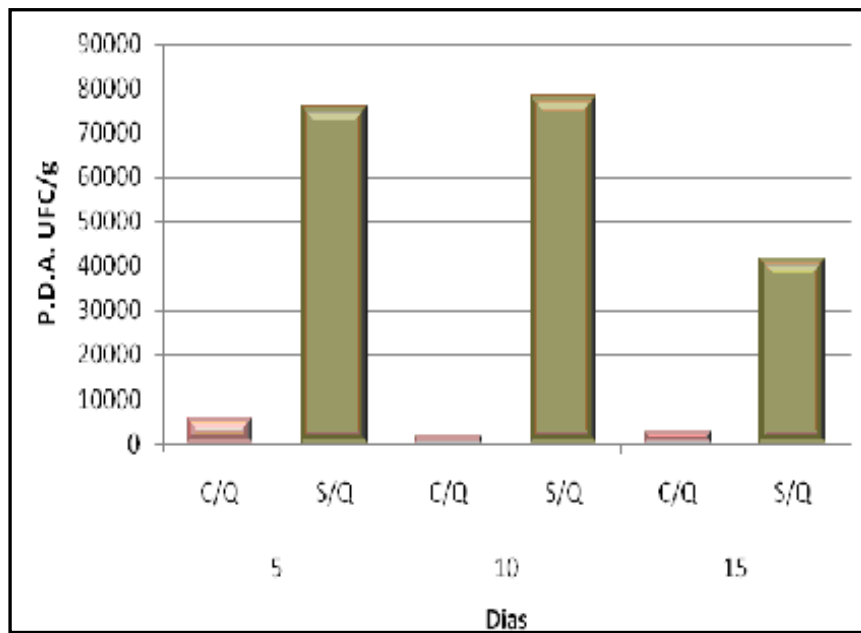


Figura 31- Efectos principales de Bacterias entre días.

4.5.2 Hongos y levaduras

La figura 32 presenta los resultados de hongos y levaduras, obtenidos durante los análisis de las muestras, durante esta trabajo se estuvo monitoreando si hay o no crecimiento de microorganismos.



P.D.A.= Agar papa dextrosa

Figura 32- Hongos y levaduras (agar P.D.A.)

Los resultados obtenidos a los primeros 5 días fue que las muestras cubiertas con la película presentaron un crecimiento mucho menor en comparación con las muestras sin tratamiento.

La segunda evaluación fue realizada a los 10 días, se puede notar la diferencia que hay entre ambos tratamientos, pudiéndose ver que en las muestras tratadas la cantidad de hongos y levaduras disminuyó en comparación a los primeros 5 días, mientras que en las muestras que se dejaron sin tratamiento la cantidad de estos microorganismos fue en aumento. Esto es debido a que las muestras también fueron secadas a temperatura ambiente y estas al no tener una barrera de protección es fácil de contaminar.

Hasta los 15 días podemos apreciar que los hongos y levaduras, en las muestras sin película fueron disminuyendo, y en las muestras con película tuvo un ligero crecimiento.

Con el fin de impedir o retrasar el crecimiento microbiano en alimentos y sus derivados han sido ampliamente estudiados como agentes antimicrobianos, y los últimos años han recibido una atención especial debido a los resultados prometedores en este ámbito de aplicación. La investigación ha demostrado que el quitosano tiende a ser eficiente antimicrobiano contra varios microorganismos como: *Fusarium oxysporium*, *Rhizopus stolonifer*, *Penicillium spp*, *Candida albicans*, *Aspergillus flavus*, *Helminthosporium maydis*, *Aeromonas hydrophila*, *Bacillus cereus*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhimurium* y *Clostridium perfringens* (Cavalcante, 2008).

Una vez analizadas las medias y en base a los resultados obtenidos en el gráfico de efectos principales de hongos y levaduras entre días presentados en la Figura 33, se puede apreciar que en los primeros 5 días hay presencia de hongos y levaduras, pero ya a los 10 días disminuye notoriamente la cantidad de estos microorganismos. A los 15 días se ve nuevamente el incremento de estos, debido

a que los hongos y las levaduras son más susceptibles al quitosano por su efecto antimicrobiano, pero después estos vuelven a crecer atribuido a que algunos microorganismos aprovechan la presencia de humedad del medio.

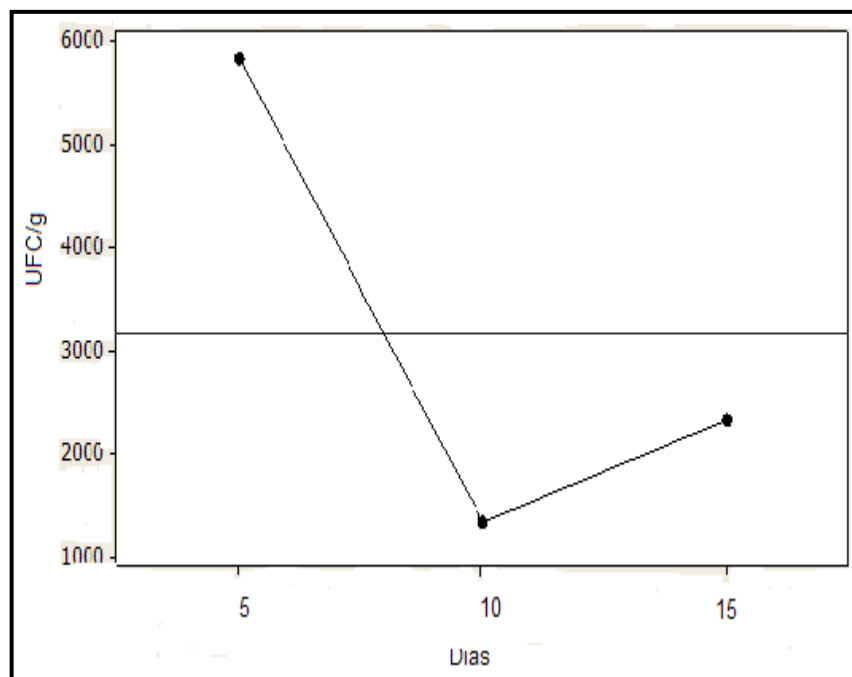


Figura 33- Efectos principales de Hongos y levaduras entre días.

El quitosano resulta ser una alternativa interesante ya que, además de su actividad antimicrobiana contrastada, presenta ciertas ventajas por tratarse de un compuesto biodegradable, biocompatible, renovable y no tóxico.

V CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos planteados al inicio de esta investigación y en base a los resultados obtenidos, podemos concluir que la película incrementa la luminosidad de las muestras, manteniéndolas por mayor tiempo con un buen brillo, lo cual es percibido a simple vista presentando un atributo favorable en las tiras de papa. Pero después de los 15 días de almacenamiento las papas van perdiendo luminosidad esto es debido a la aparición de una capa blanquecina que absorbe el agua del interior del fruto provocando su deshidratación. En cambio, las muestras no recubiertas, al no tener esa capa no se ven tan afectadas y, presentan en todo momento una textura propia de frutas frescas.

Con respecto a las coordenadas de cromaticidad a^* y b^* , concluimos que el cambio de coloración de las muestras paulatinamente van cambiando de color, en las muestras sin tratamiento más rápido que e en las muestras con quitosano.

En el parámetro de calidad firmeza, la aplicación de la película afecto de manera positiva a las muestras tratadas, manteniendo mejor firmeza en comparación a las muestras sin quitosano, debido a que hubo una lenta deshidratación.

De acuerdo a los resultados de humedad las muestras con quitosano presentaron menor contenido en cuanto a humedad, lo contrario a las muestras testigo por lo que estos estaban propensos a absorber el agua que se generaba en la bolsa provocado por las mismas condiciones de almacenamiento, lo cual se le atribuye que fue ganando mayor contenido de humedad.

En el siguiente parámetro de calidad S.S.T. Las muestras con quitosano presentaron menor contenido de sólidos solubles totales; este hecho está relacionado con el papel protector de la película frente al intercambio gaseoso con el ambiente, ralentizando el metabolismo y los procesos de síntesis de

compuestos azucarados. Por el contrario, las muestras sin película (sin barrera de protección) aumentan de forma paulatina su contenido de sólidos disueltos.

En lo que respecta a las bacterias, hongos y levaduras representadas en UFC, podemos concluir que la aplicación de la película retardo el crecimiento microbiano en las muestras, por lo que las muestras sin quitosano (testigos) mostraron mayor crecimiento microbiano durante el trabajo experimental.

Como conclusión general, la película de quitosano si alarga la vida de anaquel de las papas mínimamente procesadas, y en base a resultados de los parámetros de calidad evaluados en esta investigación hace que podamos aseverar que la película si da resultados positivos. Por lo tanto la hipótesis planteada con anterioridad si se acepta.

VI BIBLIOGRAFIA

- ❖ Aguilar, A. R. 2004. Comportamiento en características de calidad de líneas extrafirmes de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) en poscosecha. Tesis de Licenciatura. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo. Coah. México.
- ❖ Anónimo1, 2009. La papa disponible en:
http://es.wikipedia.org/wiki/Solanum_tuberosum#Utilizaci.C3.B3n_en_la_alimentaci.C3.B3n_humana.
- ❖ Anónimo 2, 2009. La Papa Tubérculos. Composición química. Dietas. Almidón. Usos medicinales. Toxicidad. Disponible en:
<http://html.rincondelvago.com/la-papa.html>.
- ❖ Anónimo 3. 2000. La quitina y su potencial industrial disponible en:
<http://www.invdes.com.mx/anteriores/Noviembre2000/htm/quitina.html>.
- ❖ Anónimo 4. 2008. Información técnica disponible en:
<http://www.phcmexico.com.mx/phcpapa2.html>.
- ❖ Anónimo 6. 2006. Confederación Nacional de Productores de Papa de la República Mexicana, disponible en:
www.conpapa.org.mx/panorhamexico.html.
- ❖ Arce F. A. 2002. El Cultivo de la papa. Ediciones Mundi – Prensa segunda edición.
- ❖ Bautista Baños S. / Hernández Lauzardo A.N./Velázquez del Valle M.G./ Bosquez M.E./ et al. 2005. Quitosano una alternativa natural para reducir microorganismos postcosecha y mantener la vida de anaquel de productos hortofrutícolas. Revista Iberoamericana de tecnología postcosecha, vol.7, pág.1-6. Hermosillo, México.

- ❖ Ben-Yehoshua, et al. 1985. Resistance of Fruit to Mass Transport of Water Vapor and other Gases. *Plant physiol. Soc. Hort. Sci* 7: 1048-1053.

- ❖ Bosquez. M. E. 2003. Tesis Doctorado: Desarrollo de recubrimientos comestibles formulados con goma de mezquite y cera de candelilla para la conservación de frutas. Universidad Autónoma Metropolitana. México D.F.

- ❖ Browning, evaluation of ready-to-eat apples as affected by modified atmosphere packaging. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 49: 3685-3690.

- ❖ Cavalcante Fai Ana Elizabeth, Montenegro Stamford Thayza Christina, et al. 2008 Bioprospección de Quitosano sistemas de conservación de alimentos, Quitosano en alimentación. Tomo 9 (5).

- ❖ Cepada. Siller. M, Gallegos. M. G. 2003. La Papa, el fruto de la tierra, Editorial Trillas 1^{era} edición.

- ❖ Crosnier y Montingny, 1981; Montingny, 1983. La Patata: producción, mejora, plagas y enfermedades. Mundi- prensa S.A de C.V. colonia coahuatemoc CP. 06500. Mexico D.F.

- ❖ De la Rosa. O. B. 2007. Tesis: Aplicación y evaluación de latex de poliacetato de vinilo (PVAc) como recubrimiento en tomate (*Lycopersicon esculentum mill*). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo Coahuila México.

- ❖ El Ghaouth A, Arul J, Grenier J, Asselin A, 1992. Antifungal activity of chitosan on two postharvest pathogens of strawberry fruits. *Phytopathology*, pág. 82: 398-402.

- ❖ Euan H. N. 2006. Tesis: Aplicación de laser de baja intensidad a semilla de papa y su efecto en la calidad nutricional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo Coahuila México.

- ❖ García. M.A, Pinotti, A., Martino, M. N, et al. 2004, Characterization of composite hydrocolloid films carbohydr. Polym pág. 56(3) 339.

- ❖ Guilbert S. 1986. Technology and application of edible protective films. "Food packaging and preservation". *Theory and practice*. Elsevier applied science publishing Co. London.

- ❖ Guilbert, S. y Biquet., 1995. Películas y envolturas comestibles. En Embalaje de los alimentos de gran consumo. Editores: G. Bureau, J. L. Multon. Ed. Acribia Zaragoza.

- ❖ Guilbert, S.; Goantard, N and Gorris, L. G. M. 1996. Prolongation of the shelf-life of perishable food products using biodegradable films and coatings. P. 29, 10-17.

- ❖ Hardenburg, R. E. Watad, A. E.; Wang, C. 1988. Almacenamiento comercial de frutas, legumbres y existentes de floristería y viveros. Pág. 150. San José, Costa Rica.

- ❖ Huxsoll, C.C. and H.R. Bolin. 1989. Processing and distribution alternatives for minimally processed fruits and vegetables. Food Technol. Pág. 43(2):124-128.

- ❖ Huxsoll, C.C., H.R. Bolin and A.D. King. Jr. 1989. Physiochemical changes and treatments for lightly processed fruits and vegetables. In: J.J. Jen (ed.), Quality factors of fruits and vegetables-chemistry and technology. American Chemical Society, Washington D.C., pp. 203-215.

- ❖ Kester, J. J., Fennema, O. R. 1988. Edible films and coatings. "Edible coatings and films to improve food quality". Ed. Technomic Publishing Co. E.U.

- ❖ Krochta y De Mulder- Johston, 1997; Debeaufort et al, 2003. Edible films and biodegradable polymer films: challenges and opportunities. Food Tech 51(2): 61-74.

- ❖ Labuza, T. P., Contreras-Medellin, R. 1981. Prediction of moisture protection requirements for foods. Cereal foods World, v. 26, pág. 335.

- ❖ Lamikanra Olusola, 2002. Revista: Fresh-cut Fruits and Vegetables. Science, Technology and Market. CRC Press. Pág. 291-294. EUA.

- ❖ Lárez Velásquez Cristóbal, 2006. Quitina y Quitosano: Materiales del pasado para el presente y el futuro. Avances en química. Universidad de los Andes Merida, Venezuela, pág. 15-21.

- ❖ Madruga, E. L. (A). Temas de divulgación: Que es un polímero. Revista de plásticos modernos, Núm. 466. pág. 319-321. Abril de 1995. Instituto de ciencia y tecnología de polímeros.

- ❖ Martín Belloso Olga y Rojas Graü M^a Alejandra, 2005. Nuevas Tecnologías de Conservación de Productos Vegetales Frescos Cortados. (CIAD)-Hermosillo, México.

- ❖ Martínez M. N. 2004. Tesis: Efecto de la Aplicación de Recubrimiento Agrofil AP sobre la calidad de Tomate Bola (*Lycopersicon esculentum* Mill) en Condiciones de Almacenamiento. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo Coahuila México.

- ❖ Mchugh T. H., Krochta J. M. (1994). Permeability properties of edible films. In: Edible coatings and films to improve food quality. Krochta JM, Baldwin EA, Nisperos-Carriedo NO editors. Edible coatings and films to improve food quality. Lancaster, Pa: Technomic Pub Co. pp139-188.
- ❖ Meheriuk y Lau, 1998. Effect of Two Polymeric Coatings on Fruit Quality of "Bartlett" and "D'Anjou" pears. J.Amer.Soc.Hort.Sci. 113(2):222-226.
- ❖ Monreal. P. L. A, 2001: Monografía de Licenciatura: Importancia de la papa (*Solanum tuberosum* L.) en la región de Navidad Nuevo León. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo Coahuila México.
- ❖ Montaldo A. 1984. Cultivo de raíces y tubérculos tropicales. Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura. 2ª edición pág. 408.
- ❖ Nicoli, et al. 1994; Rocha, 1998. El pardeamiento enzimático en frutas y hortalizas mínimamente procesadas. Laboratorio de Refrigeración y Postrecolección. Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos. CEBAS (CSIC). PO Box 4195,30080 Murcia, Spain.
- ❖ Osuna, G. J. A.1983. Resultados de la investigación sobre el tomate. Editorial mundi prensa. Madrid, España. Pág. 122-123.
- ❖ Pantastico, E.R.B, 1984. Fisiología de la Postrecolección, manejo y utilización de frutas y hortalizas tropicales y subtropicales. Editorial continental, S.A. México.
- ❖ Pastor C, Ortolá M.D, 2005. Aplicación de films comestibles en fresas (*Fragaria spp*) de la variedad Ventana. Universidad Politécnica de Valencia, España.

- ❖ Pérez de C., M y col. 1997, Comportamiento poscosecha de frutos de piña (Ananas comosus) tratados con retardantes de la maduración almacenados a diferentes temperaturas. Rev. Fac. Agron. 14: 393-398.
- ❖ Pérez, B y Baez R. 2003. Utilización de ceras comestibles en la conservación de frutas. Alimentaria, julio-agosto.
- ❖ Pérez-Gago, MB.; Mateos, M; Lull, C.; Rojas, C; Del Río , MA. (2007) Efecto de antioxidantes en extractos de alcachofa. Proceedings “IV Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos”. Ed. Facultad de Farmacia de la Universidad de La Laguna. Pág. 295-296
- ❖ Plascencia. J. M. 2004, Tesis grado doctorado: Estudio de la actividad antifúngica del quitosano en solución y en películas. Departamento de biotecnología, Departamento de física, y departamento de investigación de polímeros y Materiales, UNISON Metropolitana. México, D.F.
- ❖ Salgar. B. Rafael, 2004. Biopelículas o Biofilms en la Industria alimentario. Mundo alimentario. Fundación Intal, Colombia.
- ❖ Saltveit, M. 1997. Requirements and recommendations for harvested vegetables. Proceeding of 7, International Controlled Atmosphere Conference, vol 4, Postharvest Outreach Programa. University of California. Pág. 98-117.
- ❖ Sandoval, R. A. 1997. Tesis Maestría: Almacenamiento poscosecha de chile ancho verde en Saltillo, Coahuila., U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coah.

- ❖ Silva. M, Sarabia. S. Control de pardeamiento enzimático en papa fripapa (Bulk México 378158721) variedad Iniap. Universidad Técnica de Ambato, Facultad de ciencia e ingeniería en alimentos. Proyecto I- Fripapa-03.
- ❖ Soliva-Fortuny, R. C. Martin Belloso, 2003. Influencia de las condiciones de envasado y conservación sobre la calidad y vida útil de manzana y pera mínimamente procesadas. Tesis Doctoral. Universidad de Lleida (España).
- ❖ Soliva-Fortuny, R.C., Grigelmo-Miguel, N., O., Odriozola-Serrano, I., Gorinstein, S., and Martin-Belloso, O.-S. 2001.
- ❖ Tharanathan, R. 2003. Biodegradable films and composite coatings: past, present and future. Critical Review in Food Science and Technology 14:71-78.
- ❖ Veiga. O.MD, Ruiz. C.R, 2004. Revista: El quito de la sano; usos farmacéuticos y biológicos, 14;2: 33-42 . Departamento de Farmacia y Tecnología Farmacéutica. Facultad de Farmacia. Universidad Complutense de Madrid. España.

VII. ANEXOS

Hoja de calculo Minitab. Análisis de color (L*).

EVALUACIONES	REPETICIONES	TRATAMIENTO	COLOR L		DATOS	EVALUACIONES(Días)	COLOR L
			C/Q	S/Q			
Evaluación 1 (5 días)	1	C/Q	69.86751	58.76	69.86751	5	C/Q
	2	C/Q	75.7575	63.7	75.7575	5	C/Q
	3	C/Q	70.25	67.71	70.25	5	C/Q
	4	C/Q	71.455	60.66	71.455	5	C/Q
	5	C/Q	65.0599	58.44	65.0599	5	C/Q
	6	C/Q	70.3574	61.38	70.3574	5	C/Q
Evaluación 2 (10 días)	1	C/Q	73.04	65.73	58.7625	5	S/Q
	2	C/Q	71.205	58.76	63.7024	5	S/Q
	3	C/Q	72.2274	65.55	67.7075	5	S/Q
	4	C/Q	65.7225	58.76	60.6575	5	S/Q
	5	C/Q	67.705	55.31	58.4449	5	S/Q
	6	C/Q	66.3025	57.71	61.375	5	S/Q
Evaluación 3 (15 días)	1	C/Q	64.02	58.2	73.04	10	C/Q
	2	C/Q	70.2299	66.21	71.205	10	C/Q
	3	C/Q	70.9024	64.81	72.2274	10	C/Q
	4	C/Q	65.7875	59.36	65.7225	10	C/Q
	5	C/Q	64.6124	65.85	67.705	10	C/Q
	6	C/Q	68.0449	64.78	66.3025	10	C/Q
					65.7325	10	S/Q
					58.7624	10	S/Q
					65.5475	10	S/Q
					58.7599	10	S/Q
					55.3074	10	S/Q
					57.7099	10	S/Q
					64.02	15	C/Q
					70.2299	15	C/Q
					70.9024	15	C/Q

65.7875	15	C/Q
64.6124	15	C/Q
68.0449	15	C/Q
58.1975	15	S/Q
66.205	15	S/Q
64.8125	15	S/Q
59.3575	15	S/Q
65.8549	15	S/Q
64.775	15	S/Q

Análisis de varianza para datos de luminosidad						
Datos	DF	Seq ss	Adj ss	Adj Ms	F	P
Evaluaciones (días)	2	10.32	10.32	5.16	0.42	0.659
Color L	1	475.79	475.79	475.79	38.96	0.000
a*b	2	46.44	46.44	23.22	1.90	0.167
Error	30	366.34	366.34	12.21		
Total	35	898.89				

Coordenada de Cromaticidad a*

EVALUACIONES	REPETI.CIONES	TRATAMIENTO	COLOR a*		DATOS	EVALUACIONES(Días)	COLOR a*
			C/Q	S/Q			
	.		C/Q	S/Q			
Evaluación 1 (5 días)	.1	C/Q	1.14	0.2925	1.14	5	C/Q
	.2	C/Q	1.863	0.275	1.863	5	C/Q
	.3	C/Q	1.93	1.355	1.93	5	C/Q
	.4	C/Q	0.663	0.7025	0.663	5	C/Q
	.5	C/Q	0.91	1.7325	0.91	5	C/Q
	.6	C/Q	1.678	1.3975	1.678	5	C/Q
Evaluación 2 (10 días)	.1	C/Q	0.45	0.84	0.293	5	S/Q
	.2	C/Q	0.633	0.2925	0.275	5	S/Q
	.3	C/Q	1.075	0.185	1.355	5	S/Q
	.4	C/Q	0.75	1.375	0.703	5	S/Q
	.5	C/Q	0.658	1.62	1.733	5	S/Q
	.6	C/Q	1.048	1.29	1.398	5	S/Q
Evaluación 3 (15 días)	.1	C/Q	1.938	1.76	0.45	10	C/Q
	.2	C/Q	1.048	1.14	0.633	10	C/Q
	.3	C/Q	0.303	0.6975	1.075	10	C/Q
	.4	C/Q	0.728	1.865	0.75	10	C/Q
	.5	C/Q	1.98	1.2775	0.658	10	C/Q
	.6	C/Q	3.053	1.09	1.048	10	C/Q
					0.84	10	S/Q
					0.293	10	S/Q
					0.185	10	S/Q
					1.375	10	S/Q
					1.62	10	S/Q
					1.29	10	S/Q
					1.938	15	C/Q
					1.048	15	C/Q

0.303	15	C/Q
0.728	15	C/Q
1.98	15	C/Q
3.053	15	C/Q
1.76	15	S/Q
1.14	15	S/Q
0.698	15	S/Q
1.865	15	S/Q
1.278	15	S/Q
1.09	15	S/Q

Coordenada de Cromaticidad b*

EVALUACIONES	REPETICIONES	TRATAMIENTO	COLOR b*				
			C/Q	S/Q	DATOS	EVALUACIONES (Días)	COLOR b*
Evaluación 1 (5 días)	1	C/Q	11.5975	12.0225	11.5975	5	C/Q
	2	C/Q	12.8449	16.3525	12.8449	5	S/Q
	3	C/Q	15.3625	16.5324	15.3625	5	C/Q
	4	C/Q	18.1225	13.905	18.1225	5	S/Q
	5	C/Q	17.23	15.41	17.23	5	C/Q
	6	C/Q	19.61	15.4075	19.61	5	S/Q
Evaluación 2 (10 días)	1	C/Q	13.735001	16.045	12.0225	5	C/Q
	2	C/Q	16.6924	12.0224	16.3525	5	S/Q
	3	C/Q	16.2474	14.955	16.5324	5	C/Q
	4	C/Q	14.13	11.22	13.905	5	S/Q
	5	C/Q	17.715	10.9524	15.41	5	C/Q
	6	C/Q	13.9725	10.55	15.4075	5	S/Q
Evaluación 3 (15 días)	1	C/Q	11.9325	11.745	13.735	10	C/Q
	2	C/Q	15.445	17.7824	16.6924	10	S/Q
	3	C/Q	15.9299	14.41	16.2474	10	C/Q
	4	C/Q	17.705	16.0125	14.13	10	S/Q
	5	C/Q	16.5625	17.055	17.715	10	C/Q
	6	C/Q	14.805	14.6725	13.9725	10	S/Q
					16.045	10	C/Q
					12.0224	10	S/Q
					14.955	10	C/Q

Datos	DF	Seq ss	Adj ss	Adj Ms	F	P
Evaluaciones (días)	2	1.8580	1.8580	0.9290	2.43	0.105
Color a*	1	0.0.1958	0.1958	0.1958	0.51	0.479
a*b	2	0.5005	0.5005	0.2502	0.66	0.526
Error	30	11.4495	11.4495	0.3816		
Total	35	14.0038				

11.22	10	S/Q
10.9524	10	C/Q
10.55	10	S/Q
11.9325	15	C/Q
15.445	15	S/Q
15.9299	15	C/Q
17.705	15	S/Q
16.5625	15	C/Q
14.805	15	S/Q
11.745	15	C/Q
17.7824	15	S/Q
14.41	15	C/Q
16.0125	15	S/Q
17.055	15	C/Q
14.6725	15	S/Q

Análisis de varianza para datos de color b*.						
Datos	DF	Seq ss	Adj ss	Adj Ms	F	P
Evaluaciones (días)	2	14.210	14.210	7.105	1.42	0.258
Color b*	1	0.938	0.938	0.938	0.19	0.668
a*b	2	21.145	21.145	10.573	2.11	0.139
Error	30	150.254	150.254	5.008		
Total	35	186.548				

}

Análisis de Firmeza

				DATOS	EVALUACIONES(Dias)	FIRMEZA (kg/cm2)
EVALUACIONES	REPETICIONES	FIRMEZA (kg/cm2)		15.91	5	C/Q
		C/Q	S/Q	17.6	5	S/Q
Evaluación 1 (5 días)	1	15.91	13.72	15.51	5	C/Q
	2	17.6	13.92	14.22	5	S/Q
	3	15.51	14.72	15.11	5	C/Q
	4	14.22	15.81	17.1	5	S/Q
	5	15.11	15.04	13.72	5	C/Q
	6	17.1	17.2	13.92	5	S/Q
				14.72	5	C/Q
Evaluación 2 (10 días)	1	17.2	16.81	15.81	5	S/Q
	2	17.7	12.13	15.04	5	C/Q
	3	13.52	15.02	17.2	5	S/Q
	4	14.62	14.22	17.2	10	C/Q
	5	14.62	17.6	17.7	10	S/Q
	6	16.51	16.31	13.52	10	C/Q
				14.62	10	S/Q
Evaluación 3 (15 días)	1	14.72	14.42	14.62	10	C/Q
	2	17.6	12.43	16.51	10	S/Q
	3	13.13	15.31	16.81	10	C/Q
	4	13.32	14.42	12.13	10	S/Q
	5	12.63	13.82	15.02	10	C/Q
	6	13.32	13.52	14.22	10	S/Q
				17.6	10	C/Q
				16.31	10	S/Q
				14.72	15	C/Q
				17.6	15	S/Q
				13.13	15	C/Q
				13.32	15	S/Q
				12.63	15	C/Q

13.32	15	S/Q
14.42	15	C/Q
12.43	15	S/Q
15.31	15	C/Q
14.42	15	S/Q
13.82	15	C/Q
13.52	15	S/Q

Análisis de varianza para datos de Firmeza.					
Datos	GL	Sc	CM	Fc	p
Evaluaciones (días)	2	16.865	8.433	3.58	0.040
Firmeza	1	0.274	0.274	0.12	0.735
a*b	2	3.493	1.746	0.74	0.485
Error	30	70.652	2.355		
Total	35	91.284			

Análisis de Humedad

EVALUACIONES	REPETICIONES	HUMEDAD (%)		20.14	5	C/Q
		C/Q	S/Q			
				24.7	5	S/Q
Evaluación 1 (5 días)	1	20.14	17.53	22.24	5	C/Q
	2	24.695	25.325	27.71	5	S/Q
	3	22.235	19.15	18.55	5	C/Q
	4	27.705	23.665	20.35	5	S/Q

	5	18.55	17.74	17.53	5	C/Q
	6	20.35	23.715	25.33	5	S/Q
				19.15	5	C/Q
Evaluación 2 (10 días)	1	24.605	24.165	23.67	5	S/Q
	2	18.655	17.855	17.74	5	C/Q
	3	21.605	26.125	23.72	5	S/Q
	4	21.855	21.305	24.61	10	C/Q
	5	10.725	26.85	18.66	10	S/Q
	6	24.16	21.86	21.61	10	C/Q
				21.86	10	S/Q
Evaluación 3 (15 días)	1	15.17	21.555	10.73	10	C/Q
	2	20.26	21.555	24.16	10	S/Q
	3	16.995	16.41	24.17	10	C/Q
	4	16.075	17.26	17.86	10	S/Q
	5	15.995	20.505	26.13	10	C/Q
	6	15.475	14.6	21.31	10	S/Q
				26.85	10	C/Q
				21.86	10	S/Q
				15.17	15	C/Q
				20.26	15	S/Q
				17	15	C/Q
				16.08	15	S/Q
				16	15	C/Q
				15.48	15	S/Q
				21.56	15	C/Q
				21.56	15	S/Q
				16.41	15	C/Q
				17.26	15	S/Q
				20.51	15	C/Q
				14.6	15	S/Q

Análisis de varianza para datos de Humedad.					
Datos	GL	Sc	CM	Fc	p
Evaluaciones (días)	2	130.33	65.17	6.05	0.006*
Humedad	1	11.47	11.47	1.07	0.310
a*b	2	70.11	3.26	0.052	
Error	30	322.88	10.76		
Total	35	534.79			
* = significativo. Esto es si $P = \alpha$, se rechaza H_0					
$\alpha = 0.05$					

Análisis de Sólidos Solubles Totales (°Brix)

EVALUACIONES	REPETICIONES	S.S.T (° Brix)		0.2	5	C/Q
		C/Q	S/Q			
Evaluación 1 (5 días)	1	0.2	0.4	0.2	5	C/Q
	2	0.4	0.2	0.2	5	S/Q
	3	0.2	0.2	0.2	5	C/Q
	4	0.2	0.2	0.2	5	S/Q
	5	0.2	0.2	0.4	5	C/Q
	6	0.2	0.2	0.2	0.2	5
Evaluación 2 (10 días)	1	0.2	0.4	0.2	5	S/Q
	2	0.2	0.1	0.2	5	C/Q

	3	0.2	0.2	0.2	5	S/Q
	4	0.2	0.4	0.2	10	C/Q
	5	0.2	0.2	0.2	10	S/Q
	6	0.2	0.4	0.2	10	C/Q
				0.2	10	S/Q
Evaluación 3 (15 días)	1	0.6	0.4	0.2	10	C/Q
	2	0.6	0.4	0.2	10	S/Q
	3	0.2	0.2	0.4	10	C/Q
	4	0.2	0.4	0.1	10	S/Q
	5	0.4	0.6	0.2	10	C/Q
	6	0.4	0.6	0.4	10	S/Q
				0.2	10	C/Q
				0.4	10	S/Q
				0.6	15	C/Q
				0.6	15	S/Q
				0.2	15	C/Q
				0.2	15	S/Q
				0.4	15	C/Q
				0.4	15	S/Q
				0.4	15	C/Q
				0.4	15	S/Q
				0.2	15	C/Q
				0.4	15	S/Q
				0.6	15	C/Q
				0.6	15	S/Q

Análisis de varianza para datos de S.S.T. (°Brix)

Datos	GL	Sc	CM	Fc	p
Evaluaciones (días)	2	00.25722	0.12861	8.61	0.001*
S.S.T. (° Brix)	1	0.00250	0.00250	0.17	0.685
a*b	2	0.00167	0.00083	0.06	0.946
Error	30	0.44833	0.01494		
Total	35				
*= significativo. Esto es si $P < \alpha$, se rechaza H_0 $\alpha = 0.05$					

Análisis Microbiológico Hongos y Levaduras

DATOS	EVALUACIONES(Días)	MICROBIOLOGÍA (UFC/g)
20000	1	P.D.A.
14000	1	P.D.A.
1000	1	P.D.A.
0	1	P.D.A.
0	1	P.D.A.
0	1	P.D.A.
0	2	P.D.A.
1000	2	P.D.A.
5000	2	P.D.A.
0	2	P.D.A.
0	2	P.D.A.
2000	2	P.D.A.
3000	3	P.D.A.
0	3	P.D.A.
10000	3	P.D.A.

Análisis de varianza datos de Hongos y Levaduras

Datos	DF	SS	MS	F	P
EVALUACIONES(Días)	2	67000000	33500000	1.03	0.382
Error	15	489500000	32633333		
Total	17	556500000			

S = 5713 R-Sq=12.04% R-Sq (adj)= 0-31%

0	3	P.D.A.
1000	3	P.D.A.
0	3	P.D.A.

Análisis Microbiológico Bacterias

DATOS	EVALUACIONES(Días)	MICROBIOLOGIA (UFC/g)
200000	1	C.E
0	1	C.E
20000	1	C.E
0	1	C.E
30000	1	C.E
80000	1	C.E
200000	2	C.E
200000	2	C.E
20000	2	C.E
10000	2	C.E
200000	2	C.E
20000	2	C.E
3300000	3	C.E
650000	3	C.E
400000	3	C.E
540000	3	C.E
730000	3	C.E
1200000	3	C.E

Análisis de varianza de datos de Bacterias

Datos	DF	SS	MS	F	P
EVALUACIONES(Días)	2	4.46063 ¹²	2.23032 ¹²	5.52	0.016
Error	15	6.064972 ¹²	4.04331 ¹¹		
Total	17	1.05256 ¹³			

S=635870 R-Sq= 42.38% R-Sq(adj)= 34.70%