

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL  
DE HUAMANGA**

**FACULTAD DE INGENIERIA QUÍMICA Y METALURGIA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**



**“EFECTO DE LOS RECUBRIMIENTOS A BASE DE  
QUITOSANO EN LA CALIDAD DEL MELÓN (*Cucumis melo L.*)  
MINIMAMENTE PROCESADO”**

**Tesis para optar el Título de  
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

Presentado por:

**Bach. Frank SHERON RODRIGUEZ**

**AYACUCHO – PERÚ**

**2017**

## ÍNDICE GENERAL

<b>I.</b>	<b>INTRODUCCION</b>	<b>Pág.</b> 1
	<b>OBJETIVOS</b>	3
<b>II.</b>	<b>REVISION DE LITERATURA</b>	
2.1	EL MELÓN	4
2.1.1	Generalidades	4
2.1.2	Taxonomía	5
2.1.3	Características del fruto	6
2.1.4	Composición Fisicoquímica	7
2.1.5	Variedades	9
2.1.6	Propiedades	13
2.2	CAROTENOIDES	14
2.2.1	Generalidades	14
2.2.2	Clasificación y nomenclatura	14
2.2.3	Estructura	15
2.2.4	Betacaroteno	17
2.2.5	Vitamina A	18
2.3	RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES	19
2.3.1	Generalidades	19
2.3.2	Funciones de los recubrimientos comestibles	20
2.3.3	Requerimiento y ventajas de los recubrimientos comestibles	22
2.3.4	Principales componentes de los recubrimientos comestibles	23
2.3.5	Recubrimientos comestibles a base de proteínas	31

2.3.6	Recubrimientos comestibles a partir de mezclas biopolímeros	34
2.3.7	Aplicaciones de películas comestibles en alimentos	38
2.3.8	Películas de Quitosano	40
2.4	Calidad de un producto agroalimentario y vida útil	45

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

3.1	MATERIALES	47
3.1.1	Materia prima e insumos	47
3.1.2	Materiales de envase	49
3.1.3	Reactivos	49
3.1.4	Materiales de Laboratorio	49
3.1.5	Equipos e instrumentos	50
3.2	METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	50
3.2.1	Muestreo de la materia prima	50
3.2.2	Caracterización fisicoquímica de la materia prima y producto final	51
3.2.3	Evaluación sensorial	52
3.2.4	Flujo de procesamiento para la preparación de la solución de quitosano y elaboración de melón mínimamente procesado con recubiertas de quitosano.	53
3.2.5	Descripción del proceso de melones mínimamente procesados recubiertas con películas de quitosano	55
3.3	DISEÑO EXPERIMENTAL	59
3.3.1	Preparación de la película de quitosano utilizado en el melón	59

	mínimamente procesado.	
3.3.2	Evaluación del melón mínimamente procesado recubiertas con quitosano durante el almacenamiento en refrigeración	60
3.3.3	Evaluación de la vida útil del melón mínimamente procesado	60
3.4	DISEÑO ESTADÍSTICO	60
3.4.1	Optimización de los parámetros	62
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	
4.1	CARACTERIZACIÓN DEL MELÓN	64
4.1.1	Características físicas	64
4.1.2	Características fisicoquímicas	65
4.2	EVALUACIÓN DEL MELÓN MÍNIMAMENTE PROCESADO RECUBIERTO CON PELÍCULAS DE QUITOSANO.	67
4.2.1	Efecto del quitosano, ácido oleico y ácido cítrico sobre la retención de betacaroteno.	67
4.2.2	Efecto del quitosano, ácido oleico y ácido cítrico sobre la pérdida de peso	82
4.3	DETERMINACIÓN DE LAS CONDICIONES ÓPTIMAS PARA EL MELÓN MÍNIMAMENTE PROCESADO.	97
4.4	EVALUACIÓN DEL MELÓN MÍNIMAMENTE PROCESADO Y RECUBIERTA CON QUITOSANO.	99
4.4.1	Evaluación de la pérdida de peso durante el almacenaje	99
4.4.2	Evaluación de la retención de betacaroteno durante el almacenamiento.	100
4.4.3	Evaluación del pH durante el almacenamiento	101

4.4.4	Evaluación de la acidez titulable durante el almacenamiento	102
4.4.5	Evaluación sensorial con respecto al tiempo de almacenamiento	103
4.4.6	Evaluación de la vida útil de melón mínimamente procesado con recubiertas de quitosano almacenada en refrigeración	107
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>108</b>
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>110</b>
<b>VII.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>111</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>120</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1: Fruto del melón, variedad amarillo rugoso	6
Figura 2 : Estructura química del Isopreno	15
Figura 3: Estructura de los carotenoides	16
Figura 4: Vitamina A	19
Figura 5: Estructura de la N-acetilglucosamina	41
Figura 6: Estructura de la aminoglucosamina	41
Figura 7: Proceso de obtención de quitina y quitosano	43
Figura 8: Fruto de melón	48
Figura 9: Quitosano grado comercial en polvo	48
Figura 10: Flujograma para preparar solución de quitosano	53
Figura 11: Flujograma para obtener melón mínimamente procesado recubierto con películas de quitosano.	54
Figura 12: Selección de melones	55
Figura 13: Lavado y desinfección del melón	56
Figura 14: Pelado y despepitado del melón	56
Figura 15: Cortado en cubitos del melón	57
Figura 16: Inmersión del melón en quitosano	58
Figura 17: Secado del melón con quitosano	58
Figura 18: Pesado y envasado del melón acondicionado	59
Figura 19: Interacción de los factores quitosano – ácido oleico; ácido cítrico = 0,5% sobre la respuesta retención de $\beta$ -caroteno.	72
Figura 20: Contorno de los factores quitosano – ácido oleico; ácido	72

	cítrico = 0,5% sobre la respuesta retención de $\beta$ -caroteno.	
Figura 21:	Interacción de los factores quitosano – ácido oleico; ácido cítrico = 1,5% sobre la respuesta retención de $\beta$ -caroteno.	74
Figura 22:	Contorno de los factores quitosano – ácido oleico; ácido cítrico = 1,5% sobre la respuesta retención de $\beta$ -caroteno.	74
Figura 23:	Interacción de los factores quitosano – ácido cítrico; ácido oleico = 0,6% sobre la respuesta retención de $\beta$ -caroteno.	76
Figura 24:	Contorno de los factores quitosano – ácido cítrico; ácido oleico = 0,6% sobre la respuesta retención de $\beta$ -caroteno.	76
Figura 25:	Interacción de los factores quitosano – ácido cítrico; ácido oleico = 1,0% sobre la respuesta retención de $\beta$ -caroteno.	78
Figura 26:	Contorno de los factores quitosano – ácido cítrico; ácido oleico = 1,0% sobre la respuesta retención de $\beta$ -caroteno.	78
Figura 27:	Interacción de los factores ácido oleico – ácido cítrico; quitosano = 1,0% sobre la respuesta retención de $\beta$ -caroteno.	79
Figura 28:	Contorno de los factores ácido oleico – ácido cítrico; quitosano = 1,0% sobre la respuesta retención de $\beta$ -caroteno.	80
Figura 29:	Interacción de los factores ácido oleico – ácido cítrico; quitosano = 2,0% sobre la respuesta retención de $\beta$ -caroteno.	81
Figura 30:	Interacción de los factores ácido oleico – ácido cítrico; quitosano = 2,0% sobre la respuesta retención de $\beta$ -	

caroteno.

Figura 31:	Interacción de los factores quitosano - ácido oleico; ácido cítrico = 0,5% sobre la respuesta pérdida de peso.	87
Figura 32:	Contorno de los factores quitosano - ácido oleico; ácido cítrico = 0,5% sobre la respuesta pérdida de peso.	88
Figura 33:	Interacción de los factores quitosano - ácido oleico; ácido cítrico = 1,5% sobre la respuesta pérdida de peso.	89
Figura 34:	Contorno de los factores quitosano - ácido oleico; ácido cítrico = 1,5% sobre la respuesta pérdida de peso.	89
Figura 35:	Interacción de los factores quitosano - ácido cítrico; ácido oleico = 0,6% sobre la respuesta pérdida de peso.	90
Figura 36:	Contorno de los factores quitosano - ácido oleico; ácido cítrico = 1,5% sobre la respuesta pérdida de peso.	91
Figura 37:	Interacción de los factores quitosano - ácido cítrico; ácido oleico = 1,0% sobre la respuesta pérdida de peso.	92
Figura 38:	Contorno de los factores quitosano - ácido oleico; ácido cítrico = 1,5% sobre la respuesta pérdida de peso	92
Figura 39:	Interacción de los factores ácido oleico - ácido cítrico; quitosano = 1,0% sobre la respuesta pérdida de peso	92
Figura 40:	Contorno de los factores ácido oleico - ácido cítrico; quitosano = 1,0% sobre la respuesta pérdida de peso	94
Figura 41:	Interacción de los factores ácido oleico - ácido cítrico; quitosano = 2,0% sobre la respuesta pérdida de peso.	95
Figura 42:	Contorno de los factores ácido oleico - ácido cítrico;	95



quitosano = 2,0% sobre la respuesta pérdida de peso.

Figura 43:	Pérdida de peso (%) para las muestras con quitosano y control con respecto al tiempo de almacenamiento.	100
Figura 44:	Porcentaje de retención de $\beta$ -caroteno con respecto al tiempo de almacenamiento.	101
Figura 45:	Evaluación del pH con respecto al tiempo de almacenamiento.	102
Figura 46:	Evaluación de la acidez titulable con respecto al tiempo de almacenamiento.	103

## ÍNDICE DE TABLAS

		<b>Pág.</b>
Tabla 1:	Composición fisicoquímica del melón	8
Tabla 2:	Requerimientos y ventajas del uso de recubrimientos comestibles.	28
Tabla 3:	Características y composición de películas de polisacáridos.	30
Tabla 4:	Características y composición de películas de proteínas.	35
Tabla 5:	Aplicaciones de las películas comestibles en alimentos.	39
Tabla 6:	Definiciones de variables y niveles del diseño D- optimal para la formación de películas de quitosano.	61
Tabla 7:	Definiciones de las respuestas del diseño D- optimal para el melón mínimamente procesado.	61
Tabla 8:	Características físicas de los frutos de melón	65

Tabla 9:	Características fisicoquímicas de los frutos de melón	66
Tabla 10:	Resultados de la retención de $\beta$ -caroteno en melones mínimamente procesados recubiertas con películas de quitosano según el diseño D-óptimo, en el día 10.	68
Tabla 11:	Análisis de la varianza para la respuesta de conservación de $\beta$ -caroteno en el día 10.	70
Tabla 12:	Coefficiente de regresión para el modelo matemático empírico ajustado para el día 10.	71
Tabla 13:	Resultados de la pérdida de peso en melones mínimamente procesados recubiertas con películas de quitosano según el diseño D-óptimo, en el día 10.	83
Tabla 14:	Análisis de la varianza para la respuesta de pérdida de peso de melones mínimamente procesado en el día 10.	85
Tabla 15:	Coefficiente de regresión para el modelo matemático empírico ajustado para el día 10.	86
Tabla 16:	Condiciones óptimas de tratamiento usando el software estadístico Design Expert 7.0	98
Tabla 17:	Resultados de posibles combinaciones de los niveles de cada factor.	98
Tabla 18:	Resultados de la evaluación sensorial para muestra recubierta de quitosano.	104
Tabla 19:	Análisis para la Varianza para la muestra cubierta con quitosano.	104

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1:	Determinación del $\beta$ -Caroteno del melón mínimamente procesado cubiertas con películas de quitosano.	120
Anexo1. 2:	Determinación instrumental del color	122
Anexo 1.3:	Determinación de acidez titulable	123
Anexo 2:	Formato de evaluación sensorial	124
Anexo 3.1:	Cálculos hallados para obtener la conservación de $\beta$ -caroteno.	125
Anexo 3.2:	Cálculos hallados para obtener la razón de pérdida de peso.	126
Anexo 4.1:	Valores puntuales de la pérdida de peso en (g) y el porcentaje de pérdida para las muestras con quitosano y control con respecto al tiempo de almacenamiento.	127
Anexo 4.2:	Retención de $\beta$ -caroteno con respecto al tiempo de almacenamiento.	127
Anexo 4.3:	Análisis del pH con respecto al tiempo de almacenamiento.	128
Anexo 4.4:	Valores puntuales de Acidez Titulable.	128

## I. INTRODUCCION

Los cambios socioculturales y el tipo de vida actual han incrementado el consumo de alimentos de consumo fácil y rápido, tales como frutas mínimamente procesadas, por ser muy saludables. El factor determinante del consumo es el creciente interés por alimentos sanos, seguros, libres de aditivos, es decir, productos frescos o con características similares a los frescos y obtenidos de forma respetuosa con el medio ambiente (Ahvenainen, 2000).

Un problema que presenta este tipo de productos es su rápido deterioro debido a la alta actividad metabólica postcosecha que tienen por las condiciones de manejo, procesamiento y acción de los microorganismos.

Los melones mínimamente procesados, son aquellos que serán seleccionados, lavados, pelados y empacados en potes de polietileno de alta densidad como productos listos para consumir. Si estos frutos no se les brindan condiciones a fin de evitar el contacto prolongado con el aire, podría alterar sus propiedades fisicoquímicas, lo cual reduciría enormemente la aceptación del consumidor. Los defectos que se podrían presentar son la pérdida de coloración del fruto o degradación de vitamina C, esto sucedería después del pelado de los melones.

Hoy en día éste tipo de situaciones pueden ser controladas gracias a las nuevas tecnologías de conservación efectivas y no muy costosas, que prolongan la vida útil de estos productos sin alterar considerablemente sus características organolépticas.

El uso de películas comestibles es un método de conservación, que son recubiertas aplicados a la superficie de las frutas u hortalizas para sumarse o reemplazar su capa natural protectora (Krochta *et al*, 1994).

Los vegetales mínimamente procesados se deben conservar a temperaturas bajas que minimizan el deterioro, inhibiendo el desarrollo de microorganismos, de manera que alargan el tiempo de vida útil preservando la calidad del producto, (Artés, 2000).

## OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

- Evaluar el efecto de los recubrimientos comestibles a base de quitosano en la calidad del melón (*Cucumis melo L.*) mínimamente procesado

### OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Obtener melón mínimamente procesado con características fisicoquímicas aceptables.
- Determinar los niveles óptimos de quitosano, ácido oleico y ácido cítrico, para formular un recubrimiento comestible que mantenga la calidad fisicoquímica y sensorial del melón (*Cucumis melo L.*) mínimamente procesado.
- Evaluar la calidad fisicoquímica ( $\beta$ -caroteno, variación de peso, pH, acidez titulable, sólidos solubles y humedad) y calidad sensorial (color, olor y sabor) de la materia prima y el producto final.
- Evaluar la vida útil del melón (*Cucumis melo L.*) mínimamente procesado durante el almacenamiento.

## **CAPITULO II**

### **REVISION DE LITERATURA**

#### **2.1 EL MELÓN (*Cucumis melón L.*)**

##### **2.1.1 Generalidades**

Melón, nombre común de las numerosas variedades de frutos dulces de la familia de las Cucurbitáceas (Cucurbitaceae), que pertenecen a dos especies de enredaderas rastreras. Su forma, unas veces redonda y otras alargadas está relacionada con las distintas variedades que se comercializan. También el color de su piel varía, desde las distintas tonalidades del verde al amarillo intenso, dorado e incluso gris claro.

El interior de su pulpa alberga una cavidad donde se encuentran multitud de semillas de color crema, agrupadas en torno a una masa gelatinosa y viscosa que se elimina fácilmente. En todo caso se trata de un fruto sumamente refrescante, dulce y muy jugoso, con un contenido en agua superior al 80% ([www.redondofrutas.com](http://www.redondofrutas.com)).

Las características más resaltantes de un fruto enviado al mercado para consumo son el grosor del epicarpo, grosor de la parte comestible (mesocarpo) y los grados de dulzura del fruto (sólidos soluble totales), por supuesto, junto con otros caracteres adicionales como son el color, textura del epicarpo y mesocarpo y aromáticos (olor y sabor). Los frutos con epicarpo mejor desarrollado, por lo general, soportan un mal manejo postcosecha y alargan la vida del fruto. El mesocarpo del melón está formado por 85 a 90% de agua y el resto por azúcares, sales minerales y vitaminas. En general, todos los melones muestran un patrón similar de acumulación de azúcar, con una rápida acumulación de azúcares cuando el fruto alcanza su máximo tamaño (Montaño y Méndez, 2009).

### **2.1.2. Taxonomía**

El melón presenta la siguiente clasificación taxonómica:

Reino	: Plantae
División	: Spermatophyta
Subdivisión	: Angiospermae
Clase	: Dicotyledoneae
Subclase	: Metachlamideae
Orden	: Cucurbitales
Familia	: Cucurbitaceae
Género	: Cucumis
Especie	: <i>Cucumis melo</i> L.

Fuente: [es.wikipedia.org/wiki/Cucumis\\_melo](https://es.wikipedia.org/wiki/Cucumis_melo)





Figura 1. Fruto del melón, variedad amarillo rugoso

### 2.1.3. Características del fruto

La forma del fruto va desde esférica hasta elipsoidal. En los llamados *melones plátano* existen ondulaciones que los hacen parecer una calabaza.

Su tamaño es dependiente de la variedad y de las condiciones de cultivo. De este modo, hay melones pequeños que pesan alrededor de 400 g y otros muy grandes que pueden pesar 2 kg o más. El tallo es cilíndrico, de 1 a 3 m de longitud, con una inflorescencia terminal en forma de espiga compuesta por flores bisexuales. El grano es una cariósida de alrededor de 4 mm de diámetro. Tiene inflorescencias en panojas y semillas de 3 mm, esféricas y oblongas, de color negro, rojizo y amarillento. Tiene un sistema radicular que puede llegar en terrenos permeables a 2 m de profundidad. Las flores tienen estambres y pistilos. En las variedades más usadas, habitualmente los pesos fluctúan entre más de medio kilo y menos de cinco.

El color de la epidermis y de la pulpa es variable según el grupo. La epidermis puede ser blanca, gris, verdosa o amarilla y de textura lisa, rugosa

o reticulada. La pulpa es aromática, con textura suave y diferentes colores: amarillo, verde, rosado y tonos intermedios. En el centro hay cavidad que contiene muchas semillas recubiertas de una sustancia pegajosa. (es.wikipedia.org/wiki/Cucumis\_melo)

#### **2.1.4. Composición fisicoquímica**

El 80% de la composición de esta fruta es agua, y las escasas calorías que aporta se debe a su contenido moderado de azúcares. La cantidad de beta-caroteno, de acción antioxidante, depende de la intensidad del pigmento anaranjado en la pulpa. Los minerales que aporta en mayor cantidad son el potasio, el magnesio y el calcio, este último de peor aprovechamiento que el que procede de los lácteos u otros alimentos que son buena fuente de dicho mineral. La vitamina C tiene acción antioxidante, al igual que el beta-caroteno. Dicha vitamina interviene en la formación de colágeno, huesos y dientes, glóbulos rojos y favorece la absorción del hierro de los alimentos y la resistencia a las infecciones. El betacaroteno se transforma en vitamina A en nuestro organismo conforme éste lo necesita. Dicha vitamina es esencial para la visión, el buen estado de la piel, el cabello, las mucosas, los huesos y para el buen funcionamiento del sistema inmunológico. El potasio es necesario para la transmisión y generación del impulso nervioso, para la actividad muscular normal e interviene en el equilibrio de agua dentro y fuera de la célula. El magnesio se relaciona con el funcionamiento de intestino, nervios y músculos, forma parte de huesos y dientes, mejora la inmunidad y posee un suave efecto laxante.

Los melones reticulados se diferencian del resto en que son una fuente excelente de provitamina A (beta-caroteno), vitamina C e hidratos de carbono (principalmente sacarosa o sucrosa).

Son una de las frutas frescas más ricas en sodio (10 miligramos/100 gramos de producto, frente a los 4 miligramos/ 100 gramos de media del resto de frutas).

([frutas.consumer.es/documentos/frescas/melón/php](http://frutas.consumer.es/documentos/frescas/melón/php))

Tabla 1: Composición fisicoquímica de melón

(En 100 g de parte comestible)

COMPONENTE	CANTIDAD
Humedad	92,9 %
Proteína	0,5 %
Grasa	0,1 %
Fibra	0,2 %
Ceniza	0,7 %
Carbohidratos	5,8 %
Hierro (mg)	0,5
Niacina (vitamina B5) (mg)	0,64
Vitamina C (ácido ascórbico) (mg)	23,0

Fuente: Collazos (1996).

### 2.1.5. Variedades

Se pueden distinguir varios tipos comerciales de melón según las características de la corteza, el color de la pulpa, la forma, etc. Pueden considerarse en una clasificación comercial las siguientes variedades:

- **Melón Amarillo.** Es de origen español. Se caracteriza por tener la corteza amarilla y la pulpa de color blanco cremoso.
- **Amarillo Rugoso.** Es de forma oval o elíptica y tamaño grande.
- **Amarillo Redondo Liso.** Son variedades nuevas de melón adaptadas al mercado de exportación. Son melones redondos lisos de aproximadamente un kg y con mayor grados Brix que los anteriores.
- **Melón Verde Español.** De origen español, aunque se piensa que lo introdujeron los árabes de Oriente. Color verde más o menos oscuro, a veces con manchas, de forma alargada y gran tamaño, puede pesar desde 1,5 hasta 3 kg.
- **Rochet.** Este grupo de melones es el más precoz entre los melones verdes españoles. La pulpa es verde, de consistencia mantecosa y aromática.
- **Piel de Sapo.** Melón bastante alargado, en ocasiones con piel rugosa y con cierto grado de escriturado. Pulpa de color verde y consistencia crujiente. También existen variedades redondeadas y con peso de alrededor de un kg.
- **Tendral' (Green Spanish, Verde español).** Variedades tardías. Piel muy rugosa y dura de color verde. Pulpa también verde.

- **Melones de larga duración.** Alto contenido en azúcar, mayor tiempo de conservación (mínimo 12 días a temperatura ambiente) y excelente calidad de pulpa. Se adaptan bien al transporte, ya que su piel es menos susceptible a daños.
- **Melón Cantaloup.** De origen americano. Es el más producido en el mundo. Melones de forma esférica y reticulado grueso en toda la superficie. Pulpa de color salmón y aromático.
- **Melón Casaba.** Melón de forma oval o redondeada. Cáscara rugosa, amarilla o naranja, adquiere un tono verde cerca del tallo. Pulpa blanquecina cremosa, aunque menos aromática que la de otros melones.
- **Cucumis melo' var. 'sacharinus' 'Marina'.** Híbrido de origen español. Melón de forma redondeada, superficie algo acostillada, corteza más bien delgada, de color verde oscuro con punteado claro. Pulpa blanca, algo aromático y sabor dulce.
- **Biga.** Híbrido de origen español. Melón de forma abultada, ligeramente elíptica, superficie lisa, color de fondo verde oscuro y punteado claro, con escriturado aunque no muy abundante. Pulpa blanca, de buena consistencia y sabor dulce, corteza de grosor medio-fino y cavidad central regular.
- **Galia.** De origen israelí. Melón de forma redondeada, corteza de color verde que pasa a amarillo en madurez y que presenta un reticulado fino. Pulpa blanco verdosa de consistencia mantecosa. El peso es de 0,7-1,3kg. Algunas variedades son de pulpa blanca.

- **Bola de Oro.** Variedad española. Melones de tamaño mediano, un peso entre 1-1,7 kg. Forma redondeada o ligeramente oval abultada y superficie lisa. Corteza de color amarillo intenso cuando está maduro, fina y cavidad central mediana. Pulpa de color blanco anaranjado, blanda y jugosa, de sabor dulce agradable. Es apreciado en el mercado español.
- **Tendral Verde Temprano.** Variedad española. Fruto mediano, de 1,5-2kg. Forma alargada, elíptico, corteza de grosor medio (más que la variedad Bola de Oro), con superficie ligeramente asurcada, de color verde medio, con un leve punteado más claro. Pulpa de color crema, sabor muy dulce y una cavidad central grande.
- **Tendral Tardío Negro.** Son sinónimos los nombres de 'Tendral Tardío de Elche' y 'Tendral Valenciano Tardío'. Frutos de buen tamaño, del orden de 2 a 2,5 kg o algo más. Forma algo alargada en conjunto pero corta y abultada, por lo que resulta entre alargado y redondeado. Corteza bastante rugosa, asurcada y sin escriturado, de color verde muy oscuro, dura y muy gruesa. La pulpa es verde claro y muy dulce, de gran calidad.
- **Cucumis melo' var. 'inodorus' 'Crenshaw'.** Los melones de esta variedad pueden alcanzar hasta 4kg. La forma es peculiar siendo redondeado en el extremo y tiende a formar una punta hacia la inserción con el pedúnculo. La corteza amarilla o amarillo verdosa y manchada cuando madura, es relativamente lisa, sólo tiene unos surcos superficiales. La pulpa es de color rosado a naranja pálido, de textura suave, jugosa, dulce y con aroma delicado.

- **Honey Dew de Carne Verde.** Variedad norteamericana. Se consideran sinónimas las denominaciones Honey Dew, Guernsey Conqueror, Tom Dew, Westlandia Sugar y Wstlanse Suiker. Tamaño medio, de unos 20 cm de diámetro y que alcanza un peso de 2 a 2,5 kg o algo más. Melón redondeado, de cáscara lisa y consistente, de color verde pálido o amarillo crema una vez maduro. Pulpa verde y muy dulce.
- **Cucumis melo' var. 'reticulatus' 'Verde Oloroso Escriturado'.** Variedad española. Fruto reticulado con marcado aroma. Tamaño más bien pequeño, de 0,5 a 1 kg. Forma prácticamente esférica, superficie típicamente escriturada, con una disposición reticulada que tiene cierto relieve. Color de fondo de la corteza verde y escriturado blanquecino. Piel delgada y blanda. Pulpa no muy compacta, acuosa, color crema, sabor dulce y cavidad central mediana.
- **Cucumis melo' var. 'cantalupensis' 'Athos'.** Híbrido de origen francés que corresponde al tipo Charentais. Peso alrededor de los 0,8 kg.
- **Vedrantais.** Selección bastante precoz de 'Charentais', también de origen francés. De color algo más oscuro y con la superficie ligeramente escriturada.
- **De Bellegarde.** Se cultiva desde antiguo en Francia. Frutos de tamaño mediano, forma esférica, con los surcos bastante marcados y por tanto apreciándose bien los gajos característicos. Color de la corteza verde pálido con manchas oscuras, que en la madurez se convierte en un fondo blanquecino con las manchas amarillentas; en

la zona del asurcado es de color verde más oscuro formando una veta estrecha. Corteza dura y fina. Pulpa anaranjada, aromática y de sabor dulzón.

([www.fruitveg.com/sp/fichafrutamelon](http://www.fruitveg.com/sp/fichafrutamelon))

### **2.1.6. Propiedades**

El fruto del melón es diurético, estomacal, eupéptico, demulcente, nutritivo. Las semillas y raíces tienen efecto emético. Una ración de 100 g. proporciona más de la mitad de la dosis diaria recomendada de vitamina C. Su contenido en beta carotenos, que se convierten en vitamina A, ambos antioxidantes, hace que sea un eficaz aliado contra el cáncer y padecimientos cardíacos. Es excelente depurativo y rehidratante. Tiene un alto contenido de agua. Aporta muchos carbohidratos, como sacarosa, pero por su bajo contenido en energía resulta ideal para perder peso. Contiene calcio, magnesio, potasio y fósforo son otras de sus virtudes para el organismo.

([es.wikipedia.org/wiki/Cucumis\\_melo](http://es.wikipedia.org/wiki/Cucumis_melo)).



## **2.2 CAROTENOIDES**

### **2.2.1 Generalidades**

Los carotenoides forman un grupo de más de 600 compuestos que se encuentran de forma natural en las plantas y les proporcionan diferentes coloraciones. Los carotenoides o tetraterpenoides son una clase de pigmentos terpenoides con 40 átomos de carbono derivados biosintéticamente a partir de dos unidades de geranil-geranilpírofosfato, en su mayoría son solubles en solventes apolares y de coloraciones que oscilan entre el amarillo (por ejemplo el  $\beta$ -caroteno) y el rojo (por ejemplo el licopeno). Los carotenoides son los pigmentos responsables de la mayoría de los colores amarillos, anaranjados y rojos de frutos y verduras, debido a la presencia en su molécula de un cromóforo consistente total o principalmente en una cadena de dobles enlaces conjugados. Están presentes en todos los tejidos fotosintéticos, junto con las clorofilas, así como en tejido vegetales no fotosintéticos, como componentes de cromoplastos, que pueden ser considerados como cloroplastos degenerados (Vilaplana, 2007).

### **2.2.2 Clasificación y nomenclatura**

Los carotenoides se clasifican en dos grupos: carotenos y xantofilas. Los carotenos solo contienen carbono e hidrógeno, mientras que las xantofilas contienen además oxígeno (por ejemplo, la luteína). A los carotenoides generalmente se les denomina con nombres comunes que incluyen las variaciones estructurales de los anillos laterales, en especial la posición del enlace doble. Es denominado beta-caroteno, para indicar que los dos anillos

de los extremos tienen el enlace doble en la misma posición relativa. En general para los carotenos se usa el sufijo caroteno y para la xantofila el sufijo ina. En los carotenoides naturales sólo se encuentran tres elementos: C, H y O. El oxígeno puede estar presente como grupo hidroxilo, metoxilo, epoxi, carboxilo o carbonilo. Dentro de los carotenoides podemos distinguir dos grupos: los carotenos, que son hidrocarburos (por ejemplo el  $\beta$ -caroteno, el licopeno, etc.), y las xantofilas, que poseen oxígeno en su molécula (Vilaplana, 2007)

### 2.2.3 Estructura

Todos los carotenoides pertenecen a la clase de los “polienos” o sea que son largas cadenas con dobles ligaduras conjugadas. La presencia de estas ligaduras explican el porqué del color intenso de los carotenoides que van desde el amarillo al rojo y al púrpura. Otra consideración a tenerse en cuenta es que todas las estructuras de los carotenoides son de naturaleza isoprénica; ya que al igual que otros grupos de sustancia biológicas están contruidos en base a unidades de isopreno (Braverman, 1996).

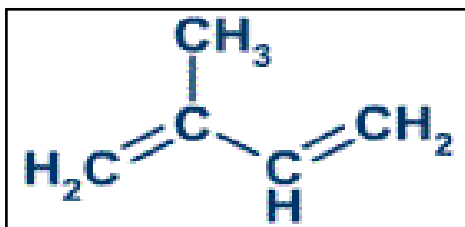


Figura 2: Estructura química del Isopreno

Fuente: Braverman (1996)

Los carotenos tienen la característica de poseer un esqueleto bilateralmente simétrico de 40 átomos de carbono: cada mitad puede ser considerada desde un punto de vista estructural, formal, como constituida por 4 unidades isoprénica unidas cabeza a cola, de tal modo que los grupos metilo que sobresalen de la cadena asumen una relación 1:5. Estas dos mitades de  $C_{20}$ , sin embargo, se hallan unidas cola a cola, de modo tal que los dos metilos centrales de la molécula se encuentran en una relación 1:6. En la figura 2.3 se muestra las siguientes son las fórmulas estructurales de los diferentes carotenos (Braverman, 1996).

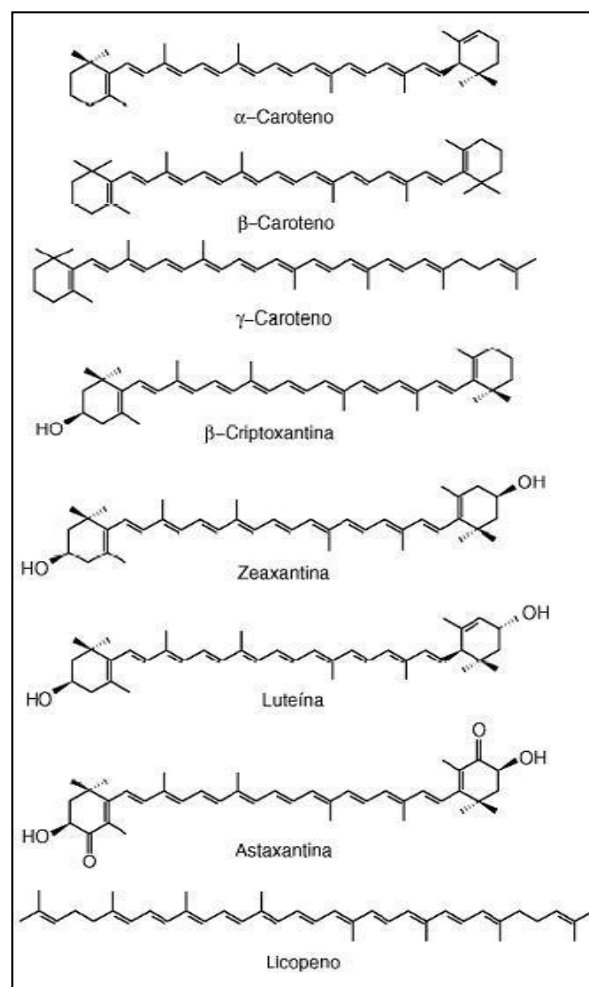


Figura 3: Estructura de los carotenoides (Braverman, 1996).

#### **2.2.4 Betacaroteno**

El carotenoide más conocido es el betacaroteno, pigmento natural, soluble en grasas, producido por las plantas y organismos fotosintéticos y esenciales en la síntesis de vitamina A. Esta capacidad de convertirse en vitamina A es exclusiva de algunos carotenos y no posee una relación directa con su potencial antioxidante. Los betacarotenos actúan atrapando radicales libres y moléculas de oxígeno libre; de ahí su efecto protector. Diferentes estudios han intentado demostrar su capacidad preventiva contra el cáncer de pulmón, por su efecto protector en la defensa sobre la pared epitelial. Algunos autores confirman incluso su efecto de reversión sobre células ya sensibilizadas a tumores, es decir, que los betacarotenos pueden conseguir que los tumores disminuyan de tamaño (Ruiz Vidal & Orasma, 2012).

##### **2.2.4.1 Propiedades funcionales y nutritivas del betacaroteno**

El betacaroteno es un compuesto químico que se encuentra presente en los vegetales (frutas y hortalizas), brindan el color naranja o rojo típico de algunas de ellas, las naranjas, la remolacha o el tomate entre otros. Se ha demostrado que este pigmento se convierte en vitamina A y además es un poderoso antioxidante de las células y por tanto retrasa el envejecimiento de éstas. La propiedad funcional más importante del betacaroteno es su acción antioxidante capaz de neutralizar la acción negativa de la oxidación de las células; la oxidación hace que se formen en las células radicales libres, responsables del envejecimiento celular, actúan destruyendo esos radicales libres, al contrario de la vitamina E que lo que hace es actuar previniendo su aparición. Pero es fundamental tanto una acción como la otra, así que el

betacaroteno ayuda de una forma muy eficaz a la acción de la vitamina E presente por otra parte también en los vegetales (Braverman, 1996).

El betacaroteno se emplea mucho como colorante alimentario. Al ser insoluble en agua, no es fácil de utilizar, por ejemplo, para colorear bebidas refrescantes, una de sus principales aplicaciones. En este caso, se utiliza en forma de polvo extremadamente fino, en partículas de alrededor de 0,4 micras de diámetro, que se puede dispersar en el agua, con la ayuda de un polisacárido como la goma arábica. (Braverman, 1996).

### **2.2.5 Vitamina A**

La vitamina A sólo está presente como tal en los alimentos de origen animal, mientras que en los vegetales se encuentra como provitamina A, en forma de carotenos. Pertenece al grupo de las vitaminas liposolubles (soluble en grasa) es esencial para el organismo. El betacaroteno es una forma química requerida por el cuerpo para la formación de la vitamina A. Aproximadamente el 80 y 90 % de los ésteres de Retinol se absorben mientras que los beta carotenos lo hacen entre un 40 a 60 %. La mayor parte de la vitamina A, casi el 90% se almacena en el hígado, siendo el resto depositado en los pulmones, riñones y grasa corporal (Vilaplana, 2007).

La relación con los carotenoides se da en que el  $\beta$ - caroteno (que son carotenoides) se transforma en vitamina A mediante la ayuda de enzimas presentes en la mucosa intestinal de los animales, de allí el nombre de provitamina A que se le asigna al  $\beta$  - caroteno (Braverman, 1996).

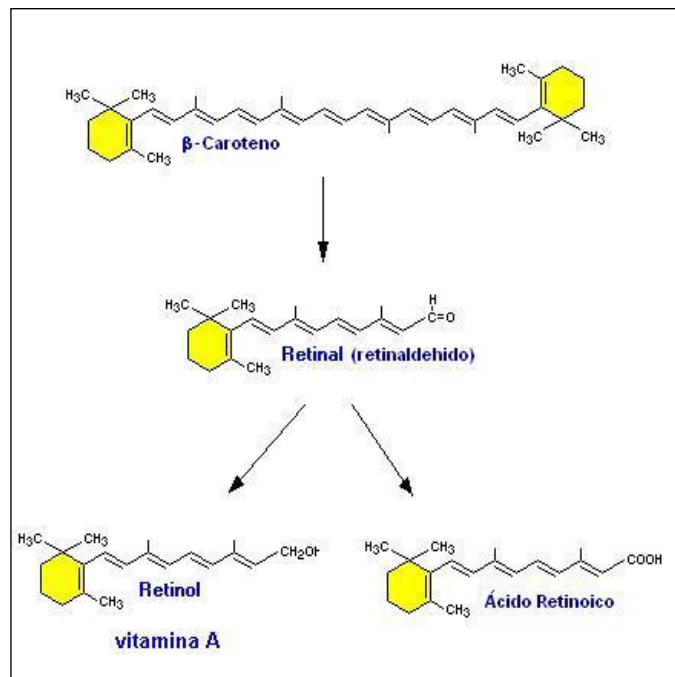


Figura 4: Vitamina A (Vilaplana, 2007).

## 2.3 RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES

### 2.3.1 Generalidades

La aplicación de los recubrimientos comestibles (RC), para la protección de los alimentos con el fin de prolongar su vida de anaquel no es nada nuevo, menciona que desde los siglos XII y XIII en china se utilizaban ceras para recubrir a los cítricos retardando su desecación. En el siglo XVI, sucedía que el recubrimiento de las frutas se llevaba a cabo con parafinas previniendo la pérdida de humedad del alimento.

A partir del año 1950 hay reportes en la literatura de películas hechas a base de polisacáridos, proteínas, lípidos y mezclas, las más exitosas fueron las películas hechas a base de lípidos (monoglicéridos acetilados, ceras y surfactantes) y se usaron para bloquear la transferencia de humedad, reducir la abrasión superficial durante el manipuleo y controlar el escaldado en

manzanas; así también, para productos congelados y procesados (Ceron, 2010).

Los recubrimientos comestibles forman una atmósfera modificada pasiva que puede influenciar diferentes cambios en productos frescos y mínimamente procesados en aspectos tales como actividad antioxidante, color, firmeza, calidad sensorial, inhibición del crecimiento microbiano, producción de etileno y compuestos volátiles como resultado de anaerobiosis (Oms-Oliu et al., 2008).

La efectividad de un recubrimiento comestible para proteger frutas y vegetales depende del control de la humectabilidad, de la capacidad de la película para mantener compuestos de diversa funcionalidad (plastificantes, antimicrobianos, antioxidantes, sabores, olores) dentro de dicha matriz, ya que la pérdida de dichas soluciones afecta el espesor de la película, y de la solubilidad en agua, ya que es indispensable evadir la disolución del RC (Cerqueira et al., 2009).

### **2.3.2 Funciones de los recubrimientos comestibles (RC)**

El uso de un RC en aplicaciones agroalimentarias y en especial en productos altamente perecederos, como los pertenecientes a la cadena hortofrutícola, se basa en ciertas características tales como costo, disponibilidad, atributos funcionales, propiedades mecánicas (tensión y flexibilidad), propiedades ópticas (brillo y opacidad), su efecto barrera frente al flujo de gases, resistencia estructural al agua, a microorganismos y su aceptabilidad sensorial. Estas características son influenciadas por parámetros como el tipo de material implementado como matriz estructural

(conformación, masa molecular, distribución de cargas), las condiciones bajo las cuales se preforman las películas (tipo de solvente, pH, concentración de componentes, temperatura, entre otras), y el tipo y concentración de los aditivos (plastificantes, agentes entrecruzantes, antimicrobianos, antioxidantes, emulsificantes, etc.) (Rojas-Graü et al., 2009).

Los RC no están diseñadas para reemplazar los materiales de empaques sintéticos ni las películas no comestibles, la importancia recae en la capacidad de actuar como un conjunto para mejorar la calidad del alimento en general, extender el tiempo de vida en anaquel y mejorar la eficiencia económica de los materiales para empaquetamiento, entre las propiedades y funciones se detallan a continuación:

- ✓ Reducir la pérdida de humedad
- ✓ Reducir el transporte de gases ( $O_2$  y  $CO_2$ )
- ✓ Reducir la migración de grasa y aceites
- ✓ Reducir el transporte de solutos
- ✓ Mejorar las propiedades mecánicas de los alimentos
- ✓ Proveer una mayor integridad a los alimentos
- ✓ Retener compuestos volátiles
- ✓ Contener aditivos (Cerón, 2010).

Las películas comestibles pueden afectar la velocidad de respiración y la pérdida de agua en los vegetales. Algunas de las ceras recientes han demostrado reducir la permeabilidad al oxígeno y dióxido de carbono, resultando en una disminución interna de oxígeno y un aumento interno de dióxido de carbono. La alta respiración, producción de etileno y pérdida de



humedad que resultan del procesamiento pueden ser reducidas teóricamente mediante la aplicación de una membrana semipermeable como lo son las cubiertas comestibles (Baldwin et al., 1995)

### **2.3.3 Requerimientos y ventajas de los recubrimientos comestibles**

A los recubrimientos comestibles en la mayoría de las veces se les denomina aditivos ya que no proveen un valor nutricional significativo al producto, por otro lado, si de alguna forma incrementan el valor nutricional del alimento pueden ser calificadas como ingredientes (Puschmann et al., 2006), comentan las películas deben de tener tan poco sabor como sea posible o de lo contrario deben de tener un sabor compatible con el producto al cual se está recubriendo. Debido a que estas películas son componentes del alimento, así como empaques del mismo y deben reunir ciertos requisitos. En la tabla 2.2, se mencionan algunos.

Tabla 2: Requerimientos y ventajas del uso de recubrimientos comestibles

Requerimientos	Ventajas
- Buenas cualidades sensoriales.	- Pueden ser ingeridas por el consumidor. - Su costo es generalmente bajo.
- Alta eficiencia mecánica y de barrera.	- Su uso reduce los desechos y la contaminación ambiental.
- Suficiente estabilidad bioquímica, fisicoquímica y microbiana.	- Pueden mejorar las propiedades organolépticas, mecánicas y nutricionales de los alimentos.
- No tóxicas.	- Proporciona protección individual a
- Tecnología simple.	pequeñas piezas o porciones de alimento.
- No contaminantes.	- Pueden ser usadas en alimentos
- Bajos costos de materiales y procesos.	heterogéneos como barrera entre los componentes.

Fuente: (Puschmann et al., 2006)

### 2.3.4 Principales componentes de los recubrimientos comestibles

Para obtener un recubrimiento comestible en primer lugar se necesita de una solución que pueda constituir una matriz estructural con suficiente cohesión (Debeaufort *et al.*, 1998).

Si se combinan lípidos, proteínas y polisacáridos que pueden interactuar física y/o químicamente, se pueden obtener recubrimientos con excelentes propiedades. Sin embargo, la compatibilidad de los componentes es un punto importante a considerar cuando se trata de una mezcla de

biopolímeros, ya que se puede alterar drásticamente el funcionamiento de los compuestos del recubrimiento.

Con el fin de mejorar el intercambio de gases, la adherencia, y las propiedades de permeabilidad a la humedad, generalmente se combinan dos o más materiales (Baldwin *et al.*, 1995). Dichas mezclas suelen realizarse mediante emulsión de uno de los componentes, generalmente un lípido, en el resto de los componentes, o mediante un recubrimiento multicapa, donde el recubrimiento se aplica mediante una técnica de laminación, en la cual se hace la inmersión de la fruta en una primera solución, generalmente la matriz, seguida por una inmersión en otro tipo de solución, ya sea de naturaleza lipídica o cálcica, entre otras.

Además del componente de naturaleza polimérica y de alto peso molecular (matriz), otro componente importante de los RC son los plastificantes. Estos son moléculas pequeñas de bajo peso molecular, de baja volatilidad y con una naturaleza química similar a la del polímero formador de recubrimiento. Se usan para mejorar la flexibilidad y la funcionalidad de los recubrimientos. Dentro de los agentes plastificantes utilizados más frecuentemente se encuentran: glicerol, polietilenglicol, sorbitol, aceites, ácidos grasos, ceras, etc., siendo el glicerol uno de los más utilizados.

Stuchell y Krotcha (1994), demostraron que los recubrimientos a base de proteína de soja sólo podían manipularse si se agregaba como mínimo 17g de glicerol por 100 g de materia seca. Generalmente se requieren plastificantes como el glicerol en las formulaciones a base de polisacáridos y de proteínas, para aumentar la flexibilidad de los recubrimientos, al aumentar el volumen libre o la movilidad molecular de los polímeros, reduciendo los

enlaces de hidrógeno internos entre las cadenas de polímeros y aumentando el espacio intermolecular.

Los plastificantes afectan la capacidad de atracción de agua del sistema y generalmente suelen aumentar la permeabilidad al oxígeno de los RC (McHugh y Krochta, 1994; Sothornvit y Krochta, 2000).

#### **2.3.4.1 Recubrimientos comestibles a base de carbohidratos**

Los carbohidratos son ampliamente usados en la agroindustria alimentaria como estabilizantes, espesantes y gelificantes. Además, y gracias a sus propiedades filmógenas, estos compuestos también pueden utilizarse en la elaboración de envoltentes o películas comestibles (Guilbert y Biquet, 1996). En general, los carbohidratos producen películas con buenas propiedades mecánicas y son barreras eficientes contra compuestos de baja polaridad. Sin embargo, su naturaleza hidrofílica hace que presenten una baja resistencia a la pérdida de agua (Parra *et al*, 2004).

##### **a) Celulosa y derivados**

La celulosa, y sobre todo sus formas esterificadas tales como la carboximetilcelulosa (CMC), metilcelulosa (MC), hidroxipropil metilcelulosa (HPMC), hidroxipropilcelulosa (HPC) e hidroxietilcelulosa (HEC) son consideradas como buenos agentes formadores de películas, ya que son capaces de formar redes continuas en soluciones acuosas. La HPC es el único polímero hidrófilo realmente termoplástico, por lo que puede ser extruído, colado o moldeado para formar películas. Generalmente, las películas formadas a partir de estos ésteres son sólidas, claras y resistentes a los aceites y a la mayoría de solventes orgánicos no polares.

Este tipo de cubiertas se emplea para controlar la difusión de oxígeno y dióxido de carbono, con el fin de retrasar los procesos de maduración de frutos y vegetales. Aunque las propiedades de barrera a la humedad, de las películas a partir de celulosa, no son muy buenas, éstas pueden mejorarse con la adición de sustancias hidrofóbicas (Guilbert y Biquet, 1996).

#### **b) Goma gelán**

Este carbohidrato es cada vez más usado en la industria alimentaria como texturizante y agente gelificante. Yang y Paulson (2000) señalan que la goma gelán aparenta tener un potencial excelente como agente formador de películas, ya que puede producir recubrimientos biodegradables con buena claridad y excelentes propiedades mecánicas, lo que permitiría extender la vida útil de ciertos alimentos y reducir la contaminación ambiental.

#### **c) Quitosán o quitosano**

El quitosán es un polisacárido catiónico (derivado de la quitina) de alto peso molecular, el cual presenta propiedades antifúngicas (Lazaridou y Biliaderis, 2002). Las películas elaboradas con este polisacárido son claras, resistentes, flexibles y presentan buenas barreras al oxígeno. El uso de este material en recubrimientos puede proteger a los alimentos contra ataques microbianos y modificar la atmósfera de frutas frescas (Krochta y de Mulder-Johnston, 1997).

El Ghaouth *et al.*, (1992) recubrieron fresas con películas a base de quitosán. Además de preservar las características organolépticas de las frutas por más tiempo, el porcentaje de fresas infectadas por hongos, al final del experimento, fue mucho menor en las recubiertas con respecto a las frutas sin película.

#### **d) Pululán**

El pululán es un polisacárido extracelular, producido por el microorganismo *Aureobasidium pullulans*, comercialmente utilizado (Diab et al., 2001). Este biopolímero es capaz de producir películas muy estables, transparentes, sólidas y resistentes a bajas temperaturas.

Sus barreras contra las grasas y aceites, así como contra el oxígeno, son excelentes. Las películas de pululán pueden utilizarse para el acondicionamiento o la protección por recubrimiento de diversos alimentos congelados, deshidratados o de humedad intermedia (Guilbert y Biquet, 1996). Además, los recubrimientos elaborados a partir de éste polisacárido han sido utilizados para extender la vida de anaquel de frutos no climatéricos (Diab et al., 2001).

#### **e) Alginato**

Los alginatos en solución acuosa forman películas tras la adición de agentes formadores de puentes salinos, el secado y/o la precipitación en presencia de un alcohol (Guilbert y Biquet, 1996). Aunque este tipo de películas presenta buenas barreras contra el oxígeno, aceites y grasas, su permeabilidad a la humedad es alta (Krochta y De Mulder-Johnston, 1997). Las propiedades filmógenas de los alginatos han sido aprovechadas para la obtención de envolturas para salchichas, para la protección por recubrimiento de partículas de café liofilizado y para la protección contra la oxidación y la deshidratación superficial de carnes y pescados frescos o congelados (Guilbert y Biquet, 1996).

#### **f) Carragenanos, pectinas y agar-agar**

Los carragenanos, las pectinas desmetoxiladas y el agar-agar, se emplean también como materiales filmógenos o como recubrimientos. Al igual que los alginatos, las películas obtenidas son transparentes, inodoras y ligeramente saladas en el caso de haberseles añadido sales de calcio. Sus propiedades mecánicas y protectoras son deficientes, y sus aplicaciones se reducen a la mejora del aspecto, a la limitación del fenómeno de pegado y a la protección frente al enranciamiento de los productos secos, como por ejemplo los frutos (Guilbert y Biquet, 1996).

#### **g) Almidón**

El almidón ha sido parte fundamental de la dieta del hombre desde los tiempos prehistóricos, además de que se le ha dado un gran número de usos industriales.

Después de la celulosa, es probablemente el polisacárido más abundante e importante desde el punto de vista comercial. El almidón se encuentra en los cereales, los tubérculos y en algunas frutas como polisacárido de reserva energética (Badui, 2006).

Químicamente, el almidón está conformado por polímeros de glucosa unidos por enlaces glucosídicos  $\alpha$  (1-4) y  $\alpha$  (1-6), dando lugar a dos fracciones básicas, la amilosa y la amilopectina. La amilosa está formada exclusivamente por cadenas lineales de glucosa, conteniendo aproximadamente 1500 moléculas de éste monosacárido. Por su parte, la amilopectina está conformada por cadenas de glucosa unidas por enlaces glucosídicos  $\alpha$  (1-4), así como por ramificaciones que ocurren cuando el

enlace es  $\alpha$  (1-6). En la mayoría de los cereales, el almidón contiene aproximadamente 75% de amilopectina y 25% de amilosa (Serna, 1996).

Debido a su abundancia y bajo costo de producción, existe un gran interés en la utilización de almidón como componente de películas comestibles y recubrimientos biodegradables. Las películas elaboradas a partir de este carbohidrato son claras, flexibles, transparentes y presentan excelentes barreras al oxígeno. Sin embargo, sus propiedades de barrera contra la humedad, no son tan buenas (Krochta y De Mulder-Johnston, 1997).

Además, sus propiedades mecánicas son generalmente inferiores a las de películas sintéticas. En películas a base de almidón, la matriz o red es normalmente formada durante el secado de una dispersión gelatinizada debido a los puentes de hidrógeno que se establecen entre los grupos hidroxilo (Tapia-Blácido et al., 2005).

Tapia-Blácido *et al.* (2005) elaboraron biopelículas con harina de amaranto, las cuales presentaron buena flexibilidad y poca resistencia a la tensión. Sin embargo, sus permeabilidades al agua y al oxígeno fueron menores que aquellas presentadas en películas de otros polisacáridos y proteínas.

Según García *et al.* (1999), la amilosa es la responsable de la capacidad formadora de película que tienen los almidones. La preponderancia de la amilosa (>70%) en almidones de amilomaíz otorga mayor fuerza y más flexibilidad a películas elaboradas con este tipo de materiales. La estructura ramificada de la amilopectina generalmente conlleva a películas con pobres propiedades mecánicas, es decir, la fuerza de tensión y elongación son bajas (Tharanathan, 2003).



Tabla 3: Características y composición de películas de polisacáridos

Composición		Solubilidad en agua		Barrera contra agua	Características de la película
1° Etapa	2° Etapa	Fría	Caliente		
Carboximetilcelulosa 1-3%, agua		+	-	Suficiente	Flexible, suave, transparente, sin olor
Maltodextrina (3) 3-10%, agua		+	+	Pobre	Flexible, sin olor, sin color suave, transparente,
Alginato de sodio 2%, glicerol 20%, agua	CaCl <sub>2</sub> 4%, agua	-		Pobre	Flexible, sin olor, sin color suave, transparente
Alginato de sodio 2%, glicerol 20%, agua	CaCl <sub>2</sub> 5%, agua	-		Buena	Flexible, suave, transparente, inodora y de sabor aceptable
Alginato 2%, glicosil 41%, agua	CaCl <sub>2</sub> 6%, agua	-		Buena	Flexible, suave, transparente, inodora, dulce
Goma arábica 20-30%, Glicerol 5-10%, agua		+	+	Pobre	Flexible, sin olor, sin color suave, transparente
Películas multicomponente: A (20%) en B (80%) A: cera de carúba 20%, ácido esteárico y palmítico 40%, etanol 40%. B: Caseína 10%, NaOH (pH 8), glicerol 5-7%, agua; O; gelatina 20%, glicerol 5-7%, agua		+	+	Bueno	Poco flexible, suave, opaca, color amarillo pálido, olor y sabor a cera

Fuente: Guilbert y Biquet (1996)

### **2.3.5 Recubrimientos comestibles a base de proteínas**

Los materiales a base de proteínas consisten de redes macromoleculares continuas, de baja humedad y más o menos ordenadas. Las interacciones entre proteínas necesitan ser numerosas y uniformes. La probabilidad de formación de enlaces intermoleculares depende de la forma de la proteína y de las condiciones de proceso. Proteínas de altos pesos moleculares (glutenina) y proteínas fibrosas (colágeno) generalmente forman películas con buenas propiedades mecánicas.

Mientras que las proteínas globulares y pseudoglobulares (gliadina, caseína y glicinina) usualmente necesitan desdoblarse antes de la formación de la red.

La formación de una red macromolecular proteica requiere tres pasos: 1) la ruptura de enlaces intermoleculares de baja energía que estabilizan a los polímeros en su estado nativo, 2) reordenamiento y orientación de las cadenas poliméricas, y 3) la formación de una estructura tridimensional estabilizada por nuevas interacciones y enlaces después de la remoción del solvente (Cuq et al., 1998).

#### **a) Proteína de soya**

Entre las proteínas formadoras de películas, las de la soya han sido estudiadas por su excelente capacidad para formar películas y sus buenas propiedades de barrera al oxígeno y a los lípidos, en bajas humedades relativas. Los enlaces disulfuro intermoleculares, las interacciones hidrofóbicas y los puentes de hidrógeno son, en orden de importancia, las

principales fuerzas asociativas involucradas en la formación de películas de proteínas de soya (Gennadios et al., 1993).

La fuerza iónica o el pH pueden ser manipulados para reducir las repulsiones electrostáticas entre cadenas proteicas, permitiendo así el acercamiento entre dichas cadenas, y por lo tanto favoreciendo la formación de puentes de hidrógeno inter e intramoleculares (Arvanitoyannis et al., 1998). En este sentido, Gennadios et al. (1993) reportaron la formación de películas de proteína de soya, homogéneas y desprendibles dentro de intervalos de pH de 1 a 3 y de 6 a 12. Por lo contrario, no hubo formación de películas entre 4 y 5 de pH, ya que en esta región la proteína de soya tiene su punto isoeléctrico (4.5). A pH's arriba del punto isoeléctrico, observaron menores permeabilidades al vapor de agua. El punto isoeléctrico es definido como el pH en el cual las proteínas presentan el mismo número de cargas positivas que negativas, y cuya carga neta es cero (Badui, 2006).

#### **b) Proteínas de la leche**

Las características únicas de las proteínas de la leche hacen de ellas excelentes candidatas para incorporarlas en películas y recubrimientos, y controlar así, la transferencia de masa en sistemas alimenticios. Las proteínas de la leche, además de poseer un excelente valor nutrimental, tienen numerosas propiedades funcionales. Su solubilidad en agua y su capacidad para actuar como emulsificantes son dos de sus propiedades importantes en la formación de películas (McHugh y Krochta, 1994).

La leche contiene aproximadamente 27g/L de caseínas, lo que representa el 80% del total de las proteínas de la leche (McHugh y Krochta, 1994). Las

soluciones acuosas de caseína pueden formar películas transparentes, flexibles e insípidas.

Según Maynes y Krochta (1994), estos compuestos no requieren de la desnaturalización, ni de la presencia de plastificantes para formar películas. Estos autores afirman también que las películas a base de caseinatos tienden a presentar permeabilidades más bajas que las películas elaboradas con proteína de suero de leche.

La proteína del suero de leche está formada por diferentes fracciones:  $\beta$ -lactoglobulina,  $\alpha$ -lactoalbumina, seroalbumina bovina y algunas inmunoglobulinas.

### **c) Gluten de trigo**

Las películas comestibles elaboradas a partir de gluten de trigo tienen muy buenas propiedades mecánicas y ópticas, y presentan buenas barreras al O<sub>2</sub> y al CO<sub>2</sub>; mas sin embargo sus propiedades contra la transferencia al vapor de agua son relativamente pobres (Pérez y Báez, 2003).

Las películas de gluten de trigo han sido utilizadas para encapsular aditivos, mejorar la calidad de los productos derivados de cereales y mantener aditivos antimicrobianos o antioxidantes sobre la superficie de los alimentos (Cuq *et al.*, 1998).

#### **d) Gelatina**

La gelatina es una de las proteínas de origen animal más ampliamente utilizada como ingrediente en la elaboración de un gran número de productos, incluyendo muchos que no son alimentos. Esta proteína se obtiene a partir del colágeno, mediante hidrólisis ácida o alcalina. El colágeno es la mayor proteína estructural de muchos tejidos conectivos, tales como piel, tendón y hueso. Las características más remarcables de la gelatina son su solubilidad en agua y la habilidad que tiene para formar geles termorreversibles (Sobral y Habitante, 2001).

Películas de gelatina son comúnmente usadas en la industria farmacéutica para fabricar tabletas y cápsulas. La gelatina es también usada como materia prima para películas fotográficas y para microencapsular aromas, vitaminas y endulzantes (Cuq et al., 1998). En cuanto a los recubrimientos comestibles, se ha observado que las películas de gelatina reducen la permeabilidad al oxígeno, la difusión del vapor de agua y la migración de las grasas (Krochta y De Mulder-Johnston, 1997).

#### **2.3.6 Recubrimientos comestibles a partir de mezclas entre biopolímeros**

El objetivo de emplear mezclas entre biopolímeros para la elaboración de películas comestibles y recubrimientos biodegradables, es contrarrestar las deficiencias propias de cada componente y así poder mejorar las propiedades y características del material resultante (Tharanathan, 2003).

Tabla 4: Características y composición de películas de proteínas

Composición		Solubilidad en agua		Barrera contra agua	Características de la película
1° Etapa	2° Etapa	Fría	Caliente		
Gelatina 20%, glicerol 0-10%, agua		-	+	Pobre	Flexible, suave, transparente, sin olor y sin sabor
	CaCl <sub>2</sub> 20%,	-	+	Pobre	Flexible, suave, transparente, ligero sabor a sal y amargo.
	Acido Láctico 50%	-	+	Suficiente	Flexible, suave, transparente, ligero sabor a ácido.
	Acido Tanico 20%	-	+	Suficiente	Suave, transparente, color café, resabio astringente
Caseína 10%, NaOH (pH 8), glicerol 5-10%, agua		+	+	Pobre	Flexible, suave, transparente, ligero sabor a leche
	CaCl <sub>2</sub> 20%,	+	+	Pobre	Flexible, suave, transparente, poco amarga
	Acido Láctico 30%	-	-	Suficiente	Flexible, opaca, resabios amargos ligeramente rugosa
	Acido Tanico 20%	+	+	Suficiente	Suave, transparente, color café, resabio astringente
Ovoalbúmina 10%, NaOH (pH 8)		+	-	Pobre	Flexible, suave, transparente,
	CaCl <sub>2</sub> 20%,	+	-	Pobre	Flexible, suave, transparente, de color amarillo
	Acido Láctico 30%	-	-	Buena	Flexible, suave, transparente, de color amarillo
Zeína 1-2%, etanol 55-80%, agua		-	-	Buena	Flexible, superficie granulenta, opaca, amarilla
Aislado de soya 10%, glicerol 5%, agua		-	+	Pobre	Flexible, suave, transparente, clara

Fuente: Guilbert y Biquet (1996)

Unas de las propiedades que se buscan mejorar, son las propiedades mecánicas.

Las propiedades mecánicas de películas comestibles dependen del tipo de material utilizado y especialmente de su cohesión estructural. La cohesión es el resultado de la habilidad del polímero para formar fuertes y/o numerosos enlaces moleculares entre cadenas poliméricas, dificultando así su separación (Guilbert et al., 1996).

De acuerdo con Lee et al. (2004), la presencia de goma gelán, en geles de gelatina, produce un incremento sinérgico en la fuerza del gel, así como un mejoramiento de la firmeza de éste. Además, concluyen que las propiedades mecánicas de películas a base de gelatina y goma gelán, dependen significativamente de las concentraciones de los dos componentes, sugiriendo el uso de este tipo de películas como materiales de empaque y recubrimientos.

Por su parte, Mariniello et al. (2003) proponen el uso de la enzima transglutaminasa en la elaboración de películas utilizando pectinas y harina de soya como materiales. En su estudio, ellos encontraron que películas con la presencia de esta enzima presentan superficies más lisas, mayor homogeneidad y mayor resistencia que aquellas elaboradas sin la presencia de la misma.

Lo anterior lo atribuyen a que la transglutaminasa produce enlaces isopéptidos entre las cadenas poliméricas de la harina de soya, lo que se deriva en estructuras más compactas y resistentes.

Gennadios *et al.* (1993) estudiaron el efecto de la temperatura en la permeabilidad al oxígeno en películas comestibles hechas a partir de

mezclas de proteína de soya y gluten de trigo. La permeabilidad al oxígeno se incrementó con la temperatura debido al aumento en la movilidad de los segmentos poliméricos y al incremento en los niveles de energía de las moléculas de O<sub>2</sub>. No obstante, los valores de permeabilidad fueron menores que aquellas películas elaboradas solamente con gluten de trigo, proteína de maíz y películas plásticas comerciales.

La posibilidad de formación de enlaces de hidrógeno entre gelatina y almidón dentro de mezclas es favorecida por la introducción de moléculas pequeñas, tales como las del agua y polioles.

Por su parte Lazaridou y Biliaderis (2002), elaboraron películas comestibles a partir de quitosán y mezclas de éste, con almidón y pululán. El análisis termofísico no mostró separaciones de transiciones de fase, ya que una sola T<sub>g</sub> fue observada para las películas elaboradas con las mezclas de los biopolímeros. Sin embargo, ellos atribuyeron dicho comportamiento a la cercanía o proximidad de las temperaturas de transición vítrea de los componentes individuales, más que a una miscibilidad entre el quitosán-almidón y quitosán-pululán,. Lo evidente fue que las películas elaboradas con quitosán-pululán presentaron T<sub>g</sub>'s más bajas comparadas con aquellas hechas con mezclas de quitosán y almidón, mientras que las películas de quitosán como único componente presentaron las T<sub>g</sub>'s más elevadas. Esto lo atribuyeron al grado de sensibilidad a la plastificación con agua que cada componente tiene.



### **2.3.7 Aplicaciones de películas comestibles en alimentos**

La mayoría de las películas no pueden ser utilizadas en productos con  $A_w > 0,94$ , debido a que se degradan o disuelven con el contacto de 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 y Biuqet,1996).

Las ceras se utilizaron ampliamente para películas en frutas especialmente cítricos. Estas son barreras contra el agua y previenen la pérdida de peso. El deterioro puede ser retardado cuando se incorporan agentes antimicrobianos en la película, como por ejemplo las películas de quitosano producen la enzima quitinasa que actúa como un agente antifúngico natural (El Ghaouth et al, 1992).

En la tabla 4 se presenta un resumen de diferentes aplicaciones de alimentos recubiertos con películas comestibles.

Tabla 5: Aplicaciones de las películas comestibles en alimentos

PROPOSITO	APLICACION
<b>Proteger contra humedad y oxígeno.</b>	Pescado fresco, queso, carne, productos cárnicos, alimentos de humedad intermedia, alimentos secos, botanas, nueces.
<b>Retardar el crecimiento microbiano externo.</b>	<b>Alimentos de humedad intermedia.</b>
Controlar el balance de humedad en un alimento heterogéneo.	Alimentos heterogéneos como pastel, sandwiches, alimentos heterogéneos congelados.
<b>Evitar la penetración de salmueras.</b>	Alimentos en salmuera congelados (camarón, cangrejo).
Mejorar las propiedades mecánicas de un alimento para su posterior procesamiento	<b>Camarón, cangrejo, cacahuates, botanas.</b>
<b>Mejorar la integridad estructural.</b>	Alimentos liofilizados, carne reestructurada, carne, pescado.
<b>Disminuir la migración de humedad.</b>	Alimentos batidos, homeados y congelados, frutas de humedad intermedia, botanas, nueces.
Proteger las piezas de un alimento empacado en bolsa.	Queso o cubos de queso, alimentos congelados, frutas, helado.
<b>Mejorar la apariencia.</b>	Productos de confitería, nueces, botanas, frutas de humedad intermedia, productos horneados.
Impartir o mejorar color, sabor y	<b>Alimentos varios</b>
<b>Preservar sabores.</b>	Frutas de humedad intermedia, alimentos secos.
Contener porciones para dispersar en alimentos.	Nutrientes para alimentos enriquecidos, aditivos, enzimas, aceites o grasas para panificación.

Fuente: Guilbert y Biquet (1996)

## **2.3.8 PELÍCULAS DE QUITOSANO**

### **2.3.8.1 Generalidades de la quitina y el quitosano**

La quitina fue reportada por primera vez en 1811 por el profesor Henri Braconnot en hongos. En 1830 se aisló en insectos y se le dio el nombre de quitina. El descubrimiento del quitosano en 1859 por C. Rouget supuso el inicio de una investigación intensiva sobre estos compuestos (Castro, 2000). La quitina es un polímero de la N-acetilglucosamina y residuos de glucosamina que se encuentran ampliamente distribuidos en la naturaleza de tal forma que constituye el segundo polímero más abundante después de la celulosa (Guzmán, 2003). La figura 5 muestra la estructura tridimensional de la N-acetilglucosamina, polímero del cual está compuesta la quitina.

La quitina es un polisacárido no tóxico y biodegradable que forma una sustancia córnea y es el principal constituyente del exoesqueleto de insectos, crustáceos y arácnidos.

Los residuos del procesado de mariscos contienen en general un 14-35% de quitina asociada con proteínas (30-40%), lípidos, pigmentos y depósitos de calcio (30-50%), estimándose por tanto una producción mundial anual de quitina en los residuos de unas 120 000 toneladas (Castro,2000).

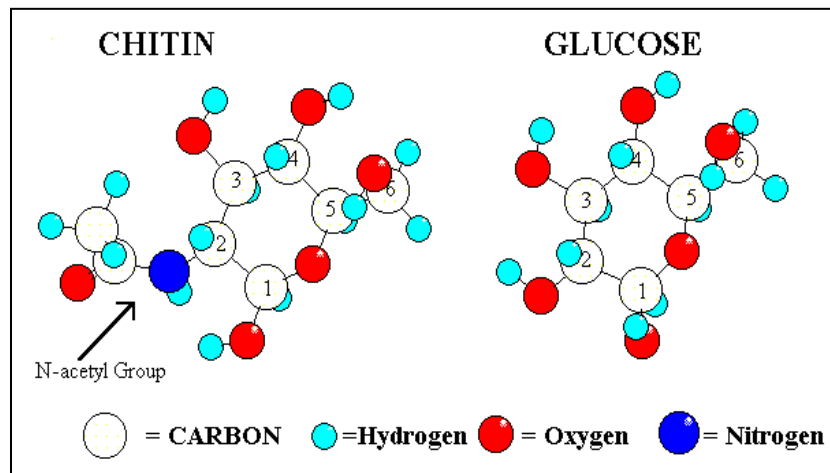


Figura 5: Estructura de la N-acetilglucosamina

Fuente: Han (2002)

Por otro lado, el quitosano es la forma N-desacetilada de la quitina que se obtiene tras sustituir los grupos acetamido por grupos amino. Forma parte de la pared corporal de la mayoría de hongos, levaduras y mohos. Se biodegrada en el hombre por la acción de la lisozima (Peral y Gartzia, 2002). La figura 6 muestra la estructura tridimensional de la aminoglucosamina.

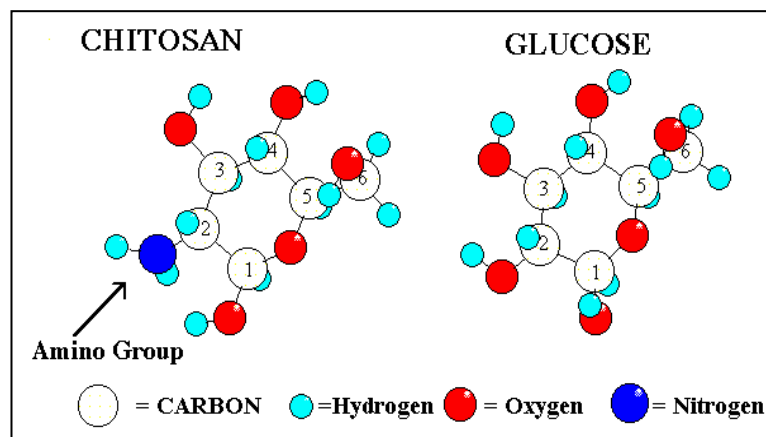


Figura 6: Estructura de la aminoglucosamina

Fuente: Han (2002)

### **2.3.8.2 Obtención del quitosano**

Para el proceso de obtención del quitosano, Sánchez (1998) menciona, que consiste en una serie de lavados alcalinos o ácidos con suficiente agua. Existen dos factores principales que determinan la calidad del quitosano: el grado de desacetilación, el cual está determinado por el número de pasos involucrados en la hidrólisis. La primera hidrólisis proporciona una desacetilación cerca del 80%, la segunda cerca del 95% y una tercera cerca del 98%. Entre mayor es la desacetilación mejor es la calidad. El segundo factor es la viscosidad estándar. La cual refleja el peso molecular (Guzmán, 2003). La Figura 7 muestra la obtención del quitosano desde los residuos de los crustáceos.

### **2.3.8.3 Función de las películas de quitosano**

Algunas funciones de las películas de quitosano en la industria son las siguientes (Shahidi *et al.*, 1999)

- Controlar la transferencia de humedad entre el alimento y el medio circundante
- Controlar la liberación de sustancias antimicrobianas
- Controlar la liberación de antioxidantes
- Controlar la liberación de nutrimentos, sabores y drogas
- Reducir la presión parcial de oxígeno
- Controlar la velocidad de respiración
- Controlar el oscurecimiento enzimático en frutas
- Membranas de ósmosis inversa
- Floculación

### ¿Que es la quitina y el quitosano?

El **quitosano** es un polímero de carbohidratos modificado de la **Quitina** que es un componente del exoesqueleto de los crustáceos

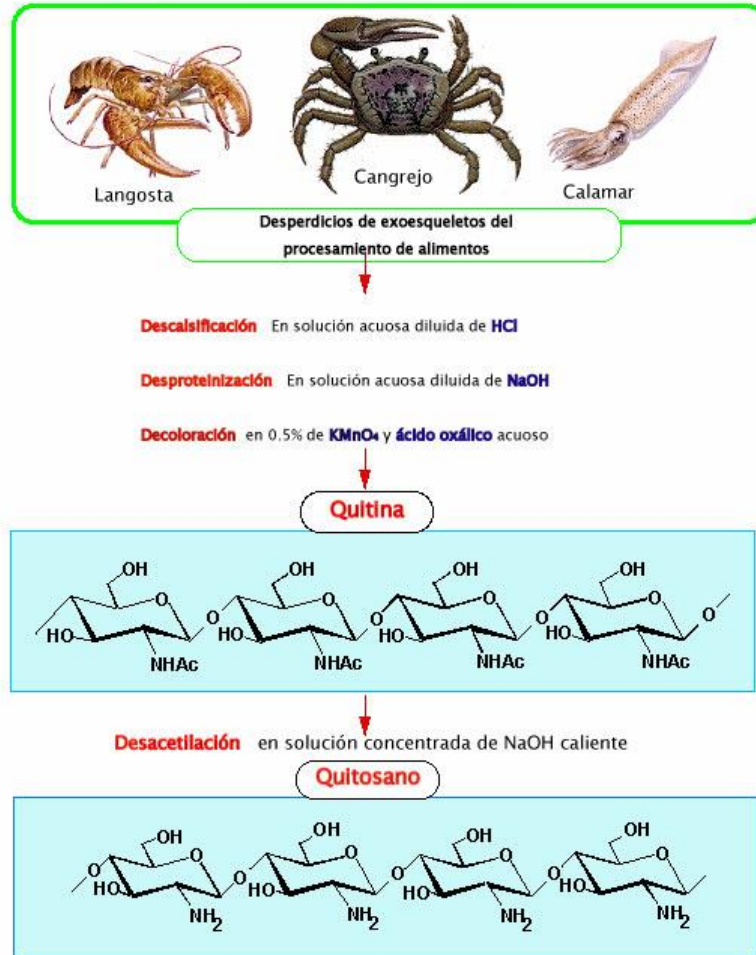


Figura 7: Proceso de obtención de quitina y quitosano

Fuente: Han (2002)

#### 2.3.8.4 Aplicaciones del quitosano

Las aplicaciones de la quitina y el quitosano son muy amplias y con gran éxito en campos como el farmacéutico, médico, la industria de alimentos, la agricultura etc. (Peral y Gartzia, 2002).

**Tratamientos de aguas:** Actúan como removedores de iones metálicos, como quelantes de metales de transición y contaminantes ambientales, como

floculantes, coagulantes y precipitantes de proteínas, aminoácidos, tintes, colorantes, algas, aceites, metales radioactivos, partículas en suspensión y pesticidas.

### **Industria alimentaria.**

*Aditivos en los alimentos.* Tienen propiedades de espesantes, gelificantes y emulsificantes, se utilizan para mejorar la textura ya que fijan agua y grasa, también como estabilizantes del color, como agente que previene la precipitación del vinagre, aditivos con características nutricionales, aditivo para la alimentación animal, principalmente.

*Envoltura y recubrimiento protector de alimentos.* Las películas de quitosano son resistentes, duraderas y flexibles, con propiedades mecánicas similares a polímeros comerciales de fuerzas medias. Estas películas se emplean, junto con otros elementos, en recubrimientos para frutas, retrasando el envejecimiento, disminuyendo la oxidación, las pérdidas por transpiración y protegiendo frente al ataque de hongos. Las películas de quitosano presentan acción antimicrobiana mediante la privación de iones vitales a los microorganismos, destrucción de membrana, filtración de constituyentes intracelulares y formación de complejos polielectrolíticos como polímeros ácidos y células de superficie.

**Procesos industriales.** Actúan como agente purificador de azúcar, clarificador en industrias de bebidas, finalizador en jugos, coagulación del queso, retardador del oscurecimiento enzimático de jugos de manzana y pera.

**Medicina.** Por sus propiedades antimicrobianas, capacidad de retención de humedad y liberación controlada de sustancias.

**Biotecnología.** Actuando en la inmovilización de enzimas, separación de proteínas, inmovilización celular, reacción con aldehídos, captación de células y enzimas.

**Agricultura.** Actúan como bioestimulante de plantas en tratamientos de semillas, raíces y hojas y, en tratamientos postcosecha de frutas y verduras con el fin de aumentar su conservación (Castro, 2000). Recubrimientos de semillas, conservación de frutas, protección frente a plagas y hongos, virucida y estimulante del crecimiento.

**Cosméticos.** Por sus propiedades humectantes, abrasivas y no producen alergias.

**Industria papelera.** En la elaboración de papel, aumenta el rendimiento de la pulpa, la capacidad de retención de agua.

**Tecnologías de membrana.** Se utiliza para la separación de componentes, absorbentes de encapsulación, control de permeabilidad, ósmosis inversa.

**Industria textil.** Evita el encogimiento de los tejidos y fija el color. Sirven como componentes de fibras que se utilizan en la mejora de lanas y en la impermeabilización de algodones y linos (Castro, 2000).

## **2.4 CALIDAD DE UN PRODUCTO AGROALIMENTARIO Y VIDA ÚTIL**

Para Abbott (2009), el término calidad implica el grado de excelencia de un producto o su conveniencia para un uso particular. La calidad de un producto agroalimentario abarca propiedades sensoriales (apariencia, textura, sabor y aroma) y nutritivas (vitaminas A y C, minerales y fibra dietética).

(Watada, 1999) refiere que la apariencia presenta propiedades como frescura, color, defectos y deterioro, en las propiedades texturales exige que



el producto sea crujiente, turgente, firme y que posea dureza e integridad en el tejido. A éstas incorpora seguridad alimentaria, es decir, ausencia de residuos químicos y una óptima calidad microbiana.

Los criterios microbiológicos son normalmente descritos en términos de requerimientos legales, pero son estándares mínimos; en muchos casos los recuentos bacterianos tienen poca o ninguna relación con la calidad del producto o su vida útil ya que la proliferación de microorganismos es una primera causa del final de la vida comercial.

El término vida útil (“shelf life” - “vida en el anaquel”) comprende el periodo de tiempo que se puede esperar de un producto manteniendo un predeterminado nivel de calidad bajo unas específicas condiciones de almacenamiento (Shewfelt, 1986).

La vida de anaquel de un alimento puede ser definida como el periodo de tiempo dentro de lo cual el alimento es seguro para el consumo y o/presenta calidad aceptable para los consumidores. La vida de anaquel de un alimento es el tiempo en que él puede ser conservado en determinadas condiciones de temperatura, humedad relativa, luz, etc., sufriendo pequeñas, pero bien establecidas alteraciones que son, hasta cierto punto, consideradas aceptables por el fabricante, por el consumidor y por la legislación alimentaria vigente (Vitali y Texeira Neto, 2002).

## **CAPITULO III**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

El presente trabajo de investigación fue realizado en el Laboratorio de Biotecnología Agroindustrial, Laboratorio de Proceso Agroindustriales y Planta Piloto de Jugos y Néctares de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

El trabajo se realizó desde noviembre del 2016 a mayo del 2017.

#### **3.1 MATERIALES**

##### **3.1.1 Materia prima e insumos**

La materia prima utilizada fue el melón (*Cucumis melo L.*), variedad amarillo rugoso, procedente del VRAEM (Valle de los ríos Apurímac, Ene y Mantaro), adquirida en el mercado de abastos Nery García Zárate.

Para los experimentos, las frutas se seleccionaron de tamaño adecuado y uniforme, libres de daños mecánicos y/o fitopatológicos.



Figura 8: Fruto de melón (*Cucumis melo L.*)

- ❖ Quitosano grado comercial (Desacetilación mayor al 87%) adquirido de CINSA SRL - Ayacucho.



Figura 9: Quitosano grado comercial en polvo

- ❖ Ácido Cítrico adquirido en CINSA SRL - Ayacucho
- ❖ Ácido Oleico adquirido en CINSA SRL - Ayacucho
- ❖ Hipoclorito de sodio

### **3.1.2 Materiales de envase**

- Polietileno en bandejas de 500 gramos de capacidad

### **3.1.3 Reactivos**

- n-Hexano ( $C_6H_{14}$ )
- Hidróxido de potasio q.p.(KOH)
- Alcohol etílico grado 96° ( $C_2H_5OH$ )
- Hidróxido de sodio q.p. (NaOH)
- Sulfato de cobre II q.p. ([CuSO<sub>4</sub>](#))
- Hidróxido de bario ( $Ba(OH)_2$ )
- Éter de petróleo  $Na_2SO_4$

### **3.1.4 Materiales de laboratorio**

- Vasos de precipitado de 100; 250 y 500 ml.
- Pipetas de 1; 5 y 10 mL
- Fiola de 250; 100; 500 mL
- Matraz de 250 ml.
- Bureta de 50 mL
- Probeta graduada de 100 mL
- Tubos de ensayo con gradilla
- Mortero y pilón

- Termómetro.
- Bombilla de succión
- Soporte universal
- Papel filtro.
- Cuchillo
- Papel toalla.

### **3.1.5 Equipos e instrumentos**

- Balanza Analítica, Marca AND HR 200, precisión  $\pm 10$  mg
- Espectrofotómetro UV-VISIBLE, Marca: LABOMED.
- Colorímetro SPECTROSCAN
- pH - Metro: Marca: QUIMIS
- Refractómetro de ABBE
- Mufla, marca RELES modelo ML/U5L
- Estufa marca HOT AIR OVEN, modelo YCO-010
- Balanza digital, marca ADAM
- Cámara frigorífica
- 

## **3.2 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL**

### **3.2.1 Muestreo de la materia prima**

Se utilizó un plan de muestreo completamente aleatorizado de frutos de melón variedad amarillo rugoso, cada muestra estuvo conformada por 10 unidades, la que sirvió para su caracterización fisicoquímica por tres repeticiones. Para conformar este plan de muestreo, previamente se realizó

un proceso de selección a partir de la adquisición de un lote de melones, con la finalidad de obtener una muestra homogénea, basada en el criterio del descarte de frutos con daños por insectos, plagas, físicos y con daños por hongos o bacterias (pudriciones).

### **3.2.2 Caracterización fisicoquímica de la materia prima y producto final**

Las determinaciones analíticas realizadas fueron los siguientes:

#### ➤ **Potencial de hidrógeno (pH)**

Se determinó directamente con un pH-metro, tomando una muestra de 25 g de melón, previamente machacada con un mortero, al cual se le añade 200 ml de agua destilada, se hierve el conjunto durante 15 minutos. Con agua destilada se completa hasta un volumen de 250 ml, esta mezcla se filtra con un papel filtro, del cual se toman 50 ml, es decir la quinta parte y se le agrega 50 ml de agua destilada, la cual se coloca en un vaso precipitado para la lectura con el electrodo del aparato a 20 °C.

#### ➤ **Acidez titulable**

Se realizó mediante una valoración con hidróxido de sodio hasta viraje rosado en la muestra que se está valorando, utilizando fenolftaleína como indicador. El resultado se expresa en gramos de ácido cítrico por cada 100 mL de pulpa (AOAC, 2015).

La metodología se detalla en el anexo 1.3

#### ➤ **Determinación de $\beta$ -caroteno**

Se determinó el contenido de  $\beta$ -caroteno, empleando el método descrito por Gross (1987), durante el proceso y en almacenaje.

La metodología se detalla en el anexo 1.1

➤ **Contenido de humedad**

La humedad del melón se determinó por secado y diferencia de pesos (Desecación por estufa) de acuerdo con el método de la AOAC (2015).

➤ **Parámetros colorimétricos**

Para la determinación del color se utilizó el colorímetro SPECTROSCAN (Minolta, 2012). La metodología se muestra en el anexo 1.2

### **3.2.3 Evaluación sensorial**

Esta evaluación se realizó mediante las pruebas de medición del grado de satisfacción, para obtener una mayor información acerca del producto, para manejar objetivamente datos tan subjetivos como son las respuestas de los jueces acerca de en qué dimensión les gusta o les disgusta un producto nuevo. Para llevar a cabo estas pruebas utilizaremos las escalas hedónicas, para evaluar las sensaciones agradables o desagradables producidas por un producto alimenticio a través de jueces o panelistas. Para este caso empleamos la prueba de comparación múltiple durante la etapa de almacenamiento (Anexo 2).

El horario para la evaluación sensorial no deberá hacerse a horas muy cercanas al de las comidas, recomendamos como horario adecuado entre las 10 a.m. y 11:30 a.m. suministrando a cada uno de nuestros panelistas la muestra acondicionada a ser evaluada.

### **3.2.4 Flujo de procesamiento para la preparación de la solución de quitosano y elaboración de melón mínimamente procesado con recubiertas de quitosano**

### 3.2.4.1 Preparación de solución de quitosano

En la figura 10 se muestra el flujograma para obtener solución de quitosano para las recubiertas según el diseño planteado.

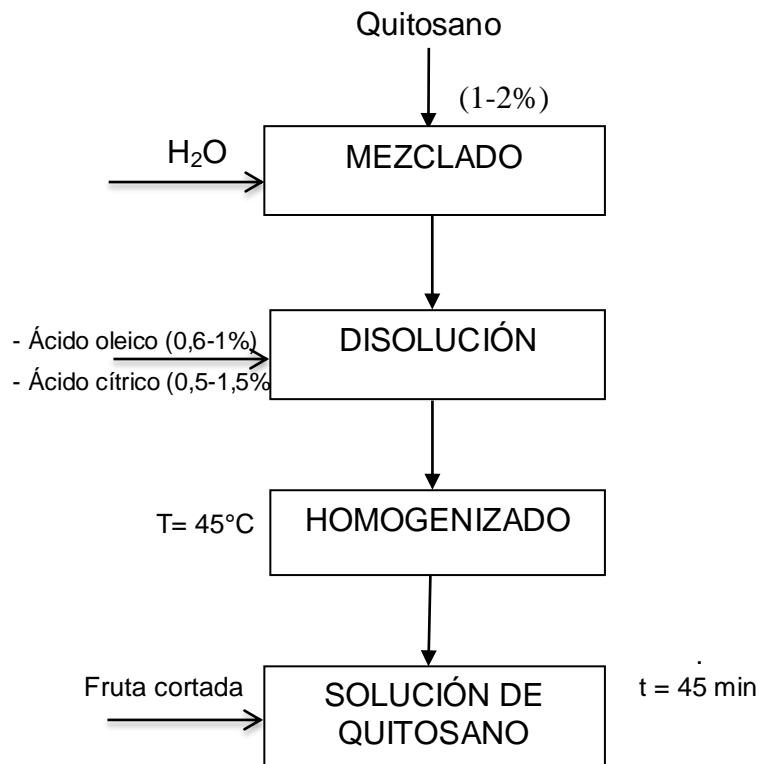


Figura 10: Flujograma para preparar solución de quitosano

### 3.2.4.2 Elaboración de melón mínimamente procesado recubiertas con películas de quitosano

En la figura 11 se muestra el flujograma para obtener melón mínimamente procesado con recubiertas de solución de quitosano.



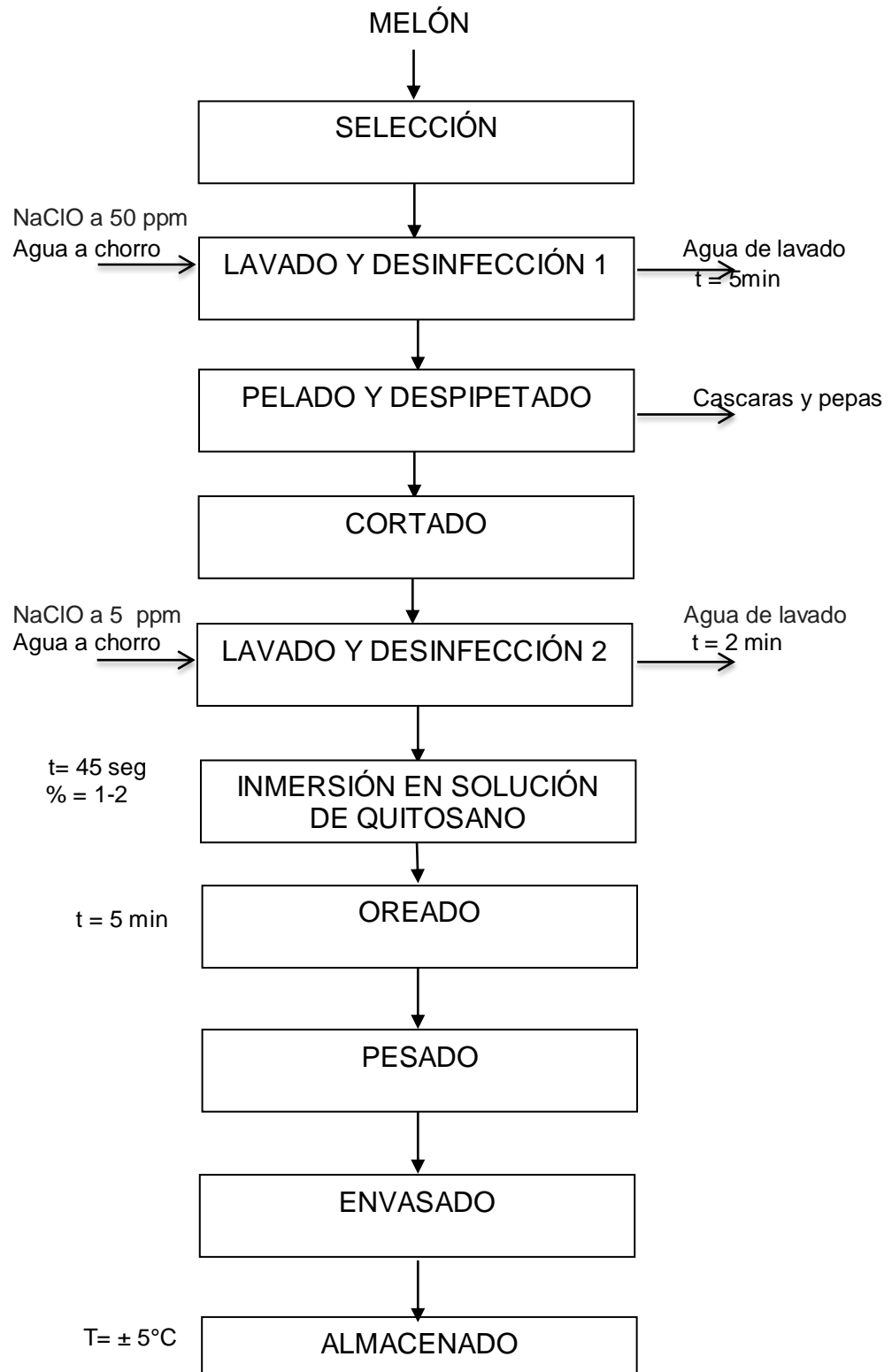


Figura 11: Flujograma para obtener melón mínimamente procesado recubiertas con películas de quitosano

### **3.2.5 Descripción del proceso de melones mínimamente procesados recubiertas con películas de quitosano**

La fruta (melones) fueron llevados a los laboratorios experimentales, procedentes del Mercado de abastos Nery García Zárate. El criterio que se tuvo en cuenta es que las muestras debieron estar libre de insectos, restos de cosecha, libre de deterioro, entre otros.

#### **3.2.5.1 Selección y clasificación**

En esta etapa de selección se separaron los melones que no eran frescos, que estuvieran deteriorados y con daños mecánicos. Para luego ser clasificado tomando los siguientes parámetros:

- Forma circular
- Color amarillo-cremoso
- Pesos similares

La importancia de esta etapa es para que las características físicas del melón sean lo más parecidas posibles, y así favorecer los posteriores procesos.



Figura 12: Selección y clasificación de los melones

### 3.2.5.2 Lavado y desinfección 1

El lavado se realizó por inmersión de la fruta en agua potable de suministro, con cambios continuos para evitar posibles contaminaciones por estancamiento de agua. Este proceso se realizó dentro de uno de los lavaderos de acero inoxidable. Para desinfectar la fruta se adicionó hipoclorito de Sodio al 5% (comercial) 7,5 ml por 10 litro de agua y dejó reposar por 5 minutos, luego se enjuagó con agua corriente.



Figura 13: Lavado y desinfección del melón

### 3.2.5.3 Pelado y despepitado

Estas operaciones se realizaron con materiales de acero inoxidable, para evitar contaminantes. La operación del pelado se realizó de forma manual utilizando cuchillos; luego se procedió a retirar las pepas de la fruta con la ayuda de cucharas, para luego ser colocadas en tinas de plástico.



Figura 14: Pelado y despepitado del melón

#### 3.2.5.4 Cortado

El cortado del melón se realizó con cuchillos de acero inoxidable, en forma de cubitos de aproximadamente 2 cm de espesor.



Figura 15: Cortado en cubitos del melón

#### 3.2.5.5 Lavado y desinfección 2

El lavado de la fruta cortada se realizó por inmersión de la fruta en agua potable. Este proceso se realizó en tinas de plástico de 10 litros. Para desinfectar la fruta cortada se adicionó hipoclorito de sodio al 5% comercial y se dejó en reposo por 2 minutos, luego se enjuagó con agua corriente teniendo cuidado de no dañar el tejido de la fruta.

### 3.2.5.6 Inmersión en solución de quitosano.

Las frutas de melón cortada en cubitos se sumergieron en la solución de quitosano (1-2%) por un tiempo de 45 segundos.



Figura 16: Inmersión del melón en quitosano

### 3.2.5.7 Oreado

Las frutas acondicionadas con solución de quitosano (1-2%) se dejaron orear por un tiempo de 5 minutos, esta etapa se realizó con papel absorbente.



Figura 17: Oreado del melón recubierto con quitosano

### 3.2.5.8 Pesado y envasado

Las muestras acondicionadas y secadas fueron colocadas en los envases de polietileno en forma de bandejas con tapa, con un peso de aproximadamente 500 g.



Figura 18: Pesado y envasado del melón acondicionado

### 3.2.5.9 Almacenado

El almacenaje del melón acondicionado se realizó en temperaturas de refrigeración ( $\pm 5^{\circ}\text{C}$ ), para ello se evaluó las características fisicoquímicas de las muestras cada 2 días.

## 3.3. DISEÑO EXPERIMENTAL

### 3.3.1 Preparación de la película de quitosano utilizado en el melón mínimamente procesado

Una vez que se cortó en cubitos el melón con cuchillos de acero inoxidable, se sumergió las muestras en soluciones de quitosano según el diseño planteado (Tabla 8), luego se dejó orear con la ayuda de papel absorbente por un tiempo de 5 minutos, se envasó en bandejas de polietileno (aprox.

500 g), finalmente se almacenó las muestras en temperatura de refrigeración ( $\pm 5^{\circ}\text{C}$ ), evaluándose sus características de calidad cada 2 días durante el tiempo de almacenaje.

### **3.3.2 Evaluación del melón mínimamente procesado recubiertas con quitosano durante el almacenamiento en refrigeración**

Una vez que se seleccionó la formulación óptima (quitosano:1%; ácido cítrico: 1,5% y ácido oleico: 0,6%) de solución de quitosano que cubrirán los melones mínimamente procesados, se prepararon muestras cubiertas con películas de quitosano y muestras sin recubrir y se evaluó: Características fisicoquímicas (pH, humedad, beta caroteno y acidez titulable) estos análisis se realizaron cada dos días y evaluación sensorial (Prueba de comparación múltiple) del control con A (6 días), B (10 días) y C (14 días) hasta que los jueces determinen hasta que día las muestras son aceptables.

### **3.3.3 Evaluación de la vida útil del melón mínimamente procesado.**

La vida útil del melón mínimamente procesado se determinó en base a las muestras que presentaron mayor conservación de las características de calidad (% de betacaroteno, pérdida de peso, evaluación sensorial y fisicoquímica), la cual se comprobó con el análisis durante el almacenamiento.

## **3.4. DISEÑO ESTADÍSTICO**

El diseño estadístico empleado para optimizar la formulación de la película de quitosano utilizado para incrementar la vida útil de los melones

mínimamente procesadas a temperatura de refrigeración se muestra en la tabla 6. Se utilizó el diseño D – Optimo del programa Design expert 7.0 para el desarrollo del experimento planteado.

Teniendo como variables independientes las siguientes:

Tabla 6: Definiciones de variables y niveles del diseño D-optimal para la formación de películas de quitosano

VARIABLE	NIVEL BAJO (-)	NIVEL ALTO (+)
A: Concentración de quitosano (%)	1	2
B: Concentración de ácido oleico (%)	0,6	1,0
C: Concentración de ácido cítrico (%)	0,5	1,5

Tabla 7: Definiciones de las respuestas del diseño D-optimal para el melón mínimamente procesado

VARIABLE	UNIDAD
$\beta_{12}$ : Concentración de $\beta$ - Caroteno	Porcentaje (%)
$P_{12}$ : Razón de pérdida de peso ( $P_t/P_0$ )	Adimensional

Se asume que la función que vincula las respuestas con las variables independientes se puede aproximar con un polinomio de segundo orden, que tiene la siguiente forma:

$$y = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \beta_3x_3 + \beta_{12}x_1x_2 + \beta_{13}x_1x_3 + \beta_{23}x_2x_3 + \beta_{11}x_1^2 + \beta_{22}x_2^2$$

Donde



$X_1$  = Quitosano

$X_2$  = Ácido oleico

$X_3$  = Ácido cítrico

Teniendo concentraciones de quitosano de 1 a 2%, ácido oleico de 0,6 a 1,0%, y ácido cítrico de 0,5 a 1,5%.

Los  $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_{12}, \beta_{13}, \beta_{23}, \beta_{11}, \beta_{22}$ , son los coeficientes de regresión.

Los diseños D-Óptimos son una forma de diseño proporcionada por un algoritmo de la computadora. Para esto se hace uso del software Design expert 7.0 en el cual los resultados se ajustarán a una ecuación cuadrática.

En la tabla 8 se muestran los valores codificados y reales del planteamiento de esta investigación, según el diseño central compuesto rotatable en respuesta del software Design expert 7.0.

### **3.4.1 Optimización de los Parámetros**

Para la optimización en el gráfico de contorno de la respuesta se usó la metodología D-optimal que es un conjunto de técnicas estadísticas útiles para modelar y analizar problemas en los cuales una respuesta de interés es influida por varias variables, y el objetivo es optimizar la respuesta.

El D-optimal es una técnica secuencial. A menudo, cuando se considera un punto en el gráfico de contorno alejada del óptimo, que podrían ser las condiciones actuales, el polinomio de primer grado es aproximadamente apropiado si existe poca curvatura en el sistema. En este caso, el objetivo consiste en guiar al experimentador rápido y eficientemente a la cercanía

general del punto óptimo usando el método de máxima pendiente en ascenso o máxima pendiente en descenso.

Una vez que se ha determinado la región del punto óptimo, puede emplearse un modelo más elaborado, como por ejemplo un gráfico de contorno de segundo grado, y hacer un análisis para localizar el óptimo el cual consiste en calcular los puntos estacionario y caracterizar la superficie de respuesta, es decir, si los puntos estacionales son mínimos, máximos o puntos de silla en un gráfico de superficie respuesta.

Tabla 8: Valores codificados y valores reales del Diseño Central Compuesto

Rotacional  $3^2$

RUN	CONCENTRACION DE QUITOSANO	CONCENTRACION DE ACIDO OLEICO	CONCENTRACION DE ACIDO CITRICO	RETENCIÓN DE β-CAROTENO (%)	PÉRDIDA DE PESO (Pt/Po)
1	1,30	1,00	1,50		
2	1,00	0,85	1,50		
3	2,00	0,60	1,14		
4	1,35	0,60	0,50		
5	2,00	0,86	1,11		
6	1,00	0,60	1,50		
7	1,37	0,85	0,50		
8	2,00	0,86	0,50		
9	1,00	1,00	1,50		
10	1,60	0,76	1,50		
11	1,59	1,00	0,91		
12	1,00	0,70	0,50		
13	1,00	0,76	0,90		
14	2,00	1,00	1,50		
15	1,00	1,00	0,50		
16	2,00	0,60	0,50		
17	1,61	0,75	0,89		

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1. CARACTERIZACIÓN DEL MELÓN (*Cucumis melo L.*)**

La caracterización de la materia prima (Melón, variedad amarillo rugoso) se hizo en base a sus características físicas y fisicoquímicas la cual presentó forma cilíndrica, firmes y uniformes. Se tomaron 10 muestras para determinar sus características físicas y fisicoquímicas, las que estuvieron libres de partículas extrañas, no presentaron picaduras, golpes, manchas u otra característica que afecte la calidad de la fruta.

##### **4.1.1. Características físicas**

Los frutos cosechados debidamente seleccionados en base a tamaño, forma, color y grado de madurez; presentaron características físicas homogéneas, demostrado mediante rangos cortos de pesos, pesos específicos y diámetros las que se muestran en la tabla 9.

Tabla 9: Características físicas de los frutos de melón

Característica	Media	Rango
Peso (g)	1684,41	1606,16 – 1759,37
Diámetro polar (cm)	15,44	14,5 – 16,1
Diámetro ecuatorial (cm)	14,08	13,6 – 14,7
Color		
L*	66,23	63,88 – 68,05
a*	20,74	19,39 – 22,44
b*	51,62	49,91 – 52,73
Fracción de pulpa (%)	78,49	76,19 – 79,47

El rango de variación de los pesos promedios fue de 1606,16 a 1759,37 g; con respecto a sus diámetros polares y ecuatoriales promedio fue de 15,44 y 14,08 cm respectivamente, con un color amarillo-anaranjado representado por valores promedio de luminosidad L\* de 66,23, el valor a\* con 20,74 y el valor de b\* de 51,62.

#### 4.1.2. Características fisicoquímicas

Con relación a las características fisicoquímicas (Tabla 10) se encontró que el contenido de sólidos solubles (10,9) y acidez titulable (0,33), indicativo de un fruto ligeramente ácido - dulce, lo cual representa su principal característica del fruto para darle valor agregado.

Tabla 10: Características fisicoquímicas de los frutos de melón

<b>Característica fisicoquímica</b>	<b>Valor</b>
Humedad (%)	82,35
Sólidos solubles (°Brix)	10,9
Acidez titulable (ácido cítrico) (%)	0,33
Índice de madurez	33,03
pH	6,44

El índice de madurez de 33,03 es considerado como oportuno para definir el momento de la cosecha, por coincidir con el aroma, sabor y color típico del producto (Potter y Hotchkiss, 1999)..

Por otro lado, el valor de pH (6,44) le hace característico a esta fruta, precisando que corresponde a su grado de madurez respectivo.

De acuerdo a las cualidades fisicoquímicas y al promedio de la fracción de la pulpa (parte comestible) de 78,49% (Tabla 9), el fruto se consideró ideal para la obtención de pulpa a nivel agroindustrial. Estas características determinaron la calidad global del melón, variedad amarillo rugoso (Potter y Hotchkiss, 1999)..

Debido a que estas frutas son ricas en agua y carbohidratos y por tener valores bajos de pH es muy común su contaminación por mohos y levaduras los cuáles son capaces de desdoblar los azúcares formando alcohol y CO<sub>2</sub> durante la fermentación (Potter y Hotchkiss, 1999).

## **4.2. EVALUACIÓN DEL MELÓN MINIMAMENTE PROCESADO RECUBIERTAS CON PELICULAS DE QUITOSANO**

Según las condiciones especificadas se obtuvieron los 17 experimentos en la matriz del diseño D-optimal para cada variable independiente se tuvo los siguientes resultados en función de retención de betacaroteno, pérdida de peso y color ( $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ ). Los experimentos se realizaron aleatoriamente para prevenir tendencias sistemáticas por variables no controladas.

### **4.2.1. Efecto del quitosano, ácido oleico y ácido cítrico sobre la retención de betacaroteno.**

Los valores cuantitativos obtenidos de la retención de  $\beta$ -caroteno fueron reportados mediante un modelo empírico como se muestra en la tabla 11, y mediante un modelo matemático se realizaron gráficos de interacción y contorno de respuesta. Donde las variables independientes fueron; concentración de quitosano, ácido oleico y ácido cítrico, cuya variable respuesta fue la retención de  $\beta$ -caroteno (Anexo 3).

Tabla 11: Resultados de la retención de  $\beta$ -caroteno en melones mínimamente procesados recubiertas con películas de quitosano según el diseño D-óptimo, en el día 10.

RUN	CONCENTRACION DE QUITOSANO	CONCENTRACION DE ACIDO OLEICO	CONCENTRACION DE ACIDO CITRICO	RETENCIÓN DE $\beta$ -CAROTENO (%) DIA 10
1	1,30	1,00	1,50	84,72
2	1,00	0,85	1,50	89,83
3	2,00	0,60	1,14	82,44
4	1,35	0,60	0,50	78,91
5	2,00	0,86	1,11	78,34
6	1,00	0,60	1,50	91,22
7	1,37	0,85	0,50	73,56
8	2,00	0,86	0,50	63,48
9	1,00	1,00	1,50	84,87
10	1,60	0,76	1,50	79,67
11	1,59	1,00	0,91	73,28
12	1,00	0,70	0,50	79,27
13	1,00	0,76	0,90	86,19
14	2,00	1,00	1,50	88,41
15	1,00	1,00	0,50	72,64
16	2,00	0,60	0,50	67,80
17	1,61	0,75	0,89	73,36

Estos resultados se analizaron mediante el análisis de la varianza (ANVA) para el plan experimental usado. La ecuación de regresión obtenida después del análisis de la varianza da los niveles de conservación de  $\beta$ -caroteno en

melones mínimamente procesados como una función de las diferentes variables en estudio, se muestran a continuación:

➤ **Análisis de varianza de la respuesta: retención de  $\beta$ -caroteno**

En la tabla 12, se muestra el análisis de la varianza (ANVA) para la respuesta: retención de  $\beta$ -caroteno de melones mínimamente procesados en el día 10 ( $\beta_{10}$ ), indicando que la fuente de variabilidad “modelo” se ha subdividido en varios componentes. Los componentes “A”, “A<sup>2</sup>”, “B”, “B<sup>2</sup>”, “C”, “C<sup>2</sup>”, representan los efectos lineales y/o cuadráticos de la concentración de quitosano, ácido oleico y ácido cítrico; los cuales son factores cuantitativos con 2 niveles cada uno. Los términos AB, AC y BC son las interacciones lineales del factor concentración de quitosano con la concentración de ácido oleico; concentración de quitosano con la concentración del ácido cítrico y la concentración del ácido oleico con el ácido cítrico respectivamente.

Se observa que la significancia de cada efecto fue determinado usando el valor p-valor ( $P < 0,05$ ), donde el valor p \_ valor más pequeño indica la alta significancia del coeficiente, para este caso los valores p indican que todos los términos A, B, C, AB, BC, AC, A<sup>2</sup>, B<sup>2</sup>, C<sup>2</sup>; son significativos, los cuales tienen un efecto notable sobre la retención de  $\beta$ -caroteno.



Tabla 12: Análisis de la varianza para la respuesta de conservación de  $\beta$ -caroteno en el día 10

Variable	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	Valor F	Valor P	Signif.
<b>Modelo</b>	1049,02	9	116,56	17,82	0,0002	Si
<b>A: Quitosano</b>	150,25	1	150,25	22,97	0,0014	Si
<b>B: Acido Oleico</b>	56,27	1	56,27	8,60	0,0189	Si
<b>C: Acido Citrico</b>	413,51	1	413,51	63,22	0,0001	Si
<b>AB</b>	39,16	1	39,16	5,99	0,0401	Si
<b>AC</b>	78,34	1	78,34	11,98	0,0086	Si
<b>BC</b>	27,80	1	27,80	4,25	0,0732	No
<b>A<sup>2</sup></b>	28,48	1	28,48	4,35	0,0704	No
<b>B<sup>2</sup></b>	14,60	1	14,60	2,23	0,1735	No
<b>C<sup>2</sup></b>	9,63	1	9,63	1,47	0,2596	No
<b>Residual</b>	52,33	8	6,54			
<b>R<sup>2</sup> = 0,9608</b>						

El ajuste del modelo fue expresado por el coeficiente de regresión  $R^2$  el cuál fue de 0,9608. El estadístico  $R^2$  indica que el 96,08% de la variabilidad en la respuesta puede ser explicada por el modelo. El valor también indica que sólo el 3,92% de la variación total no se explica por el modelo. La siguiente sección del programa también incluye los coeficientes de regresión de cada término y el error estándar del modelo como se podrá apreciar en la tabla 13 y un modelo conveniente para describir la respuesta del experimento que indica el porcentaje de retención de  $\beta$ -caroteno.

Tabla 13: Coeficiente de regresión para el modelo matemático empírico ajustado para el día 10

<b>Factor</b>	<b>Coeficiente de estimacion</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Error Estandar</b>
<b>Intercepto</b>	76,71	1	1,58
<b>A: [ ] Quitosano</b>	-3,75	1	0,79
<b>B: [ ] Acido Oleico</b>	-2,52	1	0,83
<b>C: [ ] Acido Citrico</b>	6,88	1	0,82
<b>AB</b>	2,39	1	0,98
<b>AC</b>	3,20	1	0,95
<b>BC</b>	1,96	1	0,94
<b>A<sup>2</sup></b>	3,18	1	1,56
<b>B<sup>2</sup></b>	2,36	1	1,61
<b>C<sup>2</sup></b>	-1,97	1	1,65

Los gráficos de interacción y de contorno ayudan a evaluar el efecto de las variables significativas en combinación con el porcentaje de la tasa de conservación de  $\beta$ -Caroteno. Así pues, se obtiene los efectos concentración de quitosano-concentración de ácido oleico; concentración de quitosano–concentración de ácido cítrico; concentración de ácido oleico–concentración de ácido cítrico; sobre la respuesta. A continuación, se representa las de interacciones y las gráficas de contorno correspondientes a la variable respuesta, en función de las tres variables independientes. Dichas graficas se muestran a continuación.

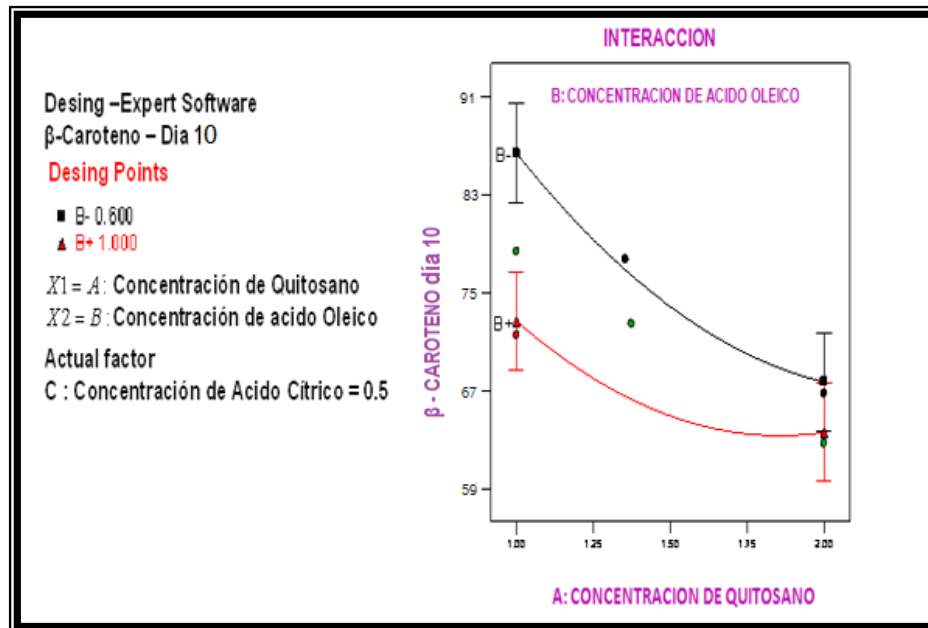


Figura 19: Interacción de los factores quitosano – ácido oleico; ácido cítrico = 0,5% sobre la respuesta retención de β-caroteno.

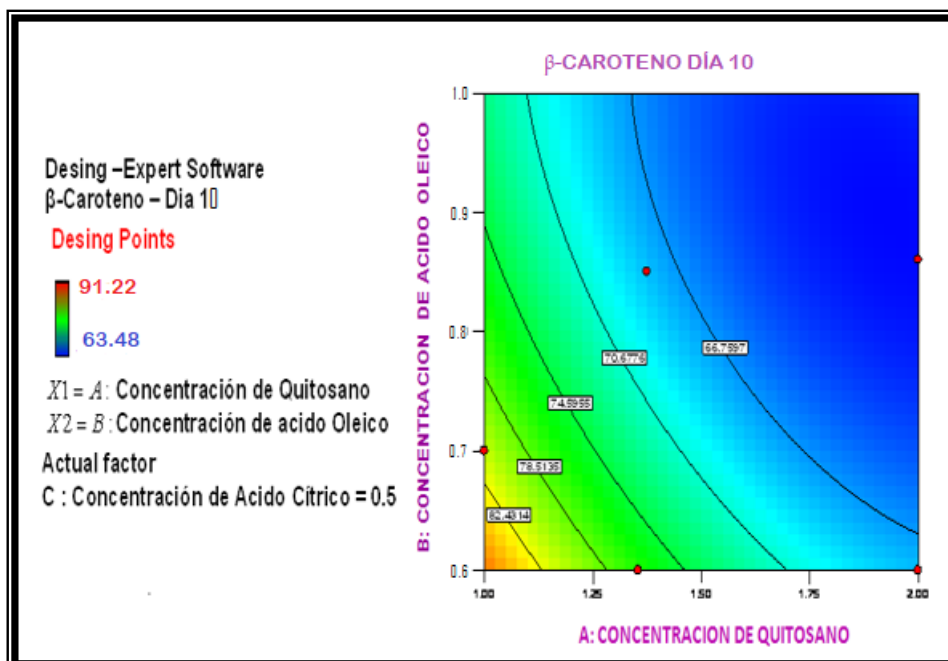


Figura 20: Contorno de los factores quitosano – ácido oleico; ácido cítrico = 0,5% sobre la respuesta retención de β-caroteno.

En las figura 19 y 20, se muestran la Interacción y curvas de contorno de los factores concentración de quitosano – concentración de ácido oleico sobre la respuesta retención de  $\beta$ -caroteno, (como factor actual la concentración de ácido cítrico de 0,5%), estos gráficos nos muestran que cuando se experimentó en sus niveles de concentración de ácido oleico de 0,6% a 1,0%; concentración de quitosano de 1,0% el porcentaje de retención de  $\beta$ -caroteno fue de 87,49% a 74,58%, Esto quiere decir que hay un considerable descenso de la conservación de  $\beta$ -caroteno. En la figura 20 a concentración de quitosano de 2,00% el porcentaje de retención de  $\beta$ -caroteno para la concentración de ácido cítrico de 0,5% fue de 68,65% a 64,53%. Se puede precisar que hay una disminución de la retención de  $\beta$ -caroteno, debido a que en altas concentraciones de quitosano no diluye bien la película (formación de grumos), por lo tanto, dicha formación de esta solución no es homogénea perdiendo así la calidad del producto mínimamente procesado.

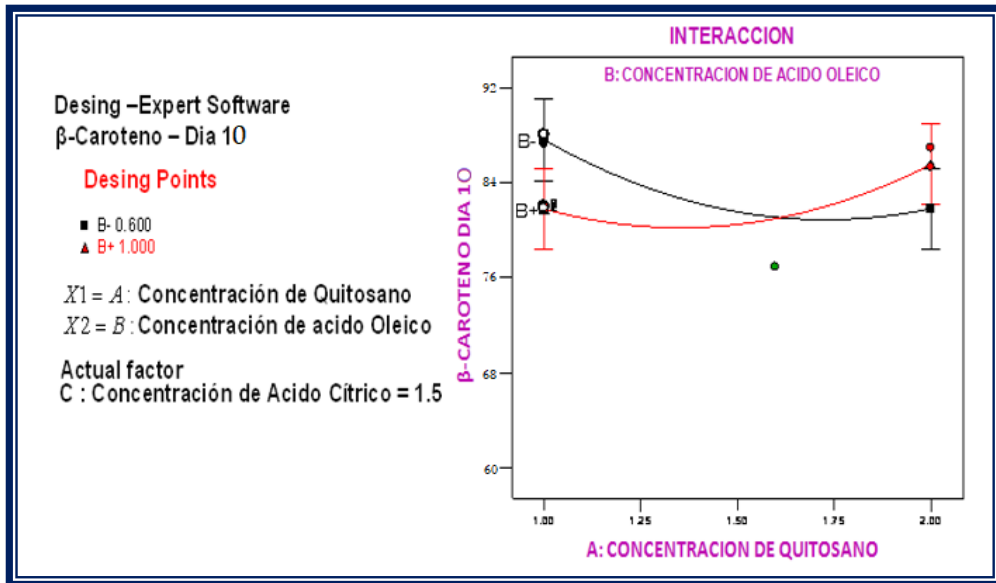


Figura 21: Interacción de los factores quitosano – ácido oleico; ácido cítrico = 1,5% sobre la respuesta retención de β-caroteno.

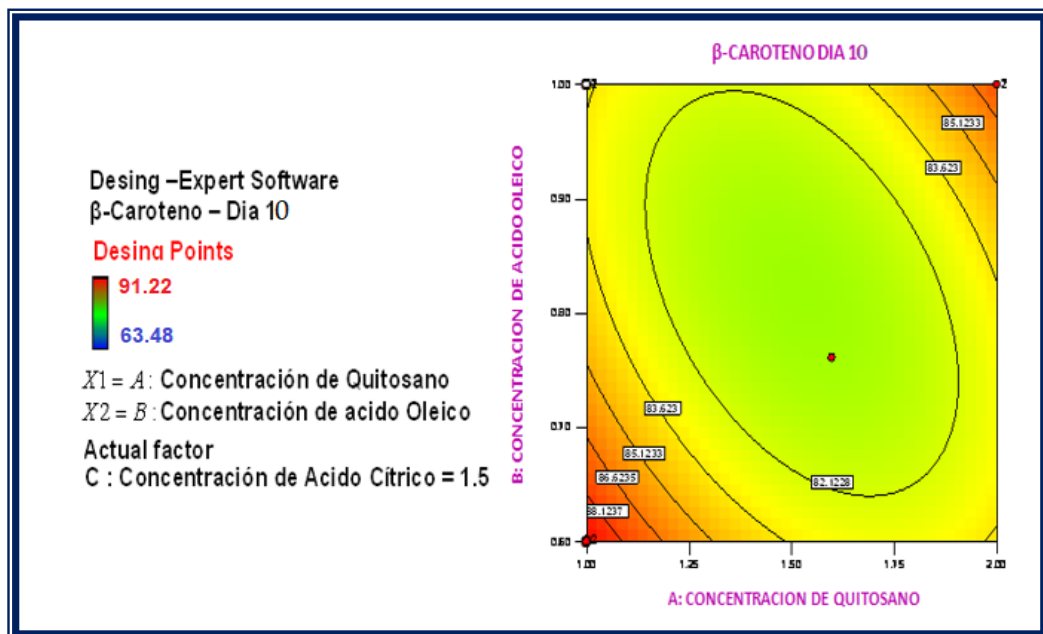


Figura 22: Contorno de los factores quitosano – ácido oleico; ácido cítrico = 1,5% sobre la respuesta retención de β-caroteno.

En las figuras 21 y 22 se muestra la interacción y curvas de contorno de los factores concentración de quitosano – concentración de ácido oleico sobre la retención de  $\beta$ -caroteno, (como actual factor la concentración de ácido cítrico de 1.5%), dichas figuras muestran que cuando se evaluó en sus niveles de concentración de ácido oleico de 0,6% a 1,0% a concentración de quitosano de 1,00% el porcentaje de la tasa de conservación de  $\beta$ -caroteno fue de 90,46% a 85,81% respectivamente, Esto quiere decir que hay un pequeño descenso de la conservación de  $\beta$ -caroteno para la figura 21, mientras que en la región alta del grafico de interacciones a las concentraciones de ácido oleico de 0,6% a 1,0% a concentración de quitosano de 2,00% el porcentaje de retención de  $\beta$ -caroteno fue de 84,76% a 88,49% en el cual hay un aumento de la retención de  $\beta$ -caroteno.

Se observó un considerable aumento de la retención de  $\beta$ -caroteno para la concentración de ácido cítrico de 1,5% dentro de los resultados obtenidos con la concentración de quitosano de 1,00% por lo tanto podemos precisar que de acuerdo al rango, a concentraciones bajas de quitosano y ácido oleico, con concentración alta de ácido cítrico existe una buena retención de  $\beta$ -caroteno esto se debe a que el quitosano es un antimicrobiano en el cual inhibe el desarrollo de los microorganismos junto con el ácido cítrico que actúa como antioxidante, retardando las reacciones bioquímicas y así de esta manera conservar el producto y no alterar sus propiedades fisicoquímicas.

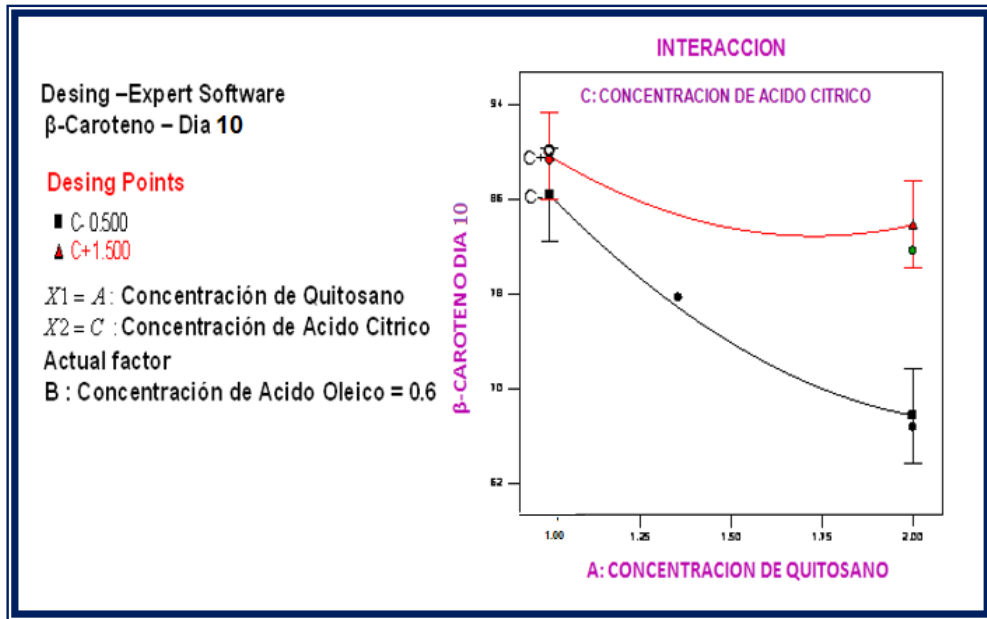


Figura 23: Interacción de los factores quitosano – ácido cítrico; ácido oleico = 0,6% sobre la respuesta retención de β-caroteno.

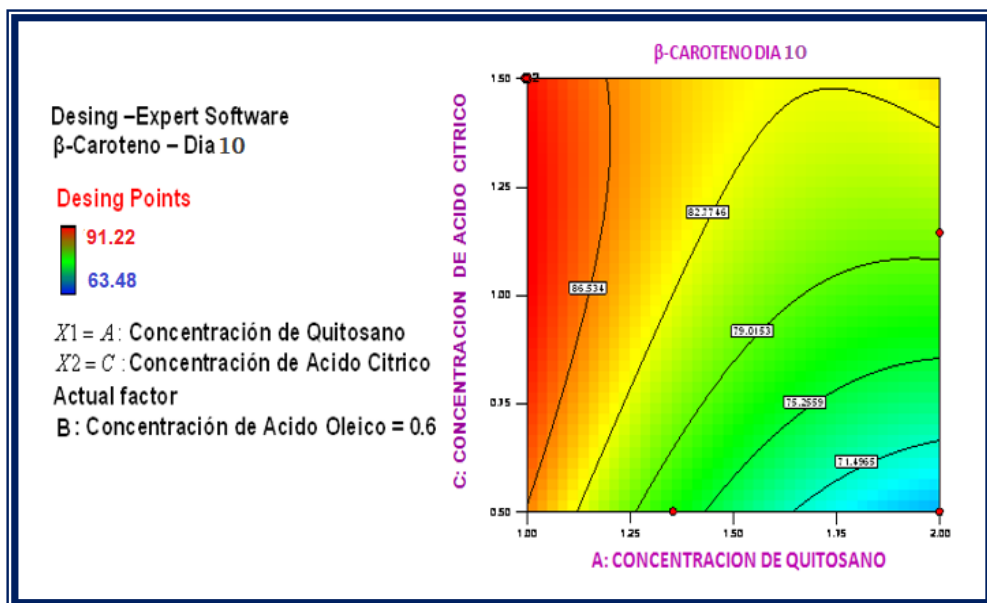


Figura 24: Contorno de los factores quitosano – ácido cítrico; ácido oleico = 0,6% sobre la respuesta retención de β-caroteno.

En las figuras 23 y 24, se muestra las interacciones y curvas de contorno de los factores concentración de quitosano – concentración de ácido cítrico sobre la respuesta conservación de  $\beta$ -caroteno (como actual factor la concentración de ácido oleico de 0,6%) esta figura nos muestra que a concentración de quitosano de 1,00% la retención de  $\beta$ -caroteno fue de 87,42% y 90,86% (concentración ácido cítrico 0,5% y 1,5%), en la región alta del grafico de interacción podemos observar que para intervalos de concentraciones de quitosano de 2,00% para la concentración de ácido cítrico 0,5% y 1,5%, la retención de  $\beta$ -caroteno fue de 68,91% y 85,03% respectivamente observándose un descenso de la conservación de  $\beta$ -caroteno con respecto a la concentración de quitosano de 1,00% para la figura 23, ya que estos productos al ser cortados tienen un metabolismo muy activo. Las concentraciones altas de los parámetros del ácido cítrico en la formación de la película ayudan a retardar las reacciones bioquímicas en el melón mínimamente procesado.



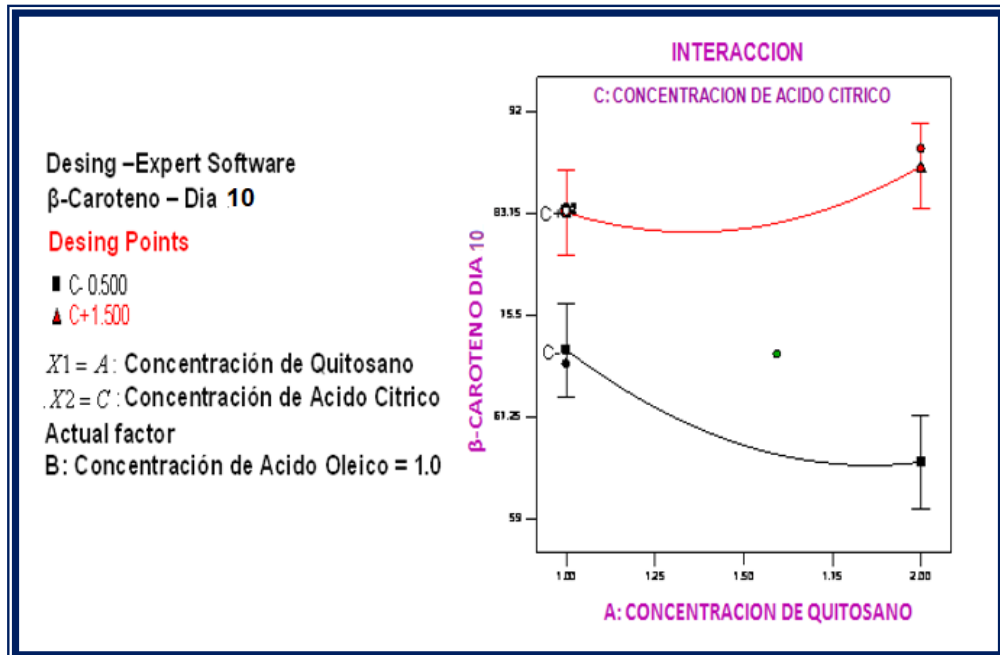


Figura 25: Interacción de los factores quitosano – ácido cítrico; ácido oleico = 1,0% sobre la respuesta retención de β-caroteno.

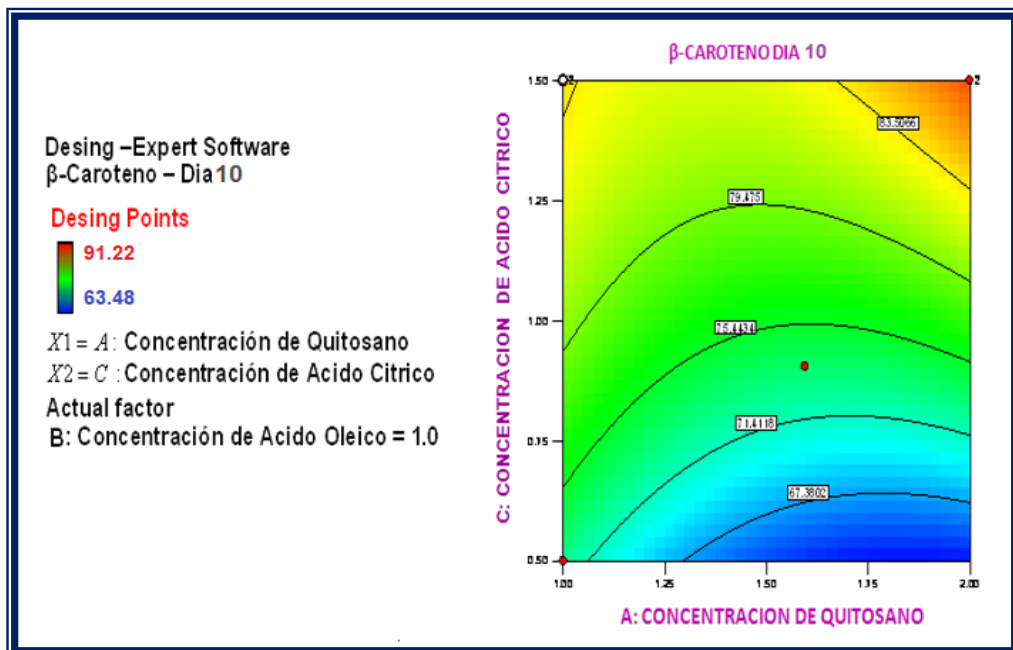


Figura 26: Contorno de los factores quitosano – ácido cítrico; ácido oleico = 1,0% sobre la respuesta retención de β-caroteno.

En las figuras 25 y 26, se presenta las interacciones y curvas de contorno de los factores concentración de quitosano – concentración de ácido cítrico sobre la respuesta retención de  $\beta$ -caroteno (como actual factor la concentración de ácido oleico de 1,0%), estas figuras muestran que a concentración de quitosano de 1,00% la retención de  $\beta$ -caroteno fue de 73,62% y 84,85% (ácido cítrico al 0,5% y 1,5%), en la región alta del grafico de interacción se observa que para intervalos de quitosano al 2,00% para ácido cítrico al 0,5% y 1,5%, la retención de  $\beta$ -caroteno fue de 64,71% y 87,98% respectivamente observándose un ligero aumento de la retención de  $\beta$ -caroteno en el caso del porcentaje de ácido cítrico, y un descenso de la retención de  $\beta$ -caroteno ambos con respecto al quitosano al 1,00%.

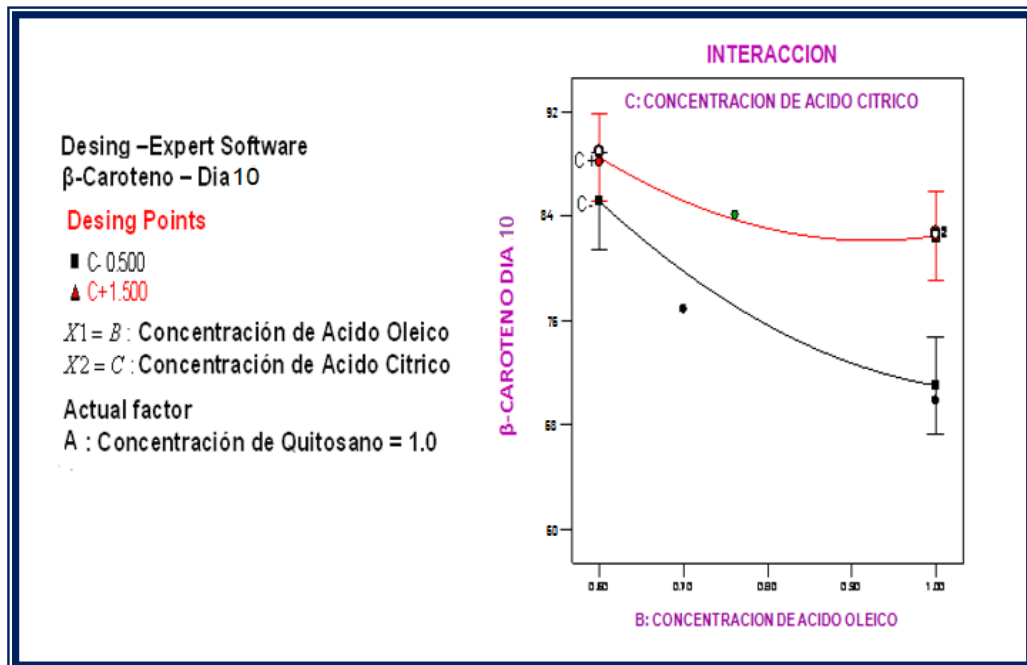


Figura 27: Interacción de los factores ácido oleico – ácido cítrico; quitosano = 1,0% sobre la respuesta retención de  $\beta$ -caroteno.

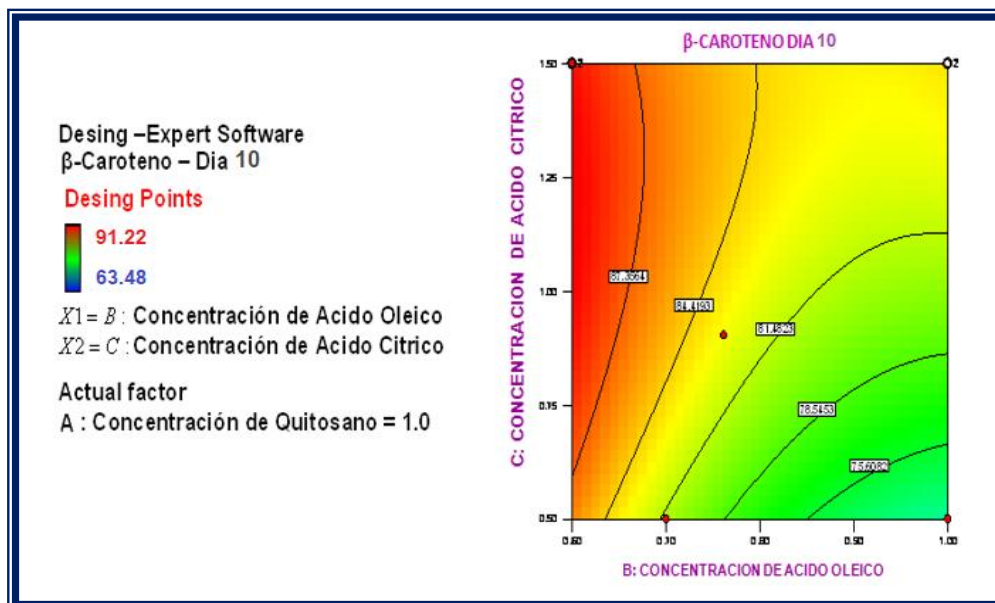


Figura 28: Contorno de los factores ácido oleico – ácido cítrico; quitosano = 1,0% sobre la respuesta retención de  $\beta$ -caroteno.

En las figuras 27 y 28 se muestra la interacción y curvas de contorno de los factores ácido oleico y ácido cítrico sobre la retención de  $\beta$ -caroteno (como actual factor la concentración de quitosano de 1,00%) estas figuras muestran que la retención de  $\beta$ -caroteno con ácido oleico al 0,6% fue de 87,46% y 90,05% (ácido cítrico 0,5% y 1,5% respectivamente), se observa un aumento en el porcentaje de retención de  $\beta$ -caroteno en el cual el quitosano con el ácido cítrico actúa como antioxidante y donde ambos retardan las reacciones bioquímicas evitando así el proliferación de microorganismos y el deterioro del producto, podemos observar la figura 27 con ácido oleico de 1,0% para ácido cítrico 0,5% y 1,5% se observa descenso de la retención de  $\beta$ -caroteno cuyo valor fue de 73,59% y 84,66% respectivamente. Artes et al., (1998) hace mención que la oxidación enzimática es uno de los factores más negativos que contribuyen a degradar los carotenoides.

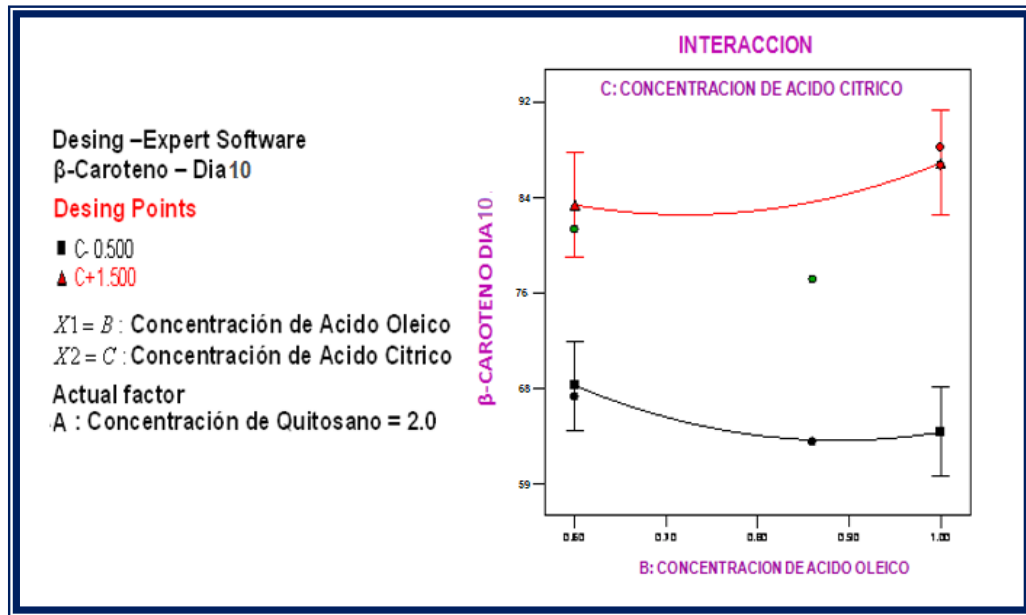


Figura 29: Interacción de los factores ácido oleico – ácido cítrico; quitosano = 2,0% sobre la respuesta retención de β-caroteno.

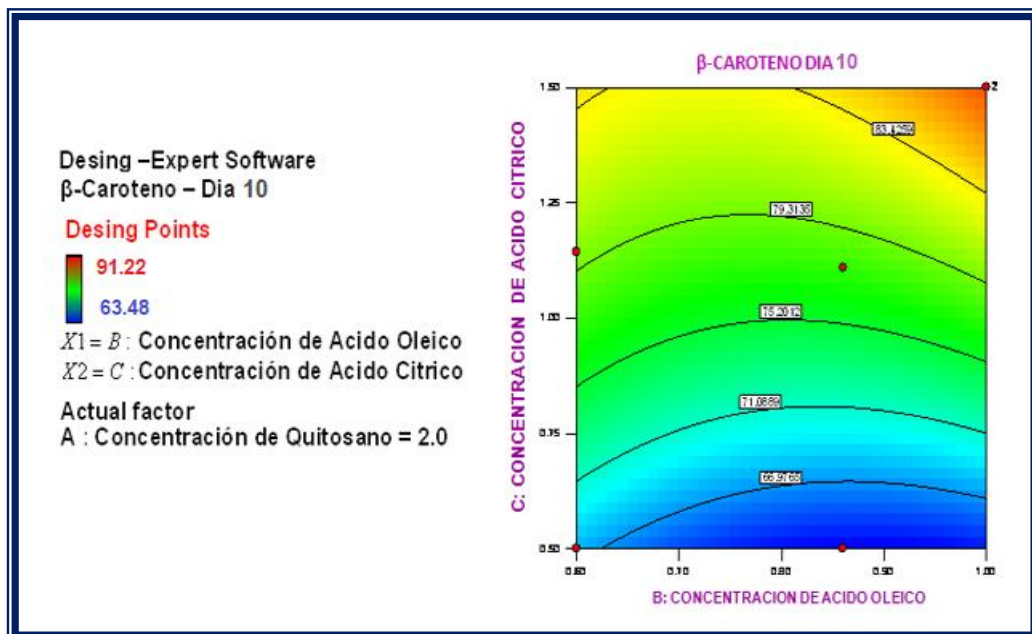


Figura 30: Interacción de los factores ácido oleico – ácido cítrico; quitosano = 2,0% sobre la respuesta retención de β-caroteno.

En las figuras 29 y 30 se muestran la interacción y curvas de contorno de los factores ácido oleico y ácido cítrico sobre la retención de  $\beta$ -caroteno (como actual factor la concentración de quitosano de 2,00%) estas figuras nos muestran que la retención de  $\beta$ -caroteno a una concentración de ácido oleico de 0,6% fue de 68,83% y 84,57% (ácido cítrico 0,5% y 1,5% respectivamente), se observa un incremento en el porcentaje de retención de  $\beta$ -caroteno; observando la figura 30 con ácido oleico al 1,0% y ácido cítrico 0,5% y 1,5% se observa un aumento de la retención de  $\beta$ -caroteno que fue de 64,7% y 88,49% respectivamente, en el cual el quitosano con el ácido cítrico que actúa como antioxidante y donde ambos retardan las reacciones bioquímicas evitando así la proliferación microbiana y el deterioro del melón mínimamente procesado.

#### **4.2.2. Efecto del quitosano, ácido oleico y ácido cítrico sobre la pérdida de peso**

Los valores cuantitativos obtenidos de la pérdida de peso fueron reportados mediante un modelo empírico como se muestra en la tabla 14, y mediante un modelo matemático se realizaron gráficos de interacción y contorno de respuesta. Donde las variables independientes fueron; concentración de quitosano, ácido oleico y ácido cítrico, cuya variable respuesta fue la retención de  $\beta$ -caroteno (Anexo 3).

Tabla 14: Resultados de la pérdida de peso en melones mínimamente procesados recubiertas con películas de quitosano según el diseño D-óptimo, en el día 10.

RUN	CONCENTRACION DE QUITOSANO	CONCENTRACION DE ACIDO OLEICO	CONCENTRACION DE ACIDO CITRICO	PÉRDIDA DE PESO (%) DIA 10
1	1,30	1,00	1,50	92,04
2	1,00	0,85	1,50	96,42
3	2,00	0,60	1,14	93,64
4	1,35	0,60	0,50	96,01
5	2,00	0,86	1,11	93,36
6	1,00	0,60	1,50	97,05
7	1,37	0,85	0,50	94,03
8	2,00	0,86	0,50	91,19
9	1,00	1,00	1,50	93,21
10	1,60	0,76	1,50	95,73
11	1,59	1,00	0,91	94,94
12	1,00	0,70	0,50	94,78
13	1,00	0,76	0,90	94,81
14	2,00	1,00	1,50	93,16
15	1,00	1,00	0,50	95,33
16	2,00	0,60	0,50	92,41
17	1,61	0,75	0,89	93,94

Los resultados se analizaron usando el análisis de la varianza (ANVA) para los ensayos experimentales planteados. Los coeficientes de regresión

obtenidos después del análisis de la varianza, muestra los niveles de la pérdida de peso en melones mínimamente procesados como una función de las diferentes variables: concentración de quitosano, ácido oleico y ácido cítrico, estos valores se muestran en la tabla 16.

En la tabla 15, se muestra el análisis de la varianza (ANVA) para la respuesta pérdida de peso. La significancia de cada efecto fue determinada usando el P- valor ( $P < 0,05$ ), donde el p- valor más pequeño indica alta significancia del coeficiente. Para nuestro caso, dos de los efectos tienen los p- valores inferiores a 0,05. Estos efectos, son: la concentración de ácido oleico y la concentración de quitosano; que tienen un efecto notable en la respuesta de pérdida de peso. Puede observarse que las variables no significativas fueron la concentración de ácido cítrico, cuyo efecto es negativo, comprobándose la sensibilidad de la razón de pérdida frente a esta variable.

Tabla 15: Análisis de la varianza para la respuesta de pérdida de peso de melones mínimamente procesado en el día 10

<b>Variable</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Grados de Libertad</b>	<b>Cuadrados Medios</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor P</b>	<b>Signif .</b>
<b>Modelo</b>	3.821E-003	9	4.245E-004	14.20	0.0005	Si
<b>A: Quitosano</b>	6.715E-004	1	6.715E-004	22.46	0.0015	Si
<b>B: Acido Oleico</b>	5.029E-004	1	5.029E-004	16.82	0.0034	Si
<b>C: Acido Citrico</b>	1.095E-004	1	1.095E-004	3.66	0.0920	No
<b>AB</b>	1.810E-004	1	1.810E-004	6.06	0.0393	Si
<b>AC</b>	5.068E-004	1	5.068E-004	16.95	0.0034	Si
<b>BC</b>	4.112E-004	1	4.112E-004	13.76	0.0060	Si
<b>A<sup>2</sup></b>	4.674E-004	1	4.674E-004	15.64	0.0042	Si
<b>B<sup>2</sup></b>	3.618E-004	1	3.618E-004	12.10	0.0083	Si
<b>C<sup>2</sup></b>	8.301E-004	1	8.301E-004	0.28	0.6125	No
<b>Residual</b>	2.392E-004	8	2.989E-005			
<b>R<sup>2</sup> = 0.9523</b>						

Nivel de significancia 95%; p significancia (0.05)



Tabla 16: Coeficiente de regresión para el modelo matemático empírico ajustado para el día 10

<b>Factor</b>	<b>Coeficiente de estimación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Error Estandar</b>
<b>Intercepto</b>	0,96	1	3.441E-003
<b>A:Concentracion Quitosano</b>	-7.921E-003	1	1.658E-003
<b>B-Concentracion Acido Oleico</b>	-7.532E-003	1	1.815E-003
<b>C-Concentracion Acido Cítrico</b>	3.499E-003	1	1.829E-003
<b>AB</b>	5.134E-003	1	2.086E-003
<b>AC</b>	8.144E-003	1	1.978E-003
<b>BC</b>	-7.544E-003	1	2.034E-003
<b>A<sup>2</sup></b>	-0.013	1	3.255E-003
<b>B<sup>2</sup></b>	0.012	1	3.374E-003
<b>C<sup>2</sup></b>	1.826E-003	1	3.465E-003

Analizando los efectos de cada variable se encuentra que las variables que tienen un efecto positivo sobre la respuesta de pérdida de peso son la concentración de quitosano, concentración de ácido oleico; la interacción concentración de quitosano con ácido oleico, concentración de quitosano con ácido cítrico, el efecto cuadrático de la concentración de quitosano y el efecto cuadrático de la concentración de ácido oleico. El resto de las variables tienen un efecto negativo sobre la pérdida de peso.

El ajuste del modelo fue validado por el coeficiente de regresión  $R^2$  el cuál fue de 0.9523, indicando que el 95,23% de la variabilidad en la respuesta puede ser explicada por el modelo. El valor también indica que sólo el 4,77% de la variación total no se explica por el modelo. Un valor alto de coeficiente

de correlación ( $R = 0,9523$ ), justifica una correlación buena entre las variables independientes.

En los gráficos de interacción y superficie de contorno ayudan a evaluar el efecto de cualquiera de las dos variables en combinación con la pérdida de peso, así pues, se obtienen los efectos concentración de quitosano-concentración de ácido oleico, concentración de quitosano-concentración de ácido cítrico, concentración de ácido oleico-concentración de ácido cítrico sobre la respuesta. A continuación, se muestran las figuras respectivas.

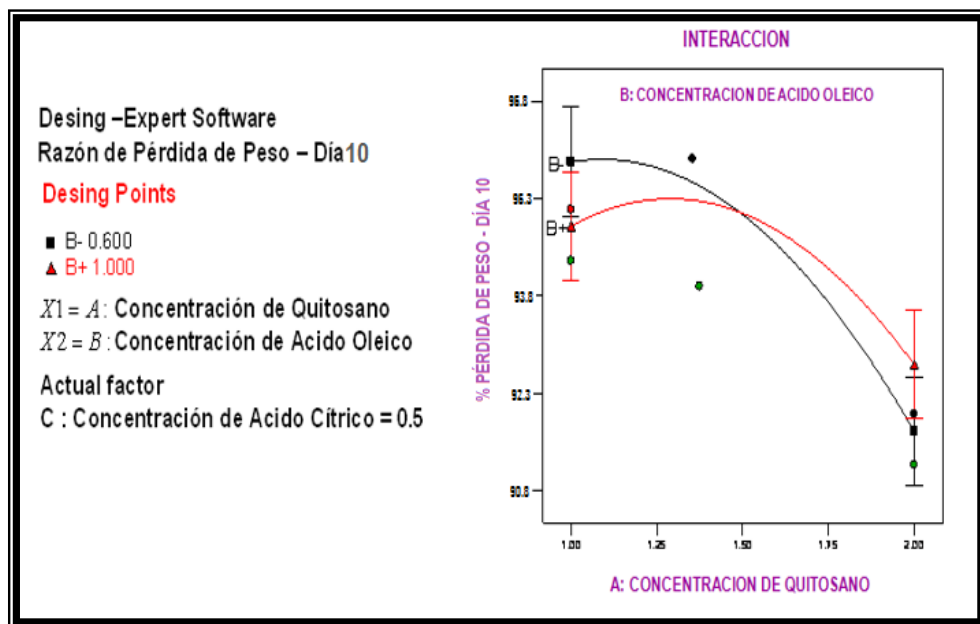


Figura 31: Interacción de los factores quitosano - ácido oleico; ácido cítrico = 0,5% sobre la respuesta pérdida de peso

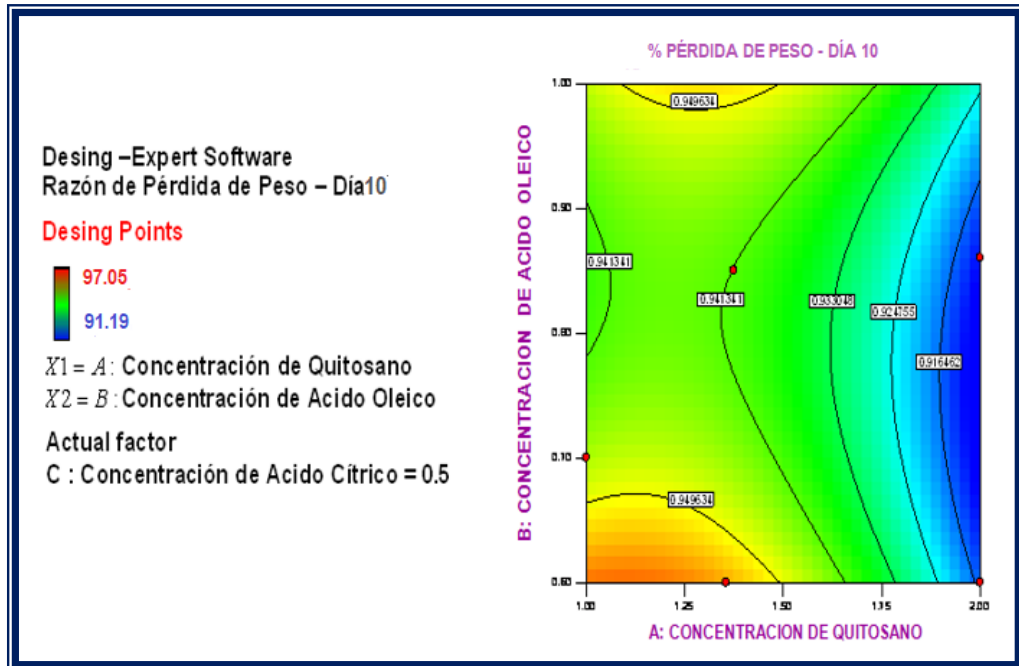


Figura 32: Contorno de los factores quitosano - ácido oleico; ácido cítrico = 0,5% sobre la respuesta pérdida de peso

En las figuras 31 y 32, se muestran la interacción y curvas de contorno de los factores concentración de quitosano – concentración de ácido oleico sobre la respuesta porcentaje de pérdida de peso, (como actual factor la concentración de ácido cítrico de 0,5%), estas figuras muestran que cuando se ensayó en sus niveles de concentración de ácido oleico de 0,6% a 1,0% a concentración de quitosano de 1,00%, el porcentaje de pérdida de peso fue de 96,17 a 95,26%, Esto quiere decir que no hay un considerable porcentaje de pérdida de peso y a concentración de quitosano de 2,00%; la de pérdida de peso fue de 92,05% a 93,21%.

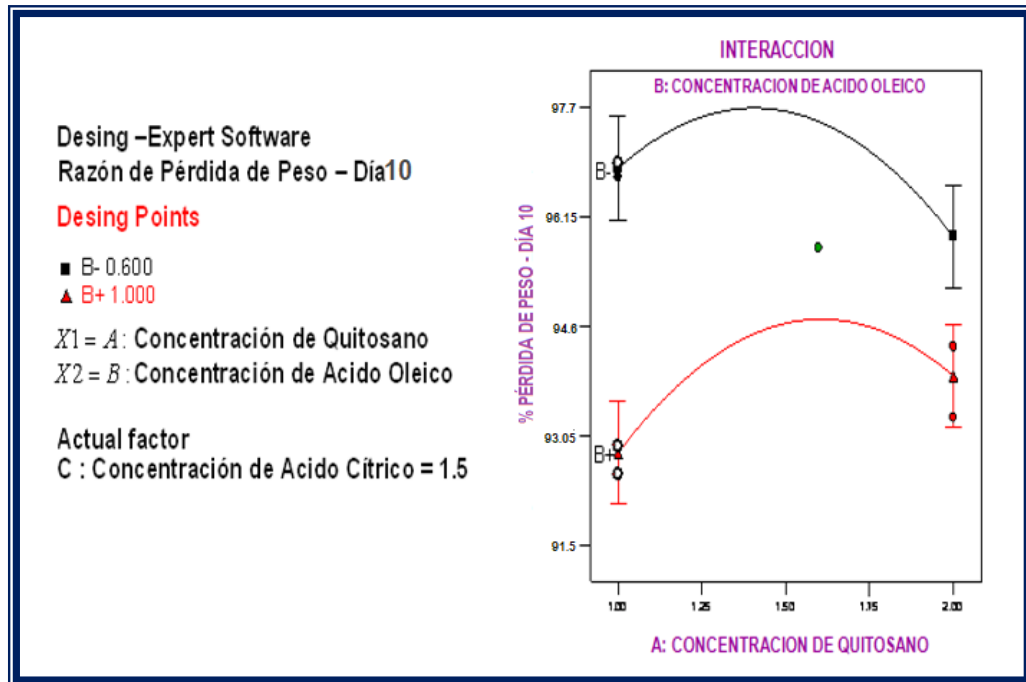


Figura 33: Interacción de los factores quitosano - ácido oleico; ácido cítrico = 1,5% sobre la respuesta pérdida de peso

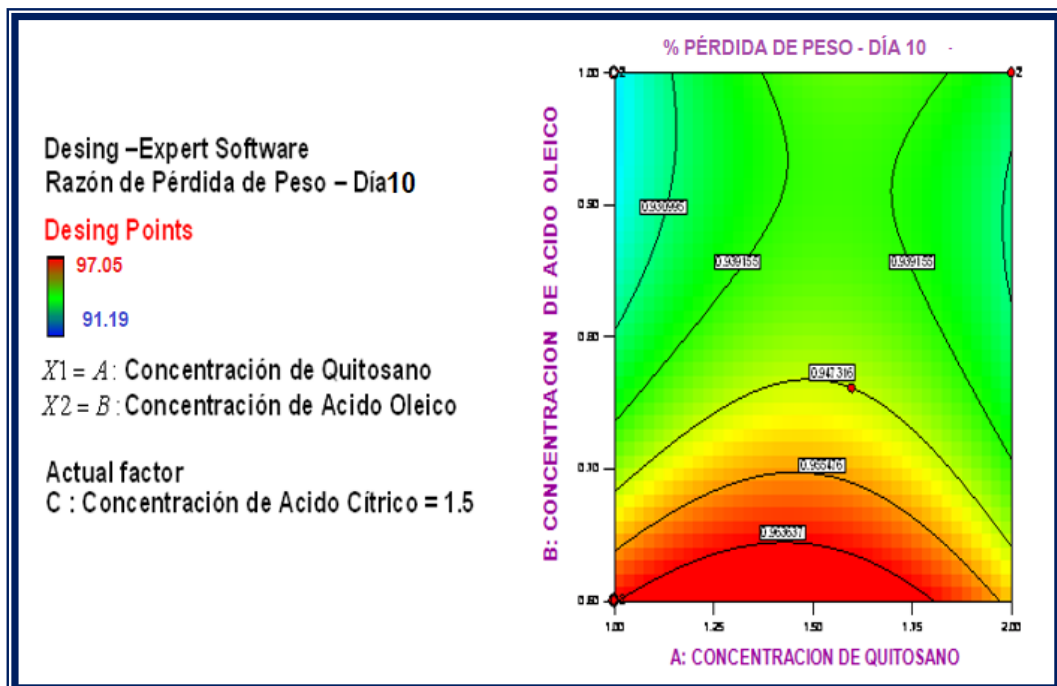


Figura 34: Contorno de los factores quitosano - ácido oleico; ácido cítrico = 1,5% sobre la respuesta pérdida de peso

En la figuras 33 y 34 se presentan la interacción y curvas de contorno de los factores concentración de quitosano – concentración de ácido oleico sobre la respuesta pérdida de peso, (Como actual factor la concentración de ácido cítrico de 1,5%), estos muestran que al experimentar en sus niveles de concentración de ácido oleico de 0,6% a 1,0% a concentración de quitosano de 1,0%, la pérdida de peso fue de 96,87 a 93,02%, Esto implica que la pérdida de peso va en aumento; a concentración de quitosano de 2,0% la pérdida de peso fue de 96,51 a 94,24%. Por lo tanto, a mayor concentración de ácido oleico en la formación del recubrimiento, la variable pérdida de peso será mayor en el melón mínimamente procesado.

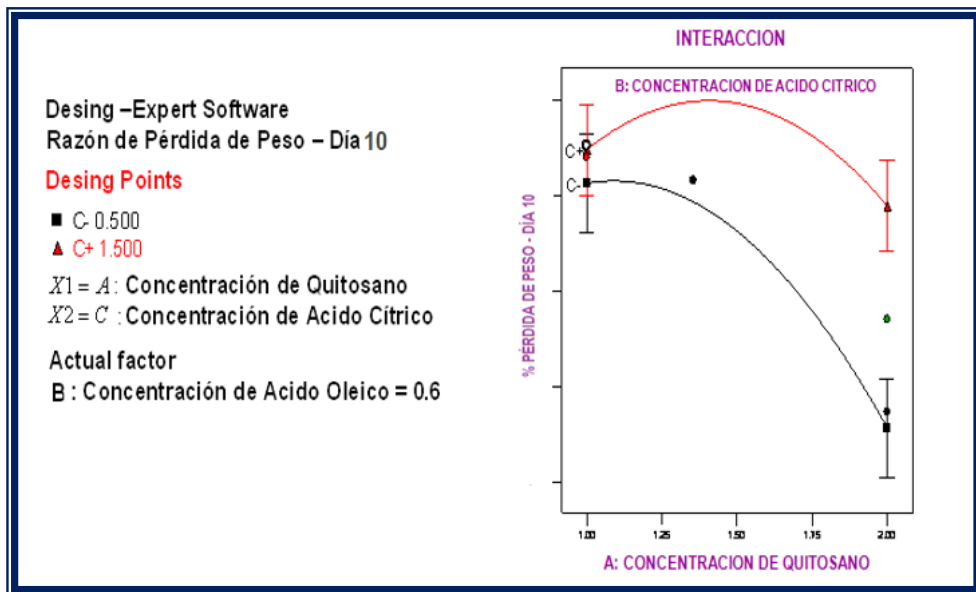


Figura 35: Interacción de los factores quitosano - ácido cítrico; ácido oleico = 0,6% sobre la respuesta pérdida de peso

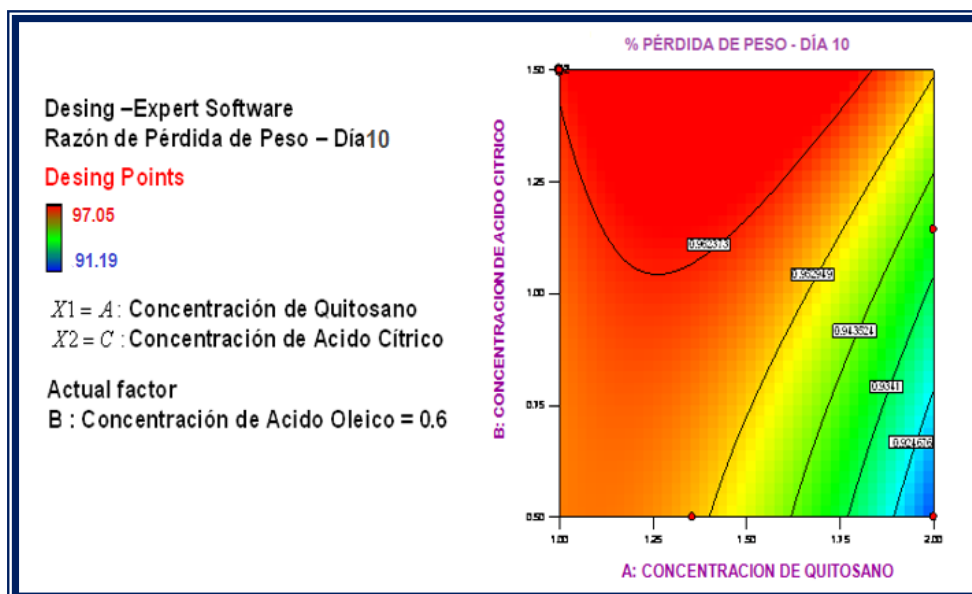


Figura 36: Contorno de los factores quitosano - ácido oleico; ácido cítrico = 1,5% sobre la respuesta pérdida de peso

En las figuras 35 y 36, se muestra la interacción y curvas de contorno de los factores concentración de quitosano – concentración de ácido cítrico sobre la respuesta razón de pérdida de peso (como actual factor la concentración de ácido oleico de 0,6%) en ellas se muestran que a concentración de quitosano de 1,00% la pérdida de peso fue de 96,48 a 96,93% (concentración ácido cítrico 0,5% y 1,5%), en la región alta del grafico de interacción podemos observar que para intervalos de concentraciones de quitosano de 2,00% para la concentración de ácido cítrico 0,5% y 1,5%, la pérdida de peso fue de 92,39 a 95,87%, respectivamente observándose un aumento de la pérdida de peso con respecto a la concentración de quitosano de 1,00%y 2,00%, ya que estos productos frescos al ser dañados mecánicamente tienen un metabolismo muy activo. Las concentraciones altas del parámetro ácido cítrico en la formación del recubrimiento ayudan a

retardar las reacciones bioquímicas en el melón mínimamente procesado, alargando así su vida útil.

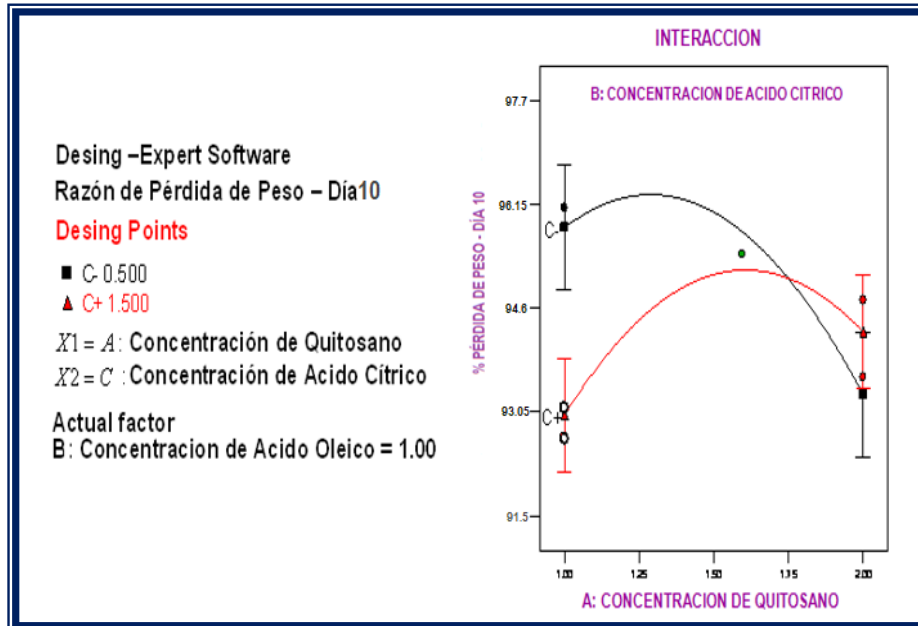


Figura 37: Interacción de los factores quitosano - ácido cítrico; ácido oleico = 1,0% sobre la respuesta pérdida de peso

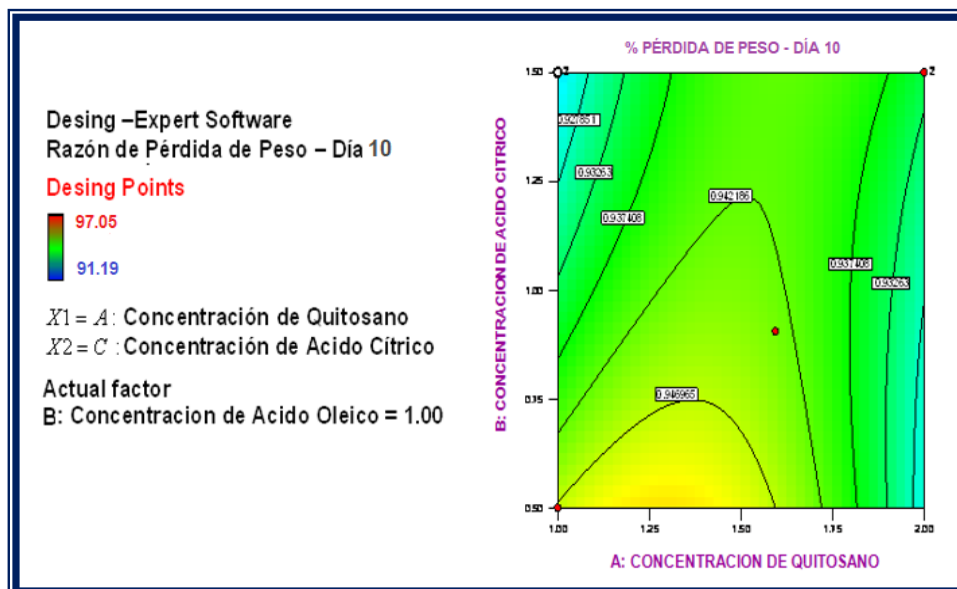


Figura 38: Contorno de los factores quitosano - ácido oleico; ácido cítrico = 1,5% sobre la respuesta pérdida de peso

En las figuras 37 y 38, se muestran la interacción y curvas de contorno respectivamente, de los factores concentración de quitosano – concentración de ácido cítrico sobre la respuesta pérdida de peso (como actual factor la concentración de ácido oleico de 1,0%) estas figuras muestran que a concentración de quitosano de 1,0% la pérdida de peso fue de 95,58 a 93,29% (concentración ácido cítrico 0,5% y 1,5%), en la región alta de la figura de interacción podemos observar que para intervalos de concentraciones de quitosano de 2.00% a concentraciones de ácido cítrico entre 0,5% y 1,5%, la pérdida de peso fue de 93,38 a 94,53%.

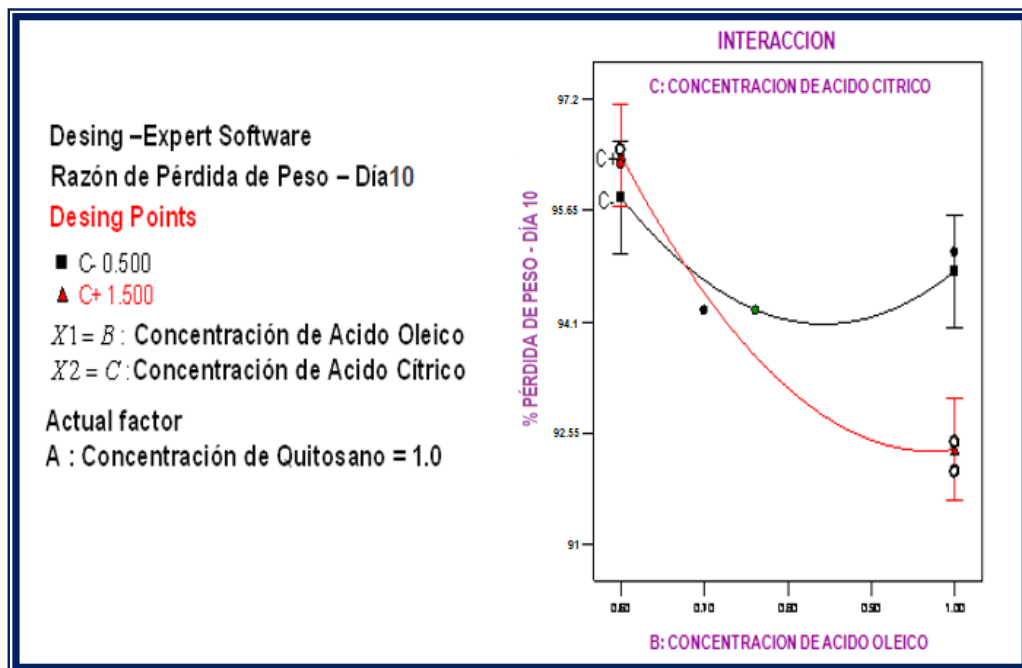


Figura 39: Interacción de los factores ácido oleico - ácido cítrico; quitosano = 1,0% sobre la respuesta pérdida de peso



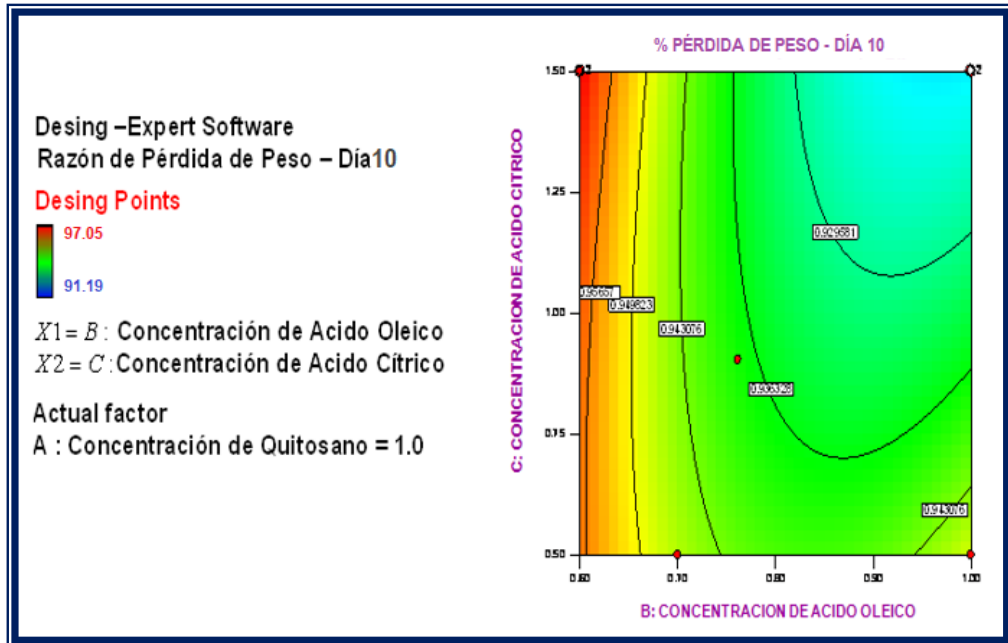


Figura 40: Contorno de los factores ácido oleico - ácido cítrico; quitosano = 1,0% sobre la respuesta pérdida de peso

En las figuras 39 y 40, se muestran la interacción y curvas de contorno respectivamente, de los factores ácido oleico y ácido cítrico sobre la respuesta razón de pérdida de peso (como actual factor quitosano de 1.00%) éstas figuras nos muestran que la pérdida de peso con ácido oleico de 0.6% fue de 96,13 a 96,88% (ácido cítrico 0,5% y 1.5% respectivamente), se observa un aumento en la pérdida de peso, en el cual el quitosano con el ácido cítrico coadyuvan como antioxidante evitando así el deterioro del producto fresco, además en la figura de interacciones con ácido oleico de 1.0% y ácido cítrico de 0,5% y 1,5% se comprueba un descenso de la pérdida de peso que osciló entre 95,39 a 93,26% respectivamente.

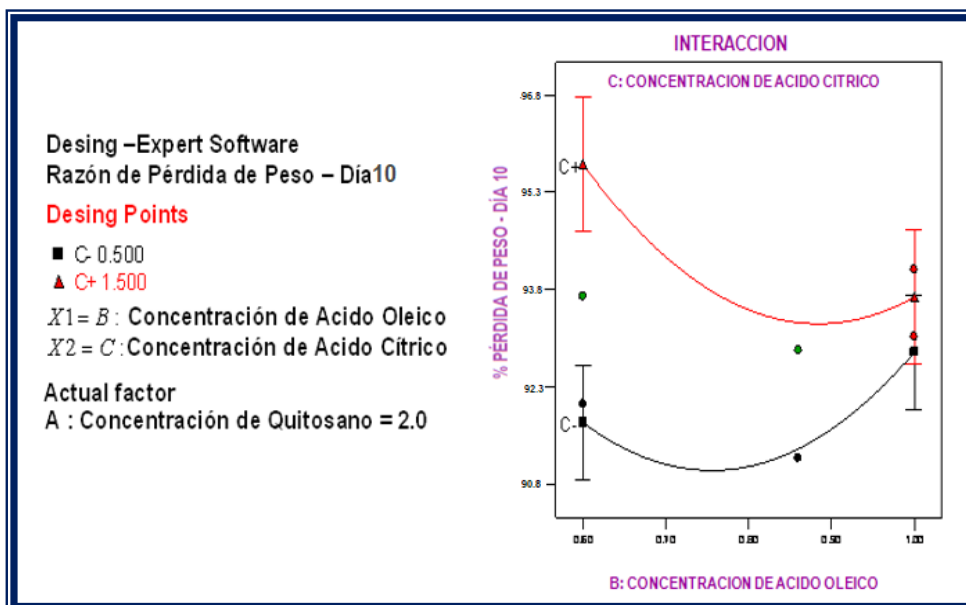


Figura 41: Interacción de los factores ácido oleico - ácido cítrico; quitosano = 2,0% sobre la respuesta pérdida de peso

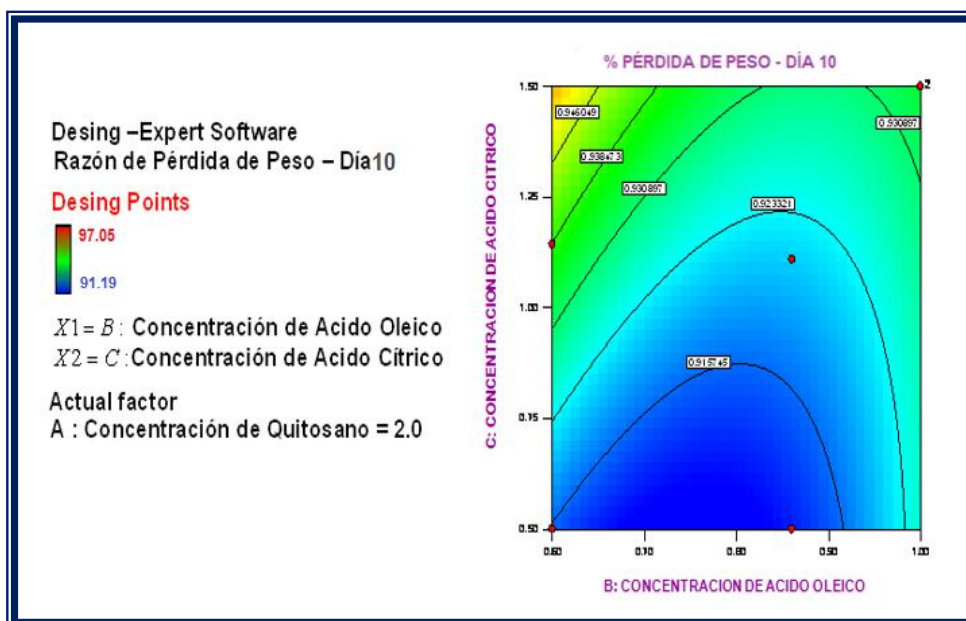


Figura 42: Contorno de los factores ácido oleico - ácido cítrico; quitosano = 2,0% sobre la respuesta pérdida de peso

En las figuras 41 y 42, se muestran la de interacción y curvas de contorno respectivamente, de los factores ácido oleico y ácido cítrico sobre la respuesta pérdida de peso (como actual factor quitosano de 2.00%) estas figuras nos muestran que la pérdida de peso con ácido oleico de 0.6% fue de 92,26 a 96,19% (ácido cítrico 0.5% y 1.5% respectivamente), se comprueba un aumento en la pérdida de peso, en la que el quitosano con el ácido cítrico ayudan como antioxidante evitando así el deterioro del producto, se pudo observar en la figura de interacción que con ácido oleico de 1.0% para ácido cítrico de 0.5% y 1.5% se observó un descenso de la pérdida de peso que fue de 93,41 a 94,35%, respectivamente.

Por lo tanto, podemos concluir que con quitosano de 1.00% en 0.60% de ácido oleico la pérdida de peso es menor para ácido cítrico de 1.5% en el producto; es decir que está perdida de peso se máxima para obtener la formación de recubrimiento adecuado para la conservación del producto fresco.

También podemos deducir que con quitosano al 2,00% y ácido cítrico a 0,5% su valor de la pérdida de peso es bajo entonces el producto aumenta su pérdida de peso reduciendo así las posibilidades de conservación del melón mínimamente procesado.

### **4.3. DETERMINACIÓN DE LAS CONDICIONES ÓPTIMAS PARA EL MELÓN MÍNIMAMENTE PROCESADO**

El análisis de las figuras anteriores, muestran los resultados de las diversas concentraciones de quitosano, ácido oleico y ácido cítrico que influyen en la formación de recubiertas de quitosano sobre la vida útil del melón mínimamente procesado a través de la retención del  $\beta$ -caroteno y pérdida de peso, se verificó las condiciones en que aumente la retención de  $\beta$ -caroteno y se reduzcan la pérdida en peso del producto fresco.

La determinación de estas condiciones se hizo de forma analítica empleando el software design expert 7,0, el cuál analizó gráficamente la interacción de las tres variables bajo diferentes condiciones en el espacio, para cada una de las respuestas tanto de retención de  $\beta$ -caroteno y pérdida de peso. Los rangos a evaluar de las diferentes variables fueron: quitosano 1,0-2,0%, ácido oleico 0,6 – 1,0% y ácido cítrico 0,5-1,5%. Todos los procesos se realizaron en refrigeración. Los resultados se muestran en la tabla 17.

Aplicando la metodología de la función deseada mediante el software estadístico Design Experts 7.0 se obtuvieron los siguientes resultados como se muestra en la tabla 18. Para recubrimiento de melones mínimamente procesados con quitosano; se requieren una concentración de quitosano de 1%; ácido oleico de 0,6% y ácido cítrico de 1,5%.

Tabla 17: Condiciones óptimas de tratamiento usando el software estadístico

Design Expert 7.0

Nombre	Limite	Límite Inferior	Limite Superior	Peso Inferior	Peso Superior	Importancia
Concentración de Quitosano	Está en el rango	1	2	1	1	3
Concentración de Ácido Oleico	Está en el rango	0,6	1	1	1	3
Concentración de Ácido Cítrico	Está en el rango	0,5	1,5	1	1	3
Retención de $\beta$ -Caroteno	Máximo	63,48	91,22	1	1	3
Pérdida de peso	Máximo	91,19	97,05	1	1	5

Tabla 18: Resultados de posibles combinaciones de los niveles de cada factor

N°	Concentración de Quitosano	Concentración de Ácido Oleico	Concentración de Ácido Cítrico	Retención de $\beta$ -Caroteno	Pérdida de peso (%)	Desirability
1	1	0,6	1,5	89,59	97,04	0,98
2	1	0,6	1,48	89,71	96,92	0,975
3	1	0,6	1,47	89,89	96,88	0,972
4	1,01	0,6	1,5	89,73	96,22	0,971
5	1,02	0,6	1,5	89,54	96,27	0,969
6	1,04	0,06	1,5	88,78	96,73	0,95
7	1	0,6	1,07	90,23	95,86	0,871
8	1	0,6	0,88	89,62	96,17	0,841
9	1	0,6	0,82	89,42	95,89	0,835
10	1	0,6	0,52	86,82	95,91	0,822
11	2	1	1,5	88,09	95,02	0,742
12	2	0,6	1,5	84,56	95,65	0,742
13	2	1	1,5	87,63	94,35	0,739
14	2	1	1,5	87,57	93,67	0,737

15	1,98	1	1,5	87,61	94,19	0,736
16	1,97	0,6	1,5	83,85	95,72	0,734
17	1,95	0,6	1,5	84,56	95,28	0,727
18	2	0,6	1,44	84,61	95,32	0,698
19	2	0,89	1,5	84,83	92,73	0,626
20	2	0,83	1,5	83,94	93,29	0,606
21	2	0,82	1,5	83,72	93,45	0,605
22	2	0,81	1,5	83,96	93,41	0,605
23	1	1	0,7	77,29	94,24	0,562
24	1,01	1	1,27	82,81	92,79	0,532

#### **4.4. EVALUACIÓN DEL MELÓN MINIMAMENTE PROCESADO Y RECUBIERTAS CON QUITOSANO**

Una vez determinada las condiciones óptimas del melón mínimamente procesado y recubiertas con películas de quitosano, se analizaron bajo las condiciones ya establecidas. Las evaluaciones fueron fisicoquímicas y sensoriales.

##### **4.4.1. Evaluación de la pérdida de peso durante el almacenaje**

En la figura 43, se muestra la pérdida de peso de las muestras para los melones recubiertas con quitosano, así como para el control (los valores se encuentran en el Anexo 4). Cabe precisar que esta pérdida de peso se atribuye a la migración de vapor de agua del melón fuera del envase.

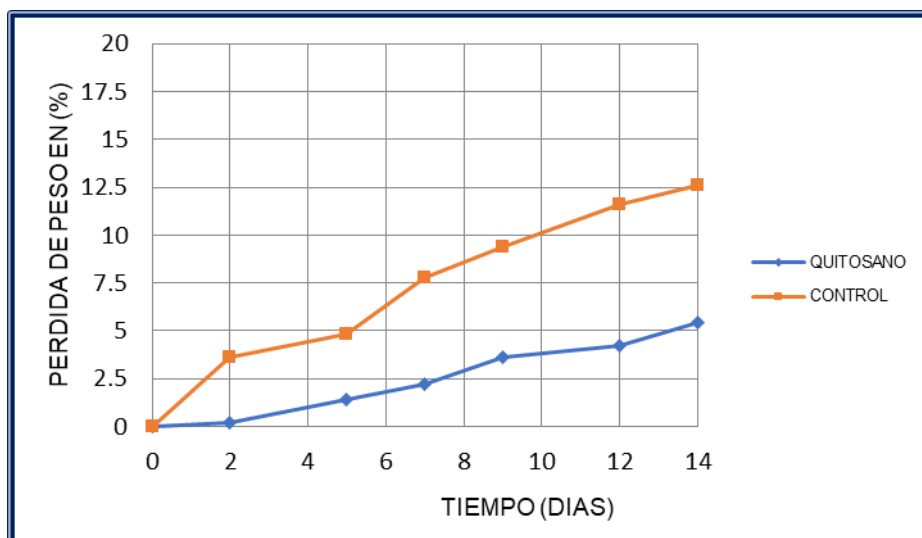


Figura 43: Pérdida de peso (%) para las muestras con quitosano y control con respecto al tiempo de almacenamiento

Se puede observar en la figura anterior que las muestras tienen una tendencia casi constante a la pérdida de peso, siendo un poco más constante la muestra recubierta con quitosano. La muestra control perdió peso en un 14,98% mientras que la muestra con quitosano perdió sólo un 7,2%.

El tiempo de almacenaje influye sobre la pérdida de peso, debido a los procesos de transpiración de la fruta.

#### 4.4.2. Evaluación de la retención de $\beta$ -caroteno durante el almacenamiento

Al observar la figura 44, se comprueba que la retención de  $\beta$ -caroteno se durante los primeros 10 días desciende considerablemente, tanto para recubiertas con quitosano y para el control; verificándose menor retención de  $\beta$ -caroteno en la muestra control llegando a tener un 62.56% de retención a

comparación de las muestras recubiertas con quitosano que tuvo un 80,06% de retención.

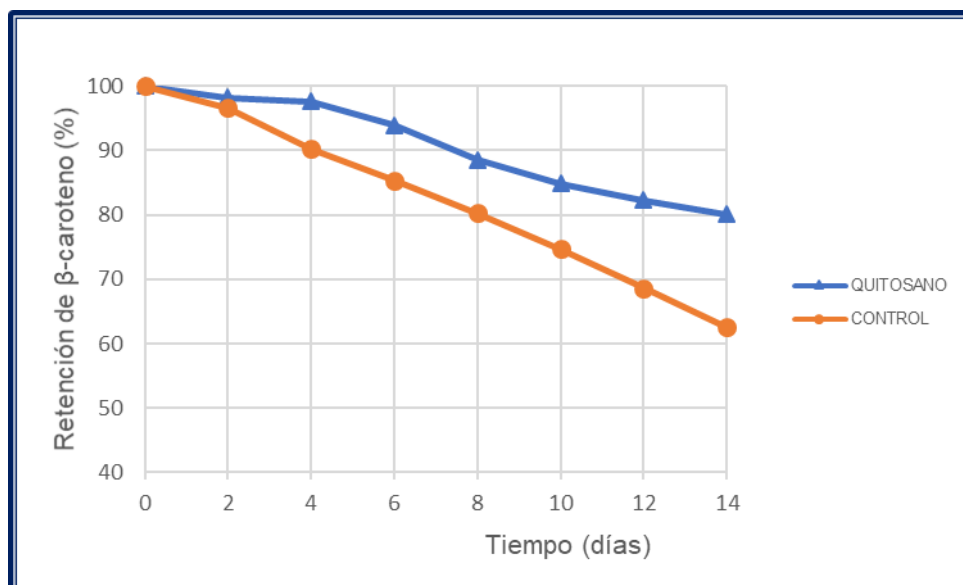


Figura 44: Porcentaje de retención de  $\beta$ -caroteno con respecto al tiempo de almacenamiento

#### 4.4.3. Evaluación del pH durante el almacenamiento

Al evaluar el comportamiento del pH (Figura 45) durante el almacenaje de los melones mínimamente procesados recubiertas con películas de quitosano estas presentaron disminuciones importantes; la disminución del pH para los melones control osciló entre 6,65 y 5,76, mientras que los melones con quitosano oscilaron entre 6,72 y 6,14 en donde el pH del control en el día diez tuvo un descenso considerable por lo que Badui (2006) refiere que esta disminución se le puede atribuir al aumento de la producción de ácido málico, ascórbico y acético por bacterias lácticas.



En las muestras con quitosano el pH disminuyó ligeramente manteniendo el producto en un estado aceptable; por su parte la muestra control tuvo una tendencia más a acidificarse por lo que algunos microorganismos como los mohos, las levaduras y las bacterias ácido lácticas son afines con los ácidos por lo que crecen en alimentos de alta acidez y por lo tanto el producto se expondrá al deterioro.

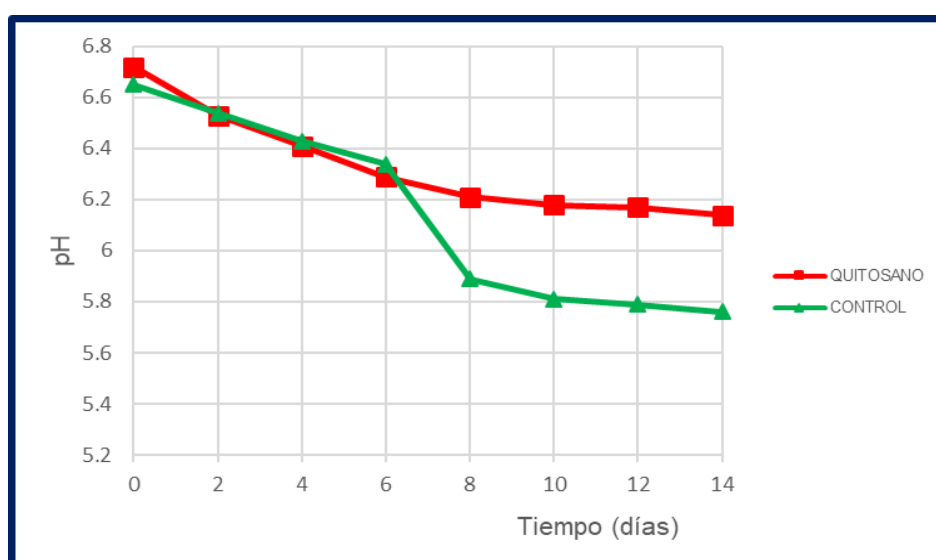


Figura 45: Evaluación del pH con respecto al tiempo de almacenamiento

#### 4.4.4. Evaluación de la acidez titulable durante el almacenamiento

La acidez del melón mínimamente procesado control tuvo un incremento con respecto al tiempo de almacenamiento cuyos valores oscilaron entre 0,522 hasta 0,803 (% de ácido cítrico) y de melones cubiertas con quitosano oscilaron entre 0,463 hasta 0,642% de ácido cítrico.

Se puede precisar que las muestras control mantienen la acidez en incremento esto debido a los ácidos orgánicos que aumentan como resultado una reducción de los valores de la textura, que se caracteriza por

el ablandamiento de los tejidos durante el almacenamiento y en el cual el ácido cítrico que es el principal componente del melón.

Este aumento de la acidez puede ser influenciada por la respiración que puede acelerar durante los días de almacenaje.

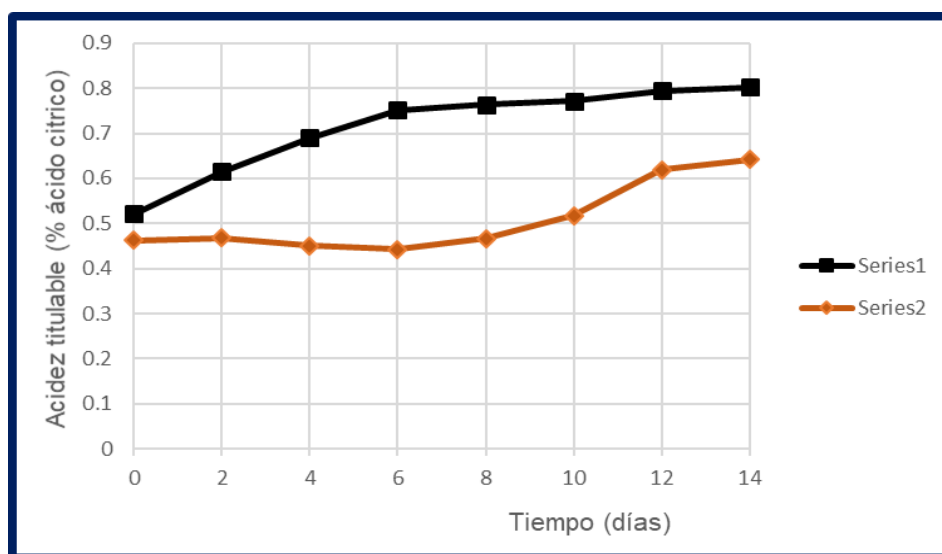


Figura 46: Evaluación de la acidez titulable con respecto al tiempo de almacenamiento

#### 4.4.5. Evaluación sensorial durante el tiempo de almacenamiento

La evaluación sensorial se realizó por medio de pruebas de comparación múltiple con un panel no entrenado compuesto por 20 jueces esta se llevó a cabo durante el periodo de almacenamiento en los melones mínimamente procesados recubiertas con películas de quitosano, la preferencia por los productos con respecto a su apariencia general fue analizada comparando tres muestras y un control almacenadas durante los días 0, 6, 10 y 14 respectivamente a temperaturas de refrigeración donde se determinó si existe diferencia significativa para un nivel de significancia de 0,05.

Tabla 19: Resultados de la evaluación sensorial para muestra recubierta de quitosano

PANELISTA N°	MUESTRAS		
	A (6 DÍAS)	B (10 DÍAS)	C (14 DÍAS)
1	1	1	4
2	0	1	5
3	1	2	5
4	0	1	3
5	1	2	5
6	0	3	4
7	0	1	5
8	1	2	5
9	0	2	4
10	0	1	3
11	0	1	4
12	1	2	4
13	0	1	4
14	1	2	4
15	0	3	4
16	0	2	4
17	1	1	4
18	1	2	3
19	0	1	4
20	0	0	4

Tabla 20: Análisis de varianza para la vida útil del melón mínimamente procesado recubierta con quitosano

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Muestra	430,878	2	215,439	5539,857	0,000
Jueces	26,639	19	1,402	36,053	0,000
Error	4,667	120	,039		
Total	1239,000	180			
Total corregida	498,861	179			

R cuadrado = ,991 (R cuadrado corregida = ,986)

Al observar el ANVA de la tabla 20, con respecto a la fuente de variación muestra, se verifica que existe diferencias altamente significativas entre las muestras comparadas con el control durante los 6, 10 y 14 días, por tanto para determinar hasta que día de almacenaje el melón mínimamente procesado mantiene sus características fisicoquímicas es decir su vida útil por evaluación sensorial, realizamos la prueba de comparación múltiple de Tukey con un nivel de significancia de 5% cuyos resultados se muestran en la tabla 21.

Tabla 21: Prueba de Tukey para la vida útil del melón mínimamente procesado recubierta con quitosano

Muestra	Subconjunto		
	1	2	3
A (6 días)	0,38		
B (10 días)		1,60	
C (14 días)			4,10
Sig.	1,000	1,000	1,000

Al realizar la prueba de comparación de medias de Tukey se observa que hasta el día 10 las muestras mantuvieron su características sensoriales y fisicoquímicas, por lo que los puntajes de la comparación se encuentran en el rango entre ninguna y ligera diferencia en cambio en el día 14 el rango de la magnitud de diferencia entre el control estuvo entre mucho y extremo es decir que ya no es aceptable organolépticamente y además sus características fisicoquímicas también se vieron afectadas; por tanto, se

puede deducir que el tiempo de vida útil fue de 10 días, estableciendo así la vida útil del melón mínimamente procesado y recubiertas con películas de quitosano.

Esto se puede corroborar con las pruebas de comparación múltiple de la Diferencia Mínima Significativa (DMS), mostradas en la tabla 22.

Tabla 22: DMS para la vida útil del melón mínimamente procesado recubierta con quitosano

	(I) muestra	(J) muestra	Diferencia de medias (I-J)	Error típ.	Sig.	Intervalo de confianza 95%	
						Límite inferior	Límite superior
DMS	A	B	-1,22*	,036	,000	-1,29	-1,15
		C	-3,72*	,036	,000	-3,79	-3,65
	B	A	1,22*	,036	,000	1,15	1,29
		C	-2,50*	,036	,000	-2,57	-2,43
	C	A	3,72*	,036	,000	3,65	3,79
		B	2,50*	,036	,000	2,43	2,57

\*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0,05.

Al observar la tabla 22 se verifica que la comparación de la muestra A (6 días) con la muestra B (10 días) y viceversa los rangos de la preferencia de los jueces se encuentra entre ninguno y ligero corroborando con la prueba de Tukey.

#### 4.4.6. Evaluación de la vida útil del melón mínimamente procesado con recubiertas de quitosano almacenada en refrigeración

La vida útil del melón mínimamente procesada cubiertas con películas de quitosano se realizó a partir del análisis de la tasa de conservación de betacaroteno y razón de pérdida de peso, análisis sensoriales y fisicoquímicos los cuales se realizó desde el primer día de almacenamiento y luego fueron realizados a intervalos de 2 días, hasta el día 14.

Se realizó una evaluación sensorial hecha por 20 jueces no entrenados que hicieron una comparación donde decidieron si hallaban diferencia significativa entre la muestra control y la muestra cubierta con películas de quitosano respectivamente, para el análisis organoléptico el resultado de los jueces fue de 10 días como máximo , fue fijado hasta donde el producto se considera apto para su consumo en donde no se encuentra diferencia significativa alguna por otro lado se observó que si hubo diferencia significativa en el día 14 para las muestras con quitosano, a un nivel de significancia 5%.

## V. CONCLUSIONES

- Las operaciones de procesamiento mínimo son: Selección, lavado y desinfección (1), pelado y despipetado, cortado, lavado y desinfección (2), inmersión en la solución de quitosano, oreado, pesado, envasado, almacenamiento.
- Las características fisicoquímicas de la materia prima fueron: rendimiento 78,49%, humedad 82,35%, color L: 66,23 a\*: 20,74 y b\*: 51,62, °brix 10,9, acidez titulable 0,56 y pH 6,44.
- Los valores óptimos para la composición de películas de quitosano según las variables significativas son: concentración de quitosano 1,0%, concentración de ácido oleico 0,6% y concentración de ácido cítrico 1,5%.
- Las condiciones de almacenamiento a temperatura de refrigeración para el melón mínimamente procesado recubiertas con quitosano resulta tener diferencia estadística significativa a partir del día 10 hacia delante en la conservación de  $\beta$ -caroteno en un 80,06% y pérdida de peso de 7,2.
- La evaluación sensorial y la vida útil del melón que se obtuvieron gracias a los 20 panelistas, arrojando un tiempo de 10 días máximo, esto fue fijado hasta donde el producto se considera apto para su consumo en donde no se encuentra diferencia significativa, con un producto fresco.
- La pérdida de peso fue comparablemente mayor en los melones sin recubrir que en las que contenían la recubierta, con lo que la cubierta de quitosano aplicada en los melones, impide que el agua migre fuera del envase, provocando pérdidas tanto en textura como en color.
- El melón recubiertas con quitosano bajo las condiciones óptimas presentó las siguientes características fisicoquímicas; pH 6,72; acidez titulable 0,463 y retención de  $\beta$ -caroteno 80,06%.

## VI. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios aplicando recubiertas de quitosano empleando diferentes plastificantes.
- Evaluar temperaturas diversas en el proceso de almacenamiento de frutas mínimamente procesadas.
- Agregar algún antimicrobiano además del quitosano a la película y evaluar la inhibición sobre microorganismos.
- Aplicar recubiertas de quitosano a otras frutas y verduras mínimamente procesadas y estudiar qué efecto tienen sobre la vida útil.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abbott, J.A. 2009. Quality measurement of fruits and vegetables. *Postharvest Biol. Technol.*, Pag. 15, 207-225.
- Ahvenainen, R. (2000). Ready-to-use fruit and vegetables. *Flair-flow Europe Technical Manual*. Teagasc, The National Food Centre. Dunsinea, Castleknock. (Ireland). Pag. 1-31.
- Artés, F. (2000). Productos vegetales procesados en fresco. En: *Aplicación del frío a los alimentos*. Ed: M. Lamúa. Editorial Mundi Prensa. Cap. 5. 127-141.
- Artes, f., castañeri, M.Y GIL. M.I. 1998. "El pardeamiento enzimático de frutas y hortalizas mínimamente procesadas". *Food sci. Technol. Intern.* Pág. 377-389.
- Badui, D. S. 2006. *Química de los Alimentos*. Cuarta edición. Edit. Pearson Educación de México S.A. México.
- Baldwin EA, MO Nispero – Carriedo, Baker RA. 1995. Recubrimientos Comestibles a la ligera Frutas y Verduras *HortSci.* 30: 35-40.
- Beltran, D; Selma, M.M.V; Marin, a; Gil, M.I. 2005, Ozonated water extends the shelf life of fresh-cut lettuce. *Journal -of-agricultural-and-food-chemistry*, Pág. 5654-5663.
- Castro, P. 2000. Propiedades la quitina y el quitosano. *Periodismo de Ciencia y Tecnología*. México
- Catalá, R. 1998. Conservación de frutas y hortalizas en atmósfera controlada y modificada. *Agro económico* N° 45: Pág.15-19.

- Ceron, J. P. Q. (2010). Películas y recubrimientos comestibles: importancia y tendencias recientes en la cadena hortofrutícola. *Revista Tumbaga*, 1(5).
- Cerqueira, M.A., et al., (2009). Extraction, purification and characterization of galactomannans from non-traditional sources. *Carbohydrate Polymers* 75 (3), 408–414.
- Chitarra. M. I. F; 1998. Procesamiento mínimo de frutos e hortalizas. Vicoso: Centro de Productos Técnicos, Pág. 88.
- Collazos, C. 1996. Composición de los Alimentos Peruanos, Sexta Edición. Lima-Perú.
- Cuq, B; Gontard, N y Guilbert, S. 1998. Proteins as agricultural polymers for packaging production. *Cereal Chemistry*, 75, 1-9.
- Debeaufort F, Quezada-Gallo JA, Voilley G. 1998. Películas y recubrimientos comestibles: Los envases del mañana. *Ciencia de alimentos*. 38: 299-313.
- Diab, T; Biliaderis, G.; Gerasopoulos, D y Sfakiotakis, E. 2001. Physicochemical properties and application of pullulan edible films and coatings in fruit preservation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81, 988-1000.
- El Ghaouth A, J Arul, J. Grenier, Asselin A.1992. La actividad antifúngica del quitosano en dos patógenos de postcosecha de frutos de fresa. *Fitopatología*, 82: 398-402.
- Espinoza ELI, J. 2003. Evaluación sensorial de los alimentos. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. 1era edición. Tacna Perú. Pág. 76-77, Pág. 98-104.

- Fonseca, S.C., Oliveira, F.A.R., Brecht, J.K. (2002). Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: a review. *J. Food Engineering*, Pag. 52, 99-119.
- FU, B.; labuza, T. P. 1997. Shelf life of frozen foods. In: LABUZA, T. P.; FU, B. *Shelf Life Testing: Procedures and Prediction Methods*. Denver: CRC Press, Cap. 19. Pág. 377-415.
- Garcia, E. Y Barrett, D.M. (2002). Preservative treatments for fresh-cut fruits and vegetables. Dept. Food Science and Technology. University of California, Davis. Pag.32.
- García–Viguera, C.; Zafrilla, P.; Romero, F.; Abellán, P.; Artés,F.; Tomás–Barberán, F.A. 1999. Color stability of strawberry jam is affected by cultivar and storage temperature. *Journal of Food Science*, 64: 243 - 247.
- Gennadios, A; Wellwr, C y Testin, R.F. 1993. Temperature effect on oxygen permeability of edible protein isolate films. *J. Agric. Food Chemistry*, 41, 1835-1839.
- Gil Y Col. 2002. Quality changes in Fresh- cut tomato as affected by modified atmosphere packaging. *Postharvest Biology and technology*.
- Gomez-Lopez, V.M; Devlieghere, F; Bonduelle, V; Debevere, J. 2005, Intense light pulses decontamination of minimally processed vegetables and their shelf- life. *International-journal-of-food-microbiology*, 103(1): Pág. 79-89.
- Gorny, J.R. 2001. Modified atmosphere packaging and the fresh-cut revolution. *Perishables handling newsletter*, Pág. 90: 4-5.

- Guilbert S y Biquet B. 1996. Películas y recubrimientos comestibles. En: Envasado de Alimentos Tecnología. G Mesa, JL Multon (eds.). Nueva York: Editores VCH, Inc.
- Guzmán, G. 2003. Efecto del tipo de plastificante en películas de quitosano. Tesis de licenciatura. UDLAP-P. México.
- IFT/FDA, 2001. International food technology/food and drugs administration. Analysis and evaluation of preventive control measures for the control and reduction/elimination of microbial hazards on fresh and fresh-cut produce. Comprehensive reviews in food science and food safety, 2: Pág.1-204.
- Kader A.A; Ben Yehoshua.S. 2000. Effects of superatmospheric oxygen levels on postharvest physiology and quality of fresh fruits and vegetable postharvest- biology-and- technology, 20(1): Pág. 1-13.
- Krochta JM, C Mulder-Johnston. 1997. Películas de polímeros biodegradables y comestibles: retos y oportunidades. De Tecnología de Alimentos. 51: 60-74.
- Krochta, J., Baldwin, E., & Nisperos-Carriedo, M. (1994). Edible coatings and films to improve food quality. New York: Editorial Technomic Publishing Company.
- La Fuente, Ma. T.; Lopez-Galvez, G.; Cantwell, M.; Yang, S. F. 1996. Factors influencing ethylene – induced isocoumarin formation and increased respiration in carrots.J.Amer. Hort. Science.12(3): Pág. 537-542.
- Lazaridou, A. y Biliaderis, G. 2002. Thermophysical properties of chitosan, chitosan-starch and chitosan-pullulan films near the glass transition. Carbohydrate Polymers 48, 179-190.

- Lee, K.Y; Shim, J y lee, H.G. 2004. Mechanical properties of gellan and gelatin composite films. *Carbohydrate Polymers*. 56, 251-254.
- Mari Vila, M.J; Vásquez Asins, R; Manzaneda López; N. 2004. Envases activos para frutas y hortalizas frescas y de IV gama.
- Mariniello, L; Di Pierro, P; Esposito, C; Sorrentino, A; Masi, P y Porta, R. 2003. Preparation and mechanical properties of edible pectin-soy flour films obtained in the absence or presence of transglutaminase. *Journal of Biotechnology* 102, 191-198.
- Maynes, J.R y Krochta, J.M. 1994. Properties of ediblefilms from total milk protein. *Journal of Food Science* 59, 909-911
- McHugh TH, Krochta JM. 1994. Milk-protein-based edible films and coatings. *Food Technol.* 48: 97-103.
- Meléndez Martínez, A. J., Vicario Romero, I., & Mira, H. (2004). Estabilidad de los pigmentos carotenoides en los alimentos. *Archivos latinoamericanos de nutrición*, 54 (2), 209-215.
- Montaña, N & Méndez J. 2009. Efecto de reguladores de crecimiento sobre el epicarpo, mesocarpo y sólidos solubles totales del fruto de melón (*Cucumis melo* L.). *Revista UDO Agrícola* 9 (2): 295-303
- Moretti, C.L. 2000. Procesamiento mínimo de pimentón. In; Encuentro nacional sobre procesamiento mínimo de frutas y hortalizas, Vicosá, Resúmenes. Vicosá: UFC, Pág.132-139.
- Nisperos-Carriedo, m et al. 1990. Changes in volatile flavor components of pineapple orange juice as influenced by the application of lipid and composite films. *J. Agriculture food Chemistry*. 38:1382.

- Oms-Oliu, G., Soliva-Fortuny, R., Martín-Belloso, O. (2008). Using polysaccharide-based coatings to enhance quality and antioxidant properties of fresh-cut melon. *LWT- Food science and technology*, 41, 1862 – 1870.
- Parra, D.; Tadini, C.; Ponce, P.; Lugão, A. 2004. "Mechanical properties and water vapor transmission in some blends of cassava starch edible films", *Carbohydrate Polymers*, DOI: 10.1016/j.carbpol.08.021, (58): 475 – 481, 2004.
- Pérez, B. y Báez, R. 2003. Utilización de ceras comestibles en la conservación de frutas. *Alimentaria*, julio – agosto.
- Potter N y Hotchkiss J. 1999. *Ciencia de los Alimentos*. Primera edición. Editorial Acribia. Zaragoza. España.
- Puschmann, R. Adriano Do Nascimento, Franciscleudo Bezerra Da Costa, Milton Pereira Flores, Evelyn R. Arnez Zerdas, 2006. *Tecnología de Procesamiento mínimo de frutas y hortaliza*. Universidad Federal de Vicosa - Brasil, Departamento de Biología Vegetal – Unidad de procesamiento mínimo. Pág. 10 – 11.
- RODRIGUEZ, AMAYA,D. 1999. Carotenoides y Preparación de alimentos. USDIA. campañas brasil.pp2-47.
- Rojas-Graü , M. A., Soliva-Fortuny, R., Martín-Belloso, O. (2009). Edible coatings to incorporate active ingredients to freshcut fruits: a review. *Trends in Food Science and Technology*. 20, 438 – 447.
- Ruiz vidal, I. I., & orasma, I. (2012). Efecto del betacaroteno inyectable en vacas lecheras sobre los principales parametros reproductivos.

- Sánchez, F. Y. 1998. Caracterización de las propiedades ópticas, mecánicas y de barrera de películas de quitosano. Tesis de Maestría. Universidad de las Américas Puebla.
- Shaidi, F. et al. 1999. Technological aspects of osmotic dehydration in foods. En "Food preservation by moisture control. Fundamentals and applications". Editado por Barbosa-Cánovas, G. y Welti-Chanes, J. Technomic Publishing Company. Pennsylvania.
- Serna, S.R. 1996. Química, almacenamiento e industrialización de los cereales. A.G.T editor, S.A. México D F.
- Shewfelt, R.L. (1986). Postharvest treatment for extending the shelf life of fruit and vegetables. *Food Technol.*, 40,
- 70-89.
- Sobral, P.J.A. y Habitante, A.M.Q. 2001. Phase transitions of pigskin gelatin. *Food Hydrocolloids*, 15, 377-382.
- Sothornvit R, y Krochta JM. 2000. Plasticizer effect on oxygen permeability of Blactoglobulin films. *J. Agric. Food Chem.* 48: 6298-6302.
- Stuchell YM, Krotcha JM (1994) Enzymatic treatments and thermal effects on edible soy protein films. *J. Food Sci.* 59: 1332-1337.
- Tapia-Blácido, D; Sobral, P y Menegalli, F. 2005. Development and characterization of biofilms base don amaranth flour (*Amaranthus caudatus*). *Journal of Food Engieneering*, 67, 215-223.
- Tharanathan, R. 2003. Biodegradables films and composite coatings: past, present and future. *Food Science and Tchnology.* 14:71-78.

- Trevor, V. S., Cantwell, M. Y Mitchell, J. (2003). Recomendaciones para mantener la calidad postcosecha en melón honeydew y cantaloupe. Department of Vegetables Crops, University of California, Davis, CA. Pag . 76-85.
- Uquiche Carrasco E., Cisneros Zevallos L., Ph. D. 2002. Efecto del escaldado y recubrimiento higroscópico sobre la calidad de zanahorias (*Daucus carota var. Chantenay*) pre-cortadas durante el almacenamiento. Universidad de La Frontera. Temuco, Chile., Texas A&M University. College Station, USA. ALAN v.52 n.2 supl.2.
- Vilaplana, M. (2007). Antioxidantes presentes en los alimentos. OFFARM, 26(10).
- Vitali, A. Y Texeira Neto, R. O. 2002. Introdução à cinética de reação em alimentos. In: Moura, S. C. S. R. De; Germer, S. P. M. Manual do curso reações de transformação e vida-de-prateleira de alimentos processados. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, Cap. 2.
- WATADA, A.E. (1997). Quality maintenance of fresh-cut fruits and vegetables. Food and Biotechnology, Pag.6, 229-23
- WILEY.R.C.1994. Minimally processed refrigerated fruit and vegetables. New York: chapman & Hall, Pág. 368.
- Yang, L. y Paulson, A. T. 2000. Mechanical and water vapour barrier properties of edible gellan films. Food Research International, 33, 563-570.
- Zagory, D. y Kader, A.A. (1988). Modified atmosphere packaging of fresh produce. Food Technology, Pag.42 , 70-76.



## PAGINAS WEB

- [www.redondofrutas.com](http://www.redondofrutas.com)
- [es.wikipedia.org/wiki/Cucumis\\_melo](http://es.wikipedia.org/wiki/Cucumis_melo)
- [frutas.consumer.es/documentos/frescas/melón/php](http://frutas.consumer.es/documentos/frescas/melón/php)
- [www.fruitveg.com/sp/fichafrutamelon](http://www.fruitveg.com/sp/fichafrutamelon)
- Peral, I. y Gartzia, I. 2002. Elementos valiosos en los residuos de industrias transformadoras de productos de pesca: quitina, quitosano y sus aplicaciones. <http://www.poscosecha.com/docs/quitina.html>.
- Han, S. 2002. Chitin and Chitosan Sities. <http://bmanga.umb.edu.co/Bioquimica/Modulo1.htm>.
- Minolta Co., Ltd. (2012). Konika Minolta: CR-400/410. Japón. International Color Consortium. Frequently asked questions. Reston, Virginia. Disponible en <http://www.color.org/faqs.xalter>

## **ANEXOS**

## ANEXO 1

### **ANEXO 1.1: Determinación del $\beta$ -Caroteno del melón mínimamente procesado cubiertas con películas de quitosano**

Se determino la cantidad de beta caroteno, empleando el método descrito por Gross (1987).

- Se tomo 10ml de muestra
- Luego colocar en un balón y agregar 30ml de etanol absoluto mas 3 ml de KOH al 50% y saponificar por 30min a reflujo.
- Enfriar y transvasar el líquido amarillo a un embudo de decantación
- Añadir al embudo 30ml de éter de petróleo y agitar evitando que emulsione, dejar en reposo hasta obtener la separación de las dos capas. Luego trasvasar la parte etérea en otro embudo y volver a extraer de la capa acuosa dos veces más con éter de petróleo.
- Luego juntar las capas etéreas y lavar con agua destilada, hasta que el agua de lavado presente un ph 7, seguido dejar reposar hasta conseguir una estable separación de fases.
- Secar las capas etéreas con 10g de  $Na_2SO_4$  y filtrar, filtrar luego los extractos etéreos enrasarlos en una fiola hasta 100ml con éter de petróleo.
- Tomar una alícuota y llevar al espectrofotómetro y para obtener la lectura, a una longitud de onda de 450nm, utilizando como blanco el éter de petróleo.

La extinción específica  $E_{1\text{cm}}$  del  $\beta$  – caroteno es 2500 a una longitud de onda de 45nm. la concentración del  $\beta$  – caroteno de una muestra considera la extinción y esta se calcula de la siguiente manera.

$$A = E.b.c$$

Donde:

A : Absorbancia

b : Espesor de la cubeta (cm)

c : Concentración de  $\beta$  – caroteno ( $\frac{\text{g}}{\text{g}}$  muestra)

E : Extinción

La conversión utilizada para la transformación de la concentración del  $\beta$  – caroteno a UI de vitamina A es :

$$1UI = 0.6\mu\text{g}(\beta - \text{caroteno})$$

## ANEXO 1.2: Determinación instrumental del color

El análisis realizado para el melón mínimamente procesado y recubiertas con películas de quitosano fue por método analítico.

Los parámetros de color  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  fueron obtenidos a través de un colorímetro SPECTROSCAN, operando en el sistema CIELAB, en que  $L^*$  corresponde a la luminosidad,  $a^*$  y  $b^*$  son las coordenadas de cromaticidad ( $-a =$  verde y  $+a =$  rojo;  $-b =$  azul y  $+b =$  amarillo). El colorímetro fue calibrado con una placa blanca patrón ( $Y = 93.5$ ;  $x = 0.3164$ ;  $y = 0.3325$ ), conforme instrucciones del fabricante. Previamente a las lecturas de color, las muestras para uniformizar las partículas del melón cortada en cubos. Las lecturas fueron realizadas por triplicado, bajo iluminante D65 y ángulo  $10^\circ$ . Varias funciones de color fueron determinadas para cada muestra (Minolta, 1993).

- ❖ Angulo de matiz ( $h^\circ$ ):

$$H^\circ = 180^\circ + \arctang (b^*/ a^*)$$

- ❖ Cromo o índice de saturación ( $C^*$ )

$$C^\circ = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$$

- ❖ Diferencia total de Color ( $\Delta E^*$ )

$$\Delta E^* = ((\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2)^{1/2}$$

### ANEXO 1.3: Determinación de acidez titulable

La metodología fue la siguiente:

Primeramente, preparamos la muestra, tomando una muestra de 25g de melón, previamente machacada con un mortero, al cual se le añade 200 ml de agua destilada, se hierve el conjunto durante 15 minutos. Con agua destilada se completa hasta un volumen de 250 ml, esta mezcla se filtra con un papel filtro, del cual se toman 50 ml, es decir la quinta parte y se le agrega 50 ml de agua destilada. Luego se hizo la titulación en sí, que consistió en llenar una bureta con Hidróxido de Sodio 0,1 M y medimos la cantidad, se introdujo la muestra en un matraz de Erlenmeyer, se adicionó 3 o 4 gotas de fenolftaleína al 1% como indicador y se fue añadiendo gota a gota el hidróxido de Sodio 0,1 M lentamente, cuando apareció el color rosa, se detuvo la titulación y se sigue girando el Erlenmeyer durante 15 seg. Para ver si el color permanece, ya que el color permaneció se terminó con la titulación y se anotó el gasto del álcali. Para ello se usó la siguiente formula:

$$\% \text{ de acidez} = \left( \frac{A \times N \times E}{D} \right) \times 100$$

Dónde:

- A : Cantidad en mililitros de Hidróxido de sodio .
- N : Normalidad del hidróxido de Sodio.
- E : Peso equivalente expresado en gramos del ácido del melón.
- D: Peso de la muestra en miligramos.

## ANEXO 2

### PRUEBA DE COMPARACIÓN MULTIPLE EN ALMACENAMIENTO

Nombre:.....

Fecha:.....

Instrucciones: Usted va a recibir una muestra patrón señalado con P y 3 muestras codificadas (A, B y C). Compare las muestras con el patrón enseguida señale el grado de diferencia de acuerdo con la escala. Gracias.

#### Grado de diferencia

Ninguno	0
Ligero	1
Regular	2
Mucho	4
Extremo	5

#### MUESTRA

A

B

C

#### PUNTAJE

-----

-----

-----

#### COMENTARIOS:

.....

.....

.....

.....

### ANEXO 3

#### ANEXO 3.1: Cálculos hallados para obtener la conservación de $\beta$ -caroteno.

RUN	CONCENTRACION DE QUITOSANO (%)	CONCENTRACION DE ACIDO OLEICO (%)	CONCENTRACION DE ACIDO CITRICO (%)	INICIAL DIA (0)	FINAL DIA (10)	PÉRDIDA (%)	RETENCION DE $\beta$ -CAROTENO DIA 10 (%)
1	1,30	1,00	1,50	98,07	76,36	21,71	84,72
2	1,00	0,85	1,50	110,46	93,07	17,39	89,83
3	2,00	0,60	1,14	80,03	68,52	11,51	82,44
4	1,35	0,60	0,50	99,94	81,65	18,29	78,91
5	2,00	0,86	1,11	91,43	70,55	20,88	78,34
6	1,00	0,60	1,50	107,96	97,23	10,73	91,22
7	1,37	0,85	0,50	97,32	76,35	20,97	73,56
8	2,00	0,86	0,50	101,36	63,55	37,81	63,48
9	1,00	1,00	1,50	96,35	80,96	15,39	84,87
10	1,60	0,76	1,50	97,96	79,25	18,71	79,67
11	1,59	1,00	0,91	99,62	74,02	25,6	73,28
12	1,00	0,70	0,50	101,58	79,58	22	79,27
13	1,00	0,76	0,90	98,54	84,07	14,47	86,19
14	2,00	1,00	1,50	124,27	110,99	13,28	88,41
15	1,00	1,00	0,50	97,89	70,02	27,87	72,64
16	2,00	0,60	0,50	99,64	70,5	29,14	67,80
17	1,61	0,75	0,89	90,69	60,06	30,63	73,36



### ANEXO 3.2. Cálculos hallados para obtener la razón de pérdida de peso

RUN	CONCENTRACION DE QUITOSANO (%)	CONCENTRACION DE ACIDO OLEICO (%)	CONCENTRACION DE ACIDO CITRICO (%)	INICIAL DIA 0 (g)	FINAL DIA 10 (g)	PERDIDA (%)	PERDIDA DE PESO DIA 10 (%)
1	1,30	1,00	1,50	502,4	460	40	92,04
2	1,00	0,85	1,50	500,6	476	24	96,42
3	2,00	0,60	1,14	501,5	462	38	93,64
4	1,35	0,60	0,50	505,3	475	25	96,01
5	2,00	0,86	1,11	499,4	463	37	93,36
6	1,00	0,60	1,50	502,5	477	23	97,05
7	1,37	0,85	0,50	500,4	474	26	94,03
8	2,00	0,86	0,50	502,4	475	25	91,19
9	1,00	1,00	1,50	500	462	38	93,21
10	1,60	0,76	1,50	501,7	471	29	95,73
11	1,59	1,00	0,91	504,2	472	28	94,94
12	1,00	0,70	0,50	505,3	466	34	94,78
13	1,00	0,76	0,90	502,8	471	29	94,81
14	2,00	1,00	1,50	501,4	469	31	93,16
15	1,00	1,00	0,50	497,7	475	25	95,33
16	2,00	0,60	0,50	501,1	469	31	92,41
17	1,61	0,75	0,89	502,6	466	34	93,94

## ANEXO 4

### Anexo 4.1. Valores puntuales de la pérdida de peso en (g) y el porcentaje de pérdida para las muestras con quitosano y control con respecto al tiempo de almacenamiento

DIAS	DATOS DE PESOS EN EL TIEMPO		PERDIDA DE PESO EN (gr)		PERDIDA DE PESO (%)	
	QUITOSANO	CONTROL	QUITOSANO	CONTROL	QUITOSANO	CONTROL
0	502,4	501,5	0	0	100	100
2	499,2	496,5	1	4	99,1	99,2
4	493,1	482,1	7	18	98,6	96,4
6	489,5	478,1	11	22	97,8	95,6
8	482,3	467,3	18	33	96,4	93,4
10	479,4	457,2	21	43	95,8	91,4
12	476,2	455,1	25	54	95,3	87,8
14	473,8	451,7	28	61	94,8	87,5

### Anexo 4.2: Retención de $\beta$ -caroteno con respecto al tiempo de almacenamiento

DIAS	RETENCIÓN DE $\beta$ -CAROTENO (%)	
	QUITOSANO	CONTROL
0	100	100
2	98,07	96,65
4	97,43	89,36
6	94,48	84,35
8	88,34	79,22
10	84,53	73,88
12	82,6	69,4
14	79,5	63,7

#### Anexo 4.3: Análisis del pH con respecto al tiempo de almacenamiento

DIAS	pH	
	QUITOSANO	CONTROL
0	6,71	6,65
2	6,54	6,53
4	6,42	6,41
6	6,29	6,33
8	6,2	5,89
10	6,18	5,8
12	6,16	5,77
14	6,14	5,72

#### Anexo 4.4: valores puntuales de Acidez Titulable.

DIAS	ACIDEZ TITULABLE	
	QUITOSANO	CONTROL
0	0,512	0,485
2	0,609	0,483
4	0,691	0,452
6	0,753	0,451
8	0,772	0,479
10	0,785	0,522
12	0,796	0,613
14	0,802	0,648