



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

FACULTAD DE QUÍMICA

***ESTUDIOS SOBRE LA EXTRACCIÓN DE QUITINA-
QUITOSANA PROVENIENTES DEL
CEFALOTÓRAX DE JAIBA APLICADOS SOBRE
PERA VARIEDAD ANJOU***

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
QUÍMICO DE ALIMENTOS**

PRESENTA:

LUIS ANGEL GONZÁLEZ CONTRERAS

DIRECTOR DE TESIS:

DRA. MARÍA EL CARMEN DURÁN DOMÍNGUEZ



CIUDAD DE MÉXICO, MÉXICO

2019



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO

Presidente	Dra. María del Carmen Durán Domínguez
Vocal	M. en A.I. Landy Irene Ramírez Burgos
Secretario	Dra. Marisela Bernal González
1er. Suplente	Dra. Iliana Elvira González Hernández
2do. Suplente	M. en C. Rolando Salvador García Gómez

SITIO EN DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:

Laboratorios 301, 302 y 303 de Ingeniería Química Ambiental y de Química Ambiental, (LIQAyQA) del Conjunto E de la Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México.

ASESOR DEL TEMA

Dra. María del Carmen Durán Domínguez

SUPERVISOR TÉCNICO

M. en C. Rolando Salvador García Gómez

SUSTENTANTE

Luis Angel González Contreras

Declaración

“Declaro conocer el Código de Ética de la Universidad Nacional Autónoma de México, plasmado en la Legislación Universitaria. Con base en las definiciones de integridad y honestidad ahí especificadas, aseguro mediante mi firma al calce que el presente trabajo es original y enteramente de mi autoría. Todas las citas de, o con referencia a, las obras de otros autores aparecen debida y adecuadamente señaladas, así como acreditadas mediante recursos editoriales convencionales”

Luis Angel González Contreras

RECONOCIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México, especialmente a los Laboratorios 301, 302 y 303 de Ingeniería Química Ambiental y de Química Ambiental, (LIQAYQA) del Conjunto E de la Facultad de Química por el apoyo otorgado para la adquisición de los reactivos, materiales y equipos empleados en la presente investigación.

Los reactivos, equipos y material de laboratorio empleados en esta investigación fueron parcialmente financiados por los proyectos del Programa de Apoyo a Proyectos para la Innovación y Mejoramiento de la Enseñanza (PAPIME) Claves EN-103704, PE-101709 y PE-1005-14.

Así como el apoyo parcial de la Facultad de Química a través del Programa de Apoyo a la Investigación y el Posgrado de la Facultad de Química de la UNAM (PAIP) Claves 50009065 y 50009067.

Al personal que labora en los Laboratorios 301, 302 y 303 de Ingeniería Química Ambiental y de Química Ambiental, (LIQAYQA) del Conjunto E de la Facultad de Química por su asesoría y apoyo brindado durante la elaboración de la presente investigación.

A la Dra. María del Carmen Durán Domínguez de Bazúa por la dirección de este trabajo.

Al M. en C. Rolando S. García Gómez por su amistad y por la asesoría técnica realizada en la elaboración de esta tesis.

A los miembros del jurado por el tiempo invertido para la revisión de este trabajo, así como también por su asesoría y comentarios acertados para su mejora.

Índice

		Página
I. ÍNDICE DE TABLAS		III
II. ÍNDICE DE GRÁFICOS		V
III. ÍNDICE DE FIGURAS		VI
IV. GLOSARIO DE TÉRMINOS		VII
V. ABREVIATURAS, SIGLAS Y UNIDADES		IX
VI. RESUMEN		X
CAPÍTULO 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA		12
1.1	Introducción	12
1.2	Justificación	14
1.3	Objetivos	15
1.4	Hipótesis	15
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO		16
2.1	Vida útil de los productos hortofrutícolas	16
2.2	Frutos climatéricos y no climatéricos	17
2.3	Biopelículas comestibles	19
2.4	Quitina y quitosana (Q-Qn)	21
2.5	Estudio de la jaiba	23
2.6	Pera (<i>Pyrus communis</i> L.) como fuente de estudio de esta investigación	27
CAPÍTULO 3. DISEÑO DE EXPERIMENTOS Y METODOLOGÍA		30
3.1	Desarrollo experimental	30
3.2	Metodología	31
3.2.1	Despulpado, eviscerado y limpieza de cefalotórax de jaiba	31
3.2.2	Secado	31
3.2.3	Molienda	31
3.2.4	Tamizado	32
3.2.5	Síntesis del disolvente MAC-141©	32
3.2.6	Disolución de la quitina-quitosana	33
3.2.7	Preparación de soluciones control	33
3.2.8	Aplicación de las películas control y experimental	33
3.2.9	Determinación de la vida de anaquel	35

		Página
3.2.10	Elaboración de mermeladas	37
3.2.11	Evaluación sensorial	37
3.3	Análisis estadístico de los datos experimentales	37
CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		38
4.1	Obtención, despulpado, eviscerado y limpieza del cefalotórax y exoesqueleto de jaiba	38
4.2	Secado de cefalotórax de jaiba	38
4.3	Molienda de cefalotórax de jaiba	39
4.4	Tamizado de harina de residuos de jaiba	40
4.5	Síntesis disolvente MAC-141©	41
4.6	Disolución de Q-Qn a partir de harina de cefalotórax de jaiba	42
4.7	Recubrimiento y almacenamiento de lotes de pera recubierta	42
4.8	Determinaciones fisicoquímicas y sensoriales realizadas	43
4.8.1	Color	43
4.8.2	Textura	45
4.8.3	Humedad	47
4.8.4	Grados Brix	49
4.8.5	Vitamina C	51
4.8.6	Porcentaje de acidez	53
4.8.7	Valor de pH	55
4.9	Elaboración de mermeladas y evaluación sensorial	57
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS		61
5.1	Conclusiones	61
5.2	Perspectivas	62
ANEXOS		63
ANEXO 1	DESCRIPCIÓN DE LAS TÉCNICAS EMPLEADAS	63
A1.1	Determinación del contenido de humedad	63
A1.2	Determinación de grados Brix (°Bx)	63
A1.3	Determinación de pH	63
A1.4	Determinación de acidez	64
A1.5	Determinación de vitamina C	65
ANEXO 2	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS EXPERIMENTALES	67
A2.1	Análisis estadístico de los datos experimentales obtenidos de los parámetros evaluados a 4°C	67

		Página
A2.2	Análisis estadístico de los datos experimentales obtenidos de los parámetros evaluados a 25°C	68
A2.3	Análisis estadístico de los datos experimentales obtenidos de los parámetros evaluados a 35°C	69
ANEXO 3	COMPARACIÓN DE MEDIAS POR EL MÉTODO DE DUNCAN	70
A3.1	Comparación de medias de los datos experimentales obtenidos de los parámetros evaluados a 4°C	70
A3.2	Comparación de medias de los datos experimentales obtenidos de los parámetros evaluados a 25°C	72
A3.3	Comparación de medias de los datos experimentales obtenidos de los parámetros evaluados a 35°C	74
ANEXO 4	CUESTIONARIO EVALUACIÓN SENSORIAL	76
ANEXO 5	DIAGRAMA ECOLÓGICO	77
BIBLIOGRAFÍA		79

I. ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Nombre	Página
Tabla 2.1	Ejemplo de algunos frutos climatéricos y no climatéricos según Knee (2008)	17
Tabla 2.2	Comparativo de la captura de jaiba (CONAPESCA, 2014)	25
Tabla 2.3	Composición bromatológica de los desechos de jaiba en %m/m (Morillo <i>et al.</i> , 2006)	26
Tabla 2.4	Principales entidades productoras de pera en México (SIAP, 2017)	27
Tabla 2.5	Requerimiento de frío en postcosecha para su maduración, en diferentes variedades de pera (Villalobos-Acuña y Mitcham, 2008)	29
Tabla 3.1	Volumen o masa ¹ empleada para la síntesis de MAC-141©	33
Tabla 3.2	Masa de quitosana Sigma-Aldrich empleada para preparación de soluciones control	34
Tabla 3.3	Formulación de mermelada de pera	37
Tabla 4.1	Masa del cefalotórax y exoesqueleto de jaiba a diferentes tiempos de secado a temperatura constante (80°C)	39
Tabla 4.2	Granulometría de harina de residuos de jaiba a 1.5 minutos de molienda en un molino de café	40
Tabla 4.3	Granulometría de harina de residuos de jaiba a 3 minutos de molienda en un molino de café	40

¹ El **peso**, en física, es la medida de la fuerza que ejerce la gravedad sobre la masa de un cuerpo. Normalmente, se considera respecto de la fuerza de gravedad terrestre. El peso depende de la intensidad del campo gravitatorio, de la posición relativa de los cuerpos y de la masa de los mismos. La **masa** es una propiedad característica de los cuerpos, la cantidad de materia y no depende de la intensidad del campo gravitatorio, ni de su posición en el espacio. Por ejemplo, una persona de 60 kg de **masa**, pesa 60 **kg-fuerza** en la superficie de la Tierra; pero, la misma persona, en la superficie de la Luna pesaría sólo unos 10 kg-fuerza; sin embargo, su masa seguirá siendo de 60 kg. Las unidades de **peso** y **masa** tienen una larga historia compartida, en parte porque su diferencia no fue bien entendida cuando dichas unidades comenzaron a utilizarse. Cotidianamente, el término "peso" se utiliza a menudo *erróneamente* como sinónimo de masa. La unidad de **masa** del SI es el **kilogramo, kg**, y la de **fuerza** es el **Newton, N**, aunque se usa el **kg-fuerza** que no es una unidad del Sistema Internacional (<http://www.profesorenlinea.com.mx/fisica/masaypeso.htm>)

Tabla	Nombre	Página
Tabla 4.4	Cambio de color en los lotes recubiertos almacenados a 4°C durante 15 días	44
Tabla 4.5	Cambio de color en los lotes recubiertos almacenados a 25°C durante 15 días	44
Tabla 4.6	Cambio de color en los lotes recubiertos almacenados a 35°C por 15 días	45
Tabla 4.7	Cambio en la textura en los lotes recubiertos almacenados a 4°C	46
Tabla 4.8	Cambio en la textura en los lotes recubiertos almacenados a 25°C	47
Tabla 4.9	Cambio en la textura en los lotes recubiertos almacenados a 35°C	47
Tabla 4.10	Cambio en contenido de humedad (%) en lotes recubiertos almacenados a 4°C	48
Tabla 4.11	Cambio en contenido de humedad (%) en lotes recubiertos almacenados a 25°C	48
Tabla 4.12	Cambio en contenido de humedad (%) en lotes recubiertos almacenados a 35°C	48
Tabla 4.13	Nivel de agrado de atributos en mermeladas de pera	58
Tabla 4.14	Análisis de varianza, ANDEVA (ANOVA, en inglés) del nivel de agrado de color en mermelada de pera	58
Tabla 4.15	Análisis de varianza, ANDEVA (ANOVA, en inglés) del nivel de agrado de aroma en mermeladas de pera	58
Tabla 4.16	Grado de preferencia en mermeladas de pera	59
Tabla A2.1.1.	Análisis de varianza del contenido de humedad en pera variedad Anjou a 4°C	67
Tabla A2.1.2.	Análisis de varianza del contenido de °Bx en pera var. Anjou a 4°C	67
Tabla A2.1.3.	Análisis de varianza del contenido de vitamina C en pera variedad Anjou a 4°C	67
Tabla A2.1.4.	Análisis de varianza del contenido de acidez en pera variedad Anjou a 4°C	67
Tabla A2.1.5.	Análisis de varianza del contenido de pH en pera variedad Anjou a 4°C	67
Tabla A2.2.1.	Análisis de varianza del contenido de humedad en pera var. Anjou a 25°C	68
Tabla A2.2.2.	Análisis de varianza del contenido de °Bx en pera var. Anjou a 25°C	68
Tabla A2.2.3.	Análisis de varianza del contenido de vitamina C en pera var. Anjou a 25°C	68
Tabla A2.2.4.	Análisis de varianza del contenido de acidez en pera var. Anjou a 25°C	68
Tabla A2.2.5.	Análisis de varianza del contenido de pH en pera var. Anjou a 25°C	68
Tabla A2.3.1.	Análisis de varianza del contenido de humedad en pera var. Anjou a 35°C	69
Tabla A2.3.2.	Análisis de varianza del contenido de °Bx en pera var. Anjou a 35°C	69
Tabla A2.3.3.	Análisis de varianza del contenido de vitamina C en pera var. Anjou a 35°C	69
Tabla A2.3.4.	Análisis de varianza del contenido de acidez en pera var. Anjou a 35°C	69
Tabla A2.3.5.	Análisis de varianza del contenido de pH en pera var. Anjou a 35°C	69
Tabla A3.1.1.	Pruebas de rango múltiple para humedad a 4°C por días	70
Tabla A3.1.2.	Pruebas de rango múltiple para humedad a 4°C por recubrimiento	70
Tabla A3.1.3.	Pruebas de rango múltiple para °Bx a 4°C por días	70
Tabla A3.1.4.	Pruebas de rango múltiple para °Bx a 4°C por recubrimiento	70
Tabla A3.1.5.	Pruebas de rango múltiple para vitamina C a 4°C por días	70

Tabla	Nombre	Página
Tabla A3.1.6.	Pruebas de rango múltiple para vitamina C a 4°C por recubrimiento	71
Tabla A3.1.7.	Pruebas de rango múltiple para acidez a 4°C por días	71
Tabla A3.1.8.	Pruebas de rango múltiple para acidez a 4°C por recubrimiento	71
Tabla A3.1.9.	Pruebas de rango múltiple para pH a 4°C por días	71
Tabla A3.1.10.	Pruebas de rango múltiple para pH a 4°C por recubrimiento	71
Tabla A3.2.1.	Pruebas de rango múltiple para humedad a 25°C por días	72
Tabla A3.2.2.	Pruebas de rango múltiple para humedad a 25°C por recubrimiento	72
Tabla A3.2.3.	Pruebas de rango múltiple para °Bx a 25°C por días	72
Tabla A3.2.4.	Pruebas de rango múltiple para °Bx a 25°C por recubrimiento	72
Tabla A3.2.5.	Pruebas de rango múltiple para vitamina C a 25°C por días	72
Tabla A3.2.6.	Pruebas de rango múltiple para vitamina C a 25°C por recubrimiento	73
Tabla A3.2.7.	Pruebas de rango múltiple para acidez a 25°C por días	73
Tabla A3.2.8.	Pruebas de rango múltiple para acidez a 25°C por recubrimiento	73
Tabla A3.2.9.	Pruebas de rango múltiple para pH a 25°C por días	73
Tabla A3.2.10.	Pruebas de rango múltiple para pH a 25°C por recubrimiento	73
Tabla A3.3.1.	Pruebas de rango múltiple para humedad a 35°C por días	74
Tabla A3.3.2.	Pruebas de rango múltiple para humedad a 35°C por recubrimiento	74
Tabla A3.3.3.	Pruebas de rango múltiple para °Bx a 35°C por días	74
Tabla A3.3.4.	Pruebas de rango múltiple para °Bx a 35°C por recubrimiento	74
Tabla A3.3.5.	Pruebas de rango múltiple para vitamina C a 35°C por días	74
Tabla A3.3.6.	Pruebas de rango múltiple para vitamina C a 35°C por recubrimiento	75
Tabla A3.3.7.	Pruebas de rango múltiple para acidez a 35°C por días	75
Tabla A3.3.8.	Pruebas de rango múltiple para acidez a 35°C por recubrimiento	75
Tabla A3.3.9.	Pruebas de rango múltiple para pH a 35°C por días	75
Tabla A3.3.10.	Pruebas de rango múltiple para pH a 35°C por recubrimiento	75

II. ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico	Nombre	Página
Gráfico 1	Cambio en el contenido de °Bx en los lotes de pera almacenados a 4°C	49
Gráfico 2	Cambio en el contenido de °Bx en los lotes de pera almacenados a 25°C	50
Gráfico 3	Cambio en el contenido de °Bx en los lotes de pera almacenados a 35°C	50
Gráfico 4	Cambio en el contenido de vitamina C en los lotes de pera almacenados a 4°C	51
Gráfico 5	Cambio en el contenido de vitamina C en los lotes de pera almacenados a 25°C	51
Gráfico 6	Cambio en el contenido de vitamina C en los lotes de pera almacenados a 35°C	52
Gráfico 7	Cambio en el % de acidez en los lotes de pera almacenados a 4°C	53
Gráfico 8	Cambio en el % de acidez en los lotes de pera almacenados a 25°C	53
Gráfico 9	Cambio en el % de acidez en los lotes de pera almacenados a 35°C	54
Gráfico 10	Cambio de pH en los lotes de pera almacenados a 4°C	55
Gráfico 11	Cambio de pH en los lotes de pera almacenados a 25°C	55
Gráfico 12	Cambio de pH en los lotes de pera almacenados a 35°C	57

III. ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Nombre	Página
Figura 2.1	Patrones respiratorios de frutos climatéricos y no climatéricos (Alique, 2016)	18
Figura 2.2	Estructura química de quitina y quitosana (Battisti y Campana-Filho, 2008)	22
Figura 2.3	<i>Callinectes sapidus</i> (CONAPESCA, 2014)	23
Figura 2.4	Dimorfismo sexual del género <i>Callinectes</i> (Ramírez-Félix <i>et al.</i> 2003)	25
Figura 2.5	Serie histórica de la producción de jaiba, masa en toneladas (CONAPESCA, 2014)	25
Figura 2.6	Participación porcentual de la producción de jaiba en las principales entidades. (CONAPESCA, 2014)	26
Figura 2.7	Pera (<i>Pyrus communis L.</i>) variedad Anjou (Frutas y Verduras Eladio, 2015)	28
Figura 3.1	Desarrollo experimental seguido en esta investigación	30
Figura 3.2	Horno de convección marca Felisa, Modelo F-293 D	32
Figura 3.3	Tamices con número de malla 18, 40, 80 y 100	32
Figura 3.4	Disolvente MAC-141©	34
Figura 3.5	Almacenamiento de biopelícula en cámara de humidificación	34
Figura 3.6	Lotes de pera variedad Anjou a recubrir, lote blanco (izquierda), lote Qn 1.5% y Qn 2.0% (centro) y lote Q-Qn y Qn 0.3% (derecha)	34
Figura 3.7	Escala Pantone® (Pantone LLC, 2018)	36
Figura 4.1	Cefalotórax y exoesqueleto de jaiba antes del secado (izquierda) y después del secado (derecha)	38
Figura 4.2	Molienda de caparazones y otros residuos de jaiba en licuadora Hamilton Beach	39
Figura 4.3	Molienda de hojuelas de jaiba en molino para café Hamilton Beach	39
Figura 4.4	Preparación del disolvente MAC-141©	41
Figura 4.5	Disolvente MAC-141© después de centrifugación a 3600 rpm durante 15 min	41
Figura 4.6	Ensayos de extracción realizados, 1:5, 1:10, 1:20, 1:50 y 1:100 (de izquierda a derecha)	42
Figura 4.7	Ensayo de extracción 1:20, relación óptima	42
Figura 4.8	Mermelada de pera recubierta con Q-Qn (izquierda) y mermelada de pera sin recubrimiento (derecha)	60

IV. GLOSARIO DE TÉRMINOS

TÉRMINO	SIGNIFICADO
Acidez	Cantidad de ácido libre en diferentes matrices (alimentarias)
Ácido acético glacial	Ácido monoprotico cuya fórmula molecular es $C_2H_4O_2$, tiene una masa molecular de 60.05 g/mol, es un líquido incoloro con un P_{eb} de 117°C y P_c de 16.2°C, presenta un aroma característico
Ácido L-ascórbico	También conocido como vitamina C, es un ácido cuya fórmula molecular es $C_6H_8O_6$, presenta una masa molecular de 176.12 g/mol, en forma pura es un sólido cristalino, cuyo intervalo de fusión es de 190 a 194°C
Alimento	Cualquier órgano, tejido o secreción que contiene cantidades apreciables de nutrimentos biodisponibles, cuyo consumo en cantidades y formas habituales es inocuo y atractivo a los sentidos
Biftalato de potasio	Sal cuya fórmula molecular es $C_8H_5KO_4$, tiene una masa molecular de 204.22 g/mol, usado como patrón primario para la determinación de la concentración real en soluciones básicas
Biopelícula comestible	Conocida en inglés como "Edible coating", es un recubrimiento elaborado con diferentes clases de biopolímeros como proteínas, lípidos y poliglúcidos, los cuales pueden presentar ciertos beneficios. Dos de ellos son su cualidad biodegradable y su cualidad comestible
Blanco	Término usado en el presente trabajo como referencia a aquellos lotes de pera variedad Anjou que no fueron sometidos a ningún tipo de tratamiento ni a ningún tipo de recubrimiento
Buffers	Reguladores de pH, también llamados <i>buffers</i> (en inglés), son generalmente sistemas integrados por un ácido débil y su sal. Su adición estabiliza el pH dentro de un intervalo deseado
Cefalotórax	Segmento del cuerpo de arácnidos y crustáceos conformada por la unión de la cabeza y el tórax
Control	Término usado en el presente trabajo que se refiere a los frutos bajo estudio sometidos a diferentes recubrimientos, empleando quitosana comercial marca Sigma-Aldrich para ser comparados contra el recubrimiento experimental de quitina-quitosana (Q-Qn) y un blanco
Crustáceo	Se refiere a los artrópodos cuya respiración es a través de branquias, presentan dos pares de antenas y están cubiertos por un caparazón o exoesqueleto usualmente calcificado
2,6-dicloro-indofenol	Reactivo para laboratorio con fórmula molecular $C_{12}H_6Cl_2NNaO_2 \cdot H_2O$, masa molecular de 290.08 g/mol en forma de polvo de color verde oscuro
Estudios de vida de anaquel	Estudios del periodo de tiempo en que un producto alimenticio mantiene una adecuada presentación y calidad para el productor y el consumidor, además de tener características aceptables para la legislación vigente (como microbiológicas y sensoriales) a una temperatura dada
Evaluación sensorial	Es la disciplina que se encarga de caracterizar a los alimentos a través de los cinco sentidos
Fenofaleína	Sustancia empleada como indicador de pH de fórmula molecular $C_{20}H_{14}O_4$, con masa molecular de 318.32 g/mol
Fruto climatérico	Fruto en el cual se presenta una producción autocatalítica de etileno, pudiendo ir acompañado de un pico respiratorio durante la maduración
Grados Brix	Unidad empleada para designar el contenido de sólidos solubles, determinado mediante el uso de un refractómetro

Hortofrutícula	De las hortalizas y los árboles frutales o relativo al cultivo de ambos
Jaiba	Crustáceo perteneciente al orden de los decápodos, perteneciente al phylum Artrópoda (<i>Callinectes sapidus</i> L.). El cuerpo de la jaiba está completamente encerrado en una concha dura llamada cefalotórax-exoesqueleto
LS	Límite superior (<i>LS</i>), representa la línea horizontal ubicada arriba de la línea central, que se utiliza para determinar si un proceso está fuera de control. Se basa en la variación aleatoria esperada en el proceso
MAC-141©	Disolvente compuesto por metanol, agua y cloruro de calcio en relación molar 1:4:1, patentado en los Laboratorios 301, 302 y 303 de Ingeniería Química Ambiental y de Química Ambiental (LIQAYQA) de la Facultad de Química de la UNAM (Flores-Ortega et al., 2004)
Maduración	Término empleado para englobar todos los cambios a los que el fruto se enfrenta hasta completar su crecimiento
Pectina de alto metoxilo	Heteropoliglúcido formado fundamentalmente por largas cadenas de unidades de ácido galacturónico, que puede encontrarse como tal ácido, con el grupo carboxilo libre, o bien o con el carboxilo esterificado por metanol (metoxilado). En función del porcentaje de restos de ácido galacturónico esterificado, las pectinas se clasifican como "de alto metoxilo", cuando este porcentaje es superior al 50%
Pera	Fruto del peral, <i>Pyrus communis</i> L. Fruto de forma ovoide, que varía de color amarillo a verde o hasta rojo o café en algunas especies
pH	Es una medida de la concentración del ion hidronio en solución. Está dado por la expresión: $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]$
Postcosecha	Etapas de la cosecha que, generalmente, es anterior al consumo y posterior a la cosecha
Pruebas de nivel de agrado	Técnicas empleadas para evaluar la aceptación o rechazo de un producto por parte de un consumidor potencial
Química verde	Término empleado para describir el desarrollo, diseño y uso de técnicas químicas que minimicen o eviten daños ambientales
Quitina	Polímero presente en el exoesqueleto de diferentes seres vivos, de fórmula lineal $(\text{C}_8\text{H}_{13}\text{NO}_5)_n$. Es considerada una goma por lo que debía haberse traducido el término chitin del inglés como quitana para respetar la terminación -ana comúnmente usada para las gomas. Desafortunadamente, no es así y ahora se conoce como quitina
Quitosana	Polímero usado en biopelículas para el recubrimiento de alimentos obtenido de forma industrial a través de la desacetilación de la quitina. Siendo también una goma su terminación debe ser -ana y no (-ano) ni (án) por lo que en esta investigación se le llamará quitosana para seguir la nomenclatura de su compuesto parental
Ralentización	Acción y efecto de otorgar lentitud o disminuir la rapidez con la que se ejecuta un proceso u operación
Subproducto	Producto que se obtiene en cualquier operación además del producto principal, el cual, generalmente posee menor valor o incluso puede carecer de éste
Telson	Último segmento del cuerpo de los crustáceos, que suele ser laminar y está situado a continuación del pleon

V. ABREVIATURAS, SIGLAS Y UNIDADES

Abreviatura /Siglas	Significado
AOAC	(Association of Official Analytical Chemists) Siglas en inglés de la Asociación de Químicos Analíticos Estadounidenses quienes desarrollaron los Métodos Oficiales que llevan su nombre
ANDEVA (ANOVA)	Análisis de varianza (<i>Analysis of variance</i> , por sus siglas en inglés)
CONAPESCA	Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca
DBO	Demanda bioquímica de oxígeno
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (por sus siglas en inglés, <i>Food and Agriculture Organization</i>)
FDA	Siglas en inglés de la Agencia de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (<i>Food and Drug Administration</i>)
LIQyQA	Laboratorios de Ingeniería Química Ambiental y de Química Ambiental
MAC-141©	Disolvente capaz de extraer la mezcla quitina-quitosana del cefalotórax y los exoesqueletos de crustáceos, compuesto por metanol, agua y cloruro de calcio en relación 1:4:1
NMX	Norma Mexicana
NOM	Norma Oficial Mexicana
Qn-SA	Quitosana comercial Sigma Aldrich
SAGARPA	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
SE	Secretaría de Economía
SIAP	Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera
SST	Sólidos solubles totales

UNIDADES	
°Bx	Grados Brix
°C	Grado Celsius
g	Unidad de masa en gramos
h	Unidad de tiempo en horas
kg	Unidad de masa en kilogramos
L	Unidad de volumen en litros
mg	Unidad de masa en miligramos
min	Unidad de tiempo en minutos
mL	Unidad de volumen en mililitros
rpm	Revoluciones por minuto
s	Unidad de tiempo en segundos

Nota:

Esta tesis usa el punto decimal (DOF, 2009)

VI. RESUMEN

Muchas técnicas de almacenamiento se han desarrollado a lo largo de los años para prolongar la vida de anaquel de las frutas y hortalizas. Sin embargo, se han reportado diversos problemas relacionados con ellas como la pérdida de características sensoriales y nutricionales. De ahí la importancia de desarrollar nuevas técnicas, como el empleo de biopelículas comestibles para recubrirlas. El uso de biopolímeros como la quitina y su derivado desacetilado, la quitosana, proporcionan protección física y mecánica a los alimentos, aumentando de esta forma su vida de anaquel. De la jaiba (*Callinectes sapidus*) se aprovecha solamente entre un 10-20%, dejando sin uso aproximadamente el 80% de su masa corporal la cual constituye el caparazón, las patas y el abdomen. Estos desechos son ricos, entre otros componentes, en quitina. Su extracción clásica es a través del uso de ácidos y álcalis fuertes, los cuales logran descalcificar y desproteinizar la materia orgánica. Para evitar su uso se ha desarrollado un disolvente basado en los principios de la química verde, MAC-141©, elaborado con metanol:agua:cloruro de calcio en proporción 1:4:1, el cual fue patentado en los Laboratorios 301, 302 y 303 de Ingeniería Química Ambiental y de Química Ambiental (LIQAyQA) de la Facultad de Química de la UNAM. En el presente estudio, se realizó la extracción de la quitina utilizando el disolvente MAC-141©, empleando las relaciones 1:5, 1:10, 1:20, 1:50 y 1:100 de harina de cefalotórax de jaiba y disolvente, respectivamente, siendo la mejor relación la de 1:20. Se estudió la efectividad del recubrimiento quitina-quitosana obtenido a partir de cefalotórax de jaiba, sobre pera variedad Anjou almacenada a 4, 25 y 35°C mediante la evaluación de parámetros fisicoquímicos (determinación de grados Brix, pH, porcentaje de acidez, contenido de vitamina C y contenido de humedad) y sensoriales (atributos de color y textura). Se encontró que este recubrimiento en comparación con los recubrimientos control hechos con quitosana comercial Sigma-Aldrich disuelta en agua acidulada con ácido ascórbico al 2% (Qn-SA 0.3, 1.5 y 2.0% y sin recubrir), permitió la ralentización de los fenómenos de madurez en la pera, tales como la degradación de la clorofila, pérdida de humedad, pérdida del contenido de vitamina C, disminución de acidez y aumento del pH.

Sin embargo, tuvo un efecto negativo sobre la firmeza de la fruta conforme el avance de la maduración, al igual que en los grados Brix. Finalmente se elaboró una mermelada a partir de pera recubierta, la cual fue evaluada sensorialmente por jueces no entrenados. A partir de esta evaluación se encontró que el uso del recubrimiento de quitina-quitosana en pera variedad Anjou puede ser factible para la elaboración de productos alimenticios tales como mermelada, de acuerdo con la aceptación por parte de los consumidores, al no encontrarse diferencia significativa con la mermelada elaborada a partir de pera no recubierta.

Palabras clave: Vida de anaquel, biopelículas comestibles, quitina, quitosana, jaiba (*Callinectes sapidus*), MAC-141©, cefalotórax, pera variedad Anjou (*Pyrus communis* L.), madurez, mermelada

CAPÍTULO 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Introducción

El constante crecimiento demográfico de la mayoría de los países subdesarrollados, en vía de desarrollo o de economías emergentes, como se les llama ahora, ha hecho que con el pasar de los años, estos países busquen resolver los problemas de alimentación a través de la utilización racional de sus recursos naturales. El aprovechamiento de los recursos marinos es una de las actividades económicas más importantes para los países que cuentan, como México, con al menos una costa. Para éstos, existen especies marinas que son de mayor valor comercial que otras; sin embargo, esto no implica que exclusivamente se exploten dichas especies, por lo que constantemente se busca el aprovechamiento íntegro de cada especie independientemente de su valor comercial (Cabello *et al.*, 2005).

La acuicultura es una de las actividades con mayor potencial y desarrollo en los últimos años en México. Arroja beneficios sociales y económicos que se traducen en una fuente de alimentación para la población con un elevado valor nutricional y costos accesibles. No obstante, este desarrollo ha sido insuficiente, ya que aproximadamente el 80% de los cultivos que se desarrollan en el país son de tipo extensivo y con rendimiento bajo (Álvarez *et al.*, 2012).

Las especies pertenecientes a la familia de los crustáceos presentan un alto valor comercial, ya que lo valioso en ellas es su pulpa, por lo que sus patas, abdomen y caparazón o exoesqueleto son considerados desechos. De la jaiba (*Callinectes sapidus*) se aprovecha solamente entre un 10-20%, dejando sin uso aproximadamente el 80% de su masa corporal la cual constituye el caparazón, las patas y el abdomen. Estos desechos son ricos en quitina, carbonato de calcio y pigmentos carotenoides (Otwell y Koburger, 1985). Muchos de los desechos van a dar al suelo o al agua causando contaminación no solamente superficial, sino también generando una alta demanda bioquímica de oxígeno en el agua, eliminando una parte de la flora y la fauna acuáticas que dependen del oxígeno disuelto para sobrevivir (Lárez, 2008).

Estos “desechos” o subproductos podrían ser utilizados por otras industrias como la farmacéutica, la cosmética y de alimentos, como en el caso de la quitina para la elaboración de biopelículas comestibles (Flores-Ortega, 2004; 2008).

Por otro lado, la pera variedad Anjou (*Pyrus communis* L.) tiene una vida de anaquel muy corta, de 7 a 10 días a temperatura ambiente sin empaque. Además, es muy susceptible a la descomposición, daño mecánico y pérdidas nutricionales durante el almacenamiento. Por ello, resulta necesario determinar formas de aumentar su conservación sin perder sus propiedades nutrimentales ni sensoriales (Nath *et al.*, 2012).

Se han realizado diversos estudios siguiendo esta línea de investigación. Varios de ellos se han llevado a cabo en los Laboratorios de Ingeniería Química Ambiental y de Química Ambiental (LIQAYQA), como los que se mencionan a continuación. La biopelícula de quitina y quitosana obtenida de residuos de camarón se evaluó sobre fresas a temperatura ambiente y temperatura de refrigeración (Ortega-Granados, 2011), sobre uvas de mesa definiendo las diferencias entre los lotes de fruta con y sin biopelícula (Velázquez-Solís, 2013), y sobre brócoli y guayaba a 4, 25 y 35°C, corroborando que alarga la vida de anaquel especialmente cuando la temperatura es de 4°C (Enríquez-Estrada y Nava-Arévalo, 2016). Estos estudios se basaron en la extracción de quitina y quitosana del cefalotórax y exoesqueleto de camarón, por lo que en el presente trabajo se plantea la extracción empleando otro crustáceo de gran importancia en la industria pesquera mexicana, la jaiba o cangrejo azul.

En los LIQAYQA también se han realizado diversas investigaciones sobre la jaiba y la utilización de sus desechos. Se estudiaron los complejos caroteno-proteínicos, los cuales se separaron empleando diferentes disolventes y condiciones para su posterior utilización en alimentos (Mendoza-Pérez, 2014), así como la extracción de estos pigmentos carotenoides bajo diferentes condiciones de acidez (Vázquez-Marcial, 2015). Por ello, en la presente investigación se busca aprovechar los residuos de la jaiba, más allá de sus pigmentos, con la extracción de quitina y quitosana.

Siguiendo la línea de investigación sobre la extracción de quitina y quitosana en los LIQyQA y su implicación en biopelículas comestibles, en el presente trabajo se utilizó la metodología propuesta por Flores-Ortega (2004) que definió el método más adecuado de separación a partir de harinas de cabeza de camarón.

1.2 Justificación

Se han desarrollado a lo largo de los años muchas técnicas de almacenamiento para prolongar la vida de anaquel de las frutas. Sin embargo, se han reportado diversos problemas como lesiones por CO₂, aumento en la producción de etanol y problemas de sabor debido a condiciones anaerobias (Nath *et al.*, 2012).

De ahí la importancia en desarrollar nuevas técnicas basadas en la química verde, como el empleo de biopelículas comestibles.

Las biopelículas comestibles ofrecen la posibilidad de minimizar los efectos antes mencionados suministrando una barrera semipermeable a gases y vapor de agua, ralentizando la maduración y senescencia del fruto (Gontard *et al.*, 1992).

Los recubrimientos elaborados a partir de polímeros de polisacáridos han demostrado su efectividad en numerosos estudios, los cuales han arrojado información importante al respecto sobre cómo evitar la pérdida de humedad en los frutos, conservar textura tersa y presentar un efecto bacteriostático sobre ellos (Lárez, 2008).

Por otro lado, la producción de pera en México está en constante crecimiento. Según información del SIAP, en el año 2017 se produjeron poco más de 27 mil toneladas en el país, con Puebla y Michoacán como los principales estados productores (SIAP, 2017).

De esta forma, se desea aprovechar los desechos de jaiba ricos en quitina para realizar su extracción y posteriormente recubrir lotes de pera, determinando su efecto sobre la ralentización de los fenómenos de maduración y senescencia.

1.3 Objetivos

Objetivo general

Determinar la efectividad de un recubrimiento de quitina-quitosana obtenido a partir del exoesqueleto y cefalotórax de jaiba, aplicado sobre pera variedad Anjou mediante la evaluación de parámetros fisicoquímicos y sensoriales a través de un estudio de vida de anaquel acelerada.

Objetivos particulares

- Buscar la mejor extracción de quitina-quitosana obtenida del cefalotórax de jaiba mediante técnicas de química verde por medio del empleo del disolvente MAC-141©
- Evaluar mediante distintos parámetros fisicoquímicos la maduración y senescencia de la pera variedad Anjou
- Evaluar la capacidad de la pera variedad Anjou recubierta como materia prima para la elaboración de un producto alimenticio, la mermelada
- Evaluar la existencia de diferencias significativas en la evaluación sensorial de mermeladas elaboradas a partir de lotes de pera recubierta y sin recubrir (blanco).

1.4 Hipótesis

Se espera que los lotes de pera variedad Anjou recubiertas con la biopelícula de quitina-quitosana obtenida a partir del caparazón, abdomen y tenazas de jaiba se preserven con una vida de anaquel mayor, ralentizando la maduración y senescencia del fruto, respecto de los lotes sin recubrimiento y los recubrimientos control, a cada una de las temperaturas bajo estudio.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1 Vida útil de los productos hortofrutícolas

El importante valor nutricional y económico de las frutas y de las hortalizas frescas es bien conocido. Las frutas y las hortalizas son los mejores transportadores de vitaminas y minerales esenciales, fibra dietética, antioxidantes fenólicos, glucosinolatos y otras sustancias bioactivas. Además, proveen de hidratos de carbono y proteínas. Estos efectos nutricionales y promotores de la salud mejoran el bienestar humano y reducen el riesgo de padecer varias enfermedades. Por ello las frutas y las hortalizas son importantes para la nutrición humana, sugiriéndose una ingesta de cinco porciones por día (FAO, 2004).

Las frutas y las hortalizas son productos altamente perecederos. Comúnmente, hasta un 23% de las frutas y las hortalizas más perecederos se pierden debido a deterioros microbiológicos y fisiológicos, pérdida de agua, daño mecánico durante la cosecha, envasado y transporte o a las inadecuadas condiciones de traslado (FAO, 2004).

Se ha reportado que durante el manejo postcosecha de los productos vegetales se pueden estimar pérdidas de hasta el 40% del total cosechado. Éstas varían entre productos, áreas de producción y época del año (Aular, 2006). La mayoría de ellas se debe a la falta de infraestructura o a una infraestructura inadecuada para la manipulación, almacenamiento y elaboración eficiente de la producción agrícola. También contribuyen a estas pérdidas el alto costo de las tecnologías de procesamiento y la falta de información o de un apropiado conocimiento técnico de los procesos (FAO, 2004).

Las técnicas de conservación se aplican para controlar el deterioro de la calidad de los alimentos. Este deterioro puede ser causado por microorganismos y/o por una variedad de reacciones físicoquímicas que ocurren después de la cosecha. Sin embargo, la prioridad de cualquier proceso de conservación es minimizar la probabilidad de ocurrencia y de proliferación de microorganismos deteriorativos y patógenos (Leistner y Gould, 2002).

Para prolongar la vida postcosecha de los productos hortofrutícolas se han implementado diferentes tecnologías, entre ellas el almacenamiento a bajas temperaturas, la utilización de empaques plásticos para crear atmósferas modificadas, la aplicación de tratamientos hidrotérmicos, irradiación y formulaciones que contienen agentes biológicos, entre otras (Quezada *et al.*, 2003).

2.2 Frutos climatéricos y no climatéricos

El grado de madurez con el que se cosechan los frutos tiene implicaciones directas en la calidad y en la vida de anaquel. Esto requiere de una particular atención, especialmente en el caso de frutos climatéricos (FAO, 1993).

Existen diversas formas para clasificar a las frutas. Una de ellas es la clasificación según su tipo de maduración, como se observa en la Tabla 2.1. Son climatéricas y no climatéricas, lo cual es fundamental para definir el papel que se debe desempeñar en el proceso postcosecha (Knee, 2008).

Tabla 2.1. Ejemplo de algunos frutos climatéricos y no climatéricos según Knee (2008)

Climatéricos		No climatéricos	
Nombre común	Nombre científico	Nombre común	Nombre científico
Aguacate	<i>Persa americana</i> Mill.	Cereza	<i>Prunus avium</i> L.
Frambuesa	<i>Rubus idaeus</i> L.	Fresa	<i>Fragaria xananassa</i> Duch
Guayaba	<i>Psidium guajava</i> L.	Limón	<i>Citricus jambhiri</i> Lusch
Mango	<i>Mangifera indica</i> L.	Naranja	<i>Citricus sinensis</i> L.
Pera	<i>Pyrus communis</i> L.	Piña	<i>Ananas comosus</i> L.
Manzana	<i>Malus pumila</i> Mill.	Sandía	<i>Citrullus lanatus</i>
Plátano	<i>Musa</i> L.	Uva	<i>Vitis vinifera</i> L.

Las frutas crecen en la planta hasta alcanzar un máximo desarrollo, para dar inicio a la maduración; en las frutas climatéricas, este proceso es acompañado por un aumento en la tasa de respiración y producción de etileno, a diferencia de las frutas no climatéricas cuya tasa de respiración basal no aumenta luego de alcanzar su máximo crecimiento (Knee, 2008).

Las frutas climatéricas generalmente se recolectan inmaduras para distribuir las comercialmente y terminan de madurar fuera del árbol. Las frutas climatéricas en estado inmaduro presentan un periodo bien definido en el que su respiración basal se reduce. Después de algunos días, la respiración se incrementa bruscamente, dando inicio al climaterio y a la maduración (Alique, 2016).

Por otra parte, las frutas no climatéricas se caracterizan porque su patrón de respiración permanece prácticamente constante una vez cortadas de la planta o el árbol; a diferencia de las anteriores, éstas normalmente permanecen en el árbol hasta que maduran. Estas diferencias entre los frutos climatéricos y los no climatéricos se observan en la Figura 2.1 (Alique, 2016).

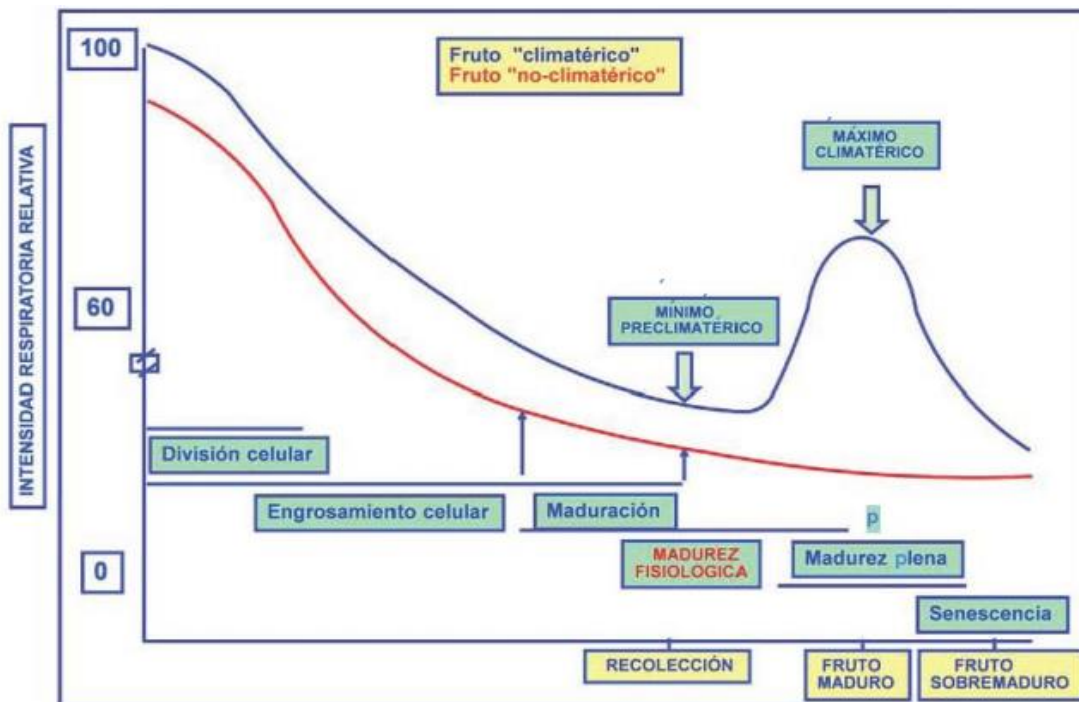


Figura 2.1. Patrones respiratorios de frutos climatéricos y no climatéricos (Alique, 2016)

El etileno, aún en concentraciones muy bajas, del orden de 0.1 ppm, causa una fuerte alteración a los sistemas genéticos, induce la síntesis de un gran número de enzimas, tales como proteasas, lipasas, amilasas, pectinasas, lipoxigenasas, clorofilasas, etc. (Baduí, 2006).

La maduración se define como el cambio en el contenido de diferentes solutos en el fruto. Durante la maduración se afecta su composición. Estos cambios se agrupan como índices de cosecha, los cuales según Gélvez-Torres (1998) abarcan los siguientes puntos:

- Hidratos de carbono: La hidrólisis de poliglúcidos complejos como son el almidón en la maduración de las frutas ofrece un incremento de su dulzor, al aumentar el contenido de hexosas y glúcidos simples.
- Acidez: Este valor puede cambiar durante la maduración de las frutas. Generalmente disminuye conforme la fruta madura y se incrementa después de 5 días en almacenamiento.
- Vitamina C: Durante el almacenamiento, los niveles de vitamina C se reducen a partir del día 9, llegando al valor mínimo a partir del día 15.

2.3 Biopelículas comestibles

Una alternativa con potencial viable para la conservación de frutas y vegetales es la utilización de recubrimientos comestibles, los cuales pueden elaborarse con ingredientes básicos adecuados al producto para brindarle la protección de barrera deseada y, además, sirven como vehículos para incorporar aditivos específicos que refuerzan su funcionalidad tales como antioxidantes, colorantes y antimicrobianos (Cagri *et al.*, 2004). Las biopelículas comestibles son recubrimientos elaborados con diferentes clases de biopolímeros como proteínas, lípidos y polisacáridos, los cuales pueden presentar ciertos beneficios, como son su cualidad biodegradable y su inocuidad (Pérez-Pérez y López-Malo, 2011). Otro beneficio que ofrece el uso de biopelículas comestibles en frutas es el de proporcionar protección física y mecánica, retardar la deshidratación, evitar la oxidación de los componentes de la fruta, disminuir la tasa de respiración, así como también evitar la pérdida del aroma y el deterioro microbiano, además de mejorar la calidad visual del fruto durante el almacenamiento y su comercialización (Han, 2014).

El mecanismo por el cual los recubrimientos conservan la calidad de frutas y vegetales es debido a que crean una barrera física a los gases, produciendo una atmósfera modificada ya que reducen la disponibilidad de O₂ e incrementan la concentración de CO₂ (Ramos *et al.*, 2010).

Como se mencionó anteriormente, las biopelículas comestibles pueden ser elaboradas con base en lípidos, proteínas y/o poliglúcidos. Las principales características de cada uno son las siguientes:

- Recubrimientos con base en lípidos: Son muy eficientes para reducir la deshidratación o pérdida de humedad en frutas y vegetales frescos, debido a su baja polaridad presentan una escasa permeabilidad al vapor de agua (Kester y Fennema, 1986). Estos recubrimientos presentan algunas limitaciones tales como propiedades mecánicas pobres y, en ocasiones, mala apariencia. Es por eso que los lípidos son mezclados con otras sustancias como poliglúcidos, ya que estas combinaciones proporcionan al recubrimiento una mayor estabilidad (García *et al.*, 2000).
- Recubrimientos con base en proteínas: Presentan mejores propiedades de barrera a los gases; sin embargo, la resistencia que presentan al vapor de agua es menor debido a su naturaleza hidrofílica (Pérez-Gago y Krochta, 2002). Se ha encontrado también una reducción en el oscurecimiento enzimático al emplear recubrimiento de proteína, lo cual se atribuye a la alta propiedad de barrera al oxígeno que presentan las proteínas (Pérez-Gago *et al.*, 2005).
- Recubrimientos con base en poliglúcidos: Han sido los más utilizados para recubrir frutas y esto es debido a sus propiedades mecánicas de adherencia y flexibilidad en la superficie de los productos hortofrutícolas (Meza, 2006). Sin embargo, al igual que con los recubrimientos con base en proteínas, presentan pobre capacidad de barrera frente a la humedad (Morillon *et al.*, 2002).

En estudios recientes, las tecnologías de películas comestibles y biodegradables contemplan la producción de películas mediante la combinación de diversos poliglúcidos, proteínas y lípidos, con el objetivo de aprovechar las propiedades de cada compuesto y la sinergia entre los componentes implementados, ya que las propiedades mecánicas y de barrera dependen de los compuestos que integran la matriz polimérica y de su compatibilidad (Altenhofen *et al.*, 2009).

Para poder ser utilizada como recubrimiento en alimentos, la biopelícula debe cumplir ciertos parámetros, como los señalados por Jongen (2005):

- Presentar propiedades sensoriales agradables
- Contar con una amplia barrera protectora
- Tener propiedades mecánicas apropiadas
- Presentar una estabilidad fisicoquímica y microbiológica
- Presentar al consumidor un bajo costo de materia prima y de proceso

El empleo de estas películas debe considerar la seguridad para el consumidor y con ello, su aceptación (Barreiro y Sandoval, 2006).

2.4 Quitina y quitosana (Q-Qn)

La quitina es uno de los polímeros más abundantes, el segundo solo después de la celulosa (Bhat y Rong, 2006). Es un polímero que compone la estructura del exoesqueleto de los invertebrados como crustáceos, insectos y arácnidos y en ciertos hongos formando las paredes celulares como el polímero fibrilar principal. Se encuentra formado por unidades repetidas de N-acetil-D-glucosamina unidos por enlaces β -1,4 que al ser desacetilada (Figura 2.2), da la formación de una poli-D-glucosamina, llamada quitosana.

La quitosana es más soluble en comparación con la quitina y favorece la formación de películas además de poseer actividad antimicrobiana (Mourad *et al.*, 2014; Sarabia-Bañuelos, 2011).

La actividad fungicida de la quitosana ha sido reportada en varios estudios, inhibiendo el crecimiento de los hongos causantes de enfermedades postcosecha, manifestándose esta inhibición en el crecimiento micelial y esporulación o en ambos estados de desarrollo.

De la misma forma en diversos estudios se ha reportado un efecto bactericida específicamente sobre *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella typhimurium* y *Salmonella enterica*. El efecto fungicida y bactericida de la quitosana se encuentra en función de la concentración utilizada, su masa molecular y su grado de desacetilación (El Ghaout y Arul, 1992).

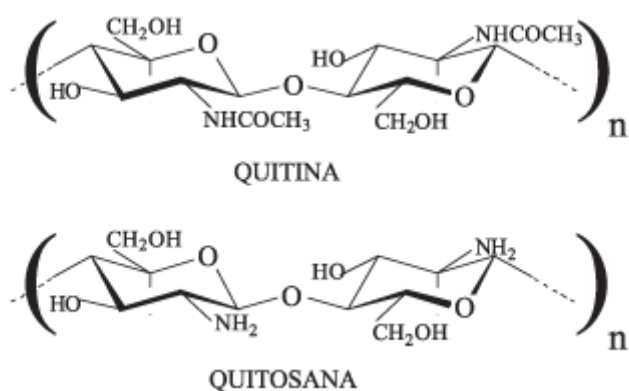


Figura 2.2. Estructura química de quitina y quitosana (Battisti y Campana-Filho, 2008)

La quitina-quitosana es una mezcla de compuestos que presenta características biofuncionales, por lo que podría ser una alternativa viable para sustituir los métodos de control de microorganismos tradicionales. Además, puede utilizarse sin problemas para elaborar recubrimientos comestibles (González *et al.*, 2005). Los recubrimientos con quitosana forman una cubierta en la superficie de los frutos, que actúa como una barrera mecánica para proteger al fruto de infecciones causadas por hongos además de ralentizar los procesos de maduración del fruto (El Ghaout y Arul, 1992; Enríquez-Estrada y Nava-Arévalo, 2016; Ortega-Granados, 2011; Velázquez-Solís, 2013). La obtención clásica de estos polímeros es a través del uso de ácidos y álcalis fuertes, los cuales logran descalcificar y desproteinizar la materia orgánica (Andrade y Warner, 1998). Dado lo anterior, en el presente trabajo se utilizó un disolvente basado en los principios de la química verde, MAC-141© (metanol:agua:cloruro de calcio proporción molar 1:4:1), patentado en los Laboratorios 301, 302 y 303 de Ingeniería Química Ambiental y de Química Ambiental, LIQAyQA.

La extracción se encuentra fundamentada en la solubilización de las proteínas en una solución saturada de cloruro de calcio a través de la formación del complejo quitina-sal de calcio, para posteriormente llevarse a cabo la redistribución hidrófoba e hidrofílica del polímero cambiando su estructura (Flores-Ortega, 2004, 2008).

2.5 Estudio de la jaiba

La jaiba (*Callinectes sapidus*) (Figura 2.3) es un crustáceo perteneciente al orden de los decápodos, perteneciente al phylum Artrópoda. Su nombre científico proviene del griego “kalos” fuerte y “nectes” nadador (Millikin y Williams, 1984).



Figura 2.3. *Callinectes sapidus* (CONAPESCA, 2014)

De acuerdo con Cisneros y colaboradores (2014), la jaiba se clasifica taxonómicamente como sigue:

Phylum: Arthropoda

Subphylum: Crustacea

Clase: Malacostraca

Subclase: Eumalacostraca

Superorden: Eucarida

Orden: Decapoda

Suborden: Pleocyemata

Infraorden: Brachyura

Superfamilia: Portunoidea

Familia: Portunidae

Género: *Callinectes*

En el Pacífico mexicano, las jaibas del género *Callinectes* son capturadas comercialmente en cuatro zonas: Litoral oriental de Baja California, litoral de Sonora y Sinaloa, litoral occidental de Baja California Sur y litoral de Oaxaca y Chiapas. La abundancia relativa específica y la captura varían en las distintas zonas (Cisneros *et al.*, 2014).

El cuerpo de la jaiba está completamente encerrado en una concha dura llamada cefalotórax-exoesqueleto, por encontrarse la cabeza y los segmentos torácicos fusionados con el esqueleto (Meglitsch, 1985). Sus caparazones son duros, cubren las agallas mas no el abdomen y son de forma más o menos hexagonal, aplanados, generalmente más anchos que largos; la mayoría presenta una serie de espinas en los márgenes laterales y frontales. Poseen quelas relativamente grandes y con espinas. El abdomen es corto, aplanado y plegado hacia la parte inferior del cuerpo (Hendrickx, 1984).

Las jaibas *Callinectes* presentan dimorfismo sexual primario. Los machos tienen el abdomen en forma de T invertida; en organismos inmaduros está pegado al cuerpo y en organismos maduros puede ser despegado con poco esfuerzo. Las hembras inmaduras presentan un abdomen triangular con un telson al final y las hembras maduras un abdomen ovalado sin la presencia de un telson (Figura 2.4) (Ramírez-Félix *et al.*, 2003). Con respecto a su biología y ecología reproductiva, las jaibas son estrategias "r", especies que se caracterizan por alta fecundidad, crecimiento rápido, madurez sexual temprana, altas tasas de mortalidad y ciclo de vida corto (Carmona-Suárez, 2009). De acuerdo con el Anuario Estadístico de Acuacultura y Pesca, siendo los últimos datos disponibles del 2014, la jaiba por su volumen se encuentra posicionada en el lugar 11 de la producción pesquera en México; al igual que por su valor, se encuentra en el lugar 11. Está detrás de las siguientes especies: sardina, atún, camarón, mojarra, ostión, carpa, calamar, pulpo, tiburón y cazón. La tasa media de crecimiento anual de la producción en los últimos 10 años es de 5.35% (CONAPESCA, 2014). En la Figura 2.5 se puede apreciar la captura en toneladas de jaiba en el período 2005-2014. En la Tabla 2.2 se observa el comparativo en la captura de jaiba del año 2013 al 2014, en cuanto al volumen y valor generado.

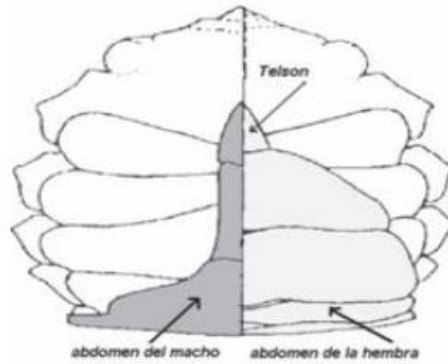


Figura 2.4. Dimorfismo sexual del género *Callinectes* (Ramírez-Félix et al. 2003)

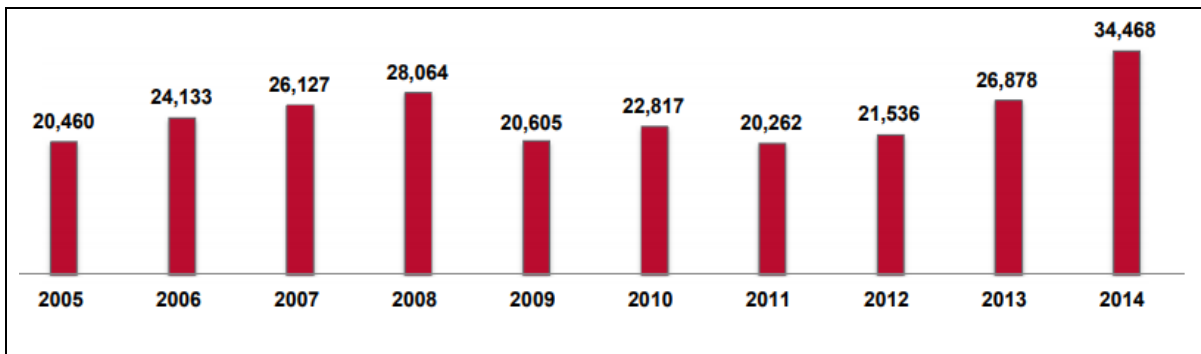


Figura 2.5. Serie histórica de la captura de jaiba, masa en toneladas (CONAPESCA, 2014)

Tabla 2.2. Comparativo de la captura de jaiba (CONAPESCA, 2014)

Variable	2013	2014	DIF	DIF%
Volumen (Masa viva en toneladas)	26,878	34,468	7,590	28%
Valor (Miles de pesos)	349,652	429,466	79,814	23%
Captura (Masa viva en toneladas)	26,878	34,468	7,590	28%

En el 2014 la producción de jaiba en México alcanzó las 34 mil toneladas en masa viva, con Sinaloa como el estado con la mayor producción constituyendo el 40% del total (Figura 2.6), seguido por Sonora, Veracruz y Campeche como los estados con mayor presencia (CONAPESCA, 2014).

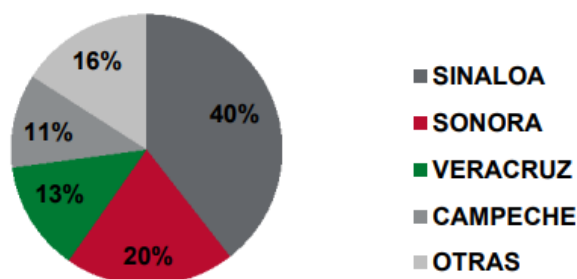


Figura 2.6. Participación porcentual de la producción de jaiba en las principales entidades (CONAPESCA, 2014)

De acuerdo con Morillo y colaboradores (2006), la composición química de los desechos de jaiba es la presentada en la Tabla 2.3.

Tabla 2.3. Composición bromatológica de los desechos de jaiba en %m/m (Morillo *et al.*, 2006)

Variable	Abdomen	Caparazón	Tenazas
Proteína	41.76	27.37	22.57
Grasa	4.64	6.18	0.04
Cenizas	29.67	37.18	53.55
Humedad	5.46	5.73	5.27

El resto consta de hidratos de carbono donde la mezcla quitina-quitosana se encuentra en una proporción aproximada del 14% (Morillo *et al.*, 2006).

Los subproductos de los crustáceos generados durante las operaciones de procesamiento de recuperación o acondicionamiento de la porción comestible de los cangrejos, camarón, jaiba y langosta son altos en sales minerales (15-35%), proteína (25-50%), quitina (15-30%), lípidos y pigmentos (Higuera-Ciapara *et al.*, 2006).

2.6 Pera como fuente de estudio de esta investigación

La pera (*Pyrus communis* L.) es popular entre los consumidores por su fragancia única, sutil aroma, dulzura y frescura (Nath *et al.*, 2012).

El peral es un árbol procedente de Asia, específicamente de la región del Cáucaso; su cultivo se remonta desde épocas muy antiguas 3,000 a 4,000 años. Se considera que a partir del siglo III a. de C. apareció en Europa, mientras que al Continente Americano llegó a través de los colonizadores ingleses y franceses que arribaron a Canadá, de donde se extendió a todo América. Hoy en día los principales productores de pera son en orden de importancia China, Italia, EE.UU., España, Turquía y Argentina, los cuales aportan en conjunto cerca del 47% del total de la producción mundial (Vera, 1995).

México actualmente se encuentra en el lugar 38 a nivel mundial. Sin embargo, la producción de pera en México está en constante crecimiento. Según información del SIAP, en el año 2017 se produjeron más de 27 mil toneladas. Como se observa en la Tabla 2.4, con Puebla, Michoacán, Veracruz y Morelos como los principales estados productores (SIAP, 2017).

Tabla 2.4. Principales entidades productoras de pera en México (SIAP, 2017)

Rank	Entidad federativa	Volumen (toneladas)		Variación (%) 2012-2017
		2012	2017	
	Total nacional	21,573	27,929	29.5
1	Puebla	7,094	11,364	60.2
2	Michoacán	5,712	9,257	62.1
3	Veracruz	465	2,049	341
4	Morelos	4,924	2,010	-59.2
5	Durango	535	635	18.6
6	México	1,094	570	-47.9
7	Chiapas	10	450	4,479
8	Chihuahua	529	304	-42.5
9	Ciudad de México	258	275	6.6
10	Oaxaca	155	236	52.1
	Resto	797	781	-2.0

Existen, de acuerdo con especialistas, más de 2,000 variedades de perales en el mundo, que tienen frutos de formas distintas, de cualidades muy variables y de épocas de madurez muy diversas (Vera, 1995).

En el caso de nuestro país, las principales variedades que se cultivan son: Paraíso, Kieffer y Lechera, que pertenecen al género de las llamadas criollas y que fueron introducidas principalmente por los españoles. Sin embargo, la variedad de pera que mayor demanda y precio alcanza es la llamada D'Anjou o simplemente Anjou, la cual es de importación (Vera, 1995).

La pera variedad Anjou (Figura 2.7), originaria de Francia, se reconoce por su apariencia en forma de huevo, con la parte más baja de forma esférica que se afina en la parte media para terminar con la parte superior redondeada y más pequeña. Su piel es color verde brillante y en algunas ocasiones tiene un ligero rubor rojizo (Kader, 2011).



Figura 2.7. Pera (*Pyrus communis* L.) variedad Anjou (Frutas y Verduras Eladio, 2015)

Es un fruto que presenta un incremento respiratorio durante su proceso de maduración y es por esta razón que es denominado fruto climatérico. Madura a mediados y finales de agosto y, normalmente, se cosecha con una concentración mínima de sólidos solubles de 10-12°Brix. Tienen una vida útil muy corta de 7-10 días a temperatura ambiente (25-30°C) sin empaque. La vida útil de la pera es muy corta y es susceptible de deterioro, daño mecánico y pérdida de humedad y nutrientes durante el almacenamiento (Nath *et al.*, 2012).

Durante el proceso de crecimiento y maduración de las peras se producen grandes cambios, tales como aumento del tamaño del fruto, coloración de la piel (síntesis o degradación de pigmentos), textura (cambios de pared celular), almidón (degradación a glúcidos simples), aromas (aumento de compuestos volátiles), hormonas (etileno, etc.), entre otros (Villalobos-Acuña y Mitcham, 2008).

A diferencia de otras frutas como las manzanas, algunas variedades de peras necesitan un período de bajas temperaturas luego de la cosecha (almacenamiento entre -1.0 y -0.5 °C), para alcanzar una madurez de consumo adecuada. Este punto es uno de los aspectos más importantes y permite separar las diferentes variedades entre sí. En la Tabla 2.5 se aprecian los requerimientos de frío de diferentes variedades. Como se observa, la variedad Anjou requiere de mínimo 2 meses de almacenamiento a temperatura bajo cero (Villalobos-Acuña y Mitcham, 2008).

Tabla 2.5. Requerimiento de frío en postcosecha para su maduración, en diferentes variedades de pera (Villalobos-Acuña y Mitcham, 2008)

Variedad	Requerimiento de frío (N°. días a -1/0°C)
Abate Fetel, Coscia	0
William's (Bartlett)	0-15
Beurre Bosc	30-70
Comice	3-45
D'Anjou	60
Forelle	15-20
Packham's Triumph	20-60

En general, se habla de peras de verano o invierno; estas últimas son las que necesitan un período de tiempo a bajas temperaturas para lograr una adecuada madurez de consumo. Además del frío, una maduración uniforme se podría lograr con la aplicación de etileno. La respuesta a este manejo es dependiente de la variedad, estado de madurez, tiempo y temperatura de exposición (Sugar y Einhorn, 2011).

CAPÍTULO 3. DISEÑO DE EXPERIMENTOS Y METODOLOGÍA

3.1 Desarrollo experimental

A continuación, en la Figura 3.1 se expone, de forma general, el desarrollo experimental realizado en esta investigación.

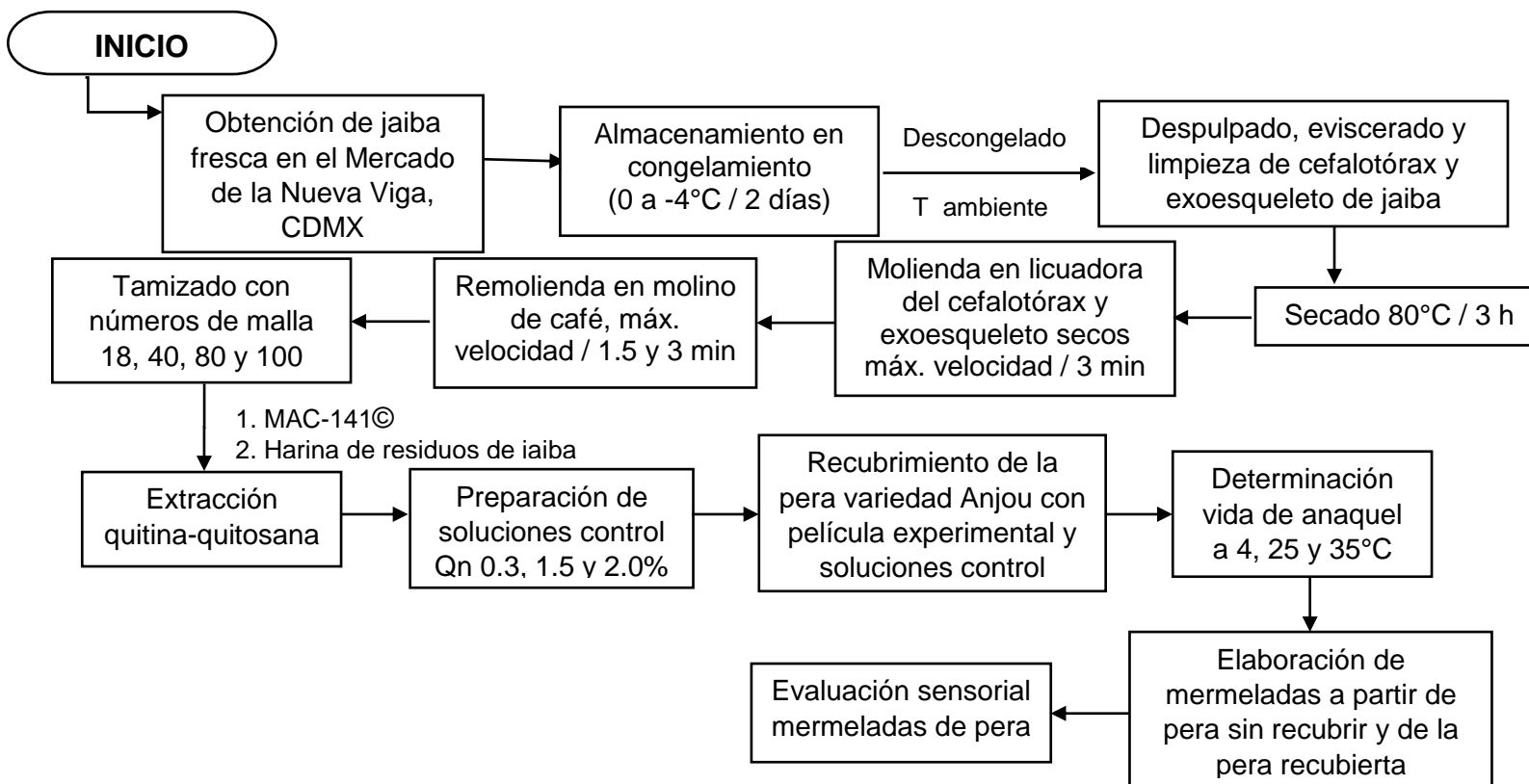


Figura 3.1. Desarrollo experimental seguido en esta investigación

3.2 Metodología

A continuación, se describen detalladamente las técnicas empleadas durante el desarrollo experimental. Éstas se basaron en referencias de normas mexicanas o bien en metodologías avaladas por la AOAC International (AOAC, 1995). Cada metodología, así como sus posibles modificaciones respecto de la fuente original para fines de esta investigación se explican con amplitud en el Anexo 1.

3.2.1 Despulpado, eviscerado y limpieza de cefalotórax de jaiba

La jaiba fresca fue obtenida en el Mercado de La Nueva Viga de la Ciudad de México, la cual se almacenó en bolsas de plástico negras y en congelación hasta el momento de su uso para evitar su descomposición. La limpieza del cefalotórax de jaiba se realizó separando el caparazón del abdomen, así como las patas y tenazas también de este último para su posterior evisceración y despulpado, con abundante agua para la eliminación de los restos orgánicos y materia extraña que pudieran estar presentes. Una vez limpio, el cefalotórax y los exoesqueletos de jaiba se almacenaron en refrigeración.

3.2.2 Secado

El residuo de jaiba limpio (cefalotórax, exoesqueleto y tenazas) se extendió en charolas que se colocaron dentro de un horno de convección marca Felisa, Modelo F-293 D (Figura 3.2), en el cual se secó por 3 horas a 80°C. El tiempo idóneo de secado se determinó mediante la evaluación de la pérdida de masa del cefalotórax, exoesqueleto y tenazas de jaiba hasta obtener una masa constante, con lo que se obtuvieron los residuos secos.

3.2.3 Molienda

La molienda de los residuos secos se hizo con una licuadora doméstica marca Hamilton Beach a velocidad máxima con ciclos de 3 minutos, con 3 minutos de descanso. Posteriormente, se procedió a una segunda molienda con un molino de café Hamilton Beach Custom Grind Deluxe, en el cual se realizaron ciclos de molienda a máxima velocidad durante 1.5 y 3 minutos, teniendo 3 minutos de descanso.

3.2.4 Tamizado

El tamizado se realizó con el objetivo de estandarizar el tamaño de partícula de la harina de jaiba seco. Para ello se emplearon tamices con número de malla 18, 40, 80 y 100 (Figura 3.3). Con ello se evaluó la granulometría de los diferentes tiempos de molienda con el molino de café, de 1.5 y 3 minutos. A partir de la masa de la harina de jaiba obtenida en cada tamiz, se calculó el porcentaje retenido en cada uno de ellos.



Figura 3.2. Horno de convección marca Felisa, Modelo F-293 D



Figura 3.3. Tamices con número de malla 18, 40, 80 y 100

3.2.5 Síntesis del disolvente MAC-141©

A partir de trabajos anteriores (Flores-Ortega, 2004;2008), se encontró que la mezcla metanol-agua-cloruro de calcio en relación molar 1:4:1 (Figura 3.4) es un excelente disolvente para la extracción de quitina-quitosana, por lo que para su elaboración se emplearon esos componentes (Tabla 3.1), mezclándose en un matraz bola de 500 mL en el siguiente orden: agua, metanol, cloruro de calcio; manteniéndolo en baño de hielo y bajo campana de extracción con el fin de controlar las reacciones exotérmicas violentas. Esta mezcla se colocó y se mantuvo en reflujo durante 8 horas entre 60 y 64°C, evitando que la temperatura aumentara por arriba de los 64°C para evitar la volatilización del metanol del seno de la reacción.

Transcurridas las 8 horas, la mezcla se mantuvo en reposo por 48 horas y se decantó. La solución resultante se centrifugó en una centrífuga Eppendorf Modelo 5810R durante 15 minutos a 3600 rpm a 4°C. Posteriormente, se realizó una nueva decantación y se obtuvo finalmente el disolvente MAC-141©.

Tabla 3.1. Volumen o masa empleada para la síntesis de MAC-141©

Compuesto	Relación molar	Volumen o masa
Metanol	1	99 mL
Agua	4	180 mL
Cloruro de calcio	1	277.5 g

3.2.6 Disolución de la quitina-quitosana

Las harinas de residuos de jaiba y el disolvente MAC-141© en las proporciones 1:5, 1:10, 1:20, 1:50 y 1:100, se mezclaron y la mezcla se mantuvo en reposo durante 48 horas. Pasado el tiempo, se filtró al vacío, se recolectó y almacenó en recipientes de vidrio tipo Gerber®, los cuales se colocaron destapados en una cámara de humidificación, la cual fue implementada con un desecador al cual se le retiró el gel de sílice y se sustituyó por agua (Figura 3.5), con el fin de alcanzar una completa solubilización del calcio presente en la biopelícula, lo cual ocurrió al cabo de 24 horas.

3.2.7 Preparación de soluciones control

Se prepararon 3 soluciones control de quitosana Sigma-Aldrich (Qn-SA), en las concentraciones 0.3, 1.5 y 2.0%. Las soluciones fueron preparadas con agua acidulada usando ácido ascórbico al 2%. Para ello, se tomaron en consideración las cantidades necesarias de cada reactivo (Tabla 3.2) y cada mezcla se mantuvo recubierta con papel de aluminio, en agitación constante durante 4 horas.

3.2.8 Aplicación de las películas control y experimental

Los lotes de pera variedad Anjou fueron seleccionados con el fin de conseguir lotes con la mayor homogeneidad posible (Figura 3.6). Las peras se lavaron para, posteriormente, aplicar el recubrimiento sobre ellas.



Figura 3.4. Disolvente MAC-141©



Figura 3.5. Almacenamiento de biopelícula en cámara de humidificación

Tabla 3.2. Masa de quitosana Sigma-Aldrich empleada para preparación de soluciones control

Biopelícula de quitosana (%)	Masa de quitosana (g)	Volumen de ácido ascórbico al 2.0% (mL)
0.3	0.15	50
1.5	0.75	50
2.0	1.0	50

Las tres soluciones control de Qn-SA y la biopelícula experimental de quitina-quitosana (Q-Qn) se aplicaron sobre los lotes de pera mediante el método del “cepillado” con la ayuda de una brocha, ya que ésta permite utilizar una menor cantidad de polímero que la utilizada por inmersión, abarcando la totalidad de la fruta (Ortega-Granados, 2011). Adicionalmente, se preparó un lote de peras sin ningún recubrimiento (blanco).



Figura 3.6. Lotes de pera variedad Anjou a recubrir, lote blanco (izquierda), lote Qn-SA 1.5% y Qn-SA 2.0% (centro) y lote Q-Qn y Qn-SA 0.3% (derecha)

Para cada una de las temperaturas de estudio (4, 25 y 35°C), se recubrió un lote de pera Anjou con la biopelícula de Q-Qn extraída a partir de la harina de residuos de jaiba, otro lote con las biopelículas control de Qn-SA al 0.3, 1.5 y 2.0% y, finalmente, un lote sin recubrimiento (blanco). Los lotes de pera se almacenaron sin ningún tipo de empaque. Para el caso de la temperatura de 4°C las peras se almacenaron en un refrigerador doméstico; a 25°C se almacenaron empleando para ello la temperatura ambiente y a 35°C una incubadora de la marca ECOSHELL-9052.

3.2.9 Determinación de la vida de anaquel

Para la determinación de la vida de anaquel de las peras recubiertas con la biopelícula experimental, control y blanco, se realizaron las siguientes determinaciones: humedad, grados Brix, pH, acidez, vitamina C, color y textura. Estas determinaciones se realizaron sobre el jugo obtenido de la trituración de la pera, con ayuda de un mortero; con excepción de las determinaciones de humedad, color y textura. Las determinaciones se realizaron por triplicado a los diferentes lotes de peras almacenados a 4, 25 y 35°C cada tercer día por un total de 15 días.

Humedad: Esta determinación se realizó mediante el método de la termobalanza OHAUS MB200 programada a una temperatura de 150°C hasta obtener una masa constante y para ello, se emplearon 0.5 g de muestra (SE, 1982c) (Ver Anexo 1).

Grados Brix: Esta determinación se realizó utilizando el refractómetro ATAGO-ATC-1 con escala de 0-90% con una división de 0.5°Bx, siguiendo la metodología propuesta en la NMX-F-103-1982 (SE, 1982a) (Ver Anexo 1).

pH: Esta determinación se realizó mediante el uso del potenciómetro Orión 720-A7 siguiendo la técnica descrita por la NMX-F-317-S-1978 (SE, 1978) (Ver Anexo 1).

Acidez: Esta determinación se realizó mediante una titulación utilizando hidróxido de sodio 0.1 N previamente valorado y fenoftaleína, como indicador, de acuerdo con la metodología señalada en la NMX-FF-011-1982 (SE, 1982b) (Ver Anexo 1).

Vitamina C: Esta determinación se realizó mediante una titulación con una solución de 2,6-Diclorofenol-Indofenol valorada sobre una alícuota de 10 mL de la muestra previamente acondicionada. La titulación se detuvo cuando el medio de reacción viró hacia un color rosa y permaneció así durante 10 segundos, posteriormente se registró el volumen gastado (AOAC, 1995) (Ver Anexo 1).

Color: Esta determinación se realizó de manera sensorial y de cierta forma subjetiva ya que solamente fue realizada por una persona la cual designó los códigos correspondientes, mediante la escala Pantone® (Figura 3.7). Se tomaron de 2 a 3 g de muestra, se colocaron sobre un filtro neutro y se comparó el color de la muestra con la guía Pantone®, reportando el código obtenido.



Figura 3.7. Escala Pantone® (Pantone LLC, 2018)

Textura: Esta determinación se realizó también de manera sensorial y subjetiva. Para ello se tomaron de 2 a 3 g de la muestra y se presionó con el dedo índice. La firmeza se determinó respecto a una escala del 1 al 5, donde 1 fue menos firme y 5 fue más firme.

3.2.10 Elaboración de mermeladas

Se elaboraron dos mermeladas, una a partir de un lote de pera recubierta con Q-Qn experimental y la otra a partir de un lote de pera sin recubrir. Éstas se prepararon de acuerdo con la formulación (Tabla 3.3) de 55% azúcar y 45% fruta. Se elaboraron 500 g de cada mermelada a partir de los lotes ya mencionados almacenados durante 3 días a 4°C.

Tabla 3.3. Formulación de mermelada de pera

Materia prima	Masa utilizada (g)
Pera	225.0
Azúcar refinada	275.0
Ácido cítrico	2.825
Pectina de alto metoxilo (PAM)	5.0

3.2.11 Evaluación sensorial

Se evaluó el nivel de agrado de los consumidores mediante la evaluación sensorial de las mermeladas elaboradas a partir de pera recubierta y pera sin recubrir. La evaluación se realizó con 30 jueces no entrenados. Con ello se buscó encontrar alguna diferencia significativa entre el aroma y el color de las diferentes muestras, así como en el gusto general hacia cada una de ellas. El cuestionario realizado se puede apreciar en el Anexo 2 al final de este documento.

3.3. Análisis estadístico de los datos experimentales

Se usó el paquete de cómputo Statgraphics Centurion XVI, mediante el cual se realizó el análisis de varianza multifactorial con un nivel de significancia de 0.05. Los factores a evaluar fueron el tiempo (15 días) y el tipo de recubrimiento (5 tipos de recubrimiento) y las variables dependientes fueron los parámetros evaluados durante el estudio de vida de anaquel acelerado. Los resultados obtenidos y los análisis estadísticos de varianza, ANDEVA (ANOVA, en inglés), se encuentran en el Anexo 2. La comparación de medias por el método de Duncan se encuentra en el Anexo 3, al final de este documento.

CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Obtención, despulpado, eviscerado y limpieza del cefalotórax y exoesqueleto de jaiba

Las jaibas frescas traídas del mercado de La Nueva Viga de la Ciudad de México y almacenadas en congelación hasta el momento de su transportación a los Laboratorios 301, 302 y 303 de Ingeniería Química Ambiental y de Química Ambiental (LIQAYQA) en bolsas de plástico negras con hielo para evitar su descomposición, fueron limpiadas, despulpadas, evisceradas, como ya se mencionó en el capítulo anterior, para obtener los cefalotórax y exoesqueletos limpios.

4.2 Secado de cefalotórax de jaiba

El cefalotórax y exoesqueleto de jaiba limpio se sometieron a un proceso de secado para la eliminación de agua y, por consiguiente, lograr retardar las reacciones de descomposición (Figura 4.1).



Figura 4.1. Cefalotórax y exoesqueleto de jaiba antes del secado (izquierda) y después del secado (derecha)

Los resultados del secado en el horno de convección Felisa señalaron que a 80°C durante 3 horas se obtuvo una masa constante (Tabla 4.1) para el cefalotórax y exoesqueleto de jaiba.

Tabla 4.1. Masa del cefalotórax y exoesqueleto de jaiba a diferentes tiempos de secado a temperatura constante (80°C)

Masa del cefalotórax y exoesqueleto de jaiba (g)	Tiempo (min)
2.948± 0.05	0
2.177±0.04	60
1.958±0.03	120
1.913±0.05	150
1.913±0.08	180

4.3 Molienda de cefalotórax de jaiba

Posteriormente, se procedió a la operación unitaria de molienda para la reducción del tamaño de partícula, con el objetivo de favorecer la extracción de la quitina-quitosana (Lárez, 2008). Inicialmente se molieron los residuos de las jaibas obtenidos del proceso anterior mediante una licuadora doméstica Hamilton Beach, a máxima velocidad con ciclos de 3 minutos con descanso de 3 minutos para impedir que se calentara el motor (Figura 4.2). Sin embargo, el tamaño de partícula obtenido tras la molienda con la licuadora no fue el esperado. Por ello, se decidió emplear un molino de café Hamilton Beach Custom Grind Deluxe (Figura 4.3), probando ciclos de 1.5 y 3 minutos. Con esto se logró reducir el tamaño de partícula para la obtención de harina de residuos de jaiba.



Figura 4.2. Molienda de caparazones y otros residuos de jaiba en licuadora Hamilton Beach



Figura 4.3. Molienda de hojuelas de jaiba en molino para café Hamilton Beach

4.4 Tamizado de harina de residuos de jaiba

Las harinas obtenidas tras la molienda se tamizaron para evaluar la granulometría. Está reportado en la literatura que se recomienda que la harina reservada para la disolución de la quitina-quitosana que contienen tenga un tamaño de partícula menor a 0.420 mm, es decir, debajo del tamiz no. 40 (Enríquez-Estrada y Nava-Arévalo, 2016). A continuación, se presentan en las Tablas 4.2 y 4.3 las granulometrías obtenidas tras la molienda con el molino para café a los dos tiempos evaluados.

Tabla 4.2. Granulometría de harina de residuos de jaiba a 1.5 minutos de molienda en un molino de café

Número de malla	Masa harina de jaiba (g)	Porcentaje retenido (%)	Abertura (mm)
18	0.0149±0.0007	0.1499±0.0068	1.00
40	0.7191±0.0274	7.3018±0.0314	0.420
80	3.2859±0.1550	33.3573±0.4770	0.177
100	0.7692±0.0167	7.8227±0.4910	0.149
base	5.0607±0.2536	72.3606±0.6851	-

Tabla 4.3. Granulometría de residuos de harina de jaiba a 3 minutos de molienda en un molino de café

Número de malla	Masa harina de jaiba (g)	Porcentaje retenido (%)	Abertura (mm)
18	0	0	1.00
40	0.0730±0.0024	0.7696±0.0275	0.420
80	1.8496±0.1068	19.3635±1.7974	0.177
100	0.7222±0.0658	7.5063±0.4064	0.149
base	6.9298±0.3383	51.3683±0.5944	-

Se puede observar que, para ambos tiempos de molienda, la mayor proporción de harina fue retenida en los tamices de malla No. 80 y 100; sin embargo, al tiempo de 1.5 minutos se retuvo una mayor proporción de harina en el tamiz de 40 en relación con el tiempo de 3 minutos. Por otro lado, al tiempo de 3 minutos, aproximadamente el 80% de la harina tuvo un tamaño menor a 0.177 mm, en comparación con el 60% al tiempo de 1.5 minutos. Por estas razones es que se decidió emplear el tiempo de molienda de 3 minutos. Los sólidos retenidos en los tamices de malla número 18 y 40 fueron reprocesados para mejorar el rendimiento de esta operación unitaria.

4.5 Síntesis disolvente MAC-141©

Para la elaboración del disolvente MAC-141© se empleó metanol grado analítico, agua destilada y cloruro de calcio comercial “C-KO Absorbador de humedad” en una relación molar 1:4:1. La mezcla de reacción se mantuvo en reflujo (Figura 4.4) durante 8 horas a 60°C y se puso en reposo 48 horas para, finalmente, decantarse. Para lograr una eliminación más eficiente del exceso de cloruro de calcio y del hidróxido de calcio formado durante la reacción, se centrifugó la mezcla resultante, durante 15 minutos a 3600 rpm a 4°C. Como se observa en la Figura 4.5, sí se logró esta separación.



Figura 4.4. Preparación del disolvente MAC-141©



Figura 4.5. Disolvente MAC-141© después de centrifugación a 3600 rpm durante 15 min

Finalmente, se realizó de nuevo una decantación y se obtuvo el disolvente MAC-141©, utilizado para la extracción de la quitina-quitosana a partir de la harina de jaiba.

4.6 Disolución de Q-Qn a partir de harina de cefalotórax de jaiba

Con la finalidad de encontrar la relación más adecuada de harina de cefalotórax de jaiba:disolvente MAC-141© para la extracción de quitina-quitosana, se realizaron varios ensayos con las relaciones 1:5, 1:10, 1:20, 1:50 y 1:100 (Figura 4.6). Se filtró al vacío la mezcla correspondiente a cada relación y, por medio de la inspección visual de la viscosidad de la solución extraída y su facilidad de filtración, se decidió que la relación idónea para la extracción de Q-Qn fue la relación 1:20 (Figura 4.7).



Figura 4.6. Ensayos de extracción realizados, 1:5, 1:10, 1:20, 1:50 y 1:100 (de izquierda a derecha)

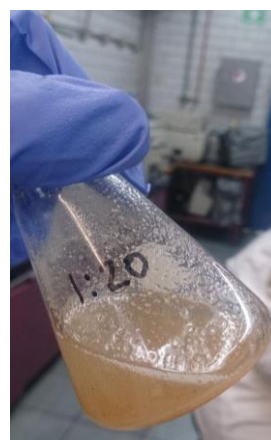


Figura 4.7. Ensayo de extracción 1:20, relación idónea

4.7 Recubrimiento y almacenamiento de lotes de pera recubierta

Como se mencionó en la metodología, para cada una de las temperaturas de estudio (4, 25 y 35°C), se recubrió un lote de pera Anjou con la biopelícula de Q-Qn extraída a partir de la harina de residuos de jaiba, otro lote con las biopelículas control de Qn-SA al 0.3, 1.5 y 2.0% y, finalmente, un lote sin recubrimiento (blanco). Los lotes de pera se almacenaron sin ningún tipo de empaque. Para el caso de la temperatura de 4°C las peras se almacenaron en un refrigerador doméstico; a 25°C se almacenaron empleando para ello la temperatura ambiente y a 35°C una incubadora.

4.8 Determinaciones fisicoquímicas y sensoriales realizadas

Los resultados obtenidos de cada parámetro evaluado a cada una de las temperaturas de estudio fueron los siguientes:

4.8.1 Color

La pigmentación del fruto es un parámetro sensorial que resulta de vital importancia preservar, pues es la primera impresión que ejerce el producto sobre el consumidor (Azcón-Bieto y Talón, 2008).

El amarillamiento de la cáscara es un importante proceso fisiológico del pigmento de la maduración de la fruta verde, que se debe principalmente a la degradación de la clorofila en la cáscara de la fruta (Cheng et al., 2012).

La clorofila es un colorante natural de tonalidad verde, presente al inicio del estudio de vida de anaquel de la pera. Sin embargo, ésta va desapareciendo al acercarse a la senescencia para dejar paso a otros pigmentos como los carotenoides. Esta estructura es inestable con la temperatura, pH, luz, oxígeno y enzimas. La alteración más común de la clorofila es la feofitinización (Maiocchi y Avanza, 2004), que es el reemplazo del magnesio por hidrógeno y la formación de feofitinas “a” y “b” de coloración café y olivo, respectivamente (Baduí, 2006).

Como se observa en las Tablas 4.4 a 4.6, conforme avanzó el tiempo de vida de anaquel, la pera fue perdiendo la coloración verde oscuro característica y dio lugar a coloraciones café-amarillentas. A la temperatura de 4°C (Tabla 4.4), todos los lotes mantuvieron la coloración verde oscuro. Esto fue debido a la baja actividad metabólica con respecto de la temperatura, donde la producción de etileno es mínima, siendo este metabolito uno de los principales causantes del cambio de coloración (Castagnino, 2009).

A la temperatura de 25°C (Tabla 4.5), la coloración café amarillento apareció en el lote blanco y en los lotes de Qn-SA de 1.5 y 2% alrededor del día 12. Por otro lado, en los lotes de Q-Qn y Qn-SA al 0.3% esta coloración apareció hasta el día 15. Esto demuestra la eficiencia de estos dos últimos recubrimientos en comparación con el blanco.

La pérdida de coloración verde en los lotes de pera con recubrimiento de Qn-SA 1.5 y 2% pudo deberse a la presencia del ácido ascórbico en que se prepararon las soluciones, debido a que éste es oxidado ocasionando las tonalidades observadas en la fruta.

Tabla 4.4. Cambio de coloración en los lotes recubiertos almacenados a 4°C durante 15 días



























































































4°C	Días de análisis					
Recubrimiento	0	3	6	9	12	15
Blanco	2303 C 	2300 C 	2303 C 	2303 C 	2302 C 	2302 C 
Q-Qn	2303 C 	2303 C 	2304 C 	2302 C 	2302 C 	2302 C 
Qn-SA 0.3%	2303 C 	2304 C 	2304 C 	2302 C 	2302 C 	2302 C 
Qn-SA 1.5%	2303 C 	2303 C 	2304 C 	2303 C 	2303 C 	2303 C 
Qn-SA 2.0%	2303 C 	2303 C 	2304 C 	2303 C 	2304 C 	2303 C 

Tabla 4.5. Cambio de color en los lotes recubiertos almacenados a 25°C durante 15 días

25°C	Días de análisis					
Recubrimiento	0	3	6	9	12	15
Blanco	2303 C 	2302 C 	2276 C 	2302 C 	7746 C 	2304 C 
Q-Qn	2303 C 	2276 C 	2276 C 	2304 C 	2276 C 	7745 C 
Qn-SA 0.3%	2303 C 	2276 C 	2276 C 	2304 C 	2276 C 	7759 C 
Qn-SA 1.5%	2303 C 	2276 C 	2279 C 	2304 C 	7759 C 	2304 C 
Qn-SA 2.0%	2303 C 	2276 C 	2279 C 	2304 C 	7759 C 	2304 C 

El mayor efecto de pérdida de coloración o degradación de clorofila se observó en los lotes de pera almacenada a 35°C (Tabla 4.6), como era de esperarse. En el lote blanco la tonalidad amarillenta apareció desde el día 9, al igual que en los recubrimientos con Qn-SA al 1.5 y 2% que, al igual que el caso anterior, se pudo deber a la oxidación del ácido ascórbico y en el blanco debido a la presencia de las feofitinas previamente mencionadas. Fue posible observar el efecto del recubrimiento de Q-Qn en las peras ya que prácticamente fue imperceptible el cambio de coloración verde.

Tabla 4.6. Cambio de color en los lotes recubiertos almacenados a 35°C por 15 días

35°C	Días de análisis					
Recubrimiento	0	3	6	9	12	15
Blanco	390 C 	583 C 	2302 C 	585 C 	585 C 	585 C 
Q-Qn	2303 C 	2303 C 	2304 C 	2304 C 	2302 C 	2302 C 
Qn-SA 0.3%	2303 C 	2303 C 	2304 C 	2302 C 	2302 C 	585 C 
Qn-SA 1.5%	2303 C 	2305 C 	2303 C 	7745 C 	7745 C 	7745 C 
Qn-SA 2.0%	2303 C 	2305 C 	7746 C 	7745 C 	7745 C 	7745 C 

4.8.2 Textura

Durante la maduración de los frutos ocurre pérdida de firmeza debido principalmente a cambios en la estructura de la pared celular. Estos implican la actividad de enzimas capaces de degradar los componentes de la misma.

Las principales enzimas involucradas en el proceso de maduración son la poligalacturonasa, celulasa y pectinmetilesterasa y, en algunos casos, glicosidasas (Zarra y Revilla, 1996).

En estudios anteriores se ha demostrado que un factor externo que afecta la firmeza es la presencia de nutrimentos orgánicos, ya que se ha observado que la actividad de enzimas como la pectinmetilesterasa y la poligalacturonasa aumenta con el incremento del contenido de calcio (Knee, 2008).

El calcio presente en esta investigación se encuentra asociado con el disolvente MAC-141© empleado para la extracción de Q-Qn.

A la temperatura de refrigeración (Tabla 4.7) la pérdida de firmeza no fue tan notoria, ya que a esa temperatura disminuyó la actividad de las enzimas mencionadas (Zarra y Revilla, 1996). Sin embargo, se obtuvo una mayor firmeza en los recubrimientos de Qn-SA 1.5 y 2.0%.

Tabla 4.7. Cambio en la textura en los lotes recubiertos almacenados a 4°C (de 1 menos firme a 5 más firme)

4°C	Días de análisis					
	0	3	6	9	12	15
Recubrimiento	Textura					
Blanco	4	3	2	3	3	3
Q-Qn	4	3	2	3	3	3
Qn-SA 0.3%	4	3	2	3	2	3
Qn-SA 1.5%	4	4	3	3	4	4
Qn-SA 2.0%	4	4	3	3	4	4

A temperatura ambiente y a la temperatura de 35°C (Tablas 4.8 y 4.9) se encontró ya una marcada disminución de la firmeza en todos los lotes, a partir del día 12 a 25°C y a partir del día 9 a 35°C. Especialmente en los lotes blanco y Q-Qn en los cuales se encontró la menor firmeza perceptible, en el caso del recubrimiento de Q-Qn por la presencia del calcio del disolvente MAC-141©, como fue mencionado anteriormente. También hubo una perceptible pérdida de firmeza en los lotes control recubiertos con Qn-SA en sus proporciones; sin embargo, se conservaron por un mayor tiempo.

Tabla 4.8. Cambio en la textura en los lotes recubiertos almacenados a 25°C (de 1 menos firme a 5 más firme)

25°C	Días de análisis					
	0	3	6	9	12	15
Recubrimiento	Textura					
Blanco	4	3	3	3	1	1
Q-Qn	4	3	3	3	1	1
Qn-SA 0.3%	4	5	3	3	2	2
Qn-SA 1.5%	4	5	4	3	2	2
Qn-SA 2.0%	4	5	4	3	2	2

Tabla 4.9. Cambio en la textura en los lotes recubiertos almacenados a 35°C (de 1 menos firme a 5 más firme)

35°C	Días de análisis					
	0	3	6	9	12	15
Recubrimiento	Textura					
Blanco	4	3	2	2	1	1
Q-Qn	4	3	2	2	1	1
Qn-SA 0.3%	4	4	2	2	2	2
Qn-SA 1.5%	4	4	3	3	3	2
Qn-SA 2.0%	4	5	3	4	3	3

4.8.3 Humedad

A partir de los resultados obtenidos para el contenido de humedad, en las Tablas 4.10 a 4.12, se pudo observar que la tendencia a la pérdida de humedad fue generalizada para todos los recubrimientos bajo estudio. La disminución del contenido de humedad es evaluada generalmente como una pérdida de masa en el fruto, lo cual es atribuible al intercambio gaseoso del fruto con el ambiente, causado por la respiración, donde se presenta una pérdida de agua (Jongen, 2005). De esta manera, los recubrimientos que presenten una menor pérdida de agua, también proporcionarán un mejor efecto de conservación de firmeza.

Dicho lo anterior, en este estudio ocurrió esto ya que, a cada una de las temperaturas evaluadas, los lotes de pera recubierta presentaron una menor pérdida de humedad en comparación con el blanco. Se observó también una mayor pérdida de agua a una mayor temperatura.

A 4°C los recubrimientos que mejor conservaron el contenido de humedad de acuerdo con el valor de la media al día 15 (Tabla 4.10) fueron los de Qn-SA 0.3% y Qn-SA 2.0% que, de acuerdo con el análisis estadístico (Anexo 3, Tabla A3.1.2), son diferentes significativamente al recubrimiento experimental de Q-Qn. Sin embargo, tanto a 25°C como a 35°C, los recubrimientos que mejor conservaron el contenido de humedad de acuerdo con el valor de la media al día 15 (Tabla 4.11 y Tabla 4.12) fueron los de Q-Qn y Qn-SA 1.5%. De acuerdo con el análisis estadístico, no existe diferencia significativa entre el recubrimiento experimental y el de Qn-SA 1.5% a 35°C (Anexo 3, Tabla A3.3.2).

Tabla 4.10. Cambio en contenido de humedad (%) en lotes recubiertos almacenados a 4°C

4°C	Días de análisis					
	0	3	6	9	12	15
Blanco	86.1± 0.6	83.0± 0.1	80.5± 0.2	77.5± 0.8	77.1± 1.0	75.3± 0.0
Q-Qn	84.5± 0.6	85.5± 0.4	81.5± 1.0	80.3± 0.6	80.0± 0.2	80.3± 0.0
Qn-SA 0.3%	84.5± 0.6	84.9± 0.1	83.0± 0.0	83.9± 0.4	83.7± 0.6	82.2± 0.3
Qn-SA 1.5%	85.2± 0.2	83.0± 0.0	81.1± 0.0	81.7± 0.3	81.8± 0.4	80.3± 0.8
Qn-SA 2.0%	85.2± 0.2	85.2± 0.7	83.0± 1.3	82.3± 0.8	82.9± 0.0	81.3± 1.0

Tabla 4.11. Cambio en contenido de humedad (%) en lotes recubiertos almacenados a 25°C

25°C	Días de análisis					
	0	3	6	9	12	15
Blanco	85.5± 0.3	83.6± 0.0	79.5± 1.2	77.0± 0.6	77.7± 0.9	73.8± 0.0
Q-Qn	84.5± 0.6	83.6± 0.6	81.2± 0.9	80.4± 1.4	80.1± 0.3	80.7± 0.0
Qn-SA 0.3%	84.5± 0.6	83.3± 0.6	81.1± 0.6	80.7± 0.0	78.8± 0.0	76.7± 0.6
Qn-SA 1.5%	86.0± 0.9	83.9± 1.2	83.3± 1.2	82.3± 0.9	80.7± 0.9	80.7± 0.0
Qn-SA 2.0%	86.0± 0.9	86.1± 1.2	84.9± 1.4	83.9± 0.9	80.0± 0.6	78.9± 0.0

Tabla 4.12. Cambio en contenido de humedad (%) en lotes recubiertos almacenados a 35°C

35°C	Días de análisis					
	0	3	6	9	12	15
Blanco	85.6± 0.6	82.3± 0.9	80.0± 0.0	76.7± 0.3	74.3± 0.6	70.3± 1.2
Q-Qn	86.0± 0.0	87.0± 0.6	81.1± 0.0	78.5± 0.6	80.8± 1.2	78.6± 1.4
Qn-SA 0.3%	86.0± 0.0	86.0± 0.6	81.8± 0.0	77.3± 0.0	77.3± 1.2	75.1± 0.0
Qn-SA 1.5%	85.3± 0.0	83.3± 1.4	81.2± 0.6	80.8± 0.9	78.5± 0.9	78.0± 0.6
Qn-SA 2.0%	85.3± 0.0	84.9± 0.1	80.2± 0.0	78.3± 0.6	77.0± 0.6	76.0± 0.0

4.8.4 Grados Brix (°Bx)

La cantidad de sólidos solubles totales (SST) aumenta hasta el estado de madurez, debido a la hidrólisis del almidón almacenado en vacuolas y espacios intercelulares durante el crecimiento del fruto. Este proceso ocurre debido al marcado incremento en la actividad de las enzimas α -amilasa, β -amilasa y almidón fosforilasa (Kays, 1997).

Esta tendencia se observó en los Gráficos 1 a 3 y, donde fue más marcada, fue en la temperatura de 35°C donde el blanco llegó a valores de hasta 19°Bx. Esto fue debido a que el almidón en las células es almacenado en pequeños gránulos por lo que es difícil su degradación por las enzimas hidrolíticas, debido a la formación de puentes de hidrógeno dentro de las mismas moléculas de almidón. Una vez que se incrementa la temperatura, los puentes de hidrógeno se rompen y el agua es absorbida por las moléculas de almidón, lo que produce la ruptura y gelatinización de los gránulos (Zobel, 1984).

A los 4 y 25°C (Gráficos 1 y 2), la tendencia observada fue la llegada a un máximo al día 6 o 9, para disminuir en los días siguientes, esto pudo haberse debido a que fue considerado como el punto óptimo de maduración y, después de este estado, el fruto comenzó a incrementar su respiración y a utilizar sustratos como la glucosa en el proceso metabólico (Zobel, 1984).

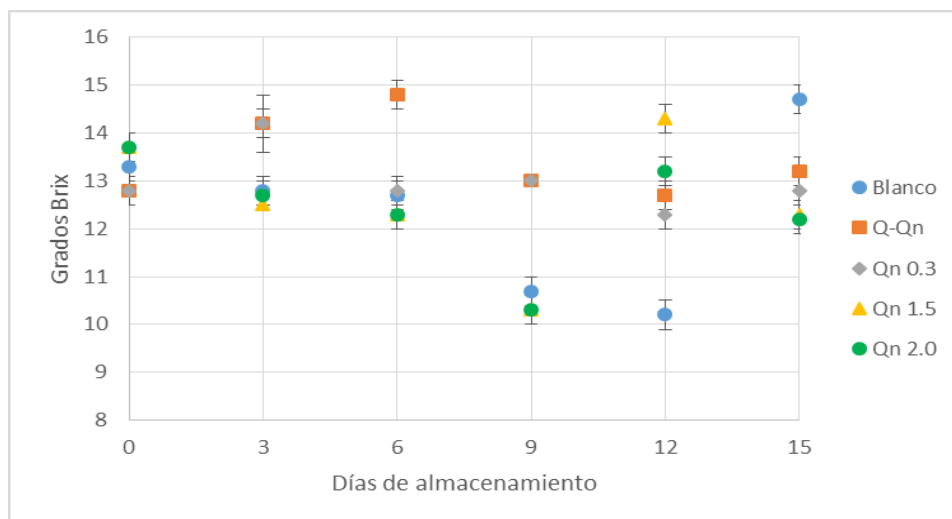


Gráfico 1. Cambio en el contenido de °Bx en los lotes de pera almacenados a 4°C

A la temperatura de 25°C no se observa un recubrimiento con una mayor conservación del contenido de almidón y demás sólidos solubles en el fruto y, por consiguiente, de los °Bx. Esto se confirmó con el análisis estadístico como se observa en el Anexo 2 Tabla 2.2.2, ya que no existe diferencia significativa entre los recubrimientos. En el caso de las temperaturas de 4 y 35°C, los recubrimientos que presentaron mayor conservación de los °Bx fueron los de Qn-SA al 1.5 y 2.0%, los cuales fueron significativamente diferentes al recubrimiento experimental de Q-Qn (Gráfico 3, ver Anexo 3, Tabla A3.1.4 y Tabla A.3.3.4).

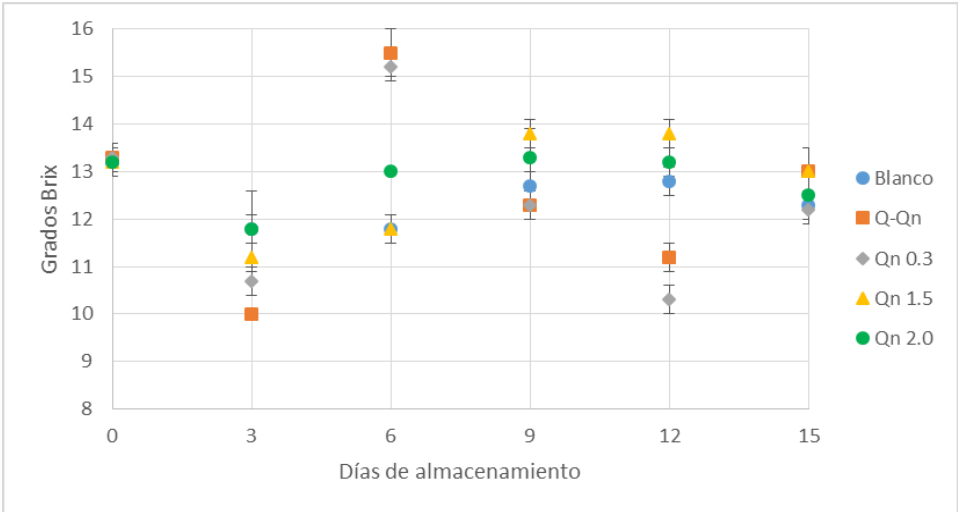


Gráfico 2. Cambio en el contenido de °Bx en los lotes de pera almacenados a 25°C

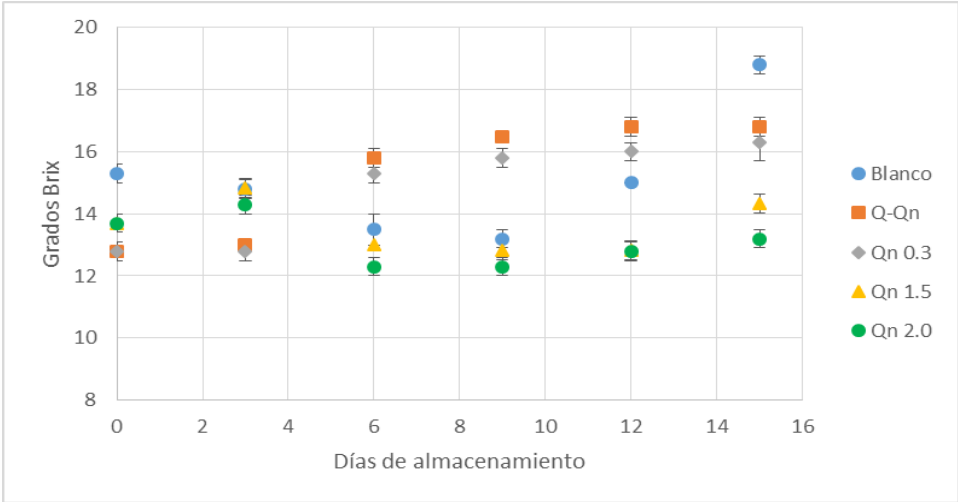


Gráfico 3. Cambio en el contenido de °Bx en los lotes de pera almacenados a 35°C

Para el caso del recubrimiento de Q-Qn el aumento de sólidos solubles totales se debió, como se mencionó anteriormente, a la degradación de otros componentes como la pectina por la presencia de calcio en el disolvente MAC-141©.

4.8.5 Vitamina C

El contenido de ácido ascórbico en la pera variedad Anjou es relativamente bajo en comparación con otras frutas, ya que la pera contiene alrededor de 16 mg/100g mientras que la guayaba contiene alrededor de 228.3 mg/100 g (Soliva y Martin, 2003). Por tanto, era de esperarse un contenido muy bajo de vitamina C al final del estudio (Gráficos 4 a 6).

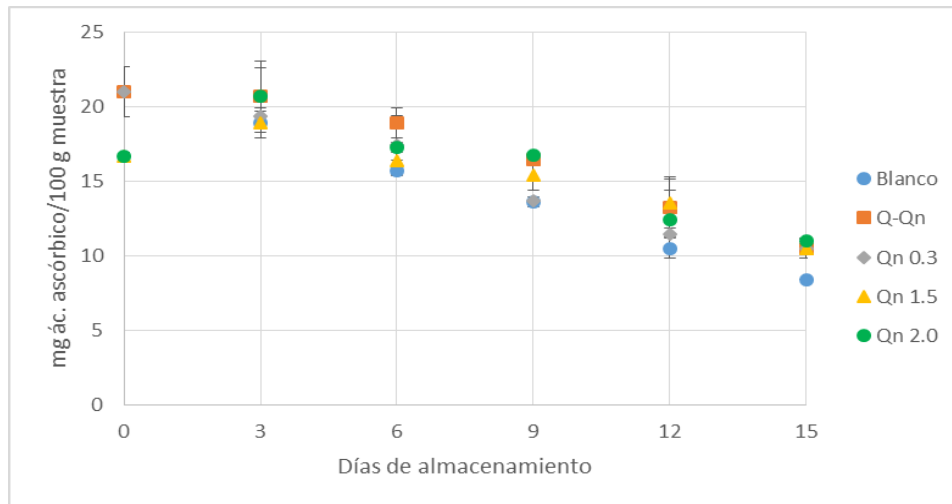


Gráfico 4. Cambio en el contenido de vitamina C en los lotes de pera almacenados a 4°C

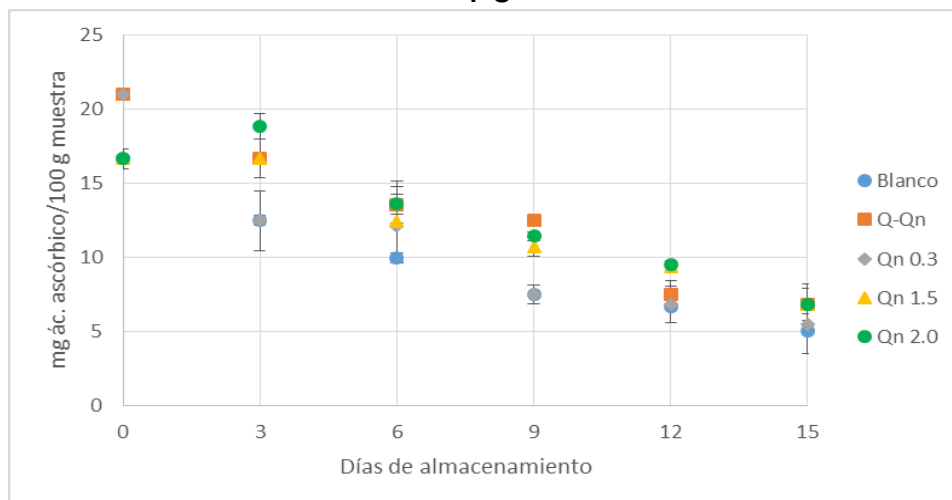


Gráfico 5. Cambio en el contenido de vitamina C en los lotes de pera almacenados a 25°C

La vitamina C es una de las vitaminas antioxidantes más potentes. Sin embargo, a diferencia de otras vitaminas, el humano no la sintetiza. El contenido de ácido ascórbico de los vegetales varía de manera considerable conforme a muchos factores relacionados con las prácticas agrícolas, con el manejo postcosecha y con la preparación para su consumo. Debido a su estructura química, de todas las vitaminas, la vitamina C es la más inestable y la más reactiva (Baduí, 2006).

Su oxidación está en función de muchas variables, principalmente disponibilidad del oxígeno, temperatura, pH (más estable a pH ácido), metales de transición (hierro y cobre) y luz; además, también influyen algunas sales, la actividad del agua, los peróxidos, ciertas enzimas y la presencia de otras vitaminas (Baduí, 2006).

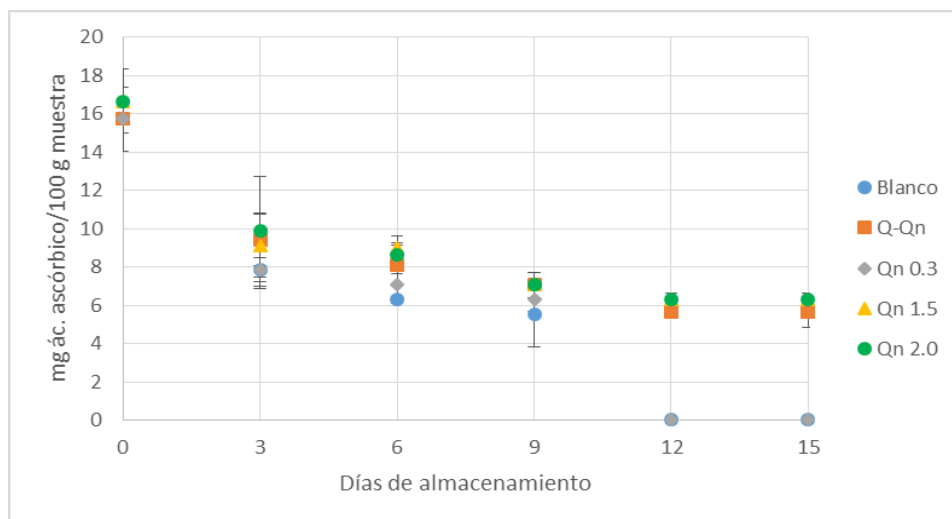


Gráfico 6. Cambio en el contenido de vitamina C en los lotes de pera almacenados a 35°C

Por ello fue posible observar la tendencia a disminuir la vitamina C en los Gráficos 4 a 6 a cada temperatura manejada, teniendo la mayor pérdida a 35°C en los lotes de pera blanco y recubierto con Qn-SA al 0.3%, en los cuales su medición fue imperceptible desde el día 12. A cada una de las temperaturas los recubrimientos que mejor conservaron el contenido de vitamina C fueron el de Q-Qn y Qn-SA al 2.0%, éste último se explica ya que para su elaboración se disolvió la quitosana en ácido ascórbico.

De acuerdo con el análisis estadístico, no existe diferencia significativa entre estos dos recubrimientos (Anexo 3, Tabla A3.1.6, Tabla A3.2.6 y Tabla A3.3.6).

4.8.6 Porcentaje de acidez

A continuación, en los Gráficos 7 a 9 se muestran los resultados obtenidos del % de acidez en función del ácido málico. Está reportado un intervalo de % de acidez de 0.30-0.36 en pera (Soliva y Martin, 2003), lo que se reafirmó al obtenerse al día cero valores cercanos a 0.3% en cada una de las temperaturas.

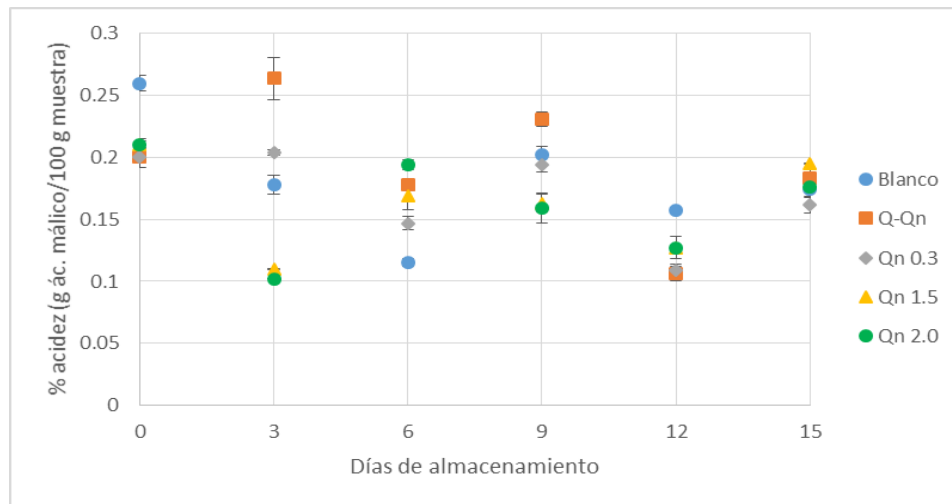


Gráfico 7. Cambio en el % de acidez en los lotes de pera almacenados a 4°C

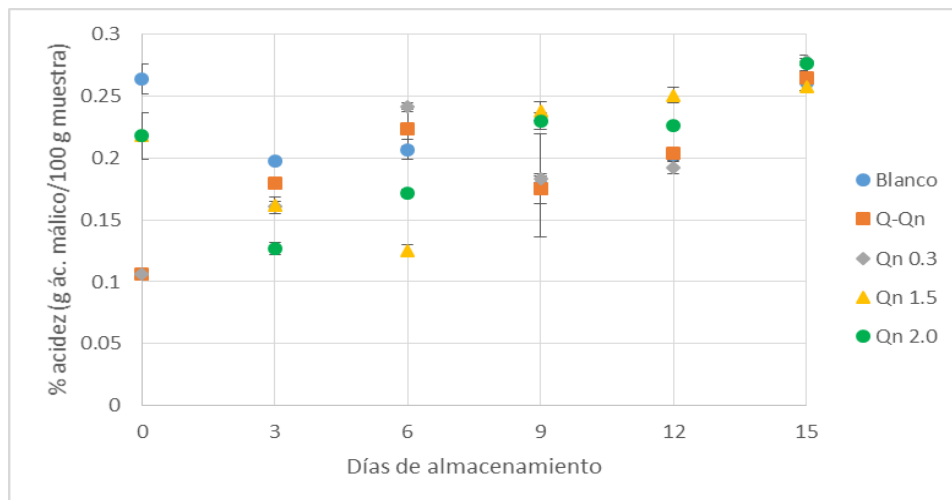


Gráfico 8. Cambio en el % de acidez en los lotes de pera almacenados a 25°C

La tendencia teórica de la acidez titulable es disminuir conforme la maduración del fruto avanza, debido a la actividad de las deshidrogenasas y a que los ácidos orgánicos son utilizados como sustratos de la respiración para la síntesis de nuevos componentes durante la maduración (Kays, 1997).

Esto se pudo observar en el Gráfico 9, donde el % de acidez de cada lote de pera disminuyó hasta un mínimo al día 12 o 15; siendo los ejemplares con recubrimientos los que mejor conservaron la acidez, los de Q-Qn y Qn-SA al 0.3%, entre los cuales no se encontró diferencia significativa (Anexo 3, Tabla A3.3.8).

En el caso de los lotes almacenados a temperatura ambiente, no hubo una tendencia clara sobre el % de acidez, por lo que no se encontró diferencia significativa entre los valores de acidez bajo los distintos recubrimientos (Anexo 3, Tabla A3.1.8). Sin embargo, a 4°C, se observó una mejor conservación del % de acidez en cada uno de los recubrimientos, indicando ralentización de la maduración en función de la baja temperatura.

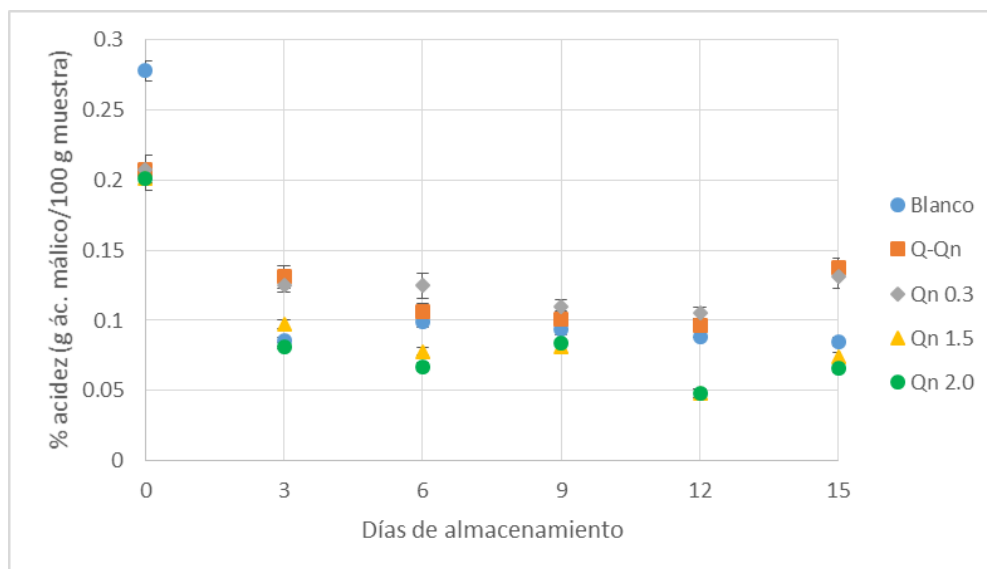


Gráfico 9. Cambio en el % de acidez en los lotes de pera almacenados a 35°C

En ambas temperaturas de almacenamiento a los 4 y 25°C se observó que el % de acidez alcanzó un máximo alrededor del día 6 para posteriormente disminuir. Esto pudo ser causado por la ya mencionada ralentización de la maduración, lo que indica que el almidón fue utilizado inicialmente como sustrato de la respiración, para posteriormente utilizar los ácidos orgánicos.

4.8.7 Valor de pH

El cambio en el valor de pH durante la maduración es debido a las reacciones que se llevan a cabo en los frutos (precursores glicolíticos). Los Gráficos 10 a 12 muestran los resultados obtenidos en esta investigación.

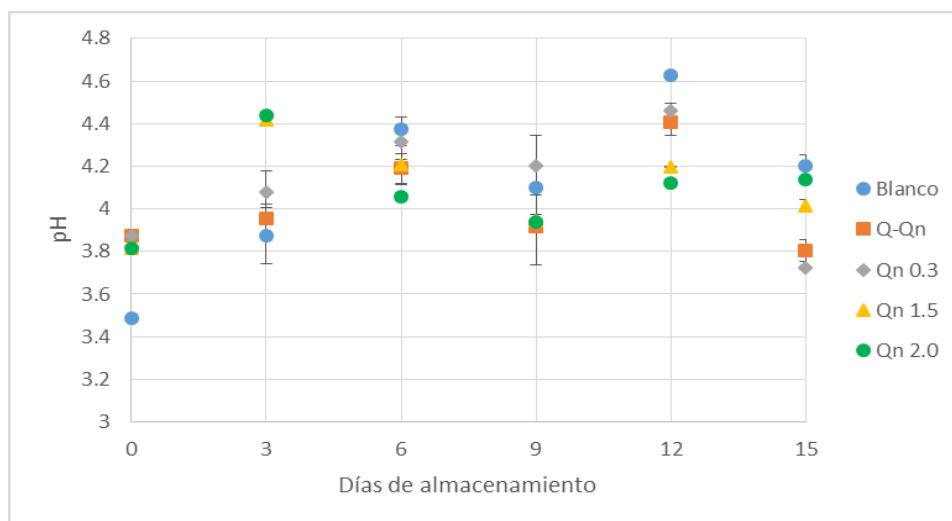


Gráfico 10. Cambio de pH en los lotes de pera almacenados a 4°C

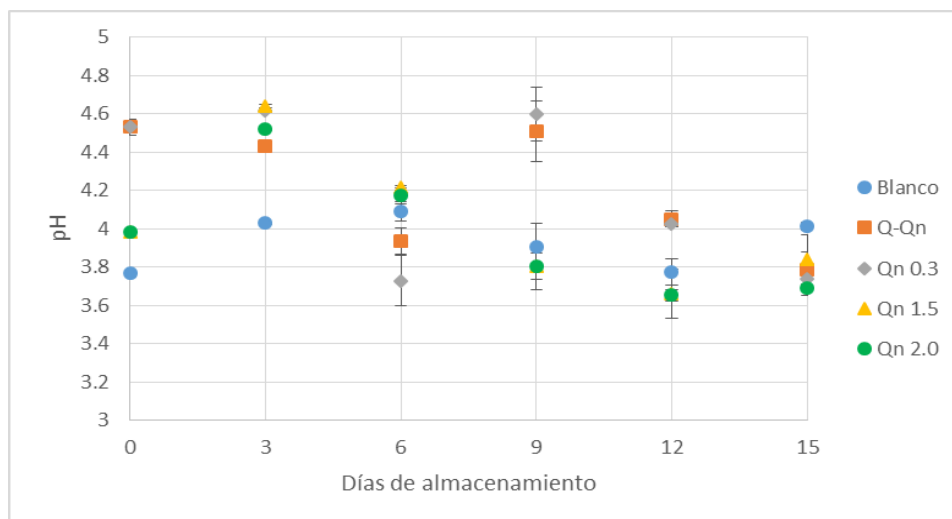


Gráfico 11. Cambio de pH en los lotes de pera almacenados a 25°C

De manera general, valores más altos de pH se asocian con el envejecimiento, debido a la pérdida de dichos precursores. Los iones H^+ desempeñan un papel importante en la síntesis de sustratos como la sacarosa y la glucosa, lo que causa que su concentración a nivel vacuolar disminuya durante las últimas fases de la maduración, por lo que el pH se ve ligeramente aumentado (Marschner, 2002).

Aunado a esto, la disminución en la concentración de ácidos orgánicos como se mencionó anteriormente, se relaciona también con el aumento del pH. Esta tendencia se pudo observar en el Gráfico 12, a los $35^{\circ}C$, donde se alcanzaron los valores más altos de pH (>5) en los lotes de peras recubiertas con Qn-SA 1.5 y 2.0% y el blanco. El recubrimiento experimental de Q-Qn presentó la media de pH más bajo a esa temperatura al final del estudio (4.80), el cual no presentó diferencia significativa con el recubrimiento de Qn-SA al 0.3% (Anexo 3, Tabla A3.3.10).

En el caso de la temperatura de refrigeración (Gráfico 10) también fue posible observar un aumento general en el pH hasta el día 12, en los recubrimientos de Qn-SA al 1.5 y 2%. No se encontró diferencia significativa entre los valores de pH bajo los distintos recubrimientos (Anexo 2, Tabla A.2.1.5).

A temperatura ambiente (Gráfico 11) el valor más alto de pH al final del estudio se alcanzó por el lote de peras sin recubrimiento, mientras que los lotes de peras recubiertos alcanzaron valores de pH muy similares, siendo los recubrimientos de Q-Qn y Qn-SA 0.3% los que mejor mantuvieron el valor de pH inicial y que estadísticamente no presentaron diferencia (Anexo 3, Tabla 3.2.10).

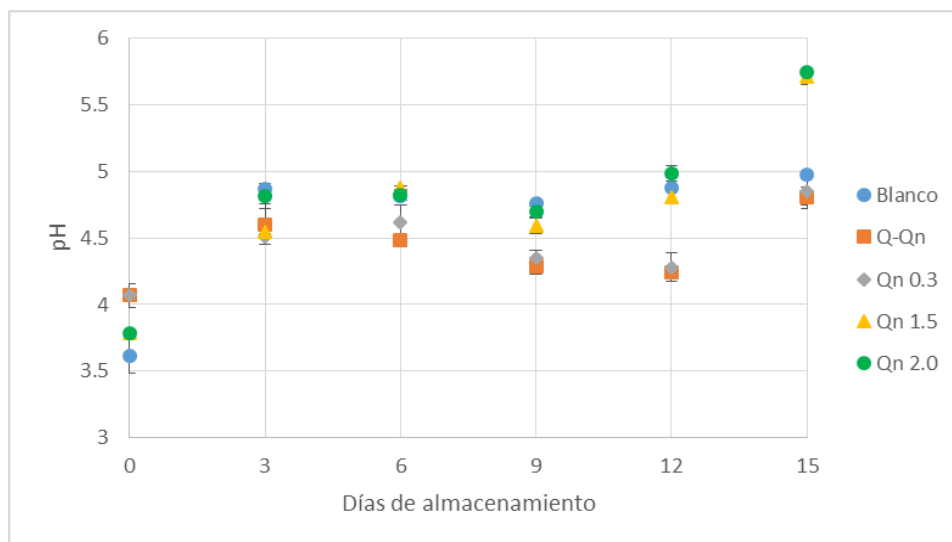


Gráfico 12. Cambio de pH en los lotes de pera almacenados a 35°C

4.9 Elaboración de mermeladas y evaluación sensorial

Finalmente, se buscó evaluar la posible capacidad de la pera para ser utilizada como materia prima en la elaboración de productos alimenticios ya recubierta con la biopelícula de Q-Qn extraída a partir de cefalotórax de jaiba.

Para ello, se llevó a cabo una evaluación sensorial de mermelada elaborada a partir de pera recubierta con Q-Qn y de mermelada elaborada a partir de pera sin recubrimiento.

Se evaluaron los atributos de color y aroma, así como la preferencia de los consumidores hacia una u otra mermelada.

De acuerdo con los resultados que se muestran en las Tablas 4.13 a 4.15 mediante un análisis de varianza (*ANOVA*, en inglés) se encontró que no existió diferencia significativa a un $\alpha \geq 0.05$ entre el gusto de los consumidores por los atributos de color y aroma de cada una de las mermeladas, es decir, los consumidores tienen un gusto similar para ambas mermeladas.

Tabla 4.13. Nivel de agrado de atributos en mermeladas de pera (30 jueces no entrenados)

Escala hedónica	Mermelada a partir de lote de pera recubierta con Q-Qn		Mermelada a partir de lote de pera sin recubrir	
	Color	Aroma	Color	Aroma
Me disgusta mucho	0	0	0	0
Me disgusta	1	0	5	2
Ni me gusta ni me disgusta	10	17	10	15
Me gusta	18	13	10	13
Me gusta mucho	1	0	5	0

Tabla 4.14. Análisis de varianza, ANDEVA (ANOVA, en inglés) del nivel de agrado de color en mermeladas de pera

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Muestras	0.266666667	1	0.266666666	0.4020	0.52851020	4.0068
Error	38.46666667	58	0.66321839			
Total	38.73333333	59				

Debido a que el valor de F calculada (0.4020) fue menor que la F de tablas (4.0068), no hubo diferencia estadísticamente significativa entre el factor agrado por el color de las muestras.

Tabla 4.15. Análisis de varianza, ANDEVA (ANOVA, en inglés) del nivel de agrado de aroma en mermeladas de pera

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Muestras	0.066666667	1	0.066666666	0.2109	0.64777243	4.0068
Error	18.33333333	58	0.31609195			
Total	18.4	59				

Similarmente, debido a que como el valor de la F calculada (0.2109) fue menor que la F de tablas (4.0068), no hubo diferencia estadísticamente significativa entre el agrado por el aroma de las muestras.

También fue evaluado el grado de preferencia por parte de los consumidores hacia una u otra mermelada. Como se observa en la Tabla 4.16, por medio de la prueba de Friedman (Ecuación 1), se encontró que tampoco existió una diferencia significativa en cuanto a la preferencia de los consumidores entre la mermelada elaborada a partir de pera recubierta con Q-Qn y la mermelada elaborada a partir de pera sin recubrimiento.

Tabla 4.16. Grado de preferencia en mermeladas de pera (30 jueces no entrenados)

Orden de preferencia	Mermelada a partir de Q-Qn	Mermelada a partir de blanco
1	14	16
2	16	14

Ecuación 1. Cálculo de la F de Friedman para la determinación de diferencia significativa

$$F = \left(\frac{12}{(30)(2)(3)} * 4052 \right) - 3(30)(3) = 0.13$$

De la misma forma, como la F calculada (0.13) fue menor a la F de tablas (3.84), no hubo diferencia estadísticamente significativa entre el grado de preferencia de las muestras. Otra de las preguntas que se realizaron en la evaluación sensorial fue ¿Qué es lo que le cambiaría a la muestra que no fue de su mayor preferencia? De acuerdo con lo respondido por los jueces no entrenados, en el caso de la mermelada elaborada a partir de la pera recubierta, el color es lo que le cambiarían. Como se observa en la Figura 4.8, ésta presenta una coloración oscura menos intensa que la mermelada elaborada a partir de pera sin recubrimiento, lo cual posiblemente fue causado por la oxidación de la vitamina C, que como ya se mencionó, el recubrimiento de Q-Qn fue eficaz para ralentizar su oxidación. Aunque fue mencionado por varios de los jueces no entrenados, el atributo color no causó diferencia significativa entre las muestras.



Figura 4.8. Mermelada de pera recubierta con Q-Qn (izquierda) y mermelada de pera sin recubrimiento (derecha)

Por ello y de acuerdo con el hecho de que no se encontraron diferencias significativas, las peras recubiertas con Q-Qn podrían ser utilizadas para la elaboración de mermeladas y probablemente otros productos. Esto favorecería a nivel del proceso por la ralentización de su maduración.

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

5.1 Conclusiones

De acuerdo con el objetivo general planteado y la hipótesis propuesta en esta investigación, los cuales fueron determinar la efectividad del recubrimiento quitina-quitosana para pera variedad Anjou mediante la evaluación de parámetros fisicoquímicos y sensoriales a través de un estudio de vida de anaquel acelerada y que se espera que los lotes de pera variedad Anjou recubiertas con la biopelícula de quitina-quitosana obtenida del caparazón, abdomen y patas de jaiba se preserven con una vida de anaquel mayor ralentizando la maduración y senescencia del fruto, respecto de los lotes sin recubrimiento y los recubrimientos control, a las temperaturas bajo estudio, es posible concluir lo siguiente:

- Las condiciones óptimas para la extracción de quitina-quitosana a partir de harina de cefalotórax de jaiba fueron: secado de cefalotórax de jaiba a 80°C durante 3 horas, tamaño de partícula en harina de cefalotórax de jaiba < 0.420 mm, y una relación harina:disolvente MAC-141© de 1:20.
- El uso del recubrimiento de Q-Qn sobre los lotes de pera variedad Anjou permitió la ralentización de los fenómenos de madurez en la pera, tales como la degradación de la clorofila, pérdida de humedad, pérdida del contenido de vitamina C, disminución de acidez y aumento del pH.
- El uso del recubrimiento de Q-Qn sobre los lotes de pera variedad Anjou tuvo un efecto negativo sobre la firmeza de la fruta al avanzar la maduración, al igual que en los grados Brix.
- No se presentaron diferencias estadísticamente significativas en el nivel de agrado ni preferencia entre las muestras de mermelada de pera recubierta con Q-Qn y sin recubrir.
- El recubrimiento de Q-Qn no afectó los atributos de aroma y color en la pera variedad Anjou.

5.2 Perspectivas

Con base en los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, se pueden señalar los siguientes puntos que resultarían de sumo interés esclarecer:

- a) Determinar la carga microbiana del fruto inicial, durante y al final del estudio; para así evaluar si el recubrimiento de Q-Qn ejerce efecto antimicrobiano sobre él. Definir, con la carga microbiana, si el recubrimiento o la falta de él tienen algún efecto sobre los parámetros fisicoquímicos y sensoriales evaluados en esta investigación.
- b) Determinar la inocuidad del recubrimiento de Q-Qn comprobando que el metanol utilizado en la síntesis del disolvente MAC-141© se puede recuperar completamente durante el proceso de la disolución de la quitina-quitosana, dando como resultado un recubrimiento inocuo. Deben utilizarse técnicas de cuantificación de metanol residual y determinar si se encuentra dentro del límite de la ingesta diaria admisible (IDA).
- c) En caso de que el recubrimiento sea inocuo, con respecto al contenido de metanol, realizar una evaluación sensorial para determinar si existe diferencia significativa entre el sabor de la mermelada elaborada a partir de pera recubierta y la mermelada elaborada a partir de pera sin recubrir.

ANEXOS

ANEXO 1. DESCRIPCIÓN DE LAS TÉCNICAS EMPLEADAS

A1.1. Determinación del contenido de humedad

Se utilizó el método de la termobalanza, el cual se basa en la evaporación de manera continua de la humedad de la muestra y el registro continuo de la pérdida de masa, hasta que la muestra se sitúe a una masa constante (Nollet, 1996). Esta determinación se fundamenta en el uso de una balanza de torsión sensible para pesar la muestra y una lámpara infrarroja para secar (SE, 1982c).

A1.2. Determinación de grados Brix (°Bx)

Se realizó, basado en la metodología descrita en la NMX-F-103-1982 para la determinación de grados Brix, colocando el refractómetro en una posición que logre difundir cualquier forma de luz. Posteriormente, se debe hacer circular agua sobre los prismáticos, limpiándolos cuidadosamente antes de hacer la lectura. Al colocar la muestra, la línea margen debe ser completamente visible. La lectura se hace directamente sobre el porcentaje de sólidos en la escala Brix. Esta técnica se fundamenta en el cambio de dirección que sufren los rayos luminosos en el límite de separación de dos medios en los cuales es distinta la velocidad de propagación (SE, 1982a).

A1.3. Determinación de pH

Mediante el uso del potenciómetro, este método está fundamentado en la medición electrométrica de la actividad de los iones hidrógeno H⁺ presentes en una muestra. Se realizó basado en la metodología descrita en la NMX-F-S-1978, la cual distingue dos puntos importantes: la calibración del potenciómetro y la determinación de pH (SE, 1978).

A1.3.1 Calibración del potenciómetro

- Conectar el potenciómetro y esperar a que aparezca la pantalla de medida del pH
- Presionar la tecla “CALIBRATE” del potenciómetro
- Cuando el potenciómetro pregunte cuántos “buffers” se introducirán, oprimir la tecla “3”, puesto que se deben introducir las soluciones amortiguadoras o “buffers” con pH 4, 7 y 10; acto seguido se debe oprimir la tecla “YES”
- Introducir el electrodo del potenciómetro en la solución tipo “buffer” a pH 4; esperar a que la leyenda “RDY” aparezca en la parte inferior derecha del potenciómetro y oprimir la tecla “YES”
- Retirar el electrodo y enjuagarlo con agua destilada y limpiarlo con un pañuelo desechable
- Repetir la misma acción para los demás “buffers”.

A1.3.2 Determinación del valor de pH

- Se pesan 10 g de muestra en un matraz Erlenmeyer, posteriormente, se adicionan 100 mL de agua destilada y se le determina el pH
- Usando un potenciómetro previamente calibrado se procede a tomar el valor de pH hasta que el potenciómetro señale la leyenda “RDY”
- Se extrae el electrodo del seno de la mezcla para ser lavado con agua destilada y se limpia con un pañuelo desechable.

A1.4. Determinación de acidez

Se realizó basado en la NMX-FF-011-1982, fundamentado en la neutralización de los iones H^+ con solución valorada de hidróxido de sodio (NaOH), en presencia de una sustancia indicadora. Se debe hacer uso de dos reactivos: una solución de NaOH 0.1N y fenoftaleína. La solución de NaOH 0.1N se preparó disolviendo el hidróxido de sodio en escamas en agua, las cantidades de hidróxido de sodio y de agua dependerán de la cantidad a preparar. Una vez que se ha preparado la solución de NaOH, ésta puede valorarse fácilmente usando biftalato de potasio el cual es un patrón primario (SE, 1982b).

La valoración se realiza de la siguiente manera:

- Pesar aproximadamente 0.2 g de biftalato de potasio
- Llevar a un volumen de 100 mL con agua destilada
- Disolver completamente el biftalato de potasio
- Agregar 3 gotas de la solución de fenoftaleína al 1% en etanol
- Titular y detenerse cuando el indicador vire hacia un color rosado tenue
- Considerando una concentración de 0.1N, el gasto aproximado de la solución de NaOH será de 10 a 11 mL
- Registrar el volumen gastado de NaOH y, con base en ello y la masa de biftalato de potasio, determinar la concentración real de la solución de NaOH.

La preparación de la muestra y su valoración debe ser de la siguiente manera:

- Lavar y secar la muestra
- Extraer el jugo, hacerlo de la forma más rápida posible debido a la pérdida de humedad que puede experimentar la fruta
- Tomar de 10 g de la muestra obtenida
- Diluir con agua, aproximadamente 50 mL
- Agregar de 2 a 3 gotas de fenoftaleína
- Adicionar poco a poco la solución de NaOH 0.1N hasta obtener un color rosado, éste debe permanecer cerca de 30 segundos
- Anotar el volumen gastado de NaOH 0.1N
- Realizarlo por triplicado.

A1.5. Determinación de vitamina C

Se determinó siguiendo la metodología volumétrica 967.21 de la AOAC (AOAC, 1995), la cual indica que se deben preparar los siguientes reactivos:

- a) Solución de ácido acético al 5%. Se deben tomar 5 mL de ácido acético glaciado por cada 100 mL de disolución preparada.
- b) Solución patrón de ácido ascórbico (1 mg/mL). Se deben pesar 0.1 g de ácido ascórbico y disolver en un poco de ácido acético al 5%.

Posteriormente, se debe verter en un matraz volumétrico de 100 mL y llevar al aforo con la solución de ácido acético al 5%. Ésta se debe proteger de la luz, por lo que el matraz se debe cubrir con papel aluminio.

c) Solución de 2,6-dicloro-indofenol. Para preparar un litro se deben pesar los siguientes reactivos:

- 0.1 g de 2,6-dicloro-indofenol
- 0.05 g de bicarbonato de sodio
- Disolver los reactivos anteriores en un vaso de precipitados con un poco de agua y llevar la mezcla a un litro en un matraz aforado
- Valorar la solución de 2,6-dicloro-indofenol para determinar qué volumen oxida 1 mg de ácido ascórbico
- Para la valoración se debe trabajar de la forma siguiente: en un matraz Erlenmeyer de 250 mL agregar 1 mL de la solución patrón de ácido ascórbico (b), agregar posteriormente 9 mL de la solución de ácido acético al 5% (a) y valorar con el 2,6-dicloro-indofenol previamente preparado (c), el vire se indica cuando el color rosado permanezca por 10 segundos
- Reportar la cantidad gastada como el volumen necesario de esa solución de 2,6-dicloro-indofenol para oxidar un miligramo de ácido ascórbico.

d) Determinación de vitamina C en muestra. Para la determinación de la vitamina C en la muestra es necesario ajustar el método dependiendo de la cantidad estimada de vitamina C presente en cada caso. Se pesa 0.4 g de muestra, los cuales se disuelven en 50 mL de ácido acético al 5% (a), esta solución se vacía en un matraz volumétrico de 100 mL y se lleva al aforo, de éste se toman 3 alícuotas de 10 mL, las cuales se depositan en matraces Erlenmeyer de 250 mL y se valoran con la solución de 2,6-dicloro-indofenol. Finalmente, se reporta el volumen gastado de 2,6-dicloro-indofenol y con base en la valoración y la masa de la muestra se determina el contenido de vitamina C en ésta.

ANEXO 2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS EXPERIMENTALES

A2.1. Análisis estadístico de los datos experimentales obtenidos de los parámetros evaluados a 4°C

A2.1.1. Análisis de varianza del contenido de humedad en pera var. Anjou a 4°C

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Días	311.408	5	62.2816	35.65	0.0000
B:Recubrimiento	157.336	4	39.334	22.52	0.0000
RESIDUOS	139.752	80	1.7469		
TOTAL (CORREGIDO)	608.496	89			

A2.1.2. Análisis de varianza del contenido de °Bx en pera var. Anjou a 4°C

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Días	35.784	5	7.1568	7.32	0.0000
B:Recubrimiento	14.806	4	3.7015	3.78	0.0072
RESIDUOS	78.266	80	0.978325		
TOTAL (CORREGIDO)	128.856	89			

A2.1.3. Análisis de varianza del contenido de vitamina C en pera var. Anjou a 4°C

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Días	1105.74	5	221.149	94.51	0.0000
B:Recubrimiento	43.2099	4	10.8025	4.62	0.0021
RESIDUOS	187.19	80	2.33988		
TOTAL (CORREGIDO)	1336.14	89			

A2.1.4. Análisis de varianza del contenido de acidez en pera var. Anjou a 4°C

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Días	0.0689802	5	0.013796	13.83	0.0000
B:Recubrimiento	0.0135682	4	0.00339204	3.40	0.0128
RESIDUOS	0.0798274	80	0.000997843		
TOTAL (CORREGIDO)	0.162376	89			

A2.1.5. Análisis de varianza del contenido de pH en pera var. Anjou a 4°C

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Días	3.23268	5	0.646536	19.35	0.0000
B:Recubrimiento	0.0906054	4	0.0226514	0.68	0.6093
RESIDUOS	2.67341	80	0.0334176		
TOTAL (CORREGIDO)	5.99669	89			

A2.2. Análisis estadístico de los datos experimentales obtenidos de los parámetros evaluados a 25°C

A2.2.1. Análisis de varianza del contenido de humedad en pera var. Anjou a 25°C

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Días	555.716	5	111.143	60.91	0.0000
B:Recubrimiento	167.124	4	41.781	22.90	0.0000
RESIDUOS	145.984	80	1.8248		
TOTAL (CORREGIDO)	868.824	89			

A2.2.2. Análisis de varianza del contenido de °Bx en pera var. Anjou a 25°C

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Días	53.889	5	10.7778	10.48	0.0000
B:Recubrimiento	3.516	4	0.879	0.85	0.4948
RESIDUOS	82.256	80	1.0282		
TOTAL (CORREGIDO)	139.661	89			

A2.2.3. Análisis de varianza del contenido de vitamina C en pera var. Anjou a 25°C

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Días	1596.57	5	319.314	127.62	0.0000
B:Recubrimiento	138.358	4	34.5894	13.82	0.0000
RESIDUOS	200.169	80	2.50211		
TOTAL (CORREGIDO)	1935.1	89			

A2.2.4. Análisis de varianza del contenido de acidez en pera var. Anjou a 25°C

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Días	0.0937005	5	0.0187401	13.17	0.0000
B:Recubrimiento	0.0088784	4	0.0022196	1.56	0.1931
RESIDUOS	0.113832	80	0.0014229		
TOTAL (CORREGIDO)	0.216411	89			

A2.2.5. Análisis de varianza del contenido de pH en pera var. Anjou a 25°C

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Días	4.13936	5	0.827872	15.45	0.0000
B:Recubrimiento	1.24745	4	0.311862	5.82	0.0004
RESIDUOS	4.28633	80	0.0535792		
TOTAL (CORREGIDO)	9.67314	89			

A2.3. Análisis estadístico de los datos experimentales obtenidos de los parámetros evaluados a 35°C

A2.3.1. Análisis de varianza del contenido de humedad en pera var. Anjou a 35°C

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Días	1221.94	5	244.389	120.66	0.0000
B:Recubrimiento	144.87	4	36.2175	17.88	0.0000
RESIDUOS	162.03	80	2.02538		
TOTAL (CORREGIDO)	1528.85	89			

A2.3.2. Análisis de varianza del contenido de °Bx en pera var. Anjou a 35°C

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Días	49.3941	5	9.87882	6.15	0.0001
B:Recubrimiento	68.5386	4	17.1346	10.67	0.0000
RESIDUOS	128.472	80	1.60591		
TOTAL (CORREGIDO)	246.405	89			

A2.3.3. Análisis de varianza del contenido de vitamina C en pera var. Anjou a 35°C

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Días	1591.73	5	318.347	143.36	0.0000
B:Recubrimiento	185.971	4	46.4928	20.94	0.0000
RESIDUOS	177.643	80	2.22053		
TOTAL (CORREGIDO)	1955.35	89			

A2.3.4. Análisis de varianza del contenido de acidez en pera var. Anjou a 35°C

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Días	0.202881	5	0.0405762	137.33	0.0000
B:Recubrimiento	0.027723	4	0.00693075	23.46	0.0000
RESIDUOS	0.0236378	80	0.000295472		
TOTAL (CORREGIDO)	0.254242	89			

A2.3.5. Análisis de varianza del contenido de pH en pera var. Anjou a 35°C

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Días	14.2111	5	2.84222	57.99	0.0000
B:Recubrimiento	2.14208	4	0.535519	10.93	0.0000
RESIDUOS	3.92064	80	0.049008		
TOTAL (CORREGIDO)	20.2738	89			

ANEXO 3. COMPARACIÓN DE MEDIAS POR EL MÉTODO DE DUNCAN

A3.1. Comparación de medias de los datos experimentales obtenidos de los parámetros evaluados a 4°C

A3.1.1. Pruebas de rango múltiple para humedad a 4°C por días

Días	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos homogéneos
15	15	79.88	0.341262	A
12	15	81.1	0.341262	B
9	15	81.14	0.341262	B
6	15	81.82	0.341262	B
3	15	84.32	0.341262	C
0	15	85.1	0.341262	C

A3.1.2. Pruebas de rango múltiple para humedad a 4°C por recubrimiento

Recubrimiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos homogéneos
Blanco	18	79.9167	0.311528	A
Q-Qn	18	82.0167	0.311528	B
Qn 1.5	18	82.1833	0.311528	B
Qn 2.0	18	83.3167	0.311528	C
Qn 0.3	18	83.7	0.311528	C

A3.1.3. Pruebas de rango múltiple para °Bx a 4°C por días

Días	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos homogéneos
9	15	11.46	0.255385	A
12	15	12.54	0.255385	B
6	15	12.98	0.255385	B
15	15	13.04	0.255385	B
0	15	13.26	0.255385	B
3	15	13.28	0.255385	B

A3.1.4. Pruebas de rango múltiple para °Bx a 4°C por recubrimiento

Recubrimiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos homogéneos
Blanco	18	12.4	0.233134	A
Qn 2.0	18	12.4	0.233134	A
Qn 1.5	18	12.5667	0.233134	A
Qn 0.3	18	12.9833	0.233134	A B
Q-Qn	18	13.45	0.233134	B

A3.1.5. Pruebas de rango múltiple para vitamina C a 4°C por días

Días	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos homogéneos
15	15	10.192	0.394958	A
12	15	12.242	0.394958	B
9	15	15.2107	0.394958	C
6	15	17.1687	0.394958	D
0	15	19.2787	0.394958	E
3	15	19.73	0.394958	E

A3.1.6. Pruebas de rango múltiple para vitamina C a 4°C por recubrimiento

Recubrimiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos homogéneos
Blanco	18	14.7128	0.360546	A
Qn 1.5	18	15.2544	0.360546	A B
Qn 0.3	18	15.5944	0.360546	A B
Qn 2.0	18	15.8178	0.360546	B C
Q-Qn	18	16.8056	0.360546	C

A3.1.7. Pruebas de rango múltiple para acidez a 4°C por días

Días	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos homogéneos
12	15	0.125267	0.00815615	A
6	15	0.1604	0.00815615	B
3	15	0.1718	0.00815615	B C
15	15	0.178133	0.00815615	B C
9	15	0.189933	0.00815615	C
0	15	0.216	0.00815615	D

A3.1.8. Pruebas de rango múltiple para acidez a 4°C por recubrimiento

Recubrimiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos homogéneos
Qn 2.0	18	0.161333	0.00744552	A
Qn 1.5	18	0.1625	0.00744552	A
Qn 0.3	18	0.169333	0.00744552	A
Blanco	18	0.181	0.00744552	A B
Q-Qn	18	0.193778	0.00744552	B

A3.1.9. Pruebas de rango múltiple para pH a 4°C por días

Días	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos homogéneos
0	15	3.7724	0.0472	A
15	15	3.976	0.0472	B
9	15	4.0216	0.0472	B C
3	15	4.1512	0.0472	C D
6	15	4.228	0.0472	D
12	15	4.3626	0.0472	E

A3.1.10. Pruebas de rango múltiple para pH a 4°C por recubrimiento

Recubrimiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos homogéneos
Q-Qn	18	4.02467	0.0430875	A
Qn 2.0	18	4.08417	0.0430875	A
Qn 1.5	18	4.0985	0.0430875	A
Qn 0.3	18	4.1085	0.0430875	A
Blanco	18	4.11067	0.0430875	A

A3.2. Comparación de medias de los datos experimentales obtenidos de los parámetros evaluados a 25°C

A3.2.1. Pruebas de rango múltiple para humedad a 25°C por días

Días	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos homogéneos
15	15	78.16	0.348788	A
12	15	79.46	0.348788	B
9	15	80.86	0.348788	C
6	15	82.0	0.348788	D
3	15	84.1	0.348788	E
0	15	85.3	0.348788	F

A3.2.2. Pruebas de rango múltiple para humedad a 25°C por recubrimiento

Recubrimiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos homogéneos
Blanco	18	79.5167	0.318399	A
Qn 0.3	18	80.85	0.318399	B
Q-Qn	18	81.75	0.318399	C
Qn 1.5	18	82.8167	0.318399	D
Qn 2.0	18	83.3	0.318399	D

A3.2.3. Pruebas de rango múltiple para °Bx a 25°C por días

Días	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos homogéneos
3	15	11.1	0.261814	A
12	15	12.26	0.261814	B
15	15	12.6	0.261814	B C
9	15	12.88	0.261814	B C D
0	15	13.24	0.261814	C D
6	15	13.46	0.261814	D

A3.2.4. Pruebas de rango múltiple para °Bx a 25°C por recubrimiento

Recubrimiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos homogéneos
Qn 0.3	18	12.3333	0.239003	A
Blanco	18	12.4333	0.239003	A
Q-Qn	18	12.55	0.239003	A
Qn 1.5	18	12.8	0.239003	A
Qn 2.0	18	12.8333	0.239003	A

A3.2.5. Pruebas de rango múltiple para vitamina C a 25°C por días

Días	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos homogéneos
15	15	6.204	0.408421	A
12	15	7.996	0.408421	B
9	15	9.932	0.408421	C
6	15	12.35	0.408421	D
3	15	15.434	0.408421	E
0	15	18.41	0.408421	F

A3.2.6. Pruebas de rango múltiple para vitamina C a 25°C por recubrimiento

Recubrimiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos homogéneos
Blanco	18	9.725	0.372835	A
Qn 0.3	18	10.915	0.372835	B
Qn 1.5	18	12.1267	0.372835	C
Qn 2.0	18	12.8267	0.372835	C
Q-Qn	18	13.0117	0.372835	C

A3.2.7. Pruebas de rango múltiple para acidez a 25°C por días

Días	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos homogéneos
3	15	0.1656	0.00973961	A
0	15	0.1824	0.00973961	A B
6	15	0.194	0.00973961	A B C
9	15	0.2008	0.00973961	B C
12	15	0.2152	0.00973961	C
15	15	0.2678	0.00973961	D

A3.2.8. Pruebas de rango múltiple para acidez a 25°C por recubrimiento

Recubrimiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos homogéneos
Q-Qn	18	0.192333	0.00889101	A
Qn 0.3	18	0.193667	0.00889101	A
Qn 2.0	18	0.208333	0.00889101	A
Qn 1.5	18	0.208667	0.00889101	A
Blanco	18	0.2185	0.00889101	A

A3.2.9. Pruebas de rango múltiple para pH a 25°C por días

Días	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos homogéneos
15	15	3.8144	0.0597657	A
12	15	3.8336	0.0597657	A
6	15	4.029	0.0597657	B
9	15	4.124	0.0597657	B
0	15	4.158	0.0597657	B
3	15	4.4474	0.0597657	C

A3.2.10. Pruebas de rango múltiple para pH a 25°C por recubrimiento

Recubrimiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos homogéneos
Blanco	18	3.9305	0.0545584	A
Qn 2.0	18	3.97017	0.0545584	A
Qn 1.5	18	4.02333	0.0545584	A
Qn 0.3	18	4.20617	0.0545584	B
Q-Qn	18	4.2085	0.0545584	B

A3.3. Comparación de medias de los datos experimentales obtenidos de los parámetros evaluados a 35°C

A3.3.1. Pruebas de rango múltiple para humedad a 35°C por días

Días	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos homogéneos
15	15	75.6	0.367457	A
12	15	77.58	0.367457	B
9	15	78.32	0.367457	B
6	15	80.86	0.367457	C
3	15	84.7	0.367457	D
0	15	85.64	0.367457	D

A3.3.2. Pruebas de rango múltiple para humedad a 35°C por recubrimiento

Recubrimiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos homogéneos
Blanco	18	78.2	0.335441	A
Qn 2.0	18	80.2833	0.335441	B
Qn 0.3	18	80.5833	0.335441	B
Qn 1.5	18	81.1833	0.335441	B C
Q-Qn	18	82.0	0.335441	C

A3.3.3. Pruebas de rango múltiple para °Bx a 35°C por días

Días	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos homogéneos
0	15	13.66	0.327201	A
3	15	13.946	0.327201	A B
6	15	13.98	0.327201	A B
9	15	14.126	0.327201	A B
12	15	14.686	0.327201	B
15	15	15.886	0.327201	C

A3.3.4. Pruebas de rango múltiple para °Bx a 35°C por recubrimiento

Recubrimiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos homogéneos
Qn 2.0	18	13.1	0.298692	A
Qn 1.5	18	13.5867	0.298692	A
Qn 0.3	18	14.8333	0.298692	B
Blanco	18	15.1	0.298692	B
Q-Qn	18	15.2833	0.298692	B

A3.3.5. Pruebas de rango múltiple para vitamina C a 35°C por días

Días	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos homogéneos
15	15	3.64533	0.384754	A
12	15	3.646	0.384754	A
9	15	6.598	0.384754	B
6	15	7.81733	0.384754	C
3	15	8.83333	0.384754	C
0	15	16.112	0.384754	D

A3.3.6. Pruebas de rango múltiple para vitamina C a 35°C por recubrimiento

Recubrimiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos homogéneos
Blanco	18	5.90333	0.351231	A
Qn 0.3	18	6.16111	0.351231	A
Q-Qn	18	8.60278	0.351231	B
Qn 1.5	18	9.07	0.351231	B
Qn 2.0	18	9.13944	0.351231	B

A3.3.7. Pruebas de rango múltiple para acidez a 35°C por días

Días	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos homogéneos
12	15	0.077	0.00443826	A
9	15	0.094	0.00443826	B
6	15	0.095	0.00443826	B
15	15	0.0988	0.00443826	B
3	15	0.104	0.00443826	B
0	15	0.2192	0.00443826	C

A3.3.8. Pruebas de rango múltiple para acidez a 35°C por recubrimiento

Recubrimiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos homogéneos
Qn 2.0	18	0.0911667	0.00405156	A
Qn 1.5	18	0.0965	0.00405156	A
Blanco	18	0.121667	0.00405156	B
Q-Qn	18	0.13	0.00405156	B C
Qn 0.3	18	0.134	0.00405156	C

A3.3.9. Pruebas de rango múltiple para pH a 35°C por días

Días	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos homogéneos
0	15	3.8648	0.0571594	A
9	15	4.537	0.0571594	B
12	15	4.6394	0.0571594	B C
3	15	4.6692	0.0571594	B C
6	15	4.726	0.0571594	C
15	15	5.2174	0.0571594	D

A3.3.10. Pruebas de rango múltiple para pH a 35°C por recubrimiento

Recubrimiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos homogéneos
Q-Qn	18	4.41517	0.0521792	A
Qn 0.3	18	4.44633	0.0521792	A
Blanco	18	4.65233	0.0521792	B
Qn 1.5	18	4.72017	0.0521792	B C
Qn 2.0	18	4.81083	0.0521792	C

ANEXO 4. CUESTIONARIO EVALUACIÓN SENSORIAL

Nombre: _____ Edad: _____ Género: _____

INSTRUCCIONES: Frente a usted se encuentran dos muestras de mermelada de pera. Por favor lea con atención, **sin degustar** evalúe las muestras de izquierda a derecha y conteste las siguientes preguntas:

Proceda a evaluar la muestra 254

1. **Sin degustar**, marque con una **X** el nivel de agrado de los siguientes atributos:

Color

Me disgusta mucho	Me disgusta	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta	Me gusta mucho
-------------------	-------------	----------------------------	----------	----------------

--	--	--	--	--

Aroma

Me disgusta mucho	Me disgusta	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta	Me gusta mucho
-------------------	-------------	----------------------------	----------	----------------

--	--	--	--	--

Proceda a evaluar la muestra 448

2. **Sin degustar**, marque con una **X** el nivel de agrado de los siguientes atributos:

Color

Me disgusta mucho	Me disgusta	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta	Me gusta mucho
-------------------	-------------	----------------------------	----------	----------------

--	--	--	--	--

Aroma

Me disgusta mucho	Me disgusta	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta	Me gusta mucho
-------------------	-------------	----------------------------	----------	----------------

--	--	--	--	--

3. Mencione que muestra le agradó más, marcando con una **X** en el espacio correspondiente a continuación:

254 _____ 448 _____

4. Con base en los atributos evaluados, ¿por qué le agradó más esa muestra?

5. ¿Qué le cambiaría a la muestra que no fue de su mayor agrado?

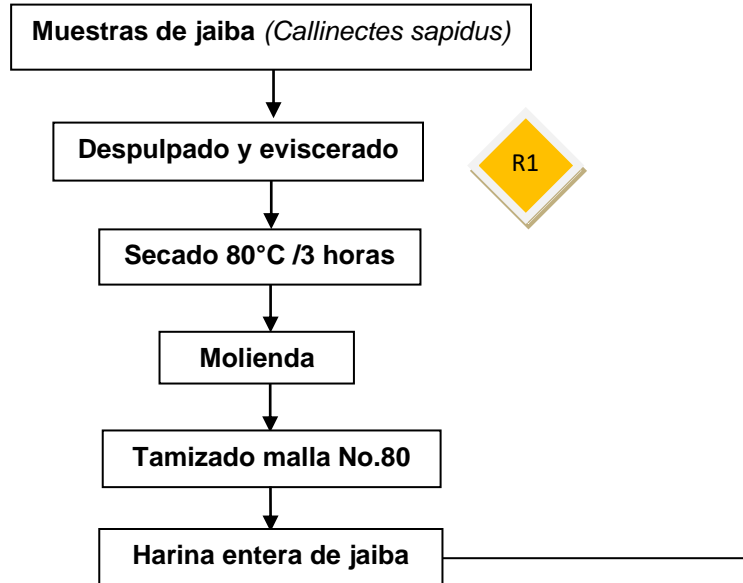


GRACIAS POR SU PARTICIPACIÓN

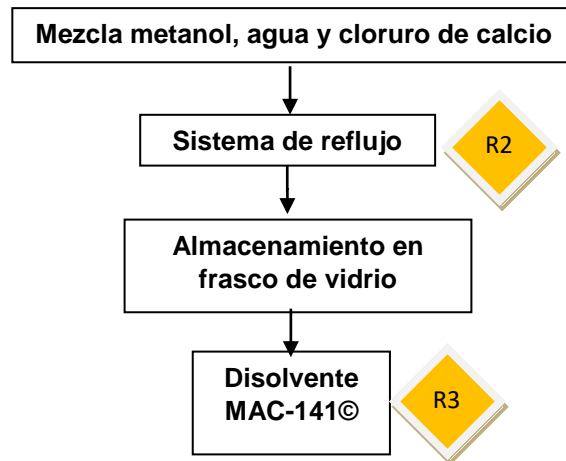


ANEXO 5. DIAGRAMA ECOLÓGICO

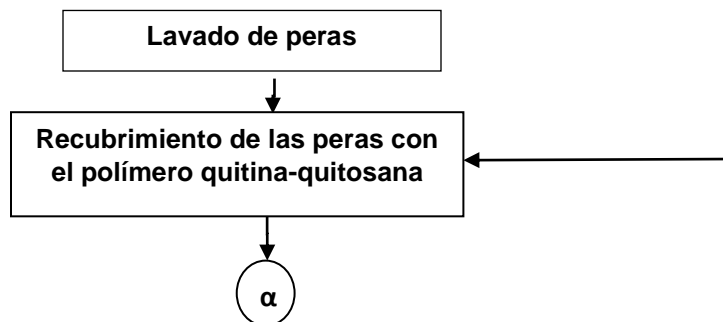
Obtención de materia prima

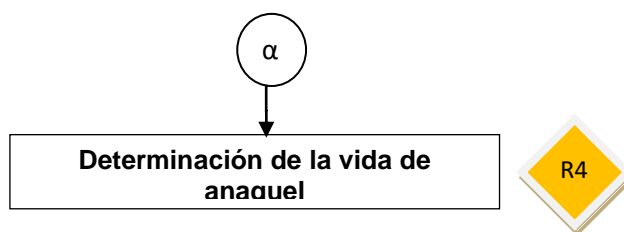


Preparación del disolvente MAC-141©



Recubrimientos de peras con el disolvente MAC-141©





R1: Residuos orgánicos no peligrosos. Se envían a disposición para producir composta o se desechan de forma adecuada en la basura llamada orgánica (biodegradable).

R2: El residuo obtenido en este punto es una mezcla de agua, metanol y cloruro de calcio no solubilizado, puede llevarse a cabo un filtrado para posteriormente destilar el metanol y así separarlo del agua. El cloruro de calcio puede ser recuperado mediante un secado a 80°C en una estufa convencional, reutilizándose en la elaboración de nuevos lotes de este disolvente.

R3: Cefalotórax de jaiba, residuos de MAC-141©. Se depositan en una bolsa de plástico y se desechan en un contenedor de basura ya que no se consideran peligrosos.

R4: Para la determinación de pH y acidez. El residuo se almacena en un contenedor de plástico (agua, NaOH 0.01 N y fenolftaleína). Al final de las determinaciones se mide el valor de pH con un potenciómetro modelo Orión 720A, se ajusta a un valor de 7 con ayuda de HCl; posteriormente, se vierte en la tarja.

Para la determinación de vitamina C el 2,6-Diclorofenol-Indofenol se almacena en un recipiente adecuado, se etiqueta con todos los datos requeridos y se envía a la Unidad de Gestión Ambiental de la Facultad de Química de la UNAM (UGA).

Para la determinación de $^{\circ}\text{Bx}$ se utiliza un residuo orgánico no peligroso, por lo que el lente del refractómetro se lava al chorro del agua.

BIBLIOGRAFÍA

- Alique, R. 2016. *Aplicación del frío a los alimentos*. [En línea]. Disponible en: <http://solucionespost-cosecha.blogspot.com/2013/05/principios-de-lapostcosecha.html> [Último acceso el 15 de marzo de 2018]
- Altenhofen, M., Krause, A., Guenter, T. 2009. Alginate and pectin composite films crosslinked with Ca²⁺ ions: Effect of the plasticizer concentration. *Carbohydrate Polymers*. 77:736-742.
- Álvarez, T., Soto, F., Avilés, Q., Díaz, L., Treviño, C. 2012. *Panorama de la investigación y su repercusión sobre la producción acuícola en México*. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. Instituto Nacional de la Pesca. Ciudad de México, México.
- Andrade, P., Warner, J. 1998. *Green Chemistry: Theory and Practice*. Oxford University Press, Nueva York, EE.UU.
- AOAC. 1995. *Official Methods of Analysis*. Vol. 2, Parte 2. 16a edición. AOAC International. Washington, D.C., EE.UU.
- Aular, J. 2006. Consideraciones sobre el manejo postcosecha de frutas en Venezuela. *Anales del Seminario Hortofrutícola Colombiano y I Congreso Iberoamericano sobre Sistemas de Procesado*. Pp. 59–62. Caracas, Venezuela.
- Azcón-Bieto, J., Talón, M. 2008. *Fundamentos de fisiología vegetal*. 2a edición. McGraw-Hill. Madrid, España.
- Baduí, S. 2006. *Química de los alimentos*. 4ta edición. Pearson Educación. Estado de México, México.
- Barreiro, J., Sandoval, A. 2006. *Operaciones de conservación de alimentos por bajas temperaturas*. 2a reimpresión. Equinoccio. Caracas, Venezuela.
- Bhat, G., Rong, H. 2006. Biodegradable nonwovens. In *Biodegradable and Sustainable Fibres*. R.S. Blackburn, Ed. Woodhead Publishing Series in Textiles. Cap. 10. Pp. 310-342. ISBN 978-1-85573-916-1. Cambridge, Reino Unido.

- Battisti, M. V., Campana-Filho, S. P. 2008. Preparation and characterization of a-chitin and chitosan from the shells of *Macrobrachium rosenbergii*. *Química Nova*, 31(8):2014-2019.
- Cabello, A., Martínez, Z., Villegas, L., Figuera, B., Marcano, L., Gómez, A., Vallenilla, O. 2005. La fauna acompañante del camarón como materia prima para la elaboración de productos pesqueros. *Zootecnia Tropical*. 23(3):217-230.
- Cagri, A., Ustunol, Z., Ryser, E. 2004. Antimicrobial edible films and coatings. *Journal of Food Protection*. 67:833–848.
- Carmona-Suárez, C.A. 2009. Swimming crab community ecology in an estuarine complex in western Venezuela (Decapoda, Portunidae). *Nauplius*. 17(1):9-27.
- Castagnino, A. 2009. Manual de cultivos hortícolas innovadores. Hemisferio Sur. Buenos Aires, República Argentina.
- Cheng, Y., Dong, Y., Yan, H., Ge, W., Shen, C., Guan, J., Liu, L, Zhang, Y. 2012. Effects of 1-MCP on chlorophyll degradation pathway-associated genes expression and chloroplast ultrastructure during the peel yellowing of Chinese pear fruits in storage. *Food Chemistry*. 135(2):415-422.
- Cisneros, M., Ramírez, E., García, J., Castañeda, V., Labastida, A., Gómez, C., Madrid, J. 2014. *Pesca de jaiba en el litoral del Pacífico Mexicano*. Instituto Nacional de Pesca. Ciudad de México, México.
- CONAPESCA. 2014. *Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca 2014*. [En línea]. Disponible en:
www.conapesca.gob.mx/work/sites/cona/dgppe/2014/ANUARIO_ESTADISTICO_DE_ACUACULTURA_Y_PESCA_2014.pdf [Último acceso el 15 de marzo de 2018]
- DOF. 2009. DIARIO OFICIAL (Primera Sección). Modificación del inciso 0, el encabezado de la Tabla 13, el último párrafo del Anexo B y el apartado Signo decimal de la Tabla 21 de la Norma Oficial Mexicana NOM-008-SCFI-2002, Sistema general de unidades de medida. CUARTO.- Se modifica el encabezado de la tabla 13 para quedar como sigue: Tabla 21 - Reglas para la

escritura de los números y su signo decimal. Signo decimal El signo decimal debe ser una coma sobre la línea (,) o un punto sobre la línea (.). Si la magnitud de un número es menor que la unidad, el signo decimal debe ser precedido por un cero. **Diario Oficial de la Federación**: Jueves 24 de septiembre de 2009. Poder Ejecutivo Federal. México D.F., México.

- El Ghaouth, A., Arul, J. 1992. Antifungal activity of chitosan on post-harvest pathogens: induction of morphological and cytological alterations in *Rhizopus stolonifer*. *Mycological Research*. 96:769–772.
- Enríquez-Estrada, R. A., Nava-Arévalo, J. D. 2016. *Estudios de vida de anaquel en productos hortofrutícolas empleando recubrimientos obtenidos de exoesqueletos y cefalotórax de camarón*. Tesis de Licenciatura, UNAM. Ciudad de México, México. 132.248.9.195/ptd2016/enero/0740203/Index.html
- FAO. 1993. *Prevención de pérdidas de alimentos postcosecha: frutas, hortaliza, raíces y tubérculos*. Servicio de Tecnologías de Ingeniería Agrícola y Alimentaria. Roma, Italia.
- FAO. 2004. *Conservación de frutas y hortalizas mediante tecnologías combinadas*. Servicio de Tecnologías de Ingeniería Agrícola y Alimentaria. Roma, Italia.
- Flores-Ortega, R. 2004. *Bioplástico de quitina: Formación de películas de quitina a partir de desechos de camarón por métodos ecológicos*. Tesis de Maestría. Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias Químicas, UNAM. Ciudad de México, México. 132.248.9.195/ppt2004/0333631/Index.html
- Flores-Ortega, R. A., Barrera-Rodríguez, S., Durán-Domínguez-de-Bazúa, M.C. 2004. Extracción ecológica de quitina y subproductos. Solicitud de Registro: Octubre 1, 2004. Facultad de Química, UNAM. IMPI. PA/a/2004/009517. Patente Núm. 264482. Otorgada el 12 de febrero de 2009. Ciudad de México, México.
- Flores-Ortega, R. 2008. *Obtención y caracterización de esponja de quitina a partir de cefalotórax de camarón*. Tesis de Doctorado. Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias Químicas, UNAM. Ciudad de México, México. 132.248.9.195/ptd2008/agosto/0629854/Index.html

- Frutas y Verduras Eladio, S.L. 2015. *Pera D' Anjou*. [En línea]. Disponible en: <http://www.frutaseladio.com/es/pera-d%C2%B4anjou> [Último acceso el 15 de marzo de 2018]
- García, M., Martino, M., Zaritzky, N. 2000. Lipid addition to improve barrier properties of edible starch-based films and coatings. *Journal of Food Science*. 65:941-947.
- Gélvez-Torres, C. 1998. *Manejo post-cosecha y comercialización de guayaba (Psidium guajava L.)*. IICA Biblioteca Venezuela. Bogotá, Colombia.
- Gontard, N., Guilbert, S., Cuq, J. 1992. Edible wheat gluten films: Influence of the main process variables on film properties using response surface methodology. *Journal of Food Science*. 57:190-195.
- González, G., Monroy, I., Goycoolea, F., Díaz, M., Ayala, Z. 2005. Cubiertas comestibles de “quitosano”. Una alternativa para prevenir el deterioro microbiano y conservar la calidad de papaya fresca cortada. *Simposium nuevas tecnologías de conservación y envasado de frutas y hortalizas. Vegetales frescos cortados*. 1:121–133.
- Han, J. H. 2014. Edible films and coatings: A review. *Innovations in Food Packaging*. Academic Press, chapter 9. Texas, EE.UU.
- Hendrickx, M. 1984. Estudio de la fauna marina y costera del sur de Sinaloa, México. III. Clave de identificación de los cangrejos de la Familia Portunidae (Crustacea: Decapoda). *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM*. 11(1):1-246.
- Higuera-Ciapara, I., Félix-Valenzuela, L., Goycoolea, M. 2006. Astaxanthin: A review of its chemistry and applications. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 46:185-196.
- Jongen, W. 2005. *Improving the safety of fresh fruit and vegetable*. Woodhead Publishing. Wageninen, Países Bajos.
- Kader, A. 2011. *Tecnología postcosecha de cultivos hortofrutícolas*. 3ra edición. Universidad de California, EE.UU.
- Kays, S. 1997. *Postharvest physiology of perishable plant products*. Exon Press. Atenas, Grecia.

- Kester, J., Fennema, O. 1986. Edible films and coatings: A review. *Food Technology*. 40:47–59.
- Knee, M. 2008. *Bases biológicas de la calidad de la fruta*. Acribia. Zaragoza, España.
- Lárez, C. 2008. Algunas potencialidades de la quitina y el “quitosano” para usos relacionados con la agricultura en Latinoamérica. *Revista UDO Agrícola*. 8(1):1-22.
- Leistner, L., Gould, G. 2002. *Hurdle technologies. Combination treatments for food stability, safety and quality*. Kluwer Academic/Plenum Publishers. Nueva York, EE.UU.
- Maiocchi, M. G., Avanza, J. R. 2004. Degradación de clorofilas y feofitinas a diferentes temperaturas en *Ilex dumosa* e *Ilex paraguariensis*. *Universidad Nacional del Nordeste. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas 2004*. Resumen: E-085. [En línea].
- Marschner, H. 2002. *Mineral nutrition of higher plants*. 2a edición. Academic Press. Londres, Reino Unido.
- Meglitsch, P. 1985. *Invertebrate zoology*. 3era edición. Oxford University Press. Nueva York, EE.UU.
- Mendoza-Pérez, S. 2014. *Obtención de pigmentos carotenoides a partir de desechos de jaiba (Callinectes sapidus)*. Tesis de Licenciatura, UNAM. Ciudad de México, México. 132.248.9.195/ptd2014/mayo/0713134/Index.html
- Meza, A. 2006. *Desarrollo de películas o recubrimientos comestibles con potencial para el recubrimiento de frutas frescas*. Proyecto de especialización en Biotecnología, Universidad Autónoma Metropolitana. Ciudad de México.
- Millikin, M. R., Williams, A. B. 1984. Synopsis on biological data on the blue crab, *Callinectes sapidus* Rathbum. NOAA Technical Report NMFS 1. FAO Fisheries Report Synopsis No. 138. Washington, D.C., EE.UU.
- Morillo, N., Belandria, N., Mújica, J. 2006. Caracterización de los desechos del procesamiento de los crustáceos en el estado de Zulia. *Veterinaria Tropical*. 31(1-2):71-83.

- Morillon, V., Debeaufort, F., Bond, G., Capelle, M., Volley, A. 2002. Factors affecting the moisture permeability of lipid – based edible films: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 42(1):67–89.
- Mourad, J., Sawssan, H., Hanen, B., Imen, L., Maher, K., Nabil, S., Moncef, N. 2014. Physical, structural, antioxidant and antimicrobial properties of gelatin-chitosan composite edible films. *International Journal of Biological Macromolecules*. 67:373-379.
- Nath, A., Deka, B. C., Singh, A., Patel, R. K., Paul, D., Misra, L. K., Ojha, H. 2012. Extension of shelf life of pear fruits using different packaging materials. *Journal of Food Science and Technology*. 49(5):556–563.
- Nollet, L. 1996. *Handbook of food analysis*. 2da edición. CRC Press. Nueva York, EE.UU.
- Ortega-Granados, J. A. 2011. *Efecto del recubrimiento de fresas usando quitina-quitosana obtenida de cefalotórax y exoesqueleto de camarón en su vida de anaquel a temperatura ambiente (20±2°C) y refrigeración (4°C)*. Tesis de Licenciatura, UNAM. Ciudad de México, México. 132.248.9.195/ptd2012/mayo/0679804/Index.html
- Otwell, W.S., Koburger, J.A. 1985. *Microbial and nutritional attributes of soft crabs*. Technical Paper No. 36. Department of Food Science and Human Nutrition, 1-20. Florida, EE.UU.
- Pantone LLC. 2018. *Color Bridge Coated*. [En línea]. Disponible en: <https://store.pantone.com/es/es/color-bridge-coated.html> [Último acceso el 27 de mayo de 2018].
- Pérez-Gago, M., Krochta, J. 2002. Drying temperature effect on water vapour permeability and mechanical properties of whey protein–lipid emulsion films. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 49:2308-2312.
- Pérez-Gago, M., Serra, M., Alonso, M., Mateos, M., Del Rio, M. 2005. Effect of whey protein- and hydroxypropyl methylcellulose-based edible composite coating on color change of fresh-cut apples. *Postharvest Biology and Technology*. 36:77-85.

- Pérez-Pérez, E. P., López-Malo, A. 2011. Tecnologías involucradas en el procesamiento mínimo de frutas y hortalizas. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*. 5(2):13-27.
- Quezada, J., Díaz, M., Gutiérrez, M., Debeaufort, F. 2003. Application of edible coatings to improve shelf-life of Mexican guava. *Acta Horticulturae*. 599:589–594.
- Ramírez-Félix, E., Singh-Cabanillas, H., Gil-López, S., Sarmiento-Náfate, I., Salazar-Navarro, G., Montemayor-López, J., García-Borbón, G., Rodríguez-Domínguez, Castañeda-Lomas. 2003. *La pesquería de jaiba (Callinectes spp.) en el Pacífico mexicano: Diagnóstico y propuesta de regulación*. SAGARPA. Ciudad de México, México.
- Ramos, M., Bautista, S., Barrera, L., Bosquez, E., Alia, I., Estrada, M. 2010. Antimicrobial compounds added in edible coatings for use in horticultural products. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 28(1):44-57.
- Sarabia-Bañuelos, P. 2011. *Aprovechamiento integral de residuos de crustáceos: obtención de quitina y quitosana del cefalotórax de camarón por métodos ecológicos*. Tesis de Maestría. Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias Químicas. Ciudad de México, México. 132.248.9.195/ptd2012/enero/0676305/Index.html
- SE. 1978. Secretaría de Economía. Catálogo de Normas Mexicanas. *NMX-F-317-S-1978: Determinación de pH en alimentos*. Dirección General de Normas. [En línea] (actualizado el 26/10/2013). Disponible en <http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-317-S-1978.PDF> [Último acceso el 27 de noviembre de 2017].
- SE. 1982a. Secretaría de Economía. Catálogo de Normas Mexicanas. *NMX-F-103-1982: Alimentos. Frutas y derivados. Determinación de grados Brix*. Dirección General de Normas. [En línea] (actualizado el 22/10/2009). Disponible en <http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-103-1982.PDF>. [Último acceso el 27 de noviembre de 2017].

- SE. 1982b. Secretaría de Economía. Catálogo de Normas Mexicanas. NMX-FF-011-1982: Productos alimenticios no industrializados, para consumo humano. Fruta fresca. Determinación de acidez titulable. Método de titulación. Dirección General de Normas. [En línea] (actualizado el 10/06/1982). Disponible en <http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-FF-011-1982.PDF>. [Último acceso el 27 de noviembre de 2017].
- SE. 1982c. Secretaría de Economía. Catálogo de Normas Mexicanas. NMX-F-428-1982: Alimentos. Determinación de humedad (Método rápido de la termobalanza). Normas Mexicanas. Dirección General de Normas. [En línea] (actualizado el 07/10/1982). Disponible en <http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-428-1982.PDF>. [Último acceso el 27 de noviembre de 2017].
- SIAP. 2017. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Atlas Agroalimentario 2016. SAGARPA. Ciudad de México, México.
- Soliva, F., Martin, B. 2003. Microbiological and biochemical changes in minimally processed fresh-cut Conference pears. *Eur. Food Res. Technol.* 217:4-9.
- Sugar, D., Einhorn, T. 2011. Conditioning temperature and harvest maturity influence induction of ripening capacity in 'd'Anjou' pear fruit. *Postharvest Biology and Technology.* 60(2):121-124.
- Vázquez-Marcial, J. S. 2015. *Extracción de carotenoides (astaxantinas) a partir de exoesqueletos de jaiba (Callinectes sapidus) bajo diferentes condiciones de acidez empleando tecnologías más limpias.* Tesis de Licenciatura, UNAM. Ciudad de México, México.
132.248.9.195/ptd2015/septiembre/0735527/Index.html
- Velázquez-Solís, J. A. 2013. *Efectos en uvas de mesa del recubrimiento con películas de quitina-quitosana obtenidas por medio de química verde en su apariencia, pH, porcentaje de acidez, contenido de humedad y vitamina C.* Tesis de Licenciatura, UNAM. Ciudad de México, México.
132.248.9.195/ptd2013/diciembre/0706661/Index.html

- Vera, M. 1995. La producción de pera en México; una carrera contra el tiempo. *Claridades Agropecuarias*. 1:3-22.
- Villalobos-Acuña, M., Mitcham, E. J. 2008. Ripening of European pears: The chilling dilemma. *Postharvest Biology and Technology*. 49(2):187-200.
- Zarra, I., Revilla, G. 1996. *Pared celular. Estructura y función*. Interamericana McGraw-Hill. Bogotá: Colombia.
- Zobel, H. 1984. *Gelatinization of starch and mechanical properties of starch pastes*. Academic Press. Londres, Reino Unido.