



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

**ESTUDIOS DE LOS RECUBRIMIENTOS ELABORADOS CON RESIDUOS DE
CEFALOTÓRAX DE JAIBA (*Callinectes sapidus*) Y DEL CEFALOTÓRAX DE
CAMARÓN (*Litopenaeus vannamei*) SOBRE UN FRUTO CLIMATÉRICO:
MANGO (*Mangifera indica*)**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

QUÍMICA DE ALIMENTOS

PRESENTA

JESSICA VIANEY JUÁREZ CRUZ



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 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 de Bazúa

VOCAL: M. en C. Agustín Reyo Herrera

SECRETARIO: M. en A. Landy Irene Ramírez Burgos

1er. SUPLENTE: Dra. Marisela Bernal González

2° SUPLENTE: M. en C. Rolando Salvador García Gómez

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:

LABORATORIOS DEL CONJUNTO E (301-303) DE INGENIERÍA QUÍMICA AMBIENTAL Y DE QUÍMICA AMBIENTAL (LIQA Y QA) DE LA FACULTAD DE QUÍMICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ASESOR DEL TEMA:

Dra. María del Carmen Durán Domínguez de Bazúa _____

SUPERVISOR TÉCNICO:

M. en C. Rolando Salvador García Gómez _____

SUSTENTANTE (S):

Jessica Vianey Juárez Cruz _____

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 en referencia a, las obras de otros autores aparecen debida y adecuadamente señaladas, así como acreditadas mediante recursos editoriales convencionales”

Jessica Vianey Juárez Cruz

Reconocimientos Institucionales

Se agradece a la UNAM que, a través de la DGAPA con los proyectos PAPIME (Claves EN103704, PE101709 Y PE100514), permitieron la adquisición de los reactivos y materiales empleados en esta investigación, así como a la Facultad de Química, ya que a través de su Programa de Apoyo a la Investigación y el Posgrado, PAIP (Clave 50009067), apoyó también en la adquisición de los reactivos y materiales

A los Laboratorios 301, 302 y 303 de Ingeniería Química Ambiental y de Química Ambiental, por el apoyo y permitirme realizar esta investigación.

Al jurado revisor por los comentarios realizados a este trabajo. A la Dra. María del Carmen Durán Domínguez de Bazúa y al M. en C. Rolando Salvador García Gómez por su apoyo, consejos y confianza para desarrollar este proyecto y así poder desarrollar un mayor conocimiento en el área de Química Ambiental.

Índice

	Pág.	
I	Índice de Tablas	7
II	Índice de Figuras	10
III	Abreviaturas	13
IV	Glosario de términos	15
V	Resumen	18
Capítulo 1	Introducción	19
1.1.	Planteamiento del problema	19
1.2.	Hipótesis	19
1.3.	Objetivo general	20
1.4.	Objetivos particulares	20
Capítulo 2	Marco teórico	21
2.1.	El mango y su desempeño en México	21
2.2.	Maduración de frutas	24
2.3.	Frutos climatéricos y no climatéricos	25
2.4.	Conservación de alimentos	26
2.5.	Biopolímeros. Quitina-Quitosa	26
2.6.	Propiedades biológicas del biopolímero	27
2.7.	Aplicaciones en alimentos	28
2.8.	Aceites esenciales	28
2.9.	Aceite esencial de naranja	29
2.10.	Química verde	29
Capítulo 3	Metodología	32
3.1.	Recolección y limpieza de la cabeza de camarón	33
3.2.	Obtención de las hojuelas de residuos de camarón y de jaiba parcialmente desproteinizados	33
3.3.	Síntesis del disolvente MAC-141©	33
3.4.	Extracción de la mezcla de quitina-quitosa de los residuos de camarón y jaiba	34
3.5.	Recubrimiento de fruto climatérico	35
3.6.	Determinación de los parámetros para determinar la vida de anaquel	35
3.6.1.	Determinación de textura	35
3.6.2.	Determinación de hongos (visual)	35
3.6.3.	Determinación de color	35
3.6.4.	Determinación de porcentaje de humedad	35
3.6.5.	Determinación de pH	36
3.6.6.	Determinación de °Brix	36
3.6.7.	Determinación de porcentaje de acidez titulable	36
3.6.8.	Determinación de ácido ascórbico	36
3.7.	Elaboración de mermeladas	36
3.7.1.	Análisis microbiológicos	36
3.7.2.	Evaluación sensorial	37

	Pág.
3.8. Elaboración del recubrimiento alternativo con aceite esencial de naranja	37
3.8.1. Recubrimiento de fruto climatérico	38
3.8.2. Uso de un modelo tipo Arrhenius para el tiempo de vida de anaquel	38
Capítulo 4 Resultados y discusión	39
4.1. Determinaciones fisicoquímicas de vida de anaquel de los mangos	39
4.1.1. Determinación de porcentaje de humedad (%H)	39
4.1.2. Determinación de Brix	43
4.1.3. Determinación de porcentaje de acidez titulable (%AT)	47
4.1.4. Determinación de pH	51
4.1.5. Determinación de ácido ascórbico	54
4.1.6. Determinación de color	58
4.1.7. Determinación visual de hongos	59
4.1.8. Determinación de textura	61
4.2. Determinación del tiempo de vida de anaquel	61
4.3. Análisis microbiológico de mermeladas de mango	63
4.4. Evaluación sensorial de las mermeladas de mango	64
Capítulo 5 Conclusiones y recomendaciones	69
5.1 Conclusiones	69
5.2 Recomendaciones	70
Capítulo 6 Bibliografía	71
ANEXO A DESCRIPCIÓN DE LAS TÉCNICAS UTILIZADAS DURANTE ESTA INVESTIGACIÓN	76
A.1.1 Determinación del porcentaje de humedad	76
A.1.2 Determinación del pH	76
A.1.3 Determinación del porcentaje de acidez titulable	78
A.1.4 Determinación de la ácido ascórbico	79
A.1.5 Determinación de grados Brix (°Brix)	80
A.1.6 Determinación del color	80
ANEXO B TABLAS DE RESULTADOS NÚMERICOS DEL DESARROLLO EXPERIMENTAL	82
Tablas de resultados promedio de determinaciones fisicoquímicas del mango	82
ANEXO C TABLAS DE RESULTADOS ESTADÍSTICOS DEL DESARROLLO EXPERIMENTAL	95
ANEXO D CUESTIONARIO DE EVALUACIÓN SENSORIAL DE MERMELADAS DE MANGO	98
ANEXO E DISPOSICIÓN CONTROLADA DE LOS RESIDUOS PRODUCIDOS EN ESTA INVESTIGACIÓN	99

I. Índice de Tablas

Tablas	Nombre	Página(s)
Metodología		
Tabla 1	Compuestos empleados en la elaboración del disolvente MAC-141® Flores, 2004	33
Tabla 2	Volúmenes empleados para preparar el recubrimiento de Quitina-Quitosa y aceite esencial de naranja (Q-Qn-AEN)	37
Resultados y discusión		
Tabla 3	Pruebas de Fisher (<i>LSD</i>) para el % de humedad por temperatura	41
Tabla 4	Pruebas de Fisher (<i>LSD</i>) para °Brix por temperatura	45
Tabla 5	Pruebas de Fisher (<i>LSD</i>) para pérdida de acidez por tratamiento	49
Tabla 6	Pruebas de Fisher (<i>LSD</i>) para pérdida de acidez por temperatura	49
Tabla 7	Pruebas de Fisher (<i>LSD</i>) para % pérdida de ácido ascórbico por temperatura	56
Tabla 8	Estimación de vida de anaquel de los mangos almacenados a diferentes temperaturas y con diferentes tratamientos de recubrimiento	62
Tabla 9	Estimación de vida de anaquel de los mangos almacenados a diferentes temperaturas y con diferentes tratamientos de recubrimiento (Q-Qn-AEN)	63
Tabla 10	Comparación los resultados obtenidos en el análisis microbiológico de las mermeladas con los límites establecidos en la norma	64
Apéndice		
Tabla B.1.1	Determinación de porcentaje de humedad a 5°C de los diferentes tratamientos	82
Tabla B.1.2	Determinación de porcentaje de humedad a 25°C de los diferentes tratamientos	82
Tabla B.1.3	Determinación de porcentaje de humedad a 35°C de los diferentes tratamientos	82
Tabla B.1.4	Determinación de porcentaje de humedad a 5°C de los diferentes tratamientos (Q-Qn-AEN)	83
Tabla B.1.5	Determinación de porcentaje de humedad a 25°C de los diferentes tratamientos (Q-Qn-AEN)	83
Tabla B.1.6	Determinación del porcentaje de humedad a 35°C de los diferentes tratamientos (Q-Qn-AEN)	83
Tabla B.2.1	Determinación de porcentaje de °Brix a 5°C de los diferentes tratamientos	83
Tabla B.2.2	Determinación de porcentaje de °Brix a 25°C de los diferentes tratamientos	84
Tabla	Determinación de porcentaje de °Brix a 35°C de los diferentes	84

Tablas	Nombre	Página(s)
B.2.3	tratamientos	
Tabla B.2.4	Determinación de porcentaje de °Brix a 5°C de los diferentes tratamientos (Q-Qn-AEN)	84
Tabla B.2.5	Determinación de porcentaje de °Brix a 25°C de los diferentes tratamientos (Q-Qn-AEN)	84
Tabla B.2.6	Determinación de porcentaje de °Brix a 35°C de los diferentes tratamientos	85
Tabla B.3.1	Determinación de porcentaje de porcentaje de acidez titulable (%AT) a 5°C de los diferentes tratamientos	85
Tabla B.3.2	Determinación de porcentaje de porcentaje de acidez titulable (%AT) a 25°C de los diferentes tratamientos	85
Tabla B.3.3	Determinación de porcentaje de porcentaje de acidez titulable (%AT) a 35°C de los diferentes tratamientos	85
Tabla B.3.4	Determinación de porcentaje de porcentaje de acidez titulable (%AT) a 5°C de los diferentes tratamientos (Q-Qn-AEN)	86
Tabla B.3.5	Determinación de porcentaje de porcentaje de acidez titulable (%AT) a 25°C de los diferentes tratamientos (Q-Qn-AEN)	86
Tabla B.3.6	Determinación de porcentaje de porcentaje de acidez titulable (%AT) a 35°C de los diferentes tratamientos (Q-Qn-AEN)	86
Tabla B.4.1	Determinación de pH 5°C de los diferentes tratamientos	86
Tabla B.4.2	Determinación de pH 25°C de los diferentes tratamientos	87
Tabla B.4.3	Determinación de pH 35°C de los diferentes tratamientos	87
Tabla B.4.4	Determinación de pH 5°C de los diferentes tratamientos (Q-Qn-AEN)	87
Tabla B.4.5	Determinación de pH 25°C de los diferentes tratamientos (Q-Qn-AEN)	87
Tabla B.4.6	Determinación de pH 35°C de los diferentes tratamientos (Q-Qn-AEN)	87
Tabla B.5.1	Determinación de ácido ascórbico 5°C de los diferentes tratamientos	88
Tabla B.5.2	Determinación de ácido ascórbico 25°C de los diferentes tratamientos	88
Tabla B.5.3	Determinación de ácido ascórbico 35°C de los diferentes tratamientos	88
Tabla B.5.4	Determinación de ácido ascórbico 5°C de los diferentes tratamientos (Q-Qn-AEN)	88
Tabla B.5.5	Determinación de ácido ascórbico 25°C de los diferentes tratamientos (Q-Qn-AEN)	89
Tabla B.5.6	Determinación de ácido ascórbico 35°C de los diferentes tratamientos (Q-Qn-AEN)	89
Tabla	Cambios de coloración en las muestras almacenadas a 5°C de	89

Tablas	Nombre	Página(s)
B.6.1	los diferentes tratamientos	
Tabla B.6.2	Cambios de coloración en las muestras almacenadas a 25°C de los diferentes tratamientos	90
Tabla B.6.3	Cambios de coloración en las muestras almacenadas a 35°C de los diferentes tratamientos	91
Tabla B.6.4	Cambios de coloración en las muestras almacenadas a 5°C de los diferentes tratamientos (Q-Qn-AEN)	92
Tabla B.6.5	Cambios de coloración en las muestras almacenadas a 25°C de los diferentes tratamientos (Q-Qn-AEN)	93
Tabla B.6.6	Cambios de coloración en las muestras almacenadas a 35°C de los diferentes tratamientos (Q-Qn-AEN)	94
Tabla C.1.1.	Análisis de varianza para % Humedad - Suma de cuadrados Tipo III	95
Tabla C.1.2.	Análisis de varianza para % Humedad de Q-Qn-AEN - Suma de cuadrados Tipo III	95
Tabla C.1.3	Análisis de varianza para °Brix - Suma de cuadrados Tipo III	96
Tabla C.1.4.	Análisis de varianza para % de acidez - suma de cuadrados tipo III	96
Tabla C.1.5	Análisis de varianza para % acidez de Q-Qn-AEN - Suma de Cuadrados Tipo III	96
Tabla C.1.6	Análisis de varianza para el ácido ascórbico - suma de cuadrados tipo III	97
Tabla C.1.7	Análisis de varianza para ácido ascórbico Q-Qn-AEN Suma de Cuadrados Tipo III	97

II. Índice de Figuras

Figuras	Nombre	Página
Marco teórico		
Figura 1.	Regiones de origen del mango	21
Figura 2.	Principales países de exportación de mango cultivado en México	23
Figura 3.	Etapas de maduración del mango	24
Figura 4.	Curva de climaterio de los frutos	25
Figura 5.	Estructura química de quitina (Flores, 2008)	27
Figura 6.	Estructura química de quitosana (Flores, 2008)	27
Figura 7.	Partes de una naranja	29
Metodología		
Diagrama 1.	Diagrama de bloques de la metodología	32
Resultados y discusión		
Gráfica 1.	Valor promedio de pérdida de humedad en los diferentes lotes de mangos almacenados a 5°C	39
Gráfica 2.	Valor promedio de pérdida de humedad en los diferentes lotes de mangos almacenados a 25°C	40
Gráfica 3.	Valor promedio de pérdida de humedad en los diferentes lotes de mangos almacenados a 35°C	40
Gráfica 4.	Valor promedio de pérdida de humedad en los diferentes lotes (Q-Qn-AEN) de mangos almacenados a 5°C	41
Gráfica 5	Valor promedio de pérdida de humedad en los diferentes lotes (Q-Qn-AEN) de mangos almacenados a 25°C	42
Gráfica 6	Valor promedio de pérdida de humedad en los diferentes lotes (Q-Qn-AEN) de mangos almacenados a 35°C	42
Gráfica 7	Valor promedio del cambio de °Brix en los diferentes lotes de mangos almacenados a 5°C	43
Gráfica 8	Valor promedio del cambio de °Brix en los diferentes lotes de mangos almacenados a 25°C	44
Gráfica 9	Valor promedio del cambio de °Brix en los diferentes lotes de mangos almacenados a 35°C	45
Gráfica 10	Valor promedio del cambio de °Brix en los diferentes lotes (Q-Qn-AEN) de mangos almacenados a 5°C	46
Gráfica 11	Valor promedio del cambio de °Brix en los diferentes lotes	46

Figuras	Nombre	Página
	(Q-Qn-AEN) de mangos almacenados a 25°C	
Gráfica 12	Valor promedio del cambio de °Brix en los diferentes lotes (Q-QN-AEN) de mangos almacenados a 35°C	47
Gráfica 13	Valor promedio del cambio de porcentaje de acidez titulable en los diferentes lotes de mangos almacenados a 5°C	47
Gráfica 14	Valor promedio del cambio de porcentaje de acidez titulable en los diferentes lotes de mangos almacenados a 25°C	48
Gráfica 15	Valor promedio del cambio de porcentaje de acidez titulable en los diferentes lotes de mangos almacenados a 35°C	48
Gráfica 16	Valor promedio del cambio de porcentaje de acidez titulable (Q-Qn-AEN) en los diferentes lotes de mangos almacenados a 5°C	50
Gráfica 17	Valor promedio del cambio de porcentaje de acidez titulable en los diferentes lotes (Q-Qn-AEN) de mangos almacenados a 25°C	50
Gráfica 18	Valor promedio del cambio de porcentaje de acidez titulable en los diferentes lotes (AEN) de mangos almacenados a 35°C	51
Gráfica 19	Valor promedio del cambio de pH en los diferentes lotes de mangos almacenados a 5°C	51
Gráfica 20	Valor promedio del cambio de pH en los diferentes lotes de mangos almacenados a 25°C	52
Gráfica 21	Valor promedio del cambio de pH en los diferentes lotes de mangos almacenados a 35°C	52
Gráfica 22	Valor promedio del cambio de pH en los diferentes lotes (Q-Qn-AEN) de mangos almacenados a 5°C	53
Gráfica 23	Valor promedio del cambio de pH en los diferentes lotes (Q-Qn-AEN) de mangos almacenados a 25°C	53
Gráfica 24	Valor promedio del cambio de pH en los diferentes lotes (Q-Qn-AEN) de mangos almacenados a 35°C	54
Gráfica 25	Valor promedio de la degradación de ácido ascórbico en los diferentes lotes de mangos almacenados a 5°C	55

Figuras	Nombre	Página
Gráfica 26	Valor promedio de la degradación de ácido ascórbico en los diferentes lotes de mangos almacenados a 25°C	55
Gráfica 27	Valor promedio de la degradación de ácido ascórbico en los diferentes lotes de mangos almacenados a 35°C	56
Gráfica 28	Valor promedio de la degradación de ácido ascórbico en los diferentes lotes (Q-Qn-AEN) de mangos almacenados a 5°C	57
Gráfica 29.	Valor promedio de la degradación de ácido ascórbico en los diferentes lotes (Q-Qn-AEN) de mangos almacenados a 25°C	57
Gráfica 30	Valor promedio de la degradación de ácido ascórbico en los diferentes lotes (Q-Qn-AEN) de mangos almacenados a 35°C	58
Figura 8	Mangos almacenados a 5°C, día 0	59
Figura 9	Mangos almacenados a 5°C, día 21	59
Figura 10	Mangos almacenados a 25°C, día 14	60
Figura 11	Mangos almacenados a 35°C, día 17	60
Figura 12	Comparación de mangos almacenados a 25°C en el día 10 de almacenamiento con los recubrimientos naturales Q-Qn y Q-Qn-AEN	60
Figura 13	Comparación de mangos almacenados a 35°C en el día 10 de almacenamiento con los recubrimientos naturales Q-Qn y Q-Qn-AEN	61
Figura 14	Evaluación sensorial de mermeladas	65
Figura 15	Muestras y cuestionario para evaluación	65
Gráfica 31	Puntuación promedio obtenida en la evaluación de mermeladas de mango, elaboradas con mangos con diferentes tratamientos de recubrimiento	66
Gráfica 32	Preferencia de mermeladas evaluadas, elaboradas con los diferentes tratamientos de recubrimiento	67
Gráfica 33	Frecuencia de consumo de mermeladas	67
Gráfica 34	Marcas comerciales preferidas por el consumidor	68
Anexos		
Figura A.1	Termobalanza	76
Figura A.2	Potenciómetro	77
Figura A.3	Ejemplo de escalas de color (Pantone) empleadas en la determinación de color	81

III. Abreviaturas

Abreviatura	Significado
AEN	Aceite esencial de naranja
AOAC	Siglas en inglés de la Asociación Oficial de Químicos Analíticos (<i>Association of Official Analytical Chemists</i> , por sus siglas en inglés)
ASLT	Siglas en inglés de Pruebas aceleradas de vida de anaquel (<i>Accelerated shelf-life testing</i> , por sus siglas en inglés)
AT	Acidez titulable
°Bx	Grados Brix
°C	Grados Celsius
CPD	Camarón parcialmente desproteínizado
DOF	Diario Oficial de la Federación
FAO	Siglas en inglés de la Organización Mundial de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (<i>Food and Agriculture Organization</i>)
g	Unidad de masa en gramos
GI	Grados de libertad
kg	Unidad de masa en kilogramo
L	Unidad de volumen en litro
LSD	<i>Least Significant Difference</i> (por sus siglas en inglés)
MAC-141©	Disolvente capaz de extraer la mezcla quitina-quitosana del exoesqueleto y cefalotórax de camarón y jaiba que contiene Metanol, Agua y Cloruro de calcio en una proporcione molar 1:4:1
mg	Unidad de masa en miligramo
mL	Unidad de volumen en mililitro
NMX	Norma Mexicana
NOM	Norma Oficial Mexicana

pH	Potencial de hidrógeno
Qsa 1.5%	Quitosana comercial Sigma Aldrich© al 1.5%
Q-Qn	Mezcla de Quitina-Quitosana
Q-Qn-AEN	Mezcla de Quitina-Quitosana-Aceite Esencial de Naranja
SAGARPA	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
SENASICA	Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria
SIAP	Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México

Nota: Esta tesis usa el punto decimal (DOF, 2009), de acuerdo con las reglas para la escritura de los números y su signo decimal de la normatividad mexicana.

IV. Glosario de términos

Términos	Significado
Aceite esencial	Los aceites esenciales son compuestos formados por varias sustancias orgánicas volátiles, que pueden ser alcoholes, acetonas, cetonas, éteres, aldehídos, y que se producen como metabolitos secundarios de plantas. Pueden ser tóxicos si se exceden los límites máximos permisibles para cada uno de ellos
Acidez	Cantidad de ácido libre en diferentes matrices alimentarias
Ácido acético glacial	Ácido monoprotico cuya fórmula química es CH_3COOH , es un líquido incoloro de olor característico que tiene una masa molecular de 60.05 g/mol
Ácido L-ascórbico	Ácido cuya fórmula química es $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ y una masa molecular de 176.12 g/mol; es también conocido como vitamina C y se caracteriza por su poder antioxidante
Alimento	Cualquier órgano, tejido, o secreción natural o procesado que contiene cantidades adecuadas de nutrimentos biodisponible. Debe ser inocuo y atractivo a los sentidos para su consumo habitual
Alimento perecedero	Alimento cuya vida es "corta", que requiere de condiciones especiales de proceso, almacenamiento, transporte y conservación debido a factores intrínsecos en su composición o características fisicoquímicas
Antioxidante	Son moléculas que tiene la capacidad de retardar el efecto de oxidación de los alimentos
Biftalato de potasio	Sal cuya fórmula química es $\text{C}_8\text{H}_5\text{KO}_4$; tiene una masa molecular de 204.22 g/mol; usado para determinar la concentración real de diferentes

	soluciones
Biopelículas comestibles	Son recubrimientos elaborados de diferentes biopolímeros como proteínas, lípidos y poliglucidos que presentan un beneficio para el producto y además pueden ser consumidos
Blanco	Término utilizado en el presente trabajo, para referirse a los mangos que no tuvieron ningún tipo de tratamiento control (Qsa 1.5%) o de recubrimiento experimental (Q-Qn/Q-Qn-AEN)
<i>Buffer</i>	Amortiguador en inglés
Cefalotórax	Parte del cuerpo de crustáceos y arácnidos formada por la unión de la cabeza y el tórax en una unidad funcional
Control	Término utilizado en el presente trabajo, para referirse a los mangos a los que se les aplicó un tratamiento con recubrimiento comercial Quitosana Sigma Aldrich® (Qsa 1.5%)
Crustáceo	Se refiere a los artrópodos cuya respiración es a través de branquias y tienen dos pares de antenas y están cubiertos por un exoesqueleto o caparazón
2,6-Diclorofenol-Indofenol	Reactivo para laboratorio cuya fórmula química es $C_{12}H_7NCl_2O_2$ y tiene una masa molecular 290.08 g/mol
Etileno	Hormona vegetal de maduración
Evaluación sensorial	Disciplina que se encarga de evaluar las propiedades organolépticas a través de los cinco sentidos
Extracción	Obtención de componentes específicos por medio de disolventes
Fenolftaleína	Indicador de pH cuya fórmula química es $C_{20}H_{14}O_4$ y tiene una masa molecular de 318.33g/mol

Fruto climatérico	Fruto en el cual se presenta una producción autocatalítica de etileno pudiendo presentar un pico de respiración y es capaz de seguir madurando incluso después de haber sido recolectado
Grados Brix	Unidad asignada para designar el contenido de sólidos solubles determinados con un refractómetro
Maduración	Conjunto de cambios que presenta un fruto hasta completar su desarrollo
Madurez de cosecha	Se refiere al estado que es requerido por el mercado para su comercialización
pH	Medida de concentración del ion hidronio expresado como $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]$
Química verde	Consiste en diseñar, desarrollar y aplicar métodos y procesos químicos que reducen o evitan la contaminación ambiental (Manahan, 1997)
Quitina	Polímero presente en el exoesqueleto de diversos seres vivos cuya fórmula lineal es $(\text{C}_8\text{H}_{13}\text{O}_5)_n$
Quitosana	Polímero derivado de la desacetilación de la quitina, utilizado en recubrimientos para alimentos
Subproducto	Producto obtenido de cualquier proceso además del producto principal
Vida de anaquel	Periodo de almacenamiento en el cual un alimento tiene una calidad adecuada para su consumo además de presentar características organolépticas y nutricionales adecuadas

RESUMEN

En este estudio se evaluó la utilización de dos subproductos de la industria pesquera: cabeza y cascara de camarón y el de jaiba, con el objetivo de extraer biopolímeros de quitina y quitosana, llevando a cabo un recubrimiento comestible que permitiera alargar la vida de anaquel de un fruto climatérico, el mango (*Mangifera indica*). El biopolímero fue utilizado de acuerdo con dos diferentes recubrimientos, el primero, de manera natural con la mezcla de quitina-quitosana (Q-Qn), el segundo con la mezcla de quitina-quitosana pero adicionando aceite esencial de naranja (Q-Qn-AEN), debido a que ha presentado un efecto bacteriostático y bactericida. Adicionalmente, el análisis se realizó comparando el biopolímero de Q-Qn con un control de quitosana comercial de la marca Sigma Aldrich ® (Control), Qsa, a una concentración de 1.5% en agua acidulada con ácido ascórbico y un lote adicional sin tratamiento (Blanco). Los lotes empleados obtenidos de los distintos tratamientos fueron almacenados durante 21 días a diferentes temperaturas, la primera, temperatura ambiente (25°C), la segunda, temperatura de refrigeración (5°C) y, la última, a 35°C considerando esta como la temperatura extrema. Durante el almacenamiento se evaluaron diferentes parámetros fisicoquímicos como pH, porcentaje de acidez, porcentaje de humedad, degradación de ácido ascórbico, concentración de sólidos solubles expresados como °Brix, color textura y aparición de hongos. Finalmente, se calculó la vida de anaquel por medio de un modelo cinético de degradación de ácido ascórbico. Entre los resultados obtenidos se mostró que el recubrimiento de Q-Qn tuvo un comportamiento similar al control (Qsa 1.5%) y que este tuvo un efecto benéfico en diferentes parámetros analizados como en retardar la degradación del ácido ascórbico y en cuanto a la degradación del almidón, permitiendo que los sólidos solubles se mantuvieran constantes durante el almacenamiento a 5 y 25°C. Para el caso de los mangos a los que se les aplicó el recubrimiento de Q-Qn-AEN se observaron mayores beneficios, ya que en el caso de los mangos almacenados a 5 y 25°C se mantuvieron prácticamente constante el pH, el porcentaje de humedad y los sólidos totales, retardando así la maduración del mango. En ambos casos Q-Qn y Q-Qn-AEN no se observó un beneficio en los mangos almacenados a 35°C ya que la temperatura permitió que la maduración de la fruta se acelerara; sin embargo, el recubrimiento de Q-Qn-AEN retardó este efecto un poco más que el recubrimiento natural. Finalmente se observó que la vida de anaquel de los mangos recubiertos con Q-Qn fue de 15 días a una temperatura de 5°C y de 16 para la temperatura ambiente y la extrema; mientras que, por otro lado, en el caso de los mangos recubiertos con Q-Qn-AEN la vida anaquel aumentó a 21 días para refrigeración y a temperatura ambiente y extrema se mantuvieron los mismos días. Se prepararon mermeladas con los mangos de los diferentes tratamientos, del blanco, del control (Qsa 1.5%) y del biopolímero de Q-Qn en los que no se encontraron diferencias significativas, siendo la mermelada elaborada con mangos recubiertos con el biopolímero de Q-Qn la de mayor aceptabilidad por parte de los jueces no entrenados.

Capítulo 1. Introducción

1.1. Planteamiento del problema

El mango es un fruto que entra en la categoría de frutos tropicales en zonas donde las variaciones de temperatura a lo largo del año son muy pequeñas prosperando en terrenos profundos de textura media, drenados, con un pH de 6-8 (26 a 32°C) (Jackson, 2003). De acuerdo con estadísticas del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, SIAP, entre enero y octubre del 2017, la producción de este cultivo superó lo obtenido durante todo el 2015 (SAGARPA, 2017b). Se estima que para el 2030, exista un aumento de la demanda mundial de este fruto (SAGARPA, 2017b). Por ello, es necesario buscar alargar la vida útil del producto, ya que además de cubrir la demanda del consumo nacional es importante cumplir con las exportaciones que favorezcan la comercialización de este producto. Por otro lado, en México, el desperdicio de los caparazones de crustáceos ha sido de gran importancia, ya que, generalmente, como en el caso del camarón, solamente el 60 por ciento del total del producto es comestible, mientras que en otras especies como el caso de las jaibas, solamente es el 20%, siendo el resto de ellos, (40 y 80%, respectivamente) considerados como subproductos. Estos residuos alimentarios o subproductos representan un problema para el ambiente debido a los focos de infección que pueden ocasionar al ser arrojados a cuerpos receptores de agua o suelos (Ramírez, 2008). Dado lo anterior se consideró utilizar este subproducto de la industria acuícola. Este estudio propuso la elaboración de un recubrimiento de quitina-quitosana obtenida de la extracción de residuos de jaiba (*Callinectes sapidus*) y de camarón (*Litopenaeus vannamei*) para recubrir mangos y de esta manera aumentar su vida de anaquel.

1.2. Hipótesis

Los mangos, al contener el recubrimiento natural de quitina-quitosana, presentarán una vida de anaquel mayor en comparación con las muestras blanco (sin adición de película) y tendrán un comportamiento similar al control hecho con quitosana comercial Sigma Aldrich®.

1.3. Objetivo general

Alargar la vida de anaquel de un fruto climatérico, mango (*Mangifera indica*), empleando recubrimientos obtenidos de residuos de jaiba (*Callinectes sapidus*) y de camarón (*Litopenaeus vannamei*)

1.4. Objetivos particulares

- Obtener a partir cefalotórax y de otros subproductos de jaiba (*Callinectes sapidus*) y de camarón (*Litopenaeus vannamei*) biopelículas que sirvan de recubrimientos para recubrir mangos.
- Evaluar mediante una temperatura mínima (5°C), ambiente (25°C) y máxima (35°C) los efectos de los diferentes tratamientos aplicados sobre los mangos (sin recubrimiento, con el recubrimiento natural de quitina-quitosana y las muestras control recubiertas con quitosana comercial Sigma Aldrich®) comparando con un blanco sin recubrimiento.
- Determinar la sinergia y el poder antimicrobiano tanto del recubrimiento natural de quitina-quitosana sin y con la incorporación de un aceite esencial.
- Conocer si existe diferencia significativa en la evaluación sensorial de las mermeladas elaboradas a partir de los frutos en los que se emplearon los diferentes tratamientos.

Capítulo 2. Marco teórico

2.1. El mango y su desempeño en México

El mango (*Mangifera indica* L.) se originó en la región Indo-Birmana y es una de las frutas tropicales más importantes del mundo por su producción, superficie cultivada y popularidad (Figura 1). Su producción global es superior a los 27 millones de toneladas, lo que lo ubica como el mayor cultivo tropical (Maldonado y col., 2016).



Figura 1. Regiones de origen del mango (Collin, 2013)

Se conocen al menos 1000 variedades de mango de las cuales se sabe que las más comerciales son las que a continuación se describen.

Kent: Es de tamaño grande (500-800 g) y forma ovalada, de agradable sabor, jugoso, de poca fibrosidad y alto contenido de glucidos.

Haden: Es de tamaño medio a grande (380-700g) con forma ovalada, el color base es amarillo con un rubor carmesí y una profusa floración que produce una apariencia

variada atractiva. La pulpa es jugosa, con fibra moderada, con un sabor subácido y buena calidad.

Tomy Atkins: Esta variedad es de gran tamaño (600 g) y un mayor periodo de conservación; la superficie de la fruta es lisa, la cáscara es gruesa y resistente al daño mecánico, la pulpa es amarilla oscura con una textura firme debido a la presencia de abundantes fibras finas, pero sujetas a descomposición fisiológica.

Irwin Red: Presenta una coloración rojo amarillo, con poco contenido de fibra, de tamaño mediano a pequeño (340 g) y de calidad de buena a regular.

Keitt: De forma ovalada y tamaño mediano a grande (600 g); este tipo de mango se caracteriza por tener una pulpa de poca fibrosidad y muy firme, el color base es amarillo, con un rubor rosado claro.

Kent: Es de forma ovalada de gran tamaño (600 g), el color base es verde amarillo a albaricoque con un rubor rojo y una inflorescencia gris. La pulpa es jugosa y sin fibra, rica y dulce y la calidad de muy buena a excelente.

Amelie: Originaria de África occidental; dado que tiene bajo contenido de fibra es uno de los más apreciados en el mercado francés.

Existen también variedades o tipos introducidos directamente o indirectamente desde Indochina o las Filipinas. Estos mangos se conocen como mangos saigón y de filipinas. Debido a que son poliembriónicos, frecuentemente se propagan por semilla. Los saigones incluyendo cambodiana de Indochina, el manila de México y el cecil de Cuba se introdujeron como semilla. Debido a esto se refieren a ellos más como tipos que como variedades. El manila es un tipo principal en México (Jiménez-Mora,2003).

México ha sido el principal país exportador de mango para los mercados internacionales, siendo Estados Unidos su principal comprador, seguido de Canadá, Japón y los Países Bajos, ya que reciben el 56% del total de las exportaciones mexicanas (SAGARPA, 2017b). Esta destacada participación de México en el mercado mundial se debe a que cuenta con las condiciones climáticas adecuadas para el desarrollo de este cultivo (Figura 2).

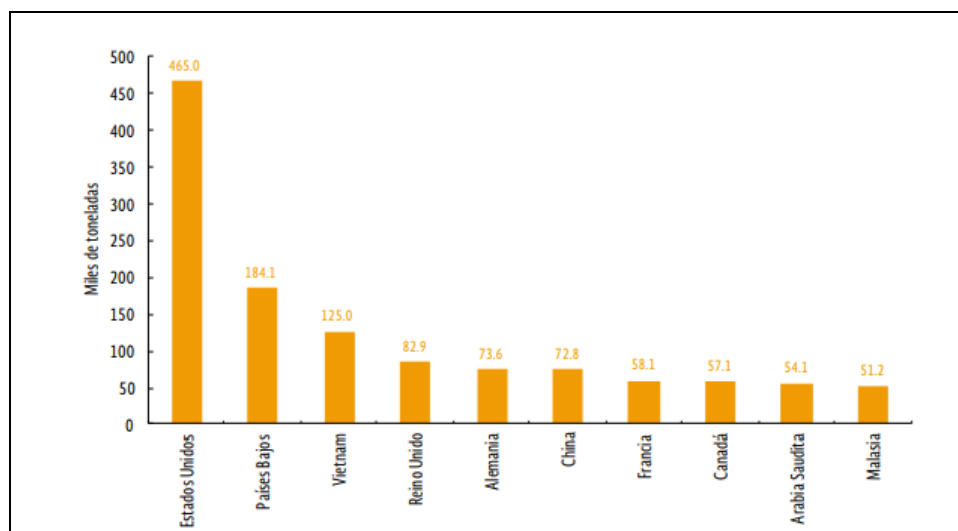


Figura 2. Principales países de exportación de mango cultivado en México (SAGARPA, 2017b)

El cultivo del mango requiere de una época seca de por lo menos tres meses antes de la floración, de una temperatura entre 24 y 27°C y de una altura máxima de 600 metros sobre el nivel del mar en terrenos profundos con textura media, drenados con un pH de 6-8 (Jackson, 2003).

México ocupa el sexto lugar en producción a nivel mundial y el estado de Guerrero es el líder nacional con una participación del 22% del volumen total, seguido de Nayarit (17%) y Sinaloa (14%). Estos tres estados en conjunto aportan el 53% de la producción nacional (SAGARPA, 2017a).

Las principales variedades de mango cultivadas en Guerrero son Ataúlfo, Manila, Haden, Irwin, Kent, Keitt y Criollo, siendo las tres primeras las comercializables en el mercado internacional (Maldonado y col., 2016).

Para efectos de exportación, el mango es sometido a un tratamiento hidrotérmico, el cual consiste en lavarlo en agua caliente a más de 40 grados durante 90 minutos, a efecto de reducir riesgos fitosanitarios y dar cumplimiento a los acuerdos de comercio internacional (SAGARPA, 2017a). A este tratamiento se le denomina tratamiento cuarentenario (Espinosa-Aquino, 2001).

2.2. Maduración de frutas

La maduración de los frutos puede ser definida como la secuencia de cambios morfológicos, fisiológicos y bioquímicos que conducen a la formación de un fruto apto para el consumo humano.

- El fruto alcanza su tamaño potencial máximo
- Se reduce la velocidad de crecimiento
- Disminuye la concentración del inhibidor de la maduración
- Se agotan los promotores de las semillas maduras
- Se trata de un proceso programado genéticamente

Estos cambios se dan a tres niveles: físicos, metabólicos y cambios en la expresión génica. Los niveles de madurez y de maduración del mango existen a lo largo de un espectro. La fruta se desarrolla en el árbol iniciando con la etapa inmadura y avanzando hacia el estado de madurez de cosecha. Esta etapa a menudo se denomina como maduro-verde.

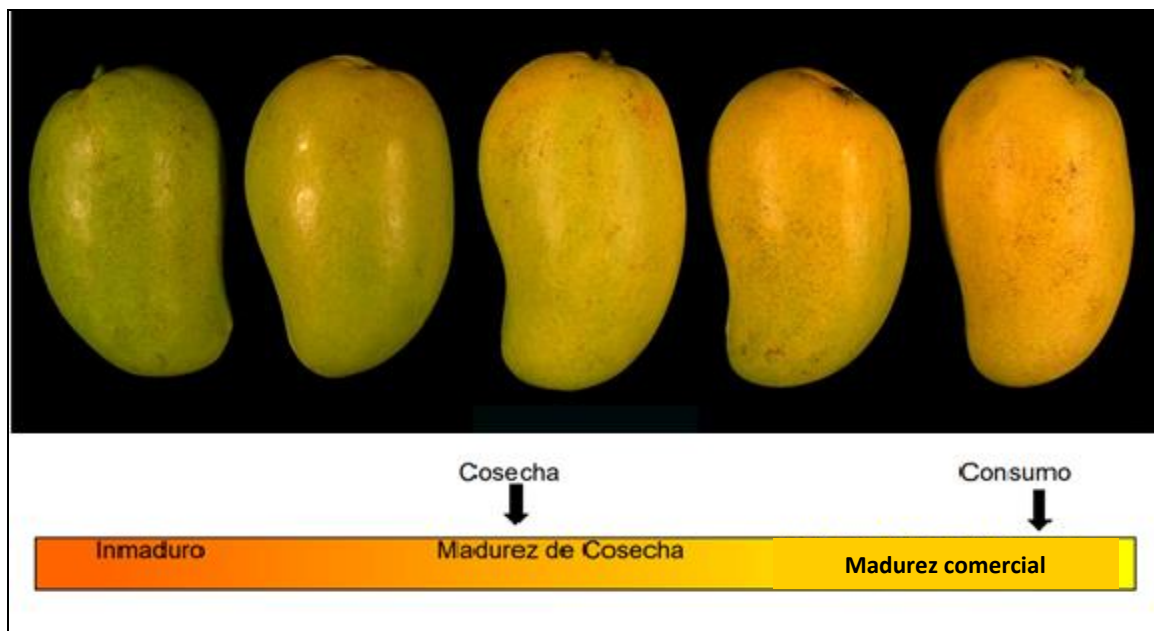


Figura 3. Etapas de maduración del mango (Crisosto, 2016)

2.3. Frutos climatéricos y no climatéricos

El climaterio es el periodo en el desarrollo de ciertos frutos durante el cual se presentan diferentes cambios bioquímicos iniciados por la producción autocatalítica de etileno (hormona natural de la maduración), la cual indica el cambio de crecimiento a envejecimiento, teniéndose como consecuencia un aumento en la respiración del fruto haciéndolo madurar. 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. Por otro lado, las frutas no climatéricas se caracterizan porque su patrón de respiración permanece prácticamente constante, una vez cortadas de la planta o del árbol; a diferencia de las anteriores, éstas normalmente permanecen en el árbol hasta que maduran (Baduí, 2006).

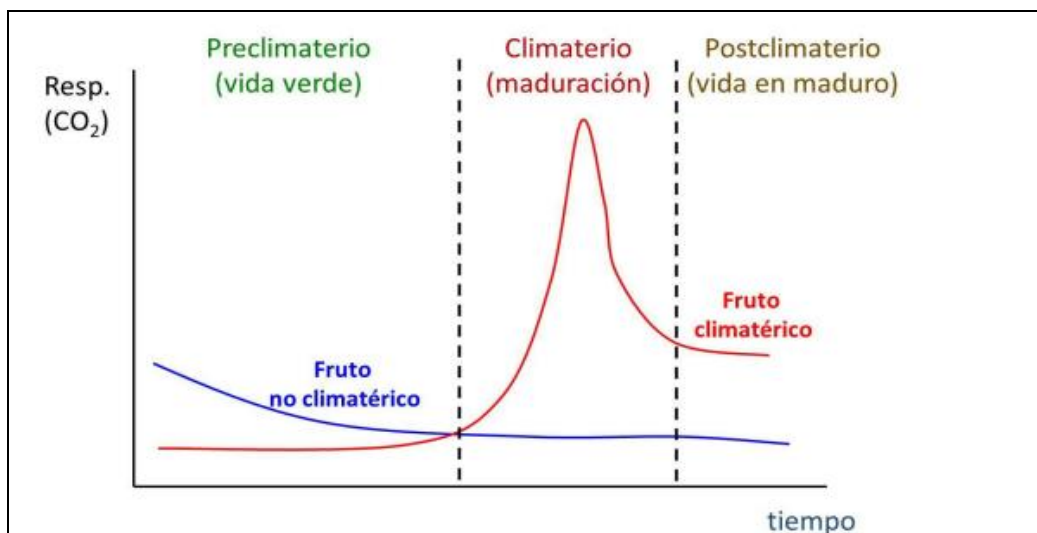


Figura 4. Curva de climaterio de los frutos (Marrero, 2017)

Las frutas climatéricas que son designadas para el comercio son cosechadas en estado de inmadurez para que terminen de madurar fuera del árbol. Para una mayor conservación se recomienda evitar la acumulación de etileno y disminuir la temperatura.

2.4. Conservación de alimentos

Los alimentos son productos naturales o elaborados que proporcionan al organismo elementos para su nutrición los cuales no deben presentar ningún peligro para los consumidores. Dadas las características nutricionales que presentan, si las condiciones de almacenamiento no son las adecuadas, los microorganismos pueden desarrollarse rápidamente. El desarrollo microbiano en los alimentos puede producir cambios visibles, incluyendo una gran variedad de colores producidos por los organismos degradadores. En la actualidad existen diferentes métodos de conservación, principalmente térmicos. Esto puede generar cambios en los productos y es por ello que se buscan alternativas que sean amigables con el producto; es decir, que permitan la conservación de atributos sensoriales como el olor, el sabor y la textura principalmente (Prescott y col., 2004).

2.5. Biopolímeros. Quitina-Quitosana

La quitina es un polisacárido natural, blanco y no elástico (González, 2012). Es el segundo biopolímero más abundante en la naturaleza después de la celulosa y el componente más importante en los exoesqueletos de los artrópodos (crustáceos e insectos) y en la rádula de los moluscos (parte de la boca que les permite raspar los alimentos), así como del pico de cefalópodos como pulpos y calamares (Bhat y Rong, 2006). Este biopolímero también se puede encontrar en las paredes celulares de algunos hongos como los ascomicetos, zigomicetos y deuteromicetes y en algas como diatomeas (Figura 1).

Por otro lado, la quitosana es uno de los pocos poliglúcidos catiónicos de origen natural. Se deriva de la quitina mediante una reacción de desacetilación en condiciones fuertemente alcalinas y a altas temperaturas (Figura 5). Es un compuesto biodegradable, no tóxico, biocompatible, semipermeable, con propiedades antimicrobianas (Flores, 2008).

Estructuralmente, la quitina y la quitosana están conformadas por cadenas lineales de monómeros de glucopiranosas unidas por enlaces β -(1-4). La diferencia radica en el grupo unido al carbono número 2. La quitina posee un grupo acetoamida, mientras que en la quitosana ese grupo se encuentra desacetilado dejando solamente un grupo amino (Figura 6).

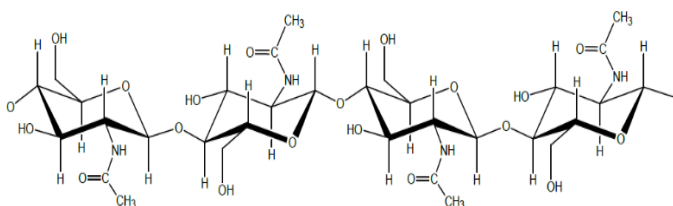


Figura 5. Estructura química de quitina (Flores, 2008)

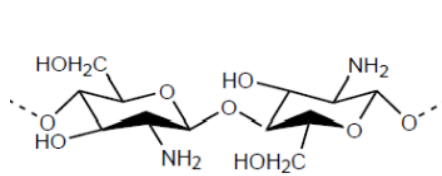


Figura 6. Estructura química de quitosana (Flores, 2008)

La quitina es similar estructuralmente a la celulosa excepto que el grupo C (2)-hidroxilo es reemplazado por un grupo acetoamida. Esta similitud se refleja en las propiedades estructurales y de defensa que presentan ambos polímeros (Flores, 2008).

2.6. Propiedades biológicas del biopolímero

Debido a su composición y estructura química, entre otros factores, la quitosana es un biopolímero biocompatible y con diversas propiedades biológicas actualmente en estudio. Entre estas se puede mencionar su actividad antiviral, anticarcinogénica, repelente de insectos, formadora de tejidos y su actividad antimicrobiana.

Se ha demostrado que la quitosana ha mostrado eficacia como agente antimicrobiano frente a diversos microorganismos, tales como *S. aureus*, *E. coli*, *Salmonella typhimurium*, *S. faecalis*, *Salmonella enterica*, *Bacillus cereus*, *S. cerevisiae*, entre otras. Esta actividad depende de numerosos factores como lo son: el grado de desacetilación, el pH, la temperatura y la presencia de componentes en el medio (José-González, 2015).

2.7. Aplicaciones en alimentos

La industria alimentaria se encuentra en constante mejora e innovación. Es por ello, que se han encontrado diversas aplicaciones de este biopolímero. A continuación, se mencionan algunas: 1) aditivo para clarificar bebidas de frutas, 2) como agente espesante, 3) estabilizante y emulsificante, 4) conservador debido a su actividad antimicrobiana mencionada anteriormente y, finalmente, 5) como películas y cubiertas comestibles. Estas últimas poseen un efecto en la reducción de etileno y dióxido de carbono, en el control de transferencia de humedad, en el control de oxidación enzimática de frutas, como barrera protectora contra el medio y para la liberación controlada de agentes antimicrobianos, antioxidantes, nutrientes y otros, además del aumento en la vida de anaquel de frutos. Estas películas pueden elaborarse ya sea solamente de quitosana o bien de quitosana modificada químicamente. El uso de las películas del biopolímero es limitado debido a su alta permeabilidad al agua y a su fragilidad. Sin embargo, es posible obtener películas a partir de mezclas de quitosana con diferentes compuestos, con el fin de mejorar las propiedades mecánicas y permeables de las mismas (González, 2012).

2.8. Aceites esenciales

Los aceites esenciales son líquidos volátiles obtenidos de las plantas (semillas, flores, raíces, hojas y frutos, generalmente destilables por arrastre con vapor de agua, que contienen las sustancias responsables del aroma de las plantas (Kimball, 2000).

Los aceites esenciales generalmente son mezclas complejas de diferentes compuestos como: Compuestos alifáticos de baja masa molecular (alcanos, alcoholes, aldehídos, cetonas, ésteres y ácidos), monoterpenos, sesquiterpenos, etc.

Los aceites esenciales han mostrado tener propiedades antimicrobianas, antioxidantes, antiparasitarias, antiinflamatorias, antidiarreicas y antimicóticas. Además, mejoran la conversión alimenticia y la palatabilidad de los alimentos y estimulan las enzimas digestivas (Montero y col., 2017).

2.9 Aceite esencial de naranja

Aceites esenciales extraídos de plantas de la familia Rutaceae (naranja, limón, mandarina) han mostrado efectividad antimicrobiana. Los aceites de cítricos generalmente están almacenados en sacos ovalados en el flavedo y actúan como barrera tóxica natural contra microorganismos e insectos (Figura 7).

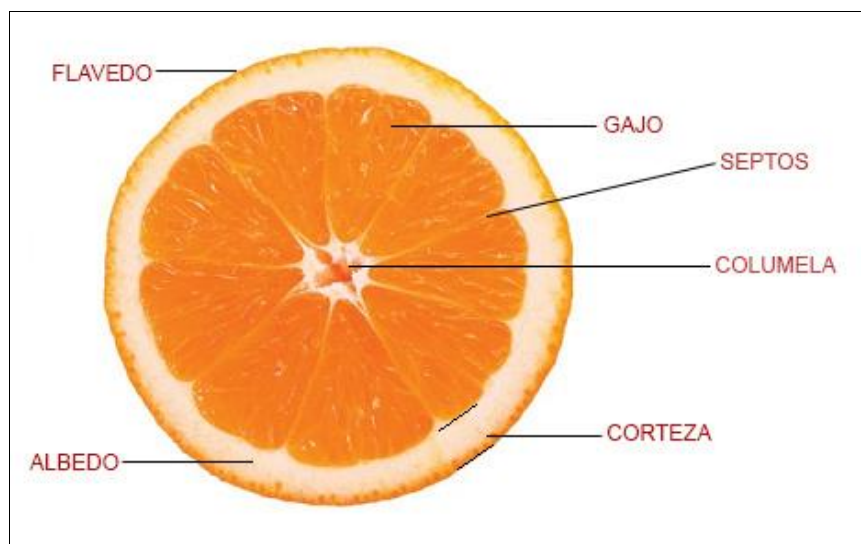


Figura 7. Partes de una naranja (Toni, 2014)

Los aceites esenciales pueden ser extraídos por diferentes métodos como destilación por medio de vapor de agua, extracción con ayuda de disolventes y extracción con fluidos supercríticos. Los obtenidos de la cáscara de la naranja son efectivos para controlar microorganismos como *Escherichia coli* y *Salmonella spp* (Pardo y col., 2017).

La actividad antimicrobiana de los aceites esenciales se encuentra relacionada con la composición química, por ejemplo, frutos cítricos cuentan con un promedio de 40 compuestos, los cuales se ven influenciados por métodos específicos de cultivo, extracción y separación (Argote y col., 2017).

2.10. Química verde

Se le conoce como Química verde a el conjunto de metodologías, técnicas químicas y diseño de productos que reducen o eliminan la producción de sustancias peligrosas

para los seres vivos y el ambiente (Serrano, 2009). Esto se estableció en los principios de la química verde originalmente definidos por Manahan (1979) y diseminados por Anastas y Warner en 1988 que a continuación se mencionan de manera resumida:

1. Prevención: evitar la producción de un residuo que reciclarlo, tratarlo o disponer de él una vez que se haya formado.
2. Economía atómica: los métodos de síntesis deberán diseñarse de manera que se incorporen al máximo los reactivos en el producto final, minimizando la formación de subproductos.
3. Uso de metodologías que generen productos con toxicidad reducida, siempre que sea posible, los métodos de síntesis deberán diseñarse para utilizar y generar sustancias que tengan poca o ninguna toxicidad, tanto para el hombre como para el ambiente.
4. Generar productos eficaces, pero no tóxicos: los productos químicos deberán ser diseñados de manera que mantengan la eficacia a la vez que reduzcan su toxicidad.
5. Reducir el uso de sustancias auxiliares: se evitará, en lo posible, el uso de sustancias que no sean imprescindibles (solventes, reactivos para llevar a cabo separaciones, etc.) y en el caso de que se utilicen, que sean lo más inocuos posible.
6. Disminuir el consumo energético: los requerimientos energéticos serán catalogados por su impacto ambiental y económico, reduciéndose todo lo posible.
7. Utilización de materias primas renovables: las materias primas han de ser preferiblemente renovables en vez de agotables, siempre que sean técnica y económicamente viables.
8. Evitar la derivatización innecesaria: se evitará en lo posible la formación de derivados (grupos de bloqueo, de protección/desprotección, modificación temporal de procesos físicos/químicos).

9. Potenciación de la catálisis: se emplearán catalizadores (lo más selectivos), reutilizables en lo posible, en lugar de reactivos estequiométricos.
10. Generar productos biodegradables: los productos químicos se diseñarán de tal manera que al finalizar su función no persistan en el medio ambiente, sino que se transformen en productos de degradación inocuos.
11. Desarrollar metodologías analíticas para el seguimiento en tiempo real: las metodologías analíticas serán desarrolladas para permitir el seguimiento y control en tiempo real de los procesos, previo a la formación de productos secundarios.
12. Minimizar el potencial de accidentes químicos: se elegirán las sustancias empleadas en los procesos químicos de forma que se minimice el riesgo de accidentes químicos, incluidas las emanaciones, explosiones e incendios.

Es importante mencionar que para el desarrollo de esta investigación se siguieron estos 12 principios, por ejemplo, en la extracción de la mezcla de quitina-quitosana en la cual se utilizaron subproductos para generar uno nuevo y evitar contaminación al ambiente.

A continuación, se expondrá en un diagrama de bloques la metodología seguida durante la realización experimental.

Capítulo 3. Metodología

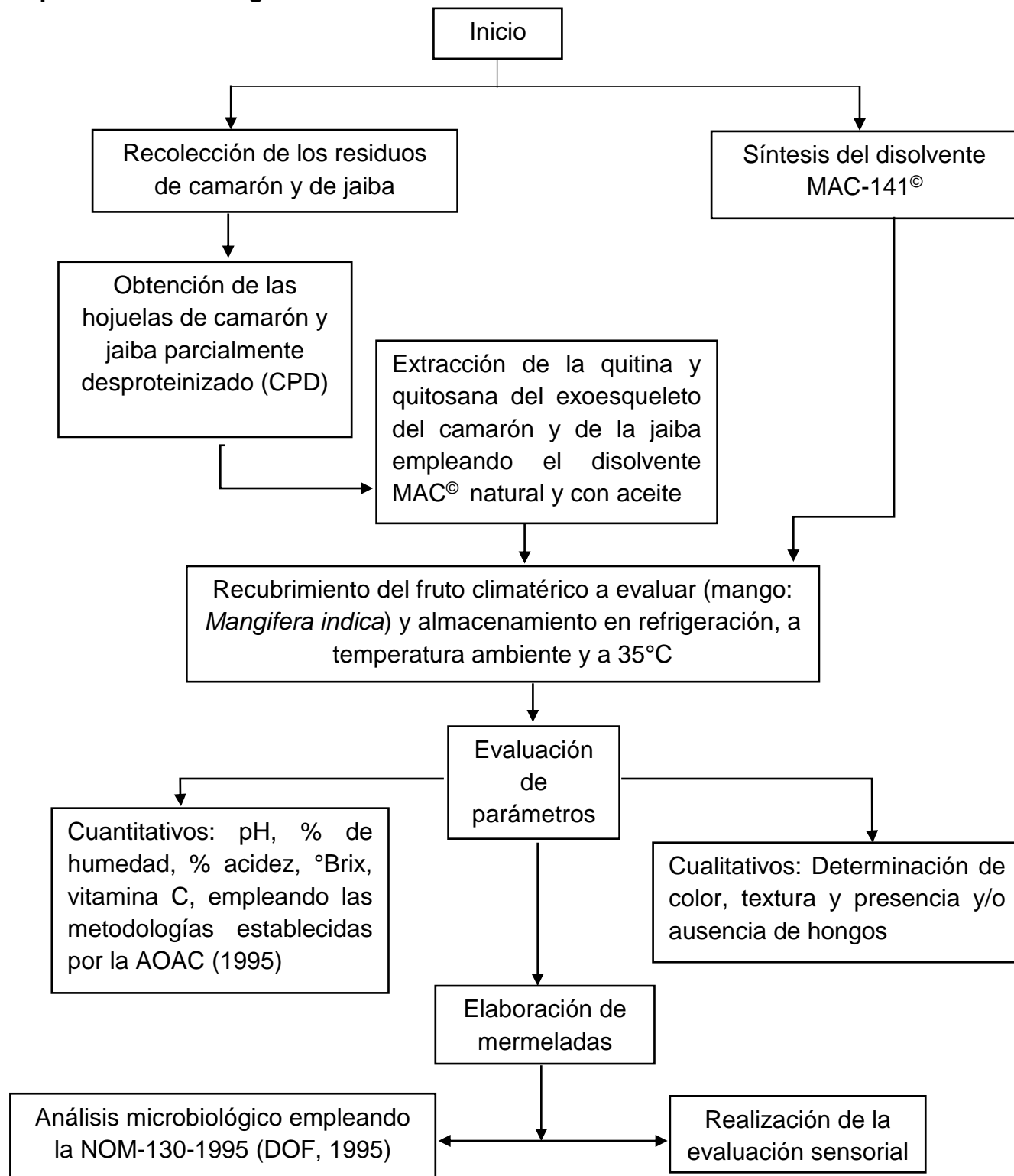


Diagrama 1. Diagrama de bloques de La metodología

3.1. Recolección y limpieza de los residuos de camarón y jaiba

Los residuos de camarón y de jaiba fueron obtenidos de la zona de pescados y mariscos del mercado de La Nueva Viga en la Central de Abastos de la Ciudad de México. Los productos se encontraron congelados en bolsas de plástico lo cual se aprovechó para ser transportados al Laboratorio 301 del Conjunto E de la Facultad de Química en hieleras. En el laboratorio se realizó la limpieza y remoción de materia extraña de los residuos de camarón y de jaiba al chorro de agua y posteriormente se dejaron escurrir para realizar su secado.

3.2. Obtención de las hojuelas de residuos de camarón y de jaiba parcialmente desproteinizados

Con la finalidad de obtener las hojuelas de los residuos de camarón y de jaiba se siguió la metodología propuesta por Flores-Ortega (2004), la cual consistió en realizar una molienda de los residuos de camarón y de la jaiba por separado en agua en una relación 1:2 en masa. De esta forma se eliminan algunos componentes de los residuos como pigmentos, nutrimentos inorgánicos, grasas y proteínas. Posteriormente se realizó un secado en estufa a 60°C. Las hojuelas secas de residuos de camarón y jaiba se colocaron en una licuadora durante 30 segundos a velocidad máxima y finalmente, el polvo obtenido se hizo pasar por un tamiz de malla No.100.

3.3. Síntesis de disolvente MAC-141[®]

La elaboración del disolvente se realizó siguiendo la metodología propuesta por Flores (2004) la cual consiste en un método patentado basado en líneas de investigación de la química verde en donde el Metanol-Agua-Cloruro de calcio son agregadas en las proporciones mostradas en la Tabla 1.

Tabla 1. Compuestos empleados en la elaboración del disolvente MAC-141[®] (Flores, 2004)

Compuesto	Masa o volumen
Metanol	99 mL
Agua	180 mL
Cloruro de calcio	277.5g

Resulta conveniente mencionar que el origen del cloruro de calcio es de gran relevancia ya que puede modificar el tiempo de reflujo y el color del disolvente por los componentes traza que lo acompañan. Por ello se recomienda el uso de cloruro de calcio de la Farmacéutica RACEL^{MR} de la marca comercial C-KO[®]. El proceso consiste en colocar en un matraz bola de fondo plano de 500mL cada compuesto en el siguiente orden: agua, metanol y cloruro de calcio. Este proceso debe realizarse en la campana de extracción y colocando el matraz en un baño de hielo. Posteriormente, se deja enfriar el matraz y se coloca en un equipo de reflujo durante 8 horas cuidando que la temperatura no exceda los 63°C, para evitar la evaporación del metanol. Transcurrido el tiempo de reflujo se mantiene en reposo de 24 a 48 horas a temperatura ambiente. Finalmente, el disolvente se centrifuga durante 15 minutos a 3600 rpm a 4°C y, seguidamente, se almacena en un envase de plástico a temperatura ambiente.

3.4. Extracción de la mezcla de quitina-quitosana de los residuos de camarón y jaiba

La extracción del polímero de la harina de residuos desproteinizados de camarón y jaiba se realizó con la ayuda del disolvente MAC-141[®]. Para ello se hizo una prueba para conocer cuál sería la relación óptima para tener una mejor extracción. La prueba consistió en colocar en un matraz el disolvente junto con las harinas de camarón y jaiba de manera separada (50:50) en tres relaciones diferentes 1:5, 1:50 y 1:100; es decir, por cada gramo de harina se agregaron 5, 50 y 100 gramos de disolvente MAC-141[®] y se dejaron reposar durante 48 horas. Transcurrido el tiempo se filtraron con un matraz Kitasato y se almacenaron en un frasco de vidrio en una cámara de humificación durante 24 horas. Al término de la prueba se tomó la decisión de utilizar la relación 1:50 para la extracción de la mezcla quitina-quitosana, ya que el recubrimiento obtenido presentó una consistencia menos viscosa lo cual permitió un mejor manejo al momento de colocarlo sobre el fruto.

3.5. Recubrimiento de fruto climatérico (mango)

Los frutos fueron adquiridos en la Central de Abastos de la Ciudad de México. Los mangos se eligieron para este estudio fueron los de la variedad “Manila” ya que es uno de mayor producción en México para el mercado nacional e internacional. Estos se seleccionaron con una madurez de cosecha o madurez verde ya que en esta etapa el mango contiene altos índices de almidones y ácidos y bajos índices de glúcidos solubles y sólidos solubles. Se dividieron en tres lotes, el primero fue considerado el blanco (sin ningún recubrimiento), el segundo lote fue recubierto con el extracto experimental (Q-Qn) obtenido de la mezcla 50:50 de jaiba-camarón y el tercer lote fue recubierto con una solución de quitosana Sigma Aldrich® al 1.5% en un agua acidulada con ácido ascórbico al 2% (Qsa 1.5%). El recubrimiento adicionado a cada mango fue incorporado mediante la técnica de cepillado (Ortega-Granados, 2011). En este caso se decidió realizar una división en el mango y colocar de un lado el recubrimiento control (Qsa) y en el otro el experimental (Q-Qn), estos fueron colocados en charolas con papel aluminio a tres temperaturas: a) la ambiental a 25°C, b) de refrigeración a 5°C y c) extrema a 35°C.

3.6. Determinación de los parámetros para evaluar la vida de anaquel

3.6.1. Determinación de textura: En este caso la determinación se realizó empleando el tacto asignando atributos como suavidad o firmeza.

3.6.2. Determinación de hongos (visual): Para esta determinación se observó si existía presencia o ausencia visible de hongo o manchas negras.

3.6.3. Determinación de color: En este caso la técnica que se utilizó fue una comparación de escalas de color impresas (escala Pantone®) sobre los mangos (Anexo A, apartado A.1.6).

3.6.4. Determinación del porcentaje de humedad: En esta determinación se empleó una termobalanza, que medía la pérdida de agua (Anexo A, apartado A.1.1).

3.6.5. *Determinación de pH:* Para esta determinación se utilizó un potenciómetro de la marca Orión 720-A7, sumergiéndolo en una solución de la muestra acondicionada, Anexo A, apartado A.1.2 (DOF,1978).

3.6.6. *Determinación de °Brix:* En este caso fueron determinados usando un refractómetro RSG-100/ACT, con escala de 0-32% con una división de 0.2°Brix siguiendo la metodología de NMX-F-103-1982, Anexo A, apartado A.1.5 (DOF, 1982).

3.6.7. *Determinación de porcentaje de acidez titulable:* Para esta determinación se realizó una titulación con hidróxido de sodio al 0.1N con fenolftaleína como indicador, Anexo A, apartado A.1.3 (AOAC, 1990).

3.6.8. *Determinación de vitamina C:* Esta se realizó mediante una titulación con una solución de 2,6-Diclorofenol-Indofenol sobre una alícuota de 10 mL de la muestra previamente acondicionada, Anexo A, apartado A.1.4 (AOAC, 1995).

3.7. Elaboración de mermeladas

Se elaboró un producto comercial, en este caso mermeladas de mango, con la finalidad de conocer la existencia de diferencias entre los productos que fueron elaborados con el mango a los que se le aplicaron los diferentes tratamientos (sin recubrimiento, con el recubrimiento natural de quitina-quitosana y las muestras control recubiertas con quitina-quitosana comercial Sigma Aldrich ®). Este producto se elaboró dos días después de que se les aplicó el tratamiento. La razón de seleccionar el producto procesado de mango en forma de mermelada en vez de emplear néctares o jugos, que son los productos más comunes y apreciados elaborados con esta fruta, fue la facilidad para su preparación y para su evaluación sensorial por parte de jueces no entrenados.

3.7.1. Análisis microbiológicos

Se realizó un análisis microbiológico para comprobar la efectividad del tratamiento térmico de envasado realizando una comparación con las especificaciones microbiológicas que se establecen en la NOM-130-SSA1-1995, Bienes y servicios.

Alimentos envasados en recipientes de cierre hermético y sometidos a tratamiento térmico (DOF, 1995).

3.7.2. Evaluación sensorial

Se realizó una evaluación sensorial de la mermelada de mango, provenientes de frutos recubiertos, en el vestíbulo del Edificio A de la Facultad de Química, con jueces no entrenados, con la finalidad saber la existencia de alguna diferencia significativa en cuanto a los atributos de color, olor, sabor y textura entre las diferentes muestras (sin recubrimiento, con el recubrimiento natural de quitina-quitosana y las muestras control recubiertas con quitina-quitosana comercial Sigma Aldrich®).

Para esta evaluación se utilizó una escala hedónica de 5 puntos, ya que es de fácil entendimiento y proporciona información confiable. En el Anexo D se presenta el cuestionario realizado a 98 personas (jueces no entrenados) que participaron en la evaluación sensorial de las mermeladas de mango.

3.8. Elaboración del recubrimiento alternativo con aceite esencial de naranja

En esta segunda etapa se realizó un recubrimiento de quitina-quitosana con aceite esencial de naranja empleando una modificación a la metodología propuesta por Rico y col. (2012) que consistió en disolver el recubrimiento de quitina-quitosana obtenido de los residuos de jaiba y camarón con el aceite esencial y Tween 20® como emulsificante en las proporciones mostradas en la Tabla 2.

Tabla 2. Volúmenes empleados para preparar el recubrimiento de Quitina-Quitosana y aceite esencial de naranja

Compuesto	Masa o volumen
Biopolímero de Q-Qn	100 mL
Aceite esencial de naranja	2 mL
Tween 20®	1mL

Posteriormente, la mezcla se centrifugó durante 20 minutos a 3600 rpm a 4°C, para finalmente reposar durante 24 horas a temperatura ambiente.

3.8.1. Recubrimiento de fruto climatérico

El recubrimiento se realizó como lo mencionado en el punto 3.5 de la parte de metodología. Los mangos fueron adquiridos en el mismo lugar de la Central de Abastos en la Ciudad de México buscando contar con el mismo grado de madurez. Las evaluaciones seguidas fueron las mismas que para el primer lote, incluyendo los análisis estadísticos.

3.8.2. Uso de un modelo tipo Arrhenius para el tiempo de vida de anaquel

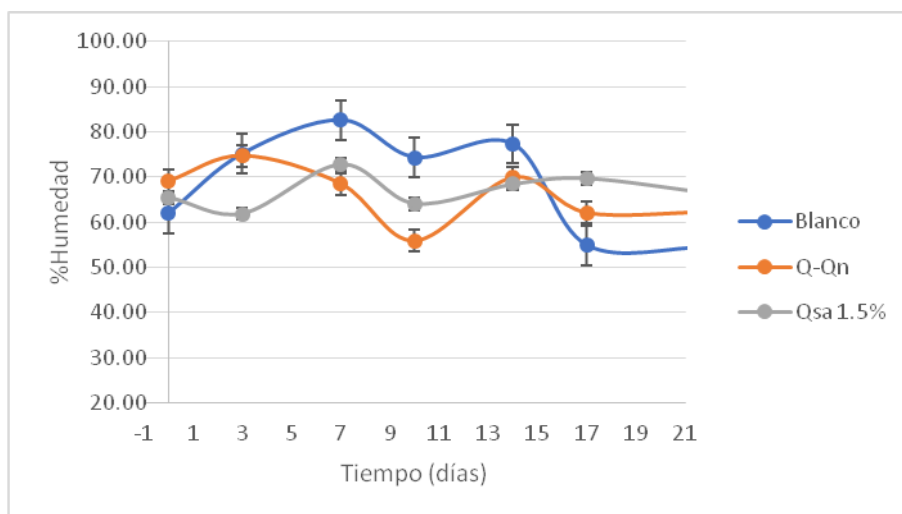
Para los cálculos se utilizó el modelo cinético de Arrhenius. Este modelo permite conocer la degradación de algún parámetro de calidad de los alimentos. Se sabe que la temperatura es una de las variables que afecta la velocidad de degradación de los parámetros de calidad de los alimentos. Sin embargo, debe recordarse que los alimentos son matrices complejas en los que la degradación de la calidad se ve afectada por diferentes factores. Para esta aplicación se emplearon las variables de seguimiento: pH, acidez titulable, color, degradación de ácido ascórbico y °Brix; en este caso se tomó la decisión de establecer el tiempo de vida de anaquel considerando únicamente la degradación de la vitamina C, ya que este es uno de los principales factores que se ve afectado con la temperatura, reduciendo así la calidad nutricional del mango que se caracteriza por tener una alta concentración de vitamina C.

Capítulo 4. Resultados y discusión

4.1. Determinaciones fisicoquímicas de vida de anaquel de los mangos

4.1.1. Determinación de humedad

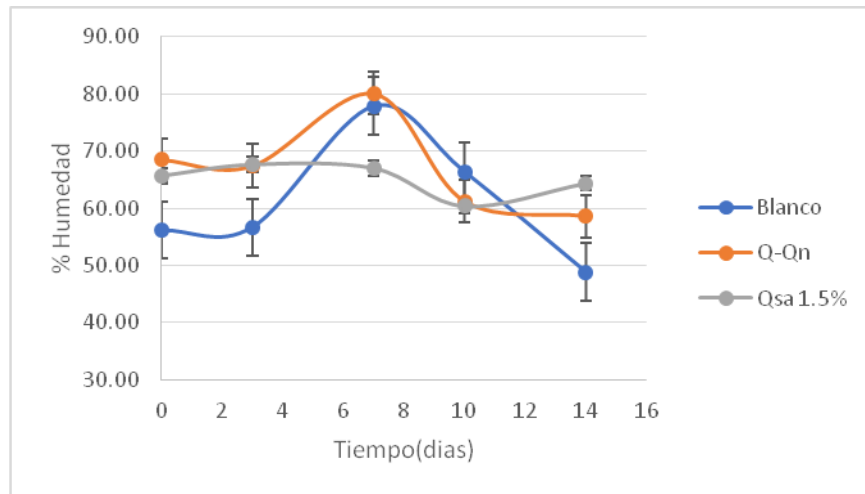
La humedad en el mango generalmente oscila entre 74-87% considerando la cáscara y la pulpa del fruto. Para este estudio se pudo observar que inicialmente se tuvo un porcentaje de humedad del 62 al 69% como se puede apreciar en la Gráfica 1. También se aprecia que el contenido de humedad disminuyó conforme pasó el tiempo con un % H final de 54.48, 66.40 y 70.37 para el blanco, Q-Qn y Qsa 1.5%, respectivamente. Para el caso de los mangos que fueron recubiertos con Q-Qn se observó que la tendencia fue menor comparada con el blanco, específicamente para los lotes que se almacenaron a 5°C.



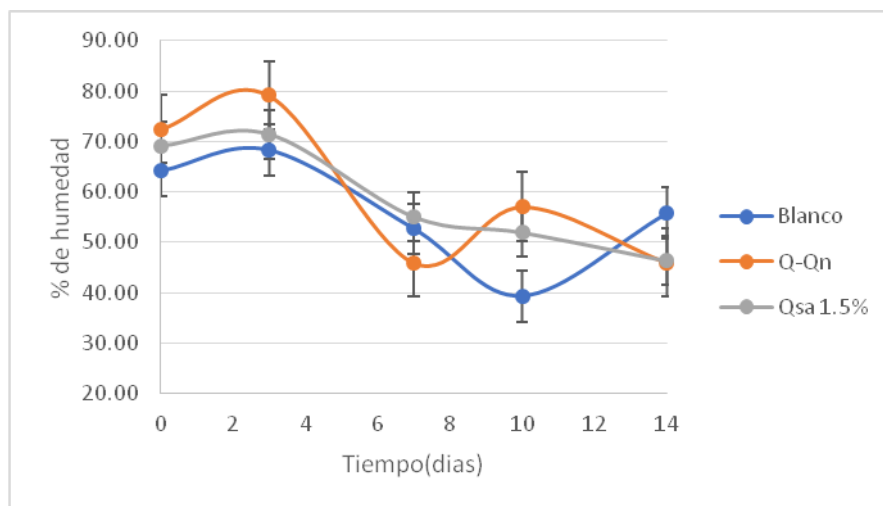
Gráfica 1. Valor promedio de pérdida de humedad en los diferentes lotes de mangos almacenados a 5°C

Para el caso de los lotes de mangos almacenados a temperatura ambiente (25°C) la humedad inicial se encontró en un rango entre los 56 a 65% H. También se observó una disminución del porcentaje de humedad, aunque para el día 7 de evaluación se tuvo un aumento considerable de humedad. En este punto el recubrimiento de Q-Qn mostró un comportamiento similar al de los mangos sin tratamiento (Gráfica 2).

En el caso de los lotes de mangos que fueron almacenados a 35°C, se observó una tendencia mayor a la pérdida de humedad (Gráfica 3). Como se puede observar, en el día cero de almacenamiento los mangos presentaron una humedad entre 64 y 72% y al finalizar llegaron a una humedad entre el 45 al 55%. En este caso el recubrimiento experimental (Q-Qn) no presentó alguna mejoría en la retención de humedad.



Gráfica 2. Valor promedio de pérdida de humedad en los diferentes lotes de mangos almacenados a 25°C



Gráfica 3. Valor promedio de pérdida de humedad en los diferentes lotes de mangos almacenados a 35°C

Estadísticamente no se encontraron diferencias significativas en el porcentaje de humedad ($p=0.8642$), en ninguno de los tratamientos a lo largo de los 14 días que se

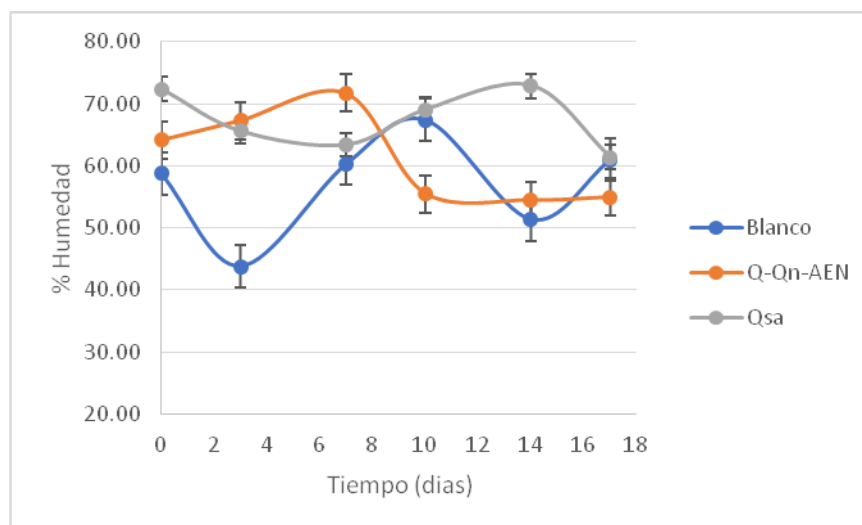
realizaron las determinaciones. Para el caso de la temperatura sí se encontraron diferencias significativas ($p= 0.000$), como se puede observar en el análisis de varianza de la Tabla C1.1 del Anexo C. En la Tabla 3 se puede observar la diferencia que existió en el porcentaje de humedad entre las tres temperaturas de almacenamiento como se mencionó anteriormente.

Tabla 3. Pruebas de Fisher (*LSD*) para el % de humedad por temperatura

Temperatura	Casos	Media <i>LS</i>	Sigma <i>LS</i>	Grupos homogéneos
35°C	30	58.31	1.157	X
25°C	30	64.89	1.157	X
5°C	30	69.98	1.157	X

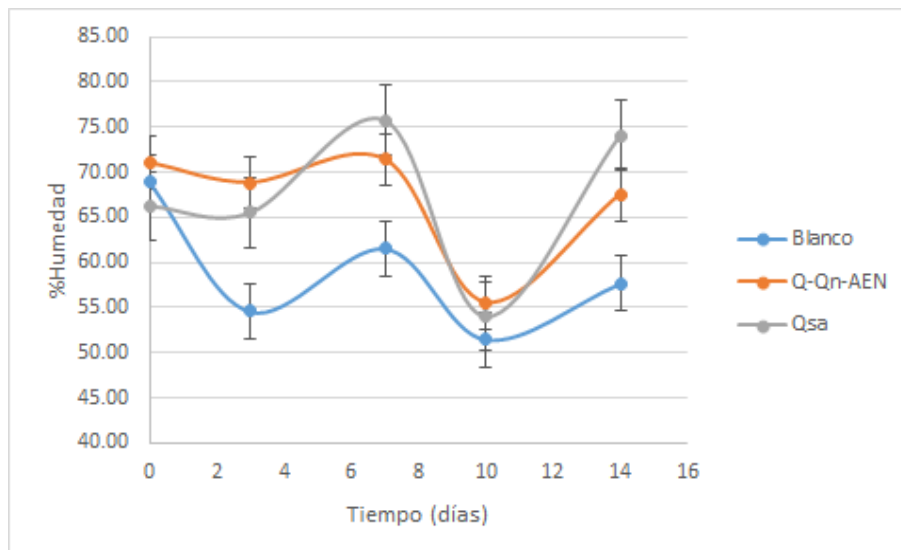
LS = Mínimos cuadrados, *LSD* = Diferencia mínima significativa

En comparación, el recubrimiento natural con aceite esencial de naranja tuvo un valor promedio de humedad de 80% desde el inicio hasta el final para el caso de los que tuvieron el recubrimiento con aceite esencial de naranja (Q-Qn-AEN) de los mangos almacenados a una temperatura de 5°C en comparación con el blanco como se observa en la Gráfica 4 por lo que se puede decir que existió un mayor beneficio al aplicarse el aceite esencial, que solamente con el recubrimiento natural (Q-Qn).



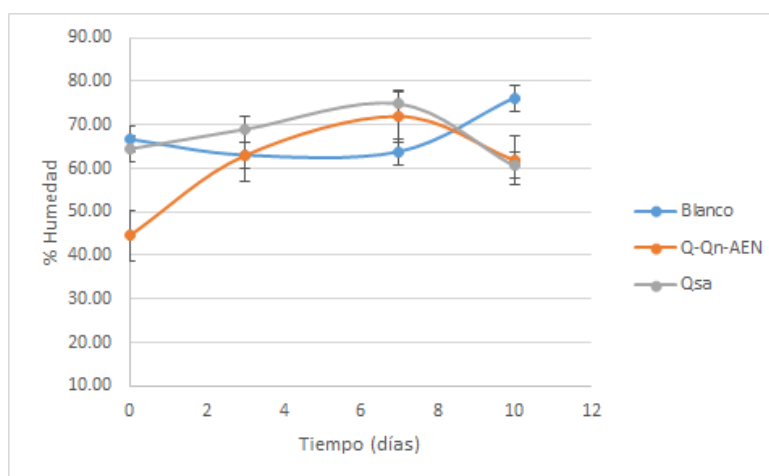
Gráfica 4. Valor promedio de pérdida de humedad en los diferentes lotes (Q-Qn-AEN) de mangos almacenados a 5°C

Para el caso de la temperatura de 25°C no se observó ningún efecto benéfico del aceite esencial de naranja en comparación al recubrimiento natural (Q-Qn), Gráfica 5.



Gráfica 5. Valor promedio de pérdida de humedad en los diferentes lotes (Q-Qn-AEN) de mangos almacenados a 25°C

Los mangos que fueron almacenados a 35°C (Gráfica 6) tuvieron un comportamiento similar al lote de los mangos que tuvo el recubrimiento natural (Q-Qn) ya que tuvo el aceite esencial de naranja (Q-Qn-AEN), por lo que se puede decir que no se observó ningún beneficio.

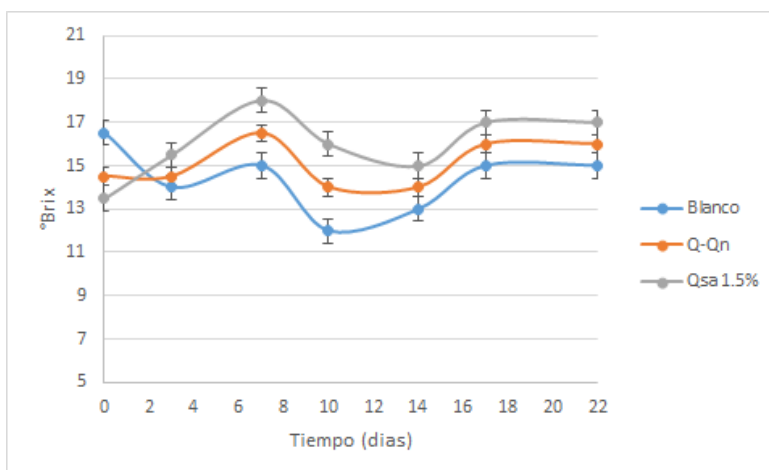


Gráfica 6. Valor promedio de pérdida de humedad en los diferentes lotes (Q-Qn-AEN) de mangos almacenados a 35°C

Estadísticamente no se encontraron diferencias significativas para los tratamientos aplicados en esta segunda parte del desarrollo experimental ($p=0.2374$) como se puede apreciar en la Tabla C.1.2 del apéndice C. Finalmente, para el caso de la temperatura y el tiempo tampoco se encontraron diferencias significativas. Cabe destacar que el contenido de humedad de los frutos se encuentra fuertemente influenciado por factores como la etapa de maduración, la transpiración, las lesiones, las condiciones de almacenamiento (temperatura, humedad relativa, tiempo de almacenamiento) entre otros factores (Maldonado y col., 2014). Es por esta razón que se encontraron diferencias significativas entre las diferentes temperaturas de almacenamiento.

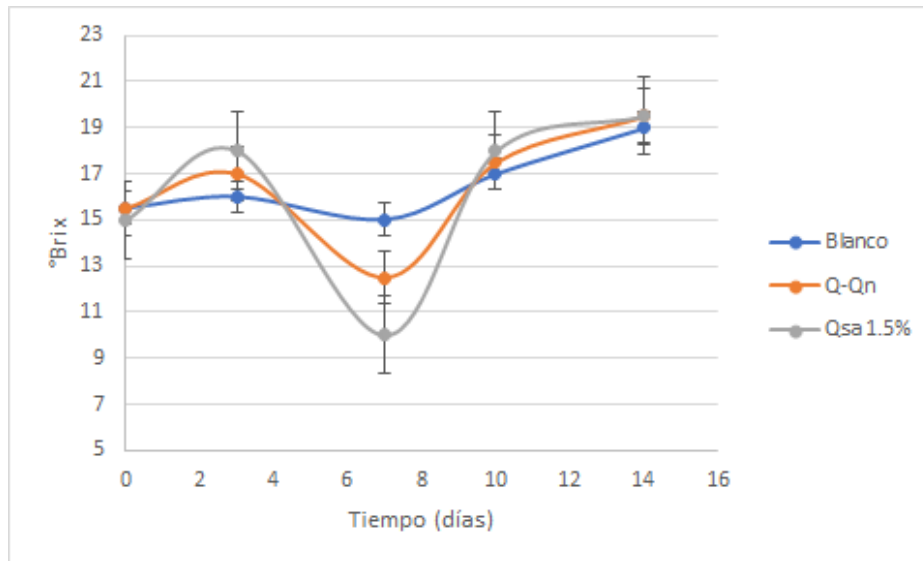
4.1.2. Determinación de °Brix

Los sólidos solubles son quizás uno de los parámetros fisicoquímicos de mayor interés en los procesos de maduración, ya que, gracias a la hidrólisis de los almidones ocurrida con ayuda de las amilasas propias del fruto, comienzan a liberar una gran cantidad de moléculas de glucosa que hacen que el fruto aumente en la cantidad de sólidos solubles lo cual se ve reflejado en el aumento de los grados Brix (Quintero y col., 2013). En este caso se esperaba que el contenido de sólidos solubles tuviera poca variabilidad en los mangos recubiertos con Q-Qn. En la Gráfica 7 se observa que durante los primeros 4 días de almacenamiento se mantuvieron constantes los °Brix de los mangos recubiertos con Q-Qn a una temperatura de 5°C, aunque posteriormente hubo cambios.



Gráfica 7. Valor promedio del cambio de °Brix en los diferentes lotes de mangos almacenados a 5°C

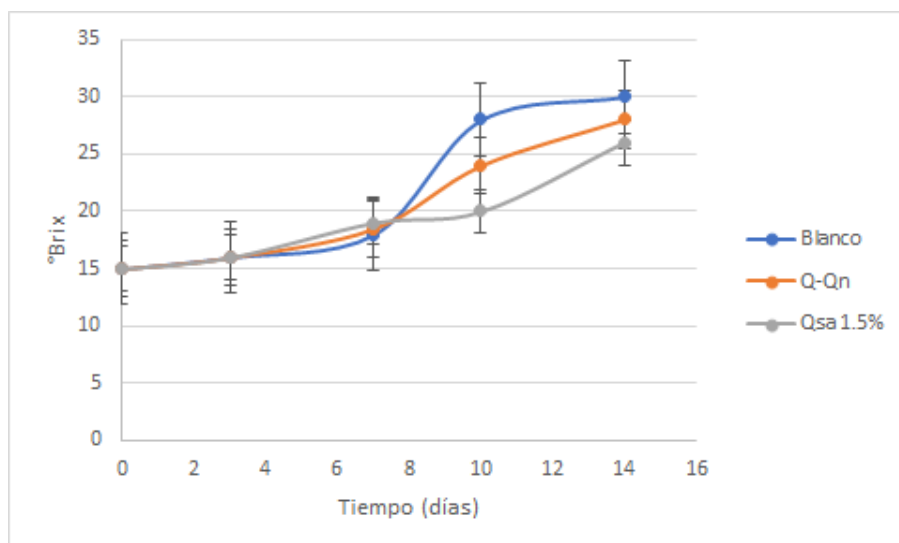
Para los lotes de mangos almacenados a temperatura ambiente (25°C), se observó un comportamiento similar en los mangos recubiertos con Q-Qn y Qsa en comparación con el blanco. Esto se aprecia en la Gráfica 8. Finalmente, se observa que, en promedio, el aumento de los sólidos totales fue de 5°Brix desde el día 0 hasta el día 14.



Gráfica 8. Valor promedio del cambio de °Brix en los diferentes lotes de mangos almacenados a 25°C

A una temperatura de 35°C se observa que hubo un mayor incremento de sólidos solubles expresados en °Brix, los cuales fueron de aproximadamente 15 unidades. Esto puede deberse principalmente a que la temperatura a la que se almacenaron favorece la maduración del fruto, promoviendo la acumulación de glúcidos libres, producto de la hidrólisis del almidón por la acción de las amilasas (Gráfica 9).

Como se observa en la Tabla C1.3 del Anexo C, no hubo diferencias significativas en los diferentes tratamientos utilizados ($p=0.6245$). Para el caso de tiempo y de la temperatura sí se observaron diferencias significativas. En la Tabla 4 se muestran los resultados obtenidos en la prueba de Fisher, donde se observa que las temperaturas de 5 y 25°C tuvieron un comportamiento similar, es decir, no hubo diferencias significativas. Por otro lado, entre la interacción entre 5-35°C y 25-35°C hubieron diferencias significativas.



Gráfica 9. Valor promedio del cambio de °Brix en los diferentes lotes de mangos almacenados a 35°C

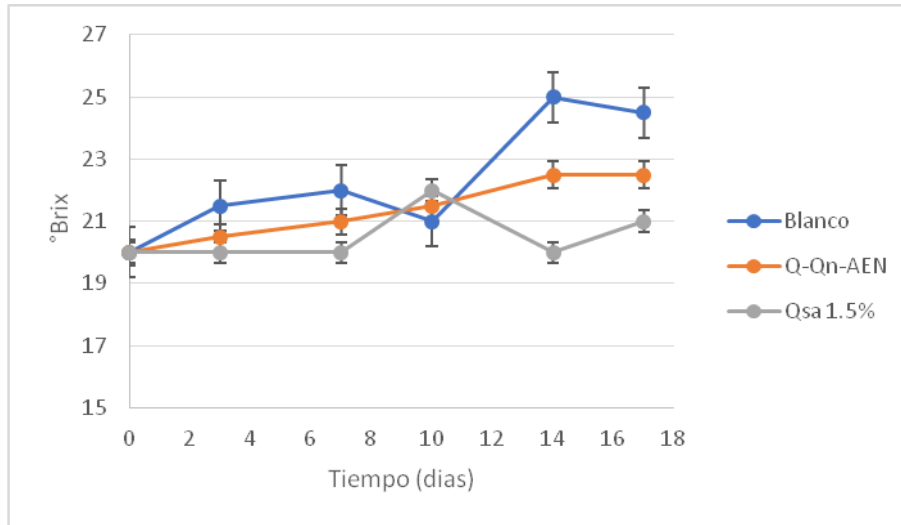
Tabla 4. Pruebas de Fisher (LSD) para ° Brix por temperatura

Temperatura	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos homogéneos
5°C	30	15.40	0.28	X
25°C	30	16.06	0.28	X
35°C	30	19.86	0.28	X

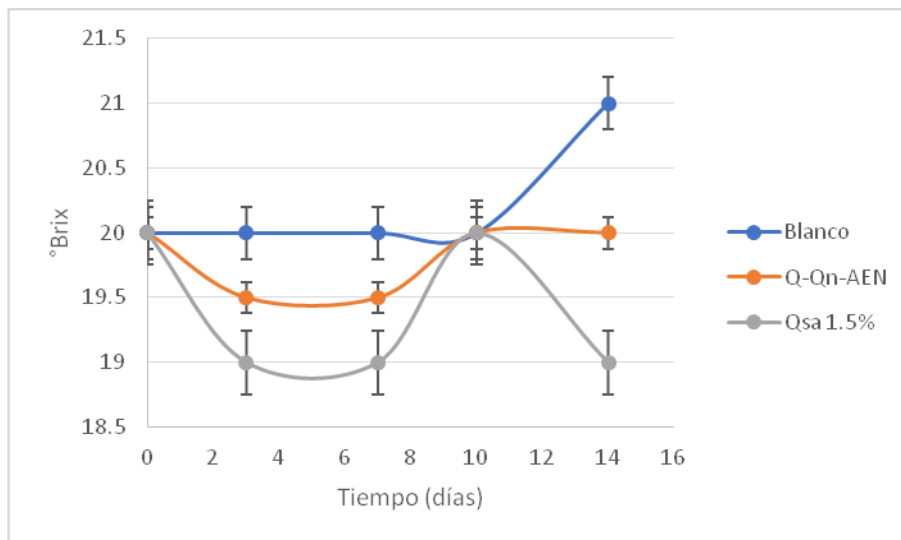
LS = Mínimos cuadrados, LSD = Diferencia mínima significativa

Para el caso de los mangos almacenados a 5°C con el recubrimiento con aceite de naranja se observó un aumento en los °Brix. En comparación con el blanco y el control esto fue muy poco (2 unidades), ya que en el inicio se tenían valores promedio de 20°Brix y para el final del estudio fueron de 22, por lo que en comparación con el recubrimiento de Q-Qn hubo una mejora considerable (Gráfica 10).

Para el caso de los mangos que fueron almacenados a 25°C se observa en la Gráfica 11 que el recubrimiento de Q-Qn-AEN tuvo un efecto benéfico para los mangos ya que los °Brix se mantuvieron prácticamente constantes desde el inicio hasta el final contrario a lo observado con el recubrimiento de Q-Qn.

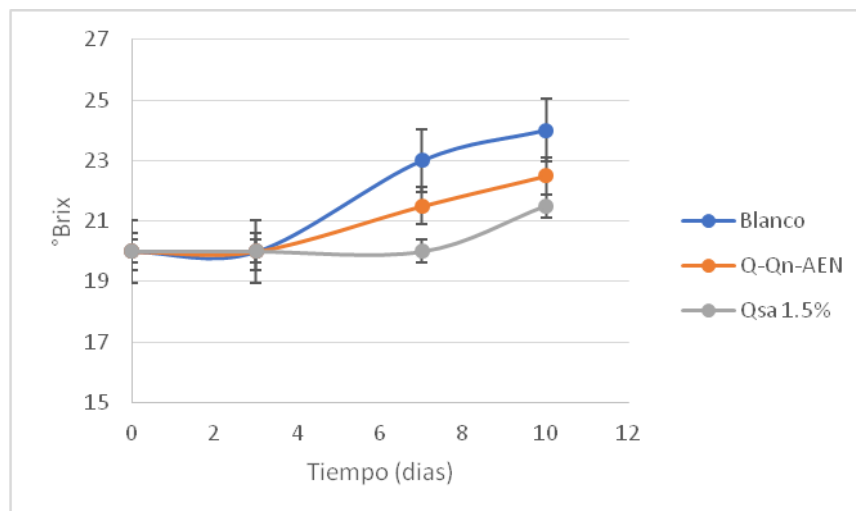


Gráfica 10. Valor promedio del cambio de °Brix en los diferentes lotes (Q-Qn-AEN) de mangos almacenados a 5°C



Gráfica 11. Valor promedio del cambio de °Brix en los diferentes lotes (Q-Qn-AEN) de mangos almacenados a 25°C

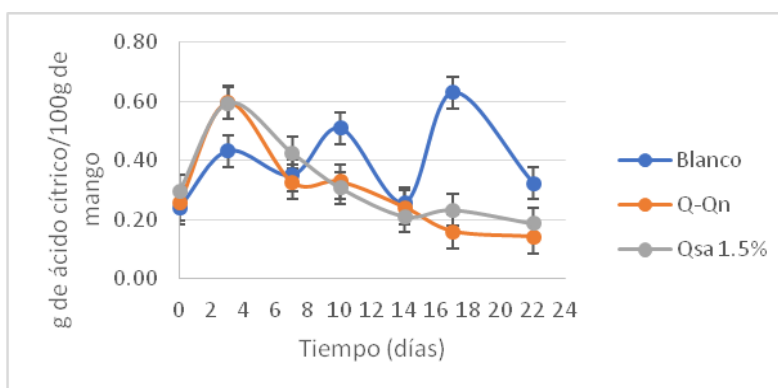
Para el caso de los mangos almacenados a 35°C no se observó ningún tipo de beneficio de igual manera que para el recubrimiento de Q-Qn (Gráfica 12).



Gráfica 12. Valor promedio del cambio de °Brix en los diferentes lotes (Q-QN-AEN) de mangos almacenados a 35°C

4.1.3. Determinación de porcentaje de acidez titulable (%AT)

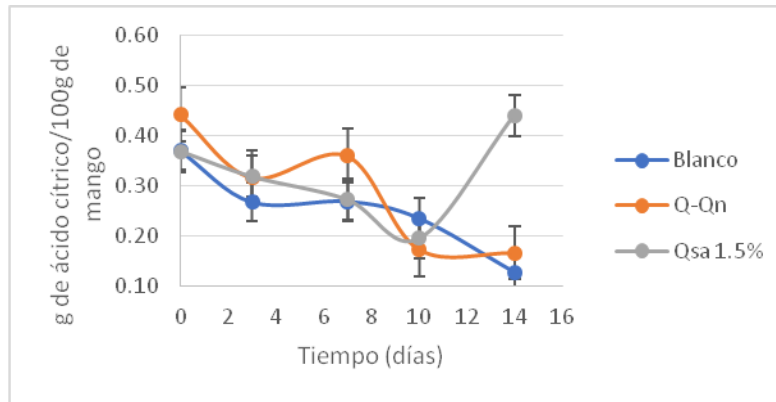
Para esta determinación, el porcentaje de acidez titulable se expresó como g de ácido cítrico por cada 100g de mango, debido a que el mango tiene ácido cítrico en mayor proporción en comparación con los otros ácidos orgánicos presentes. En la Gráfica 13 se observa una disminución del %AT a una temperatura de almacenamiento de 5°C. El recubrimiento de Q-Qn no presentó algún efecto sobre este parámetro.



Gráfica 13. Valor promedio del cambio de porcentaje de acidez titulable en los diferentes lotes de mangos almacenados a 5°C

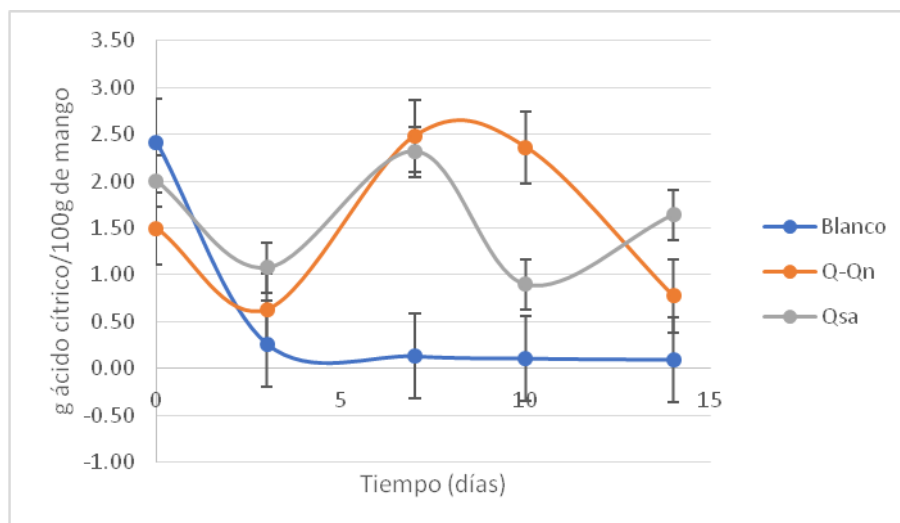
En la Gráfica 14 se observan diferencias en el % de acidez titulable (%AT) de los lotes en tratamientos (Blanco, Q-Qn y Qsa), siendo el lote de Q-Qn el que presentó mayores

cambios. En el día cero de almacenamiento se observó un valor aproximado de 4.5% lo que dio indicios de un pH ácido. Para el término del almacenamiento (día 14) este valor cambió a 1.5%AT, en comparación con el blanco que se mantuvo prácticamente constante.



Gráfica 14. Valor promedio del cambio de porcentaje de acidez titulable en los diferentes lotes de mangos almacenados a 25°C

Para el caso de la temperatura extrema 35°C (Gráfica 15) se observó que al inicio del almacenamiento los mangos presentaron un %AT muy alto (5 a 7%). Este parámetro se encuentra íntimamente relacionado con el pH, ya que si se tiene un %AT muy alto generalmente, el pH disminuye.



Gráfica 15. Valor promedio del cambio de porcentaje de acidez titulable en los diferentes lotes de mangos almacenados a 35°C

Estadísticamente se observaron diferencias significativas en cuanto al %AT dentro de los tratamientos ($p=0.0071$) y temperatura ($p=0.0000$) como se puede apreciar en la Tabla C.1.4 del Anexo C. Para conocer la existencia de diferencias significativas se hizo un tratamiento matemático a los datos para, finalmente, reportar el porcentaje de pérdida de acidez en relación con el valor inicial de cada temperatura. En la Tabla 5 se aprecian las diferencias que se mencionaron anteriormente. También se observa que los mangos a los que se les aplicó el tratamiento con Q-Qn y Qsa 1.5% tuvieron un comportamiento similar en cuanto a la pérdida de acidez.

Tabla 5. Pruebas de Fisher (*LSD*) para pérdida de acidez por tratamiento

Tratamiento	Casos	Media <i>LS</i>	Sigma <i>LS</i>	Grupos homogéneos
Q-Qn	24	-3.16	5.91	X
Qsa 1.5 %	24	4.32	5.91	X
Sin tratamiento	24	23.68	5.91	X

LS = Mínimos cuadrados, *LSD* = Diferencia mínima significativa

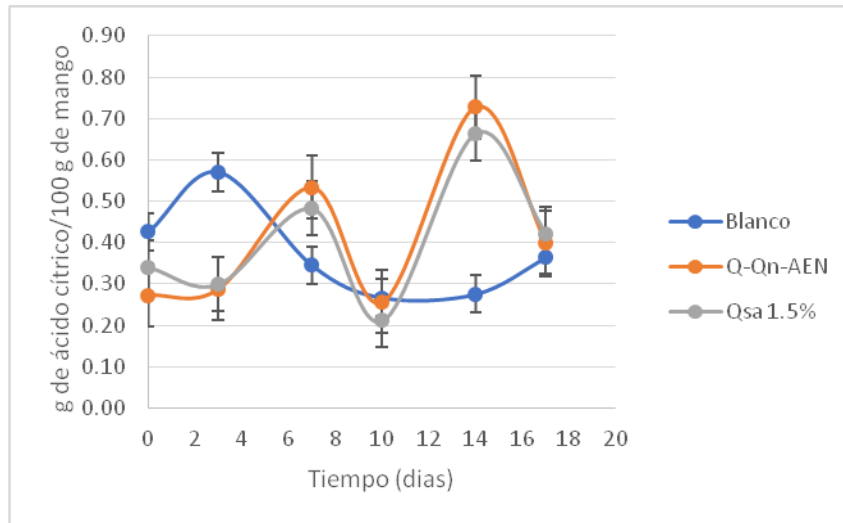
En la Tabla 6 se aprecian los resultados obtenidos en la prueba de Fisher para la pérdida de acidez por temperatura. En esta se observa que los lotes de mangos almacenados a 25 y 35°C tuvieron un comportamiento similar y con diferencia significativa a los almacenados a 5°C en cuanto a la pérdida de acidez.

Tabla 6. Pruebas de Fisher (*LSD*) para pérdida de acidez por temperatura

Temperatura	Casos	Media <i>LS</i>	Sigma <i>LS</i>	Grupos homogéneos
5°C	24	-46.06	5.91	X
25°C	24	33.04	5.91	X
35°C	24	37.86	5.91	X

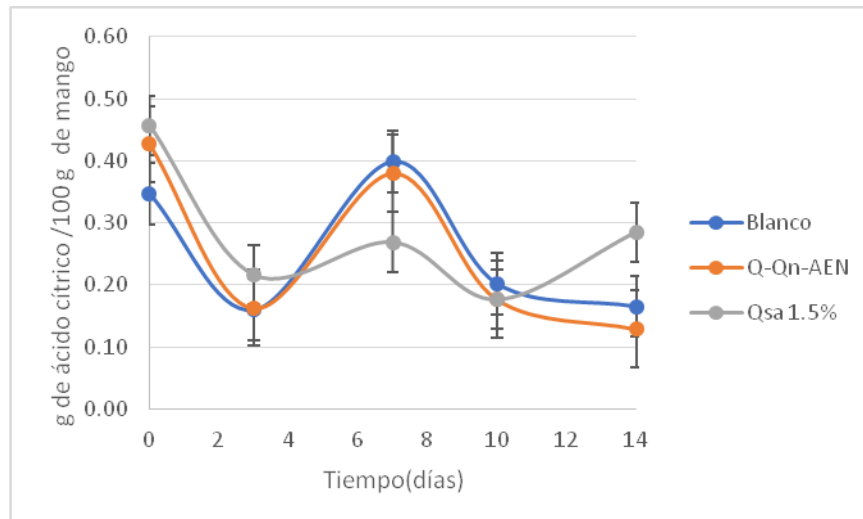
LS = Mínimos cuadrados, *LSD* = Diferencia mínima significativa

Para el caso de los mangos a 5°C con aceite de naranja se observa un comportamiento similar al que presentó el recubrimiento control (Qsa 1.5%). En comparación con el recubrimiento natural se observó un mayor beneficio ya que los cambios de acidez fueron menores (Gráfica 16).



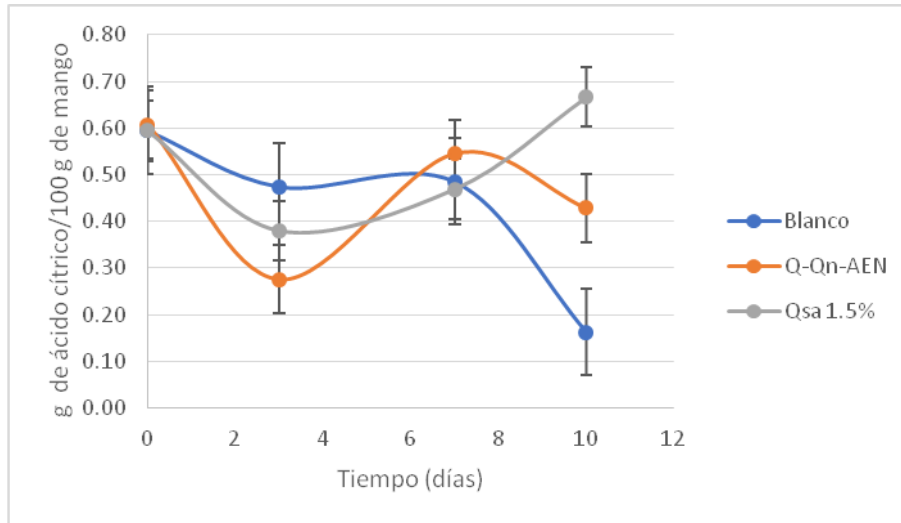
Gráfica 16. Valor promedio del cambio de porcentaje de acidez titulable (Q-Qn-AEN) en los diferentes lotes de mangos almacenados a 5°C

En el caso de los mangos con recubrimiento natural y aceite de naranja a 25°C se observa el mismo comportamiento que con el que no los tiene (Q-Qn) como se puede ver en la Gráfica 17.



Gráfica 17. Valor promedio del cambio de porcentaje de acidez titulable en los diferentes lotes (Q-Qn-AEN) de mangos almacenados a 25°C

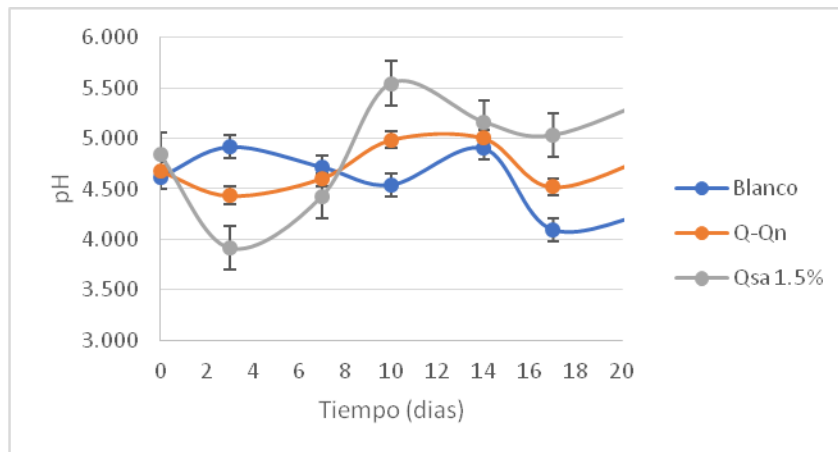
Para el caso de los mangos almacenados a 35°C se observó que los que fueron recubiertos con Q-Qn-AEN tuvieron un menor descenso del porcentaje de acidez en comparación con el blanco y el control, como se puede observar en la Gráfica 18.



Gráfica 18. Valor promedio del cambio de porcentaje de acidez titulable en los diferentes lotes (Q-Qn-AEN) de mangos almacenados a 35°C

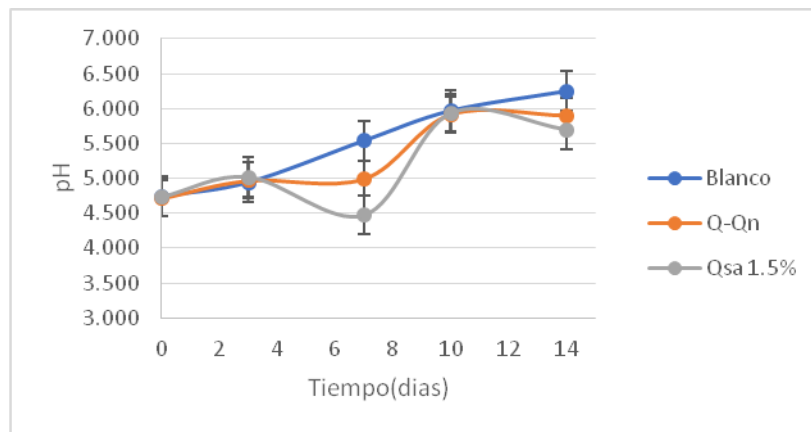
4.1.4. Determinación de pH

En la Gráfica 19 se observa un valor inicial de pH de 4.0 a 4.5 en los diferentes tratamientos que se almacenaron a 5°C. Esto se encuentra relacionado con el grado de madurez que presentaban los mangos al inicio de la determinación. En este caso también se observa que los mangos recubiertos con Q-Qn no presentaron cambios significativos a lo largo de los 21 días.



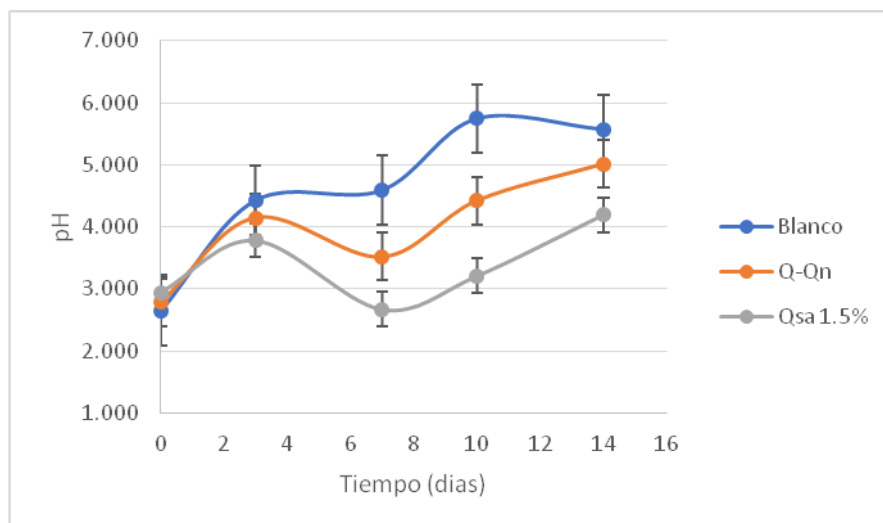
Gráfica 19. Valor promedio del cambio de pH en los diferentes lotes de mangos almacenados a 5°C

En la Gráfica 20 se aprecia que los mangos que fueron recubiertos con Q-Qn y Qsa 1.5% y almacenados a 25°C presentaron un comportamiento similar. Para los tres tratamientos se observó un cambio significativo en el valor de este parámetro. Esto se debe a que la temperatura de almacenamiento favoreció la maduración del fruto, el cual genera un cambio en el pH por la descomposición del almidón principalmente.



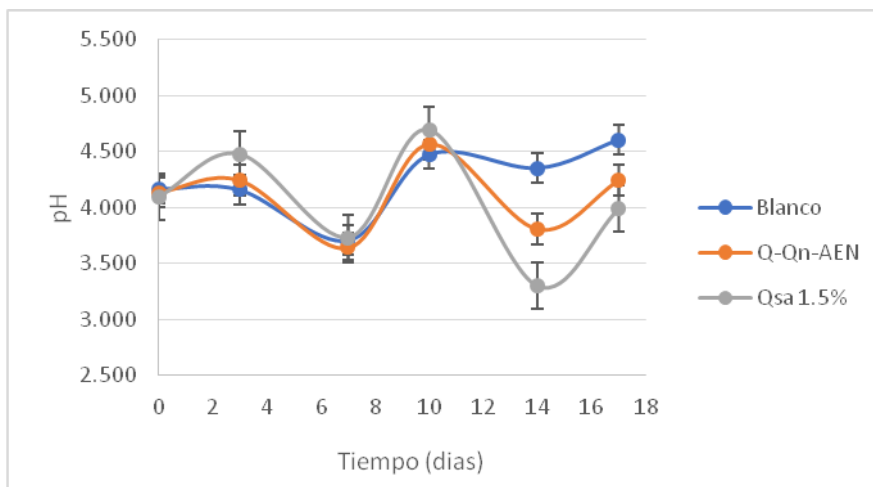
Gráfica 20. Valor promedio del cambio de pH en los diferentes lotes de mangos almacenados a 25°C

En la Gráfica 21 se observa que los mangos de los tres lotes de tratamiento de recubrimiento tuvieron un comportamiento similar. En este caso los mangos, presentaron un estado de madurez menor que los que fueron almacenados a 5 y 25°C. Es por esto que el pH inicial se encontró en un rango entre 2.5 a 3.0.



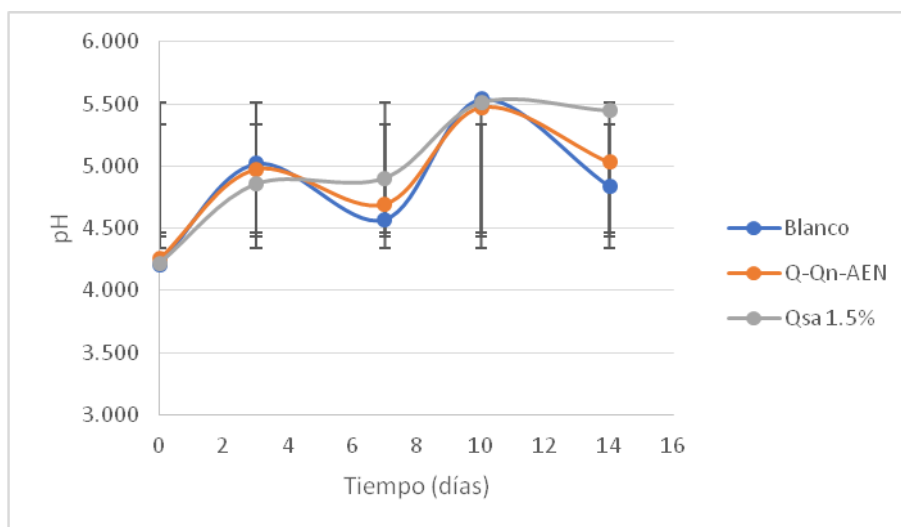
Gráfica 21. Valor promedio del cambio de pH en los diferentes lotes de mangos almacenados a 35°C

En comparación con los mangos recubiertos con aceite esencial el pH a 5°C se mantuvo casi constante por lo que se puede decir que el recubrimiento Q-Qn-AEN tuvo un mayor efecto benéfico sobre los mangos (Gráfica 22).

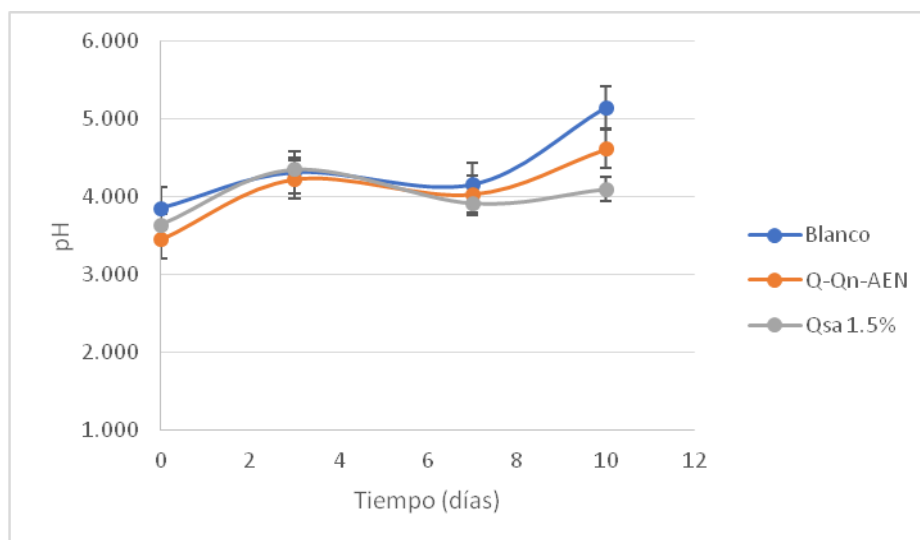


Gráfica 22. Valor promedio del cambio de pH en los diferentes lotes (Q-Qn-AEN) de mangos almacenados a 5°C

Para el caso de los mangos almacenados a temperatura ambiente (Gráfica 23) no se observó ningún efecto benéfico, ya que como se puede ver, se tuvo el mismo comportamiento en los tres tratamientos analizados, de la misma manera que con los que se almacenaron a 35°C (Gráfica 24).



Gráfica 23. Valor promedio del cambio de pH en los diferentes lotes (Q-Qn-AEN) de mangos almacenados a 25°C



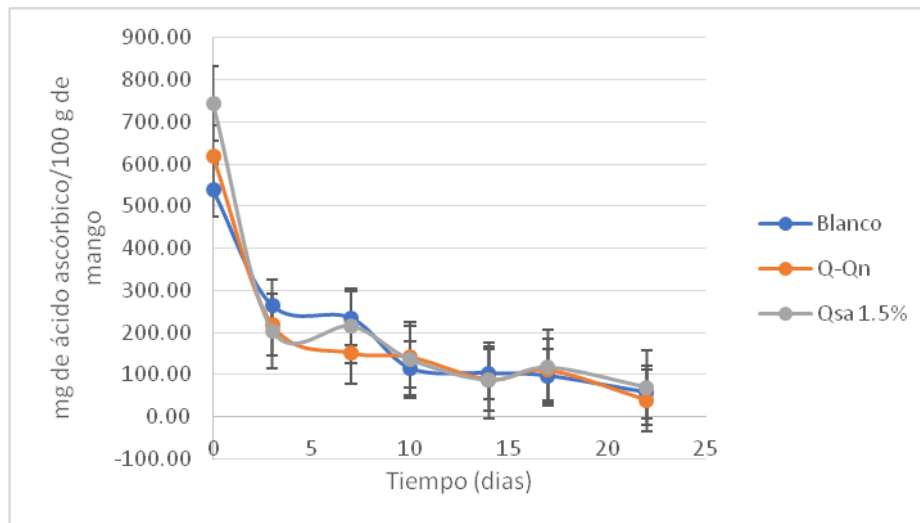
Gráfica 24. Valor promedio del cambio de pH en los diferentes lotes (Q-Qn-AEN) de mangos almacenados a 35°C

4.1.5. Determinación de ácido ascórbico

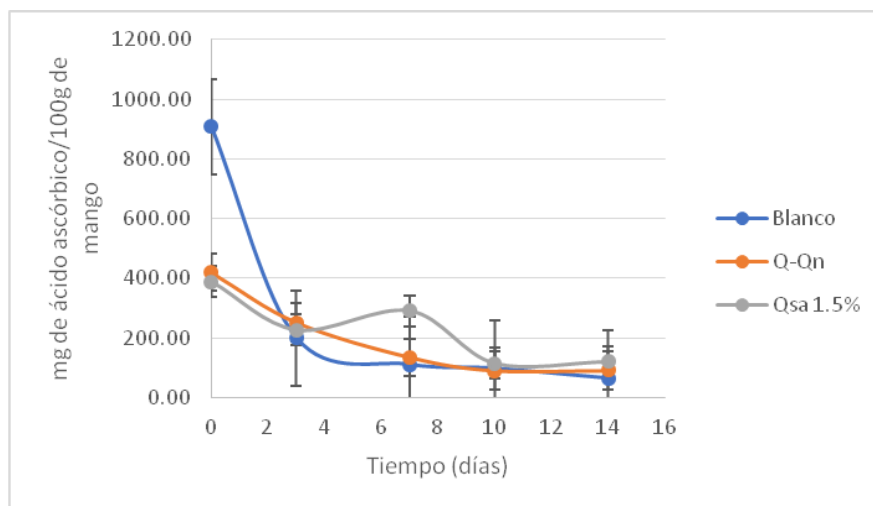
El ácido ascórbico se caracteriza por ser uno de los constituyentes más termosensibles en los alimentos y su disminución durante el almacenamiento de los productos es ocasionada por la exposición de los constituyentes de estos a condiciones adversas de conservación. Existen tres rutas de degradación del ácido ascórbico: la vía oxidativa catalizada, la vía oxidativa no catalizada y la vía bajo condiciones anaerobias (Mendoza y col., 2017).

En la Gráfica 25, se aprecia claramente la degradación del ácido ascórbico que presentaron los mangos a una temperatura de almacenamiento de 5°C. Además, se puede observar que los tres tratamientos tuvieron un comportamiento similar.

Los mangos almacenados a 25°C (Gráfica 26) tienen un contenido inicial de 400 mg de ácido ascórbico para el caso de los tratados con Q-Qn y Qsa 1.5%. En cambio, los mangos que no recibieron tratamiento tienen un mayor contenido de ácido ascórbico. Los mangos recubiertos con Q-Qn tuvieron una degradación más homogénea y prolongada en comparación con los otros tratamientos.

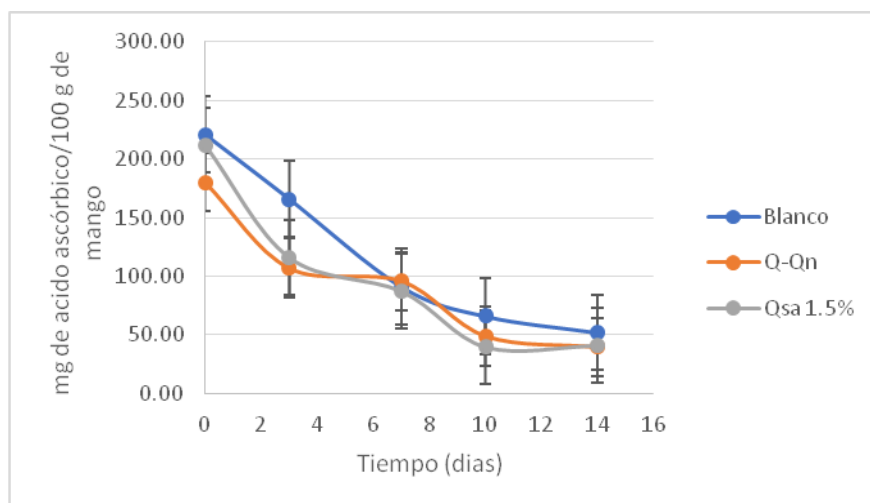


Gráfica 25. Valor promedio de la degradación de ácido ascórbico en los diferentes lotes de mangos almacenados a 5°C



Gráfica 26. Valor promedio de la degradación de ácido ascórbico en los diferentes lotes de mangos almacenados a 25°C

En la Gráfica 27 se observa la degradación del ácido ascórbico en los mangos almacenados a 35°C notando que el contenido inicial de ácido se encontró entre 170 y 230 miligramos por cada 100 g de mango. Para el caso del blanco, la mayor degradación se tuvo en los primeros 8 días de almacenamiento.



Gráfica 27. Valor promedio de la degradación de ácido ascórbico en los diferentes lotes de mangos almacenados a 35°C

En la Tabla C.1.6 del Anexo C se muestra que estadísticamente no hubieron diferencias significativas en la degradación de ácido ascórbico en ninguno de los tratamientos ($p=0.1138$). Por otro lado, se observa una diferencia significativa en la temperatura de almacenamiento ($p=0.000$) para la degradación. De acuerdo con lo reportado en la literatura (Knee, 2008), esta diferencia es lógica ya que debe considerarse que el ácido ascórbico es termolábil, por lo que se esperaba que a temperaturas de 25°C y 35°C hubiera una degradación mayor. En la Tabla 7 se aprecian los resultados de la prueba de Fisher con las diferencias que se mencionaron anteriormente en cada temperatura. Como se aprecia en ella, no hubo homogeneidad en la degradación de ácido ascórbico en ninguna de las temperaturas manejadas.

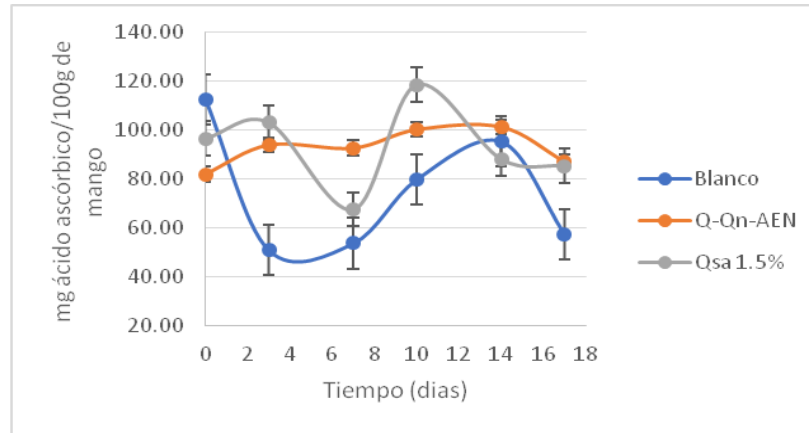
Tabla 7. Pruebas de Fisher (*LSD*) para % pérdida de ácido ascórbico por temperatura

Temperatura	Casos	Media <i>LS</i>	Sigma <i>LS</i>	Grupos homogéneos
35°C	24	60.70	1.67	X
25°C	24	68.05	1.67	X
5°C	24	73.62	1.67	X

LS = Mínimos cuadrados, *LSD* = Diferencia mínima significativa

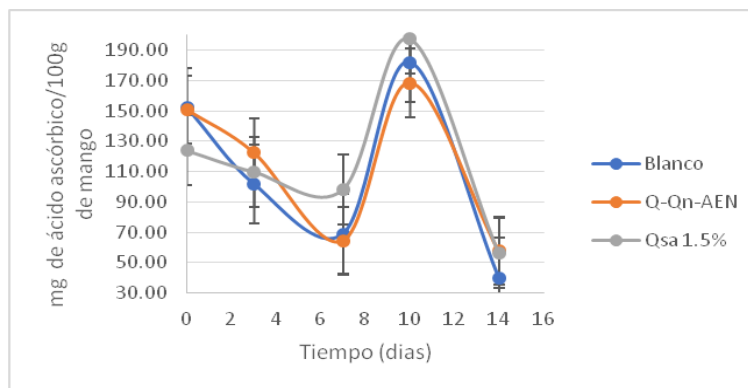
Para el caso de los mangos almacenados a 5°C con el recubrimiento natural con aceite de naranja (Q-Qn-AEN), se observó un mayor beneficio en comparación con el control (Qsa 1.5%) y con el blanco. En la Gráfica 28 se observa que el contenido de ácido

ascórbico en los mangos se mantuvo prácticamente constante, contrario al caso del recubrimiento natural (Q-Qn), por lo que se puede decir que hubo un efecto de sinergia entre el aceite y el recubrimiento.

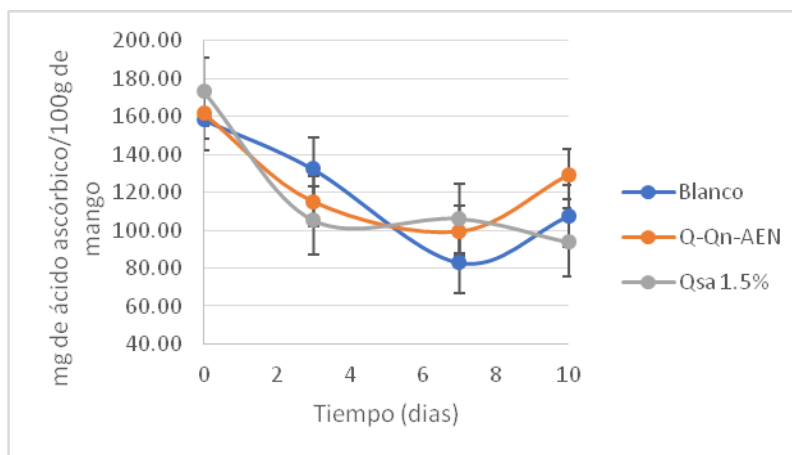


Gráfica 28. Valor promedio de la degradación de ácido ascórbico en los diferentes lotes (Q-Qn-AEN) de mangos almacenados a 5°C

En la Gráfica 29 se observa que el recubrimiento (Q-Qn-AEN) no presentó ningún efecto benéfico para los mangos ya que el comportamiento en los tres tratamientos es similar. Finalmente para el caso de los lotes almacenados a 35°C (Gráfica 30), se observó una degradación de ácido ascórbico, pero esta fue menor en el caso de los mangos recubiertos con Q-Qn-AEN y con el recubrimiento control (Qsa 1.5%) en comparación con el blanco, también se puede apreciar que la degradación fue más lenta que en los mangos recubiertos con Q-Qn.



Gráfica 29. Valor promedio de la degradación de ácido ascórbico en los diferentes lotes (Q-Qn-AEN) de mangos almacenados a 25°C



Gráfica 30. Valor promedio de la degradación de ácido ascórbico en los diferentes lotes (Q-Qn-AEN) de mangos almacenados a 35°C

4.1.6. Determinación de color

Los cambios en el color de la fruta implican combinaciones de degradación de la clorofila y la síntesis y degradación de carotenoides y pigmentos fenólicos como las antocianinas. En este caso, la maduración de los mangos se acompaña de una degradación de clorofila y antocianina y de un aumento en los niveles de caroteno (Knee, 2008). Estos últimos son los principales pigmentos que le confieren el color amarillo al mango y contienen enlaces insaturados que pueden ser oxidados por el mismo mecanismo de oxidación de los lípidos, lo que resulta en una reducción de la coloración amarilla (Mendoza y col., 2017).

En este caso, los cambios en la coloración del mango fueron mayormente notorios a una temperatura de 25°C con el recubrimiento de Q-Qn (Tabla B.6.2); en cambio, a una temperatura de 35°C se observó que el recubrimiento experimental (Q-Qn) y el comercial (Qsa1.5%) tuvieron un efecto retardante en la pérdida de coloración manteniéndose prácticamente constante desde el día 0 hasta el día 14 (Tabla B.6.3). De igual manera, pudo notarse este efecto a la temperatura de 5°C para todos los tratamientos. Para el caso de los mangos con recubrimiento y aceite esencial de naranja (Q-Qn-AEN) se observaron pocos cambios en la coloración de los mangos. En

el caso de los que se almacenaron a 25°C el beneficio fue mayor con este tratamiento (Q-Qn-AEN) en comparación que con el natural (Q-Qn) ya que, aunque existieron cambios, estos fueron más lentos y, por lo tanto, menos visibles. Finalmente, para el caso de los mangos almacenados a 35°C no se observó diferencia alguna entre los dos tratamientos Q-Qn y Q-Qn-AEN.

4.1.7. Determinación visual de hongos

Durante el almacenamiento a 5°C, no se observaron manchas o presencia de hongos durante los 21 días de almacenamiento. Esto se asocia a que a la temperatura de refrigeración es poco probable que crezcan hongos ya que su temperatura óptima de crecimiento se encuentra en un intervalo de 25 a 28°C. En las Figuras 8 y 9 se observa el estado de los mangos al inicio del estudio (día 0) y al término de este (día 21). Este efecto también se observó en los mangos que fueron recubiertos con el biopolímero y el aceite de naranja.



Figura 8. Mangos almacenados a 5°C, día 0



Blanco Q-Qn Qsa1.5%

Figura 9. Mangos almacenados a 5°C, día 21

Para el caso de los mangos almacenados a temperatura ambiente y 35°C se observó crecimiento de hongos y presencia de manchas negras (Figuras 10 y 11). En este caso no se observó beneficio del recubrimiento natural. Por esta razón, las determinaciones de los parámetros se detuvieron a los 14 días a una temperatura de 25°C y a los 17 días a una temperatura de 35°C ya que los mangos presentaron un estado de descomposición muy avanzado. Para el caso de los mangos con el biopolímero y el aceite esencial de naranja se observó un mayor beneficio en ambas temperaturas. Esto se puede observar en las Figuras 12 y 13.

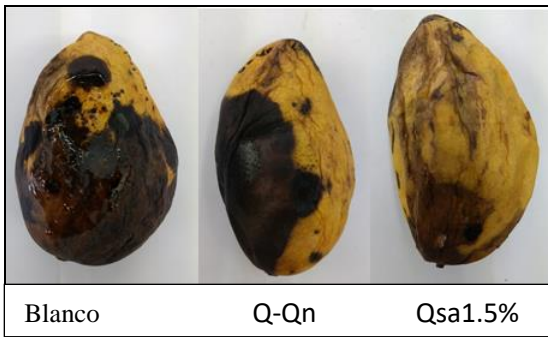


Figura 10. Mangos almacenados a 25°C, día 14



Figura 11. Mangos almacenados a 35°C, día 17

Como se puede observar en la Figura 13, la aparición de manchas negras y de hongos fue retardada debido al efecto antimicrobiano del aceite esencial de naranja y al recubrimiento natural, dándose una sinergia entre ambos productos.



Figura 12. Comparación de mangos almacenados a 25°C en el día 10 de almacenamiento con los recubrimientos naturales Q-Qn y Q-Qn-AEN

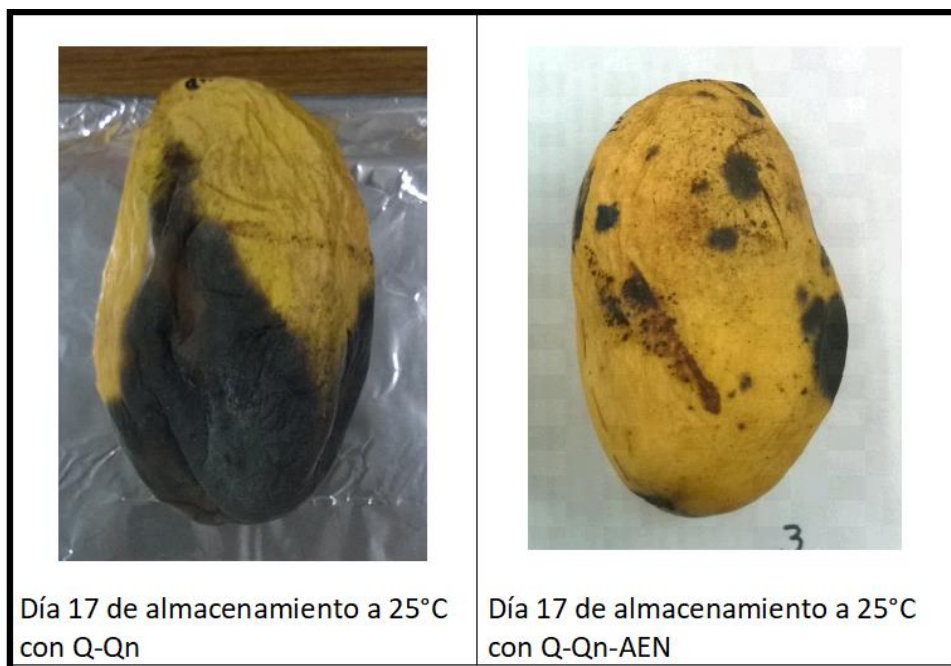


Figura 13. Comparación de mangos almacenados a 35°C en el día 10 de almacenamiento con los recubrimientos naturales Q-Qn y Q-Qn-AEN

4.1.8. Determinación de textura

La disminución de la textura tanto de la cáscara como de la pulpa fue debido a la acción de las enzimas hidrolíticas (Quintero y col., 2013). Estas enzimas tienen mayor actividad durante el almacenamiento en la etapa climatérica de la fruta teniendo como resultando un desensamble, despolimerización y disolución de las pectinas y otros polisacáridos hemicelulósicos. Las hemicelulosas y las pectinas también tienen funciones importantes dentro del fruto del mango. Proporcionan firmeza a las paredes celulares. La degradación de estos compuestos ayuda al ablandamiento de los frutos. En este caso, de los tres tratamientos aplicados, la disminución en la firmeza de los mangos se apreció mayormente en los que fueron almacenados a 35°C. Para el caso de los que fueron almacenados a 5°C la firmeza se mantuvo hasta el día 21 del estudio en los dos casos analizados (Q-Qn y Q-Qn-AEN).

4.2. Determinación del tiempo de vida de anaquel

La determinación de vida de anaquel se realizó siguiendo el modelo cinético de Arrhenius. En este caso se consideró el modelo de cinética de degradación de alguno

de los parámetros de calidad evaluados, como pH, acidez titulable, color, ácido ascórbico y °Brix.

Para esta determinación se consideró la degradación del ácido ascórbico en las diferentes temperaturas de almacenamiento. El estudio de la cinética de degradación de la vitamina C ayuda a entender el comportamiento de un determinado producto y sus componentes, lo cual permite predecir las mejores condiciones de almacenamiento, el tiempo de vida media y la vida útil de dicho producto (Ordoñez y Yoshioka, 2012).

Para los cálculos se consideraron las determinaciones realizadas desde el día 0 hasta el día 14, ya que para las temperaturas de 25 y 35°C no se pudieron realizar las determinaciones correspondientes a los 21 días. Esto se debió a que los mangos presentaron ya un estado de descomposición.

Como se puede apreciar en la Tabla 8 la vida de anaquel de los mangos aumentó con el recubrimiento experimental (Q-Qn) en comparación con los que no recibieron ningún tipo de tratamiento, lo cual confirma la hipótesis propuesta. Esto se asocia con las propiedades antimicrobianas que presenta la quitosana y, consecuentemente, el recubrimiento Q-Qn.

Tabla 8. Estimación de vida de anaquel de los mangos almacenados a diferentes temperaturas y con diferentes tratamientos de recubrimiento

Temperatura (°C)	Tiempo (días)		
	Blanco	Q-Qn	Qsa 1.5%
5	11	14	14
25	10	15	16
35	10	16	16

El recubrimiento Q-Qn tuvo un comportamiento similar al recubrimiento comercial (Qsa 1.5%) por lo que previamente fue mencionado en las determinaciones que se

realizaron. Por otro lado, en el caso del biopolímero con aceite esencial de naranja (Q-Qn-AEN) se observó que la vida de anaquel fue menor para el caso de los mangos almacenados a 25°C y 35°C en comparación con el recubrimiento natural (Q-Qn), pero para el caso de la temperatura de refrigeración la vida de anaquel aumentó 7 días (Tabla 9).

Tabla 9. Estimación de vida de anaquel de los mangos almacenados a diferentes temperaturas y con diferentes tratamientos de recubrimiento (Q-Qn-AEN)

Temperatura (°C)	Tiempo (días)		
	Blanco	Q-Qn-AEN	Qsa 1.5%
5	7	21	6
25	7	7	8
35	7	4	9

La mejor temperatura de almacenamiento para ambos casos (Q-Qn y Q-Qn-AEN) fue la de refrigeración. Cabe mencionarse, que durante la refrigeración existen menos cambios químicos que favorecen la maduración, lo cual hace que sean menos deseables que a temperatura ambiente o, que incluso, a una temperatura extrema. En estos dos últimos se presentaron mayores beneficios considerando los parámetros analizados. Finalmente, el empleo del modelo cinético para determinar la vida de anaquel indica un mayor beneficio entre los recubrimientos naturales con y sin aceite esencial de naranja, pero, visual y cualitativamente, se puede apreciar mayormente este beneficio.

4.3. Análisis microbiológico de mermeladas de mango

Este análisis se realizó para conocer si el tratamiento térmico era el adecuado para evitar la presencia de microorganismos que pudieran causar algún peligro para la salud de los consumidores por malas prácticas de higiene durante el proceso de elaboración.

Para conocer si se siguieron las buenas prácticas de higiene se emplearon como referencia a los microorganismos indicadores (mesófilos aerobios, coliformes totales y

hongos y levaduras) indicados por la NOM-130-SSA1-1995, Bienes y servicios. alimentos envasados en recipientes de cierre hermético y sometidos a tratamiento térmico (DOF, 1995). Para este análisis se realizaron diluciones seriadas (10^{-1} , 10^{-2} y 10^{-3}) de cada una de las muestras de mermeladas para después inocularlas en los medios y condiciones de incubación correspondientes a cada microorganismo. Al término de la incubación no se encontró presencia de ningún tipo de microorganismo, con excepción de una colonia de mesófilos aerobios observada en la dilución 10^{-3} de la mermelada elaborada con los mangos que fueron tratados con el recubrimiento experimental (Q-Qn). Esto se adjudica a una posible contaminación en el ambiente, ya que si el tratamiento térmico hubiera sido el adecuado se hubiera observado la presencia de microorganismos en las diluciones de 10^{-1} y 10^{-2} . En la Tabla 10 se muestra una comparación de los resultados obtenidos con lo indicado en la norma antes mencionada, notándose que en ninguna de las mermeladas se encontraron microorganismos de este grupo indicador.

Tabla 10. Comparación los resultados obtenidos en el análisis microbiológico de las mermeladas con los límites establecidos en la norma

Microorganismo	Limite UFC/g	Tipo de mermeladas		
		Blanco	Q-Qn	Qsa 1.5%
Mesófilos aerobios, UFC/g	50	0	0	0
Coliformes totales, UFC/g	<10	0	0	0
Mohos y levaduras, UFC/g	<10	0	0	0

4.4. Evaluación sensorial de las mermeladas de mango

La determinación de esta prueba se realizó con 98 consumidores (jueces no entrenados) de 18 a 27 años, siendo la mayoría de 18 y 24 años. Los consumidores fueron 49% hombres y 44% mujeres, el porcentaje restante no contestó su género. A cada uno de los jueces se les presentó una charola con las muestras de mermelada con los siguientes códigos: 239 (mangos recubiertos con Q-Qn), 528 (mangos sin

recubrimiento, blanco) y 054 a los mangos que se recubrieron con Qsa 1.5%, como se aprecia en las Figuras 14 y 15.



Figura 14. Evaluación sensorial de mermeladas

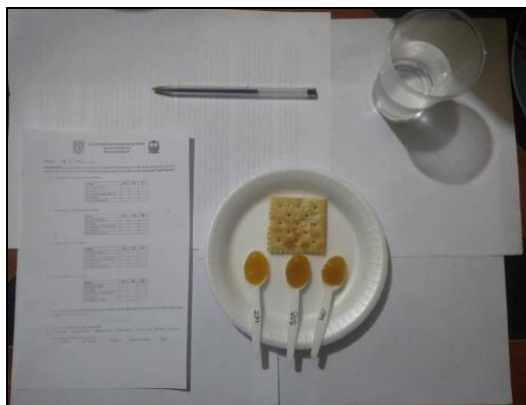
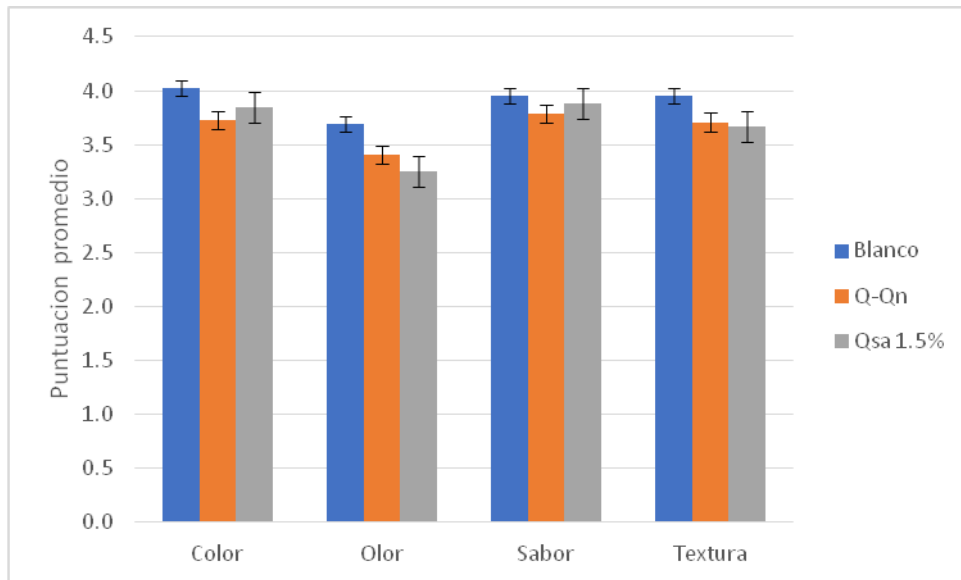


Figura 15. Muestras y cuestionario para evaluación

A los jueces se les asignó un cuestionario, Anexo D (en el que en la primera parte se les solicitó evaluar los siguientes parámetros: color, olor, sabor y textura para conocer la existencia de diferencia significativa entre las mermeladas de mango. En la Gráfica 31 se presenta un breve resumen de los resultados obtenidos en la evaluación de los parámetros mencionados. Para el caso del color se encontró que no hubieron diferencias significativas entre las mermeladas con los distintos tratamientos. Por otra parte, en cuanto al olor el análisis de varianza mostró que sí hubo diferencias significativas entre las muestras con una probabilidad de 0.002. Esto puede asociarse con el estado de madurez que presentaron los mangos cuando se elaboraron las mermeladas. Los consumidores no encontraron diferencia significativa entre los productos en cuanto a sabor y olor ya que fueron los parámetros más importantes debido a que se esperaba que el recubrimiento experimental (Q-Qn) no dejara ningún tipo de resabio en el sabor o tuviera un olor extraño asociado con la materia prima del recubrimiento (harinas de jaiba y camarón y MAC-141 ®).

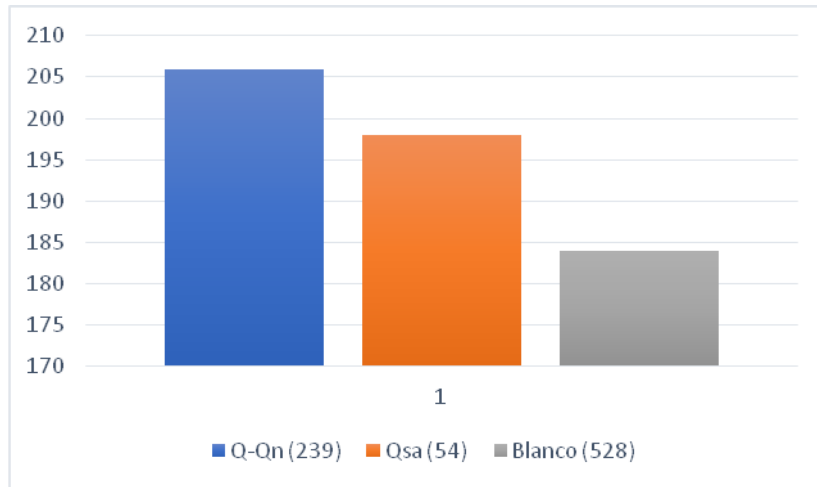


Gráfica 31. Puntuación promedio obtenida en la evaluación de mermeladas de mango, elaboradas con mangos con diferentes tratamientos de recubrimiento

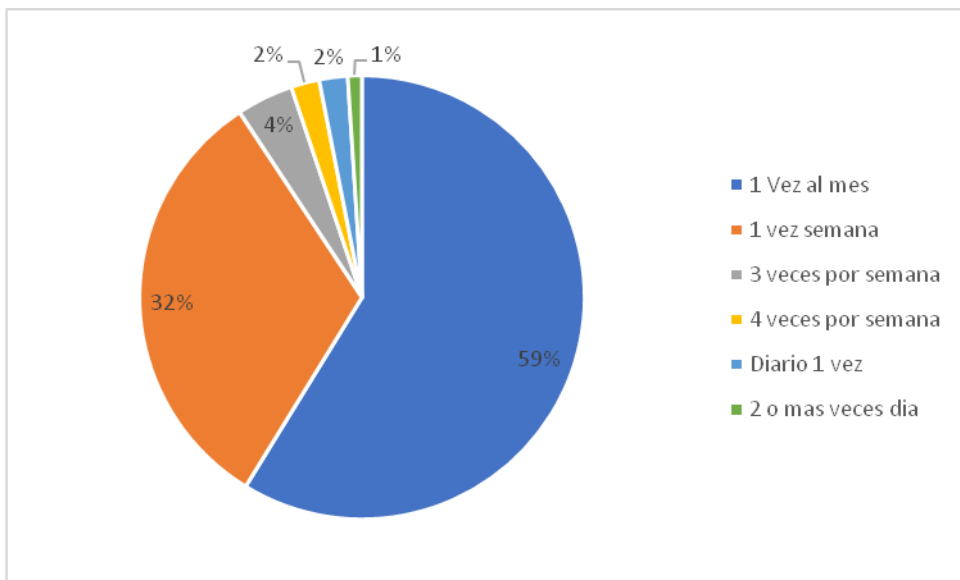
Finalmente, el análisis de varianza indicó que en cuanto a la textura no se encontraron diferencias significativas.

Al realizar la encuesta del análisis sensorial, en la segunda parte del cuestionario se les preguntó a los jueces el orden de preferencia de las muestras. La frecuencia con la que consumía mermelada y qué marcas comerciales eran las que más consumían fueron otras de las preguntas. En la Gráfica 32 se aprecia el orden de preferencia de las muestras que se evaluaron. En este caso la mermelada con el código 239 correspondiente a la mermelada que se elaboró con mangos tratados con el recubrimiento experimental (Q-Qn) fue la que mayor preferencia tuvo, seguida de la que se elaboró con mangos tratados con el recubrimiento comercial (Qsa 1.5%) y, en último lugar, la mermelada elaborada con mangos sin tratamiento (Blanco).

En la Gráfica 33 se observa que el 59% de los evaluadores consumen por lo menos una vez al mes mermelada, seguido del 32% que la consume una vez a la semana, siendo la mermelada de la marca Mc Cormick® la de mayor preferencia seguida de la marca Smucker's®.



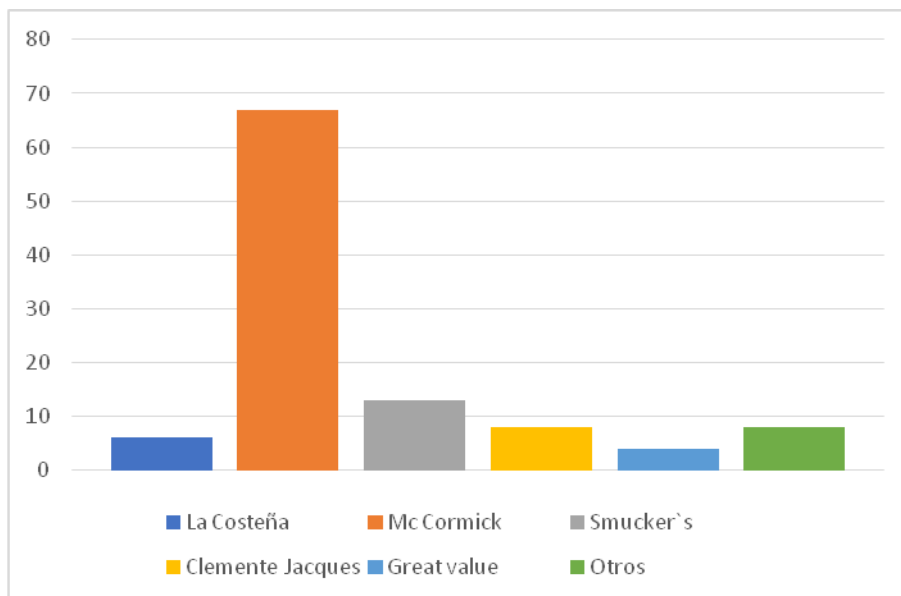
Gráfica 32. Preferencia de mermeladas evaluadas, elaboradas con los diferentes tratamientos de recubrimiento



Gráfica 33. Frecuencia de consumo de mermeladas

Por otro lado, la mermelada de menor preferencia fue la de la marca Great Value®. Por último, un porcentaje mínimo de los consumidores dijo que no consumía ninguna mermelada de las marcas propuestas (otros) como se observa en la Gráfica 34. Estos resultados están asociados con los gustos de cada consumidor, ya que cada una de

estas mermeladas presentó características sensoriales diferentes como lo son el olor, la textura o consistencia y el contenido de fruta.



Gráfica 34. Marcas comerciales preferidas por el consumidor

Capítulo 5. Conclusiones y recomendaciones

5.1. Conclusiones

De acuerdo con el objetivo general de esta investigación, el cual era el de alargar la vida de anaquel de un fruto climatérico, mango (*Mangifera indica*) empleando recubrimientos obtenidos de residuos de jaiba (*Callinectes sapidus*) y de camarón (*Litopenaeus vannamei*), se puede concluir lo siguiente:

- De las tres relaciones manejadas de harina de jaiba y camarón (1:5, 1:50, 1:100) empleadas para la elaboración del recubrimiento experimental (Q-Qn) resultó que la de 1:50 (1 gramo de harina de jaiba-camarón con 50 g de disolvente MAC-141[®]) fue la que resultó más adecuada para el recubrimiento de los mangos.
- El recubrimiento natural de Q-Qn tiene un efecto retardante para algunos de los parámetros evaluados; sin embargo, en otros parámetros no se observó ningún efecto benéfico.
- El recubrimiento natural con aceite esencial de naranja Q-Qn-AEN, mostró un efecto sinérgico, presentando mayores beneficios en diversos parámetros evaluados en comparación con el recubrimiento natural.
- El tiempo de vida de anaquel estimado experimentalmente, para los mangos recubiertos con Q-Qn fue de 15 días a temperatura de refrigeración y de 16 días a temperatura ambiente (25°C) y a 35°C.
- El tiempo de vida de anaquel estimado con un modelo basado en la ecuación de Arrhenius, para los mangos recubiertos con Q-Qn-AEN fue de 21 días a 5°C y para 25 y 35°C de 7 y 4 días, respectivamente.
- Sensorialmente no se encontró ninguna diferencia significativa en la mermelada elaborada con mangos a los que se le realizaron los diferentes tratamientos.
- La mermelada que presentó una mayor aceptabilidad por el consumidor fue la elaborada con mangos recubiertos con Q-Qn.

- El tratamiento térmico que se aplicó a las mermeladas fue el adecuado ya que no se observaron microorganismos indicadores de malas prácticas de higiene.
- Las mermeladas cumplen con las especificaciones microbiológicas establecidas en la NOM-130-SSA1-1995, Bienes y servicios. Alimentos envasados en recipientes de cierre hermético y sometidos a tratamiento térmico (DOF, 1995).
- El aceite esencial de naranja mejoró el efecto retardante en la maduración del fruto climatérico evaluado siendo para Q-Qn fue de 21 días a temperatura de refrigeración y de 16 días a temperatura ambiente (25°C) y a 35°C.

5.2. Recomendaciones

Con base en los resultados obtenidos en la investigación se recomienda:

1. Modificar las proporciones de harina de camarón y de jaiba, considerando cuál de los dos caparazones de crustáceos presenta mayor contenido de quitina en su estructura.
2. Realizar pruebas con diferentes proporciones de aceite esencial de naranja con respecto del polímero de quitina-quitosana
3. Sería importante en un experimento posterior elaborar las mermeladas a los 14 días de almacenamiento con y sin el aceite esencial de naranja ya que en esta investigación solamente se almacenaron por dos días.
4. Evaluar la sinergia del recubrimiento natural con la adición de aceites esenciales de cítricos como limón, toronja, ya que se ha visto una mayor actividad antimicrobiana que pueda alargar la vida de anaquel, considerando que una referencia cita valores para la dosis letal media (LD₅₀) en conejos y ratas de laboratorio como 5 g/kg de peso corporal (Dosoky y Setzer,1966),verificando si aun después de remover la cáscara que será la que contendría el residuo de AEN (2g/100mL de quitina-quitosana).

Capítulo 6. Bibliografía

- ❖ Anastas, P., Warner C. 1998. *Green Chemistry, Theory and Practice*. Oxford University Press, p. 30. Oxford, Reino Unido.
- ❖ AOAC. 1990. *Oficial Methods of Analysis*. Vol. 1, 11, 16ª Edición, Association of Analytical Chemists, AOAC Publisher. Arlington, EE.UU.
- ❖ AOAC. 1995. *Oficial Methods of Analysis*. Vol. 2, Parte 2. 16ª Edición. AOAC International. Arlington. EE.UU.
- ❖ Argote, E., Suárez, Z., Tobar, M., Pérez, J., Hurtado, A., Delgado, J. 2017. Evaluación de la capacidad inhibitoria de aceites esenciales en *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 2(1):52-60.
- ❖ Badu, S. 2006. Mecanismos de la generación de aromas y sabores, En S. Badu. Ed. *Química de los alimentos*. Pearson, pp. 461-463. Ciudad de México, México.
- ❖ 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.
- ❖ Collin, B. 2013. Bangladesh-China-India-Myanmar Economic Corridor Builds Steam. [En línea] (Actualización 25 de octubre de 2013) Disponible en <http://www.asiabriefing.com/news/2013/10/bangladesh-china-india-myanmar-economic-corridor-builds-steam/> [Último acceso 29 de marzo 2019]
- ❖ Crisosto, C. 2016. Protocolo para el manejo y la maduración del mango [PDF] (Actualización 2016). Disponible en: https://www.mango.org/Mangos/media/Media/Documents/Research%20And%20Resources/Downloads/Industry/Market%20Support/Mango_Handling_and_Ripening_Protocol_Spn.pdf
- ❖ DOF. 1978. Norma Mexicana NMX-F-317-S-1978. Determinación de pH en alimentos. Diario Oficial de la Federación, México D.F. Estados Unidos Mexicanos.

- ❖ DOF. 1982. Norma Mexicana NMX-F-103-1982. Alimentos. Frutas y derivados. Determinación de grados Brix. México D.F. Diario Oficial de la Federación, Estados Unidos Mexicanos.
- ❖ DOF. 1995. Norma Oficial Mexicana NOM-130-SSA1-1995, Bienes y servicios. Alimentos envasados en recipientes de cierre hermético y sometido a tratamiento térmico. Disposiciones y especificaciones sanitarias. Diario Oficial de la Federación, Estados Unidos Mexicanos.
- ❖ DOF. 2009. Norma Oficial Mexicana NOM-008-SCFI-2002. “Sistema general de unidades de medida”. Dirección General de Normas. Poder Ejecutivo Federal. Diario Oficial de la Federación, Estados Unidos Mexicanos.
- ❖ Dosoky, N. S., Setzer, W. N. 1966. Biological activities and safety of Citrus spp Essential oils. Int. J. Mol. Sei. 19 (7) :1-25. Doi: 10.3399 ijms 19071966.
- ❖ Espinosa-Aquino, B. 2001. *Diseño, construcción y arranque de un sistema aerotérmico solar/gas para el tratamiento térmico de materiales biológicos [mango (Mangifera indica L.)]*. Tesis de Maestría en Ciencias Ambientales, Instituto de Ciencias, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, BUAP. Puebla, Puebla, México.
- ❖ Flores, R. 2004. *Bioplástico de quitina: Formación de películas de quitina a partir de desechos de camarón por métodos ecológicos*. Tesis de Maestría en Ciencias, Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias Químicas, UNAM. México D.F., México.
- ❖ Flores, R. 2008. *Obtención y caracterización de esponja de quitina a partir de cefalotórax de camarón*. Tesis de Doctorado en Ciencias, Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias Químicas, UNAM. México D.F., México.
- ❖ González, A. 2012. *Quitosano¹ y control biológico como alternativas naturales para el control de hongos filamentosos en alimentos* En: A. González. *Nuevas tendencias en la ciencia y tecnología de los alimentos: tópicos selectos*. Trillas, pp. 36-54. México D.F., México.

¹ Nota de la tutora: Las gomas terminan en el sufijo -ana. Por tanto, la goma derivada de la quitina debiera llamarse quitana. Por la costumbre iberoamericana de imitar los términos anglosajones se le llama quitosana, por lo que **no** es correcto llamarla quitosano o quitosán o quitosan

- ❖ Jackson, D. 2003. El clima. En: D. Jackson. Ed. *Producción de frutas de climas templados y subtropicales*. Acribia, S.A., pp. 3-7. Zaragoza, España.
- ❖ José-González, V. 2015. *Efecto de la adición en jugos de toronja de una mezcla de polímeros de quitina y quitosana obtenida a partir de residuos de camarón*. Tesis profesional. Facultad de Química, UNAM, pp. 7-8. Ciudad de México, México.
- ❖ Jimenez, A., Mora, J. 2003. Manual de cultivo de mango. [En línea]. Actualización (Junio de 2003). Disponible en : http://usi.earth.ac.cr/glas/sp/Mango/mango.htm#_Toc46022550. [Último acceso el 15 de mayo de 2019]
- ❖ Kimball, D. 2000. Composition of the volatile fraction of citrus peel oils. En D. Kimball Ed. *Citrus Processing: A Complete Guide*. Aspen Publication, p. 75 California, Estados Unidos.
- ❖ Knee, M. 2008. Los nutrientes inorgánicos y la calidad de la fruta. En: M. Knee. Ed. *Bases biológicas de la calidad de la fruta*. Acribia, pp. 25-26. Zaragoza, España.
- ❖ Maldonado, Y., Navarrete, H., Morales, O., Hernández, J., Salazar, R., Alia, I., Alvarez, P. 2016. Physical, chemical and antioxidant properties of mango varieties grown at the Guerrero coast. *Revista Fototec*. 39(3), 207-214.
- ❖ Manahan, S.E. 1979. *Environmental chemistry*. CRC. Boca Raton, EE.UU.
- ❖ Marrero, A. 2017. La maduración artificial de frutos tropicales y subtropicales. Plátano, mango y aguacate. [En línea] (Actualización noviembre de 2017). Disponible en: https://issuu.com/horticulturaposcosecha/docs/antonio_marrero_dom_niguez_nov_17?e=8490508/55620987 [Último acceso el 30 de marzo de 2019]
- ❖ Mendoza, F., Arteaga, M., Pérez, O. 2017. Degradation of vitamin C in a product made from mango (*Mangifera indica* L.) and whey protein. *Corpoica Cienc. Technol. Agropecuaria*. 18(1):125-137.
- ❖ Montero, M., Revelo, I., Avilés, D., Valle V., E., Guevara-Freire, D. 2017. Efecto antimicrobiano del aceite esencial de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) sobre cepas de salmonella. *Rivep*. 28(4):987-993.

- ❖ Ordóñez, L., Yoshioka, L., 2012, Thermal degradation kinetics of vitamin C in mango pulp (*Mangifera indica* L.). *Vitae*. 19(1):81-83.
- ❖ 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 Química de Alimentos. Facultad de Química, UNAM. México D.F., México.
- ❖ Pardo, C., Monsalve, G., Erika, A., Espinosa, Y., Jaramillo, G. 2017. Efecto antimicrobiano del aceite esencial de *Citrus reticulata* sobre *Fusobacterium nucleatum* asociada a enfermedad periodontal. *Revista Colombiana Biotecnología*. 19(2):7-14.
- ❖ Prescott, L., Harley, J., Klein, D. 2004. Microbiología de alimentos. En: Prescott, L., Harley, J., Klein, D. Eds. *Microbiología*. Mc Graw-Hill, p. 11. Madrid, España.
- ❖ Quintero, V., Giraldo, G., Lucas, J., Vasco, J. 2013. Physicochemical characterization of the common mango (*Mangifera indica* L.) during ripening process. *Biotecnología en el sector Agropecuario y Agroindustrial*. 11(1):10-18.
- ❖ Ramírez, J. Y. 2008. *Extracción y cuantificación de astaxantina de desechos de camarón fermentados*. Tesis profesional. Facultad de Química, UNAM, pp. 35-39. Ciudad de México, México.
- ❖ Rico, F., Gutiérrez, C., Díaz, C. 2012. Efecto de recubrimientos comestibles de quitosano y aceites esenciales en la calidad microbiológica de mango (*Mangifera indica*) mínimamente procesado. *Vitae*. 19(1):S117- S119.
- ❖ SAGARPA, 2017a. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Aumenta producción de mango mexicano 36 por ciento en tres años. [En línea] (Actualización al 1 enero de 2017). Disponible en: http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/distritofederal/boletines/Paginas/JAC_0001-1.aspx [Último acceso el 23 de febrero de 2018]
- ❖ SAGARPA, 2017b. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, 2017. *Potencial Agrícola Nacional 2017-2030: Mango mexicano*. [PDF] (Actualización al 5 enero de 2017). Disponible en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257078/Potencial-Mango.pdf> . [Último acceso el 24 de febrero de 2018]

- ❖ Serrano, M. 2009. Química verde: un nuevo enfoque para el cuidado del medio ambiente. *Educación Química*. 2(4):412-420.
- ❖ Toni, 2014. *Mermelada de naranja* [En línea] (Actualización al 4 de septiembre de 2014). Disponible en :
<https://cuinetesantonia.wordpress.com/2014/09/04/mermelada-de-naranja/>

ANEXO A

DESCRIPCIÓN DE LAS TÉCNICAS UTILIZADAS DURANTE ESTA INVESTIGACIÓN

Metodologías de las determinaciones fisicoquímicas

A continuación, se describen las determinaciones fisicoquímicas que fueron realizadas con la pulpa obtenida de la molienda del mango, con ayuda de un mortero.

A.1.1 Determinación del porcentaje de humedad

La determinación se realizó mediante el método de termobalanza, tomando una muestra de 0.5g de mango que se colocó en la charola de la termobalanza OHAUS® MB200; posteriormente, fue programada en modo “Auto dry” a una temperatura de 130°C; finalmente, se presiona la tecla “Start” hasta obtener una masa constante de la muestra (Figura A.1).



Figura A.1. Termobalanza

A.1.2. Determinación del pH

Esta determinación se realizó con un potenciómetro marca Orión 720-A7; para ello se siguieron dos pasos: la calibración del equipo y la determinación de pH, los cuales se describen a continuación:

Calibración de potenciómetro Orión 720-A7

1. Conectar el potenciómetro a la energía eléctrica
2. Presionar la tecla CALIBRATE
3. Esperar a que el potenciómetro, muestre la pregunta sobre la cantidad de *buffers* que se utilizarán, seleccionar la tecla 3 (*“buffers”* de pH 4,7 y 10) y finalmente la tecla YES.
4. Colocar el electrodo del potenciómetro dentro de la solución *“buffer”* con pH 4 y presionar la tecla MEASURE y esperar a que en la pantalla aparezca el valor conocido de la solución. De no ser así se ingresa el valor manualmente y finalmente se presiona la tecla YES.
5. Limpiar el electrodo con un poco de agua destilada y secarlo con un pañuelo desechable.
6. Repetir la misma secuencia de los pasos 4 y 5 con las soluciones de *“buffer”* restantes (soluciones pH 7 y 10).

Determinación de pH de la muestra

1. Pesar 10 g de mango, molerlo en el mortero, posteriormente colocarlo en un matraz Erlenmeyer y añadir 100 mL de agua destilada.
2. Colocar el electrodo del potenciómetro dentro del matraz Erlenmeyer que contiene la solución de la muestra y presionar la tecla MEASURE y esperar a que aparezca en la pantalla la palabra RDY y el valor de pH (Figura A.2).



Figura A.2. Potenciómetro

A.1.3. Determinación del porcentaje de acidez titulable

De acuerdo con lo establecido en la NMX-FF-011-1982 (DOF, 1982). Productos alimenticios no industrializados, para uso humano. Fruta fresca. Determinación de acidez titulable. Es necesario utilizar dos soluciones, hidróxido de sodio (NaOH) y fenolftaleína.

Para preparar 1 L de la solución de hidróxido de sodio se disolvieron 3.98 g de NaOH en hojuelas en 1 L de agua destilada; posteriormente se realizó la valoración de esta solución con biftalato de potasio de la siguiente manera:

Valoración de la solución de hidróxido de sodio

- ✓ Pesar en la balanza analítica 0.5 g de biftalato de potasio
- ✓ Disolver en un matraz Erlenmeyer el biftalato de potasio en 50 mL de agua destilada
- ✓ Agregar 3 gotas de fenolftaleína
- ✓ Titular con la solución de hidróxido de sodio hasta que el indicador vire a un color rosa
- ✓ Realizar por triplicado
- ✓ Realizar los cálculos adecuados para conocer la concentración real de la solución de hidróxido de sodio

Preparación y valoración de la muestra

- ✓ Lavar y secar la muestra
- ✓ Pesar en la balanza analítica 10 g de muestra y agregar 10 mL de agua destilada licuar por 1 minuto a velocidad media
- ✓ Filtrar la muestra con embudo de talle corto y con ayuda de manta de cielo, finalmente, colocarla en un matraz Erlenmeyer

- ✓ Agregar 2 o 3 gotas de fenolftaleína
- ✓ Colocar la solución de NaOH 0.1N en una bureta y adicionar gota a gota a la muestra hasta observar una coloración rosa que debe mantenerse por 30 segundos
- ✓ Registrar el volumen gastado de NaOH y realizar por triplicado

A.1.4. Determinación de ácido ascórbico

La determinación fue realizada mediante una técnica de volumetría, técnica de la AOAC de 1995 que indica cómo preparar los siguientes reactivos:

1.- Solución de ácido acético al 5%

Para su elaboración se necesitan medir 5 mL de ácido acético glacial concentrado por cada 100 mL solución a preparar.

2.- Solución patrón de ácido ascórbico

Pesar 0.1 g de ácido ascórbico y disolver con un poco de ácido acético al 5%; posteriormente trasvasar a un matraz volumétrico de 100 mL y aforar con ácido acético. La solución debe ser protegida de la luz del sol colocando papel aluminio alrededor del matraz.

3.- Solución 2,6-Diclorofenol-Indofenol

Pesar los siguientes reactivos:

- ✓ 0.1 g de 2,6-Diclorofenol-Indofenol
- ✓ 0.05 g de bicarbonato de sodio
- ✓ Disolver los reactivos en un vaso de precipitados con un poco de agua destilada y trasvasar a un matraz volumétrico de 1 L y agregar agua destilada hasta la marca de aforo.
- ✓ Valorar la solución de 2,6-Diclorofenol-Indofenol para conocer el volumen con el que se oxida 1 mg de ácido ascórbico.

Valoración de la solución de 2,6-Diclorofenol-Indofenol

Para esta valoración se debe tomar 1 mL de solución patrón de ácido ascórbico y colocarla en un matraz Erlenmeyer, agregando posteriormente 9 mL de la solución de ácido acético al 5% y valorar con 2,6-Diclorofenol-Indofenol hasta observar la coloración rosa y que esta permanezca durante 10 segundos. El volumen gastado será el necesario para oxidar 1 mg de ácido ascórbico.

Determinación de la vitamina C

Para este caso el método se ajustó a la cantidad estimada de vitamina C de la muestra. En este caso se pesaron 0.5 g de muestra que se colocaron en un matraz volumétrico de 100 mL y se disolvieron agregando 50 mL de ácido acético al 5%; posteriormente, se agrega agua destilada hasta llegar a la marca de aforo; se toman 3 alícuotas de 10 mL y se colocan en matraces Erlenmeyer y, finalmente, son valoradas con la solución de 2,6-Diclorofenol-Indofenol hasta observar una coloración rosa que perdure por 10 segundos.

A.1.5. Determinación de grados Brix (°Brix)

En este caso se siguió la metodología de la NMX-F-103-1982 (DOF,1982) que establece lo siguiente: colocar el refractómetro en una posición tal que difunda la luz natural o cualquier otra forma de luz artificial, que pueda utilizarse para iluminación; posteriormente, se deja circular agua. Limpiar cuidadosamente con alcohol etílico el refractómetro antes de hacer la lectura, al colocar la muestra la línea margen debe ser clara, la lectura será directa en porcentaje de sólidos expresado como °Brix.

A.1.6. Determinación de color

En este caso la técnica que se utilizó fue una comparación de escalas de color impresas, escala Pantone®, sobre la muestra. Para ello se coloca una capa delgada de muestra sobre una superficie blanca en un lugar donde se tenga buena iluminación; posteriormente, se realiza la comparación de color con ayuda de la escala Pantone®, y, finalmente, se registra el código de color que sea más similar al de la muestra (Figura A.3.).



Figura A.3 Ejemplo de escalas de color (Pantone®) empleadas en la determinación de color

ANEXO B

TABLAS DE RESULTADOS NUMÉRICOS DEL DESARROLLO EXPERIMENTAL

Tablas de resultados promedio de determinaciones fisicoquímicas del mango

Tabla B.1.1. Determinación del porcentaje de humedad a 5°C de los diferentes tratamientos

Día	Blanco	Q-Qn	Qsa 1.5 %
0	61.97	69.16	65.51
3	75.16	74.76	61.91
7	82.58	68.52	72.88
10	74.34	55.90	64.11
14	77.27	69.96	68.45
17	54.87	62.10	69.73
22	54.48	62.28	66.40

Tabla B.1.2. Determinación del porcentaje de humedad a 25°C de los diferentes tratamientos

Día	Blanco	Q-Qn	Qsa 1.5%
0	56.17	68.54	65.67
3	56.66	67.43	67.65
7	77.88	80.16	67.02
10	66.37	61.24	60.38
14	48.84	58.63	64.37

Tabla B.1.3. Determinación del porcentaje de humedad a 35°C de los diferentes tratamientos

Día	Blanco	Q-Qn	Qsa 1.5%
0	64.14	72.45	69.10
3	68.34	79.17	71.43
7	52.68	45.96	55.13
10	39.27	57.07	51.98
14	55.74	45.92	46.38

Tabla B.1.4. Determinación del porcentaje de humedad a 5°C de los diferentes tratamientos (Q-Qn-AEN)

Día	Blanco	Q-Qn-AEN	Qsa1.5%
0	58.77	64.14	72.41
3	43.79	67.32	65.59
7	60.28	71.71	63.39
10	67.42	55.51	69.05
14	51.36	54.46	72.91
17	61.00	54.94	61.39

Tabla B.1.5. Determinación del porcentaje de humedad a 25°C de los diferentes tratamientos (Q-Qn-AEN)

Día	Blanco	Q-Qn-AEN	Qsa 1.5%
0	68.96	71.03	66.24
3	54.57	68.83	65.52
7	61.58	71.38	75.73
10	51.48	55.56	54.02
14	57.69	67.54	74.06

Tabla B.1.6. Determinación del porcentaje de humedad a 35°C de los diferentes tratamientos (Q-Qn-AEN)

Día	Blanco	Q-Qn-AEN	Qsa 1.5%
0	66.71	44.50	64.55
3	63.06	62.84	69.00
7	63.84	71.79	74.75
10	76.10	61.80	60.71

Tabla B.2.1. Determinación del porcentaje de °Brix a 5°C de los diferentes tratamientos

Día	Control	Q-Qn	Qsa 1.5%
0	16.5	14.5	13.5
3	14	14.5	15.5
7	15	16.5	18
10	12	14	16
14	13	14	15
17	15	16	17
22	15	16	17

Tabla B.2.2. Determinación del porcentaje de °Brix a 25°C de los diferentes tratamientos

Día	Control	Q-Qn	Qsa 1.5%
0	15.5	15.5	15
3	16	17	18
7	15	12.5	10
10	17	17.5	18
14	19	19.5	19.5

Tabla B.2.3. Determinación del porcentaje de °Brix a 35°C de los diferentes tratamientos

Día	Control	Q-Qn	Qsa 1.5%
0	15	15	15
3	16	16	16
7	18	18.5	19
10	28	24	20
14	30	28	26

Tabla B.2.4. Determinación del porcentaje de °Brix a 5°C de los diferentes tratamientos (Q-Qn-AEN)

Día	Blanco	Q-Qn-AEN	Qsa 1.5%
0	20	20	20
3	21.5	20.5	20
7	22	21	20
10	21	21.5	22
14	25	22.5	20
17	24.5	22.5	21

Tabla B.2.5. Determinación del porcentaje de °Brix a 25°C de los diferentes tratamientos (Q-Qn-AEN)

Día	Blanco	Q-Qn-AEN	Qsa 1.5%
0	20	20	20
3	20	19.5	19
7	20	19.5	19
10	20	20	20
14	21	20	19

Tabla B.2.6. Determinación del porcentaje de °Brix a 35°C de los diferentes tratamientos (Q-Qn-AEN)

Día	Control	Q-Qn	Qsa 1.5%
0	15	15	15
3	16	16	16
7	18	18.5	19
10	28	24	20
14	30	28	26

Tabla B.3.1. Determinación del porcentaje de porcentaje de acidez titulable (%AT) a 5°C de los diferentes tratamientos

Día	Blanco	Q-Qn	Qsa 1.5%
0	0.24	0.26	0.30
3	0.43	0.60	0.59
7	0.35	0.33	0.43
10	0.51	0.33	0.31
14	0.26	0.24	0.21
17	0.63	0.16	0.23
22	0.32	0.14	0.19

Tabla B.3.2. Determinación del porcentaje de porcentaje de acidez titulable (%AT) a 25°C de los diferentes tratamientos

Día	Blanco	Q-Qn	Qsa 1.5%
0	0.37	0.44	0.37
3	0.27	0.32	0.32
7	0.27	0.36	0.27
10	0.24	0.17	0.20
14	0.13	0.17	0.44

Tabla B.3.3. Determinación del porcentaje de porcentaje de acidez titulable (%AT) a 35°C de los diferentes tratamientos

Día	Blanco	Q-Qn	Qsa
0	2.42	1.50	2.00
3	0.26	0.63	1.08
7	0.13	2.48	2.32
10	0.11	2.36	0.90
14	0.09	0.77	1.64

Tabla B.3.4. Determinación del porcentaje de porcentaje de acidez titulable (%AT) a 5°C de los diferentes tratamientos (Q-Qn-AEN)

Día	Blanco	Q-Qn-AEN	Qsa 1.5%
0	0.43	0.27	0.34
3	0.57	0.29	0.30
7	0.35	0.53	0.48
10	0.27	0.26	0.21
14	0.28	0.73	0.66
17	0.36	0.40	0.42

Tabla B.3.5. Determinación del porcentaje de porcentaje de acidez titulable (%AT) a 25°C de los diferentes tratamientos (Q-Qn-AEN)

Día	Blanco	Q-Qn-AEN	Qsa 1.5%
0	0.35	0.43	0.46
3	0.16	0.16	0.22
7	0.40	0.38	0.27
10	0.20	0.18	0.18
14	0.17	0.13	0.29

Tabla B.3.6. Determinación del porcentaje de porcentaje de acidez titulable (%AT) a 35°C de los diferentes tratamientos (Q-Qn-AEN)

Día	Blanco	Q-Qn-AEN	Qsa 1.5%
0	0.59	0.61	0.59
3	0.47	0.28	0.38
7	0.49	0.55	0.47
10	0.16	0.43	0.67

Tabla B.4.1. Determinación del pH a 5°C de los diferentes tratamientos

Día	Blanco	Q-Qn	Qsa 1.5%
0	4.618	4.679	4.837
3	4.922	4.434	3.919
7	4.720	4.607	4.429
10	4.542	4.987	5.547
14	4.908	5.003	5.163
17	4.093	4.521	5.032
22	4.322	4.897	5.452

Tabla B.4.2. Determinación del a pH 25°C de los diferentes tratamientos

Día	Blanco	Q-Qn	Qsa 1.5%
0	4.743	4.716	4.730
3	4.943	4.971	5.018
7	5.540	4.999	4.473
10	5.969	5.917	5.933
14	6.250	5.899	5.693

Tabla B.4.3. Determinación del a pH 35°C de los diferentes tratamientos

Día	Blanco	Q-Qn	Qsa 1.5%
0	2.645	2.784	2.946
3	4.431	4.149	3.786
7	4.595	3.518	2.673
10	5.748	4.420	3.210
14	5.576	5.013	4.196

Tabla B.4.4. Determinación del pH a 5°C de los diferentes tratamientos (Q-Qn-AEN)

Día	Blanco	Q-Qn-AEN	Qsa 1.5%
0	4.169	4.135	4.095
3	4.161	4.243	4.478
7	3.711	3.644	3.735
10	4.475	4.564	4.693
14	4.355	3.810	3.302
17	4.607	4.243	3.991

Tabla B.4.5. Determinación del pH a 25°C de los diferentes tratamientos (Q-Qn-AEN)

Día	Blanco	Q-Qn-AEN	Qsa 1.5%
0	4.212	4.259	4.220
3	5.022	4.977	4.855
7	4.572	4.698	4.903
10	5.540	5.473	5.509
14	4.840	5.032	5.445

Tabla B.4.6. Determinación del pH a 35°C de los diferentes tratamientos (Q-Qn-AEN)

Día	Blanco	Q-Qn-AEN	Qsa 1.5%
0	3.856	3.448	3.635
3	4.317	4.228	4.359
7	4.160	4.035	3.916
10	5.153	4.617	4.101

Tabla B.5.1. Determinación del ácido ascórbico a 5°C de los diferentes tratamientos

Día	Blanco	Q-Qn	Qsa 1.5%
0	537.92	617.35	743.30
3	263.86	218.49	204.20
7	234.10	151.36	215.05
10	114.64	141.77	135.20
14	103.36	88.77	86.16
17	96.97	110.74	116.58
22	57.52	40.03	69.57

Tabla B.5.2. Determinación del ácido ascórbico a 25°C de los diferentes tratamientos

Día	Blanco	Q-Qn	Qsa 1.5%
0	909.01	420.44	388.62
3	200.65	252.66	227.46
7	111.83	135.95	291.00
10	98.66	91.14	115.80
14	65.65	91.34	121.30

Tabla B.5.3. Determinación del ácido ascórbico a 35°C de los diferentes tratamientos

Día	Blanco	Q-Qn	Qsa
0	221.00	180.18	212.08
3	165.97	106.85	115.89
7	91.07	95.78	87.09
10	65.90	48.85	39.49
14	51.90	39.48	40.83

Tabla B.5.4. Determinación del ácido ascórbico a 5°C de los diferentes tratamientos

(Q-Qn-AEN)

Día	Blanco	Q-Qn-AEN	Qsa 1.5%
0	112.70	81.98	96.55
3	50.91	93.97	103.06
7	53.68	92.71	67.56
10	79.74	100.29	118.52
14	95.28	101.37	88.13
17	57.46	87.09	85.39

Tabla B.5.5. Determinación del ácido ascórbico a 25°C de los diferentes tratamientos (Q-Qn-AEN)

Día	Blanco	Q-Qn-AEN	Qsa 1.5%
0	152.31	150.69	123.82
3	101.91	122.57	109.93
7	68.81	64.50	98.15
10	182.19	168.53	197.57
14	40.00	57.46	56.11

Tabla B.5.6. Determinación del ácido ascórbico a 35°C de los diferentes tratamientos (Q-Qn-AEN)

Día	Blanco	Q-Qn-AEN	Qsa 1.5%
0	158.47	161.68	173.12
3	132.49	115.32	105.40
7	83.14	99.48	106.17
10	107.59	129.41	93.73

Tabla B.6.1. Cambios de coloración en la muestras almacenadas a 5°C de los diferentes tratamientos


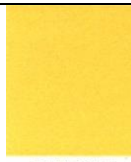





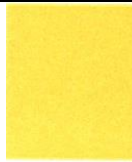
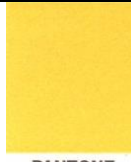





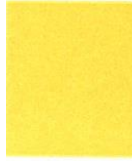






Tratamiento	0	3	7	10	14	17	22
Blanco	 PANTONE 114 U	 PANTONE 115 U	 PANTONE 128 U	 PANTONE 115 U	 PANTONE 115 U	 PANTONE 114 U	 PANTONE 115 U
Q-Qn	 PANTONE 128 U	 PANTONE 115 U	 PANTONE 128 U	 PANTONE 129 U	 PANTONE 128 U	 PANTONE 128 U	 PANTONE 128 U
Qsa 1.5%	 PANTONE 128 U	 PANTONE 115 U	 PANTONE 128 U	 PANTONE 116 U	 PANTONE 116 U	 PANTONE 114 U	 PANTONE 115 U

Tabla B.6.2. Cambios de coloración en las muestras almacenadas a 25°C de los diferentes tratamientos












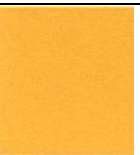
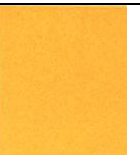

Tratamiento	0	3	7	10	14
Blanco	 PANTONE 113 U	 PANTONE 129 U	 PANTONE 128 U	 PANTONE 144 U	 PANTONE 116 U
Q-Qn	 PANTONE 113 U	 PANTONE 130 U	 PANTONE 7559 U	 PANTONE 129 U	 PANTONE 129 U
Qsa 1.5%	 PANTONE 114 U	 PANTONE 128 U	 PANTONE 7406 U	 PANTONE 129 U	 PANTONE 113 U

Tabla B.6.3. Cambios de coloración en las muestras almacenadas a 35°C de los diferentes tratamientos
















Tratamiento	0	3	7	10	14
Blanco	 PANTONE 2001 U	 PANTONE 109 U	 PANTONE 116 U	 PANTONE 116 U	 PANTONE 1235 U
Q-Qn	 PANTONE 2003 U	 PANTONE 115 U	 PANTONE 114 U	 PANTONE 128 U	 PANTONE 7550 U
Qsa 1.5%	 PANTONE 2003 U	 PANTONE 114 U	 PANTONE 113 U	 PANTONE 127 U	 PANTONE 7555 U

Tabla B.6.4. Cambios de coloración en las muestras almacenadas a 5°C de los diferentes tratamientos (Q-Qn-AEN)



















Tratamiento	0	3	7	10	14	17
Blanco	 PANTONE 109 U	 PANTONE 115 U	 PANTONE 127 U	 PANTONE 128 U	 PANTONE 116 U	 PANTONE 129 U
Q-Qn-AEN	 PANTONE® 108 U	 PANTONE 113 U	 PANTONE 115 U	 PANTONE 114 U	 PANTONE 114 U	 PANTONE 115 U
Qsa 1.5%	 PANTONE® 108 U	 PANTONE 113 U	 PANTONE 115 U	 PANTONE 114 U	 PANTONE 114 U	 PANTONE 115 U

Tabla B.6.5. Cambios de coloración en las muestras almacenadas a 25°C de los diferentes tratamientos (Q-Qn-AEN)













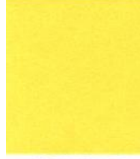














Tratamiento	0	3	7	10	14
Blanco	 PANTONE 113 U	 PANTONE 7548 U	 PANTONE 115 U	 PANTONE 128 U	 PANTONE 116 U
Q-Qn-AEN	 PANTONE 113 U	 PANTONE 141 U	 PANTONE 114 U	 PANTONE 114 U	 PANTONE 114 U
Qsa 1.5%	 PANTONE 113 U	 PANTONE 141 U	 PANTONE 114 U	 PANTONE 114 U	 PANTONE 114 U

Tabla B.6.6. Cambios de coloración en las muestras almacenadas a 35°C de los diferentes tratamientos (Q-Qn-AEN)

Tratamiento	0	3	7	10
Blanco	 PANTONE 113 U	 PANTONE 128 U	 PANTONE 7548 U	 PANTONE 7550 U
Q-Qn-AEN	 PANTONE 113 U	 PANTONE 115 U	 PANTONE 114 U	 PANTONE 120 U
Qsa 1.5%	 PANTONE 113 U	 PANTONE 115 U	 PANTONE 115 U	 PANTONE 120 U

ANEXO C

TABLAS DE RESULTADOS ESTADÍSTICOS DEL DESARROLLO EXPERIMENTAL

Tabla C.1.1. Análisis de varianza para % Humedad - Suma de cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Temperatura	2052.35	2	1026.18	25.52	0.0000
B: Tratamiento	11.76	2	5.88	0.15	0.8642
C: Tiempo	1567.76	4	391.941	9.75	0.0000
INTERACCIONES					
AB	509.03	4	127.25	3.17	0.0198
AC	3736.52	8	467.06	11.62	0.0000
BC	710.762	8	88.84	2.21	0.0388
RESIDUOS	2452.66	61	40.20		
TOTAL (CORREGIDO)	11040.9	89			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

Tabla C.1.2. Análisis de varianza para % Humedad de Q-Qn-AEN - Suma de cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Tratamiento	287.09	2	143.54	1.48	0.2374
B: Temperatura	151.90	2	75.952	0.78	0.4623
C: Tiempo	702.11	3	234.03	2.42	0.0779
INTERACCIONES					
AB	529.69	4	132.42	1.37	0.2593
AC	625.19	6	104.19	1.08	0.3902
BC	688.98	6	114.83	1.19	0.3300
RESIDUOS	4649.51	48	96.864		
TOTAL (CORREGIDO)	7634.49	71			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

Tabla C.1.3. Análisis de varianza para °Brix - Suma de cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Temperatura	348.35	2	174.17	72.21	0.0000
B: Tratamiento	2.28	2	1.14	0.47	0.6245
C: Tiempo	384.0	4	96.0	39.80	0.0000
INTERACCIONES					
AB	66.64	4	16.66	6.91	0.0001
AC	514.53	8	64.31	26.67	0.0000
BC	15.93	8	1.99	0.83	0.5832
RESIDUOS	147.13	61	2.41		
TOTAL (CORREGIDO)	1478.89	89			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

Tabla C.1.4. Análisis de varianza para % de acidez - Suma de cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: temperatura	106595.02	2	53297.7	63.46	0.0000
B: Tratamiento	9216.29	2	4608.15	5.49	0.0071
C: Tiempo	17678.5	3	5892.82	7.02	0.0005
INTERACCIONES					
AB	39384.7	4	9846.17	11.72	0.0000
AC	37561.1	6	6260.19	7.45	0.0000
BC	12860.1	6	2143.35	2.55	0.0317
RESIDUOS	40314.2	48	839.88		
TOTAL (CORREGIDO)	263610.	71			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

Tabla C.1.5. Análisis de varianza para % acidez de Q-Qn-AEN - Suma de cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Tratamiento	1589.58	2	794.78	1.58	0.2203
B:Temperatura	21501.5	2	10750.8	21.37	0.0000
C:Tiempo	14648.9	2	7324.44	14.56	0.0000
INTERACCIONES					
AB	7417.42	4	1854.36	3.69	0.0132
AC	6510.92	4	1627.73	3.24	0.0232
BC	7162.52	4	1790.63	3.56	0.0154
RESIDUOS	17603.9	35	502.967		
TOTAL (CORREGIDO)	76434.7	53			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

Tabla C.1.6. Análisis de varianza para el ácido ascórbico - Suma de cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Temperatura	2014.32	2	1007.16	14.92	0.0000
B: tratamiento	307.19	2	153.59	2.27	0.1138
C: Tiempo	11023.2	3	3674.38	54.42	0.0000
INTERACCIONES					
AB	5718.14	4	1429.54	21.17	0.0000
AC	938.202	6	156.367	2.32	0.0481
BC	698.705	6	116.451	1.72	0.1356
RESIDUOS	3240.8	48	67.5167		
TOTAL (CORREGIDO)	23940.5	71			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

Tabla C.1.7. Análisis de varianza para ácido ascórbico Q-Qn-AEN - Suma de cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Tiempo	13499.2	2	6749.58	27.07	0.0000
B:Temperatura	4916.35	2	2458.17	9.86	0.0002
C:tratamiento	15230.1	2	7615.04	30.54	0.0000
INTERACCIONES					
AB	17271.3	4	4317.82	17.32	0.0000
AC	4857.01	4	1214.25	4.87	0.0018
BC	10066.5	4	2516.62	10.09	0.0000
RESIDUOS	15460.4	62	249.362		
TOTAL (CORREGIDO)	81300.8	80			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

ANEXO D

CUESTIONARIO DE EVALUACIÓN SENSORIAL DE MERMELADAS DE MANGO

Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Química
Estancia Estudiantil

M	F
---	---

 Género: Edad _____

INSTRUCCIONES: A continuación, se presentan tres muestras de mermelada de mango, prueba de izquierda a derecha y contesta de manera consecutiva cada muestra, enjuaga tu paladar entre cada muestra **!!!Gracias por tu participación!!!**

1. Sin degustar, el color de esta mermelada:

Código	239	528	054
Me gusta mucho			
Me gusta			
Ni me gusta, ni me disgusta			
Me disgusta			
Me disgusta mucho			

2. Sin degustar, el olor de esta mermelada:

Código	239	528	054
Me gusta mucho			
Me gusta			
Ni me gusta, ni me disgusta			
Me disgusta			
Me disgusta mucho			

3. El sabor de esta mermelada:

Código	239	528	054
Me gusta mucho			
Me gusta			
Ni me gusta, ni me disgusta			
Me disgusta			
Me disgusta mucho			

4. La textura de esta mermelada:

Código	239	528	054
Me gusta mucho			
Me gusta			
Ni me gusta, ni me disgusta			
Me disgusta			
Me disgusta mucho			

5. De las muestras de mermelada de mango que probaste ¿Cuál te agrada más? Ordena del 1 al 3, siendo 3 la que menos te gusta y 1 la que más te gusta.

1 _____ 2 _____ 3 _____

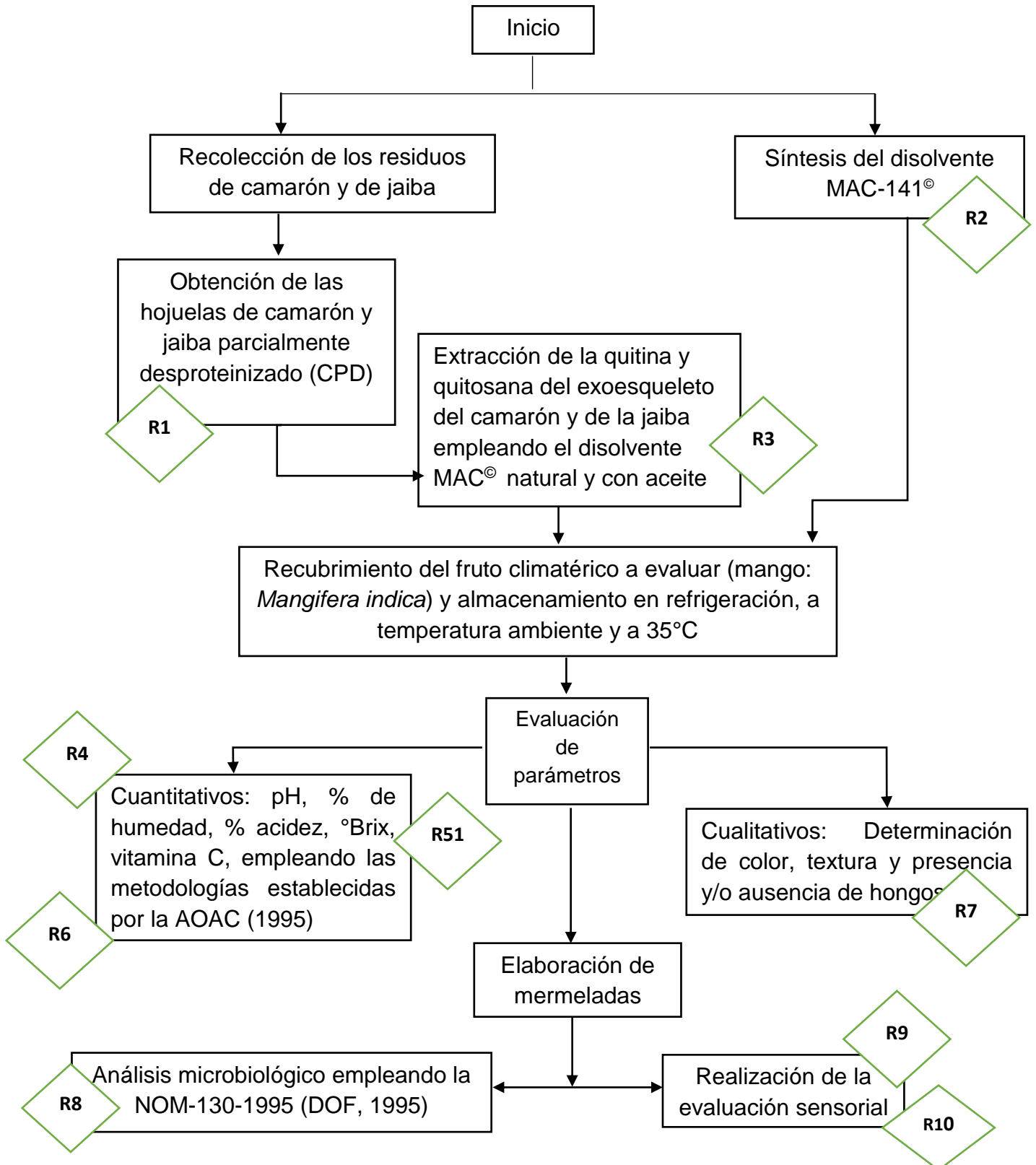
6. ¿Con qué frecuencia consumes mermelada?

a) 1 vez al mes b) 1 por semana c) 3 por semana d) 4 por semana e) Diario 1 vez f) 2 veces o más al día

7. ¿Qué marca de mermelada consumes?

La Costeña Mc Cormick Smucker's Clemente Jacques Great value Otros

ANEXO E
DISPOSICIÓN CONTROLADA DE LOS RESIDUOS PRODUCIDOS EN ESTA
INVESTIGACIÓN



Tratamientos

R1: Residuos orgánicos no peligrosos, el resto de cabeza de camarón y pulpa de jaiba obtenida, se desechó en la basura orgánica.

R2: Mezcla de metanol, agua y cloruro de calcio no solubilizado; este último puede ser recuperado por medio de secado a 80°C en estufa convencional y utilizarse en la elaboración de nuevo disolvente. El metanol puede recuperarse por medio de una destilación, considerando el costo-beneficio.

R3: El sólido obtenido tiene una mezcla de cefalotórax de camarón y jaiba con disolvente MAC-141® que puede desecharse de manera adecuada en la basura orgánica.

R4: Residuos obtenidos de la determinación de % de humedad (muestra seca), °Brix y pH se desechan de forma adecuada en la basura orgánica.

R5: Residuos de la determinación de % de acidez titulable, la muestra se encuentra neutralizada por lo que puede desecharse en el drenaje.

R6: Residuos de la determinación de vitamina C: La mezcla de ácido acético 5% y 2,6-Diclorofenol-indofenol se trata con carbón activado con agitación durante 1 hora, posteriormente se deja reposar por 24 horas, se filtra, se neutraliza y se desecha en el drenaje.

R7: Residuos orgánicos no peligrosos, son desechados adecuadamente en la basura orgánica.

R8: Cajas Petri con medios de cultivo y muestras de mermelada, estas son esterilizadas en autoclave y, posteriormente desechados en el depósito comunitario de desechos biológicos para su posterior recolección y disposición controlada por la Unidad de Gestión Ambiental, UGA, de la Facultad de Química de la UNAM.

R9: Residuos orgánicos no peligrosos (sobrante de mermeladas), son desechados adecuadamente en la basura orgánica.

R10: Platos, vasos, cucharas y servilletas de papel desechables, son desechados adecuadamente en la basura “inorgánica”, de acuerdo con la clasificación establecida para la separación de basura “inorgánica” reciclable y no reciclable de la Ciudad de México.