



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE QUÍMICA

**ESTUDIO DE ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DEL PURÉ DE
JITOMATE (*Lycopersicon esculentum*) ELABORADO A
PARTIR DE FRUTOS RECUBIERTOS CON BIOPELÍCULAS
EXTRAÍDAS DE RESIDUOS DE LA INDUSTRIA CAMARONERA**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

QUÍMICA DE ALIMENTOS

PRESENTA:

ANA LAURA GARCÍA MONTIEL



CIUDAD DE MÉXICO

2016



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.



Universidad Nacional
Autónoma de México



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: Dr.-Ing. María del Carmen Durán Domínguez de Bazúa
VOCAL: M. en C. Lucía Cornejo Barrera
SECRETARIO: M. en A. I. Landy Irene Ramírez Burgos
1er. Suplente: Dra. Marisela Bernal González
2do. Suplente: M. en C. Rolando Salvador García Gómez

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA

Laboratorios 301, 302 y 303 de Ingeniería Química Ambiental y de Química Ambiental, (LIQAyQA) del Conjunto E de la Facultad de Química de la UNAM.

ASESOR DEL TEMA:

**Dr.-Ing. María del Carmen Durán Domínguez de
Bazúa**

SUPERVISO TÉCNICO:

M. en C. Rolando Salvador García Gómez

SUSTENTANTE:

Ana Laura García Montiel

ÍNDICE

	Página
Listado de tablas	i
Listado de figuras	ii
Listado de gráficos	iv
Abreviaturas	v
Glosario	vi
Resumen	x
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	
	1
1.1 Problemática	1
1.2 Justificación y propuesta de la solución	1
1.3 Objetivos	2
1.3.1 Objetivo general	2
1.3.2 Objetivos específicos	2
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	
	3
2.1 Quitina	3
2.2 Uso de la quitosana como recubrimiento comestible	4
2.3 Propiedades fungicidas y antibacterianas	4
2.4 Aspectos generales del jitomate	5
2.5 Productos industrializados elaborados a partir de jitomate	7
2.6 Problemática de la conservación	7
2.7 Operaciones de recolección y acondicionamiento	8
2.8 Características del puré de jitomate	9
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	
	10
PRIMERA ETAPA	
3.1 Obtención de quitina-quitosana a partir de las hojuelas del cefalotórax y exoesqueleto de camarón parcialmente desproteinizado	11
3.1.1 Obtención de la materia prima	11
3.1.2 Obtención del disolvente MAC-141© (Durán-Domínguez-de-Bazúa y col., 2009)	11

3.1.3	Obtención de disolución de quitina (CPD-MAC-141©)	11
3.2	Elaboración de las muestras de quitosana Sigma-Aldrich (0.5, 1.5 y 2%) usadas como controles	12
3.2.1	Quitosana Sigma-Aldrich	12
3.3	Lotes de jitomate	12
3.4	Aplicación de las biopelículas	12
3.5	Parámetros cuantitativos de seguimiento para el comportamiento del jugo del jitomate y del puré con respecto al tiempo	12
3.5.1	Elaboración del puré de jitomate	12
3.5.2	Pérdida de humedad en el fruto	13
3.5.3	Determinación de acidez titulable	13
3.5.4	Determinación de pH	13
3.5.5	Determinación de °Brix	13
3.6	Evaluación cualitativa de seguimiento para el comportamiento del puré de jitomate con respecto al tiempo	14
3.6.1	Determinación de mesófilos aerobios por cuenta en placa	14
3.7	Evaluación sensorial del puré de jitomate empleando una prueba afectiva de nivel de agrado	14
	SEGUNDA ETAPA	14
3.8	Elaboración de recubrimientos usando CaCl ₂	14
3.9	Preparación del puré de jitomate	15
3.10	Determinación de la concentración de calcio en puré de jitomate	15
3.11	Medición de la viscosidad en puré de jitomate	15
3.12	Análisis estadístico	16
	CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
	PRIMERA ETAPA	
4.1	Obtención de quitina-quitosana a partir del cefalotórax de camarón	17
4.2	Recubrimiento de los jitomates	17
4.3	Obtención del puré de jitomate	20
4.4	Parámetros cuantitativos de seguimiento para el comportamiento del fruto y en el jugo de jitomate	24

4.4.1	Pérdida de humedad en el fruto	24
4.4.2	Determinación del porcentaje de acidez	25
4.4.3	Determinación de pH	27
4.4.4	Determinación de sólidos medidos como °Brix	28
4.5	Parámetros cuantitativos de seguimiento para el comportamiento del puré con respecto al tiempo	29
4.5.1	Determinación del porcentaje de acidez, pH y de los sólidos medidos como °Brix	29
4.6	Evaluación cualitativa de seguimiento para el comportamiento del puré de jitomate con respecto al tiempo	32
4.6.1	Determinación de mesófilos aerobios por cuenta en placa	32
4.7	Evaluación sensorial del puré de jitomate empleando una prueba afectiva de nivel de agrado	34
	SEGUNDA ETAPA	35
4.8	Parámetros cuantitativos de seguimiento para el comportamiento del fruto y en el jugo de jitomate	36
4.8.1	Pérdida de humedad	36
4.8.2	Determinación del porcentaje de acidez	37
4.8.3	Determinación de pH	38
4.8.4	Determinación de sólidos medidos como °Brix	39
4.9	Viscosidad en puré de jitomate	40
4.10	Determinación de la concentración de calcio en puré de jitomate	43
	CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	46
5.1	Conclusiones	46
5.2	Recomendaciones	48
	ANEXOS	49
Anexo I	Seguimiento visual del crecimiento de hongos sobre los frutos con diferentes tratamientos (medido como parámetro cualitativo)	49
Anexo II	Análisis estadísticos	50
Anexo III	Evaluación sensorial	63
Anexo IV	Uso del viscosímetro Brookfield DV-II+Pro con accesorios	66

Anexo V	Resultados obtenidos mediante el viscosímetro Brookfield DV++ con accesorios para cada muestra de puré	68
Anexo VI	Disposición controlada de los residuos producidos en esta investigación	70
Bibliografía		72

Nota: De acuerdo con las reglas para la escritura de los números y su signo decimal de la normativa mexicana, el signo decimal debe ser una coma sobre la línea (,) o un punto sobre la línea (.). Si la magnitud de un número es menor que la unidad, el signo decimal debe ser precedido por un cero (DOF, 2009). Esta tesis usa el punto decimal, de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-008-SCFI-2002: Modificación del inciso 0, el encabezado de la tabla 13, el último párrafo del Anexo B y el apartado Signo decimal de la tabla 21

LISTADO DE TABLAS

		Página
Tabla 2.1	Especificaciones fisicoquímicas del puré de jitomate (DOF, 1982)	9
Tabla 2.2	Especificaciones microbiológicas del puré de jitomate (DOF, 1982)	9
Tabla 4.1	Porcentaje de humedad perdido en frutos con las diferentes biopelículas y los frutos control (sin tratamiento)	24
Tabla 4.2	Porcentaje de acidez en el jugo a partir del fruto recubierto con las diferentes biopelículas y del fruto control (sin tratamiento)	26
Tabla 4.3	Valores de pH medidos en el jugo a partir del fruto recubierto con las diferentes biopelículas y del fruto control (sin tratamiento)	27
Tabla 4.4	Contenido de °Brix medidos en el jugo a partir del fruto recubierto con las diferentes biopelículas y del fruto control (sin tratamiento)	28
Tabla 4.5	Porcentaje de acidez (g ácido cítrico/ 100 g muestra) medidos en el puré de jitomate a partir del fruto recubierto con las diferentes biopelículas y del fruto control (sin tratamiento)	30
Tabla 4.6	Valores de pH medidos en el puré de jitomate a partir del fruto recubierto con las diferentes biopelículas y del fruto control (sin tratamiento)	31
Tabla 4.7	Sólidos solubles (°Brix) medidos en el puré de jitomate a partir del fruto recubierto con las diferentes biopelículas y del fruto control (sin tratamiento)	32
Tabla 4.8	Bacterias mesofílicas en placa en agar cuenta estándar incubadas por 48 h a 37°C UFC/g de muestra	33
Tabla 4.9	Porcentaje de humedad perdida en frutos con los diferentes tratamientos	36
Tabla 4.10	Porcentaje de acidez en el jugo a partir del fruto recubierto con los diferentes tratamientos	37
Tabla 4.11	Valores de pH medidos en el jugo a partir del fruto recubierto con los diferentes tratamientos	38
Tabla 4.12	Contenido de °Brix medidos en el jugo a partir del fruto recubierto con los diferentes tratamientos	39
Tabla 4.13	Concentración de calcio medido en puré de jitomate	43

LISTADO DE FIGURAS

		Página
Figura 2.1	Estructura química de la quitina y quitosana (elaboración propia con imágenes públicas de Hamed y col., 2015)	3
Figura 2.2a	<i>Lycopersicon esculentum</i> P. Mill. (= <i>Solanum lycopersicum</i> L.) Jitomate silvestre (Solanaceae) (http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/solanaceae/lycopersicon-esculentum/fichas/ficha.htm)	5
Figura 2.2b	<i>Tomatillo Solanaceae</i> (Página electrónica CONABIO)	6
Figura 2.2c	<i>Aguaymanto</i> (Wikipedia, 2015)	6
Figura 2.2d	Esquema de manipulación de jitomate para consumo en fresco (Nuez, 2001)	8
Figura 3.1	Operaciones unitarias para a) Obtención de hojuelas parcialmente desproteinizadas, b) Preparación del disolvente MC-141 ©: Metanol: Agua: Cloruro de calcio, 1:4:1 molar y c) Obtención de la mezcla de polímeros quitina-quitosana	10
Figura 3.2	Proceso para la obtención de puré de jitomate a partir de frutos recubiertos con quitina-quitosana, quitosana Sigma-Aldrich (0.5, 1.5 y 2.0% en ácido ascórbico al 2%) y un lote control (sin recubrimiento) (Ortega-Granados, 2011)	10
Figura 3.3	Preparación del indicador murexida en KCl	15
Figura 3.4	Formación del complejo EDTA-Ca ²⁺ (izquierda), formación del complejo Murexida-Ca ²⁺ (derecha)	15
Figura 3.5	Uso del viscosímetro Brookfield DV-II+Pro	16
Figura 4.1	Cabezas de camarón limpias	17
Figura 4.2	Molienda del cefalotórax	17
Figura 4.3	Obtención de las hojuelas de camarón	17
Figura 4.4	Obtención del polímero quitina-quitosana	17
Figura 4.5a	Lote de jitomate con recubrimiento de quitina-quitosana	18
Figura 4.5b	Dos días después de aplicar la película quitina-quitosana	18
Figura 4.6a	Jitomate no lavado después de aplicar recubrimiento de quitosana Sigma-Aldrich al 2%	18

Figura 4.6b	Recubrimiento con quitosana Sigma-Aldrich al 2% en jitomates lavados	18
Figura 4.7	Diferencia entre tratamientos quitina-quitosana, control y quitosana Sigma-Aldrich al 2% (orden de izquierda a derecha)	18
Figura 4.8	Recubrimiento quitosana Sigma-Aldrich al 1.5%	19
Figura 4.9	Recubrimiento quitosana Sigma-Aldrich al 0.5%	19
Figura 4.10	Lote de jitomate control	19
Figura 4.11	Almacenamiento de los tratamientos a 10°C	20
Figura 4.12	Jitomates recubiertos con quitosana Sigma-Aldrich al 2% y control (sin tratamiento) contaminados con hongos	20
Figura 4.13	Residuo obtenido después de filtrar el jugo de jitomate en los diferentes tratamientos	21
Figura 4.14	Jugo de jitomate obtenido del fruto recubierto con quitina-quitosana	21
Figura 4.15	Comparación entre el jugo de jitomate recubierto con el polímero quitosana Sigma-Aldrich al 2% (izquierda) y el jugo obtenido a partir del fruto recubierto con quitina-quitosana (derecha)	21
Figura 4.16	Mecanismo de acción de la enzima pectinesterasa. A) Partículas de pulpa en suspensión con los grupos $-\text{COO}-\text{CH}_3$ en la superficie. B) Partículas desmetoxiladas por la acción de la pectinesterasa. C) Partículas aglomeradas por puentes de Ca^{2+} (Primo, 1998)	22
Figura 4.17	Comparación entre los purés obtenidos de los diferentes tratamientos quitina-quitosana, quitosana al 0.5, 1.5, 2.0% y el control (orden de izquierda a derecha)	23
Figura 4.18	Charola presentada a los consumidores	34
Figura 4.19	Evaluación de las muestras de puré de jitomate	34

LISTADO DE GRÁFICOS

		Página
Gráfico 4.1	Pérdida de humedad de los jitomates expresada en porcentaje	25
Gráfico 4.2	Porcentaje de acidez en el jugo de jitomate de los diferentes tratamientos con respecto al tiempo	26
Gráfico 4.3	Valores de pH en el jugo de jitomate de los diferentes tratamientos con respecto al tiempo	27
Gráfico 4.4	Sólidos solubles (°Brix) en jugo de jitomate de los diferentes tratamientos con respecto al tiempo	29
Gráfico 4.5	Porcentaje de preferencia de las muestras de puré de jitomate	34
Gráfico 4.6	Comparación del nivel de agrado de las muestras de puré de jitomate	35
Gráfico 4.7	Pérdida de humedad expresada en porcentaje de los jitomates con los diferentes tratamientos respecto al tiempo y los jitomates sin tratamiento	37
Gráfico 4.8	Porcentaje de acidez en el jugo de jitomate de los diferentes tratamientos con respecto al tiempo	38
Gráfico 4.9	Valores de pH en el jugo de jitomate de los diferentes tratamientos con respecto al tiempo	39
Gráfico 4.10	Sólidos solubles (°Brix) en jugo de jitomate de los diferentes tratamientos con respecto al tiempo	40
Gráfico 4.11	Representación de curvas de flujo para diferentes fluidos (Mott, 1996)	41
Gráfico 4.12	Curva de flujo del puré de jitomate marca Del Fuerte®	41
Gráfico 4.13	Curva de flujo del puré de jitomate obtenido de frutos recubiertos con quitina-quitosana	41
Gráfico 4.14	Curva de flujo del puré de jitomate obtenido de frutos recubiertos con quitosana Sigma-Aldrich al 2% más CaCl ₂ 7%	41
Gráfico 4.15	Curva de flujo del puré de jitomate obtenido de frutos recubiertos con quitosana Sigma-Aldrich al 2%	41
Gráfico 4.16	Viscosidad en función de la velocidad de corte de los diferentes purés de jitomate, elaborados a partir de frutos con diferentes tratamientos y un puré comercial marca Del Fuerte®	42
Gráfico 4.17	Concentración de calcio medido en puré de jitomate	44

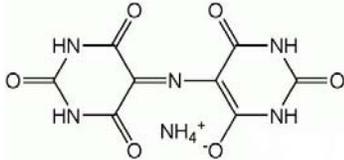
LISTADO DE ABREVIATURAS

ANDEVA	Análisis de varianza
°Brix	Grados Brix
°C	Grados Celsius
CONABIO	Comisión Nacional para el Conocimiento de la Biodiversidad
CONAPESCA	Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca
cP	Centipoise
CPD	Cefalotórax y exoesqueleto de camarón parcialmente desproteinizados
g	Gramo
INFOAGRO	Información Agropecuaria (de México)
MAC-141	Mezcla de disolvente con metanol: agua: cloruro de calcio (relación molar 1:4:1)
mg	Miligramo
min	Minuto
mL	Mililitro
NMX	Norma Mexicana
NOM	Norma Oficial Mexicana
Pa	Pascal
PE	Pectinesterasa
PG	Poligalacturonasa
Quitosana S-A	Quitosana Sigma-Aldrich
rpm	Revoluciones por minuto
s ⁻¹	Segundo a la menos uno (s ⁻¹ = 1/s)
SAGARPA	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación (México)
SIAP	Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (México)
UFC	Unidades formadoras de colonias
Letras griegas	
α	Nivel de significancia en los análisis estadísticos (0.05)

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Término	Significado
<i>Bioabsorbible</i>	Material que se absorbe, interactúa e integra con el ambiente biológico y puede ser degradado por acción hidrolítica.
<i>Biocompatible</i>	Es la capacidad de un material para no interferir ni degradar el medio biológico en el cual son usados.
<i>Biodegradable</i>	Producto o sustancia que puede descomponerse en los elementos químicos que lo conforman, debido a la acción de agentes biológicos y/o bajo condiciones ambientales.
<i>Cefalotórax</i>	Parte del cuerpo de los crustáceos y arácnidos formada por la unión de la cabeza y el tórax en una única unidad funcional.
<i>Compuesto bioactivo</i>	Es aquel que aporta un beneficio a la salud más allá de los beneficios nutricionales básicos, no son esenciales para el crecimiento y/o desarrollo y tiene impacto sobre las funciones del organismo y sobre la salud.
<i>Desacetilación</i>	Reacción química que consiste en la eliminación de un grupo acetilo (-COCH ₃) de una molécula.
<i>Enzima</i>	Proteína que actúa como catalizador en las reacciones bioquímicas. La actividad de la enzima está influenciada por la concentración de sustrato, temperatura y pH, que deben encontrarse dentro de cierto rango.
<i>Esfuerzo cortante</i>	Fuerza por unidad de área.
<i>Evaluación sensorial de un alimento</i>	Proceso que evalúa las características organolépticas de un producto. Este análisis permite encontrar los atributos del producto que son importantes para los consumidores: sabor, color, olor, textura, apariencia, rancidez, entre otros.
<i>Exoesqueleto</i>	Piel o parte de ella engrosada y muy endurecida, ya por la acumulación de materias quitinosas o calcáreas sobre la epidermis, frecuentemente en forma de conchas o caparazones, como en los moluscos y artrópodos.

Fluido	Es una sustancia que se deforma continuamente bajo la aplicación de esfuerzos cortantes.
Hidrocoloide	Polímeros de alta masa molecular de diversos orígenes (animales, plantas, algas marinas y microorganismos), que al dispersarse o solubilizarse en agua dan lugar a soluciones viscosas y/o gelificantes, existen factores que afectan sus propiedades funcionales como son: masa molecular, concentración, temperatura, pH y presencia de iones.
Husillo	Es un disco o un cilindro, el cual se sumerge en un fluido, cuya viscosidad se quiere determinar. El tamaño a usar va a depender de la viscosidad del fluido. <div data-bbox="782 659 1091 919" data-label="Image"> </div>
Jitomate	Nombre proveniente del náhuatl del fruto de una planta de origen silvestre de México. En la página electrónica de la CONABIO se señala que Martínez (1979) menciona los siguientes nombres: Aadi-maxi (lengua otomí), bachuga (lengua cuicatleca), be-thoxi, bi-tuixi, pe-thoxi, bichoaxhe, pe-thoxe (lengua zapoteca), ha'sikil-p'ak, p'ak, ts'ulub'p'ak (lengua maya), tuthay, tuthey (lengua huasteca), mbaremoxu (lengua mazahua), paclshá (lengua totonaca), shitumal, xitomat (dialecto náhuatl), xitomatl (lengua náhuatl), tzajalpish (lengua tojolobal), xayuquite (lengua huichol), xucúpara (lengua tarasca) (http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/solanaceae/lycopersicon-esculentum/fichas/ficha.htm).
Jitomate guaje	Guaje, palabra náhuatl, que viene de <i>huaxi</i> , que designa al fruto de <i>Lagenaria vulgaris</i> Ser., y por extensión a la forma de este jitomate que es similar a la de los guajes (Cabrera, 2002). Conocido comercialmente como “ <i>saladett</i> ”.

Murexida	<p>Murexida o purpurato de amonio es un indicador empleado para la determinación de Ca^{2+} a pH 12.</p> 
Pectinesterasa	<p>Enzima que al hidrolizar enlaces del éster metílico de los grupo carboxilo esterificados, libera metanol y transforma la pectina en pectina de bajo metoxilo. Se encuentra ampliamente distribuida en plantas y microorganismos. Tiene una gran influencia en la calidad y estabilidad de productos procesados.</p>
pH	<p>Potencial de hidrógeno (pH). Es una medida de la acidez o alcalinidad de una solución.</p>
Polímero	<p>Sustancia constituida por macromoléculas, moléculas formadas por muchas partes o unidades, unidas entre sí mediante enlaces covalentes, en general de modo repetitivo, conocidas como monómeros.</p>
Polisacárido	<p>Polímero cuyos constituyentes son monosacáridos, los cuales se unen repetitivamente mediante enlaces glucosídicos.</p>
Postcosecha	<p>Periodo que transcurre desde el momento en que el producto es retirado de su fuente natural hasta el momento en que es consumido o sometido a un proceso de transformación.</p>
Reología	<p>Parte de la mecánica que estudia la elasticidad, plasticidad y viscosidad de la materia.</p>
Quelante	<p>Sustancia que tiene la propiedad de formar complejos con iones metálicos.</p>
Sólidos solubles (°Brix)	<p>Representan el porcentaje de sólidos solubles. Un grado Brix es el índice de refracción que da una disolución del 1% de sacarosa. Este índice también depende de otros glúcidos, sales, ácidos, entre otros.</p>
Tomate tipo coztomate	<p>Nombre común de diversas plantas solanáceas, de hojas amarillas, cuyo fruto es comestible. Hay diversas variedades (<i>Physalis coztomatl</i>, Moc. y Ses.: <i>Physalis pubescens</i>, L.). Etimología: <i>cóztic</i>, amarillo y <i>tómatl</i>, tomate.</p>

Tomate tipo jaltomate	Planta solanácea (<i>Saracha jaltomate</i> Schl.) que da una frutilla dulce, comestible, cuyas semillas, pequeñísimas, tienen aspecto de arena. El frutillo mismo. Etimología: <i>xalli</i> , arena fina; <i>tómatl</i> , tomate (ahora se le da el nombre en inglés de “cherry”) (Cabrera, 2002).
Tomate tipo miltomate	Planta solanácea, que produce un frutillo parecido al jitomate, pero dulce y comestible en crudo; generalmente se da entre las milpas (<i>Physalis acquata</i> , Jacq.; <i>Ph. angulata</i> L.; <i>Ph. esculenta</i> Salisb.). Etimología: tomate de milpa; <i>milli</i> , milpa y <i>tómatl</i> , tomate (Cabrera, 2002).
Torque	Un torque se refiere al efecto de giro, a la tendencia de rotación que sufre un cuerpo sujeto a un punto fijo en uno de sus extremos y con libertad de movimiento en el otro, que se produce por la acción de una fuerza.
Velocidad angular	Medida de la velocidad de rotación.
Velocidad de corte	Representa la variación de la deformación con respecto del tiempo.
Vida de anaquel de un alimento	El tiempo, después de su elaboración y empaque, bajo condiciones de almacenamiento previamente establecidos, en que se mantiene la calidad alimenticia y sus cualidades organolépticas (color, sabor, aroma, textura).
Viscosidad	Es una medida de la resistencia a la deformación del fluido.
Viscosímetro	Equipo utilizado para determinar la viscosidad, un viscosímetro somete a rotación un disco o un cilindro (denominado husillo) sumergido en el fluido. El husillo giratorio se acopla con un muelle al eje de un rotor que gira a velocidad conocida y se mide la fuerza de torsión generada.

RESUMEN

En la presente investigación se propuso el uso del polímero quitina-quitosana, extraído de los residuos de camarón (cefalotórax y exoesqueletos) empleando una metodología patentada en los Laboratorios 301, 302 y 303 de Ingeniería Química Ambiental y de Química Ambiental (LIQAYQA) del Conjunto E de la Facultad de Química, UNAM. Esta mezcla de polímeros fue utilizada como biopelícula en jitomates (*Lycopersicon esculentum*) con los objetivos de disminuir las pérdidas después de su recolección, prolongar su vida de anaquel y, de requerirlo así, elaborar un puré de jitomate a partir de los frutos recubiertos. Para el análisis se empleó la mezcla de polímeros quitina-quitosana, quitosana Sigma-Aldrich (S-A) a diferentes concentraciones (0.5, 1.5 y 2.0% disuelto en ácido ascórbico al 2%) y un lote control (sin recubrimiento). Los diferentes tratamientos se almacenaron en un refrigerador a una temperatura de 10°C, se evaluaron parámetros fisicoquímicos cuantificables (pérdida de humedad, pH, acidez titulable y sólidos solubles totales) y un parámetro cualitativo (observación visual del crecimiento de hongos). Entre los resultados obtenidos se mostró que hubo diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en los parámetros fisicoquímicos evaluados ya que el lote recubierto con la mezcla de polímeros quitina-quitosana mostró una menor pérdida de humedad con respecto a los demás tratamientos, incluido el control, también hubo diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en el valor de los sólidos solubles totales, siendo diferente el fruto recubierto con los polímeros quitina-quitosana. En cuanto a los valores de acidez se observó que no hubo diferencia entre los tratamientos de quitosana S-A al 1.5% y la quitina-quitosana, extraída del cefalotórax de camarón. Los jitomates recubiertos con la mezcla de polímeros presentaron una vida de anaquel más larga y con un menor crecimiento de hongos. El puré de jitomate se elaboró con frutos almacenados en refrigeración por una, dos y tres semanas, y con los diferentes tratamientos mencionados anteriormente. Se realizó un seguimiento del puré almacenado a una temperatura de 6°C a través del tiempo, evaluando parámetros fisicoquímicos (pH, acidez titulable y sólidos solubles totales) y realizando un análisis de mesófilos aerobios para determinar su vida de anaquel, posteriormente, se llevó a cabo una evaluación sensorial del producto empleando jueces no entrenados. El puré elaborado a partir de frutos con la biopelícula quitina-quitosana mostró cambios en su consistencia, con lo cual será tema de otro proyecto de tesis el evaluar si el calcio residual presente por el uso del disolvente MAC-141©, ejerce un efecto reductor de la viscosidad del puré obtenido.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Problemática

En México, el camarón es una de las seis especies que aportan el 69 por ciento del total del valor de la producción pesquera. Los principales productores de esta especie son los estados de Sinaloa, Sonora y Tamaulipas (CONAPESCA, 2013). De este producto sólo el 60 por ciento es comestible, siendo el resto considerado como un desperdicio, el cual representa un problema para el ambiente, debido a que cuando es descabezado y arrojado en tiraderos municipales, lagunas o cuerpos de agua, se aumentan los sólidos en suspensión y se incrementa la demanda bioquímica de oxígeno, limitando la cantidad de oxígeno disuelto en el medio (Ramírez, 2008). Los residuos de camarón (caparazón y cabeza) están compuestos principalmente por proteínas (40%), minerales (35%) y quitina (de 14 a 30%) y son ricos en pigmentos carotenoides, principalmente astaxantina. Contienen varios compuestos bioactivos tales como quitina, pigmentos, aminoácidos y ácidos grasos. Estos compuestos tienen una amplia gama de aplicaciones, incluyendo el área industrial, médica, cosmética, usos en papel, pulpa y textiles, aplicaciones en biotecnología y en el ramo alimentario, entre otros (Kandra y col., 2012). Por ello en este proyecto se planteó la utilización del cefalotórax y exoesqueleto de camarón para que, por medio de un método de extracción amigable con el ambiente, fuera posible la obtención de una mezcla de polímeros de quitina-quitosana, que pudieran ser empleados como recubrimiento en frutos percederos con el objetivo de aumentar su vida de anaquel. En este proyecto de investigación se planteó recubrir jitomates debido a que es la especie hortícola más cultivada en nuestro país y, sin embargo, presenta grandes pérdidas durante su postcosecha. A lo largo de los años se han empleado diversas técnicas para su conservación como son el uso de bajas temperaturas, aplicación de empaques con atmósferas modificadas y el uso de cubiertas comestibles con base en lípidos, polisacáridos y proteínas con el objetivo de prolongar su vida de anaquel, siendo las cubiertas comestibles con la adición de agentes antioxidantes el método más utilizado (Ruiz y col., 2012).

1.2. Justificación y propuesta de la solución

El cefalotórax de camarón es considerado como un desecho que puede ser aprovechado para obtener quitina y su derivado desacetilado la quitosana, con aplicación en películas

comestibles y recubrimientos, la cual permitirá mejorar tanto la calidad del producto como la vida de anaquel (Maher y Entsar, 2013). Con la finalidad de que estos frutos puedan ser aprovechados para el consumo en fresco o para elaborar un subproducto.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de la aplicación de una biopelícula de los polímeros quitina-quitosana, obtenida a partir de residuos del exoesqueleto de camarón, en el puré de jitomate, siguiendo su comportamiento a través del tiempo mediante parámetros: fisicoquímicos (pH, acidez y °Brix), microbiológicos, sensoriales y reológicos.

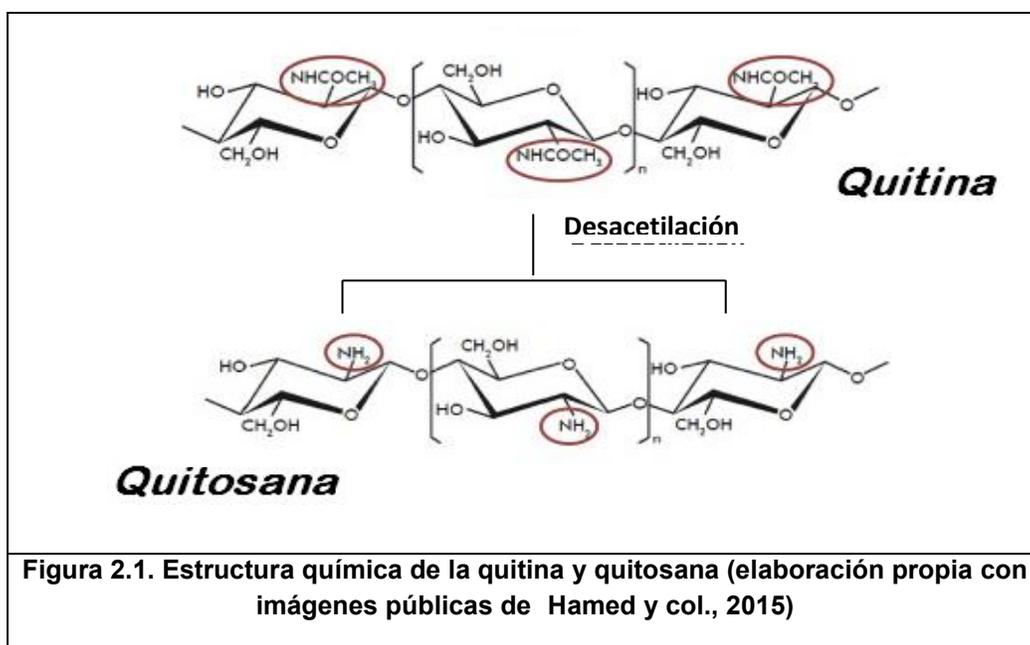
1.3.2. Objetivos específicos

- Evaluar y observar las características fisicoquímicas (pH, acidez, °Brix y pérdida de humedad) y microbiológicas en el fruto y en el puré de jitomate, elaborado con frutos sometidos a diferentes tratamientos, empleando diferentes biopelículas (quitosana S-A a concentraciones de 0.5, 1.5 y 2.0% y de polímeros quitina-quitosana) y un lote control.
- Valorar el efecto antimicrobiano del recubrimiento con el polímero quitina-quitosana, extraído del cefalotórax de camarón, tanto en el jitomate (visual) como en el puré de jitomate (cuantificación de mesófilos aerobios).
- Determinar el nivel de agrado que presenta el puré de jitomate, elaborado a partir de frutos recubiertos con la mezcla de polímeros quitina-quitosana, comparándolo con un producto comercial similar.
- Conocer si el recubrimiento influye en la reología del subproducto, puré de jitomate, elaborado a partir de frutos con diferentes tratamientos.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. Quitina

Después de la celulosa, la quitina es el polisacárido más abundante en la naturaleza. Está presente en los exoesqueletos de crustáceos, insectos, gusanos, hongos y setas. Es biocompatible, biodegradable y bioabsorbible, con capacidades antibacterianas y cicatrizantes. La quitina es una poli-beta-1, 4-N-acetilglucosamina (Fig. 2.1). La quitosana¹ es un polímero derivado, por desacetilación, de la quitina. La quitina es insoluble en agua debido a sus enlaces intermoleculares de hidrógeno, pero su derivado, la quitosana, es soluble en agua acidulada. Una de las características más importantes de la quitina es la capacidad (flexibilidad) de formar: fibras, hidrogeles, perlas, esponjas, y membranas. El origen de la quitina afecta su cristalinidad, pureza, arreglo de la cadena polimérica y dicta sus propiedades (Kandra y col., 2012).



Hay que destacar que la diferencia entre la quitina y la quitosana es, de hecho, arbitraria ya que las formas completamente acetiladas o desacetiladas no existen en la naturaleza ni

¹ Las gomas se nombran poniendo como sufijo -ana al nombre del compuesto del que se derivan: dextrona es dextrana, glucosa es glucana. Por tanto, de quitina debería llamarse quitana. Sin embargo, debido a una mala traducción del inglés *chitin* y *chitosan*, algunos autores llaman a esta goma quitosano, quitosán o incluso quitosan. En esta investigación se le llamará quitosana, que es la forma más cercana a lo que debería ser su nombre (Nota de la asesora)

como productos finales de un proceso. Por ello, en la práctica, al polímero que presenta mayor acetilación se le denomina quitina y al más desacetilado quitosana (Sarabia, 2011).

2.2. Uso de la quitosana como recubrimiento comestible

Un recubrimiento comestible es una matriz continua, delgada, que se estructura alrededor del alimento generalmente mediante la inmersión del mismo en una solución formadora del recubrimiento (Quintero y col., 2010). En general, los recubrimientos deben ofrecer ventajas: Ser comestibles, tener biocompatibilidad, ofrecer una apariencia agradable en el fruto, funcionar como una barrera a gases, no presentar toxicidad, no contaminar y ser de bajo costo. La quitosana es un excelente material formador de películas. La película de quitosana posee una permeabilidad selectiva a los gases (CO_2 y O_2) y buenas propiedades mecánicas; sin embargo, la película de quitosana es altamente permeable al vapor de agua, lo que limita su uso debido a que es un inconveniente importante, ya que el control efectivo de la transferencia de humedad es propiedad deseable para la mayoría de los alimentos, especialmente en ambiente húmedo. Por lo tanto, se han usado varias estrategias para mejorar las propiedades físicas del biopolímero, entre ellas está la de brindarle hidrofobicidad, la cual se logra por la adición de lípidos neutros, ácidos grasos, ceras y arcillas. De igual forma, las propiedades de las películas de quitosana pueden ser mejoradas por la combinación con otros hidrocoloides (pectina). La combinación con proteínas (colágeno, gelatina, proteínas de la leche y de soya) y el uso de polisacáridos (almidón, alginato, celulosa) han mejorado sus propiedades físicas y mecánicas (Maher y Entsar, 2013).

2.3. Propiedades fungicidas y antibacterianas

La quitina, quitosana y sus derivados poseen actividad antimicrobiana contra diferentes grupos de microorganismos (bacterias, levaduras y hongos). Se han considerado dos mecanismos principales que han sido propuestos como la causa de la inhibición de células microbianas por la acción de la quitosana. En algunos hongos puede producir alteraciones en las funciones de sus membranas, mediante su fuerte interacción con esta superficie de carga electronegativa, produciendo cambios en la permeabilidad, disturbios metabólicos y eventualmente la muerte. La otra es bloqueando la transcripción del ARN a partir del ADN por adsorción de la quitosana penetrando en la molécula de ADN. Las actividades

antimicrobianas de la quitosana son dependientes de sus características físicas, como la masa molecular y su grado de desacetilación, ya que a mayor grado de desacetilación la quitosana presenta una mayor actividad antimicrobiana (Benhabiles y col., 2012). Los productos despolimerizados de la quitosana también han mostrado un efecto antibacteriano. Existe un interés creciente respecto a los oligosacáridos de la quitosana, ya que son más adecuados para algunas aplicaciones industriales debido a su peso molecular, baja viscosidad y solubilidad en agua (Hamed y col., 2015).

2.4. Aspectos generales del jitomate

El jitomate es originario de México y su ancestro ha sido ubicado en zonas perturbadas del país (Figura 2.2a).

***Lycopersicon esculentum* P. Mill.
(= *Solanum lycopersicum* L.)
Jitomate silvestre (Solanaceae)**



Figura 2.2a. Jitomate

(<http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/solanaceae/lycopersicon-esculentum/fichas/ficha.htm>)

El fruto es una baya ovalada, redonda o periforme. Su tamaño va desde pequeños frutos del tamaño de una cereza, hasta enormes frutos de 750 gramos. Existen tres maneras de clasificar al jitomate (SAGARPA, 2010):

- Forma: *Cherry*, *saladette* (guajes² en México), tipo pera, bola estándar y bola grande.
- Madurez: La temprana que se cosechan a los 55 a 65 días, la mediana que se cosecha de 66 a 80 días y los de mayor maduración es de más de 80 días.
- Color: Verde lima (jitomate inmaduro), rosa, amarillo (hay dos variedades en México, una conocida como coztomate³ y la otra como jaltomate⁴), dorado (miltomate⁵), naranja y rojo.

Tomatillo Solanaceae



Aguaymanto



Figura 2.2b. El tomate es un fruto de una especie totalmente diferente al *jitomate* o los tomates tipo *coztomate*, *jaltomate* o *miltomate*, ya que tiene una cobertura fibrosa. También es originaria de México y su forma silvestre se denomina ***Physalis philadelphica* Lam.** (Página electrónica CONABIO)

Figura 2.2c. El **aguaymanto** o **uchuwa**, (***Physalis peruviana* L.**) pertenece a la familia de las solanáceas, por lo tanto posee características similares a la familia de la papa, el tomate y el tabaco, aun cuando su crecimiento es arbustivo (Wikipedia, 2015)

La norma estándar internacional para la clasificación de jitomate, establecida por el Comité del Codex Alimentarius sobre Frutas y Hortalizas Frescas, describe el producto y lo clasifica de acuerdo con su calibre y homogeneidad, por lo que establece criterios de calidad y tolerancia para defectos. La Norma Mexicana para productos alimenticios no industrializados para consumo humano para tomate, NMX-FF-031-197-SCFI, establece la clasificación de acuerdo con los grados de calidad del fruto: México 1, México 2 y México 3. Para ello, se

² Guaje, palabra náhuatl, que viene de *huaxi*, que designa al fruto de *Lagenaria vulgaris* Ser., y por extensión a la forma de este jitomate que es similar a la de los guajes (Cabrera, 2002)

³ Nombre común de diversas plantas solanáceas, de hojas amarillas, cuyo fruto es comestible. Hay diversas variedades (*Physalis coztomatl*, Moc. y Ses.: *Physalis pubescens*, L.). Etimología: *cóztic*, amarillo y *tómatl*, tomate (Cabrera, 2002)

⁴ Planta solanácea (*Saracha jaltomate* Schl.) que da una frutilla dulce, comestible, cuyas semillas, pequeñísimas, tienen aspecto de arena. El frutillo mismo. Etimología: *xalli*, arena fina; *tómatl*, tomate (ahora se le da el nombre en inglés de “cherry”) (Cabrera, 2002)

⁵ Planta solanácea, que produce un frutillo parecido al tomate, pero dulce y comestible en crudo; generalmente se da entre las milpas (*Physalis acquata*, Jacq.; *Ph. angulata* L.; *Ph. esculenta* Salisb.). Etimología: tomate de milpa; *milli*, milpa y *tómatl*, tomate (Cabrera, 2002)

toma en cuenta forma, textura, coloración, maduración y conservación del producto (SAGARPA, 2010). El jitomate es un fruto climatérico, continúa su proceso de maduración después de que ha sido separado de la planta. El climaterio es el periodo de mayor actividad metabólica durante la transición entre la etapa de crecimiento y la de senescencia. La mayoría de las frutas carnosas presentan un máximo característico en su actividad respiratoria que suele coincidir con evidentes cambios en el color, sabor y textura, típicos de la madurez (Fennema, 2000).

2.5. Productos industrializados elaborados a partir de jitomate

El jitomate constituye uno de los ingredientes más utilizados en la cocina de nuestro país, y de una buena parte del mundo. Se utiliza sobre todo en ensaladas, platillos y jugo fresco. La industria de la alimentación lo prepara en infinidad de maneras: desde jugos, purés, conservas de jitomates enteros y pelados, fritos, ingrediente de diversas salsas picantes, dulces, mermeladas, esencia para la elaboración de alimentos, saborizantes, entre otros productos (SIAP, 2014).

2.6. Problemática de la conservación

El jitomate es la hortaliza de mayor valor económico en México. Su demanda aumenta continuamente y con ella su cultivo, producción y comercio. El incremento anual de la producción en los últimos años se debe principalmente al aumento en el rendimiento y en menor proporción al aumento de la superficie cultivada. México ocupó el décimo lugar de producción anual en el 2012 con una obtención de 2 millones de toneladas (INFOAGRO, 2011), a pesar de ser uno de los frutos de mayor consumo en todo el mundo y de gran importancia en México presenta grandes pérdidas durante la etapa de postcosecha (Ruiz y col., 2012).

Durante la ejecución de las operaciones de comercialización, necesarias para hacer llegar los frutos hasta el consumidor, se producen pérdidas de producto o disminución de su calidad como resultado de daños mecánicos, alteraciones fisiológicas y ataques de agentes patógenos.

2.7. Operaciones de recolección y acondicionamiento

La comercialización del jitomate exige gran número de operaciones para hacer llegar los frutos desde el campo de cultivo hasta la mesa del consumidor (Figura 2.2d).

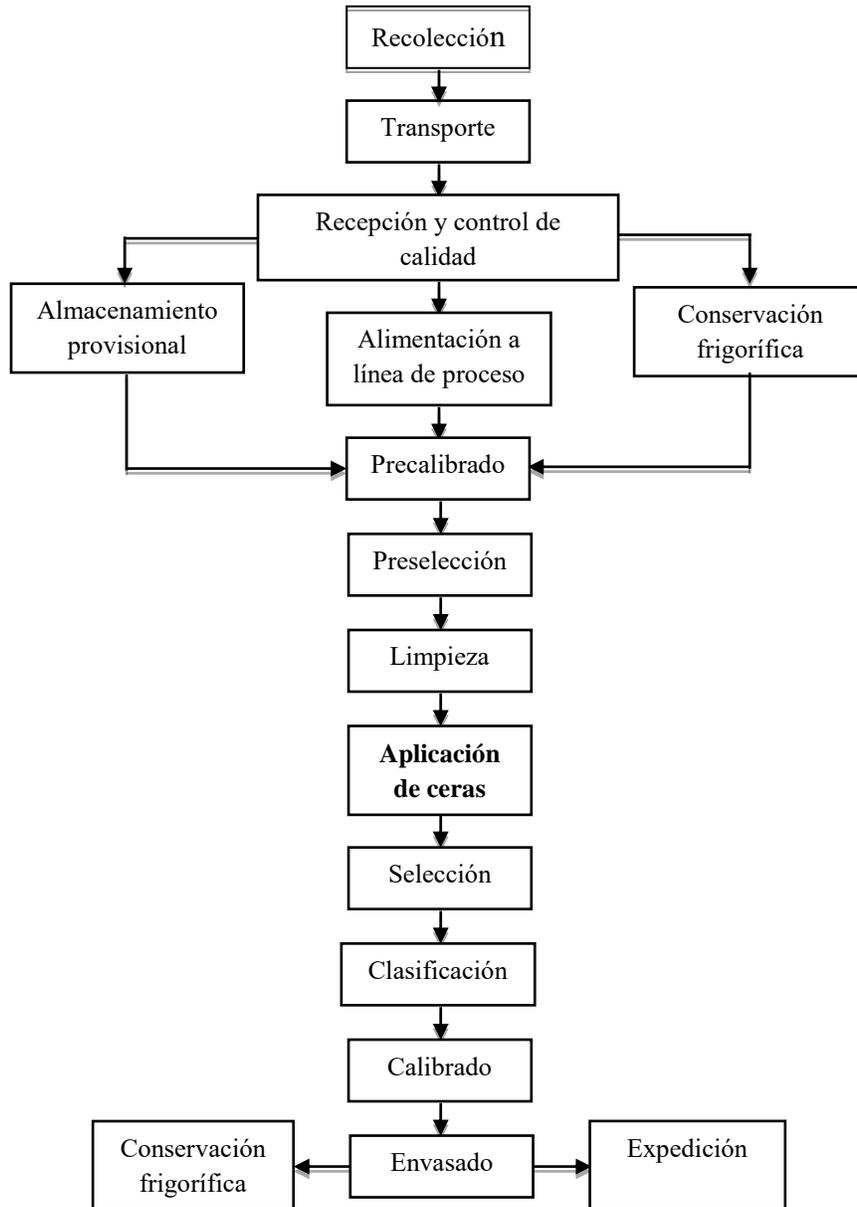


Figura 2.2d. Esquema de manipulación de jitomate para consumo en fresco (Nuez, 2001)

2.8. Características del puré de jitomate

La norma del Codex para el concentrado de tomate elaborado (CODEX STAN 57-1981), define el concentrado de tomate como el producto preparado mediante la concentración de la pulpa o el jugo obtenido de *tomates*⁶ rojos sanos y maduros (*Lycopersicon/Lycopersicum esculentum* P. Mill) que ha sido filtrado o sometido a otras operaciones para eliminar del producto terminado pieles, semillas y otras sustancias gruesas o duras, y conservado por medios físicos. El concentrado de jitomate se considera como “Puré de tomate” cuando cumple con la concentración de sólidos solubles naturales totales, por lo menos, de 7%, pero no más del 24% de sólidos solubles naturales totales. Este producto deberá tener un buen sabor, aroma, un color claramente rojo y poseer una textura homogénea (distribución uniforme) (CODEX STAN 57-1981).

La Tabla 2.1 presenta las especificaciones fisicoquímicas que deberá cumplir el puré de jitomate de acuerdo con la Norma NMX- F-033-1982 (DOF, 1982).

Tabla 2.1. Especificaciones fisicoquímicas del puré de jitomate (DOF, 1982)

Especificaciones	
Sólidos solubles libres de sal en % mínimo	10
Acidez como ácido cítrico en % mínimo	1.0
Cloruros como NaCl en % máximo	2.0
pH	4.0-4.5

Tabla 2.2. Especificaciones microbiológicas del puré de jitomate (DOF, 1982)

Especificaciones	
Presencia de bacterias mesofílicas aerobias y anaerobias	Negativo
Presencia de bacterias termofílicas aerobias y anaerobias	Negativo
Cuenta de filamentos de hongos (téc. Howard) máx.	40% de campos positivos

⁶ Tomate es, en realidad, otra especie totalmente diferente al jitomate o los tomates tipo coztomate, jaltomate o miltomate, ya que tiene una cobertura fibrosa. También es originaria de México y su forma silvestre se denomina *Physalis philadelphica* Lam. (Figura 2.2b). Esta especie es verde y cuando madura se torna verde pálido -nunca es rojo- (CONABIO, 2015). Hay una especie sudamericana diferente denominada *Physalia peruviana* (Figura 2.2c) (Wikipedia, 2015)

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

En las Figuras 3.1 y 3.2 se presentan los parámetros evaluados (Durán-Domínguez-de-Bazúa y col., 2009), para el jugo de jitomate y el puré de jitomate, respectivamente.

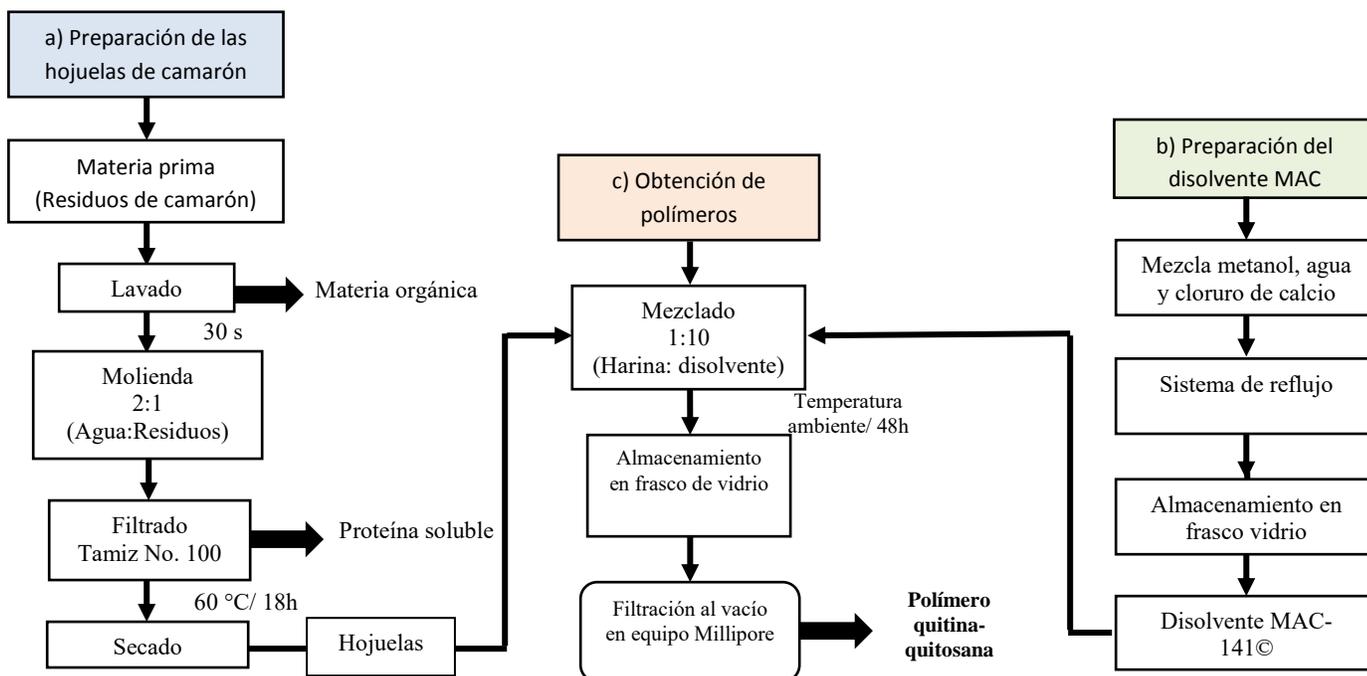


Figura 3.1. Operaciones unitarias para a) Obtención de hojuelas parcialmente desproteinizadas, b) Preparación del disolvente MC-141 ©: Metanol:Agua:Cloruro de calcio, 1:4:1 molar y c) Obtención de la mezcla de polímeros quitina-quitosana

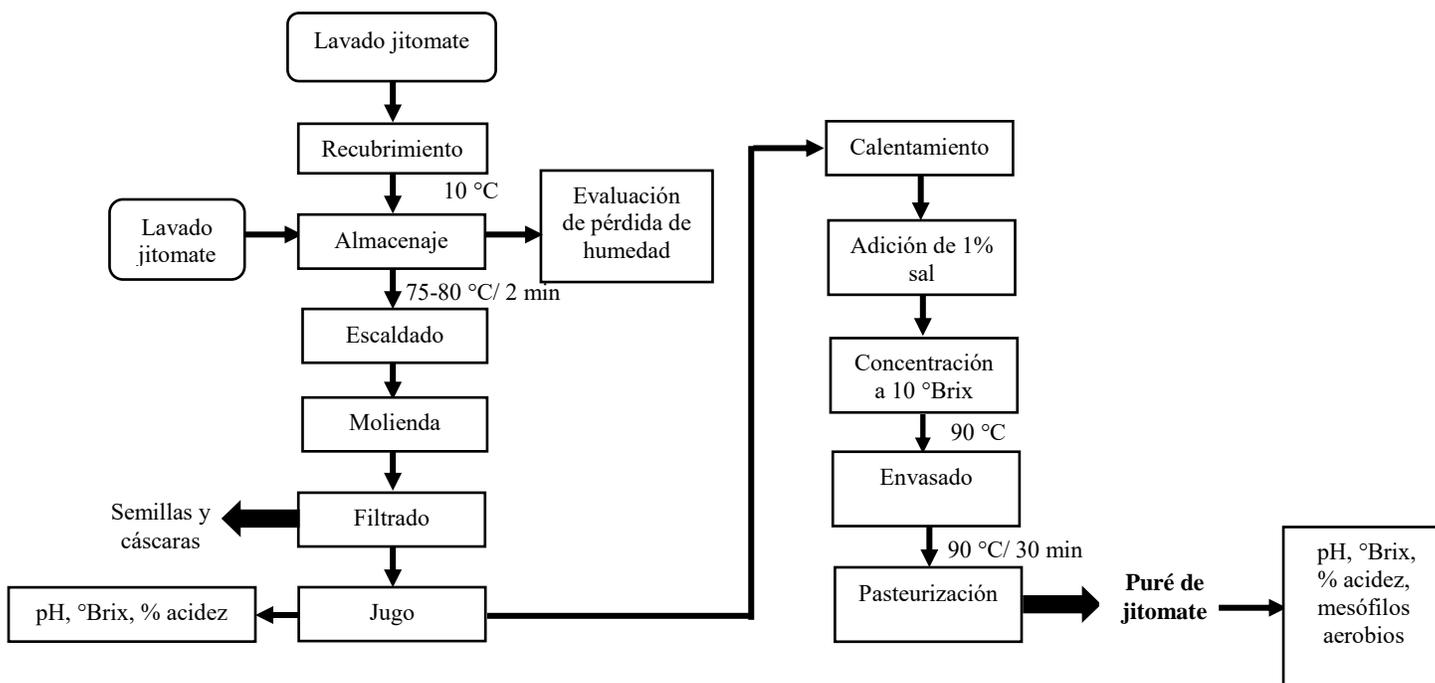


Figura 3.2. Proceso para la obtención de puré de jitomate a partir de frutos recubiertos con quitina-quitosana, quitosana Sigma-Aldrich (0.5, 1.5 y 2.0% en ácido ascórbico al 2%) y un lote control (sin recubrimiento) (Ortega-Granados, 2011)

PRIMERA ETAPA

3.1. Obtención de quitina-quitosana a partir de las hojuelas del cefalotórax y exoesqueleto de camarón parcialmente desproteínizado

3.1.1. Obtención de la materia prima

La materia prima se obtuvo de la zona de pescados y mariscos de la Central de Abastos en la Ciudad de México. Las cabezas y caparazones de camarón fueron transportados en bolsas de plástico a los Laboratorios 301, 302 y 303 de Ingeniería Química Ambiental y de Química Ambiental (LIQAYQA). Se les retiró la materia orgánica; posteriormente, se lavaron al chorro de agua. Fueron molidos durante 30 s en una licuadora a máxima velocidad con agua en relación de dos partes de agua por una de residuos (2:1) (Figuras 4.1 y 4.2). El producto se filtró para eliminar las proteínas solubles. Finalmente, el producto filtrado fue secado, extendido en charolas cubiertas con hoja de aluminio, secado a 60°C durante 18 h en un horno marca Felisa para obtener hojuelas parcialmente desproteínizadas secas (Figura 4.3) (Flores-Ortega, 2008).

3.1.2. Obtención del disolvente MAC-141© (Durán-Domínguez-de-Bazúa y col., 2009)

En un estudio previo a este experimento se determinaron las relaciones de las sustancias que forman la mezcla de disolvente: Metanol, agua y cloruro de calcio (denominada MAC) en una relación molar 1:4:1. Para ello, se midieron 180 mL de agua y 100 mL de metanol, se mezclaron dentro de un matraz de bola de 500 mL, introduciéndolo en un recipiente con agua fría, debido a que ocurre una reacción exotérmica al agregar los 277.45 g de CaCl₂. El matraz se instaló durante 4 horas en un sistema a reflujo para obtener el disolvente y al término se almacenó en un frasco de vidrio cerrado (Flores-Ortega, 2008).

3.1.3. Obtención de disolución de quitina (CPD-MAC-141©)

La mezcla de hojuelas de camarón obtenida, CPD, y el disolvente MAC-141© se colocaron en frascos de vidrio con tapa hermética en una relación 1:10, se homogeneizaron y se dejaron durante 48 horas a temperatura ambiente, con objeto de que se forme el complejo soluble quitina-calcio (Figura 4.4) (Arias y Mendoza, 2010; Flores-Ortega, 2008). Transcurrido el tiempo, el sobrenadante se filtró al vacío en un equipo Millipore, utilizando una malla de 0.1 cm.

3.2. Elaboración de las muestras de quitosana Sigma (0.5, 1.5 y 2%) usadas como controles

3.2.1. Quitosana Sigma-Aldrich

Se emplearon tres concentraciones del reactivo de quitosana Sigma-Aldrich (S-A) usando agua acidulada con ácido ascórbico como disolvente. La selección de las concentraciones y el ácido a emplear se determinaron con base en los resultados de Ortega-Granados (2011), cuyas condiciones arrojaron resultados positivos en fresas recubiertas con estas películas.

3.3. Lotes de jitomate

La materia prima empleada fue jitomate en estado maduro firme, adquiridos en el mercado de “La Merced” de la Ciudad de México. Se colocaron 21 jitomates por tratamiento en charolas de “unicel”. Los sistemas de estudio fueron quitina-quitosana, obtenida del cefalotórax de camarón, quitosana S-A (en concentraciones de 0.5, 1.5 y 2.0% en ácido ascórbico al 2%) y el control (sin recubrimiento). Los tratamientos fueron almacenados en un refrigerador a una temperatura de 10°C. Se realizó el seguimiento de los lotes hasta observar presencia de hongos (Anexo I, Tabla 1.1a).

3.4. Aplicación de las biopelículas

Las biopelículas preparadas y las obtenidas de los residuos de camarón se aplicaron sobre la superficie de los jitomates empleando una brocha.

3.5. Parámetros cuantitativos de seguimiento para el comportamiento del jugo del jitomate y del puré con respecto al tiempo

3.5.1. Elaboración del puré de jitomate

El puré de jitomate se elaboró a partir de los lotes recubiertos con las diferentes biopelículas y almacenados durante una, dos y tres semanas. Los jitomates se lavaron y escaldaron (75 a 80°C/2 min), se licuaron (Licuadora *Moulinex*®, motor 500 W de potencia) por 1 min a la máxima potencia y, el jugo obtenido, se pasó por una coladera para retirar las semillas y el exceso de piel. El jugo se concentró a 10 °Brix y se le adicionó 1% de sal respecto al peso del jugo. Una vez obtenidos los purés, se almacenaron a una temperatura de 6°C para,

posteriormente, medir las variables dependientes (pH, °Brix y % acidez expresado como ácido cítrico). El puré no se elaboró a partir de jitomates con deterioro microbiológico (crecimiento de hongo en la superficie) o frutos en mal estado.

3.5.2. Pérdida de humedad en el fruto

El registro de la masa de los jitomates se inició 48 h después de aplicar el recubrimiento con las biopelículas (una vez que estaban secas). Los frutos se pesaron en una balanza analítica METLER TOLEDO modelo AG245 registrándose la masa hasta que hubo presencia de hongos o cuando el fruto presentó signos de descomposición (Anexo I, Tabla 1.1a).

3.5.3. Determinación de acidez titulable

Se colocaron 5 g de la muestra en un matraz aforado de 100 mL, se llevó a la marca de aforo con agua destilada recién hervida, de esta solución se tomó una alícuota de 10 mL, la cual se trasladó a un matraz aforado de 100 mL y nuevamente se llevó a la marca de aforo. Posteriormente, la muestra se filtró para que los residuos de materia orgánica no afectaran en la determinación. De esta solución se tomaron 25 mL y se colocaron en un matraz Erlenmeyer con unas gotas de indicador fenolftaleína. La solución se tituló con NaOH 0.01 N. La metodología aplicada se basó en la NMX-F-102-S-1978 (DOF, 1978b).

3.5.4. Determinación de pH

El valor de pH se determinó con ayuda de un potenciómetro modelo Orion 720A. Se colocaron 5 g del producto y se le agregaron 20 mL de agua destilada recién hervida a temperatura ambiente, finalmente el electrodo se sumergió en la solución (durante la determinación se mantuvo en agitación la solución). Las determinaciones se efectuaron por triplicado. La metodología aplicada se basó en la NMX-F-317-S-1978 (DOF, 1978a).

3.5.5. Determinación de °Brix

Se midieron los °Brix tanto en el jugo de jitomate como en el puré con ayuda de un refractómetro modelo CIVEQ-CVQ-4013, con un rango de medición de 0 a 90 °Brix y precisión de 0.5%. Para ello se coloca una gota de la muestra en el refractómetro, entre el espejo y el prisma, y éste se coloca en posición horizontal para que difunda la luz. Posteriormente, se lee el resultado en la escala.

3.6. Evaluación cualitativa de seguimiento para el comportamiento del puré de jitomate con respecto al tiempo

3.6.1. Determinación de mesófilos aerobios por cuenta en placa

Una vez obtenidos los purés se realizó el análisis microbiológico para los tratamientos: quitina-quitosana, quitosana S-A (0.5, 1.5 y 2.0%) y el control (tratamiento sin recubrimiento), siguiendo la metodología de la NOM-092-SSA1-1994 (DOF, 1994). La prueba se efectúa al inicio y al final del seguimiento para cada puré.

3.7. Evaluación sensorial del puré de jitomate empleando una prueba afectiva de nivel de agrado

Se realizó una evaluación sensorial, empleando 50 jueces no entrenados, aplicándose una prueba de nivel de agrado con una escala de 7 puntos la cual comprende desde “Gusta mucho” a “Disgusta mucho” (Ver Anexo III, Figura 3.1a), en la cual se evaluó el puré obtenido con frutos recubiertos con el polímero de quitina obtenido del cefalotórax de camarón contra un puré de jitomate natural comercial (Del Fuerte®). Ambas muestras presentaron los mismos ingredientes (jitomate y sal) y el puré elaborado se ajustó a los sólidos solubles del producto comercial (10°Brix).

Para la evaluación sensorial, tanto los purés elaborados como el producto comercial se agitaron y se sirvieron en vasos de plástico del número cero (30 mL), acompañados de un vaso de agua simple y galletas de trigo (Gamesa®) como enjuague (Figuras 4.18, 4.19). El acomodo de las muestras se realizó de manera aleatoria seleccionándose códigos para cada una.

SEGUNDA ETAPA

3.8. Elaboración de recubrimientos usando CaCl_2

Los tratamientos empleados para recubrir los jitomates fueron los siguientes:

- Polímero quitina-quitosana (obtenida del cefalotórax de camarón).
- Quitosana S-A a una concentración de 2.0%, en agua acidulada con ácido ascórbico al 2%.
- Por inmersión del fruto en agua con CaCl_2 a una concentración de 7% durante 15 min.

- Una mezcla de Quitosana S-A al 2%, en agua acidulada con ácido ascórbico 2%, más CaCl_2 a una concentración de 7%.

Los tratamientos fueron almacenados en un refrigerador a una temperatura de 10°C . Se realizó el seguimiento de los lotes hasta observar presencia de hongos o cuando el fruto presentó deterioro estructural.

3.9. Preparación del puré de jitomate

El puré de jitomate se elaboró a partir de los lotes recubiertos con los tratamientos antes mencionados. Una vez obtenidos los purés, se almacenaron a una temperatura de 6°C para, posteriormente, medir la concentración de calcio y la viscosidad.

3.10. Determinación de la concentración de calcio en puré de jitomate

La cantidad de calcio presente en el puré de jitomate fue determinada por titulación con el agente quelante ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), siguiendo el procedimiento descrito por Moelants y col. (2014). Para ello se colocó 1 g de puré en un matraz Erlenmeyer, se agregaron 90 mL de agua desionizada, 10 mL de NaOH 1.0 M y 100 mg de indicador KCl-murexida (mezcla de 0.1 g de murexida con 25 g de KCl). Subsecuentemente, la concentración de calcio en el puré fue determinada por titulación con EDTA 0.01 M. La norma correspondiente apareció en DOF (2001).



Figura 3.3. Preparación del indicador murexida en KCl



Figura 3.4. Formación del complejo EDTA-Ca^{2+} (izquierda), formación del complejo Murexida-Ca^{2+} (derecha)

3.11. Medición de la viscosidad en puré de jitomate

Los fluidos en estudio fueron puré de jitomate a partir de lotes con diferente tratamientos: Quitosana 2%, quitosana Sigma 2% más CaCl_2 7%, quitina-quitosana y un puré comercial

marca Del Fuerte®. Se realizó un precorte a la muestra con una varilla de vidrio, para homogeneizar la muestra en un vaso de precipitados de 600 mL. Se vertió una cantidad de muestra hasta cubrir la marca del husillo; con el motor apagado se asigna una velocidad angular (Ω) inicial de 1 rpm, el motor se enciende y se registra el valor del torque (%) y la viscosidad (cP). Si el número de husillo es el adecuado para el rango de las velocidades entonces se obtienen lecturas de viscosidad (Entre menor sea el número del husillo más líquido será el fluido o menos viscoso). Si aparece en la pantalla del viscosímetro “-----” se debe elegir otro husillo dependiente de la viscosidad del líquido a medir. Las velocidades se incrementan hasta 100 y se registran los valores. Esta determinación es realizada por duplicado, pero ahora en sentido inverso, se realiza el precorte de la muestra, se disminuye las velocidades de 100 a 1 rpm y se ejecuta el registro del valor del torque (%) y la viscosidad (cP) (Alcaraz y col., 2010). Para revisar la metodología completa consultar el Anexo IV.



Figura 3.5. Uso del viscosímetro Brookfield DV-II+Pro

3.12. Análisis estadístico

Para el tratamiento de datos, se realizó un análisis de varianza multifactorial con nivel de significancia de $\alpha=0.05$, a través del paquete estadístico Statgraphics Centurión versión XV.1. El factor a evaluar fue el de las películas biodegradables con el polímero quitosana Sigma-Aldrich, el obtenido (quitina-quitosana) y el control (sin tratamiento). Las variables de respuesta dependientes fueron: porcentaje de humedad, valor de pH, porcentaje de acidez, de sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix), viscosidad y concentración de calcio en los diferentes purés de jitomate.

CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

PRIMERA ETAPA

4.1. Obtención de quitina-quitosana a partir del cefalotórax de camarón

Las hojuelas de los residuos de camarón después de la limpieza, molienda, filtrado y secado de los cefalotórax (Figuras 4.1 a 4.3) se molieron y, con las hojuelas, se obtuvieron los polímeros quitina-quitosana mediante la relación 1:10 entre las hojuelas y el disolvente MAC-141© (Figura 4.4).



Figura 4.1. Cabezas de camarón limpias



Figura 4.2. Molienda del cefalotórax



Figura 4.3. Obtención de las hojuelas de camarón



Figura 4.4. Obtención del polímero quitina-quitosana

4.2. Recubrimiento de los jitomates

Una vez adquiridos los jitomates, conocidos con su nombre original como guajes⁷, se inició el recubrimiento del polímero quitina-quitosana obtenida de los residuos de camarón, empleando una brocha para aplicar el polímero. Se presentaron problemas en la aplicación del recubrimiento con las soluciones de quitosana S-A al 0.5, 1.5 y 2.0%, debido al tipo de piel que presentan los jitomates, ya que los vendedores o incluso los productores les adicionan una capa cerosa, con la finalidad de prolongar su vida útil, la cual no permitió que las soluciones de los polímeros se adhirieran y formaran una película homogénea (Figuras 4.5a a 4.6b).

Para retirar la capa cerosa de los jitomates se lavaron con fibra y detergente. En la Figura 4.7 se muestran las características físicas que presentan las películas en el fruto, quitina-quitosana, lote control (sin recubrimiento) y el lote con quitosana S-A al 2.0%.

⁷ Como se mencionó en el capítulo 2, guaje es una palabra náhuatl, que viene de *huaxi*, que designa al fruto de *Lagenaria vulgaris* Ser., y por extensión a la forma de este jitomate que es similar a la de los guajes (Cabrera, 2002)



Figura 4.5a. Lote de jitomate recubrimiento con quitina- quitosana



Figura 4.5b. Dos días después de aplicar la película quitina-quitosana



Figura 4.6a. Jitomate no lavado después de aplicar recubrimiento de quitosana Sigma-Aldrich al 2%



Figura 4.6b. Recubrimiento con quitosana Sigma-Aldrich al 2% en jitomates lavados



Figura 4.7. Diferencia entre tratamientos quitina-quitosana, control y quitosana Sigma-Aldrich al 2% (orden de izquierda a derecha)

En las Figuras 4.5a y 4,5b se puede apreciar que el polímero de quitina-quitosana no cubre totalmente a los jitomates. A pesar de esto, fue el lote que presentó menor número de pérdidas, considerando el número de jitomates contaminados con hongos en un lapso de tres semanas a una temperatura de 10°C (Ver Anexo I, Tabla 1.1a), atribuible a las propiedades antimicrobianas que presenta el polímero, el cual posee actividad fungicida, inhibiendo el crecimiento de hongos causantes de deterioro en el fruto.

La diferencia observada en cuanto al desarrollo de hongos entre lotes se debe a que el efecto fungicida parece estar en función de la concentración utilizada, su masa molecular y su grado de desacetilación (Ramos y col., 2010). Considerando los sistemas de estudio (quitina-quitosana obtenida del cefalotórax de camarón, quitosana Sigma-Aldrich en concentraciones de 0.5, 1.5 y 2.0% y el control sin recubrimiento) las Figuras 4.8 y 4.9 presentan los resultados, donde se observa que el uso del recubrimiento con quitosana Sigma-Aldrich le confirió brillo al fruto, a diferencia del control (Figura 4.10).



Figura 4.8. Recubrimiento quitosana Sigma-Aldrich al 1.5%



Figura 4.9. Recubrimiento quitosana Sigma-Aldrich al 0.5%



Figura 4.10. Lote de jitomate control

Los lotes con tratamiento fueron almacenados en un refrigerador a una temperatura de 10°C (Figura 4.11) durante tres semanas (veintidós días después de aplicarse el recubrimiento). Se realizó el seguimiento de los lotes hasta observarse presencia de hongos. Los frutos recubiertos con quitosana Sigma-Aldrich y el lote control presentaron rápidamente desarrollo de hongos (Figura 4.12), esto pudo deberse a:

- Durante el almacenamiento se colocaron con el ombligo hacia abajo, lo que ocasionaba que los productos de respiración (CO₂ y vapor de agua) promovieran el desarrollo de hongos.
- El hecho de tenerlos que restregar para retirar la película aplicada en postcosecha provocó lesiones en el tejido, provocando que los hongos pudieran atacarlos más fácilmente.
- El lugar donde se almacenaron los frutos no fue el adecuado, debido a que se recomienda realizar el almacenamiento de frutas y hortalizas en condiciones de humedad relativa lo suficientemente elevada para minimizar las pérdidas de agua y mantener la turgencia celular, pero no tan altas como para que produzcan condensación ni favorezcan el crecimiento de microorganismos (Fennema, 2000); sin embargo, a nivel de laboratorio solamente se contaba con un refrigerador que no controlaba la escarcha, esto ocasionó que se encontrara presencia de agua en las charolas, principalmente en los frutos recubiertos con el polímero quitina-quitosana, aunado a una excesiva respiración del fruto.



Figura 4.11. Almacenamiento de los tratamientos a 10°C



Figura 4.12. Jitomates recubiertos con quitosana Sigma-Aldrich al 2% y control (sin tratamiento) contaminados con hongos

4.3. Obtención del puré de jitomate

Una vez que los tratamientos cumplieron una semana de almacenamiento se prosiguió con la elaboración del puré. Como primer paso, los jitomates se lavaron y escaldaron (75 a 80°C/2 min), se licuaron por 1 min y se pasaron por una coladera para retirar las semillas y el exceso de piel. Este mismo procedimiento se llevó a cabo para los tratamientos almacenados durante dos y tres semanas. En la primera semana de haber aplicado la película se observaron cambios en la estructura del fruto recubierto con el polímero extraído del cefalotórax de camarón (quitina-quitosana), los cuales presentaron mayor turgencia, no presentaban arrugamiento en la piel, gran parte de la piel quedaba retenida en la coladera y el jugo obtenido presentó una consistencia líquida (Figura 4.13 y 4.14, respectivamente) a diferencia de los demás tratamientos, cuya consistencia fue semisólida (Figura 4.15). Una explicación al aumento de turgencia puede ser que el disolvente empleado para extraer el polímero de las cabezas de camarón es una solución saturada de cloruro de calcio y, como el calcio ayuda a mantener la estructura de la pared celular, debido a su capacidad de servir como puente entre las sustancias pécticas tanto de la pared celular como de la lámina media, formándose pectato de calcio, probablemente esté aportando estructura al tejido evitando su ablandamiento, además de retrasar la senescencia, controlar el desarrollo de alteraciones fisiológicas y provocar que la textura del fruto sea más firme (Casas-Forero y Cáez-Ramírez, 2011). Un estudio llevado a cabo por Contreras y col. (2011), empleando jitomates frescos cortados, tratados con lactato y cloruro de calcio al 3%, demostró que la firmeza a través del tiempo de almacenamiento aumentó en comparación con un testigo. Se ha observado que el tejido con concentraciones de calcio relativamente altas muestra una mayor fuerza tensil, que

es una medida de cohesión de célula a célula. La unión con el calcio probablemente reduce la susceptibilidad del sustrato péctico al ataque de las enzimas. Sin embargo, el alcance de un efecto directo del calcio sobre la actividad de las enzimas degradadoras de pectina como la poligalacturonasa (PG) y la pectinesterasa (PE), no está todavía claro. La actividad tanto de PE como de la PG aumentan con el incremento de niveles de calcio en los tejidos del jitomate (Ferguson y Boyd, 2002). Este efecto del calcio sobre las enzimas, es el causante de la separación de fases en el jugo de jitomate y, por consiguiente, en el puré.



Figura 4.13. Residuo obtenido después de filtrar el jugo de jitomate en los diferentes tratamientos



Figura 4.14. Jugo de jitomate obtenido del fruto recubierto con quitina-quitosana



Figura 4.15. Comparación entre el jugo de jitomate recubierto con el polímero quitosana Sigma-Aldrich al 2% (izquierda) y el jugo obtenido a partir del fruto recubierto con quitina-quitosana (derecha)

Durante la maduración del jitomate se produce un incremento de las enzimas PE y PG (Fennema, 2000). La enzima PE es liberada durante la extracción del jugo, hidroliza los grupos de éster metílico, formando metanol y, sucesivamente, pectinas de menor metoxilo, ácido pectínicos y ácidos pécticos, que precipitan en presencia de calcio, formando sales insolubles (pectato de calcio), aglomerando las partículas en una red tridimensional las cuales pueden agregarse o asentarse (Figura 4.16). Este fenómeno se conoce como clarificación y es muy común en los jugos de naranja (Primo, 1998). La clarificación por acción enzimática se considera un defecto asociado con la pérdida de calidad de algunos jugos ricos en PE, como los cítricos y los de jitomate de mesa, causando separación de fases, pérdida de turbidez, modificación de la textura, reducción de la viscosidad, pérdida de color y poca retención del sabor (Maca y col., 2013).

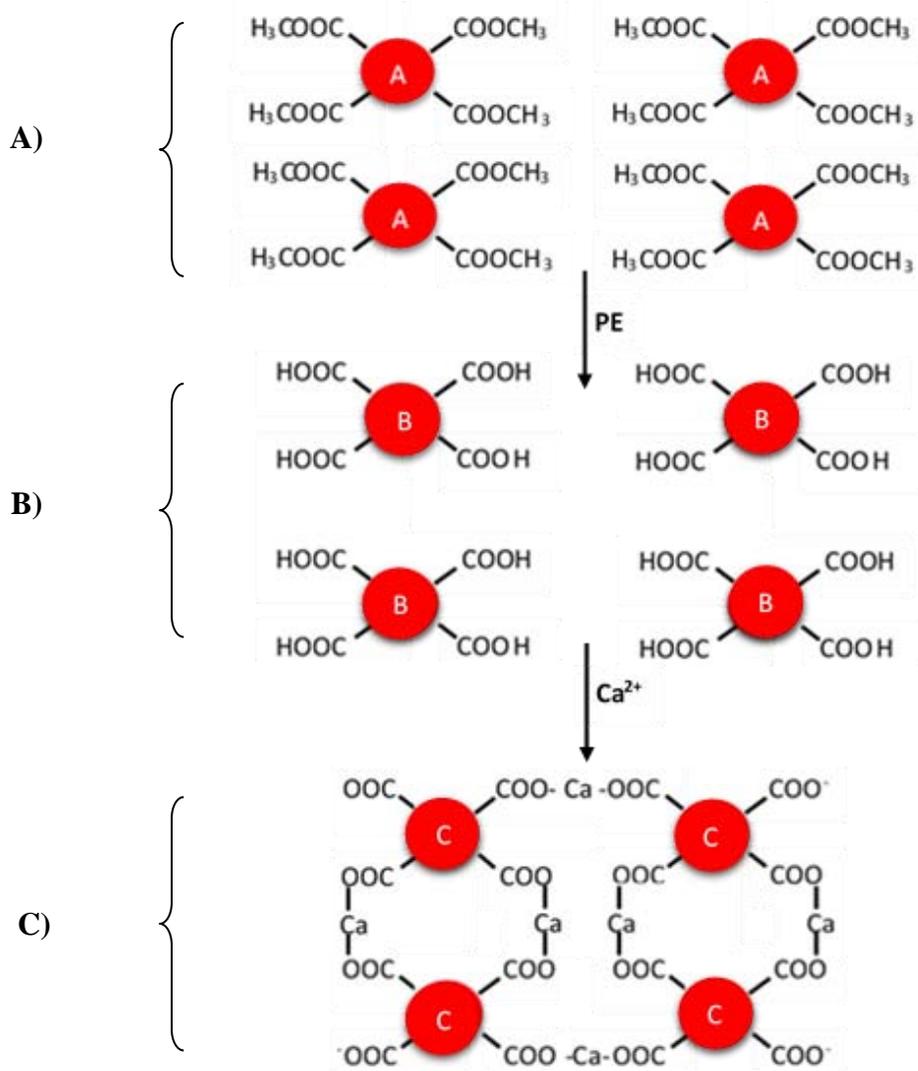


Figura 4.16. Mecanismo de acción de la enzima pectinesterasa. A) Partículas de pulpa en suspensión con los grupos $-\text{COO}-\text{CH}_3$ en la superficie. B) Partículas desmetoxiladas por la acción de la pectinesterasa. C) Partículas aglomeradas por puentes de Ca^{2+} (Primo, 1998)

Una vez obtenido el jugo de jitomate, se le adicionó 1% de sal, respecto de la masa del jugo y se concentró a 10°Brix, como especifica la NMX-F-033-1982 (DOF, 1982), valor mínimo para que pueda considerarse como puré de jitomate según dicha norma. La consistencia del puré obtenido de frutos recubiertos con el polímero quitina-quitosana arrojó una consistencia líquida y una fase inestable, hubo separación de los componentes del puré (agua y materia orgánica), como puede apreciarse en la Figura 4.17.



Figura 4.17. Comparación entre los purés obtenidos de los diferentes tratamientos quitina-quitosana, quitosana al 0.5, 1.5, 2.0% y el control (orden de izquierda a derecha)

Las características que presentaron los productos finales pueden deberse a:

- La presencia de calcio en el recubrimiento, remanente del disolvente empleado para extraer el polímero de quitina-quitosana, y las sales de calcio en el jugo promovieron la formación de pectato de calcio favoreciendo la clarificación.
- La combinación tiempo-temperatura del escaldado (75 a 80°C/2 min) en el jitomate no fue la adecuada, no hubo un control adecuado en la inactivación de enzimas pectinolíticas, en especial de la enzima pectinesterasa. En la industria, cuando se desean productos de alta consistencia, se tritura en caliente, a 85 a 90°C (proceso conocido como “*Hot break*”), con lo que se consigue inactivar las enzimas y retener pectinas de cadena larga (Primo, 1998).
- El proceso de pasteurización no fue inmediato, siendo esta una operación clave y debió realizarse con la menor dilatación, después de la extracción del jugo de jitomate, lo cual contribuyó a que la enzima desmetilara las pectinas.

Dado lo anterior y con base en la literatura, es posible evitar la precipitación mediante la degradación de los ácido pectínicos en jugos. El método encontrado está basado en el montado para el jugo de naranja, el cual podría llevarse a cabo con el jugo de jitomate en otra investigación. El método consiste en agregar, minutos antes de la pasteurización, algunas poligaracturonasas (PG) comerciales degradantes de las pectinas, con lo cual se logra aumentar la turbiedad y la proporción de sólidos solubles en suspensión; sin embargo, se tiene el inconveniente de que la viscosidad del suero disminuye. Las enzimas pécticas utilizadas producen una despolarización de las pectinas, tanto del suero como de la pulpa en

suspensión, que da lugar a pectatos de calcio⁸ solubles de baja masa molecular (Primo, 1998).

4.4. Parámetros cuantitativos de seguimiento para el comportamiento del fruto y en el jugo de jitomate

4.4.1. Pérdida de humedad en el fruto

Los resultados de la Tabla 4.1 muestran efectos positivos en cuanto al control de la pérdida de humedad en los frutos, en comparación con el lote control (sin recubrimiento), a pesar de los daños mecánicos (abrasiones superficiales y/o cortes) producidos durante el lavado de los jitomates, ya que estos pueden acelerar la pérdida de agua (Kader, 2002). Los frutos recubiertos con el polímero quitina-quitosana fueron los que presentaron menor pérdida de humedad.

Tabla 4.1. Porcentaje de humedad perdido en frutos con las diferentes biopelículas y los frutos control (sin tratamiento)

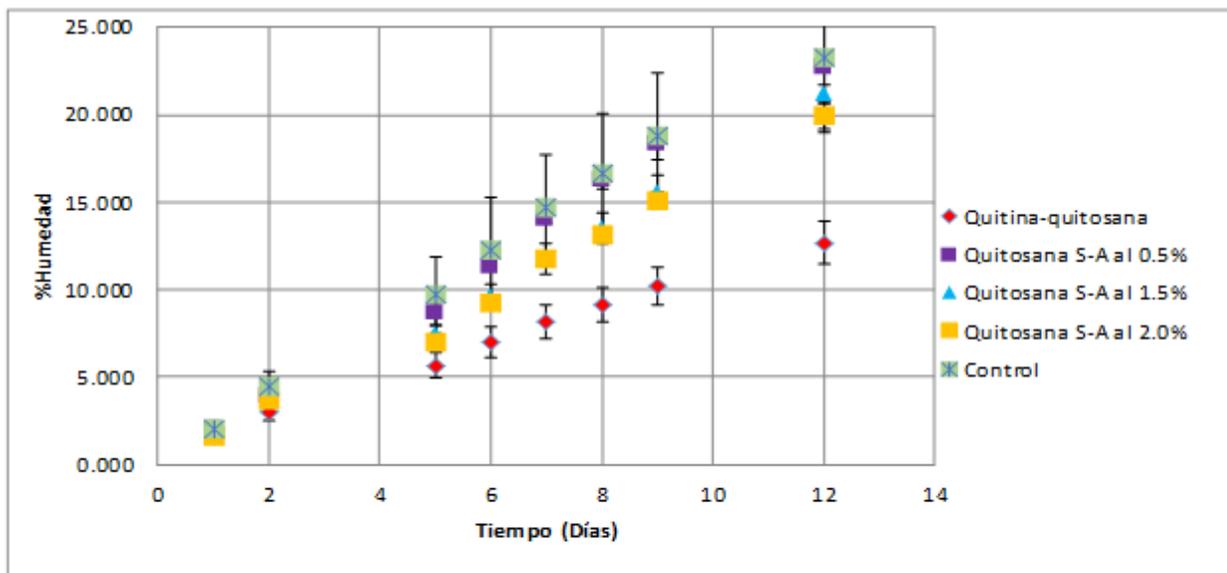
Día	%Humedad Tratamientos				
	Control	Quitosana S-A al 0.5%	Quitosana S-A al 1.5%	Quitosana S-A al 2.0%	Quitina-quitosana
1	2.064±0.310	2.034±0.070	1.905±0.164	1.672±0.002	1.589±0.229
2	4.434±0.927	3.909±0.133	4.082±0.274	3.687±0.002	2.945±0.434
5	9.682±2.183	8.618±0.648	7.436±0.491	7.031±0.199	5.645±0.732
6	12.276±2.955	11.304±0.105	9.580±0.683	9.240±0.029	6.963±0.868
7	14.663±3.069	14.031±0.261	11.749±0.855	11.725±0.335	8.164±0.960
8	16.632±3.674	16.254±0.486	13.485±0.880	13.088±0.320	9.176±0.975
9	18.757±3.674	18.296±0.882	15.577±0.970	15.067±0.462	10.221±1.093
12	23.274±4.324	22.660±0.140	21.246±0.481	19.921±0.756	12.687±1.239

Nota: Para cada tratamiento se realizó el seguimiento de masa en tres jitomates. Se muestra el promedio de tres determinaciones

La Gráfica 4.1 muestra la pérdida de humedad entre los diferentes tratamientos. Los resultados del análisis estadístico de varianza, ANDEVA, con un $\alpha=0.05$ indicaron que entre

⁸ En la referencia original aparece la palabra *cálcicos* pero debe mencionarse que el sodio, el calcio, el potasio, el amonio, por poner solamente estos cuatro cationes como ejemplo, tienen una valencia y, por ende, no hay compuestos calzosos, sodosos, potasosos o aminosos, por lo que aunque la Academia de la Lengua Española tenga listados a algunos de ellos, químicamente son términos incorrectos que deberían retirarse, en vez de retirar otros que eran correctos como tensoactivo que fue sustituido por surfactante o eluir por fluir cuando su significado no corresponde al fenómeno específico (Nota de la asesora)

los frutos recubiertos con las películas (0.5, 1.5 y 2.0% de quitosana S-A y el polímero obtenido) y el control (sin tratamiento) hubo diferencia significativa (Ver Anexo II. Tabla 2.1) en el porcentaje de humedad perdido debido a los diferentes tratamientos con respecto al control y a través del tiempo de almacenamiento. Con base en la Tabla 2.1a sobre la prueba de múltiple rango del Anexo II, se aprecia que entre las muestras recubiertas con quitosana S-A al 0.5% y el control no hubo diferencia estadísticamente significativa, así como entre los tratamientos quitosana S-A al 2.0% y quitosana Sigma 1.5%. El lote recubierto con el polímero obtenido mostró una diferencia estadísticamente significativa con un nivel del 95% de confianza con respecto a los demás tratamientos y el control (sin tratamiento).



Gráfica 4.1. Pérdida de humedad de los jitomates expresada en porcentaje (esta investigación usa el punto decimal de acuerdo con la norma respectiva, DOF, 2009)

Probablemente los jitomates tratados con el polímero quitina-quitosana conservaron por más tiempo la humedad en el fruto debido a la presencia de residuo del disolvente MAC-141©, que presenta CaCl_2 , el cual posee propiedades higroscópicas. Además este recubrimiento tardó 5 días en secar sobre el fruto, a diferencia de los recubiertos con quitosana S-A que tardaron 2 días.

4.4.2. Determinación del porcentaje de acidez

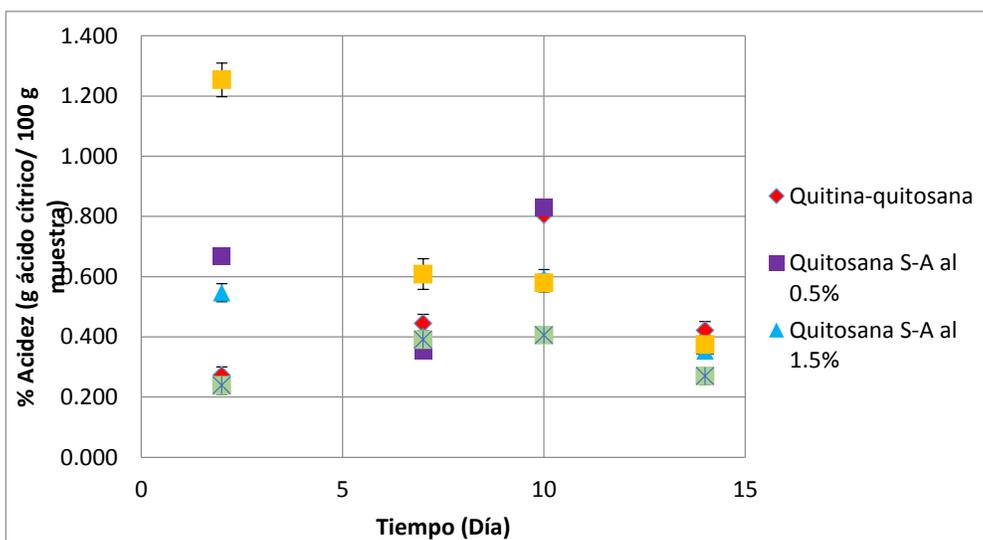
En la Tabla 4.2 se observan los resultados de la concentración de ácido cítrico. El contenido de ácidos orgánicos varía en un mismo vegetal según el grado de maduración y la variedad. En el caso del jitomate predomina el ácido cítrico; su acidez valorable oscila, normalmente,

entre 0.3 y 0.5 g ácido cítrico por 100 gramo de pulpa (Primo, 1998). En la Gráfica 4.2 se aprecia que la concentración decreció conforme avanzó el tiempo de almacenamiento. Esto se debió a que durante la senescencia del fruto los ácidos orgánicos tienden a disminuir su contenido, atribuyéndose este descenso a la oxidación en el metabolismo respiratorio (Fennema, 2000).

Tabla 4.2. Porcentaje de acidez en el jugo a partir del fruto recubierto con las diferentes biopelículas y del fruto control (sin tratamiento)

Día	Porcentaje de acidez (g Ácido cítrico/100 g muestra)				
	Control	Quitosa S-A al 0.5%	Quitosa S-A al 1.5%	Quitosa S-A al 2.0%	Quitina- quitosa
2	0.239±0.030	0.666±0.000	0.546±0.030	1.254±0.056	0.271±0.029
7	0.391±0.029	0.354±0.000	0.403±0.000	0.608±0.051	0.445±0.030
10	0.405±0.000	0.830±0.000	0.596±0.028	0.579±0.029	0.805±0.000
14	0.270±0.029	0.370±0.029	0.352±0.000	0.375±0.030	0.422±0.029

Nota: Se muestra el promedio de tres determinaciones



Gráfica 4.2. Porcentaje de acidez en el jugo de jitomate de los diferentes tratamientos con respecto al tiempo

Los resultados del análisis estadístico de varianza, ANDEVA, con $\alpha=0.05$ indicaron que hubo diferencia significativa respecto del valor del porcentaje de acidez del jugo de jitomate obtenido de los jitomates recubiertos con los diferentes tratamientos y el lote control (Ver Anexo II, Tabla 2.2). Entre los frutos recubiertos con quitina-quitosa y quitosa S-A al 1.5% no hubo diferencia estadísticamente significativa con un nivel del 95% de confianza

respecto de la concentración de ácido cítrico, con base en la prueba de múltiple rango de la Tabla 2.2a del Anexo II.

4.4.3. Determinación de pH

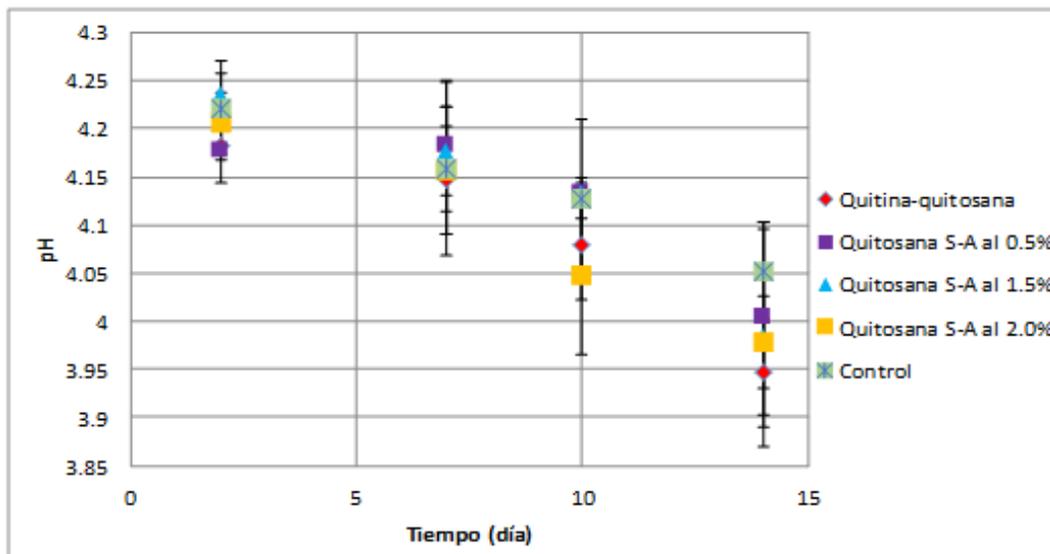
En la Tabla 4.3 se muestran los resultados del valor de pH en el jugo obtenido de los diferentes recubrimientos y el control. El pH del jugo de jitomate se sitúa normalmente entre 4.2 y 4.4 (Ciruelos, 2008).

Tabla 4.3. Valores de pH medidos en el jugo a partir del fruto recubierto con las diferentes biopelículas y del fruto control (sin tratamiento)

Día	pH				
	Control	Quitosa S-A al 0.5%	Quitosa S-A al 1.5%	Quitosa S-A al 2.0%	Quitina- quitosa
2	4.221±0.036	4.176±0.009	4.235±0.035	4.206±0.031	4.183±0.039
7	4.158±0.090	4.183±0.068	4.176±0.046	4.156±0.066	4.147±0.056
10	4.128±0.021	4.132±0.078	4.132±0.012	4.048±0.082	4.079±0.056
14	4.051±0.053	4.003±0.101	3.983±0.113	3.978±0.048	3.946±0.056

Nota: Se muestra el promedio de tres determinaciones

Los resultados no son lo esperado ya que los valores disminuyen conforme pasa el tiempo (Gráfica 4.3). El valor de pH está asociado con la concentración de los ácidos orgánicos presentes en el fruto, los cuales al disminuir durante la senescencia del fruto, provocan que el valor aumente. A pesar de esto, los valores de pH se encuentran dentro del rango de calidad requerido para garantizar la estabilidad microbiológica durante el procesado a nivel industrial (Ciruelos, 2008).



Gráfica 4.3. Valores de pH en el jugo de jitomate de los diferentes tratamientos con respecto al tiempo

Los resultados del análisis estadístico muestran que los factores tiempo de almacenamiento y tratamiento tienen un efecto estadísticamente significativo sobre el valor de pH con un valor de 95.0% de nivel de confianza (Ver Anexo II, Tabla 2.3). Los tres grupos de tratamiento que no mostraron diferencia estadísticamente significativa entre sí, con un nivel del 95.0% de confianza fueron: Quitina-quitosana (polímero obtenido)-quitosana S-A al 2.0%, quitosana S-A al 2.0%-quitosana S-A al 1.5%- quitosana S-A al 0.5% y quitosana S-A al 0.5%-quitosana S-A al 1.5%-control (Anexo II, Tabla 2.3a).

4.4.4. Determinación de sólidos medidos como °Brix

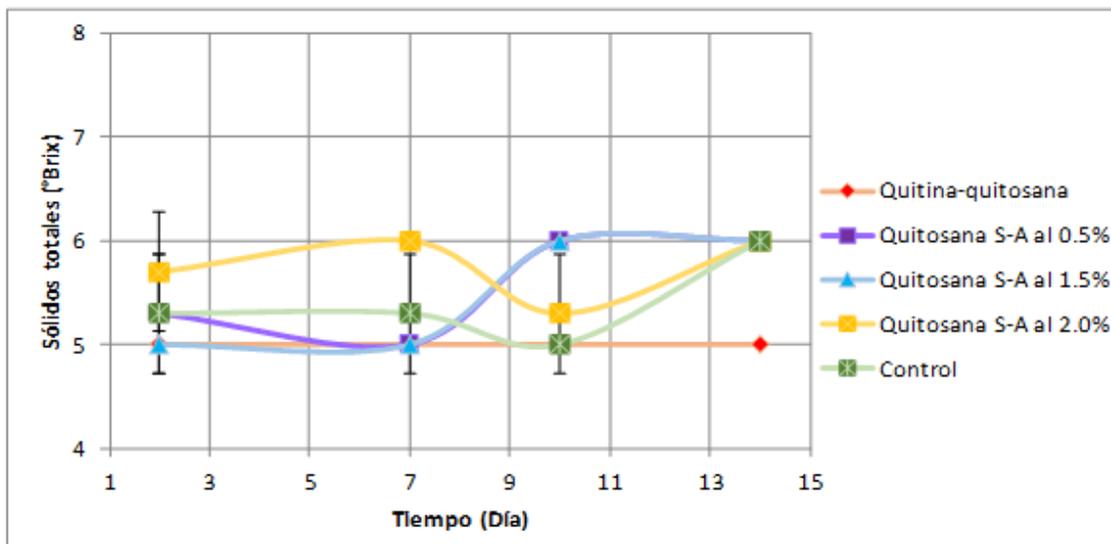
En la Tabla 4.4 se muestra el contenido de los sólidos solubles. Los hidratos de carbono más importantes son los glúcidos, que constituyen el 50 a 70% aproximadamente de los sólidos totales y la casi totalidad de los sólidos solubles. La glucosa y fructosa son los principales componentes (Primo, 1998). Como un parámetro de calidad se tienen valores entre 4.5 y 5.5 °Brix, lo que influye sobre el contenido de sólidos solubles son factores agrológicos, especialmente la climatología durante el periodo de maduración y el riego, que pueden hacer variar el contenido en °Brix para frutos de una misma variedad entre 4 y 7 (Ciruelos, 2008).

Tabla 4.4. Contenido de °Brix medidos en el jugo a partir del fruto recubierto con las diferentes biopelículas y del fruto control (sin tratamiento)

Día	°Brix				
	Control	Quitosana S-A al 0.5%	Quitosana S-A al 1.5%	Quitosana S-A al 2.0%	Quitina-quitosana
2	5.3±0.577	5.3±0.577	5.0±0.000	5.7±0.577	5.0±0.000
7	5.3±0.577	5.0±0.000	5.0±0.000	6.0±0.000	5.0±0.000
10	5.0±0.000	6.0±0.000	6.0±0.000	5.3±0.577	5.0±0.000
14	6.0±0.000	6.0±0.000	6.0±0.000	6.0±0.000	5.0±0.000

Nota: Se muestra el promedio de tres determinaciones

Para esta determinación se esperaba que el porcentaje de sólidos aumentara conforme avanzara el tiempo, en especial en los frutos testigo (sin recubrimiento) debido a la evolución de la madurez (Amaya y col., 2009). En la Gráfica 4.4 se observa que, a partir del día diez, se presentó un ligero incremento de los sólidos en los jugos de los frutos con recubrimiento, en especial en los frutos recubiertos con quitosana S-A al 1.5% al perder humedad y aumentar su contenido de sólidos. Sin embargo, en el lote recubierto con el polímero quitina-quitosana no se presentó incremento en los sólidos solubles debido, probablemente, a una disminución en el proceso de maduración.



Gráfica 4.4. Sólidos solubles (°Brix) en jugo de jitomate de los diferentes tratamientos con respecto al tiempo

Los resultados del análisis estadístico de varianza, ANDEVA, con un $\alpha=0.05$ indicaron que sí hubo diferencia significativa con respecto al valor de los sólidos solubles en el jugo de jitomate (Ver Anexo II, Tabla 2.4). El análisis de las medias (Tabla 2.4a, Anexo II) muestra que no hubo diferencia entre el lote control, quitosana S-A al 1.5%, quitosana S-A 0.5%, y que no hay diferencia entre los lotes tratados con quitosana S-A al 0.5% y quitosana S-A al 2.0%. El tratamiento de quitina-quitosana mostró diferencia significativa respecto a los demás tratamientos. Los resultados de humedad en el fruto y los valores obtenidos del jugo (acidez, pH y sólidos solubles) mostraron que se modifican las características de calidad relacionadas con el sabor por efecto de los tratamientos y durante el almacenamiento, donde diversos glúcidos, ácidos orgánicos, aminoácidos y sales representan los principales componentes del sabor (Contreras y col., 2011). En el caso del lote con recubrimiento de quitina-quitosana el fruto sufrió cambios en su estructura al presentar mayor turgencia, presentó menor pérdida de humedad y no hubo cambios en los sólidos solubles.

4.5. Parámetros cuantitativos de seguimiento para el comportamiento del puré con respecto al tiempo

4.5.1. Determinación del porcentaje de acidez, pH y de los sólidos medidos como °Brix

Los resultados de la medición de acidez titulable, pH y sólidos solubles, se presentan en las Tablas 4.5 a 4.7, respectivamente.

Los resultados del análisis estadístico de varianza, ANDEVA, con $\alpha=0.05$ indicaron que si hubo diferencia significativa entre los tratamientos y el control con respecto al valor del porcentaje de acidez, pH y de los sólidos solubles en los purés de jitomate, elaborados con frutos recubiertos y almacenados por una, dos y tres semanas. (Ver Anexo II, Tabla 2.5 a 2.13). Esto puede ser atribuido a las características del fruto, ya que fue mencionado que los lotes de jitomate presentan diferente grado de madurez y/o cantidad de ácido cítrico.

Tabla 4.5. Porcentaje de acidez (g ácido cítrico/ 100 g muestra) medidos en el puré de jitomate a partir del fruto recubierto con las diferentes biopelículas y del fruto control (sin tratamiento)

Obtención del puré con frutos recubiertos almacenados por una semana					
Día	Control	Quitosa S-A al 0.5%	Quitosa S-A al 1.5%	Quitosa S-A al 2.0%	Quitina- quitosa
1	0.526±0.058	0.562±0.000	0.510±0.000	0.630±0.058	0.540±0.058
3	0.494±0.058	0.563±0.000	0.511±0.000	0.612±0.000	0.505±0.000
7	0.460±0.000	0.510±0.000	0.494±0.058	0.579±0.058	0.494±0.058
9	0.478±0.058	0.477±0.058	0.461±0.000	0.595±0.058	0.425±0.058
11	0.459±0.000	0.512±0.000	0.478±0.058	0.613±0.000	0.494±0.058
Obtención del puré con frutos recubiertos almacenados por dos semanas					
1	0.666±0.100	0.683±0.058	0.734±0.058	0.579±0.058	0.665±0.000
3	0.477±0.058	0.461±0.000	0.511±0.000	0.511±0.000	0.502±0.000
7	0.546±0.058	0.511±0.000	0.528±0.058	0.580±0.058	0.474±0.000
9	0.410±0.000	0.461±0.000	0.512±0.000	0.511±0.000	0.461±0.000
11	0.409±0.000	0.410±0.000	0.427±0.058	0.392±0.058	0.409±0.000
Obtención del puré con frutos recubiertos almacenados por tres semanas					
1	N.A.	0.424±0.058	0.424±0.058	0.459±0.000	0.579±0.058
3	N.A.	0.423±0.058	0.407±0.058	0.460±0.000	0.558±0.058
7	N.A.	0.410±0.000	0.423±0.000	0.505±0.000	0.596±0.000
9	N.A.	0.341±0.058	0.393±0.058	0.512±0.058	0.580±0.058
11	N.A.	0.357±0.000	0.375±0.058	0.444±0.058	0.561±0.000

Nota: Se muestra el promedio de tres determinaciones

La tabla de prueba de múltiple rango (Anexo II, Tabla 2.5a) mostraron que el efecto de la película (quitosa Sigma a 0.5, 1.5 y 2.0%) y el polímero obtenido no ejerció ninguna influencia con respecto al valor de acidez en el puré de jitomate. Esto se debió a que los grupos de tratamiento control, quitosa S-A al 1.5%, el polímero obtenido quitina-quitosa, así como el grupo control, quitosa S-A al 0.5%, quitina-quitosa, quitosa S-A al 2%, no mostraron diferencia significativa entre un nivel de tratamiento y otro.

Es importante mencionar que la cantidad de ácido cítrico presente en el puré de jitomate es mayor, a diferencia de los resultados obtenidos en el jugo de jitomate. Esto puede deberse a que se emplearon diferentes lotes para la elaboración del puré y para el seguimiento de la acidez en el jugo del jitomate.

La tabla de prueba de múltiple rango (Anexo II, Tabla 2.8) muestra que, en la primera semana, todos los tratamientos eran diferentes entre sí, respecto del valor de pH, lo cual indica que la materia prima presenta diferente grado de madurez. En la semana número tres los tratamientos que no mostraron diferencia estadísticamente significativa fueron quitosana S-A al 0.5%, quitosana S-A al 1.5% y quitosana S-A al 2% (Anexo II, Tabla 2.10).

Tabla 4.6. Valores de pH medidos en el puré de jitomate a partir del fruto recubierto con las diferentes biopelículas y del fruto control (sin tratamiento)

Obtención del puré con frutos recubiertos almacenados por una semana					
Día	Control	Quitosana S-A al 0.5%	Quitosana S-A al 1.5%	Quitosana S-A al 2.0%	Quitina-quitosana
1	4.424 ^{±0.038}	4.404 ^{±0.004}	4.388 ^{±0.010}	4.366 ^{±0.022}	4.307 ^{±0.034}
3	4.382 ^{±0.006}	4.306 ^{±0.011}	4.259 ^{±0.014}	4.234 ^{±0.008}	4.245 ^{±0.008}
7	4.375 ^{±0.021}	4.341 ^{±0.009}	4.308 ^{±0.001}	4.313 ^{±0.022}	4.254 ^{±0.003}
9	4.324 ^{±0.002}	4.291 ^{±0.002}	4.249 ^{±0.006}	4.249 ^{±0.006}	4.233 ^{±0.022}
11	4.318 ^{±0.010}	4.290 ^{±0.015}	4.286 ^{±0.006}	4.257 ^{±0.015}	4.245 ^{±0.017}
Obtención del puré con frutos recubiertos almacenados por dos semanas					
1	4.416 ^{±0.006}	4.328 ^{±0.008}	4.341 ^{±0.003}	4.360 ^{±0.020}	4.338 ^{±0.006}
3	4.300 ^{±0.023}	4.253 ^{±0.017}	4.240 ^{±0.001}	4.247 ^{±0.002}	4.309 ^{±0.015}
7	4.382 ^{±0.016}	4.266 ^{±0.007}	4.244 ^{±0.024}	4.200 ^{±0.035}	4.278 ^{±0.021}
9	4.433 ^{±0.026}	4.299 ^{±0.034}	4.313 ^{±0.001}	4.333 ^{±0.026}	4.285 ^{±0.023}
11	4.413 ^{±0.010}	4.310 ^{±0.008}	4.310 ^{±0.003}	3.338 ^{±0.002}	4.338 ^{±0.021}
Obtención del puré con frutos recubiertos almacenados por tres semanas					
1	N.A.	4.501 ^{±0.009}	4.471 ^{±0.034}	4.525 ^{±0.020}	4.333 ^{±0.010}
3	N.A.	4.597 ^{±0.004}	4.571 ^{±0.031}	4.635 ^{±0.012}	4.445 ^{±0.006}
7	N.A.	4.859 ^{±0.576}	4.521 ^{±0.003}	4.567 ^{±0.009}	4.360 ^{±0.011}
9	N.A.	4.360 ^{±0.010}	4.353 ^{±0.012}	4.418 ^{±0.014}	4.213 ^{±0.013}
11	N.A.	4.480 ^{±0.015}	4.472 ^{±0.019}	4.526 ^{±0.015}	4.321 ^{±0.009}

Nota: Se muestra el promedio de tres determinaciones

El puré de jitomate no experimentó cambios significativos en el valor de pH ni en los sólidos solubles (Tabla 4.7). Esto podría deberse a la estabilidad microbiológica que presenta el producto, ya sea por utilizar materia prima con un valor bajo de pH, lo que asegura su estabilidad microbiológica, debido al proceso de pasteurización y/o porque el producto se mantuvo almacenado a una temperatura de refrigeración.

Tabla 4.7. Sólidos solubles (°Brix) medidos en el puré de jitomate a partir del fruto recubierto con las diferentes biopelículas y del fruto control (sin tratamiento)

Obtención del puré con frutos recubiertos almacenados por una semana					
Día	Control	Quitosana S-A al 0.5%	Quitosana S-A al 1.5%	Quitosana S-A al 2.0%	Quitina-quitosana
1	10.0±0.000	10.0±0.000	10.0±0.000	10.0±0.000	10.0±0.000
3	10.0±0.000	10.0±0.000	10.0±0.000	10.0±0.000	10.0±0.000
7	10.0±0.000	10.0±0.000	10.0±0.000	10.2±0.289	10.2±0.289
9	10.2±0.289	10.0±0.000	10.2±0.289	10.5±0.000	10.2±0.289
11	10.2±0.289	10.0±0.000	10.0±0.000	10.5±0.000	10.0±0.000
Obtención del puré con frutos recubiertos almacenados por dos semanas					
1	10.3±0.289	10.0±0.000	10.0±0.000	10.7±0.289	10.0±0.000
3	10.8±0.289	10.0±0.000	10.8±0.289	11.0±0.000	10.0±0.000
7	10.0±0.000	10.0±0.000	10.0±0.000	10.0±0.000	10.0±0.000
9	10.7±0.289	10.0±0.000	10.5±0.000	10.5±0.000	10.0±0.000
11	10.5±0.000	10.0±0.000	10.2±0.289	10.3±0.289	10.0±0.000
Obtención del puré con frutos recubiertos almacenados por tres semanas					
1	N.A.	10.0±0.000	9.3±0.577	10.0±0.000	10.0±0.000
3	N.A.	10.0±0.000	9.3±0.577	10.0±0.000	10.0±0.000
7	N.A.	10.0±0.000	9.3±0.577	10.7±0.577	10.0±0.000
9	N.A.	10.0±0.000	9.0±0.000	10.7±0.577	10.0±0.000
11	N.A.	10.0±0.000	9.3±0.577	11.0±0.000	10.0±0.000

Nota: Se muestra el promedio de tres determinaciones

En la literatura no fue posible encontrar estudios que demuestren que el uso de frutos recubiertos con biopelículas ejerza algún efecto sobre un producto elaborado a partir de dichos frutos. Lo que sí puede decirse es que en el jitomate destinado para procesado es importante la calidad interna que presenta el fruto, como acidez, contenido de sólidos solubles, pH y materia seca (Ciruelos, 2008).

4.6. Evaluación cualitativa de seguimiento para el comportamiento del puré de jitomate con respecto al tiempo

4.6.1. Determinación de mesófilos aerobios por cuenta en placa

Estas pruebas fueron realizadas por duplicado en el puré de jitomate. Para cada tratamiento se llevó a cabo un análisis microbiológico después del proceso de pasteurización (con base en la metodología de elaboración del puré mostrado en la Figura 3.2). Las muestras de puré de jitomate fueron almacenadas a una temperatura de 6°C y el segundo análisis microbiológico se llevó a cabo en un periodo de once días. En la Tabla 4.8 se aprecian los

resultados de dichas pruebas. Con base en la NMX-F-033-1982. Alimentos para humanos. Puré de tomate envasado (DOF, 1982), el producto sí cumplió con las especificaciones microbiológicas para que éste pudiera ser apto para su consumo después del día once de su elaboración. Los resultados de la Tabla 4.8 muestran un crecimiento bacteriano poco favorable, esto puede deberse a las características del producto (niveles bajos de pH, alto contenido de hidratos de carbono y baja temperatura de almacenamiento).

No se encontró que el uso del recubrimiento quitina-quitosana ejerciera algún efecto benéfico antimicrobiano en el puré de jitomate, esto puede deberse a que no se incorporó el polímero como un aditivo. Como ya se mencionó y se comprobó anteriormente las propiedades fungicidas de la quitina y sus derivados han sido probados con el uso de películas sobre los frutos, pero también la quitina y sus derivados pueden ser utilizados en la industria alimentaria como conservantes de alimentos. Tienen una actividad antimicrobiana que les permite proteger los productos alimenticios del deterioro microbiano (Hamed y col., 2015).

Tabla 4.8. Bacterias mesofílicas en placa en agar cuenta estándar incubadas por 48 h a 37°C UFC/g de muestra

Día	Quitina-quitosana	Quitosana S-A al 0.5%	Quitosana S-A al 1.5%	Quitosana S-A al 2.0%	Control
Puré elaborado a partir de frutos almacenados por una semana					
1	<10/g muestra	<10/g muestra	<10/g muestra	<10/g muestra	<10/g muestra
11	<10/g muestra	<10/g muestra	<10/g muestra	<10/g muestra	<10/g muestra
Puré elaborado a partir de frutos almacenados por dos semana					
1	<10/g muestra	<10/g muestra	<10/g muestra	<10/g muestra	<10/g muestra
11	<10/g muestra	<10/g muestra	<10/g muestra	<10/g muestra	<10/g muestra
Puré elaborado a partir de frutos almacenados por tres semana					
1	<10/g muestra	<10/g muestra	<10/g muestra	<10/g muestra	<10/g muestra
11	<10/g muestra	<10/g muestra	<10/g muestra	<10/g muestra	<10/g muestra

Nota: Se muestra el promedio de dos determinaciones. Los valores son estimados porque las cajas no presentaron colonias

4.7. Evaluación sensorial del puré de jitomate empleando una prueba afectiva de nivel de agrado

Para esta parte de la investigación, la encuesta fue aplicada a 50 estudiantes (Pedrero y Pangborn, 1996) dentro de la Facultad de Química de la UNAM a quienes se les pidió que marcaran el nivel de agrado para cada muestra y mencionaran cuál preferían y por qué razón (Figuras 4.18 y 4.19).

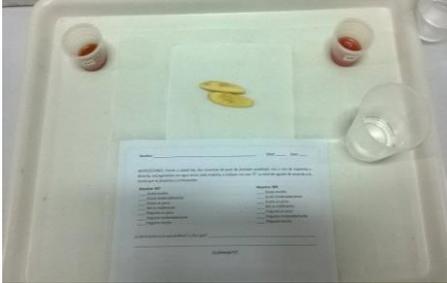


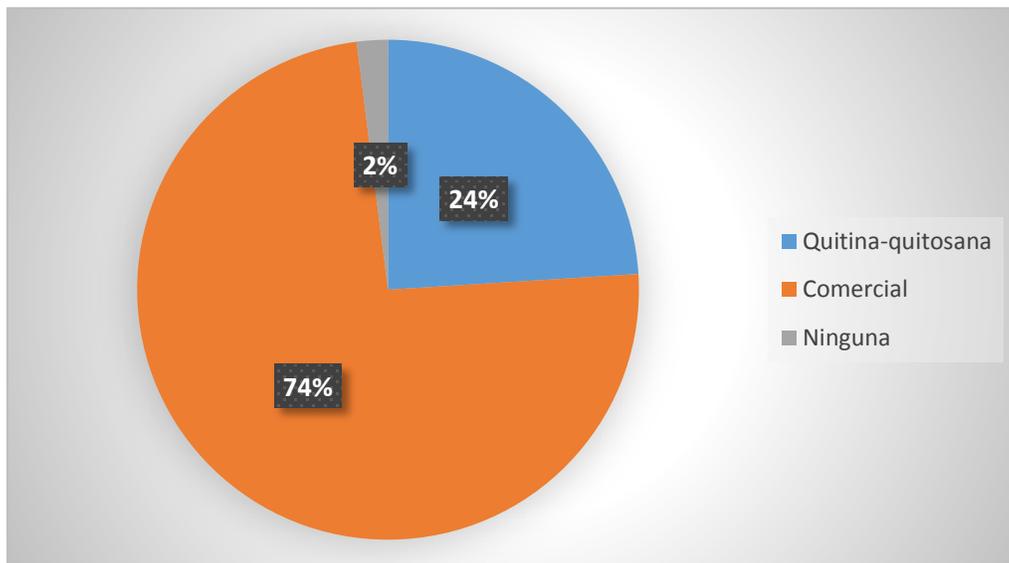
Figura 4.18. Charola presentada a los consumidores



Figura 4.19. Evaluación de las muestras de puré de jitomate

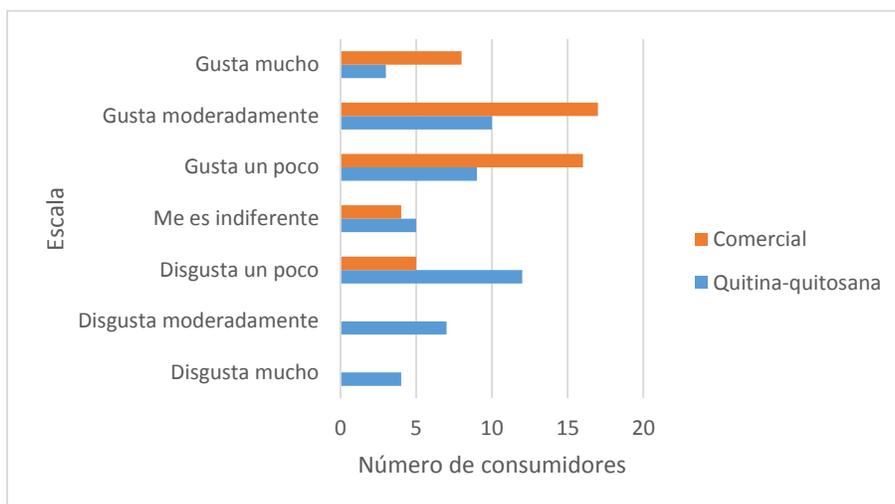


El puré de jitomate comercial presentó un nivel de agrado mayor en comparación con el elaborado a partir de frutos recubiertos con el polímero quitina-quitosana, como se aprecia en la Gráfica 4.5. De las 50 personas encuestadas, 37 prefirieron el puré comercial. Entre las razones mencionadas, el 59.5% de los consumidores la eligieron por su sabor y consistencia semisólida, el 27.0% la prefiere solamente por la consistencia semisólida y un 13.5% por su sabor (Gráfica 4.6).



Gráfica 4.5. Porcentaje de preferencia de las muestras de puré de jitomate

Es importante resaltar que de las 12 personas que eligieron la muestra de puré de jitomate elaborada en el laboratorio, un 33.3% mencionó que a pesar de tener un sabor agradable no les agradó mucho la consistencia líquida de la muestra, porque daba la impresión de ser un producto diluido. El resto de los encuestados, 66.7%, que eligió la muestra solamente mencionó que les agradó por el sabor y la consistencia líquida.



Gráfica 4.6. Comparación del nivel de agrado de las muestras de puré de jitomate

Dado lo anterior y con base en la literatura, para llevar a cabo el análisis de los datos obtenidos en la prueba afectiva se asignaron valores a cada nivel de agrado en una escala estructurada (Pedrero y Pangborn, 1996). Los resultados obtenidos sensorialmente para las muestras de puré de jitomate se analizaron empleando la *t* de Student para determinar la existencia de una diferencia estadísticamente significativa entre las muestras evaluadas con un nivel de significancia de 95% (Ver Anexo III, Tabla 3.2a). Para una *t* con grados de libertad de 49, dos colas y una $p=0.05$, es equivalente a 2.021 y, al compararlo con el valor calculado de $t= 4.81$, se observó que este último fue mayor. Por lo tanto, la hipótesis nula se rechaza, existiendo una diferencia significativa entre las muestras de puré evaluadas.

SEGUNDA ETAPA

Con base en los resultados anteriores, donde se obtuvo un puré de jitomate con una fase inestable, debido al efecto del calcio, se decidió trabajar con lotes de jitomates, donde se incluyera este compuesto (CaCl_2) para observar las propiedades fisicoquímicas del fruto y las características reológicas en el puré de jitomate (obtenido de los frutos con tratamiento).

4.8. Parámetros cuantitativos de seguimiento para el comportamiento del fruto y en el jugo de jitomate

4.8.1. Pérdida de humedad

Los resultados de la Tabla 4.9 (Gráfica 4.7) muestran que el uso del polímero quitina-quitosana logró retardar por más tiempo la pérdida de humedad cuando se comparó con los demás tratamientos. Se esperaba un comportamiento similar entre los tratamientos quitina-quitosana y quitosana S-A al 2% más CaCl₂ 7%, sin embargo se observa que el grupo tratado con el polímero obtenido logró retardar con mayor eficiencia la pérdida de agua que experimenta el fruto a través del tiempo.

Esto puede deberse, como ya se mencionó con anterioridad, debido a la presencia de residuo del disolvente MAC-141©, que presenta CaCl₂, el cual posee propiedades higroscópicas. Además este recubrimiento tardó 5 días en secar sobre el fruto, a diferencia de los demás tratamientos.

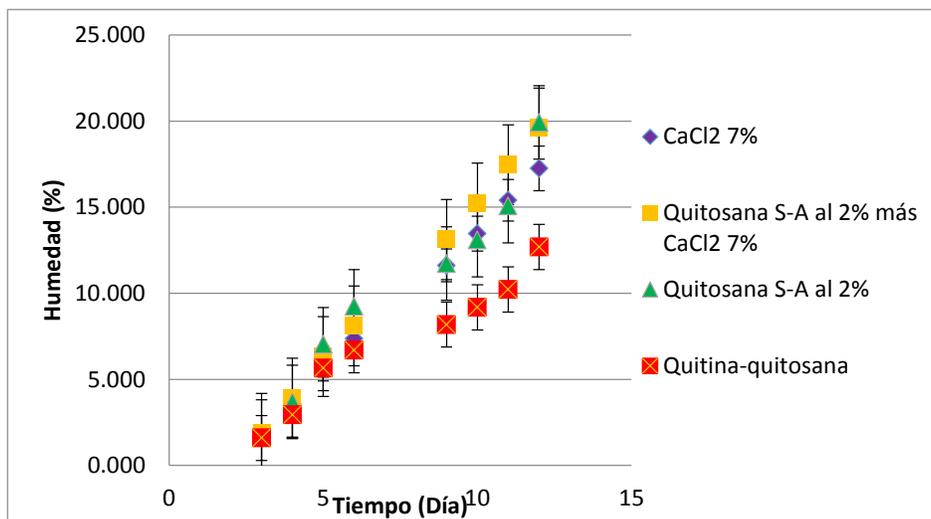
Tabla 4.9. Porcentaje de humedad perdida en frutos con los diferentes tratamientos

Día	% Humedad			
	Quitosana S-A al 2%	CaCl ₂ 7%	Quitosana S-A al 2% más CaCl ₂ 7%	Quitina-quitosana
3	1.672±0.002	1.716±0.145	1.854±0.053	1.589±0.229
4	3.687±0.002	3.569±0.411	3.910±0.097	2.945±0.434
5	7.031±0.199	5.728±0.601	6.327±0.154	5.645±0.732
6	9.240±0.029	7.368±0.737	8.108±0.187	6.963±0.868
9	11.725±0.335	11.621±0.957	13.122±0.333	8.164±0.960
10	13.088±0.320	13.466±1.010	15.243±0.404	9.176±0.975
11	15.067±0.462	15.407±1.204	17.474±0.433	10.221±1.093
12	19.921±0.756	17.258±1.303	19.599±0.520	12.687±1.239

Nota: Para cada tratamiento se realizó el seguimiento de masa en tres jitomates. Se muestra el promedio de tres determinaciones

Los resultados del análisis estadístico mostraron que los factores tiempo de almacenamiento y tratamiento tuvieron un efecto estadísticamente significativo sobre el valor del porcentaje de humedad perdido con un 95.0% de nivel de confianza (Ver Anexo II, Tabla 2.14a). Los tratamientos que no mostraron una diferencia estadísticamente significativa, con base en la prueba de múltiple rango (Anexo II, Tabla 2.14a), fueron con los siguientes pares de

muestras “quitosana S-A al 2% y CaCl₂ 7%”, y “quitosana S-A al 2% y Quitosana S-A al 2% más CaCl₂ 7%”.



Gráfica 4.7. Pérdida de humedad expresada en porcentaje de los jitomates con los diferentes tratamientos respecto al tiempo y los jitomates sin tratamiento

4.8.2. Determinación del porcentaje de acidez

En la Tabla 4.10 se presentan los resultados de porcentaje de acidez, medidos como gramos de ácido cítrico en 100 gramos de muestra de jugo de jitomate.

Tabla 4.10. Porcentaje de acidez en el jugo a partir del fruto recubierto con los diferentes tratamientos

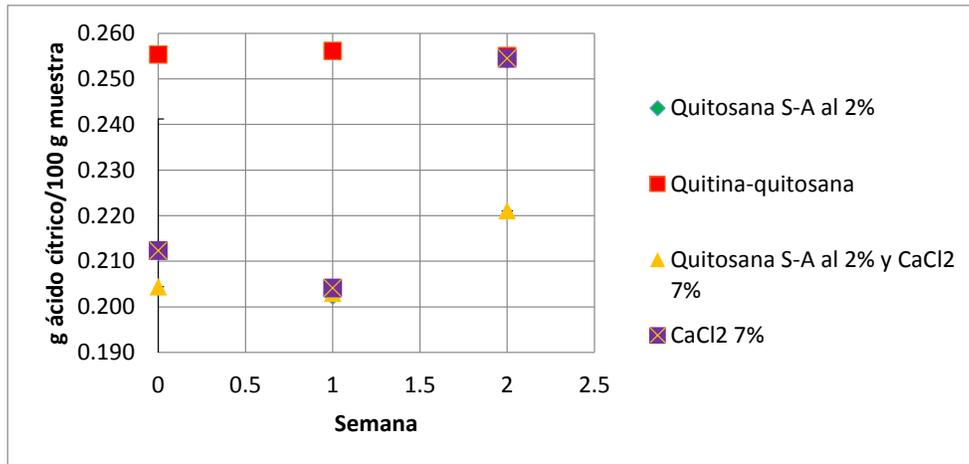
Semana	Porcentaje de acidez (g Ácido cítrico/100 g muestra)			
	Quitosana S-A al 2%	CaCl ₂ 7%	Quitosana S-A al 2% más CaCl ₂ 7%	Quitina-quitosana
0	0.212±0.029	0.212±0.029	0.204±0.000	0.255±0.000
1	0.202±0.000	0.204±0.000	0.203±0.000	0.256±0.000
2	0.254±0.000	0.254±0.000	0.221±0.000	0.255±0.000

Nota: Se muestra el promedio de tres determinaciones

Con base en el análisis estadístico de varianza, con $\alpha=0.05$, se puede decir que sí hubo diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos (Ver Anexo II, Tabla 2.15). Con base en la Tabla 2.15a del Anexo II, la prueba de múltiple rango muestra que no hubo diferencia significativa entre los frutos tratados con quitosana S-A al 2% y CaCl₂ 7%.

El uso del polímero quitina-quitosana en el fruto parece estar retardando la maduración del jitomate, ya que como se puede apreciar en la Gráfica 4.8 es el único tratamiento cuyo valor de acidez se mantiene constante a través del tiempo de almacenamiento.

Es importante mencionar que, a diferencia del comportamiento observado en la Gráfica 4.2, el porcentaje de ácido cítrico aumenta, esto podría deberse a que no se sabe con precisión la etapa de maduración en la que se encuentra el fruto.



Gráfica 4.8. Porcentaje de acidez en el jugo de jitomate de los diferentes tratamientos con respecto al tiempo

4.8.3. Determinación de pH

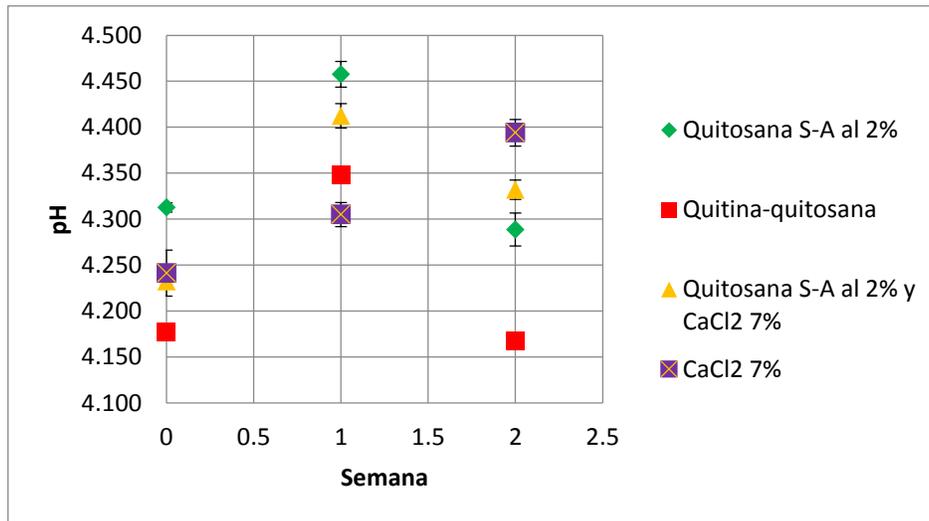
La Tabla 4.11 (Gráfica 4.9) muestra una tendencia entre los tratamientos en cuanto al incremento y posterior descenso del valor de pH, esto puede deberse, como ya se mencionó con anterioridad, a la etapa de desarrollo en la que se encuentra el fruto.

Tabla 4.11. Valores de pH medidos en el jugo a partir del fruto recubierto con los diferentes tratamientos

Semana	pH			
	Quitosana S-A al 2%	CaCl ₂ 7%	Quitosana S-A al 2% más CaCl ₂ 7%	Quitina-quitosana
0	4.313±0.005	4.241±0.025	4.232±0.008	4.177±0.003
1	4.458±0.014	4.305±0.013	4.412±0.013	4.348±0.006
2	4.289±0.018	4.394±0.014	4.332±0.011	4.167±0.007

Nota: Se muestra el promedio de tres determinaciones

Los resultados del análisis estadístico de varianza, ANDEVA, con un $\alpha=0.05$ indicaron que si hubo diferencia significativa con respecto al valor de pH (Ver Anexo II, Tabla 2.16). Con base en la Tabla 2.16a de la prueba de múltiple rango del Anexo I, se aprecia que si hubo diferencia estadísticamente significativa entre el recubrimiento con el polímero obtenido y los demás tratamientos.



Gráfica 4.9. Valores de pH en el jugo de jitomate de los diferentes tratamientos con respecto al tiempo

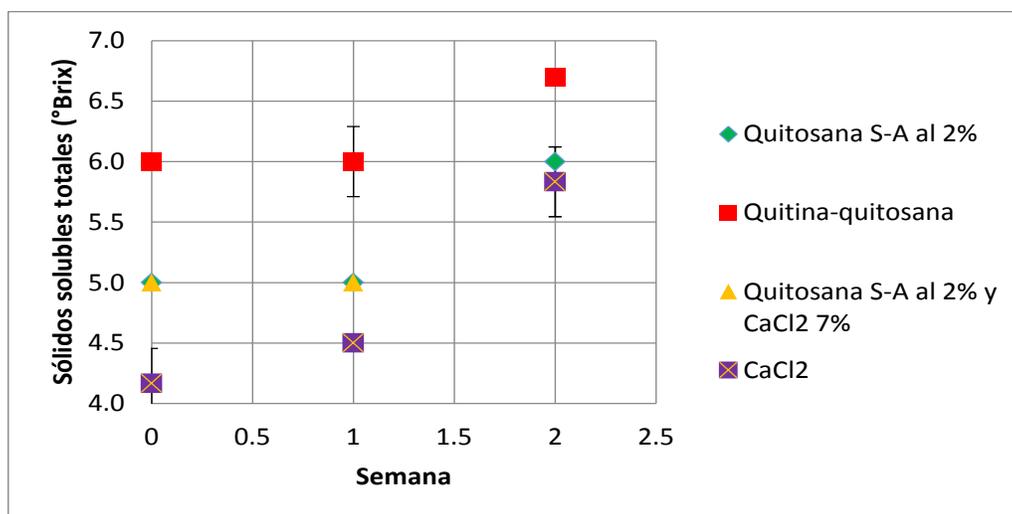
4.8.4. Determinación de sólidos medidos como °Brix

Los resultados del análisis estadístico de varianza, ANDEVA, con $\alpha=0.05$ indicaron que si hubo diferencia significativa con respecto al valor de los sólidos solubles en el jugo de jitomate (Ver Anexo II, Tabla 2.17). El análisis de medias de la Tabla 2.17a, del Anexo II, mostró que no hubo diferencia entre las muestras de quitosana S-A al 2% y los jitomates tratados con quitosana S-A al 2% más CaCl₂ 7%. En la Tabla 4.12 (Gráfica 4.10) puede observarse que no hay un aumento significativo en el contenido de sólidos solubles a lo largo del tiempo de almacenamiento.

Tabla 4.12. Contenido de °Brix medidos en el jugo a partir del fruto recubierto con los diferentes tratamientos

Semana	°Brix			
	Quitosa S-A al 2%	CaCl ₂ 7%	Quitosa S-A al 2% más CaCl ₂ 7%	Quitina-quitosana
0	5.0±0.000	4.2±0.289	5.0±0.000	6.0±0.000
1	5.0±0.000	4.5±0.000	5.0±0.000	6.7±0.289
2	6.0±0.000	5.8±0.289	5.8±0.289	6.0±0.000

Nota: Se muestra el promedio de tres determinaciones



Gráfica 4.10. Sólidos solubles (°Brix) en jugo de jitomate de los diferentes tratamientos con respecto al tiempo

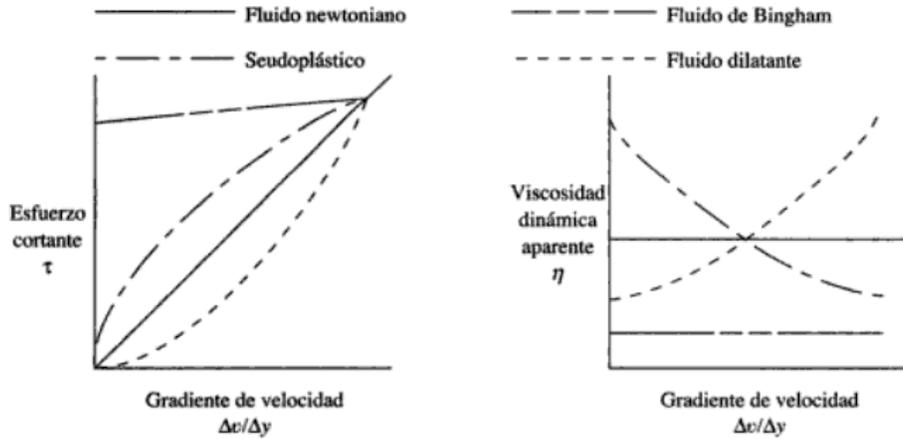
El uso del recubrimiento con los polímeros quitina-quitosana, como ya se observó y se mencionó puede estar retrasando el desarrollo del fruto, ya que para este tratamiento se observó diferencia significativa respecto a los demás tratamientos.

4.9. Viscosidad en el puré de jitomate

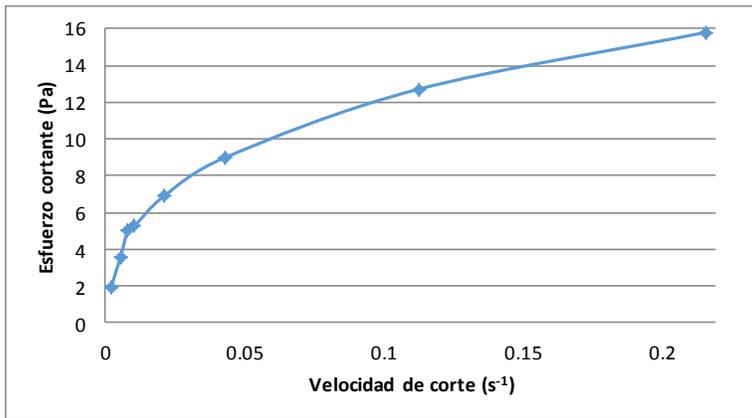
La caracterización de la viscosidad se realizó en cuatro muestras de puré de jitomate, elaborados con frutos sometidos a diferentes tratamientos, lo anterior se realizó con el objetivo de identificar si el tipo de recubrimiento empleado en el fruto presentaba alguna influencia en las características de fluidez obtenidas en el puré.

Para conocer el comportamiento de los purés se determinó el esfuerzo cortante y la velocidad de corte (Méndez y col., 2010) mediante los datos obtenidos por el viscosímetro Brookfield DV-II+Pro (ver Anexo V), al gráfico de estas variables se le conoce como curva de flujo o reograma (Gráfica 4.11).

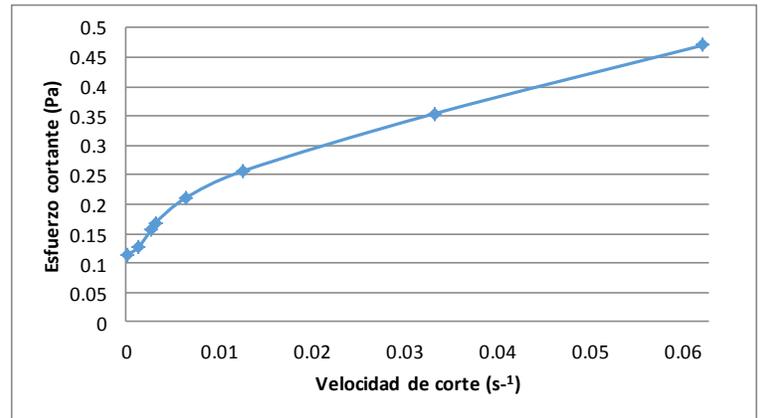
Las siguientes curvas de flujo (Gráficas 4.12 a 4.15), para los diferentes purés de jitomate muestran un comportamiento no newtoniano, dado que la relación entre el esfuerzo cortante y la velocidad de corte no es lineal (Ramírez, 2006).



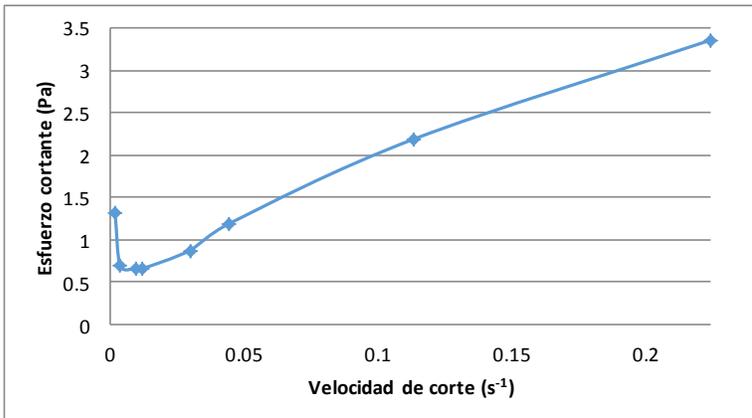
Gráfica 4.11. Representación de curvas de flujo para diferentes fluidos (Mott, 1996)



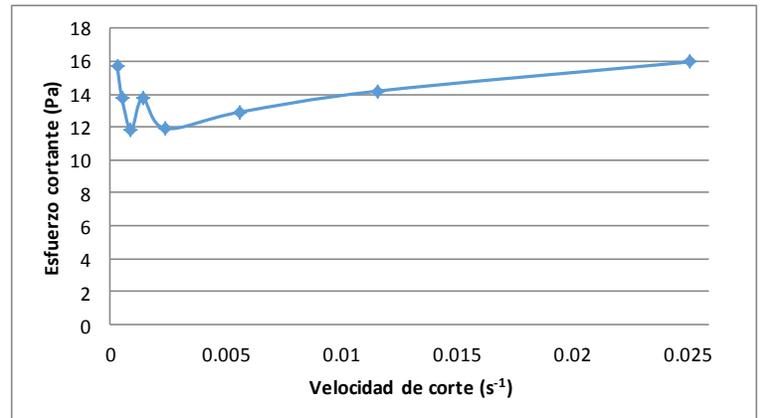
Gráfica 4.12. Curva de flujo del puré de jitomate marca Del Fuerte®



Gráfica 4.13. Curva de flujo del puré de jitomate obtenido de frutos recubiertos con quitina-quitosana



Gráfica 4.14. Curva de flujo del puré de jitomate obtenido de frutos recubiertos con quitosana S-A al 2% más CaCl₂ 7%



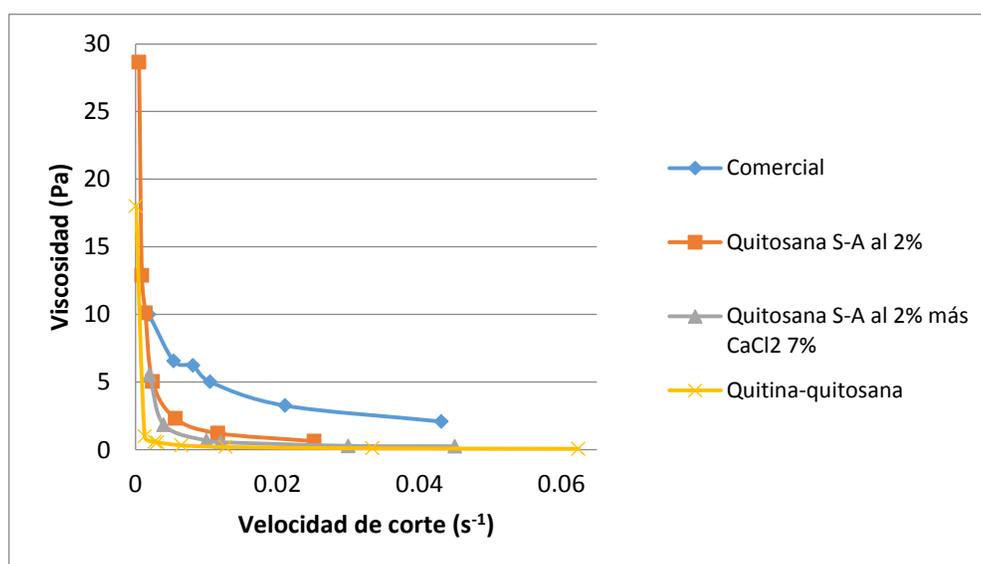
Gráfica 4.15. Curva de flujo del puré de jitomate obtenido de frutos recubiertos con quitosana S-A al 2%

Con base en las curvas de flujo puede decirse que:

- El puré comercial marca Del Fuerte® y el elaborado con frutos tratados con el polímero obtenido del cefalotórax de camarón (Gráfica 4.12 y 4.13, respectivamente) tuvieron un comportamiento de tipo pseudoplástico
- Los purés elaborados a partir de frutos con biopelículas quitosana S-A al 2% más CaCl₂ 7% (Gráfica 4.14) y quitosana S-A al 2% (Gráfica 4.15) muestran un comportamiento similar a un fluido de Bingham

La razón por la cual las muestras de puré de jitomate presentan diferentes patrones de flujo se debe a que la consistencia depende del método de preparación, del tratamiento mecánico a la que han sido sometidas las muestras, la variedad y madurez de los jitomates (Ibarz y Barbosa, 2005).

La Gráfica 4.16 muestra el comportamiento de la viscosidad frente a la velocidad de corte, para las muestras de puré de jitomate. En ella se observa que la viscosidad no permanece constante sino que está en función de la velocidad de corte el cual es el comportamiento característico en los fluidos no newtonianos. Los resultados del análisis estadístico de varianza, ANDEVA, con $\alpha=0.05$ indicaron que los tratamientos aplicados en el fruto tienen un efecto estadísticamente significativo sobre la viscosidad en los purés (Ver Anexo II. Tabla 2.18).



Gráfica 4.16. Viscosidad en función de la velocidad de corte de los diferentes purés de jitomate, elaborados a partir de frutos con diferentes tratamientos y un puré comercial marca Del Fuerte®

Con base a la Gráfica 4.16 se puede decir que:

- La presencia de Ca^{2+} puede influir en la disminución de la viscosidad de los purés, elaborados con frutos recubiertos con quitina-quitosana y con quitosana S-A al 2% más CaCl_2 7%
- El puré obtenido, a partir de frutos con recubrimiento de quitosana S-A al 2% fue el que presentó una menor disminución de la viscosidad, en relación con los tratamientos con presencia de CaCl_2

La medida de la viscosidad es de suma importancia en la industria alimentaria porque con esto es posible controlar el proceso de elaboración, la calidad de la materia prima y, sobre todo, el producto acabado, debido a que la textura es un parámetro de aceptabilidad por parte de los consumidores. En la Tabla 2.18a sobre la prueba de rango múltiple del Anexo II, se muestra una diferencia estadísticamente significativa, con un nivel del 95% de confianza, respecto a la viscosidad entre los lotes quitina-quitosana, quitosana S-A al 2% más CaCl_2 7%, quitosana S-A al 2% y el puré comercial marca Del Fuerte®.

4.10. Determinación de la concentración de calcio en puré de jitomate

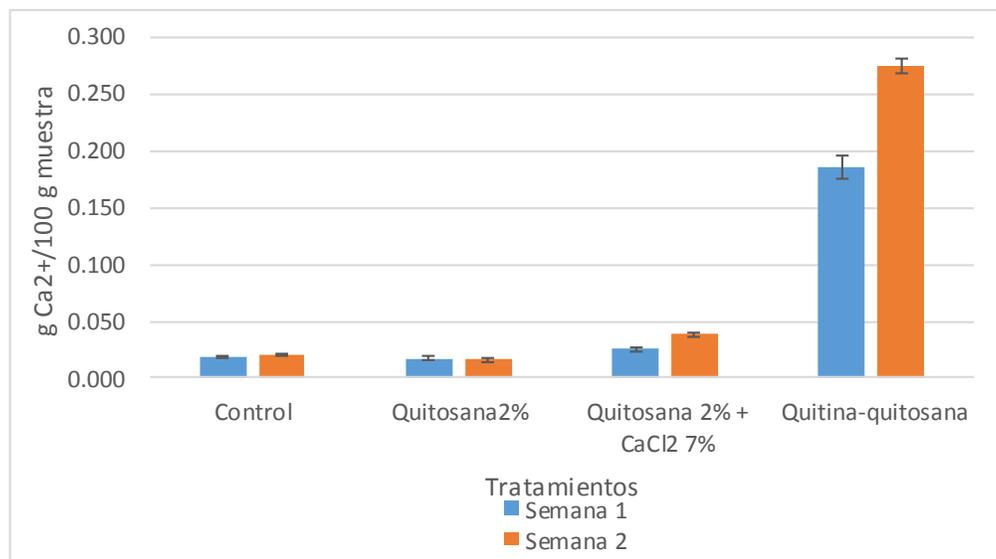
Como se observa en la Tabla 4.13 (Gráfica 4.17) el contenido de calcio en el puré aumentó con el tipo de recubrimiento empleado en el fruto, con base en la concentración de CaCl_2 , y con el almacenamiento del fruto. Los resultados del análisis estadístico de varianza, ANDEVA, con $\alpha=0.05$ indicaron que el tiempo de almacenamiento y los tratamientos aplicados en el fruto presentaron un efecto estadísticamente significativo sobre la concentración de calcio presente en los purés (Ver Anexo II. Tabla 2.19).

Tabla 4.13. Concentración de calcio medido en puré de jitomate

Semana	Determinación de calcio (g Ca^{2+} /100 g muestra)			
	Control	Quitosana S-A al 2%	Quitosana S-A al 2% más CaCl_2 7%	Quitina-quitosana
1	0.018 \pm 0.001	0.017 \pm 0.002	0.025 \pm 0.002	0.185 \pm 0.010
2	0.020 \pm 0.001	0.016 \pm 0.002	0.038 \pm 0.001	0.275 \pm 0.006

Nota: Se muestra el promedio de tres determinaciones

Respecto del tiempo de almacenamiento, el puré obtenido cuyos jitomates fueron recubiertos con quitosana S-A al 2% más CaCl_2 7% aumentaron la concentración de calcio un 34.2.0% y en jitomates con recubrimiento de quitina-quitosana, con remanente de una solución saturada de CaCl_2 usada como disolvente para extraer el polímero del cefalotórax de camarón, se da un aumento de la concentración de calcio de 32.7%. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Galvis y col. (2003), quienes trabajaron con mango, aplicando soluciones de CaCl_2 a concentraciones de 10, 15 y 20%, donde observaron que, conforme aumentaban las concentraciones, el calcio en la pulpa aumentaba.



Gráfica 4.17. Concentración de calcio medido en puré de jitomate

Con base en las Tablas 2.19a y 2.19b, sobre la prueba de múltiple rango del Anexo II, se muestra una diferencia estadísticamente significativa, con un nivel del 95% de confianza, respecto a la concentración de calcio entre la primera y segunda semanas de almacenamiento, así como una diferencia estadísticamente significativa entre los lotes de quitina-quitosana y quitosana S-A al 2% más CaCl_2 7%, a diferencia de los lotes de quitosana S-A al 2% y el control, en donde no hubo diferencia significativa.

El contenido de calcio en un puré comercial marca Del Fuerte® fue de 0.012 ± 0.002 g Ca^{2+} /100 g muestra, esta determinación se realizó sólo para comparar y no se incluyó en el análisis estadístico, debido a que este producto quizá presenta un proceso de elaboración diferente, sin embargo es interesante observar que es el que menor concentración de calcio presentó a

comparación de los que se elaboraron dentro del laboratorio. Estos resultados muestran que es posible incorporar este nutrimento mineral, mediante el uso del recubrimiento con quitosana. Los recubrimientos o películas comestibles, que tienen como base polisacáridos, podrían incorporar micronutrientes debido a la estructura química y la polaridad de estos materiales. La propiedad catiónica de la quitosana suministra los sitios para las interacciones electrostáticas que pueden hacer que sea fácil para estos polímeros que se unan a otros compuestos aniónicos. Además, la presencia de grupos amino e hidroxilo dentro de la estructura de la quitosana proporciona sitios activos para coagular con minerales (Lin y Pascall, 2014).

El uso de CaCl_2 , presente en el recubrimiento de jitomate, mejora el valor nutrimental del puré, como se puede apreciar en la Tabla 4.13 (Gráfica 4.17), donde se observa un aumento en la concentración de calcio, conforme aumentó la concentración de este elemento en el recubrimiento y el tiempo de almacenamiento. El aumento de este nutrimento inorgánico puede considerarse un factor positivo tanto en el subproducto como en el fruto, debido a que los consumidores catalogan a un fruto de buena calidad como aquel con un alto valor nutrimental (Kader, 2002).

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

De acuerdo con los objetivos e hipótesis de esta investigación, que eran observar las características físico-químicas que presenta el puré de jitomate, elaborado a partir de frutos recubiertos con una película de polímero quitina-quitosana obtenida a partir de residuos del exoesqueleto de camarón, puede concluirse lo siguiente:

- Con base en las observaciones, al paso del tiempo, fue claro que la aplicación de las películas quitosana Sigma-Aldrich a diferentes concentraciones (0.5, 1.5 y 2.0% disuelto en ácido ascórbico al 2%) y el polímero quitina-quitosana alargó la vida de anaquel de los jitomates por 22 días, en comparación con el lote sin tratamiento, cuya vida de anaquel fue de 15 días.
- Los frutos que presentaron menor pérdida de humedad fueron aquellos recubiertos con el polímero obtenido de las cabezas y cefalotórax de camarón, quitina-quitosana, seguido de los jitomates recubiertos con quitosana S-A al 2.0%, 1.5% y 0.5%. No hubo diferencia ($p \leq 0.05$) entre los frutos con recubrimiento quitosana S-A al 2.0% y 1.5%, ni entre los tratamientos con quitosana S-A al 0.5% y el lote control.
- Al analizar el jugo de jitomate, en los diferentes tratamientos, se encontró diferencia estadísticamente significativa en las variables de respuesta pH, sólidos solubles y porcentaje de acidez.
 - El uso del polímero quitina-quitosana mostró retardar la senescencia del fruto, al presentar el valor constante en °Brix por 14 días.
 - No hubo diferencia ($p \leq 0.05$) en el valor de la acidez titulable entre los tratamientos con los recubrimientos quitosana S-A al 1.5% y el polímero quitina-quitosana.
- Se observó que con el uso del polímero quitina-quitosana como recubrimiento la calidad del fruto decrece, al no poder utilizarlo para la elaboración de puré, debido a la consistencia líquida que se obtiene antes y después de ser procesado el jugo. Como resultado se obtuvo un puré con una fase inestable.
- Con base en la evaluación sensorial, aplicando una prueba de nivel de agrado con base en un criterio personal por parte de jueces no entrenados, la muestra de puré de jitomate natural (Del Fuerte®) mostró un nivel de agrado superior al producto elaborado a partir de

frutos recubiertos con el polímero biodegradable ($p \leq 0.05$). Los resultados mostraron que los consumidores prefirieron el producto comercial debido a su sabor y consistencia semisólida, a diferencia del producto elaborado en el laboratorio. Esto fue justificado por los jueces debido a su consistencia semilíquida, la cual no fue del agrado de los consumidores.

De acuerdo con los resultados de la primera etapa, donde se obtuvo un puré con fase inestable, en la segunda etapa se decidió trabajar con lotes de jitomates donde se incluyera el CaCl_2 con quitosana como un tratamiento poscosecha para observar las propiedades fisicoquímicas del fruto y las características reológicas en el puré de jitomate, con esto puede concluirse lo siguiente:

- Al analizar el jugo de jitomate obtenido de los diferentes tratamientos se encontró diferencia estadísticamente significativa en las variables de respuesta pérdida de humedad, pH, sólidos solubles y porcentaje de acidez. Se observó que el uso del polímero quitina-quitosana logra retener mejor el agua en el fruto y retarda la senescencia del fruto, a diferencia de los tratamientos con quitosana S-A al 2%, quitosana S-A al 2% más CaCl_2 al 7% y el lote control.
- La diferencia en las texturas del puré se atribuye a la presencia de calcio, remanente del método empleado para obtener el polímero de quitina-quitosana, extraído de los cefalotórax y exoesqueletos de camarón. El emplear este polímero como recubrimiento en el jitomate parece estar afectando las características sensoriales del fruto transformado en puré. Por otro lado, en la literatura (Primo, 1998) se señala que el proceso conocido como “*Hot break*” consigue inactivar las enzimas que causan la clarificación en el jugo de jitomate, obteniéndose productos de alta consistencia. Este es un punto que debe investigarse a futuro.
- La concentración de calcio presente en los purés, obtenidos de diferentes tratamientos aplicados en jitomates, presentó un aumento significativo. El uso de este recubrimiento podría proporcionar una oportunidad en la poscosecha para mejorar la cantidad de este nutriente esencial.
- En general, los resultados del puré no indican que el polímero quitina-quitosana, obtenido por este método, no deba emplearse como recubrimiento, ya que el fruto con tratamiento

mostró mayor retención de agua, por consiguiente, mayor turgencia, prolongó la vida de anaquel del fruto, a diferencia de los jitomates sin tratamiento (control), y aumentó considerablemente la cantidad de calcio. Estas características pueden ser aprovechadas para usar los frutos como productos mínimamente procesados (para ensaladas) o jitomate en cubos listo para usarse.

5.2. Recomendaciones

- Se puede evaluar la consistencia del jitomate, por efecto de diferentes concentraciones de calcio, usando métodos objetivos como el texturómetro, basado en un procedimiento destructivo, que permita medir la resistencia que ofrece a la penetración, corte o compresión. Debido a que la firmeza o consistencia es un factor adicional de aceptación por el consumidor, el cual está ligado a la evolución de la maduración, se desea que los jitomates permanezcan consistentes al alcanzar la coloración de consumo (Nuez, 2001).
- Se podría evaluar el efecto de la adición de los polímeros quitina-quitosana, extraídos del cefalotórax de camarón, en el puré de jitomate siguiendo su comportamiento mediante parámetros fisicoquímicos (pH, porcentaje de acidez, sólidos solubles), microbiológicos, sensoriales y reológicos.
- Si se desea emplear el CaCl_2 como componente en un recubrimiento para jitomate se debe determinar la concentración ideal de este compuesto, la cual permita conservar la firmeza del fruto y las características reológicas, si es que se desea elaborar puré a partir de los jitomates tratados.
- Realizar una evaluación sensorial en el fruto para conocer si concentraciones altas de CaCl_2 imparten un sabor amargo.
- Instrumentar el proceso de elaboración de puré de jitomate empleando el sistema conocido como "Hot break", triturando en caliente a 85-95°C (Primo, 1998) teniendo como variable de proceso a la viscosidad para obtener purés comparables con los comerciales. Una vez obtenidas las condiciones de proceso, realizar entonces su producción con jitomates recubiertos con películas de quitina-quitosana para evaluar su bondad.

ANEXO I

SEGUIMIENTO VISUAL DEL CRECIMIENTO DE HONGOS SOBRE LOS FRUTOS CON DIFERENTES TRATAMIENTOS (MEDIDO COMO PARÁMETRO CUALITATIVO)

Tabla 1.1a Seguimiento de la masa (g) de los jitomates, con películas de quitina-quitosana, quitosana S-A (2%, 1.5% y 0.5%) y un lote control

Día	Lote	Quitina-quitosana			Quitosana S-A 2%			Quitosana S-A 1.5%			Quitosana S-A 0.5%			Control		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
2	1	114.33	120.07	97.99	112.34	111.31	112.21	105.99	108.61	91.94	103.64	99.17	100.47	95.82	98.20	114.85
	2	114.53	115.29	106.65	103.33	101.30	115.02	106.15	102.73	103.84	100.19	103.64	104.13	109.58	90.62	111.26
	3	106.71	105.72	111.58	115.65	121.15	109.18	99.00	106.25	100.09	107.30	115.16	119.29	100.81	96.48	105.07
6	1	111.13	117.19	94.58	107.97	106.68	107.01	100.36	105.06	89.07	101.02	96.05	97.48	94.54	-	113.46
	2	111.61	112.30	104.15	99.48	97.19	111.34	102.01	100.43	101.38	95.97	99.28	100.15	-	89.50	110.21
	3	103.33	102.46	109.29	112.08	116.35	105.82	94.70	101.40	97.82	103.24	-	116.27	93.62	91.41	97.99
8	1	-	115.54	92.62	105.53	-	104.14	96.57	-	86.89	98.93	93.22	94.98	93.65	-	-
	2	109.38	110.46	102.62	-	-	-	-	98.25	99.27	92.06	-	96.18	-	-	-
	3	101.55	100.80	107.86	110.15	113.65	104.15	91.94	97.47	95.87	99.96	-	113.26	89.60	-	93.90
15	1	-	110.20	85.95	99.37	-	96.82	81.55	-	78.73	94.46	87.18	89.58	-	-	-
	2	103.94	104.05	96.89	-	-	-	-	91.73	93.22	83.03	-	87.59	-	-	-
	3	95.32	95.28	102.13	103.89	106.30	98.44	83.18	86.52	-	93.29	-	107.80	77.93	-	83.02
17	1	-	108.18	84.17	97.21	-	93.97	77.08	-	76.21	92.62	84.68	87.44	-	-	-
	2	102.43	102.59	95.67	-	-	-	-	89.27	-	80.10	-	84.52	-	-	-
	3	93.69	93.99	100.86	-	-	96.62	79.95	82.91	-	90.65	-	105.23	-	-	-
22	1	-	103.97	80.26	92.15	-	88.14	69.02	-	71.34	89.24	80.06	83.70	-	-	-
	2	99.73	99.3974	92.71	-	-	-	-	84.29	-	73.66	-	77.37	-	-	-
	3	90.16	91.08	97.35	-	-	92.23	73.77	75.67	-	84.60	-	100.36	-	-	-

NOTA: (-) No se tomaron estos datos, debido a que mostraban presencia de hongo en la superficie del fruto

ANEXO II

ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Tabla 2.1. Análisis de varianza para el porcentaje de pérdida de humedad para la comparación entre jitomates con biopelícula de quitosana S-A (0.5, 1.5 y 2.0%), polímero quitina-quitosana, extraído del cefalotórax de camarón y un lote control

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Efectos principales					
A:Tratamiento	301.839	4	75.459	36.36	0.0000
B:Tiempo	2571.450	7	367.351	177.03	0.0000
Interacciones					
AB	119.021	28	4.251	2.05	0.0185
Residuos	83.003	40	2.075		
Total (corregido)	3075.320	79			

Tabla 2.1a. Prueba de múltiple rango para el porcentaje de pérdida de humedad de la comparación entre jitomates con biopelícula quitosana S-A (0.5, 1.5 y 2.0%), polímero quitina-quitosana, extraído del cefalotórax de camarón y un lote control

<i>Tratamiento</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos homogéneos</i>
Quitina-quitosana	16	7.16213	0.360127	X
Quitosana Sigma 2.0%	16	10.179	0.360127	X
Quitosana Sigma 1.5%	16	10.6415	0.360127	X
Quitosana Sigma 0.5%	16	12.1384	0.360127	X
Control	16	12.7226	0.360127	X

X indica que no existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X

Tabla 2.2. Análisis de varianza para el porcentaje de acidez de la comparación entre el jugo de jitomates obtenido a partir de frutos con biopelícula quitosana S-A (0.5, 1.5 y 2.0%), polímero quitina quitosana, extraído del cefalotórax de camarón y un lote control

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Efectos principales					
A:Tratamiento	0.903	4	0.2259	296.73	0.0
B:Tiempo	0.794	3	0.2648	347.81	0.0
Interacciones					
AB	1.643	12	0.1369	179.89	0.0
Residuos	0.030	40	0.0008		
Total (corregido)	3.371	59			

Tabla 2.2a. Prueba de múltiple rango para el porcentaje de acidez de la comparación entre el jugo de jitomates obtenido a partir de frutos con biopelícula quitosana S-A (0.5, 1.5 y 2.0%), polímero quitina quitosana, extraído del cefalotórax de camarón y un lote control

<i>Tratamiento</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos homogéneos</i>
Control	12	0.326	0.008	X
Quitosana Sigma 1.5%	12	0.474	0.008	X
Quitina-quitosana	12	0.486	0.008	X
Quitosana Sigma 0.5%	12	0.555	0.008	X
Quitosana Sigma 2.0%	12	0.704	0.008	X

X indica que no existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X

Tabla 2.3. Análisis de varianza para el valor de pH de la comparación entre el jugo de jitomates obtenido a partir de frutos con biopelícula quitosana S-A (0.5, 1.5 y 2.0%), polímero quitina quitosana, extraído del cefalotórax de camarón y un lote control

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Efectos principales					
A:Tratamiento	0.042	4	0.010	3.13	0.024
B:Tiempo	0.482	3	0.161	48.11	0.000
Interacciones					
AB	0.066	12	0.005	1.66	0.115
Residuos	0.134	40	0.003		
Total (corregido)	0.724	59			

Tabla 2.3a. Prueba de múltiple rango para el valor de pH de la comparación entre el jugo de jitomates obtenido a partir de frutos con biopelícula quitosana S-A (0.5, 1.5 y 2.0%), polímero quitina quitosana, extraído del cefalotórax de camarón y un lote control

<i>Tratamiento</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos homogéneos</i>
Quitina-quitosana	12	4.075	0.017	X
Quitosana Sigma 2.0%	12	4.091	0.017	XX
Quitosana Sigma 0.5%	12	4.123	0.017	XX
Quitosana Sigma 1.5%	12	4.138	0.017	XX
Control	12	4.142	0.017	X

X indica que no existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X

Tabla 2.4. Análisis de varianza para los sólidos solubles de la comparación entre el jugo de jitomates obtenido a partir de frutos con biopelícula quitosana S-A (0.5, 1.5 y 2.0%), polímero quitina quitosana, extraído del cefalotórax de camarón y un lote control

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Efectos principales					
A:Tratamiento	3.767	4	0.942	11.30	0.0000
B:Tiempo	2.850	3	0.950	11.40	0.0000
Interacciones					
AB	4.900	12	0.408	4.90	0.0001
Residuos	3.333	40	0.083		
Total (corregido)	14.850	59			

Tabla 2.4a. Prueba de múltiple rango para los sólidos solubles de la comparación entre el jugo de jitomates obtenido a partir de frutos con biopelícula quitosana S-A (0.5, 1.5 y 2.0%), polímero quitina quitosana, extraído del cefalotórax de camarón y un lote control

<i>Tratamiento</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos homogéneos</i>
Quitina-quitosana	12	5.00	0.08	X
Control	12	5.42	0.08	X
Quitosana Sigma 1.5%	12	5.50	0.08	X
Quitosana Sigma 0.5%	12	5.58	0.08	XX
Quitosana Sigma 2.0%	12	5.75	0.08	X

X indica que no existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X

Tabla 2.5. Análisis de varianza para el porcentaje de acidez de la comparación entre los purés de jitomate obtenidos a partir de frutos, a una semana de almacenamiento con biopelícula quitosana S-A (0.5, 1.5 y 2.0%), polímero quitina quitosana, extraído del cefalotórax de camarón y un lote control

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Efectos principales					
A:Tratamiento	0.152	4	0.039	85.25	0.0000
B:Tiempo	0.043	4	0.011	24.04	0.0000
Interacciones					
AB	0.015	16	0.001	2.18	0.0185
Residuos	0.022	50	0.000		
Total (corregido)	0.233	74			

Tabla 2.5a. Prueba de múltiple rango para el porcentaje de acidez de la comparación entre los purés de jitomate obtenidos a partir de frutos, a una semana de almacenamiento con biopelícula quitosana S-A (0.5, 1.5 y 2.0%), polímero quitina quitosana, extraído del cefalotórax de camarón y un lote control

<i>Tratamiento</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos homogéneos</i>
Control	15	0.479	0.005	X
Quitosana Sigma 1.5%	15	0.486	0.005	X
Quitina-quitosana	15	0.489	0.005	X
Quitosana Sigma 0.5%	15	0.520	0.005	X
Quitosana Sigma 2.0%	15	0.600	0.005	X

X indica que no existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X

Tabla 2.6. Análisis de varianza para el valor del porcentaje de acidez de la comparación entre los purés de jitomate obtenidos a partir de frutos, a dos semanas de almacenamiento con biopelícula quitosana S-A (0.5, 1.5 y 2.0%), polímero quitina quitosana, extraído del cefalotórax de camarón y un lote control

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Efectos principales					
A:Tratamiento	0.0166	4	0.0042	9.36	0.0
B:Tiempo	0.5319	4	0.1330	299.89	0.0
Interacciones					
AB	0.0664	16	0.0041	9.36	0.0
Residuos	0.0222	50	0.0004		
Total (corregido)	0.6371	74			

Tabla 2.6a. Prueba de múltiple rango para el porcentaje de acidez de la comparación entre los purés de jitomate obtenidos a partir de frutos, a dos semanas de almacenamiento con biopelícula quitosana S-A (0.5, 1.5 y 2.0%), polímero quitina quitosana, extraído del cefalotórax de camarón y un lote control

<i>Tratamiento</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos homogéneos</i>
Control	15	0.496	0.005	X
Quitosana Sigma 0.5%	15	0.499	0.005	X
Quitina-quitosana	15	0.499	0.005	X
Quitosana Sigma 2.0%	15	0.509	0.005	X
Quitosana Sigma 1.5%	15	0.536	0.005	X

X indica que no existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X

Tabla 2.7. Análisis de varianza para el valor del porcentaje de acidez de la comparación entre los purés de jitomate obtenidos a partir de frutos, a tres semanas de almacenamiento con biopelícula quitosana S-A (0.5, 1.5 y 2.0%) y polímero quitina quitosana, extraído del cefalotórax de camarón

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Efectos principales					
A:Tratamiento	0.3138	3	0.1046	226.58	0.0000
B:Tiempo	0.0173	4	0.0043	9.39	0.0000
Interacciones					
AB	0.0217	12	0.0018	3.92	0.0005
Residuos	0.0185	40	0.0005		
Total (corregido)	0.3713	59			

Tabla 2.7a. Prueba de múltiple rango para el porcentaje de acidez de la comparación entre los purés de jitomate obtenidos a partir de frutos, a tres semanas de almacenamiento con biopelícula quitosana S-A (0.5, 1.5 y 2.0%) y polímero quitina quitosana, extraído del cefalotórax de camarón

<i>Tratamiento</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos homogéneos</i>
Quitosana Sigma 0.5%	15	0.388	0.005	X
Quitosana Sigma 1.5%	15	0.401	0.005	X
Quitosana Sigma 2.0%	15	0.472	0.005	X
Quitina-quitosana	15	0.570	0.005	X

X indica que no existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X

Tabla 2.8. Análisis de varianza para el valor de pH de la comparación entre los purés de jitomate obtenidos a partir de frutos, a una semana de almacenamiento con biopelícula quitosana S-A (0.5, 1.5 y 2.0%), polímero quitina quitosana, extraído del cefalotórax de camarón y un lote control

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Efectos principales					
A:Tratamiento	0.1025	4	0.0256	105.09	0.0
B:Tiempo	0.1173	4	0.0293	120.18	0.0
Interacciones					
AB	0.0167	16	0.0010	4.29	0.0
Residuos	0.0122	50	0.0002		
Total (corregido)	0.2487	74			

Tabla 2.8a. Prueba de múltiple rango para el valor de pH de la comparación entre los purés de jitomate obtenidos a partir de frutos, a una semana de almacenamiento con biopelícula quitosana S-A (0.5, 1.5 y 2.0%), polímero quitina quitosana, extraído del cefalotórax de camarón y un lote control

<i>Tratamiento</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos homogéneos</i>
Quitina-quitosana	15	4.257	0.004	X
Quitosana Sigma 2.0%	15	4.284	0.004	X
Quitosana Sigma 1.5%	15	4.298	0.004	X
Quitosana Sigma 0.5%	15	4.326	0.004	X
Control	15	4.365	0.004	X

X indica que no existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X

Tabla 2.9. Análisis de varianza para el valor de pH de la comparación entre los purés de jitomate obtenidos a partir de frutos, a dos semanas de almacenamiento con biopelícula quitosana S-A (0.5, 1.5 y 2.0%), polímero quitina quitosana, extraído del cefalotórax de camarón y un lote control

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Efectos principales					
A:Tratamiento	0.7036	4	0.1759	562.93	0.0000
B:Tiempo	0.4164	4	0.1041	333.15	0.0000
Interacciones					
AB	1.8668	16	0.1167	373.43	0.0000
Residuos	0.0156	50	0.0003		
Total (corregido)	3.0024	74			

Tabla 2.9a. Prueba de múltiple rango para el valor de pH de la comparación entre los purés de jitomate obtenidos a partir de frutos, a dos semanas de almacenamiento con biopelícula quitosana S-A (0.5, 1.5 y 2.0%), polímero quitina quitosana, extraído del cefalotórax de camarón y un lote control

<i>Tratamiento</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos homogéneos</i>
Quitosana Sigma 2.0%	15	4.095	0.004	X
Quitosana Sigma 1.5%	15	4.290	0.004	X
Quitosana Sigma 0.5%	15	4.291	0.004	X
Quitina-quitosana	15	4.310	0.004	X
Control	15	4.389	0.004	X

X indica que no existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X

Tabla 2.10. Análisis de varianza para el valor de pH de la comparación entre los purés de jitomate obtenidos a partir de frutos, a tres semanas de almacenamiento con biopelícula quitosana S-A (0.5, 1.5 y 2.0%) y polímero quitina quitosana, extraído del cefalotórax de camarón

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Efectos principales					
A: Tratamiento	0.455	3	0.152	9.03	0.0001
B: Tiempo	0.459	4	0.115	6.82	0.0003
Interacciones					
AB	0.200	12	0.0167	0.99	0.4727
Residuos	0.672	40	0.0168		
Total (corregido)	1.787	59			

Tabla 2.10a. Prueba de múltiple rango para el valor de pH de la comparación entre los purés de jitomate obtenidos a partir de frutos, a tres semanas de almacenamiento con biopelícula quitosana S-A (0.5, 1.5 y 2.0%) y polímero quitina quitosana, extraído del cefalotórax de camarón

<i>Tratamiento</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos homogéneos</i>
Quitina-quitosana	15	4.334	0.033	X
Quitosana Sigma 1.5%	15	4.478	0.033	X
Quitosana Sigma 2.0%	15	4.534	0.033	X
Quitosana Sigma 0.5%	15	4.560	0.033	X

X indica que no existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X

Tabla 2.11. Análisis de varianza para los sólidos solubles de la comparación entre los purés de jitomate obtenidos a partir de frutos, a una semana de almacenamiento con biopelícula quitosana S-A (0.5, 1.5 y 2.0%), polímero quitina quitosana, extraído del cefalotórax de camarón y un lote control

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Efectos principales					
A: Tratamiento	0.49	4	0.12	6.08	0.0005
B: Tiempo	0.45	4	0.11	5.67	0.0008
Interacciones					
AB	0.58	16	0.04	1.81	0.0559
Residuos	1.00	50	0.02		
Total (corregido)	2.52	74			

Tabla 2.11a. Prueba de múltiple rango para los sólidos solubles de la comparación entre los purés de jitomate obtenidos a partir de frutos, a una semana de almacenamiento con biopelícula quitosana S-A (0.5, 1.5 y 2.0%), polímero quitina quitosana, extraído del cefalotórax de camarón y un lote control

<i>Tratamiento</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos homogéneos</i>
Quitosana Sigma 0.5%	15	10.000	0.036	X
Quitosana Sigma 1.5%	15	10.033	0.036	X
Control	15	10.067	0.036	X
Quitina-quitosana	15	10.067	0.036	X
Quitosana Sigma 2.0%	15	10.233	0.036	X

X indica que no existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X

Tabla 2.12. Análisis de varianza para los sólidos solubles de la comparación éntrelos purés de jitomate obtenidos a partir de frutos, a dos semanas de almacenamiento con biopelícula quitosana S-A (0.5, 1.5 y 2.0%), polímero quitina quitosana, extraído del cefalotórax de camarón y un lote control

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Efectos principales					
A:Tratamiento	3.61	4	0.90	33.87	0.0
B:Tiempo	2.08	4	0.52	19.50	0.0
Interacciones					
AB	2.15	16	0.13	5.05	0.3
Residuos	1.33	50	0.03		
Total (corregido)	9.18	74			

Tabla 2.12a. Prueba de múltiple rango para los sólidos solubles de la comparación entre los purés de jitomate obtenidos a partir de frutos, a dos semanas de almacenamiento con biopelícula quitosana S-A (0.5, 1.5 y 2.0%), polímero quitina quitosana, extraído del cefalotórax de camarón y un lote control

<i>Tratamiento</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos homogéneos</i>
Quitina-quitosana	15	10.00	0.04	X
Quitosana Sigma 0.5%	15	10.00	0.04	X
Quitosana Sigma 1.5%	15	10.33	0.04	X
Control	15	10.46	0.04	X
Quitosana Sigma 2.0%	15	10.50	0.04	X

X indica que no existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X

Tabla 2.13. Análisis de varianza para los sólidos solubles de la comparación entre los purés de jitomate obtenidos a partir de frutos, a tres semana de almacenamiento con biopelícula quitosana S-A (0.5, 1.5 y 2.0%) y polímero quitina quitosana, extraído del cefalotórax de camarón

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Efectos principales					
A:Tratamiento	12.18	3	4.06	48.73	0.000
B:Tiempo	0.60	4	0.15	1.80	0.148
Interacciones					
AB	2.73	12	0.23	2.73	0.008
Residuos	3.33	40	0.08		
Total (corregido)	18.85	59			

Tabla 2.13a. Prueba de múltiple rango para los sólidos solubles de la comparación entre los purés de jitomate obtenidos a partir de frutos, a tres semana de almacenamiento con biopelícula quitosana S-A (0.5, 1.5 y 2.0%) y polímero quitina quitosana, extraído del cefalotórax de camarón

<i>Tratamiento</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos homogéneos</i>
Quitosana Sigma 1.5%	15	9.3	0.07	X
Quitina-quitosana	15	10.0	0.07	X
Quitosana Sigma 0.5%	15	10.0	0.07	X
Quitosana Sigma 2.0%	15	10.5	0.07	X

X indica que no existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X

Tabla 2.14. Análisis de varianza para el porcentaje de pérdida de humedad para la comparación entre jitomates con biopelícula de quitosana Sigma 2.0%, polímero quitina-quitosana, CaCl₂ 7% y quitosana S-A 2% más CaCl₂ 7%

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Efectos principales					
A:Tratamiento	175.79	3	58.60	34.54	0.0
B:Tiempo	2525.35	7	360.76	212.63	0.0
Residuos	144.22	85	1.70		
Total (corregido)	2845.36	95			

Tabla 2.14a. Prueba de múltiple rango para el porcentaje de pérdida de humedad por tratamiento de la comparación entre jitomates con biopelícula quitosana S-A al 2.0%, polímero quitina-quitosana, CaCl₂ 7% y quitosana S-A al 2% más CaCl₂ 7%

<i>Tratamiento</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos homogéneos</i>
Quitina-quitosana	24	7.16	0.26	X
CaCl ₂ 7%	24	9.52	0.26	X
Quitosana Sigma 2%	24	10.18	0.26	XX
Quitosana Sigma 2% más CaCl ₂ 7%	24	10.70	0.26	X

X indica que no existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X

Tabla 2.15. Análisis de varianza para el porcentaje de acidez de la comparación entre el jugo de jitomates obtenido a partir de frutos con biopelícula quitosana S-A al 2.0%, polímero quitina-quitosana, CaCl₂ 7% y quitosana S-A al 2% más CaCl₂ 7%

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Efectos principales					
A:Tratamiento	0.0380	3	0.0127	16.71	0.0
B:Semana	0.0239	2	0.0119	15.73	0.0
Residuos	0.0228	30	0.0007		
Total (corregido)	0.0847	35			

Tabla 2.15a. Prueba de múltiple rango para el porcentaje de acidez de la comparación entre el jugo de jitomates obtenido a partir de frutos con biopelícula quitosana S-A al 2.0%, polímero quitina-quitosana, CaCl₂ 7% y quitosana S-A al 2% más CaCl₂ 7%

<i>Tratamiento</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos homogéneos</i>
Quitosana Sigma 2% más CaCl ₂ 7%	9	0.411	0.009	X
Quitosana Sigma 2%	9	0.439	0.009	X
CaCl ₂ 7%	9	0.439	0.009	X
Quitina-quitosana	9	0.500	0.009	X

X indica que no existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X

Tabla 2.16. Análisis de varianza para el valor de pH de la comparación entre el jugo de jitomates obtenido a partir de frutos con biopelícula quitosana S-A al 2.0%, polímero quitina-quitosana, CaCl₂ 7% y quitosana S-A al 2% más CaCl₂ 7%

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Efectos principales					
A:Tratamiento	0.074	3	0.025	9.20	0.0002
B:Semana	0.119	2	0.060	22.08	0.0000
Residuos	0.081	30	0.003		
Total (corregido)	0.275	35			

Tabla 2.16a. Prueba de múltiple rango para el valor de pH de la comparación entre el jugo de jitomates obtenido a partir de frutos con biopelícula quitosana S-A al 2.0%, polímero quitina-quitosana, CaCl₂ 7% y quitosana S-A al 2% más CaCl₂ 7%

<i>Tratamiento</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos homogéneos</i>
Quitina-quitosana	9	4.231	0.017	X
CaCl ₂ 7%	9	4.313	0.017	X
Quitosana Sigma 2% más CaCl ₂ 7%	9	4.325	0.017	X
Quitosana Sigma 2%	9	4.353	0.017	X

X indica que no existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X

Tabla 2.17. Análisis de varianza para los sólidos solubles de la comparación entre el jugo de jitomates obtenido a partir de frutos con biopelícula quitosana S-A al 2.0%, polímero quitina-quitosana, CaCl₂ 7% y quitosana S-A al 2% más CaCl₂ 7%

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Efectos principales					
A:Tratamiento	9.1389	3	3.046	58.23	0.0
B:Semana	8.042	2	4.021	76.86	0.0
Residuos	1.569	30	0.052		
Total (corregido)	18.750	35			

Tabla 2.17a. Prueba de múltiple rango para los sólidos solubles de la comparación entre el jugo de jitomates obtenido a partir de frutos con biopelícula quitosana S-A al 2.0%, polímero quitina-quitosana, CaCl₂ 7% y quitosana S-A al 2% más CaCl₂ 7%

<i>Tratamiento</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos homogéneos</i>
CaCl ₂ 7%	9	4.833	0.076	X
Quitosana Sigma 2% más CaCl ₂ 7%	9	5.278	0.076	X
Quitosana Sigma 2%	9	5.333	0.076	X
Quitina-quitosana	9	6.222	0.076	X

X indica que no existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X

Tabla 2.18. Análisis de varianza para la viscosidad de la comparación entre los purés de jitomate obtenidos a partir de frutos, con biopelícula quitosana S-A al 2.0%, polímero quitina-quitosana, quitosana S-A al 2% más CaCl₂ 7% y un producto comercial

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Efectos principales					
A:Tratamiento	3.00x10 ⁹	3	1.00x10 ⁹	871.22	0.0
B:Velocidad	5.21x10 ⁹	7	7.45x10 ⁸	648.31	0.0
Interacciones					
AB	5.15x10 ⁹	21	2.45x10 ⁸	213.29	0.0
Residuos	7.35x10 ⁷	64	1.15x10 ⁶		
Total (corregido)	1.34x10 ¹⁰	95			

Tabla 2.18a. Prueba de múltiple rango para la viscosidad por tratamiento de la comparación entre los purés de jitomate obtenidos a partir de frutos con biopelícula quitosana S-A al 2.0%, polímero quitina-quitosana, quitosana S-A al 2% más CaCl₂ 7% y un producto comercial

<i>Tratamiento</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos homogéneos</i>
Quitosana Sigma 2% más CaCl ₂ 7%	24	1187.06	218.81	X
Quitina-quitosana	24	2604.78	218.81	X
Comercial	24	4374.37	218.81	X
Quitosana Sigma 2%	24	15372.90	218.81	X

X indica que no existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X

Tabla 2.19. Análisis de varianza para la concentración de calcio de la comparación entre los purés de jitomate obtenidos a partir de frutos, a una y dos semanas de almacenamiento con biopelícula quitosana S-A al 2.0%, polímero quitina-quitosana, quitosana S-A al 2% más CaCl₂ 7% y un lote control.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Efectos principales					
A:Semana	0.00398	1	0.00398	218.49	0.0
B:Tratamiento	0.19495	3	0.06498	3568.88	0.0
Interacciones					
AB	0.00832	3	0.00277	152.42	0.0
Residuos	0.00029	16	0.00002		
Total (corregido)	0.20755	23			

Tabla 2.19a. Prueba de múltiple rango para la concentración por semana de calcio de la comparación entre los purés de jitomate obtenidos a partir de frutos, a una y dos semanas de almacenamiento con biopelícula quitosana S-A al 2.0%, polímero quitina-quitosana, quitosana S-A al 2% más CaCl₂ 7% y un lote control

<i>Semana</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos homogéneos</i>
1	12	0.061	0.001	X
2	12	0.087	0.001	X

Tabla 2.19b. Prueba de múltiple rango para la concentración por tratamiento de calcio de la comparación entre los purés de jitomate obtenidos a partir de frutos, a una y dos semanas de almacenamiento con biopelícula quitosana S-A al 2.0%, polímero quitina-quitosana, quitosana S-A al 2% más CaCl₂ 7% y un lote control

<i>Tratamiento</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos homogéneos</i>
Quitosana Sigma 2%	6	0.017	0.002	X
Control	6	0.019	0.002	X
Quitosana Sigma 2% más CaCl ₂ 7%	6	0.032	0.002	X
Quitina-quitosana	6	0.230	0.002	X

ANEXO III

EVALUACIÓN SENSORIAL

Nombre: _____

Edad: _____

Sexo: _____

INSTRUCCIONES: Frente a usted hay dos muestras de puré de jitomate pruébelas una a una de izquierda a derecha, enjuagándose con agua entre cada muestra, e indique con una "X" su nivel de agrado de acuerdo con la escala que se presenta a continuación:

Muestra: 671

- ___ Gusta mucho
- ___ Gusta moderadamente
- ___ Gusta un poco
- ___ Me es indiferente
- ___ Disgusta un poco
- ___ Disgusta moderadamente
- ___ Disgusta mucho

Muestra: 496

- ___ Gusta mucho
- ___ Gusta moderadamente
- ___ Gusta un poco
- ___ Me es indiferente
- ___ Disgusta un poco
- ___ Disgusta moderadamente
- ___ Disgusta mucho

¿Cuál muestra es la que prefiere? y ¿Por qué? _____

!!!!Gracias!!!!

Figura 3.1a. Cuestionario aplicado a consumidores no entrenados. Prueba afectiva de nivel de agrado

Tabla 3.2a. Análisis estadístico t de Student de las muestras de puré de jitomate

Número de Juez	Calificación		Diferencia	
	Quitina	Comercial	D	D ²
1	1	-1	-2	4
2	2	-1	-3	9
3	-1	1	2	4
4	-2	1	3	9
5	-1	3	4	16
6	1	2	1	1
7	1	2	1	1
8	1	3	2	4
9	2	3	1	1
10	2	1	-1	1
11	-1	2	3	9
12	-1	2	3	9
13	-2	3	5	25
14	2	3	1	1
15	2	1	-1	1
16	-1	2	3	9
17	-3	3	6	36
18	-1	0	1	1
19	2	1	-1	1
20	2	2	0	0
21	-2	-1	1	1
22	-1	1	2	4
23	-3	1	4	16
24	-1	2	3	9
25	-2	-1	1	1
26	-3	2	5	25
27	1	0	-1	1
28	-1	1	2	4
29	2	1	-1	1
30	-1	1	2	4
31	0	2	2	4
32	0	1	1	1
33	-2	3	5	25
34	-1	1	2	4
35	1	2	1	1
36	0	0	0	0
37	3	2	-1	1
38	3	2	-1	1
39	0	2	2	4
40	1	3	2	4
41	2	1	-1	1
42	1	2	1	1
43	2	1	-1	1
44	-2	1	3	9
45	-2	0	2	4
46	0	-1	-1	1
47	-1	2	3	9
48	1	2	1	1
49	-3	1	4	16
50	3	2	-1	1
Total			69	297

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{n \sum D^2 - (\sum D)^2}{n-1}}}$$
$$t = \frac{69}{\sqrt{\frac{50(297) - (69)^2}{49}}}$$

$$t = \frac{69}{14.35}$$

$$t = 4.81$$

ANEXO IV

USO DEL VISCOSÍMETRO BROOKFIELD DV-II+PRO CON ACCESORIOS (Alcaraz y col., 2010)

Preparación del equipo

1. Se coloca el viscosímetro en el soporte, conectar a la corriente eléctrica.
2. Conectar el cable del termopar al viscosímetro y sujetar el termopar al vaso, el cual contiene la muestra.
3. Nivelar el equipo con ayuda de la burbuja que se encuentra en la parte superior, primero moviendo suavemente la cabeza del viscosímetro y luego girando los tornillos de la base.
4. Colocar el husillo elegido anotando el número indicado en la parte superior del mismo.

Operación del equipo

1. Encender el viscosímetro presionando el botón ON/OFF. Esperar a que se realice el Autocero, indicado en la pantalla.
2. Indicar el número del husillo con el botón SELECT SPINDLE y con ayuda de las flechas UP o DOWN, una vez que aparece el número correcto de husillo presionar SELECT SPINDLE.
3. Para ver el valor obtenido de la viscosidad, en lugar del porcentaje de torque, presionar el botón SELECT DISPLAY.
4. Presionar el botón SET SPEED para cambiar la velocidad del husillo.
5. El motor se detiene oprimiendo el botón MOTOR ON/OFF

Medición de viscosidad (cP) y torque (%) en las muestras

1. Realizar un precorte a la muestra con una varilla de vidrio, para homogeneizar la muestra.
2. Bajar la cabeza del viscosímetro hasta sumergir el husillo según la marca del mismo.
3. Con el motor apagado elegir una velocidad angular Ω inicial de 1 RPM. Encender el motor y registrar torque (%) y la viscosidad (cP). Incrementar las velocidades RPM hasta 100 y registrar los valores.
4. Detener el motor, elevar el husillo por arriba de la muestra, dejar reposar la muestra por unos minutos y realizar un precorte.
5. Repetir el paso 1, disminuyendo las velocidades de 100 a 1 RPM. Registrar torque (%) y la viscosidad (cP).
6. Parar el motor, elevar la cabeza del viscosímetro y retirar el husillo.
7. Repetir los pasos con cada una de las muestras

Apagar equipo

1. Apagar motor oprimiendo el botón MOTOR OFF y apagar el viscosímetro presionando el botón ON/OFF.
2. Elevar la cabeza del viscosímetro y retirar el husillo.
3. Limpiar y lavar el husillo solo con agua y jabón, secarlo bien. Medir el diámetro y espesor del plato.
4. Retirar y limpiar el termopar.
5. Desconectar el cable eléctrico de la corriente y retirarlo del viscosímetro.

Retirar la cabeza del viscosímetro del soporte y guardarlo junto con todos los accesorios. Desarmar y guardar el soporte en su caja.

ANEXO V

RESULTADOS OBTENIDOS MEDIANTE EL VISCOSÍMETRO BROOKFIELD DV-II+PRO CON ACCESORIOS PARA CADA MUESTRA DE PURÉ

Tabla 5.1a. Registro de datos del puré de jitomate marca Del Fuerte®

No. de husillo: 4 Radio y espesor de husillo: Espesor: 0.160 cm; diámetro: 2.755 cm Temperatura (°C): 17.5		
Ω (RPM)	Torque (%)	Viscosidad (cP)
1	4.30 \pm 3.818	6000.0 \pm 5656.854
2	8.15 \pm 3.889	5400.0 \pm 1626.346
4	11.50 \pm 4.384	4300.0 \pm 2722.361
5	12.05 \pm 3.182	4200.0 \pm 1159.655
10	15.75 \pm 3.616	3040.0 \pm 311.127
20	20.55 \pm 1.344	2030.0 \pm 77.782
50	29.05 \pm 0.212	1112.0 \pm 19.799
100	36.15 \pm 0.636	730.0 \pm 1.414

Nota: Se muestra el promedio de tres determinaciones

Tabla 5.2a. Registro de datos del puré de jitomate elaborado a partir de frutos recubiertos con Quitosana Sigma 2%

No. de husillo: 5 Radio y espesor de husillo: Espesor: 0.160 cm; diámetro: 2.105 cm Temperatura (°C): 19.1		
Ω (RPM)	Torque (%)	Viscosidad (cP)
1	15.85 \pm 0.778	62100.0 \pm 3818.377
2	13.95 \pm 0.495	28650.0 \pm 3323.402
4	11.95 \pm 1.344	12889.0 \pm 581.242
5	13.90 \pm 0.141	10115.0 \pm 968.736
10	12.05 \pm 1.061	5050.5 \pm 494.268
20	13.05 \pm 0.636	2322.5 \pm 618.718
50	14.35 \pm 0.636	1223.5 \pm 34.648
100	16.15 \pm 0.636	633.0 \pm 49.497

Nota: Se muestra el promedio de tres determinaciones

Tabla 5.3a. Registro de datos del puré de jitomate elaborado a partir de frutos recubiertos con Qitosana Sigma 2% más CaCl₂ 7%

No. de husillo: 2		
Radio y espesor de husillo: Espesor: 0.150 cm; Diámetro: 4.700 cm		
Temperatura (°C): 18.2		
Ω (RPM)	Torque (%)	Viscosidad (cP)
1	14.95±1.202	5543.5±655.488
2	7.80±1.131	1833.0±188.090
4	7.55±0.495	670.5±43.134
5	7.45±0.495	555.5±4.950
10	9.90±0.707	290.0±93.338
20	13.55±0.636	263.0±9.899
50	24.85±0.212	192.0±5.657
100	38.10±0.283	149.0±2.828

Nota: Se muestra el promedio de tres determinaciones

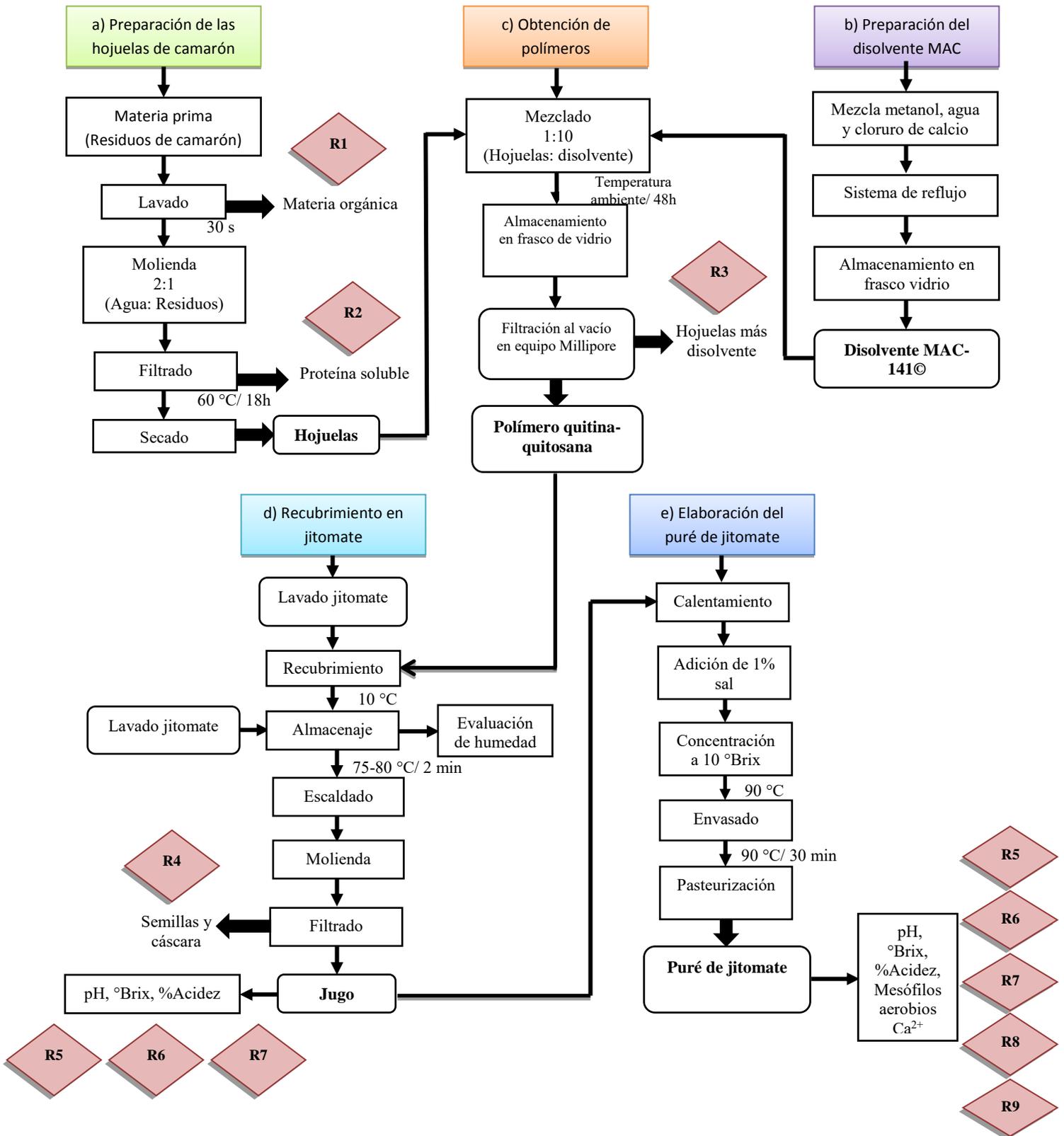
Tabla 5.4a. Registro de datos del puré de jitomate elaborado a partir de frutos recubiertos con Quitina-QUITOSANA

No. de husillo: 1		
Radio y espesor de husillo: Espesor: 2.240 cm; Diámetro: 5.620 cm		
Temperatura (°C): 22.3		
Ω (RPM)	Torque (%)	Viscosidad (cP)
1	17.55±0.778	18000.0±1414.214
2	19.70±0.566	995.0±106.066
4	24.35±3.041	588.5±61.518
5	26.05±3.606	548.0±93.338
10	32.80±4.243	323.5±44.548
20	39.85±4.313	202.0±17.077
50	54.95±4.313	105.8±6.435
100	72.95±3.606	75.3±1.344

Nota: Se muestra el promedio de tres determinaciones

ANEXO VI

DISPOSICIÓN CONTROLADA DE LOS RESIDUOS PRODUCIDOS EN ESTA INVESTIGACIÓN



Residuos orgánicos

R1 y R2: Materia orgánica remanente del cefalotórax de camarón fue desechada a la tarja del laboratorio.

R4: Las semillas y cáscara se depositaron en bolsas de plástico, estas fueron selladas para evitar la aparición de mosquitos, y se tiraron en un contenedor de basura orgánica.

R5 y R6: El puré de jitomate fue diluido con agua de la llave y posteriormente se desechó en la tarja del laboratorio.

Residuos orgánicos e inorgánicos no peligrosos

R3: Cefalotórax de camarón, residuos de metanol, CaCl_2 y agua. Se depositaron en una bolsa de plástico y se tiraron en un contenedor de basura.

Residuo de la determinación de acidez

R7: El residuo se almacenó en un contenedor de plástico (agua, NaOH 0.01 N y fenolftaleína), al final de las determinaciones se le determinó el valor de pH con un potenciómetro modelo Orion 720A, se ajustó a un valor de 7 con ayuda de HCl, posteriormente fue vertido en la tarja.

Determinación de mesófilos aerobios por cuenta en placa

R8: Las cajas inoculadas se esterilizaron en autoclave (121 °C, 20 min) y posteriormente se depositaron en un contenedor de basura.

Residuos de la titulación con EDTA para la determinación de calcio

R9: No se especifica un método para su eliminación; por lo tanto, el producto generado fue almacenado en un contenedor de plástico y etiquetado para ser enviado a la Unidad de Gestión Ambiental de la Facultad de Química de la UNAM (UGA), para su posterior tratamiento o eliminación de acuerdo a la legislación local/nacional (NMX-AA-072-SCFI-2001).

BIBLIOGRAFÍA

- Alcaraz, J., Galicia, M., Moreno, M., Silva, G. 2010. Viscosidad de líquidos no newtonianos. Manual de Laboratorio de Ingeniería Química I. México, D.F.: UNAM, Facultad de Química. Laboratorio de Ingeniería Química, 47-53.
- Amaya, P., Peña, L., Mosquera, A., Villada, H., Villada, D. 2009. Efecto del uso de recubrimientos sobre la calidad del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). DYNA, 77(162), 67-73. [En línea] Disponible en: <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/15776/16694> [Último acceso el 30 de noviembre de 2015].
- Arias, O., Mendoza, A., 2010. Caracterización mecánica de un polímero de origen natural derivado de cefalotórax y exoesqueletos de camarón. Tesis de licenciatura. México, D.F.: UNAM, Facultad de Química, 34-36.
- Benhabiles, M. S., Salah, R., Lounici, H., Drouiche, N., Goosen, M.F.A., Mameri, N. 2012. Antibacterial activity of chitin, chitosan and its oligomers prepared from shrimp shell waste. *Food Hydrocolloids*, 29, 48-56.
- Cabrera, L. 2002. Diccionario de aztequismos. Revisión y puesta en orden: J. Ignacio Dávila-Garibi. Términos nahuas: Luis Reyes-García. Términos latinos (clasificaciones botánicas y zoológicas): Esteban Inciarte. 5ª edición. ISBN 968-867-038-3. México D.F.: Ed. Colofón S.A.
- Casas-Forero, N., Cáez-Ramírez, G. 2011. Cambios morfométricos y de calidad por aplicación de tres fuentes de calcio bajo tratamiento térmico suave en melón (*Cucumis melo* L.) fresco precortado. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 10(3), 431-444.
- Ciruelos, A., De la Torre, R., González, C. 2008. Parámetros de calidad en el tomate para industria. 149-169. [En línea] Disponible en: <http://eia.unex.es/EI/IAA/Portals/0/La%20Agricultura%20y%20la%20Ganader%C3%ADa%202007.pdf> [Último acceso el 3 de febrero de 2016].
- CODEX STAN 57. 1981. Norma del Codex para el concentrado de tomate elaborado. [En línea]. Disponible en: www.codexalimentarius.org/input/download/standards/.../CXS_057s.pdf [Último acceso el 6 de septiembre de 2015].

- CONABIO. 2015. Solanaceae, *Physalis philadelphica* Lam. Foto tomate verde, tomatillo. [En línea]. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/solanaceae/physalis-philadelphica/fichas/ficha.htm> [Último acceso el 30 de octubre de 2015].
- CONABIO. 2015. Solanaceae *Lycopersicon esculentum* P. Mill. Foto jitomate silvestre. [En línea]. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/solanaceae/lycopersicon-esculentum/fichas/ficha.htm> [Último acceso el 30 de octubre de 2015].
- CONAPESCA. 2013. Política pesquera busca incremento de consumo per cápita de pescados y mariscos: SAGARPA. [En línea] (Actualizado el 17 de octubre 2013). Disponible en: http://www.conapesca.gob.mx/wb/cona/17_de_octubre_de_2013_mazatlan_sin [Último acceso el 9 de septiembre de 2014]
- Contreras, L.A., Heredia, J., Sánchez, C., Angulo, M., Villareal, M. 2011. Efecto del genotipo y sales de calcio en la calidad de tomates frescos cortados. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, vol.17, 39-45. [En línea]. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027-152X2011000400007&lng=es&nrm=iso. ISSN 1027-152X. [Último acceso el 22 de noviembre de 2014].
- DOF. (2009). Modificación del inciso 0, el encabezado de la Tabla 13, el último párrafo del Anexo B y el apartado Signo decimal de la Tabla 21 de la Norma Oficial Mexicana NOM-008-SCFI-2002, Sistema general de unidades de medida. Secretaría de economía. Poder Ejecutivo Federal. Estados Unidos Mexicanos. Diario Oficial (Primera Sección). Jueves 24 de septiembre de 2009. México D.F. México.
- DOF. 2001. NMX-AA-072-SCFI-2001. Determinación de dureza total en aguas naturales, residuales y residuales tratadas-Método de prueba. Norma Mexicana. Dirección General de Normas. Diario Oficial de la Federación. Poder Ejecutivo Federal México D.F. México.
- DOF. 1994. NOM-092-SSA1-1994. Norma Oficial Mexicana, bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa. Norma Mexicana. Dirección General de Normas. Diario Oficial de la Federación. Poder Ejecutivo Federal México D.F. México.
- DOF. 1982. NMX-F-033-1982. Alimentos para Humanos. Puré de tomate envasado. Norma Mexicana. Dirección General de Normas. Diario Oficial de la Federación. Poder Ejecutivo Federal México D.F. México.

- DOF. 1978a. NMX-F-317-S-1978. Determinación de pH en alimentos. Norma Mexicana. Dirección General de Normas. Diario Oficial de la Federación. Poder Ejecutivo Federal México D.F. México.
- DOF. 1978b. NMX-F-102-S-1978. Determinación de la acidez titulable en productos elaborados a partir de frutas y hortalizas. Norma Mexicana. Dirección General de Normas. Diario Oficial de la Federación. Poder Ejecutivo Federal México D.F. México.
- Durán-Domínguez-de-Bazúa, María-del-Carmen, Barrera-Rodríguez, Susana, Flores-Ortega, Ronny Adrián. 2009. Extracción ecológica de quitina y subproductos. Patente Núm. 264482. Otorgada el 12 de febrero de 2009. Solicitud de Registro: PA/a/2004/009517. Octubre 1, 2004. México D.F.: UNAM, Facultad de Química, IMPI.
- Fennema, O. 2000. Química de los Alimentos. 2ª edición. Zaragoza: Acribia, 1136, 1158, 1170, 1188.
- Ferguson, I., Boyd, L. 2002. Los nutrientes inorgánicos y la calidad de la fruta. En: M, Knee. ed. Bases biológicas de la calidad de la fruta. Zaragoza: Acribia, 17-46.
- Flores-Ortega, R., 2008. Obtención y caracterización de esponja de quitina a partir de cefalotórax de camarón por métodos ecológicos. Tesis doctoral. México D.F.: UNAM, Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias Químicas.
- Galvis, J; Arjona, H; Fischer, G., 2003. Efectos de la aplicación de soluciones de cloruro de calcio (CaCl_2) sobre la vida de almacenamiento y la calidad del fruto de mango (*Mangifera indica* L.) variedad Van Dyke. Agronomía Colombiana. Universidad Nacional de Colombia Bogotá, Colombia, 21, 190-197. [En línea]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180317974008> [Último acceso el 30 de noviembre de 2015].
- Hamed, I., Özugul, F., Regenstein, J. 2015. Industrial applications of crustacean by-products (chitin, chitosan and chitooligosaccharides): A review. Trends in Food Science and Technology, 48, 40-50.
- Ibarz, A., Barbosa, G. 2005. Operaciones Unitarias en la Ingeniería de Alimentos. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 142.
- INFOAGRO. 2011. El cultivo del tomate. Importancia económica y distribución geográfica: INFOAGRO. [En línea]. Disponible en: <http://www.infoagro.com/hortalizas/tomate.htm> [Último acceso el 5 de agosto de 2015].

- Kader, A., 2002. Las frutas en el mercado global. En: M, Knee, ed. Bases biológicas de la calidad de la fruta. Zaragoza: Acribia, 1-16.
- Kandra, P., Challa, M., Kalangi, H. 2012. Efficient use of shrimp waste: present and future trends: Mini-review. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 93, 17-29.
- Lin, S., Pascall, M. 2014. Incorporation of vitamin E into chitosan and its effect on the film forming solution (viscosity and drying rate) and the solubility and thermal properties of the dried film. *Food Hydrocolloids*, 35, 78-84.
- Maher, E., Entsar, A. 2013. Chitosan based edible films and coatings: A review. *Materials Science and Engineering*, 33, 1819-1841.
- Maca, M., Osorio, O., Mejía, D. 2013. Inactivación térmica de pectinmetilesterasa en tomate de árbol (*Solanum betaceum*). *Información Tecnológica*, 24(3), 41-48. [En línea]. Disponible en: <http://www.scielo.cl/pdf/infotec/v24n3/art06.pdf> [Último acceso el 30 de noviembre de 2015].
- Méndez, A., Pérez, L., Paniagua, A. 2010. Determinación de la viscosidad de fluidos newtonianos y no newtonianos (una revisión del viscosímetro de Couette). *Escuela Superior de Física y Matemáticas, Instituto Politécnico Nacional*, 4, 237-245. [En línea]. Disponible en: http://www.lajpe.org/jan10/36_Mendez_Sanchez.pdf [Último acceso el 30 de junio de 2015]
- Moelants, K., Cardinaels, R., de Greef, K., Daels, E., Van Buggenhout, S., Van Loey, A., Moldenaers, P., Hendrickx, M.E. 2014. Effect of calcium ions and pH on the structure and rheology of carrot-derived suspensions. *Food Hydrocolloids*, 36, 382-391.
- Mott, R. 1996. *Mecánica de fluidos aplicada*. 4ta edición. México: Prentice Hall, 26.
- Nuez, F. 2001. *El cultivo del tomate*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 596.
- 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 ($20\pm 2^{\circ}\text{C}$) y refrigeración (4°C). Tesis profesional (Química de Alimentos). México D.F.: UNAM, Facultad de Química, 18-26.
- Pedrero, D. y Pangborn, R. M. 1996. *Evaluación Sensorial de los Alimentos. Métodos analíticos*. México, D.F.: Alhambra Mexicana, pp. 105-107, 127-131.
- Primo, E. 1998. *Química de los Alimentos (Ciencias químicas: Tecnología bioquímica y de los alimentos)*. Madrid: Editorial Síntesis, 139, 238-243.

- Quintero, J., Falguera, V., Muñoz, A. 2010. Películas y recubrimientos comestibles: importancia y tendencias recientes en la cadena hortofrutícola. *Revista TUMBAGA. Ciencias-Químicas*, 5, 93-118.
- Ramírez, J. 2006. Introducción a la reología de los alimentos. Revisión de la Ciencia, Tecnología e Ingeniería de los Alimentos, 6, 1-45. [En línea]. Disponible en: <http://tarwi.lamolina.edu.pe/~dsa/Fundamentos%20de%20Reologia.pdf> [Último acceso el 30 de junio de 2015]
- Ramírez, J. Y. 2008. *Extracción y cuantificación de astaxantina de desechos de camarón fermentados*. Tesis profesional. México, D.F.: UNAM, Facultad de Química. Pp. 35-39.
- Ramos, M., Bautista, S., Barrera, L. 2010. Compuestos antimicrobianos adicionados en recubrimientos comestibles para uso en productos hortofrutícolas. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 28(1), 44-57.
- Ruiz, J., Vicente, A., Montañez, J. C., Rodríguez, R., Aguilar, C. N. 2012. Un tesoro percedero en México: el tomate⁹, tecnologías para prolongar su vida de anaquel. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 54, 57-63.
- SAGARPA. 2010. Monografía de cultivos. Subsecretaría de Fomento a los Agronegocios: SAGARPA. [En línea] (Actualizado el 31 de julio 2010). Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/pablo/Documentos/Monografias/Jitomate.pdf> [Último acceso el 17 de julio de 2015]
- Sarabia, P. 2011. *Aprovechamiento integral de residuos de crustáceos: Obtención de quitina y quitosana del cefalotórax de camarón por métodos ecológicos*. Tesis de maestría. México, D.F.: UNAM, Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias Químicas. Pp. 21-23.
- SIAP. 2014. Tomate rojo (jitomate): SIAP. [En línea]. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/tomate-rojo-jitomate/> [Último acceso el 6 de agosto de 2015]

⁹ Este fruto, originario de México, recibe el nombre de la lengua náhuatl, muy usado en México como condimento para suavizar los guisos que llevan chile. El tomate verde es el más común. El rojo, que es el más conocido en todo el mundo, se llama más propiamente jitomate, nombre que se usa en México. Del náhuatl *xitōmatl*, tomate de ombligo. Etimología: *xictli*=ombligo y *tōmatl*, tomate. La planta solanácea, se llama más propiamente tomatera, que produce el tomate. Martínez lista 20 variedades de esta planta, casi todas solanáceas, con los nombres de tomate, tomatillo y *tōmatl*, de las cuales las principales son *Physalis coztomatl*, Moc. y Sess, que es el tomate amarillo verdoso, que tanto se emplea en la cocina mexicana; *Physalis angulata* L., el tomate verde común; *Physalis peruviana* L.; *Physalis pubescens* L., y el *Lycopersicon esculentum* Mill.; que es el jitomate, conocido en todo el mundo con el nombre de tomate. Etimología: *tōmatl*, cierta fruta que sirve de agraz en los guisos o salsas, dice Molina. Cf. Coztomate, jaltomate, miltomate (Cabrera, 2002)

- Wikipedia. 2015. Dirección electrónica: https://en.wikipedia.org/wiki/Physalis_peruviana a través de <http://conabio.inaturalist.org/taxa/51988-Physalis-peruviana>