



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

**“ESTUDIOS DE VIDA DE ANAQUEL EN PRODUCTOS
HORTOFRUTÍCOLAS EMPLEANDO RECUBRIMIENTOS
OBTENIDOS DE EXOESQUELETOS Y CEFALOTÓRAX
DE CAMARÓN”**

TESIS MANCOMUNADA

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

QUÍMICO DE ALIMENTOS

PRESENTAN:

ENRÍQUEZ ESTRADA REGINA ANDREA

NAVA ARÉVALO JOSÉ DAVID



MÉXICO, D.F. 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.

JURADO ASIGNADO

PRESIDENTE: Dr.-Ing. María del Carmen Durán Domínguez de Bazúa
VOCAL: M. en A. I. Landy Irene Ramírez Burgos
SECRETARIO: Dr. Marisela Bernal González
PRIMER SUPLENTE: M. en C. Tania Gómez Sierra
SEGUNDO SUPLENTE: M. en C. Rolando Salvador García Gómez

LUGAR DONDE SE REALIZÓ EL PROYECTO:

1. Laboratorios del conjunto E (301 al 303) de Ingeniería Química Ambiental y de Química Ambiental (LIQA y QA) de la Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México.
2. Laboratorio de Ingeniería Química (LIQ) de la Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México.

ASESOR DEL TEMA:

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

SUPERVISOR TÉCNICO:

M. en C. Rolando Salvador García Gómez _____

SUSTENTANTES

Regina Andrea Enríquez Estrada _____

José David Nava Arévalo _____

RECONOCIMIENTOS

Los reactivos, equipos y material de laboratorio empleados en esta investigación fueron parcialmente financiados por los proyectos del Programa de Apoyo a Proyectos para la Innovación y Mejoramiento de la Enseñanza (PE-100514).

A la enseñanza académica y experimental brindada por los profesores de los laboratorios terminales de las carrera de Química de Alimentos impartida en la Facultad de Química de la UNAM.

Al apoyo parcial del Programa de Apoyo a la Investigación y el Posgrado de la Facultad de Química de la UNAM, PAIP, Clave 50009067.

Al Programa de Maestría y Doctorado en Ingeniería de la UNAM por su valioso apoyo en especie de algunos materiales y de equipo de cómputo académico a través del Subcomité Académico por Campo del Conocimiento de Ingeniería Ambiental.

Se reconoce al Laboratorio de Ingeniería Química (LIQ) del Departamento de Ingeniería Química de la Facultad de Química, especialmente a la I.Q. Ileana Rodríguez Castañeda, por el préstamo del viscosímetro Brookfield DV-II+, así como a su asesoría brindada para medir la viscosidad de los purés obtenidos con guayabas recubiertas con diversas biopelículas, objetos de estudio del presente trabajo de tesis.

Así también, se reconoce la donación del extractor Moulinex® por parte del M. en C. Rolando Salvador García Gómez a los Laboratorios 301, 302 y 303 de Ingeniería Química Ambiental y de Química Ambiental (LIQAYQA) empleado para la obtención de purés sobre los sujetos en estudio.

ÍNDICE

I. ÍNDICE DE TABLAS	XI
II. ÍNDICE DE FIGURAS	XIII
III. GLOSARIO DE TÉRMINOS	XVII
IV. ABREVIATURAS	XX
V. RESUMEN	XXI
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del problema	1
1.2. Justificación y solución a la problemática propuesta	3
1.3. Objetivos	4
1.3.1. Objetivo general	4
1.3.2. Objetivos particulares	4
1.4. Hipótesis	5
1.5. Metas y alcances	5
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	6
2.1. El almacenamiento de los alimentos	6
2.2. Las películas comestibles y su impacto en la vida útil de algunos productos hortofrutícolas	6
2.3. La mezcla quitina y quitosana (Q-Qn) y su extracción mediante métodos de química verde	7
2.4. Aplicación de la mezcla de quitina-quitosana como recubrimiento	8
2.5. Los brócolis como fuente de estudio en esta investigación	8
2.5.1. Aspectos generales del brócoli (<i>Brassica oleracea</i>)	9
2.5.2. Importancia del brócoli a nivel internacional	10
2.5.3. Importancia del brócoli en territorio mexicano	10
2.5.4. El brócoli en la dieta	11
2.5.5. La senescencia en la vida de anaquel del brócoli	12
2.5.6. El brócoli como ingrediente principal en la elaboración de diferentes productos	13
2.6. La guayaba (<i>Psidium guajava</i> L.) como fuente de estudio en esta investigación	13
2.6.1. Importancia en el territorio nacional de este fruto	13
2.6.2. Consumo y aporte de las guayabas a la dieta	15
2.6.3. La guayaba como fruto susceptible de cambios derivados de la maduración	15
2.6.4. La maduración de las guayabas	16
2.6.5. ¿Jugo, pulpa o puré de guayaba?	19

2.6.6. La actividad enzimática y el calcio como razón de cambio en la reología del puré de guayaba	20
2.7. Importancia del mercado de los productos hortofrutícolas seleccionados	20
2.7.1. Importancia del mercado de hortalizas frescas en el país	20
2.7.2. La importancia del mercado de jugos y bebidas	21
2.8. La importancia de las técnicas fisicoquímicas ejecutadas	21
2.8.1. Importancia de la determinación del contenido de °Bx	21
2.8.2. Importancia de la determinación del pH	22
2.8.3. Importancia de la determinación del porcentaje de acidez	22
2.8.4. Importancia de la determinación del contenido de vitamina C	22
2.8.5. Importancia de la determinación del contenido de calcio	22
2.8.6. La reología	23
2.8.6.1. Los comportamientos reológicos	25
2.8.7. El color	27
2.8.7.1. Importancia del color en los alimentos	27
2.8.7.2. Técnicas de cuantificación del color	28
2.8.7.3. Uso de un método alternativo de fácil adquisición para la cuantificación de los parámetros del color	30
2.8.7.4. Cambios cuantitativos del color en la maduración	31
2.9. La química verde	33
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA	34
3.1. Recolección de la cabeza fresca, obtención del cefalotórax y exoesqueletos de camarón parcialmente desproteinizados y adquisición de los sujetos de estudio	36
3.2. Extracción de la mezcla quitina-quitosana (Q-Qn) a partir del cefalotórax y los exoesqueletos de camarón	36
3.2.1. Obtención del cefalotórax y los exoesqueletos parcialmente desproteinizados (CPD)	36
3.2.2. Elaboración del disolvente MAC-141©	37
3.2.3. Extracción de la mezcla quitina-quitosana del CPD	37
3.3. Preparación de las soluciones control y su aplicación	38
3.4. Determinaciones fisicoquímicas	39
3.4.1. Determinaciones de contenido de humedad (%H)	39
3.4.2. Determinación de los grados Brix (°Bx)	39
3.4.3. Determinación del valor de pH	39
3.4.4. Determinación del porcentaje de acidez (%HA)	39
3.4.5. Determinación de vitamina C	40
3.4.6. Determinación del color	40

3.4.7. Determinación de la textura del puré de guayaba mediante un método reológico	40
3.4.8. Determinación del contenido de calcio en purés de guayaba	41
3.5. Condiciones de las determinaciones de vida de anaquel	41
3.6. Caracterización del producto comercial y de la materia prima	42
3.7. Pruebas de nivel de agrado con consumidores	42
3.8. Análisis estadísticos	43
CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
4.1. PRUEBAS DE VIDA DE ANAQUEL EN <i>BRÓCOLIS</i>	44
4.1.1. Contenido de humedad en los brócolis recubiertos	44
4.1.2. Evaluación de los grados Brix (°Bx) en los brócolis recubiertos	46
4.1.3. Determinación del valor de pH en los brócolis recubiertos	50
4.1.4. Determinación del porcentaje de acidez en los brócolis recubiertos	51
4.1.5. Determinación del contenido de vitamina C en los brócolis recubiertos	54
4.1.6. Determinación de los cambios del color en los brócolis durante el estudio de vida de anaquel	55
4.1.7. Evaluación sensorial de los brócolis al tercer día de ser recubiertos, lotes control, Q-Qn y Q-S.A	57
4.2. PRUEBAS DE VIDA DE ANAQUEL EN <i>GUAYABAS</i>	59
4.2.1. Determinación de humedad	59
4.2.1.A Generalidades para las determinaciones de humedad a 4°C	61
4.2.1.B Generalidades para las determinaciones de humedad a 25°C y 35°C	61
4.2.2. Determinación de °Bx	61
4.2.2.A Generalidades para las determinaciones de °Bx a 4°C	61
4.2.2.B Generalidades para las determinaciones de °Bx a 25°C	61
4.2.2.C Generalidades para las determinaciones de °Bx a 35°C	62
4.2.3. Determinación de pH	63
4.2.3.A Generalidades para las determinaciones de pH a 4°C	63
4.2.3.B Generalidades para las determinaciones de pH a 25°C	64
4.2.3.C Generalidades para las determinaciones de pH a 35°C	65
4.2.4. Determinación del porcentaje de acidez	65
4.2.4.A Generalidades para las determinaciones de %HA a 4°C	66
4.2.4.B Generalidades para las determinaciones de %HA a 25°C	66

4.2.4.C Generalidades para las determinaciones de %HA a 35°C	67
4.2.5. Determinación de vitamina C	67
4.2.5.A Generalidades para las determinaciones de vitamina C a 4°C	67
4.2.5.B Generalidades para las determinaciones de vitamina C a 25°C	68
4.2.5.C Generalidades para las determinaciones de vitamina C a 35°C	68
4.2.6. Determinación del color en purés de guayabas sometidas a diferentes tratamientos	69
4.2.6.A. Resultados para la determinación de color en guayabas recubiertas y almacenadas bajo temperatura óptima (4°C)	70
4.2.6.B. Resultados para la determinación de color en guayabas recubiertas y almacenadas bajo condiciones típicas de temperatura (25°C)	70
4.2.6.C. Resultados para la determinación de color en guayabas recubiertas y almacenadas bajo condiciones adversas de temperatura (35°C)	70
4.2.7. Caracterización del comportamiento reológico de purés de guayabas sometidas al tratamiento con la biopelícula de quitina-quitosana (Q-Qn)	71
4.2.8. Aporte de calcio inorgánico a los productos hortofrutícolas estudiados y su posible efecto sobre los mismos	74
4.2.9. Evaluación sensorial en jugos elaborados con purés de Guayaba	75
4.3. Diferencias encontradas entre el producto vegetal y la fruta	76
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS	78
5.1. Conclusiones generales	78
5.1.1. Recubrimientos en brócolis y guayabas	79
5.2. Perspectivas del presente trabajo de investigación	80
CAPÍTULO 6. BIBLIOGRAFÍA	81

APÉNDICES: ÍNDICE

Apéndice A. DESCRIPCIÓN DE LAS TÉCNICAS EMPLEADAS EN LA PRESENTE TESIS	91
A1. Obtención de cefalotórax y exoesqueletos parcialmente desproteinizados (CPD)	91
A2. Elaboración del disolvente MAC-141 ® y extracción de la mezcla quitina-quitosana del cefalotórax y exoesqueletos del camarón	95
A3. Elaboración de las biopelículas “control”	99
A4. Metodologías de las determinaciones fisicoquímicas	101
Apéndice B. TABLAS DE RESULTADOS OBTENIDOS DURANTE EL ANÁLISIS EXPERIMENTAL EN BRÓCOLIS	115
B1. Resultados experimentales de la vida de anaquel en brócolis almacenados a temperatura de refrigeración (4°C)	115
B2. Resultados experimentales de la vida de anaquel en brócolis almacenados a temperatura ambiente (25°C)	116
B3. Resultados experimentales de la vida de anaquel en brócolis almacenados a temperatura de adversa (35°C)	117
B4. Resultados de evaluación sensorial con consumidores en brócolis al tercer día de ser recubiertos	118
Apéndice C. TABLAS DE RESULTADOS OBTENIDOS DURANTE EL ANÁLISIS EXPERIMENTAL EN PURÉ DE GUAYABA	120
C1. Resultados de las determinaciones de humedad en puré de Guayaba	120
C2. Resultados de °Bx en el puré de la fruta	120
C3. Resultados del valor de pH en las muestras	121
C4. Resultados del valor del % de acidez de las muestras	122
C5. Determinación del valor de ácido ascórbico	122
C6. Determinación del contenido de calcio entre purés de guayaba	123
C7. Evaluación sensorial en bebidas elaboradas con guayabas	123
Apéndice D. TABLAS DE RESULTADOS DE LA DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS L*ab MEDIANTE LA TÉCNICA RGB EN PURÉ DE GUAYABA	124
D1. Resultados de la cuantificación del color mediante la técnica RGB-CIE-L*ab para la vida de anaquel en guayabas a 4°C	124
D2. Resultados de la cuantificación del color mediante la técnica RGB-CIE-L*ab para la vida de anaquel en guayabas a 25°C	126
D3. Resultados de la cuantificación del color mediante la técnica RGB-CIE-L*ab para la vida de anaquel en guayabas a 35°C	128

Apéndice E. RESULTADOS OBTENIDOS PARA LA VISCOSIDAD EN LA VIDA DE ANAQUEL DE JUGOS DE GUAYABA	130
E1. Tablas de valores calculados que describen el comportamiento viscoso de puré de guayaba bajo diferentes días y tratamientos	130
Apéndice F. CAMBIOS EN EL COLOR DE LAS MUESTRAS A TRAVÉS DE LA VIDA DE ANAQUEL DE LOS PRODUCTOS HORTOFRUTÍCOLAS ESTUDIADOS	132
F1. Tablas de resultados en la cuantificación del color para la vida de anaquel en brócolis	132
F2. Tablas de resultados en la cuantificación del color para la vida de anaquel en guayabas	136
Apéndice G. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS EXPERIMENTALES OBTENIDOS	139
G1. Análisis estadístico de los datos experimentales obtenidos en la vida de anaquel de brócolis a temperatura de refrigeración (4°C)	139
G2. Análisis estadístico de los datos experimentales obtenidos en la vida de anaquel de brócolis a temperatura ambiente (25°C)	140
G3. Análisis estadístico de los datos experimentales obtenidos en la vida de anaquel de brócolis a temperatura adversa (35°C)	140
G4. Análisis estadístico de los datos experimentales obtenidos en la evaluación sensorial con consumidores evaluando brócolis recubiertos al tercer día	141
G5. Análisis de varianza (<i>ANOVA</i>) para los resultados obtenidos a temperatura de 4°C en purés de guayabas	141
G6. Análisis de varianza (<i>ANOVA</i>) para los resultados obtenidos a temperatura de 25°C en purés de guayabas	143
G7. Análisis de varianza (<i>ANOVA</i>) para los resultados obtenidos a temperatura de 35°C en purés de guayabas	144
G8. Análisis de varianza (<i>ANOVA</i>) para la determinación de calcio entre el lote control y el experimental	145
G9. Análisis de varianza (<i>ANOVA</i>) para la evaluación sensorial en guayabas	145
Apéndice H. GRÁFICOS DE COMPARACIÓN DE MEDIAS POR EL MÉTODO DE TUKEY	146
H1. Comparación de medias del análisis de varianza (<i>ANOVA</i>) de las determinaciones fisicoquímicas realizadas en brócolis recubiertos almacenados a temperatura de refrigeración (4°C)	146
H2. Comparación de medias del análisis de varianza (<i>ANOVA</i>) de las determinaciones fisicoquímicas realizadas en brócolis recubiertos almacenados a temperatura ambiente (25°C)	147

H3. Comparación de medias del análisis de varianza (<i>ANOVA</i>) de las determinaciones fisicoquímicas realizadas en brócolis recubiertos almacenados a temperatura adversa (35°C)	148
H4. Gráfico de la prueba Tukey para la evaluación sensorial a brócolis recubiertos al 3er día	148
H5. Comparación de medias del análisis de varianza (<i>ANOVA</i>) a través del método de Tukey para los resultados obtenidos a temperatura de refrigeración en purés de guayabas	149
H6. Comparación de medias del análisis de varianza (<i>ANOVA</i>) a través del método de Tukey para los resultados obtenidos a temperatura ambiente en purés de guayabas	150
H7. Comparación de medias del análisis de varianza (<i>ANOVA</i>) a través del método de Tukey para los resultados obtenidos a temperatura de 35°C en purés de guayabas	151
H8. Prueba de Tukey en el análisis de varianza en el valor de la determinación de calcio	153
H9. Prueba de Tukey en el análisis de varianza en la evaluación sensorial en guayabas	153
Apéndice I. CUESTIONARIOS DE EVALUACIÓN SENSORIAL EN BRÓCOLIS Y GUAYABAS SOMETIDAS A LAS APLICACIONES DE LAS BIOPELÍCULAS	154
Apéndice J. LOS DOCE PRINCIPIOS DE LA QUÍMICA VERDE	156
Apéndice K. TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS GENERADOS EN EL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	157
K1. Tratamiento de los residuos generados en la obtención de cefalotórax y los exoesqueletos de camarón parcialmente desproteinizados a partir de camarón fresco	157
K2. Tratamiento de los residuos generados en la obtención del disolvente MAC-141® y del biopolímero de Q-Qn	158
K3. Tratamiento de los residuos generados en la determinación del color mediante la escala Pantone y la técnica RGB/CIE-L*ab	159
K4. Tratamiento de los residuos generados en la determinación de humedad mediante la técnica de secado en horno convencional y termobalanza	160
K5. Tratamiento de los residuos generados en la determinación de ácido ascórbico (Vitamina C)	161
K6. Tratamiento de los residuos generados en la determinación de acidez titulable	162
K7. Tratamiento de los residuos generados en la determinación de calcio en puré de guayaba	163

I. ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Nombre	Página
Tabla 2.1	Resultados de la cuantificación de los parámetros L*ab en guayabas recién cosechadas, en primavera-verano para el día 0 y los valores L*ab obtenidos para los mismos lotes después de 7 días a 25°C (Mercado-Silva <i>et al.</i> , 1998)	32
Tabla 2.2	Resultados de la cuantificación de los parámetros L*ab en guayabas recién cosechadas, en otoño-invierno para el día 0 y los valores L*ab obtenidos para los mismos lotes después de 7 días a 25°C (Mercado-Silva <i>et al.</i> , 1998)	32
Tabla 3.1	Lista de recubrimientos usados en el presente trabajo	38
Tabla 4.0	Resultados del método de Tukey al 95% de confianza para datos obtenidos en la determinación de humedad en brócolis	46
Tabla 4.1	Resultados del método de Tukey al 95% de confianza para datos obtenidos en la determinación de °Bx en brócolis	48
Tabla 4.2	Resultados sobre valores de pH al inicio y término de la vida de anaquel de brócolis en las tres diferentes condiciones de almacenamiento	50
Tabla 4.3	Resultados del método de Tukey al 95% de confianza de confianza para los valores obtenidos en la determinación de pH en brócolis	51
Tabla 4.4	Resultados del método de Tukey al 95% de confianza para los valores obtenidos en la determinación de acidez en brócolis	52
Tabla 4.5	Análisis de resultados obtenidos para la determinación de humedad en guayabas almacenadas a 4°C	60
Tabla 4.6	Análisis de resultados obtenidos para la determinación de humedad en guayabas almacenadas a temperatura óptima y adversa	60
Tabla 4.7	Análisis de resultados obtenidos para la determinación de °Bx en guayabas almacenadas a 4°C	63
Tabla 4.8	Análisis de resultados obtenidos para la determinación de °Bx en guayabas almacenadas a 25°C	63
Tabla 4.9	Análisis de resultados obtenidos para la determinación de acidez en guayabas almacenadas a 4°C	66
Tabla 4.10	Análisis de resultados obtenidos para la determinación de acidez en guayabas almacenadas a 25°C	66

I. ÍNDICE DE TABLAS (CONTINUACIÓN)

Tabla	Nombre	Página
Tabla 4.11	Análisis de resultados obtenidos para la determinación de ácido ascórbico en guayabas almacenadas	69
Tabla 4.12	Análisis de resultados obtenidos para la determinación de color en guayabas almacenadas a 4°C	70
Tabla 4.13	Análisis de resultados obtenidos para la determinación de color en guayabas almacenadas a 25°C	71
Tabla 4.14	Análisis de resultados obtenidos para la determinación de color en guayabas almacenadas a 35°C	71
Tabla 4.15	Resultados de la cuantificación de la viscosidad en términos de resistencia al flujo	73
Tabla 4.16	Resultados de los atributos de la evaluación sensorial en guayabas	76
Tabla 4.17	Resultados del agrado de las muestras en jugo de guayaba	76
Tabla 4.18	Resultados comparativos de la efectividad del recubrimiento de Q-Qn sobre los controles bajo los diferentes productos hortofrutícolas en estudio	77

II. ÍNDICE DE FIGURAS

Marco teórico		
Figura 2.0a y b	Estructura química de la quitina y quitosana (Sigma-Aldrich, 2015a)	7
Figura 2.1.a	Cosecha de brócoli (SAGARPA, 2015)	8
Figura 2.1.b	Fisiología del brócoli (SAGARPA, 2015)	9
Figura 2.2	Principales países productores durante el 2008 (SFA, 2011)	10
Figura 2.3	Producción de brócoli en México (SFA, 2011)	11
Figura 2.4	Guayabas maduras	13
Gráfica 2.5	Producción de guayaba en México (SAGARPA, 2014)	14
Figura 2.6	Producción de guayaba en México, se indica el porcentaje de participación de cada estado (SAGARPA, 2014)	14
Figura 2.7	Crecimiento, desarrollo y maduración de guayabas (SIAP, 2015)	16
Figura 2.8	Pérdida de masa en función del tiempo en guayabas almacenadas a una temperatura promedio de 22°C (Yirat-Becerra et al., 2009)	16
Figura 2.9	Acidez de la guayaba en el proceso de maduración (mg/100g vs. tiempo) (Gélvez-Torres, 1998)	17
Figura 2.10	Sólidos solubles totales (SST) de la guayaba en el proceso de maduración (SST vs. tiempo) (Gélvez-Torres, 1998)	17
Figura 2.11	Cantidad de ácido ascórbico en la guayaba en el proceso de maduración (mg/100g vs. tiempo) (Gélvez-Torres, 1998)	17
Figura 2.12	Cambio en el contenido de sólidos solubles totales en guayabas almacenadas a 25°C (Mercado-Silva et al., 1998)	18
Figura 2.13	Cambio en el contenido de acidez titulable en guayabas almacenadas a 25°C (Mercado-Silva et al., 1998)	18
Figura 2.14	Cambio en el contenido de ácido ascórbico en guayabas almacenadas a 25°C (Mercado-Silva et al., 1998)	18
Figura 2.15	Fuerza de cizalla entre dos planos paralelos (Rojas-G., 1999)	24
Figura 2.16	Deformación de un fluido a un tiempo t_0 y un tiempo dt (Jeantet y Croguennec, 2006)	24
Figura 2.17	Reogramas típicos (McKenna y Lyng, 2013)	26
Figura 2.18	Representación geométrica del espacio de color CIE-L*ab (Modificado de MacEvoy, 2005)	28
Figura 2.19	Colorímetro portátil (Konica Minolta, 2015)	29
Figura 2.20	Escala pantone (Pantone®, 2015)	29
Figura 2.21	Selector de color en el espacio de color <i>RGB</i> (Software <i>GIMP</i> 2.8)	30
Figura 2.22	Modelo cuadrático para la obtención de los parámetros L*ab a partir de los datos <i>RGB</i> (León et al., 2006)	31
Figura 2.23	Diagrama esquemático del dispositivo empleado para la captura de imágenes usado para la cuantificación de los parámetros L*ab (Modificado de Wu y Sun, 2015)	31
Metodología		
Figuras 3a, b y c	Diagrama de flujo del desarrollo experimental	34-35
Figura 3.1	Matraz bola con disolvente MAC© 1:4:1	37
Figura 3.2	Preparación de los recubrimientos control	38
Figura 3.3	Ejemplo del puré de guayaba usado para la determinación reológica	41
Figura 3.4	Almacenamiento en refrigerador a 4°C	42

Figura 3.5	Almacenamiento en incubadora a 35°C	42
Figura 3.6	Almacenamiento en cajas a 25°C	42
Figura 3.7	Software estadístico empleado en el análisis de los resultados	43
Resultados y discusión		
Gráfica 4.1	Pérdida de humedad de menor a mayor expresado en porcentaje, en los diferentes lotes de brócolis recubiertos y almacenados a 4°C	45
Gráfica 4.2	Pérdida de humedad de menor a mayor expresado en porcentaje, en los diferentes lotes de brócolis recubiertos y almacenados a temperatura ambiente (25°C)	46
Gráfica 4.3	Determinación de °Bx en brócolis almacenados a 4°C, presentados de menor a mayor aumento	49
Gráfica 4.4	Determinación de °Bx en brócolis almacenados a temperatura ambiente (25°C), presentados de menor a mayor aumento	49
Gráfica 4.5	Determinación de acidez titulable expresado en porcentaje de ácido cítrico, en los diferentes lotes de brócolis recubiertos y almacenados a 4°C	52
Gráfica 4.6	Determinación de acidez titulable expresado en porcentaje de ácido cítrico, en los diferentes lotes de brócolis recubiertos y almacenados a temperatura ambiente (25°C)	53
Gráfica 4.7	Determinación de acidez titulable expresado en porcentaje de ácido cítrico, en los diferentes lotes de brócolis recubiertos y almacenados a 35°C	53
Gráfica 4.8a y b	Pérdida de Vitamina C en los diferentes lotes de brócolis recubiertos y almacenados a 4°C	54
Gráfica 4.9a y b	Pérdida de Vitamina C en los diferentes lotes de brócolis recubiertos y almacenados a 25°C	55
Gráfica 4.10a y b	Pérdida de Vitamina C en los diferentes lotes de brócolis recubiertos y almacenados a 35°C	55
Figura 4.11	Estructura de la clorofila a y b (Raisman y Gonzalez, 2015)	56
Gráfica 4.12	Comparación del nivel de preferencia general con base en los atributos evaluados por consumidores (brócolis)	58
Gráfica 4.13	Comparación del nivel de preferencia de consumo a los brócolis por consumidores	58
Gráfica 4.14	Cambio en el contenido de humedad en puré de guayaba hecho con fruta recubierta almacenada en refrigeración	59
Gráfica 4.15	Cambio en el contenido de humedad en puré de guayaba hecho con fruta recubierta almacenada a 25°C	59
Gráfica 4.16	Cambio en el contenido de humedad en puré de guayaba hecho con fruta recubierta almacenada a 35°C	59
Gráfica 4.17	Cambio en el contenido de °Bx en puré de guayaba hecho con fruta recubierta almacenada a 4°C	62
Gráfica 4.18	Cambio en el contenido de °Bx en puré de guayaba hecho con fruta recubierta almacenada a 25°C	62
Gráfica 4.19	Cambio en el contenido de °Bx en puré de guayaba hecho con fruta recubierta almacenada a 35°C	62
Gráfica 4.20	Cambio en el valor de pH en puré de guayaba hecho con fruta recubierta almacenada a 4°C	64
Gráfica 4.21	Cambio en el valor de pH en puré de guayaba hecho con fruta recubierta almacenada a 25°C	64

Gráfica 4.22	Cambio en el valor de pH en puré de guayaba hecho con fruta recubierta almacenada a 35°C	64
Gráfica 4.23	Cambio en el valor de %HA en puré de guayaba hecho con fruta recubierta almacenada a 4°C	65
Gráfica 4.24	Cambio en el valor de %HA en puré de guayaba hecho con fruta recubierta almacenada a 25°C	65
Gráfica 4.25	Cambio en el valor de %HA en puré de guayaba hecho con fruta recubierta almacenada a 35°C	65
Gráfica 4.26	Cambio en el valor de ácido ascórbico en puré de guayaba hecho con fruta recubierta almacenada a 4°C	68
Gráfica 4.27	Cambio en el valor de ácido ascórbico en puré de guayaba hecho con fruta recubierta almacenada a 25°C	68
Gráfica 4.28	Cambio en el valor de ácido ascórbico en puré de guayaba hecho con fruta recubierta almacenada a 35°C	68
Gráfica 4.29	Comportamiento reológico de purés de guayaba elaborados con el lote blanco y el lote recubierto con Q-Qn en el día cero del estudio de vida de anaquel	72
Gráfica 4.30	Comportamiento reológico de purés derivados de las guayabas pertenecientes al lote blanco y al lote recubierto con Q-Qn, almacenadas a 4°C durante 7 días	72
Gráfica 4.31	Comportamiento reológico de purés de guayaba pertenecientes al lote blanco y al lote recubierto con Q-Qn, almacenadas a 4°C durante 14 días	72
Gráfica 4.32	Comportamiento reológico de purés elaborados con guayabas pertenecientes al lote blanco y del lote recubierto con Q-Qn, almacenadas a 4°C durante 18 días	72
Gráfica 4.33	Comportamiento reológico de los purés de guayabas correspondientes al lote blanco y al lote recubierto con Q-Qn, almacenadas a 4°C durante 22 días	73
Gráfica 4.34	Comportamiento reológico de purés elaborados con guayabas correspondientes al lote blanco y al lote recubierto con Q-Qn, almacenadas a 4°C durante 25 días	73
Gráfica 4.35	Contenido de calcio en dos lotes de puré de guayaba bajo análisis	74
Figura 4.36	Cuestionarios para la evaluación sensorial señalada mostrando las tres muestras a evaluar	75
Figuras de apéndice		
Figura A.1	Cabeza de camarón fresca obtenida en la Central de Abasto de la CDMX	91
Figura A.2	Escafocerito y Diente rostral presente en la cabeza del camarón [Modificado de ICTIO~TERM (2013)]	92
Figura A.3	Obtención del cefalotórax y los exoesqueletos de camarón a partir de su limpieza	92
Figura A.4	Técnica de obtención del CPD	93
Figura A.5	Licuo del cefalotórax y los exoesqueletos limpios con agua en relación 1:2	94
Figura A.6	Extensión del CPD húmedo en charolas para su secado	94
Figura A.7	Secado del CPD en horno de convección a 60°C por 18h	94
Figura A.8	Técnica de elaboración del disolvente MAC-141©	95
Figura A.9	Equipo de reflujo para la elaboración del disolvente MAC-141©	96
Figura A.10	Técnica de obtención de la mezcla del polímero Q-Qn a partir del CPD	97

Figura A.11	Vista superior y lateral del recipiente donde se llevó a cabo la extracción de la mezcla Q-Qn del CPD con ayuda del disolvente MAC-141©	98
Figura A.12	Sistema de filtración empleado en el presente trabajo	98
Figura A.13	Malla plástica usada	98
Figura A.14	Frascos tipo “Gerber®” con biopelícula Q-Qn	98
Figura A.15	Almacenamiento de biopelícula	98
Figura A.16	Elaboración de la biopelícula de Q-S.A. al 0.3%	99
Figura A.17	Elaboración de la biopelículas de Qn-S.A. (1.5-2%)	99
Figura A.18	Técnica del cepillado sobre guayaba	99
Figura A.19	Guayabas recubiertas con el polímero de quitosana al 1.5%	99
Figura A.20	Guayabas recubiertas con el polímero de quitosana al 2%	99
Figura A.21	Guayabas recubiertas con el polímero de CPD	99
Figura A.22	Guayabas recubiertas con el polímero de quitina al 0.3%	99
Figura A.23	Lavado de floretes de brócoli con agua a 4°C	100
Figura A.24	Enjuague de floretes de brócoli con agua a 4°C	100
Figura A.25	Secado de floretes de brócoli a temperatura ambiente	100
Figura A.26	Lote blanco de brócoli a T. ambiente	100
Figura A.27	Lote de de brócoli recubierto con Q-Qn a T. ambiente	100
Figura A.28	Extractor empleado en la obtención de purés de guayaba	101
Figura A.29a	Termobalanza empleada en la determinación del contenido de humedad	102
Figura A.29b	Estufa modelo Felisa-F293D empleada en la determinación del contenido de humedad en muestras	102
Figura A.30	Electrodo del potenciómetro Orión 720-A7	103
Figura A.31	Pantalla del potenciómetro Orión 720-A7	103
Figura A.32	Escala Pantone® usada para la determinación cualitativa del color	106
Figura A.33	Dispositivo empleado para la colocación de la muestra por triplicado	108
Figura A.34	Escáner usado para la captura de las imágenes	108
Figura A.35	Cuadro de ajustes para la captura de las imágenes	108
Figura A.36	Ejemplo de la muestra capturada con el escáner antes mencionado y las condiciones indicadas	108
Figura A.37	Pasos a seguir para habilitar el histograma en el software <i>GIMP</i>	108
Figura A.38	Herramienta Selección Difusa	109
Figura A.39	Herramienta Selección Difusa aplicada sobre la muestra, se describe a la derecha el comportamiento del canal “Rojo” sobre la ventana del histograma	109
Figura A.40	Descripción RGB obtenida para la imagen, se muestra cada canal (rojo, verde, azul) de la imagen en cuestión	109
Figura A.41	Transformación del espacio de color RGB a L^*ab	110
Figura A.42	Viscosímetro Brookfield DV-II +	111
Figura A.43	Figura para captura de datos del viscosímetro Brookfield DV-II +	112

III GLOSARIO DE TÉRMINOS

Término	Significado
Acidez	Cantidad de ácido libre en diferentes matrices (alimentarias)
Ácido acético glacial	Ácido monoprótico cuya fórmula molecular es $C_2H_4O_2$, éste tiene una masa molecular de 60.05 g/mol, es un líquido incoloro con un pb: 117°C y pc: 16.2°C, que presenta un aroma característico
Ácido L-ascórbico	También conocido como Vitamina C, es un ácido cuya fórmula molecular es $C_6H_8O_6$, presenta una masa molecular de 176.12g/mol, en forma pura es un sólido cristalino, cuyo intervalo de fusión es de 190 a 194°C
Alimento	Cualquier órgano, tejido o secreción que contiene cantidades apreciables de nutrimentos biodisponibles, cuyo consumo en cantidades y formas habituales es inocuo y atractivo a los sentidos
Alimento perecedero	Alimento que requiere de condiciones especiales de proceso, conservación, almacenamiento y transporte debido a factores intrínsecos como su composición o características fisicoquímicas y cuya “vida” es corta
Biftalato de potasio	Sal cuya fórmula molecular es $C_8H_5KO_4$, ésta tiene una masa molecular de 204.22 g/mol, usado como patrón primario para la determinación de la concentración real en soluciones básicas
Biopelículas comestibles	Conocidas en inglés como “ <i>Edible coatings</i> ” son recubrimientos elaborados con diferentes clases de biopolímeros como proteínas, lípidos y polisacáridos, los cuales pueden presentar ciertos beneficios, dos de ellos son su cualidad biodegradable y que sea comestible
Blanco	Término usado en el presente trabajo como referencia a aquellos lotes de productos hortofrutícolas que no fueron sometidos a ningún tipo de tratamiento “control” o al recubrimiento experimental obtenido de cefalotórax y exoesqueletos de camarón (Q-Qn)
Brócoli	Hortaliza que forma parte de la familia de las Brassicáceas, género <i>Brassica</i> y especie <i>oleracea</i>
Calcio	Sustancia química considerada también como un nutrimento inorgánico
Cefalotórax	Segmento del cuerpo de arácnidos y crustáceos conformada por la unión de la cabeza y el tórax
Cloruro de calcio	Sustancia química de fórmula $CaCl_2$ y masa molecular de 110.98 g/mol sólida de color blanco, cuyo punto de fusión ocurre a los 772°C
Color	Es la impresión generada por los rayos luminosos que producen los órganos visuales y que depende de la longitud de onda de éstos

III GLOSARIO DE TÉRMINOS (CONTINUACIÓN)

Control	Término usado en el presente trabajo que se refiere a los productos hortofrutícolas bajo estudio sometidos a diferentes recubrimientos para ser comparados contra el recubrimiento experimental (Q-Qn) y un “blanco”
Crustáceo	Se refiere a los artrópodos cuya respiración es a través de branquias, presentan dos pares de antenas y están cubiertos por un caparazón usualmente calcificado
Decápodo	Crustáceo que posee diez patas
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	Es una estimación de la cantidad de oxígeno que requiere una población microbiana heterogénea para oxidar la materia orgánica presente en una muestra de agua
2,6-Diclorofenol-Indofenol (2,6-DI)	Reactivo para laboratorio con fórmula molecular $C_{12}H_6Cl_2NNaO_2 \cdot xH_2O$, masa molecular de 290.08 g/mol en forma de polvo de color verde oscuro
Dieta	Conjunto de alimentos y platillos que se consumen cada día, los cuales constituyen la base de la alimentación
Espacio de color CIE-L*ab	Es el segundo de los dos modelos de color adoptados por la CIE en 1976
Espacio de color RGB	Modelo de color basado en la teoría de adición del color, la cual señala que es posible mostrar un color como resultado de la mezcla de los colores luz primarios: rojo, verde, azul, sus siglas provienen del nombre en inglés de estos colores (Red, Green, Blue)
Estudios de vida de anaquel	Estudios del periodo de tiempo en que un producto alimenticio mantiene una adecuada calidad para el productor y consumidor, además de presentar características aceptables para la legislación vigente (como microbiológicas y sensoriales) a una temperatura dada
Evaluación sensorial	Es la disciplina que se encarga de caracterizar a los alimentos a través de los cinco sentidos
Extracción	Obtención de componentes específicos encontrados dentro de una matriz mediante disolventes u otros métodos
Fenolftaleína	Sustancia empleada como indicador de pH de fórmula molecular: $C_{20}H_{14}O_4$, con masa molecular de 318.32 g/mol
Fruto climatérico	Fruto en el cual se presenta una producción autocatalítica de etileno, pudiendo ir acompañado de un pico respiratorio durante la maduración
Grado Brix	Unidad empleada para designar el contenido de sólidos solubles determinados mediante el uso del refractómetro
Guayaba	Fruto de forma ovoide, cuyo color característico es el amarillo en su estado maduro, miembro de la familia de las mirtáceas, del género <i>Psidium</i> y especie <i>guajava</i>
Índice de madurez	Es un parámetro empleado en la maduración de frutos consistente en el cociente entre el contenido de sólidos solubles y la concentración de ácido

III GLOSARIO DE TÉRMINOS (CONTINUACIÓN)

Maduración	Término empleado para englobar todos los cambios a los que el fruto se enfrenta hasta completar su crecimiento
Patrón primario	Es la solución que posee una concentración conocida
pH	Es una medida de la concentración del ion hidronio en solución. Está dado por la expresión: $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]$
Post-cosecha	Etapas de la cosecha que, generalmente, es anterior al consumo y posterior a la cosecha
Productos hortofrutícolas	Aquellos productos obtenidos de un huerto
Pruebas de nivel de agrado	Técnicas empleadas para evaluar la aceptación o rechazo de un producto por parte de un consumidor potencial
Pulpa de fruta	Es la masa carnosa y a menudo jugosa de la fruta (sólidos insolubles). En el caso de las frutas cítricas la pulpa está formada por un considerable número de gajos llenos de jugo
Puré de fruta	Es el producto sin fermentar, pero fermentable, obtenido mediante procedimientos idóneos, por ejemplo tamizando, triturando o desmenuzando la parte comestible de la fruta entera o pelada sin eliminar el jugo. La fruta deberá estar en buen estado, debidamente madura y fresca, o conservada por procedimientos físicos o por tratamientos aplicados de conformidad con las disposiciones pertinentes de la autoridad competente
Química verde	Término empleado para describir el desarrollo, diseño y uso de técnicas que eviten daños ambientales
Quitina	Polímero presente en el exoesqueleto de diferentes seres vivos, de fórmula lineal $(\text{C}_8\text{H}_{13}\text{NO}_5)_n$
Quitosana	Polímero usado en biopelículas para el recubrimiento de alimentos obtenido, de forma industrial a través de la desacetilación de la quitina
Ralentización	Acción y efecto de otorgar lentitud o disminuir la rapidez con la que se ejecuta un proceso u operación
Reología	Parte de la física que estudia los fundamentos del movimiento de los fluidos
Subproducto	Producto que se obtiene en cualquier operación además del principal, el cual, generalmente, posee menor valor o carece de éste
Tasa de respiración	Rapidez del cambio metabólico de un producto hortofrutícola
Viscosidad	Propiedad de un fluido a la resistencia del movimiento

Nota: Esta tesis usa el punto decimal (DOF, 2009)

IV. ABREVIATURAS

Abreviatura	Significado
AA	Ácido ascórbico (Vitamina C)
AOAC	Siglas en inglés de la Asociación Oficial de Químicos Analíticos (<i>Association of Official Analytical Chemists: AOAC</i>)
Bco	Blanco
°Bx	Grado Brix
°C	Grado Celsius
CDMX	Ciudad de México
CONAPESCA	Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca, parte de la SAGARPA
CPD	Cefalotórax y exoesqueleto de camarón parcialmente desproteínizado
DBO	Demanda bioquímica de oxígeno
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (por sus siglas en inglés)
g	Unidad de masa en gramos
kg	Unidad de masa en kilogramos
L	Unidad de volumen en litros
MAC-141©	Disolvente capaz de extraer la mezcla quitina-quitosana del cefalotórax y exoesqueletos de camarón compuesto por metanol, agua y cloruro de calcio en una proporción molar 1:4:1
mg	Unidad de masa para los miligramos
mL	Unidad de volumen para los mililitros
NMX	Norma Mexicana
NOM	Norma Oficial Mexicana
PG	Enzima poligalacturonasa
pH	Potencial de hidrógeno
PME	Enzima pectinmetilesterasa
Q-SA	Quitina comercial Sigma Aldrich
Qn-SA	Quitosana comercial Sigma Aldrich
Q-Qn	Mezcla quitina-quitosana obtenida del cefalotórax y exoesqueletos parcialmente desproteínizados del camarón
SA	Sigma Aldrich
SAGARPA	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, parte del gobierno mexicano
SEGOB	Secretaría de Gobernación, parte del gobierno de México
SIAP	Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera
Ton	Toneladas
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México
USDA	Departamento de Agricultura de los EE.UU.
η	Viscosidad
γ	Rapidez de corte
τ	Esfuerzo cortante

V. RESUMEN

Las tecnologías post-cosecha basadas en el uso de recubrimientos presentan un crecimiento en la actividad comercial debido a la preservación y alargamiento de la vida útil de los diferentes alimentos. En particular, el uso de polímeros como la quitina y la quitosana, que se obtienen de exoesqueletos de crustáceos como lo es el camarón, coadyuvando con el tratamiento de estos subproductos sin valor, aumenta de esta forma la vida de anaquel, como en el caso de las frutas de la presente investigación. En este trabajo se estudió, mediante técnicas fisicoquímicas (a través de la determinación de grados Brix, pH, porcentaje de acidez, contenido de vitamina C y contenido de humedad) y sensoriales (atributos de color, textura y olor) el comportamiento de floretes de brócolis (*Brassica oleracea*) por 21 días de almacenamiento, los cuales fueron recubiertos con cinco biopelículas [quitina-quitosana (Q-Qn) obtenida del cefalotórax y exoesqueletos de camarón, quitina Sigma-Aldrich (Q-SA), quitosana Sigma-Aldrich (Qn-SA) a las concentraciones de 1, 1.5 y 2% en agua acidulada], además de un lote sin recubrir (blanco). Así también se estudió la madurez en guayabas (*Psidium guajava* L.) durante 15 días, las cuales se sometieron a diferentes recubrimientos que incluyeron lotes denominados “control” donde se emplearon soluciones de Q-SA (0.3% [m/m]) y Qn-SA (1.5 y 2% [m/m]) y un lote blanco (el que no contenía ningún recubrimiento). El almacenamiento, tanto para brócolis como para guayabas, fue bajo diferentes condiciones de temperaturas, propias de las pruebas aceleradas de vida de anaquel, incluyendo condiciones óptimas, típicas y adversas a temperatura de 4°C, 25°C y 35°C, respectivamente. El uso del recubrimiento de Q-Qn obtenido del cefalotórax y exoesqueletos de camarón experimental ofreció algunos beneficios sobre su empleo en guayabas, tales, como la ralentización de la pérdida de humedad y preservación de la acidez en el almacenamiento a 4 y 25°C, además de que este recubrimiento conservó la humedad inicial del brócoli hasta el día once, aunque no se observó un efecto favorable en la preservación del contenido de vitamina C. En la evaluación sensorial realizada con 51 jueces no entrenados se encontró que los consumidores prefirieron el jugo de guayaba elaborado con guayabas recubiertas con Q-Qn sobre el elaborado con guayabas sin recubrimientos y el jugo de guayaba comercial. Por ello, con base en los resultados obtenidos de esa evaluación sensorial, el uso de recubrimientos obtenidos de cefalotórax de camarón (Q-Qn) en guayabas podría ser factible debido a los beneficios y a la aceptación presentada. Sin embargo, en el caso de los brócolis, los consumidores prefirieron la textura y el olor de los brócolis sin ningún tipo de recubrimiento, descartando la aceptación e hipotético consumo de brócolis recubiertos con el polímero experimental (Q-Qn).

1.1. Planteamiento del problema

Actualmente la sociedad busca productos hortofrutícolas que mantengan su calidad organoléptica, nutrimentos y propiedades naturales a través de técnicas reconocidas como: “mínimamente procesados”. Aunado a lo anterior, al productor le resultaría benéfico manejar tratamientos post-cosecha de bajo costo, favoreciéndolo a través del alargamiento de la vida de anaquel de sus productos, pudiendo ser obtenido por medio de procedimientos alternativos como lo son los propuestos por la química verde, con el objetivo para reducir el impacto ambiental. Por esta razón, la industria alimentaria se enfrenta actualmente con la alternativa de encontrar métodos de conservación post-cosecha de frutas y verduras para alargar la vida de anaquel de sus productos manteniendo la calidad e inocuidad de los mismos y para lograrlo, son empleadas diferentes tecnologías. Entre las tecnologías de mayor uso en frutas, se encuentra el uso de compuestos antioxidantes, el empaque por medio de atmósferas modificadas y el recubrimiento con películas comestibles (Pérez-Pérez y López-Malo, 2011).

En el caso del empleo de los recubrimientos comestibles, pueden elaborarse por medio de biopolímeros, tales como proteínas, polisacáridos, lípidos o mezclas de los anteriores, los cuales se encargan de proteger la calidad de los productos recubiertos de daños físicos, químicos y biológicos (Han, 2014). Dentro de la lista de estos biopolímeros se destaca la quitosana, de la cual se han observado diferentes propiedades benéficas al usarse en el campo de la agricultura por su actividad bactericida, fungicida y sobre todo, por su capacidad de formar películas, además de presentar una relativa inocuidad (Lárez-Velásquez, 2008).

El uso de la quitosana para la formación y aplicación de biopelículas sobre productos como papayas, manzanas, fresas, guayabas, pimientos, lechugas y rábanos han sido estudiados con anterioridad (Lárez-Velásquez, 2008; Bezerra-de-Aquino *et al.*, 2015). Su empleo como recubrimiento ha arrojado información importante al respecto de cómo evitar la

pérdida de humedad de los frutos, conservar la textura tersa en frutos y presentar un efecto bacteriostático sobre los mismos (Lárez-Velásquez, 2008).

A nivel nacional existen dos productos hortofrutícolas (los brócolis y las guayabas) que son de particular interés en el presente trabajo y sobre los cuales el estudio del uso de biopelículas podría representar un avance en su tecnología post-cosecha reflejándose, en parte, sobre un alargamiento de la vida de anaquel de éstos, derivado de la ralentización de su metabolismo. Esto usualmente se traduce en la obtención de mejores productos para el consumidor y por consiguiente en negocios más atractivos para el productor.

La quitosana puede encontrarse naturalmente, mezclada con la quitina, en el cefalotórax de camarón (Andrade-P. *et al.*, 2007), el cual, es considerado, un desperdicio al no ser comestible (Carranco-Jauregui, 2002). El cefalotórax junto con el abdomen y el telson conforman el cuerpo entero del camarón, de estos tres constituyentes, la parte comestible (abdomen) corresponde al 55% de la masa del mismo, por lo tanto, el 45% restante del camarón se conforma del cefalotórax (Catzín-Yupit, 2009), cuya composición química contiene proteínas (44.7%), cenizas (26.3%), fibra cruda (20.7%), grasa cruda (5.2%) y el resto de otros hidratos de carbono, donde la mezcla quitina-quitosana (Q-Qn) se encuentra en una proporción del 14 al 17% (Flores-Ortega, 2004).

De acuerdo con la FAO (2014) la producción mundial de camarón logró un máximo de 3.4 millones de toneladas durante 2014. En este marco, la producción de camarón en México fue de 115.6 millones de kilogramos de masa desembarcada en el 2013, reflejándose esta captura en un valor comercial de 7,521 millones de pesos (CONAPESCA, 2013). Entre los principales estados productores de camarón se encuentran los siguientes: Sinaloa, Sonora, Tamaulipas, Nayarit y Baja California Sur (SAGARPA, 2014). Considerando los rendimientos anteriores y la producción mundial de camarón, se habrían generando en el mundo durante 2014 cerca de 1.53 millones de toneladas de cefalotórax, cuyo destino generalizado es el mar y los terrenos aledaños a las granjas y cuerpos de agua (Cañipa-Morales *et al.*, 2000). Por lo anterior, generalmente en las zonas mencionadas se hace presente una gran cantidad de residuos sólidos cuya degradación por parte de los

microorganismos implica una demanda bioquímica de oxígeno (DBO) muy elevada (Flores-Ortega, 2004), lo que puede causar asfixia en la fauna presente en ese ecosistema.

En este marco, se estudió la vida de anaquel de brócolis y guayabas empleando recubrimientos comestibles obtenidos de exoesqueletos y cefalotórax de camarón, con la finalidad de ofrecer un uso a los subproductos generados, por medio de un método de extracción amigable con el ambiente alargando su vida de anaquel manteniendo una calidad organoléptica aceptable (Castagnino, 2009; Flores-Ortega, 2004, SFA, 2011).

1.2. Justificación y solución a la problemática propuesta

El enfoque de este trabajo se centra en la relevancia que tienen estos productos hortofrutícolas a nivel nacional. En el caso del brócoli (*Brassica oleracea*) se encontró que durante los últimos cinco años hasta el 2013 se ha incrementado su producción anual a nivel nacional, dando un rendimiento del 14.51% en relación con las toneladas producidas y las hectáreas cosechadas (SIAP, 2014b), siendo los estados con mayor producción los encontrados dentro la zona centro y oriente del país (Guanajuato, Michoacán, Jalisco, Puebla y Sonora). Este incremento se debe a la demanda interna del país y la exportación a Estados Unidos principalmente, donde las presentaciones de comercialización con mayor solicitud del producto son en fresco y congelado (SFA, 2011), mientras que, para el caso de las guayabas, su importancia radica que en el país, su producción pasó de 195,000 toneladas durante 1998 a 295,398 toneladas en 2012, lo cual permitió que México se manifestara como el 6to productor mundial de guayaba (*Psidium guajava* L.) (Mercado-Silva *et al.*, 1998; SAGARPA, 2013). Además de que las guayabas son fuente de antioxidantes, vitaminas, fibra y nutrimentos inorgánicos, son susceptibles a diferentes daños posteriores a la cosecha (Singh, 2011). Por todo lo anterior, es preciso lograr ejecutar un adecuado tratamiento post-cosecha para los brócolis y guayabas con la finalidad de que lleguen productos hortofrutícolas de calidad al consumidor, en este caso, mediante el uso de polisacáridos obtenidos del cefalotórax y exoesqueleto (cabeza, cáscara y cola), los cuales, al ser desechos en abundancia pueden llegar a representar del 30 al 50% del total (Flores-Ortega, 2004) del camarón que representa cerca del 10% de todos los productos pesqueros

producidos en el territorio nacional posibilitando el alargamiento de la vida de anaquel de estos productos al realizar biopelículas (SAGARPA, 2013).

1.3.Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Determinar la efectividad del recubrimiento quitina-quitosana (Q-Qn) obtenido de exoesqueletos y cefalotórax de camarón usando recubrimientos control en brócolis y guayabas mediante la evaluación de su madurez en estudios de vida de anaquel a través de parámetros fisicoquímicos y sensoriales.

1.3.2. Objetivos particulares

- Evaluar la vida de anaquel con respecto a sus características físicas de los productos hortofrutícolas en estudio (guayabas y brócolis), sometidos bajo tres diferentes condiciones de temperatura (4°C, T ambiente y 35°C).
- Comprobar la existencia de diferencia significativa entre los datos evaluados, empleando para ello un análisis de varianza con un nivel de confianza al 95%, entre los días, recubrimientos y los valores de las muestras analizadas, para cada uno de los parámetros evaluados (pérdida de humedad¹, grados Brix, pH, %HA², contenido de vitamina C y color mediante las técnicas empleadas que involucran: la escala Pantone® y la técnica modificada RGB-CIE-L*ab).
- Evaluar la existencia de diferencia significativa en la evaluación sensorial del color y olor de jugos de guayaba preparados con un lote de guayabas recubiertas con la biopelícula de quitina-quitosana (Q-Qn), un lote sin recubrir (blanco) y néctar de guayaba de Jumex® como producto comercial, mediante pruebas de nivel de agrado.
- Evaluar la existencia de diferencia significativa en la evaluación sensorial de los atributos de color, olor y textura de dos lotes de brócolis al tercer día de ser recubiertos con la biopelícula Q-Qn y la quitosana comercial (Q-SA) y un lote blanco (sin recubrir), mediante pruebas de nivel de agrado y de aceptación.

¹ La pérdida de humedad en el presente trabajo también se presenta con el término: %H

² %HA: Término que hace referencia al porcentaje de acidez expresado como ácido cítrico

1.4. Hipótesis

Se espera que los lotes de brócolis y de guayabas que emplean los recubrimientos naturales obtenidos del cefalotórax de camarón (Q-Qn) se preserven con una vida de anaquel mayor que con respecto a los lotes “controles”, así como al blanco para todas las temperaturas en estudio, demostrándose en los resultados obtenidos por dichos lotes mediante su diferencia significativa.

1.5. Metas y alcances

Este trabajo tiene como metas el aprovechar integralmente los subproductos de camarón a través de su extracción por técnicas de química verde, empleando, para ello, las técnicas de extracción previamente probadas con el disolvente MAC-141©.

En el presente trabajo no se contempló la realización de análisis microbiológicos sobre los productos hortofrutícolas evaluados, únicamente se llevó a cabo una investigación visual; sin embargo, es importante considerar en próximas investigaciones esta determinación debido a que se ha observado la disminución de carga microbiana susceptible sobre frutos con el uso de biopelículas de quitosana.

2.1. El almacenamiento de los alimentos

Los alimentos son órganos, tejidos o secreciones que contienen grandes cantidades de nutrimentos biodisponibles, los cuales son útiles al ser consumidos en cantidades adecuadas, deben presentar inocuidad para la salud, además de ser atractivos a los sentidos (SEGOB, 2006). Como tales, éstos se encuentran sujetos a cambios fisicoquímicos y microbiológicos que pueden ser originados en la matriz alimentaria (origen intrínseco) o bien por factores externos a ésta (de origen extrínseco) (Salas-Salvador *et al.*, 2005). Dado lo anterior es indispensable atenuar, prevenir y retardar estos fenómenos, con la finalidad de lograr un correcto almacenamiento de los alimentos, manteniendo su integridad, para beneficio del productor, al proveer alimentos de alta calidad, y del consumidor y al recibir alimentos que satisfagan las expectativas que tiene sobre ellos.

2.2. Las películas comestibles y su impacto en la vida útil de algunos productos hortofrutícolas

El beneficio que ofrece el uso de películas comestibles en frutas es la de proporcionar protección física y mecánica, retardar la deshidratación, evitar la oxidación de los componentes del fruto, disminuir la tasa de respiración, así como también evitar la pérdida de aroma y el deterioro microbiano, además de mejorar la calidad visual del fruto durante el almacenamiento y su comercialización (Hong *et al.*, 2012, Han, 2014, Hoorfar, 2014).

Las biopelículas deben ser matrices continuas elaboradas a partir de productos comestibles como proteínas (gluten de soya y suero de caseína), hidratos de carbono (polisacáridos: celulosa, quitina, almidón, pectina y sus derivados de cada uno) y lípidos (ceras) o mezclas entre ellos (Hoorfar, 2014). Entre los puntos importantes, de acuerdo con Jongen (2005), a considerar en su uso se incluyen los siguientes:

- ✓ Presentar buenas propiedades sensoriales
- ✓ Contar con una amplia barrera protectora
- ✓ Tener propiedades mecánicas apropiadas

- ✓ Presentar una estabilidad fisicoquímica y microbiológica
- ✓ Presentar al consumidor un bajo costo de materia prima y del proceso

El empleo de estas películas debe considerar la seguridad para el consumidor y con ello su aceptación. Generalmente, estos recubrimientos son aplicados por inmersión, aspersión, nebulización y aplicación con cepillos, seguido de un secado con aire caliente (Barreiro-Méndez y Sandoval-Briceño, 2006).

2.3. La mezcla quitina y quitosana (Q-Qn) y su extracción mediante métodos de química verde

La quitina es un polímero que compone la estructura del exoesqueleto de los invertebrados como crustáceos (camarones), insectos y arácnidos formado por unidades repetidas de N-acetil-D-glucosamina unidos por enlaces β -1,4 que, al ser desacetilada (Figuras 2.0a y 2.0b), da la formación de un poli-D-glucosamina, el cual es más soluble en comparación de la quitina favoreciendo la formación de películas y da la propiedad antimicrobiana (Mourad y col., 2014).

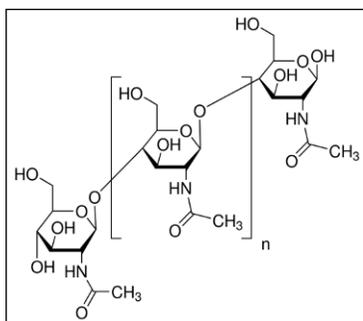


Figura 2.0a. Estructura química de la quitina

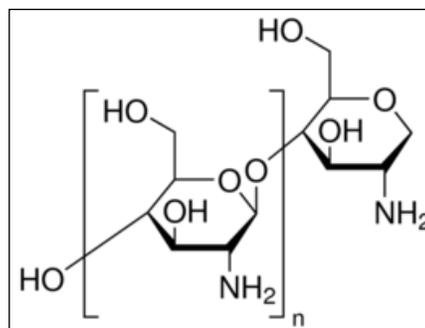


Figura 2.0b. Estructura química de la quitosana

Figuras 2.0. a y b. Estructuras químicas de la quitina y quitosana [Tomado de Sigma-Aldrich (2015a, b)]

Estos polímeros pueden encontrarse en los exoesqueletos y cefalotórax de camarón, los cuales son un subproducto de su comercialización. Es en este marco que su empleo como materia prima para la obtención de estos polímeros es atractiva ya que éstos son biodegradables, comestibles y no tóxicos para el ser humano. Sin embargo, por medio de estos subproductos su obtención clásica es a través del uso de ácidos y álcalis fuertes, los cuales logran descalcificar y desproteinizar esta materia orgánica, la cual es secada

obteniendo la quitina (Andrade-P. *et al.*, 2007). Por ello en este proyecto de investigación se empleó el disolvente basado en líneas de investigación de química verde: Metanol-Agua-Cloruro de Calcio (MAC-141©) para la extracción de la mezcla de quitina-quitosana (Q-Qn) a partir de dichos subproductos, fundamentado en la solubilización de las proteínas en la solución saturada de cloruro de calcio a través de la formación del complejo quitina-sal de calcio, para posteriormente llevarse a cabo la re-distribución hidrófoba e hidrofílica del polímero cambiando su estructura (Flores-Ortega, 2008).

2.4. Aplicación de la mezcla de quitina-quitosana como recubrimiento

Se ha comprobado anteriormente (Ortega-Granados, 2011) que la utilización de biopelículas conformadas por quitina y quitosana utilizando el cefalotórax de camarón ofrece películas biodegradables que mejoran la conservación de alimentos, al actuar como barreras protectoras para la humedad, el oxígeno y la luz (Mourad y col., 2014), los cuales son factores que disminuyen la calidad en este grupo de alimentos.

2.5. Los brócolis como fuente de estudio en esta investigación

La NOM-FF-46-1982 (DOF, 1982) define que el brócoli (Figura 2.1a) es una hortaliza perteneciente a la familia de las *Brassicáceas* del género *Brassica* y especie *oleracea*. En México para su comercialización la norma lo clasifica en México extra, México No. 1, México No. 2, donde debe cumplir con ciertas especificaciones para cada designación correspondiente.



Figura 2.1a. Cosecha de brócoli [Tomado de SAGARPA (2015)]

Entre las especificaciones señaladas por la NOM-FF-46-1982 (DOF, 1982) que deben cumplirse para esta hortaliza se encuentran las siguientes:

- **Sensoriales:** Los brócolis deben estar frescos, limpios, sanos, enteros, contar con forma, color (verde o violeta grisáceo) y olor característicos, con cabezas firmes y compactas y estar libres de descomposición y defectos (mecánicos, meteorológicos o fisiológicos).
- **Físicas:** El tamaño del brócoli se determina por su diámetro ecuatorial y con base en ello se dan las correspondientes clasificaciones de esta hortaliza.
- **Madurez:** Se determina por la compactación de la inflorescencia y la abertura de las yemas, las cuales deben ser cerradas dando la compactación de las mismas.

2.5.1. Aspectos generales del brócoli (*Brassica oleracea*)

De acuerdo con la información presentada en la Monografía de esta hortaliza (SFA, 2011), su fisiología general se describe en la Figura 2.1b, la cual se mantiene a pesar de las diferentes variedades de la misma que permiten su producción en diferentes estacionalidades durante el año, para su cultivo se requieren climas templados o fríos, con suelos con valores de pH entre 6 y 7 y ser suelos arenosos.

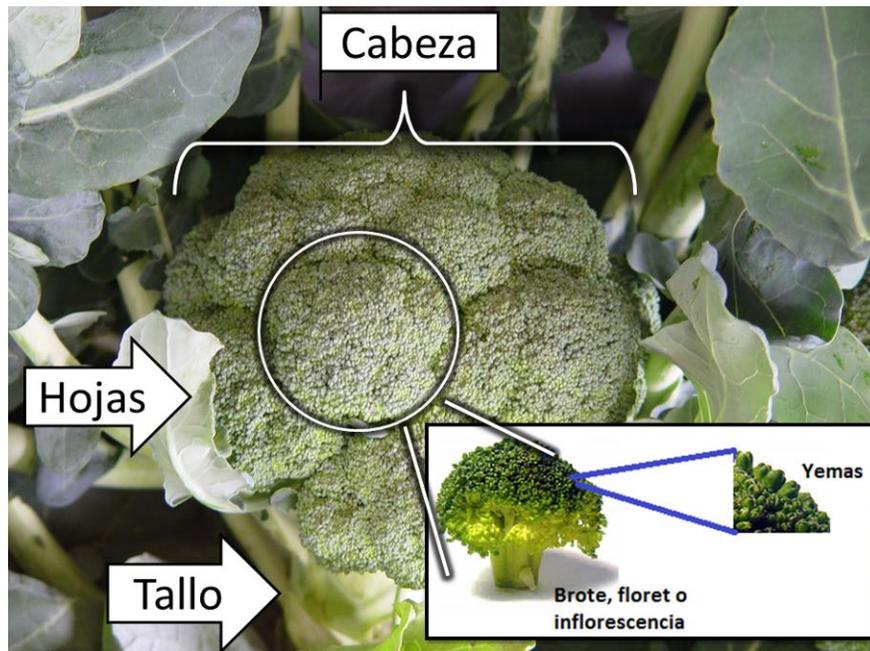


Figura 2.1b. Fisiología del brócoli [Tomado y modificado de SAGARPA (2015)]

Entre las plagas que pueden llegar a presentar los brócolis se encuentran los gusanos de col, pulgones, polilla diamante y dentro de las enfermedades que pueden padecer son: mildiú (decoloración de hojas por exceso de agua), fusariosis amarilla provocada por *Fusarium oxysporium sp. conglutinans* (hojas amarillas), entre otras.

Para el punto de recolección del brócoli, las cabezas pueden medir hasta 8 cm, la longitud del tallo oscila entre 8 a 10 cm de los brotes y estos deben ser compactos, de color verde grisáceo o verde azulado.

2.5.2. Importancia del brócoli a nivel internacional

Durante el 2008, la producción obtenida de los principales países (Figura 2.2) que cultivan esta hortaliza fue de aproximadamente 17.7 millones de toneladas, México ocupó el sexto lugar al producir 371 mil toneladas. Cabe mencionar que el 77% de las exportaciones son dirigidas al mercado europeo (SFA, 2011).

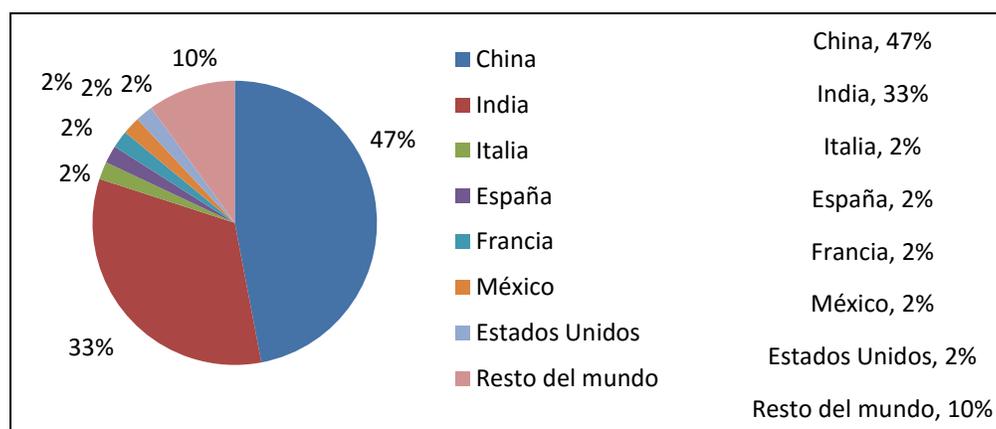


Figura 2.2. Principales países productores durante el 2008 [Tomado de SFA, 2011]

2.5.3. Importancia del brócoli en territorio mexicano

Durante los últimos cinco años hasta el 2013, se ha incrementado la producción anual de esta hortaliza, dando un rendimiento del 14.51 en relación con las toneladas producidas y las hectáreas cosechadas (SIAP, 2014b).

Los estados con mayor producción son los encontrados dentro la zona centro y oriente del país (Guanajuato, Michoacán, Jalisco y Sonora) (Figura 2.3). Este incremento se debió a la

demanda interna del país y la exportación hacia Estados Unidos principalmente, donde las presentaciones de comercialización con mayor solicitud del producto fueron en fresco y congelado (SFA, 2011).

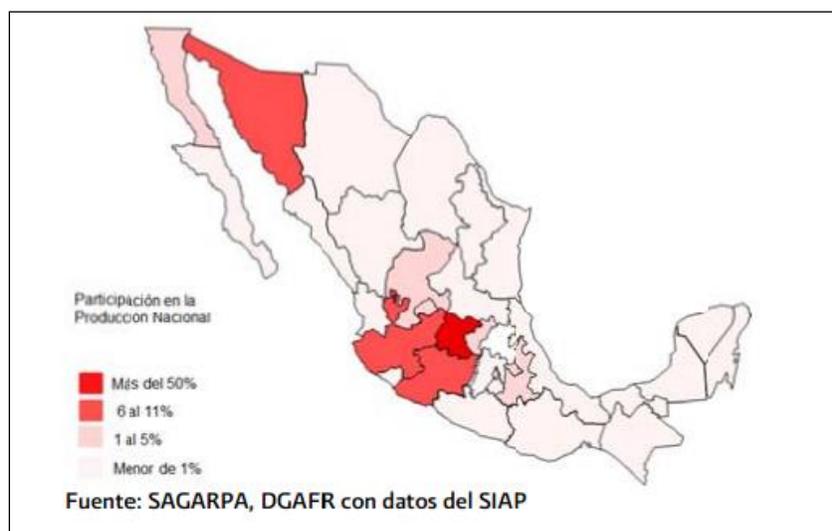


Figura 2.3. Producción de brócoli en México [Tomado SFA, 2011]

2.5.4. El brócoli en la dieta

Las hortalizas son importantes para la nutrición de las personas, al proporcionar ciertos compuestos que son deficientes en otros alimentos. En general neutralizan las sustancias ácidas producidas en el curso de la digestión de carnes, quesos y otros alimentos de alta energía; además, la familia de las crucíferas (col, coliflor y brócoli) es rica en índoles e isotiocianatos que inhiben la carcinogénesis en pulmón y esófago (Salunkhe y Kadam, 2004). El brócoli es una crucífera que posee altos contenidos de antioxidantes beneficiosos, por ejemplo, contiene vitamina C y el sulforafano que ayuda en la prevención del cáncer que también se pueden encontrar en la coliflor y repollos (Castagnino, 2009), lo cual incrementa su importancia en la dieta para obtener beneficios a largo plazo en la salud de las personas. Esta hortaliza en crudo, se compone aproximadamente de un 89.30% de agua, 2.82% de proteína, 0.37% de lípidos totales, 6.64% de hidratos de carbono totales (donde el 2.6% es fibra), 316 mg de potasio, 66 mg de fósforo, 47 mg de calcio, 33 mg de sodio, 21 mg de magnesio, 89.2 mg de vitamina C y es fuente en menor proporción de otras vitaminas como la vitamina B3, B6 y B2 (USDA, 2015b).

2.5.5. La senescencia en la vida de anaquel del brócoli

El brócoli es considerado un alimento perecedero debido a su alta tasa de respiración. Por tal motivo, su conservación ideal debe ser a 4°C debido a que presenta su menor tasa (16-18 mL CO₂/kg.h) y con ello se asegura poder mantener su calidad organoléptica con respecto al color verde-oscuro, floretes cerrados y con una consistencia aceptable por el consumidor (SFA, 2011).

La calidad del brócoli es afectada por la producción de etileno. Este compuesto es el responsable del cambio de coloración de verdes grisáceos a tonos amarillos. Por ejemplo, se sabe que al exponer a esta hortaliza con 2 ppm de etileno a una temperatura de 10°C reduce a la mitad la vida de anaquel, que oscila entre 12 a 25 días almacenado a 5°C y a 95%HR, cabe mencionar que la vida útil depende de las diferentes variedades de cultivo (Castagnino, 2009).

La senescencia se evalúa en el brócoli mediante el cambio de parámetros físicos, como los que se mencionan a continuación:

- Deshidratación (pérdida de masa y marchitamiento)
- Amarilleamiento de las inflorescencias
- Ablandamiento de los tallos
- Disminución de la compactación de las inflorescencias
- Desarrollo de olores y sabores indeseables
- Endurecimiento
- Desarrollo de tallo hueco

Otros cambios que se dan en la composición de esta crucífera al igual que en frutas es la disminución del contenido de vitamina C (ácido ascórbico) y de vitamina A, donde este fenómeno se ve favorecido por altas temperaturas de conservación y la deshidratación (Namesny, 1993).

2.5.6. El brócoli como ingrediente principal en la elaboración de diferentes productos

El brócoli se comercializa en fresco, congelado y en conserva para la elaboración de ensaladas, platillos con verdura, purés y jugos. La industria alimentaria pone al alcance del consumidor algunas de las presentaciones mencionadas para la facilitación de su uso con “mejor calidad” organoléptica y disponibilidad de adquisición durante el año.

2.6. La guayaba (*Psidium guajava* L.) como fuente de estudio en esta investigación

De acuerdo con la Norma Mexicana NMX-FF-040-SCFI-2002 (SE, 2002), la guayaba es un fruto de forma ovoide (Figura 2.4), la cual presenta un color amarillo a verdoso en el exterior, el cual cambia a amarillo claro en la madurez. La pulpa del fruto puede presentar un color blanco-amarillento, rosa o rojo. Presenta un sabor ácido a dulce además de numerosas semillas. Biológicamente, esta fruta pertenece a la familia de las Mirtáceas, del género *Psidium* y especie *guajava*.



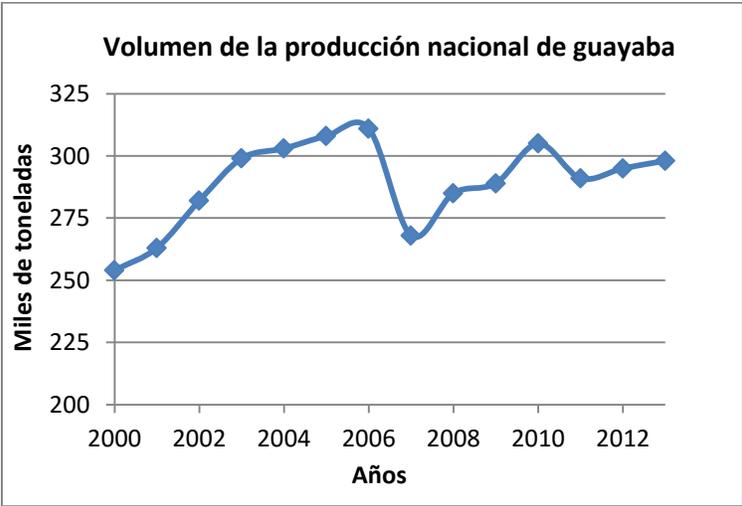
Figura 2.4. Guayabas maduras [Imagen capturada por los autores del presente trabajo]

2.6.1. Importancia en el territorio nacional de este fruto

La importancia de las guayabas es debido a su producción en el país, la cual pasó de 195,000 toneladas en 1998 a 302,718.45 toneladas en 2014 (SIAP, 2014c), lo cual permitió que México se manifestara como el 6to productor mundial de guayaba (*Psidium guajava* L.) (Mercado-Silva *et al.*, 1998; SAGARPA, 2013).

En los últimos años, la producción anual de guayaba (Gráfica 2.5) ha presentado un incremento del 1.6%, además de que esta fruta es cosechada en 24 estados de la República,

siendo una fruta disponible durante todo el año, aunque dos de las cinco toneladas cosechadas son levantadas entre los meses de septiembre a diciembre (SAGARPA, 2013).



Gráfica 2.5. Producción de guayaba en México [SAGARPA, 2014]

La guayaba es cosechada principalmente en los Estados (Figura 2.6) de Michoacán (con una producción de 133,621 toneladas en 2012), Aguascalientes (con una producción de 95,770 toneladas en 2012) y Zacatecas (con una producción de 46,903 toneladas en 2012) (SAGARPA, 2013).



Figura 2.6. Producción de guayaba en México, se indica el porcentaje de participación de cada estado [Tomado de SAGARPA, 2014].

2.6.2. Consumo y aporte de las guayabas a la dieta

La guayaba se consume por lo general fresca y en diversas presentaciones elaboradas a conveniencia del consumidor, aunque también es empleada como ingrediente en la industria de la panificación, de dulces, jaleas, almíbares, mermeladas y bebidas como refrescos (SIAP, 2014a). La guayaba se compone aproximadamente de un 80.80% de agua, 2.55% de proteína, 0.95% de lípidos y 14.32% de hidratos de carbono totales y de los cuales 37.7% corresponden de fibra cruda y 62.3% corresponden a glúcidos propios de la fruta (USDA, 2015a); además, las guayabas son fuente de antioxidantes, vitaminas, fibra y nutrimentos inorgánicos (Singh, 2011). En este aspecto, el contenido de vitamina C en la guayaba es tal que el consumo de 100 g de esta fruta puede ofrecer al consumidor 228.3 mg de ácido ascórbico (USDA, 2015a) superando la ingesta diaria recomendada (IDR) para la población mexicana que de acuerdo con la NOM-051-SCFI/SSA1-2010 de 60mg (SEGOB, 2010).

2.6.3. La guayaba como fruto susceptible de cambios derivados de la maduración

La guayaba es un fruto que presenta un incremento respiratorio durante su proceso de maduración y es por esta razón que es denominado como fruto climatérico (Singh, 2011), el cual es susceptible de procesos de maduración post-cosecha, los cuales abarcan todos los cambios que éste enfrenta cuando termina su crecimiento, estos cambios tienen efectos sobre los frutos (Figura 2.7), incluyendo los citados a continuación (Azcón-Bieto y Talón, 2008):

- ✓ Acumulación de glúcidos (entre el 1.5 y el 5% de la masa total del fruto), en éstos se encuentran la glucosa, fructosa y en menor proporción la sacarosa.
- ✓ Descenso de la concentración de ácidos presentes en el fruto, debido a la actividad metabólica del mismo.
- ✓ Cambio de coloración del fruto debido a la degradación de pigmentos, a la síntesis y acumulación de otros.
- ✓ Reblandecimiento de los tejidos vegetales como consecuencia de la solubilización gradual de sus pectinas.

Como ya se ha señalado con anterioridad, el uso de los recubrimientos naturales es una alternativa para la ralentización de los cambios en el fruto, por lo que la evaluación de muestras sometidas a algún tratamiento contra un lote testigo (blanco) deberá reflejar el beneficio de su uso.



Figura 2.7. Crecimiento, desarrollo y maduración de guayabas [Tomado de SIAP, 2015]

2.6.4. La maduración de las guayabas

De acuerdo con Watkins (2008), la maduración es por definición la transformación desde un estado incomedible a otro que ofrece la calidad y características organolépticas deseables de un órgano fisiológicamente maduro de una planta. En las frutas se presentan principalmente dos vías metabólicas, éstas son la respiración y la fotosíntesis. La primera de ellas puede ser un factor importante en la pérdida de humedad de los frutos debido al intercambio gaseoso que implica (Yirat-Becerra *et al.*, 2009), observándose la tendencia a la pérdida del contenido de agua, mediante la pérdida de masa (Figura 2.8).

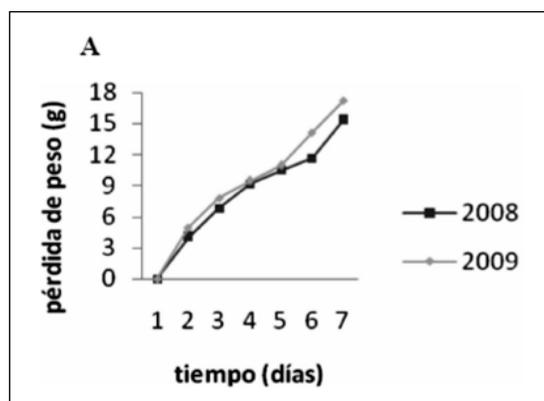


Figura 2.8. Pérdida de masa en función del tiempo en guayabas almacenadas bajo una temperatura promedio de 22°C [Tomado de Yirat-Becerra *et al.*, 2009]

En el caso de la fotosíntesis, se ven generados los glúcidos del fruto y como consecuencia de la generación de precursores glicolíticos se generan ácidos debido a reacciones del ciclo del ácido cítrico (Baldwin, 2008).

El cambio en el contenido de diferentes solutos en el fruto durante la maduración afecta la composición del mismo, éstos se agrupan como índices de cosecha, su comportamiento se observa en las Figuras 2.9-2.11 y se describen a continuación (Gélvez-Torres, 1998):

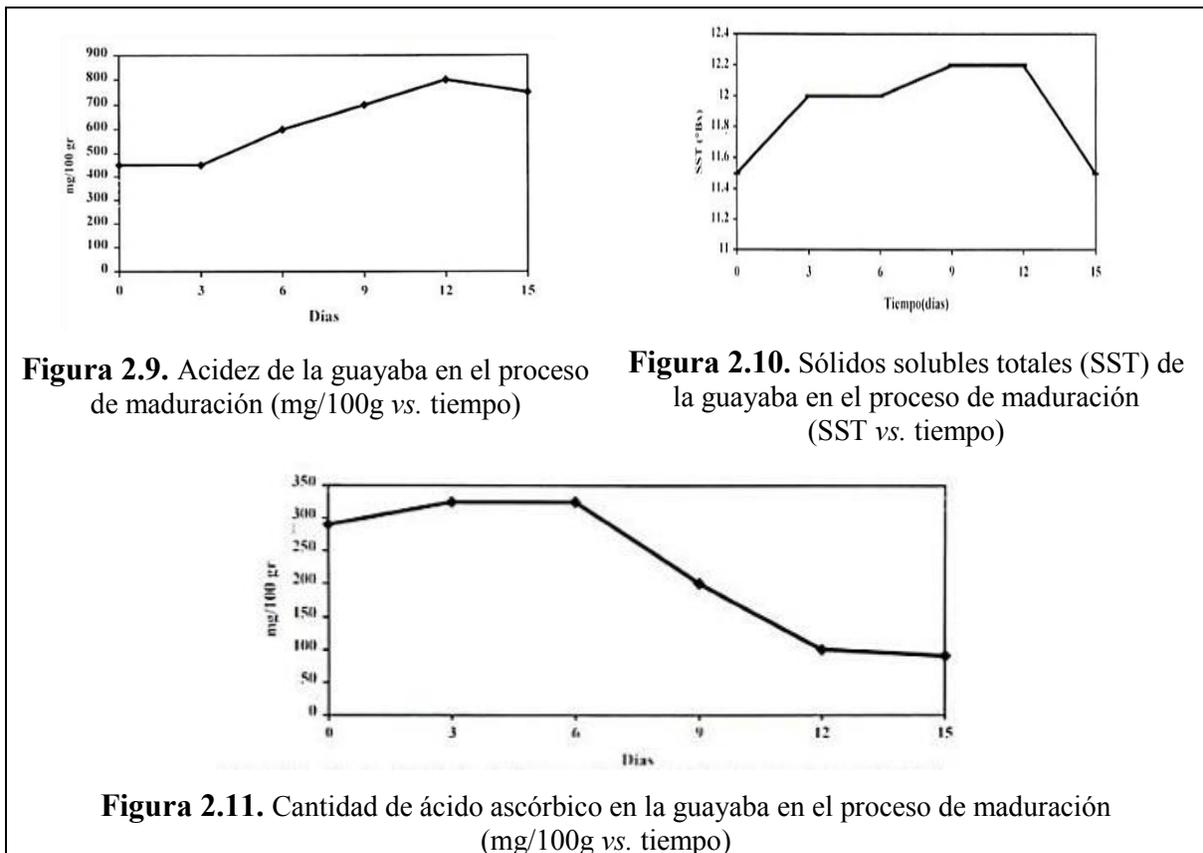


Figura 2.9. Acidez de la guayaba en el proceso de maduración (mg/100g vs. tiempo)

Figura 2.10. Sólidos solubles totales (SST) de la guayaba en el proceso de maduración (SST vs. tiempo)

Figura 2.11. Cantidad de ácido ascórbico en la guayaba en el proceso de maduración (mg/100g vs. tiempo)

Figuras 2.9. - 2.11. Cambios en los parámetros de acidez, sólidos solubles y ácido ascórbico durante la maduración de guayabas [Tomado de Gélvez-Torres, 1998]

- i. **Hidratos de carbono:** La hidrólisis de polisacáridos complejos como el almidón en la maduración de las frutas ofrece un incremento del dulzor del mismo al incrementar el contenido de hexosas y glúcidos (Gélvez-Torres, 1998).
- ii. **Acidez:** Éste valor puede cambiar durante la maduración de las frutas, generalmente disminuye conforme la fruta madura y se incrementa después de 5 días en almacenamiento (Gélvez-Torres, 1998).

iii. **Vitamina C:** Durante el almacenamiento, los niveles de vitamina C se reducen a partir del día 9, llegando al valor mínimo a partir del día 15 (Gélvez-Torres, 1998).

Sin embargo, dichas tendencias pueden variar dependiendo de la literatura consultada. Ejemplo de ello es el hecho de que, de acuerdo con Mercado-Silva *et al.* (1998), los comportamientos del almacenamiento de guayabas a 25°C en los parámetros de SSC³, acidez titulable y contenido de vitamina C, varían de acuerdo con las gráficas anteriores (Figuras 2.12-2.14).

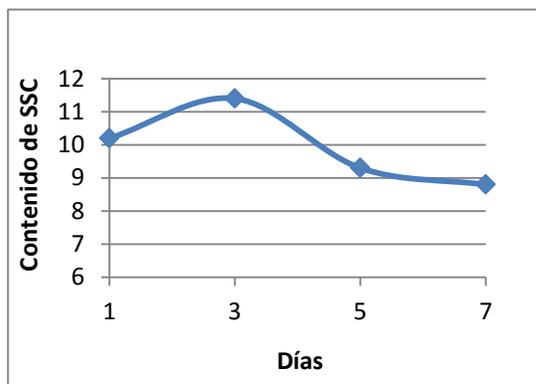


Figura 2.12. Cambio en el contenido de sólidos solubles totales en guayabas almacenadas a 25°C

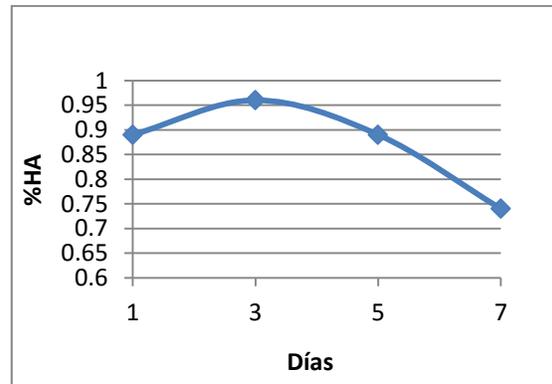


Figura 2.13. Cambio en el contenido de acidez titulable en guayabas almacenadas a 25°C

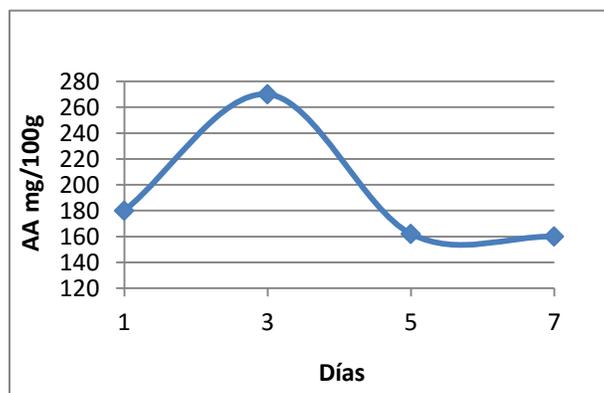


Figura 2.14. Cambio en el contenido de ácido ascórbico en guayabas almacenadas a 25°C

Figuras 2.12. - 2.14. Cambios en los parámetros de sólidos solubles, acidez titulable y ácido ascórbico durante la maduración de guayabas a 25°C [Tomado de Mercado-Silva, *et. al.*, 1998]

³ SSC: Contenido de sólidos solubles (soluble solids content en inglés)

Sin embargo, se hace mención del fenómeno generalizado: el valor de °Bx, acidez titulable y contenido de vitamina C incrementa durante el almacenamiento a 25°C, seguido de un decremento durante la maduración.

2.6.5. ¿Jugo, pulpa o puré de guayaba?

De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana (NOM) 173-SCFI-2009, (SEGOB, 2009), un jugo, una pulpa y un puré se definen de la siguiente manera:

i. Jugo de fruta

Es el producto líquido sin fermentar, pero fermentable obtenido al exprimir frutas en buen estado, debidamente maduras y frescas o frutas que se han mantenido en buen estado por procedimientos adecuados (inclusive por tratamientos de superficie aplicados después de la cosecha) clarificado o no, y sometido al tratamiento adecuado que asegura su conservación en el envase. No debe contener corteza, semillas ni materia extraña objetable.

ii. Pulpa de fruta

Es la masa carnosa y a menudo jugosa de la fruta (sólidos insolubles). En el caso de las frutas cítricas, la pulpa está formada por un considerable número de gajos llenos de jugo.

iii. Puré de fruta

Es el producto sin fermentar, pero fermentable, obtenido mediante procedimientos idóneos, por ejemplo tamizando, triturando o desmenuzando la parte comestible de la fruta entera o pelada sin eliminar el jugo. La fruta deberá estar en buen estado, debidamente madura y fresca, o conservada por procedimientos físicos por tratamientos aplicados de conformidad con las disposiciones pertinentes de la autoridad competente

Puesto que el producto para el análisis en cuestión fue obtenido mediante una trituración, en la norma anterior se denomina “procedimiento idóneo”, además de no ser como tal un producto líquido y al no someterse a algún tratamiento para su embotellado, en el presente trabajo se considera que el producto obtenido de la trituración de guayabas maduras recubiertas y sin recubrir, mediante procedimientos idóneos se trata de **puré de guayaba** de conformidad con la legislación vigente.

2.6.6. La actividad enzimática y el calcio como razón de cambio en la reología del puré de guayaba

De acuerdo con Andrade-P. y colaboradores (2009), el estudio de la deformación y flujo de alimentos industrializados, intermedios o semielaborados además de las materias primas sin procesar se define como reología de los alimentos.

Durante la maduración de las frutas se da lugar a diferentes fenómenos de reblandecimiento que terminan afectando la turgencia de los tejidos, como consecuencia de la solubilización de pectinas (Azcón-Bieto y Talón, 2008), algunos factores externos que afectan este parámetro, generalmente son atribuidos a los nutrimentos inorgánicos que pueden añadirse a las frutas a través de tratamientos post-cosecha. Lo anterior es importante recalcarlo ya que se ha observado que la actividad de enzimas capaces de degradar la pectina como la pectinmetilesterasa (PME) y la poligalacturonasa (PG) aumenta con el incremento del contenido de calcio (Knee, 2008).

De forma general, la presencia de nutrimentos inorgánicos dependerá de la fruta como tal, aunque también puede verse afectado dependiendo de las prácticas de horticultura a las que sean sometidas. En el caso de las guayabas en estudio, el incremento en el contenido de este nutrimento inorgánico es de esperarse debido a que forma parte del disolvente empleado para la obtención de los recubrimientos naturales que se aplican sobre ellas, por lo que el estudio de su cambio a través del comportamiento reológico debe considerarse para la estandarización de este parámetro en productos terminados.

2.7. Importancia del mercado de los productos hortofrutícolas seleccionados

2.7.1. Importancia del mercado de las hortalizas frescas en el país

Durante el 2011, Sigma Alimentos S.A. de C.V. registró mayores ventas con líneas de procesamiento de frutas y verduras, carnes frías, queso y yogurt, en segundo lugar Grupo Hérdez S.A. de C.V. con líneas de producción y comercialización de salsas, frutas y verduras conservadas y pastas alimenticias, y en un tercer lugar Conservas La Costeña S.A. de S.V. produciendo frutas y verduras conservadas, comida enlatada, salsas, sopas, mermelada y diversos enlatados (Secretaría de Economía, 2013).

2.7.2. La importancia del mercado de jugos y bebidas

Con base al informe anual de bebidas del 2013, publicado por la industria alimentaria, se espera que el mercado global de jugos de frutas y verduras alcance 64.46 billones de litros de producción durante el año 2015. Durante el 2011, en México creció el consumo de jugos y néctares en un 67%, debido a la iniciativa de intentar reducir el consumo de bebidas carbonatadas y con mucha cantidad de azúcar u otros glúcidos o edulcorantes. La creación de jugos con guaraná y bayas, populares en Brasil, conocidas por sus valores nutritivos y poniendo a disposición más variedad de los convencionales de otras frutas, brinda la oportunidad que las empresas en América Latina exporten a Estados Unidos o Europa donde el poder adquisitivo y la concienciación de la salud está más valorada. Por ejemplo, Chile está proponiendo y desarrollando un mercado de jugos y néctares 100% naturales, para poder competir y proporcionar solución a una demanda por este consumidor “saludable”. En el mercado, Jugos del Valle® desplazó a Jumex® como principal productor de jugos en México, posición que ocupaba desde 2007, al ser adquirida por Coca-Cola Company (Industria Alimentaria, 2013).

2.8. La importancia de las técnicas fisicoquímicas ejecutadas

Cada una de las técnicas fisicoquímicas ejecutadas en la elaboración del presente trabajo tiene una cualidad específica en la inocuidad, aceptación y calidad del fruto. Algunas de ellas se describen a continuación.

2.8.1. Importancia de la determinación del contenido de °Bx

Los grados Brix (°Bx) son una medida del índice de refracción de disoluciones de sacarosa, en este caso de una disolución al 1% (Gil-Hernández, 2010). Su medida puede ser un indicativo de la actividad metabólica del fruto debido a que este parámetro aumenta a medida que el almidón presente en frutas se degrada durante la senescencia aumentando el contenido de sólidos solubles. En el caso del brócoli, esta determinación puede ser indicativa del contenido de sales que tiene este vegetal así como informar respecto a la pérdida de humedad de la que puede ser sujeto.

2.8.2. Importancia de la determinación del pH

El valor del pH puede ser un reflejo de la acidez de la fruta aunque no se empleó con un fin cuantitativo, sino con uno cualitativo. Considerando que el valor de la acidez disminuye debido al uso de los ácidos orgánicos de la fruta durante la respiración (Mercado-Silva *et al.*, 1998) es consistente el incremento del pH como indicador de la degradación del fruto.

El pH es una medida que puede ser susceptible de amortiguación debido a los jugos presentes en la fruta (Gélvez-Torres, 1998). Es por ello que es importante considerar el valor de la acidez empleando una técnica volumétrica como el porcentaje de acidez.

2.8.3. Importancia de la determinación del porcentaje de acidez

El valor de la acidez se debe principalmente a los ácidos orgánicos presentes en la fruta (Baldwin, 2008). Como se señaló en el punto anterior, la acidez es un indicador del metabolismo del fruto debido a que su valor disminuye conforme aumenta la vida del mismo. Por lo tanto, la caída del valor de la acidez titulable expresada como porcentaje de ácido cítrico es reflejo del envejecimiento del fruto.

2.8.4. Importancia de la determinación del contenido de vitamina C

El contenido de vitamina C es importante al ser un nutrimento que presenta acciones inmunológicas, antioxidantes, favorece la formación y conservación del colágeno, además actúa contra la aterosclerosis (Cardero-Reyes *et al.*, 2009). Es por ello que se deseó preservar este nutrimento durante el mayor tiempo posible en los productos hortofrutícolas bajo estudio.

2.8.5. Importancia de la determinación del contenido de calcio

El calcio es el nutrimento inorgánico que da un mayor impacto sobre la calidad de la fruta (Ferguson y Boyd, 2008), pues su uso (en forma de cloruro de calcio) se ha visto acompañado de una reducción de hasta un 50% de la mancha amarga en manzanas, reducción en el índice de ablandamiento de kiwis y además de que su uso en manzanas tiende a generar frutos con mayor firmeza durante el almacenamiento, este autor señala que es, debido al enlace del catión calcio con la pectina en las paredes celulares.

Sin embargo, debe considerarse que, el incremento en los niveles de calcio en algunos vegetales incrementa la actividad de algunas enzimas como por ejemplo la pectinmetilesterasa (PME) y poligalacturonasa (PG), las cuales son enzimas con efecto pectinolítico (Ferguson y Boyd, 2008), cuya función puede llegar a afectar la turgencia del fruto.

2.8.6. La reología

La reología puede definirse como la ciencia que estudia el comportamiento físico de los fluidos al ser sometidos a diferentes tipos de esfuerzos (Rojas-G., 1999). La caracterización del comportamiento reológico en los alimentos y matrices alimentarias está dada debido a dos puntos fundamentales dentro de la industria de los alimentos (McKenna y Lyng, 2013).

- I. Para el diseño y el desarrollo de plantas industriales donde sea necesario el cálculo de transferencia de masas y calor, desarrollo de bombas y cisternas entre otros aspectos tecnológicos.
- II. Para la caracterización del producto terminado en estudios de control de calidad.

Además de los puntos antes señalados, desde el punto de vista del potencial consumidor, el cuidado de estos parámetros tiene una implicación directa sobre la textura que el producto puede ofrecerle.

La viscosidad (η) puede definirse como la resistencia a fluir de un material (Rojas-G., 1999), ésta se puede describir a partir del comportamiento de un flujo inducido por medios mecánicos, la forma de lograrlo se aprecia en la Figura 2.15.

En la Figura 2.15 se tienen dos platos, el superior es móvil y el inferior es fijo, entre ellos se encuentra el fluido de interés, el cual separa a una distancia “h” a los dos platos.

Cuando se aplica una fuerza F (de forma paralela a los platos) el plato móvil se desplazará, generando el cizallamiento del líquido (en la Figura anterior, este fenómeno se representa mediante las flechas que segmentan al fluido). Con ello, los segmentos del fluido (o

láminas) más cercanos al plato móvil se desplazarán más rápidamente (nótese el énfasis en los vectores de velocidad en este punto) que aquellos más cercanos al plato fijo.

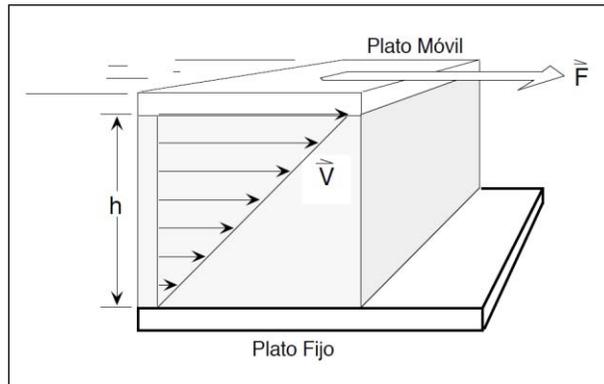


Figura 2.15. Fuerza de cizalla entre dos planos paralelos [Tomado de Rojas-G., 1999]

A la razón de cambio entre la fuerza dF sobre la superficie en la que es aplicada (dA), se le denomina tensión de cizallamiento (τ), la cual también es denominada esfuerzo cortante [Ecuación 1] y sus unidades en el Sistema Internacional (SI) son el Pascal: $N \cdot m^{-2}$.

$$\tau = dF/dA \quad (1)$$

La variación del desplazamiento (deformación) ocurre cuando el desplazamiento de un segmento (lámina o capa) del fluido afecta al subsecuente.

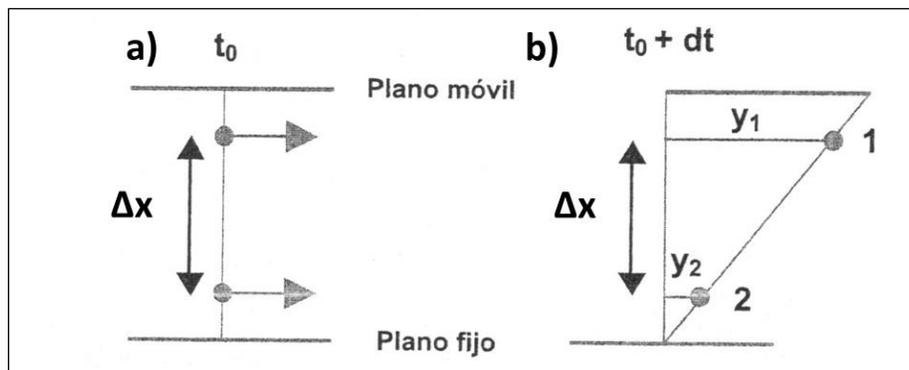


Figura 2.16. Deformación de un fluido a un tiempo t_0 y a un tiempo dt [Tomado y modificado de Jeantet y Croguennec, 2006]

Como ejemplo (Figura 2.16) se tiene que, entre dos diferentes segmentos del fluido, separados a una distancia Δx , en los cuales se encuentran los puntos 1 y 2, la aplicación de una fuerza “F” desplazará al fluido y sus segmentos pasando del estado *a*) al estado *b*) de la Figura 2.16. Dichos puntos, en el estado *b*), se encuentran alejados del punto inicial “ t_0 ” a

una distancia Y_1 y Y_2 respectivamente. La deformación sufrida por el fluido, será en este caso la distancia adicional recorrida por el punto más cercano al plato móvil (punto 1) respecto a la distancia recorrida por el punto más cercano al plato fijo (punto 2), en razón a la distancia entre ambos segmentos (Δx). Resultando lo anterior en la sustracción entre la distancia recorrida por el punto 1 menos la distancia recorrida por el punto 2, entre la distancia entre ambos segmentos, es decir la Ecuación 2:

$$(Y_1 - Y_2) / \Delta x \quad (2)$$

Derivando la Ecuación 2 con respecto al tiempo de la deformación se obtiene la razón de cambio de la deformación:

$$\gamma = dY/dx \quad (3)$$

La relación anterior [Ecuación 3], es definida como velocidad de deformación (γ), también denominada velocidad de cizallamiento (Jeantet y Croguennec, 2006).

2.8.6.1. Los comportamientos reológicos

A partir de la Figura 2.17, se aprecian diferentes fluidos característicos, algunos de los cuales quedan agrupados en cada uno de esos términos (McKenna y Lyng, 2013). El comportamiento reológico en sustancias líquidas puede presentar diferentes tendencias, entre las cuales se destacan las siguientes:

- a. **Fluidos Newtonianos:** siguen la relación simple donde existe una proporcionalidad entre la tensión de cizallamiento [Pa] y la velocidad de deformación [s^{-1}], los cuales pueden ser caracterizados a partir de la “constante de proporcionalidad”. Algunos productos alimentarios como el agua, el aceite y las soluciones diluidas, pueden entrar en esta caracterización.
- b. **Pseudoplásticos:** En este ramo entran muchos productos alimenticios, los cuales presentan una respuesta a la aplicación de la deformación, la cual varía con respecto a la tasa de aplicación de ésta. Generalmente los reogramas constan de una curva, cuya pendiente disminuye a medida que la velocidad de deformación aumenta,

algunos de los productos alimenticios que pueden presentar esta tendencia son: la leche concentrada, las soluciones de diferentes concentrados moleculares, los jugos de frutas, entre otros.

- c. **Dilatantes:** Son los de menor importancia en el ramo de los alimentos debido a que son raramente observados, ejemplos de productos alimentarios con estas características son: las suspensiones concentradas de los gránulos de almidón.

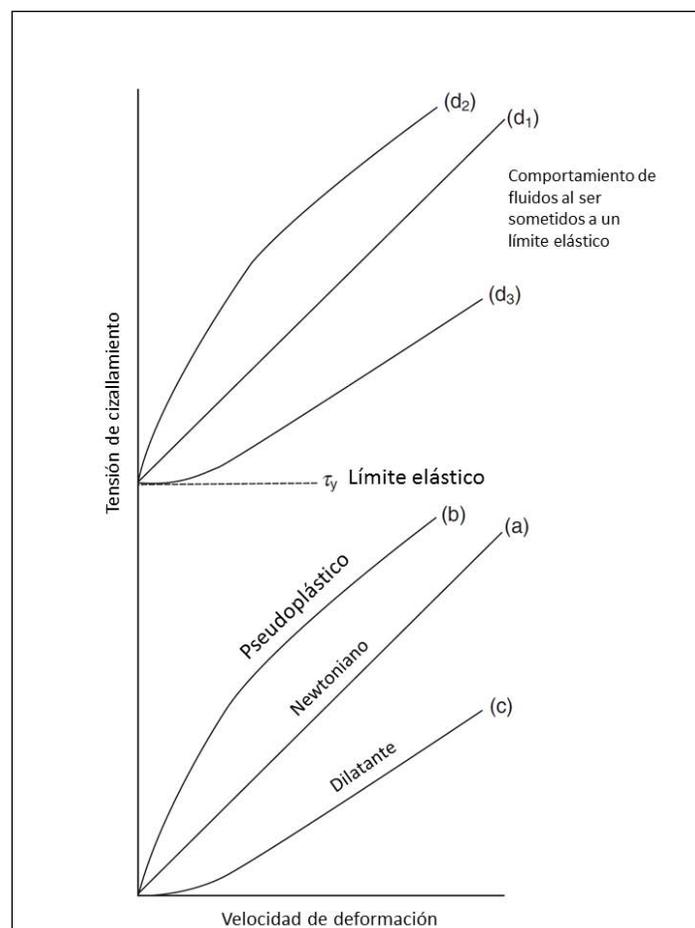


Figura 2.17. Reogramas típicos [Tomado y modificado de McKenna y Lyng, 2013] donde:

- Fluidos Newtonianos (a)
- Fluido reofluidificantes o reoespesantes (b/c)
 - Fluido plástico I [Bingham] (d₁)
 - Fluido plástico II [Hershell-Buckley] (d₂/d₃)

2.8.7. El color

2.8.7.1. Importancia del color en los alimentos

El color de un alimento es un parámetro indispensable que repercute en su compra, pues a partir de la apariencia y del aspecto que éste presente al consumidor se definirá la adquisición o no del mismo, es por ello, que muchos productores de alimentos y bebidas emplean el color como un parámetro de calidad, el cual bajo ciertas circunstancias se puede determinar de forma cuantitativa con diferentes técnicas, las cuales pueden llegar a depender de diferentes condiciones, tales como: la iluminación, el ángulo de observación, el fondo, las dimensiones geométricas o bien del observador (Jeantet y Croguennec, 2006).

Es importante considerar que el color en los productos hortofrutícolas no es constante a través del tiempo, muestra de ello es el jitomate, el cual en su maduración produce diferentes compuestos volátiles, los cuales le confieren su aroma característico. Sin embargo, se cree que parte de esos compuestos volátiles provienen de la degradación de los pigmentos presentes, tales como el licopeno y otros carotenoides (Baldwin, 2008).

El color de un fruto en la maduración puede cambiar debido a que sobre éste actúan diferentes vías metabólicas, algunas de las cuales pueden iniciar procesos de degradación. Ejemplo de lo anterior es la actividad enzimática de las clorofilasas, la cual termina afectando el color verde de los frutos durante la maduración, al mostrar otros colores presentes generados a partir de compuestos tales como las antocianinas, carotenoides, flavonoides, etc. (Jackson y Looney, 2003). Su mecanismo de acción es descrito a continuación (Azcón-Bieto y Talón, 2008):

- a. La enzima clorofilasa actúa sobre la cadena de fitol de clorofila mientras ésta se encuentra unida a la *membrana* del cloroplasto.
- b. Una quelatasa de Mg^{2+} separa al magnesio del centro de la molécula de clorofila.
- c. La enzima feoforbida-A-oxigenasa abre el anillo tetrapirrólico de la clorofila.
- d. En las vacuolas celulares son degradados los productos de reacción intermedios.

- e. La descomposición de las clorofilas permite la apreciación de pigmentos carotenoides. los cuales son responsables de colores amarillos en productos senescentes.

2.8.7.2. Técnicas de cuantificación del color

Una de las técnicas empleadas para la determinación del color es la técnica de la colorimetría, desde 1986 la Comisión Internacional de la Iluminación (CIE, por sus siglas en francés: *Commission Internationale de L'Éclairage*) se enfocó en el uso de un sistema triestímulo para la medición del color mediante la definición de un espacio tridimensional de color (Figura 2.18) denominado CIE-L*a*b (Gutiérrez-Vite *et al.*, 2009). En ella:

- Las coordenadas L^* se refieren a la medida de la luminosidad, con valores de 0 (negro) a 100 (blanco).
- Las coordenadas a^* se refieren a la medida de la intensidad del color verde al rojo, cuyo rango es de -128 (verde) a 128 (rojo).
- Las coordenadas b^* se refieren a la medida de la intensidad del color azul al amarillo, con rango desde -128 (azul) a 128 (amarillo).

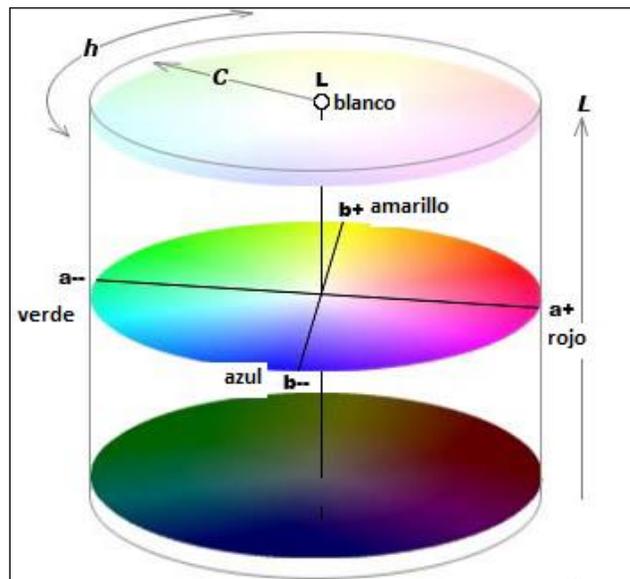


Figura 2.18. Representación geométrica del espacio de color CIE-L*a*b [Tomado y modificado de MacEvoy, 2005]

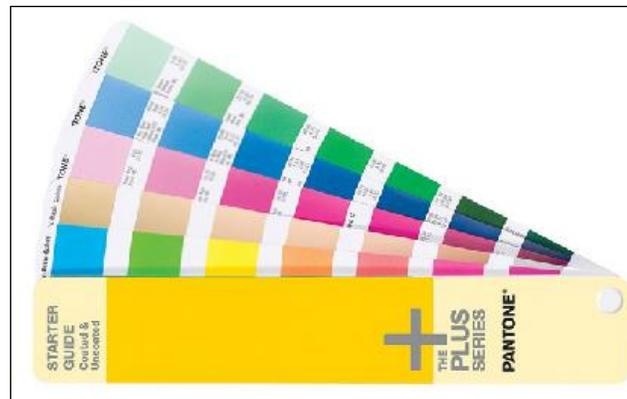
Para la determinación de este parámetro se emplea el colorímetro triestímulo, el cual es un equipo de laboratorio capaz de ofrecer la información antes mencionada de cualquier producto que sea sometido a su estudio (Figura 2.19).



Figura 2.19. Colorímetro portátil [Tomado de Konica Minolta, 2015]

Otros métodos empleados para la determinación del color son:

- ❖ Espacio de color YXZ, desarrollado en 1931 por la Comisión Internacional de la Iluminación (CIE) basado en los valores "tristimulus" XYZ.
- ❖ Comparación sensorial con escalas de colores proporcionadas por terceros como el caso de la escala Pantone® (Figura 2.20).
- ❖ *RGB*: Es un espacio de color ampliamente usado en equipos digitales para la generación de colores a partir de la combinación del color verde (*G*), rojo (*R*) y azul (*B*).



❖ **Figura 2.20.** Escala Pantone® [Tomado de Pantone®, 2015]

2.8.7.3. Uso de un método alternativo de fácil adquisición para la cuantificación de los parámetros del color

El color es un atributo sensorial de alta importancia en la industria alimentaria. Es por ello que la cuantificación, estandarización y preservación del color en productos alimentarios es realmente importante. Sin embargo, no es un reto sencillo, pues la determinación del color puede llegar a ser parte de un conocimiento subjetivo donde se evalúa a partir de los comentarios de terceros o bien requiere de un equipo sofisticado para su evaluación. Es así que una técnica ya antes probada (Yam y Papadakis, 2004; León *et al.*, 2006; Ramiro-Torres *et al.*, 2013; Sanmartín *et al.*, 2014) será usada en esta investigación para la determinación cuantitativa de los parámetros del color de acuerdo al CIE-L*ab, aunque sin emplear los equipos que ello implica.

Dicha técnica se basa en el hecho de que el color puede ser representado a través de los espacios de color (*RGB*, CIE-L*ab, XYZ, etc.) que interpretan equipos específicos para ese fin, ejemplo de eso es que un colorímetro triestímulo ofrece información del color en el espacio de color CIE-L*ab, mientras que una cámara fotográfica o un dispositivo *CCD* (*Charge Coupled Device*) ofrece información del color de su captura a través del espacio de color *RGB* (Figura 2.21).

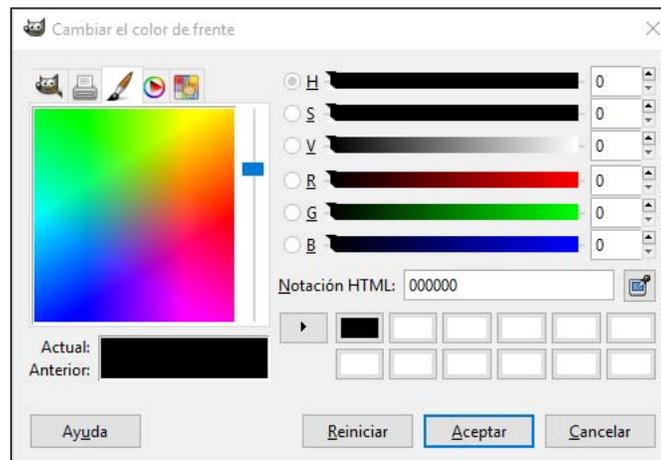


Figura 2.21. Selector de color en el espacio de color *RGB*
[Captura de pantalla del software *GIMP* 2.8]

Sin embargo, la información obtenida por los diferentes dispositivos en su espacio de color pueden ser convertidos a otros espacios mediante el uso de algoritmos. En este caso se citan las señaladas por León *et al.* (2006), que incluyen: la transformación lineal, el modelo

cuadrático (Figura 2.22), directo y gamma; sin embargo, para fines de este trabajo no se ahondará en las demostraciones de cada uno de estos algoritmos. Lo anterior demuestra de que existen diferentes formas de conseguir los parámetros L^*ab , ejemplo de ello es su obtención a partir del espacio de color RGB.

$$\begin{bmatrix} \hat{L}^* \\ \hat{a}^* \\ \hat{b}^* \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} M_{11} & M_{12} & M_{13} & M_{14} & M_{15} & M_{16} & M_{17} & M_{18} & M_{19} & M_{1,10} \\ M_{21} & M_{22} & M_{23} & M_{24} & M_{25} & M_{26} & M_{27} & M_{28} & M_{29} & M_{2,10} \\ M_{31} & M_{32} & M_{33} & M_{34} & M_{35} & M_{36} & M_{37} & M_{38} & M_{39} & M_{3,10} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \\ RG \\ RB \\ GB \\ R^2 \\ G^2 \\ B^2 \\ 1 \end{bmatrix}$$

Figura 2.22. Modelo cuadrático para la obtención de los parámetros L^*ab a partir de los datos RGB [Tomado de León *et al.*, 2006]

En este contexto, el uso de diferentes instrumentos para la captura de imágenes puede ofrecer información cuantitativa respecto al color de los alimentos, representando un beneficio a plantas procesadoras y centros de investigación que requieren de esta clase de análisis, pero que por su tamaño o infraestructura es imposible llevarlos a cabo (Figura 2.23).

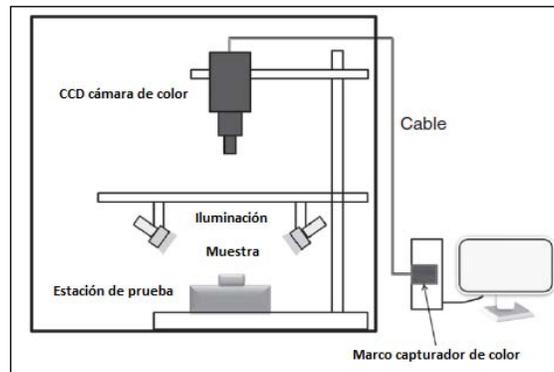


Figura 2.23. Diagrama esquemático del dispositivo empleado para la captura de imágenes usado para la cuantificación de los parámetros L^*ab [Tomado y modificado de Wu y Sun, 2015]

2.8.7.4. Cambios cuantitativos del color en la maduración

Como ya se ha mencionado, parte del cambio en la coloración de los frutos climatéricos se debe a la degradación de la clorofila, el cambio en los parámetros L^*ab en guayabas ha sido reportado en la literatura (Mercado-Silva *et al.*, 1998) y los resultados que dichos autores obtuvieron se describen en la Tabla 2.1 y 2.2.

Tabla 2.1. Resultados de la cuantificación de los parámetros L*ab en guayabas recién cosechadas⁴, en primavera-verano para el día 0 y los valores L*ab obtenidos para los mismos lotes después de 7 días a 25°C [Tomado de Mercado-Silva *et al.*, 1998]

Estado de madurez	Tiempo de análisis	Valores L*ab obtenidos en guayabas			Color ⁵
		L*	a*	b*	
MG	Cosecha	51.6	-17.6	38.0	
GY	Cosecha	63.7	-15.8	50.6	
Y	Cosecha	77.7	-6.1	55.4	
MG	+7días a 25°C	75.6	-2.0	58.4	
GY	+7días a 25°C	78.6	-0.7	55.2	
Y	+7días a 25°C	79.6	1.3	52.0	

Tabla 2.2. Resultados de la cuantificación de los parámetros L*ab en guayabas recién cosechadas, en otoño-invierno para el día 0 y los valores L*ab obtenidos para los mismos lotes después de 7 días a 25°C [Tomado de Mercado-Silva *et al.*, 1998]

Estado de madurez	Tiempo de análisis	Valores L*ab obtenidos en guayabas			Color
		L*	a*	b*	
MG	Cosecha	65.9	-16.5	49.1	
GY	Cosecha	65.7	-12.4	32.5	
Y	Cosecha	77.8	-4.5	34.7	
MG	+7días a 25°C	79.5	-2.5	51.9	
GY	+7días a 25°C	74.6	-0.5	52.8	
Y	+7días a 25°C	80.1	-0.1	52.1	

De forma generalizada la tendencia de dichos comportamientos del espacio de color en los parámetros L*ab es la siguiente: el incremento del valor del parámetro “L”, el aumento del valor del parámetro “a” y el aumento del valor del parámetro “b” dentro de los primeros 7 días. Es decir se aumentó la luminosidad de los frutos (aumento del valor del parámetro “L”), el valor del parámetro “a” aumentó con lo que paso del color verde (-a*) hacia el rojo (+a*), y finalmente el parámetro “b” tuvo en la Tabla 2.2 un incremento generalizado pasando del color azul (-b*) hacia el amarillo (+b*). Lo anterior concuerda con lo esperado, debido a la degradación de algunos pigmentos, como la clorofila y el desenmascaramiento de otros como el beta-caroteno, debido a la tendencia que se observa hacia la pérdida del color verde y el aumento en el color amarillo.

⁴ La clasificación de las guayabas cosechadas: maduras verdes (MG), verdes-amarillas (GY) y amarillas (Y)

⁵ Color generado mediante la herramienta de sombreado en Microsoft Word 2007 ® a partir de los datos RGB obtenidos de la transformación de los datos L*ab

2.9. La química verde

El método de obtención de la mezcla de quitina-quitosana (Q-Qn), a partir del cefalotórax y exoesqueletos de camarón en este trabajo emplea una técnica de extracción con base en la química verde, para lo cual dicha técnica sigue los “doce principios de la química verde” (Véase Apéndice J), a través del uso del disolvente MAC-141© el cual ha sido evaluado con anterioridad y se ha demostrado su efectividad (Flores-Ortega, 2008).

En general, se habla de química verde cuando se procura eliminar o reducir la generación de sustancias peligrosas. Usualmente, es a través del desarrollo, diseño y aplicación de técnicas para lograr ese objetivo.

Aunado a lo anterior, la química verde (*Green Chemistry*) también, además de la reducción de la generación de residuos y subproductos, puede impactar sobre otros ámbitos que beneficien al medio ambiente, es así que Anastas y Warner (1998), generaron los doce principios de la química verde, aunque antes de ellos Manahan (1997) ya había establecido el decálogo de la química ambiental o química verde.

Por ello, en este proyecto se desea aprovechar la técnica señalada, la cual va enfocada en los doce principios, para recubrir guayabas y brócolis con el objetivo de aumentar su vida de anaquel.

Así también, cabe mencionar que todas las determinaciones aquí realizadas, así como los disolventes elaborados, son tratados de forma adecuada evitando la contaminación, para ello se ha conformado un Apéndice (Apéndice K) donde se muestran los diagramas ecológicos seguidos así como información sobre los residuos generados.

Las Figuras 3a, b y c señalan, de forma general, el conjunto de experimentos realizados en el presente trabajo. Varias de las técnicas empleadas se encuentran descritas en diferentes referencias. De forma general, la Figura 3a, muestra las técnicas de obtención del cefalotórax de camarón parcialmente desproteínizado (CPD), señaladas por Flores-Ortega (2008) y Sarabia-Bañuelos (2011), la extracción (sólido-líquido) de la mezcla quitina-quitosana (Q-Qn) a partir del CPD señalada por Flores-Ortega (2008), Sarabia-Bañuelos (2011) y Ortega-Granados (2011) y el recubrimiento en los productos hortofrutícolas señalado por Ortega-Granados (2011).

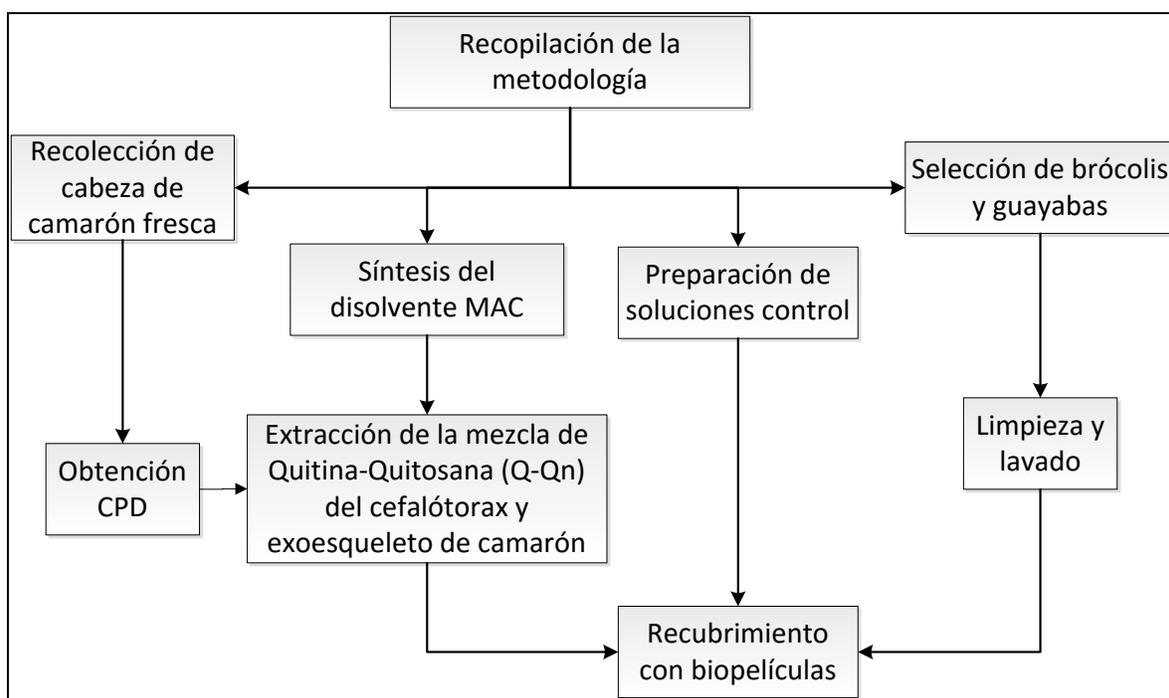


Figura 3a. Diagrama de flujo del desarrollo experimental [CPD, extracción y recubrimiento]

En la Figura 3b se muestran las determinaciones fisicoquímicas realizadas sobre las muestras. Éstas se basaron en referencias de normas mexicanas o bien en metodologías avaladas por la *AOAC International*. Cada metodología empleada, así como sus posibles modificaciones respecto a la fuente original para fines de este proyecto, se explica con amplitud en el Apéndice A.

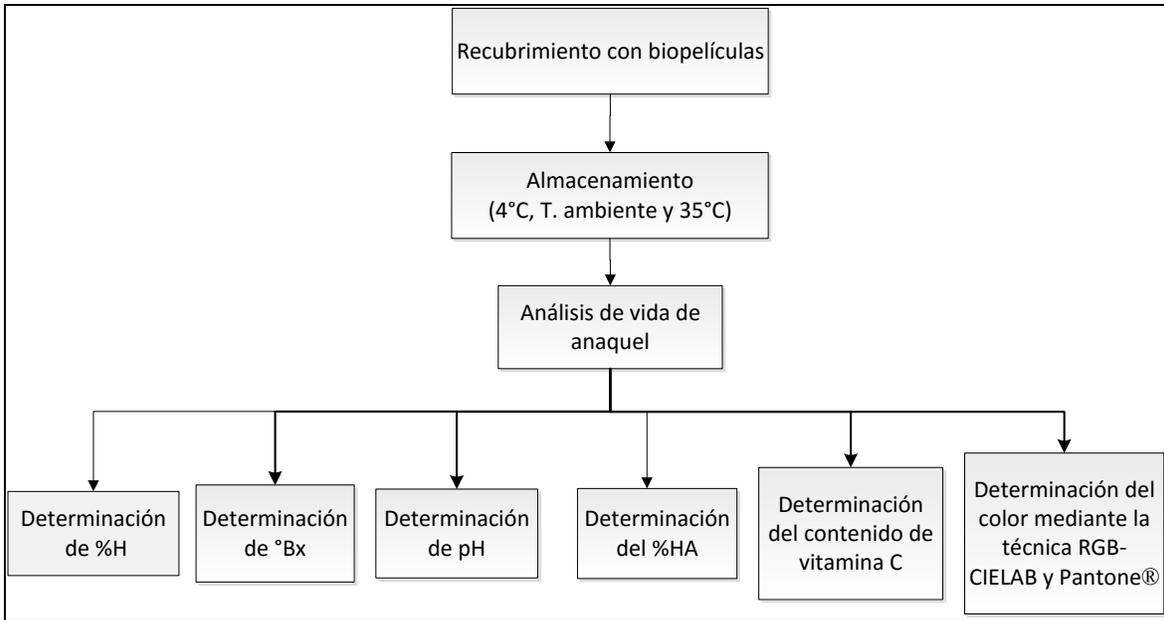


Figura 3.b. Diagrama de flujo del desarrollo experimental [Determinaciones fisicoquímicas]

En la Figura 3c se muestra la metodología seguida en la evaluación sensorial con consumidor, al igual que en el caso de las determinaciones fisicoquímicas, cada punto se explicará con amplitud posteriormente.

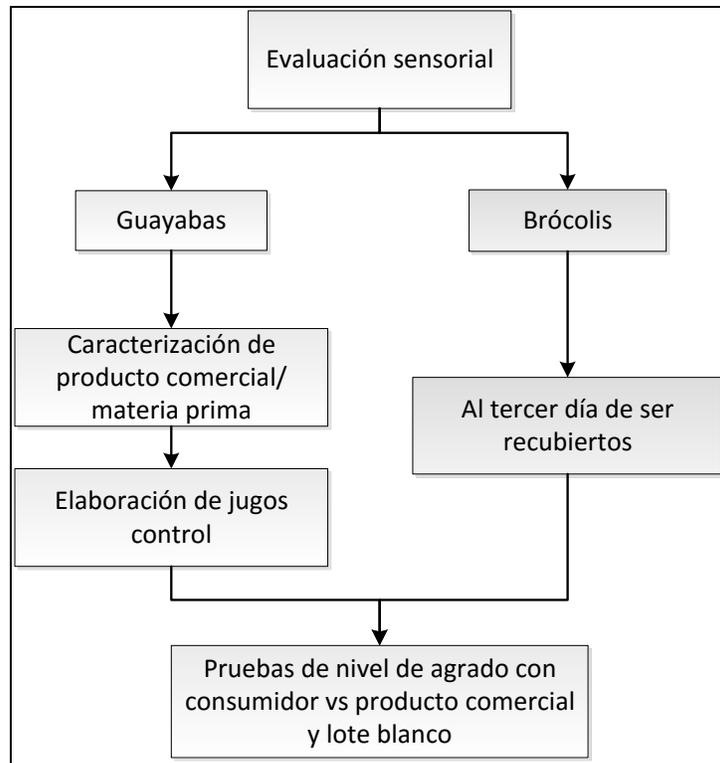


Figura 3.c. Diagrama de flujo del desarrollo experimental [Evaluación sensorial]

3.1. Recolección de la cabeza fresca, obtención del cefalotórax y exoesqueletos de camarón parcialmente desproteinizados y adquisición de los sujetos de estudio

Para la obtención de la cabeza fresca de camarón, se siguió la técnica señalada por Sarabia-Bañuelos (2011), se recolectó en la zona de pescados y mariscos de La Nueva Viga en la Central de Abastos de la Ciudad de México (CDMX) y se transportaron a los Laboratorios 301, 302 y 303 de Ingeniería Química Ambiental y de Química Ambiental (LIQyQA). Posteriormente, en el laboratorio, se removió, limpió y secó el cefalotórax y los exoesqueletos de camarón de acuerdo con las técnicas señaladas en el Apéndice A: Apartados A.1.1, A.1.2 y A.1.3.

Los brócolis y las guayabas empleadas en el presente experimento se adquirieron en lugares diferentes, en el caso de las guayabas, éstas fueron adquiridas en “huacales⁶” en la Central de Abasto de la CDMX en el área de frutas y hortalizas en un puesto comercial de la Nave “J”, mientras que los brócolis fueron adquiridos a través de un productor al sur de la CDMX. La cosecha de los mismos se realizó un día antes de la aplicación de las biopelículas, empleadas durante el experimento, siendo almacenados a una temperatura de 4°C.

3.2. Extracción de la mezcla quitina-quitosana (Q-Qn) a partir del cefalotórax y los exoesqueletos de camarón

3.2.1. Obtención del cefalotórax y los exoesqueletos parcialmente desproteinizados (CPD)

Para la realización de este punto se siguió la metodología descrita por Flores-Ortega (2008), en donde se señala que parte de los componentes del cefalotórax de camarón (*i.e.* nutrimentos inorgánicos, proteínas, grasas y pigmentos) son eliminados al licuarse con agua en una relación 1:2 en masa, una vez efectuado este punto se filtró el producto obtenido con una malla de 1 mm eliminando el agua, este último punto fue repetido una vez más y finalmente, se obtuvo el CPD húmedo, el cual se dejó secar a 60°C durante 18 h.

⁶ Cesta elaborada con trozos de madera empleada para el transporte de diferentes objetos

3.2.2. Elaboración del disolvente MAC-141©

A partir de trabajos anteriores (Flores-Ortega, 2004, 2008; Sarabia-Bañuelos, 2011), se encontró que la mezcla metanol-agua-cloruro de calcio en relación molar 1:4:1 es un excelente disolvente para la extracción de quitina (Figura 3.1), esto se fundamenta en el hecho de que el calcio rompe los puentes de hidrógeno de la quitina con lo que se conforma un complejo entre ésta y la sal de calcio, además de que las moléculas de metanol son capaces de redirigir las zonas hidrofóbicas del polisacárido lejos del disolvente (Flores-Ortega, 2008).

La metodología señalada para su elaboración establecida por Ortega-Granados (2011) y modificada por los autores con base en los resultados dados, se detalla en el diagrama de proceso presentado en la Figura A.8 del Apéndice A, apartado A.2.1.



Figura 3.1. Matraz bola con disolvente MAC 1:4:1©
[Imagen capturada por los autores del presente trabajo]

3.2.3. Extracción de la mezcla quitina-quitosana del CPD

Para lograr extraer la quitina-quitosana (Q-Qn) con ayuda del disolvente MAC-141©, fueron mezcladas de acuerdo con la metodología señalada por Sarabia-Bañuelos (2011), retomada por Ortega-Granados (2011) y descrita por los autores en el Apéndice A, Apartado A.2.2.

Esta técnica consistió en mezclar en una proporción 1:10 (m/m) el cefalotórax de camarón parcialmente desproteinizado (CPD) y el disolvente MAC-141©, esta mezcla se mantuvo inmóvil por 2 días y posteriormente fue filtrada, la solución extraída se vertió en frascos colocados dentro de un desecador con agua funcionando como cámara de humidificación.

3.3. Preparación de las soluciones control y su aplicación

Los recubrimientos control (elaborados con quitina y quitosana comercial de la marca Sigma-Aldrich) y el recubrimiento experimental (quitina y quitosana obtenidos del cefalotórax de camarón), se prepararon de maneras diferentes, la selección de los disolventes y los solutos se realizó con base en lo señalado en la literatura (Ortega-Granados, 2011). Cada una de las biopelículas realizadas y el producto en el que se aplicó se señalan en la Tabla 3.1. Las tres soluciones descritas junto con la mezcla quitina-quitosana (Q-Qn) se aplicaron sobre guayabas y brócolis mediante la técnica conocida como cepillado (Véase Apéndice A, Apartado A.3.1 y A.3.2). Cabe mencionar que adicionalmente se preparó un lote de guayabas y brócolis respectivamente sin ningún recubrimiento especial señalado en el presente documento como “blanco”.

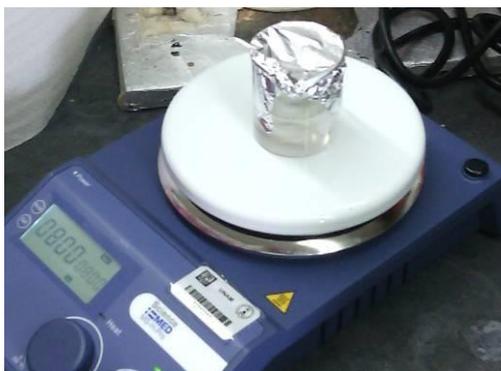


Figura 3.2. Preparación de los recubrimientos control [Imagen capturada por los autores del presente trabajo]

Tabla 3.1. Lista de recubrimientos usados en el presente trabajo

Biopelícula				Productos a evaluar	
Recubrimiento	Soluto	Disolvente	Concentración del soluto	Brócoli	Guayaba
Experimental	Q-Qn	MAC 141©	10% m/m	√	√
Control	Blanco	N/A ⁷	N/A	√	√
	Q-SA	MAC 141©	0.3% m/V	√	√
	Qn-SA	Solución de Ácido ascórbico 2%	1% m/V	√	X ⁸
			1.5% m/V	√	√
2% m/V			√	√	

⁷ N/A: No aplica, los lotes blancos en cada condición de almacenamiento sólo fueron sometidos a operaciones de lavado, enjuagado y secado (escurrimiento)

⁸ Esta concentración solamente se empleó en brócolis debido a la susceptibilidad que implicaba el uso de soluciones de mayor concentración

3.4. Determinaciones fisicoquímicas

3.4.1. Determinación de contenido de humedad (%H)

Estas determinaciones se realizaron por dos diferentes métodos, para los lotes de brócoli se realizó por un método modificado de termobalanza con base en lo propuesto por González-O. y colaboradores (2014) (Ver Apéndice A, apartado A.4.1.1).

En cambio, para las determinaciones de este parámetro en las pulpas provenientes de las guayabas se realizó mediante el método de secado en estufa convencional presentado en el manual de Análisis de alimentos: fundamentos y técnicas (González-O *et al.*, 2014), (Ver Apéndice A, Apartado A.4.1.2).

3.4.2. Determinación de los grados Brix (°Bx)

Éstos fueron determinados usando un refractómetro RSG-100/ACT, con escala de 0-32% con una división de 0.2°Bx con la metodología propuesta en la NMX-F-103-1982 (SE, 1982a). La metodología se describe con amplitud en el Apéndice A, Apartado A.4.2. Cabe mencionar que en algunas ocasiones, dicho valor de °Bx fue superior a la escala de este instrumento por lo que en esos casos se empleó un refractómetro ATAGO-ATC-1 con escala 0-90%.

3.4.3. Determinación del valor de pH

Para realizar la determinación del pH se empleó un potenciómetro de la marca Orión 720-A7 siguiendo la técnica descrita por la NMX-F-S-1978 (SE, 1978). “*Determinación de pH en alimentos. Normas Mexicanas. Dirección general de normas*”. (Apéndice A, Apartado A.4.3).

3.4.4. Determinación del porcentaje de acidez (%HA)

Para su determinación se realizó una titulación con hidróxido de sodio al 0.1N con fenolftaleína como indicador, de acuerdo con la metodología señalada en la Norma Mexicana: NMX-FF-011-1982 (SE, 1982b). “*Productos alimenticios no industrializados, para uso humano. Fruta fresca. Determinación de acidez titulable. Método de titulación. Normas Mexicanas. Dirección General de Normas*” (Véase Apéndice A, Apartado A.4.4).

3.4.5. Determinación de vitamina C

Ésta se realizó mediante una titulación con una solución de 2,6-Diclorofenol-Indofenol (2,6-DI) valorada sobre una alícuota de 10 mL de la muestra previamente acondicionada (Véase Apéndice A, Apartado A.4.5), la titulación se detiene cuando el medio de reacción vira hacia un color rosa y permanece así por 10 segundos, posteriormente se registra el volumen gastado de 2,6-DI (AOAC, 1995).

3.4.6. Determinación del color

En el presente trabajo se hace una recopilación parcial de las técnicas señaladas en el marco teórico. Las técnicas incluidas son: la comparación con escalas de color impresas (escala Pantone®) sobre brócolis y el uso de la cuantificación *RGB* sobre muestras de pulpa de guayaba. La primera de ellas fue a través de la escala Pantone®. Esta técnica puede considerarse un tanto subjetiva debido al observador pues él designa el código correspondiente, la técnica completa se describe en el Apéndice A, Apartado A.4.6.1.

En la segunda técnica, más objetiva, se obtuvieron los parámetros L, a y b del espacio de color CIE-LAB de la Comisión Internacional de la Iluminación, mediante una técnica antes probada (Yam *et al.*, 2004; Lana *et al.*, 2006; Ramiro-Torres *et al.*, 2013; Sanmartín *et al.*, 2014), la cual consiste en capturar imágenes digitales de la muestra en razón, para obtener la matriz *RGB* de dicha imagen, en este caso, mediante el software de manipulación de imágenes *GNU Image Manipulation Program (GIMP)* por sus siglas en inglés), versión 2.8, para, posteriormente, transformar dicha información *RGB* a datos en el espacio CIE-L*ab con el uso de un algoritmo obtenido de la plataforma de desarrollo colaborativo de software *GitHub* (GitHub, 2015), el cual fue ejecutado sobre la página ColorMine.org (ColorMine.org, 2015). La técnica completa es descrita en el apartado A.4.6.2.

3.4.7. Determinación de la textura del puré de guayaba mediante un método reológico

Para la realización de esta determinación se empleó un viscosímetro Brookfield DV-II+ de acuerdo con la metodología señalada en el Apéndice A, Apartado A.4.7. Los resultados obtenidos por este equipo fueron: temperatura (°C), porcentaje de torque (%) y viscosidad en cP. Posteriormente mediante la aplicación de diferentes cálculos sobre esta información

(Véase Apéndice A, Apartado A.4.7.1), se logró obtener la rapidez de corte ($\dot{\gamma}$) y el valor del esfuerzo cortante (τ). Con estos datos se procedió a elaborar la gráfica del esfuerzo cortante (τ) *versus* rapidez de corte ($\dot{\gamma}$), con el fin de caracterizar al fluido en estudio.

3.4.8. Determinación del contenido de calcio en purés de guayaba

Esta determinación sólo se realizó en las muestras de puré obtenido de las guayabas recubiertas (Figura 3.3), con los materiales donde se utilizó la biopelícula de quitina-quitosana extraída con el disolvente MAC-141© y del lote blanco, debido a que estas condiciones fueron las que se sometieron a análisis reológicos. La técnica empleada para la evaluación del contenido de calcio presente en las muestras mencionadas anteriormente, se basó en una técnica volumétrica, la cual se encuentra descrita en el Apéndice A, Apartado A.4.8; referida en la técnica señalada por Moelants y colaboradores (2014).

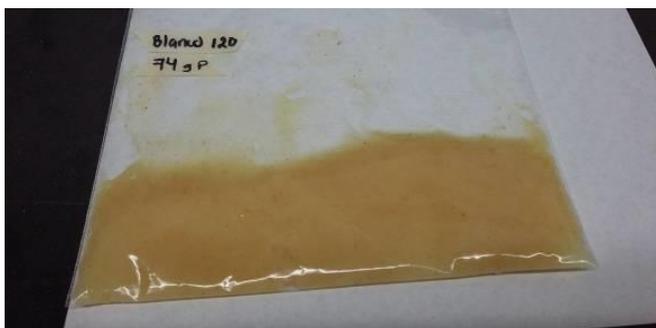


Figura 3.3. Ejemplo del puré de guayaba empleado en la determinación reológica [Imagen capturada por los autores del presente trabajo]

3.5. Condiciones de las determinaciones de vida de anaquel

Usualmente en las pruebas aceleradas de vida de anaquel (o *ASLD* por sus siglas en inglés), se pretende estimar la caducidad de un producto que de otra manera sería muy demorado obtener y, es por ello que dichos experimentos se llevan a cabo de manera usual, bajo tres condiciones denominadas: condiciones óptimas, condiciones típicas y condiciones adversas.

El almacenamiento de los brócolis y de las guayabas en estudio se llevaron a cabo bajo tres condiciones diferentes: a 4°C en un refrigerador doméstico [Figura 3.4], a 25°C empleando para ello la temperatura ambiente presente en el laboratorio [Figura 3.6] y a 35°C en una incubadora marca ECOSHELL-9052 [Figura 3.5].



Figura 3.4. Almacenamiento en refrigerador a 4°C



Figura 3.5. Almacenamiento en incubadora a 35°C



Figura 3.6. Almacenamiento en cajas a 25°C

Figuras 3.4 a 3.6 [Imágenes capturadas por los autores del presente trabajo]

3.6. Caracterización del producto comercial y de la materia prima

Para la caracterización del producto comercial se usó una muestra comercial de néctar de guayaba de marca nacional conocida, obteniéndose los °Bx y la acidez titulable con las técnicas antes señaladas. Para la elaboración de los jugos con fines de evaluación sensorial se estandarizó un porcentaje de fruta del 25%.

3.7. Pruebas de nivel de agrado con consumidores

Mediante la realización de pruebas de análisis sensorial para la evaluación de un producto procesado (bebida de guayaba) proveniente de las guayabas recubiertas, se buscó encontrar alguna diferencia significativa entre el olor y color de diferentes muestras (un lote blanco,

néctar comercial Jumex® y un lote sometido al recubrimiento de Q-Qn) y para la realización de esta evaluación con respecto a los brócolis, estos fueron evaluados al tercer día de ser recubiertos, buscando encontrar diferencias significativas entre los atributos de color, olor y textura utilizando pruebas de nivel de preferencia. Para ambas evaluaciones se utilizaron escalas hedónicas de cinco puntos (Severiano y col., 2012), las cuales presentan algunos beneficios como la facilidad de uso, el poder discriminativo, la validez y confiabilidad de las respuestas obtenidas, entre otros y que se citan en Navarro-da-Silva *et al.* (2013): Dicha evaluación se llevó a cabo en el vestíbulo del edificio A de la FQ-UNAM con jueces no entrenados (estudiantes de la FQ). Los cuestionarios realizados se aprecian en el Apéndice I.

3.8. Análisis estadísticos

El análisis de varianza multifactorial con un nivel de significancia de 0.05 se realizó utilizando el programa Minitab® 17 (Figura 3.7). Los factores a evaluar, en el caso de los brócolis fueron los recubrimientos y las variables dependientes fueron los parámetros evaluados durante el estudio de vida de anaquel en la hortaliza. Para el caso de la guayaba, los factores a evaluar fueron el tiempo (6 días) y el tipo de recubrimiento (5 condiciones), realizándose para cada temperatura una tabla de análisis de varianza en inglés *ANOVA* tres diferentes y una tabla para cada una de las variables de respuesta de las determinaciones realizadas (% HA, °Bx, pH, Vitamina C).

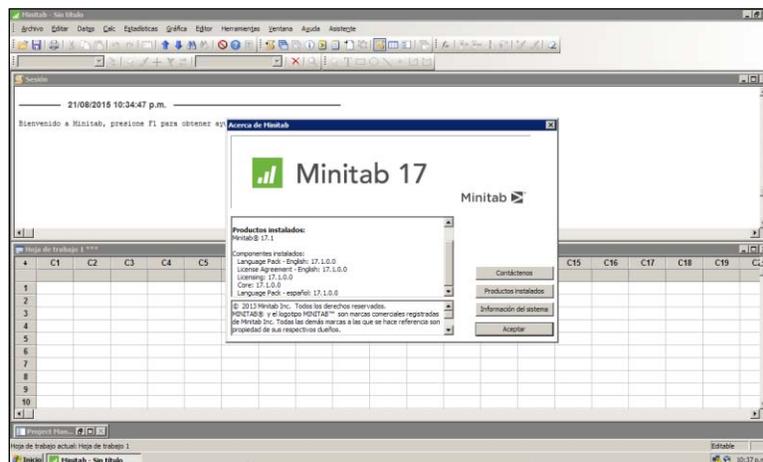


Figura 3.7. Software estadístico empleado en el análisis de los resultados
[Imagen capturada por los autores del presente trabajo]

4.1. PRUEBAS DE VIDA DE ANAQUEL EN *BRÓCOLIS*

4.1.1 Contenido de humedad en los brócolis recubiertos

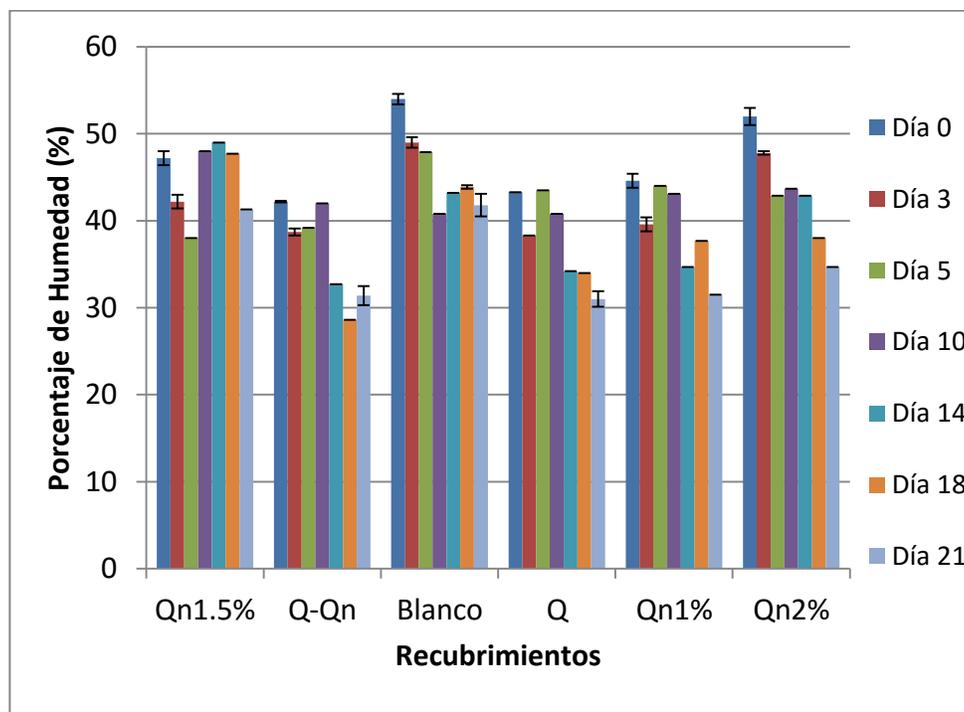
El brócoli al ser cosechado presenta una alta tasa de respiración provocando que entre en un estado de estrés, generando daños celulares que van progresando durante la senescencia. Por tal motivo se favorece la pérdida de agua dañando la textura principalmente (Page y col., 2001). Por ello, los recubrimientos que presenten una menor pérdida de agua serán los que proporcionen un mejor efecto de conservación de textura al ralentizar el proceso de senescencia.

Durante la determinación del contenido de humedad en los brócolis se presentaron diferencias significativas a un $\alpha=0.05$ (Apéndice G, Tablas G.1.1, G.2.1 y G.3.1) entre todos los lotes (blanco, Q-Qn, Q-SA, Qn-SA al 1, 1.5 y 2%) y el tiempo desde el día 0 hasta el término de la vida de anaquel bajo cada condición de almacenamiento. Lo anterior fue atribuido a las operaciones de lavado al chorro de agua, secado y la aplicación de los recubrimientos mediante la técnica del cepillado, las cuales carecen de un proceso repetible a nivel de laboratorio bajo las condiciones en estudio y, por lo tanto, fueron únicas para cada florete de brócoli (superficie heterogénea del brócoli).

De manera general, con los datos experimentales se logró establecer el contenido de humedad de los brócolis en estudio dentro de un rango entre 40 a 60% de humedad (%H). Sin embargo, dicho valor resultó menor al valor teórico de humedad que, de acuerdo con la base de datos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (*United States Department of Agriculture*, USDA por sus siglas en inglés), es de 89.3 %H (USDA, 2015b).

Mediante el método de Tukey se observó la presencia de diferencias significativas en las medias del contenido de humedad obtenidas en todos los recubrimientos almacenados a 4°C (Véase Apéndice H, Apartado H1. Gráfica H.1.1). Sin embargo, los lotes que

presentaron la menor pérdida de humedad en comparación con el lote blanco fueron los recubiertos con Qn-SA al 1.5% y con Q-Qn (Gráfica 4.1), permitiendo que el brócoli mantuviera por más tiempo el agua libre hasta el día diez.



Gráfica 4.1. Pérdida de humedad de menor a mayor expresado en porcentaje, en los diferentes lotes de brócolis recubiertos y almacenados a 4°C⁹

Con los resultados obtenidos durante el estudio (ver resultados en Apéndice B, Apartado B1, B2 y B3, Tablas B1.1, B2.1 y B3.1), en la condición de almacenamiento a temperatura ambiente se observó una mayor pérdida de agua libre en todos los lotes en comparación con los brócolis almacenados a 4°C y los lotes almacenados a 35°C los cuales presentaron una mayor pérdida de agua libre en menos de cinco días.

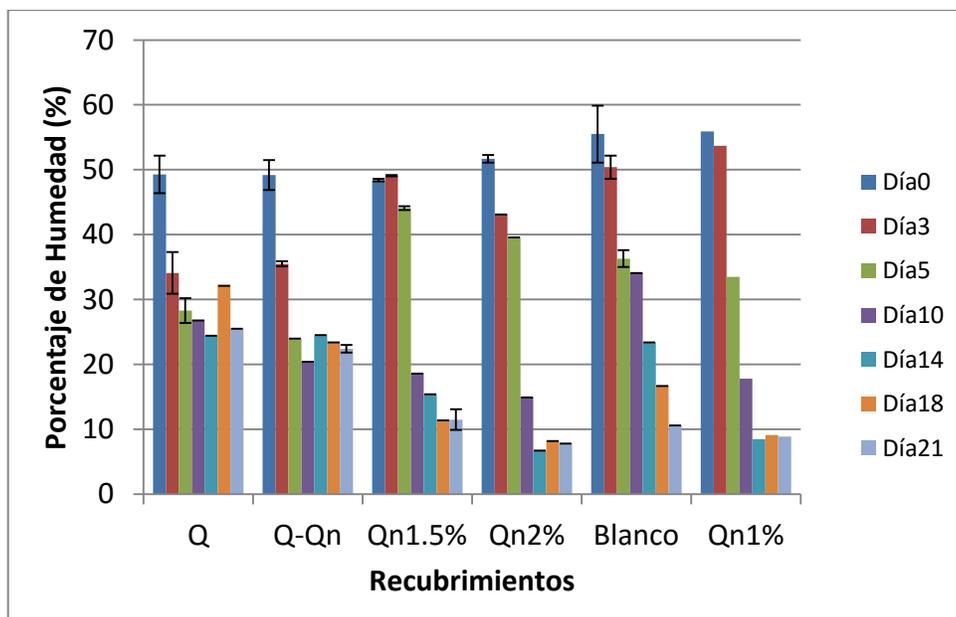
En la Tabla 4.0, se muestran los resultados mediante el cálculo de la diferencia de medias a través del método de Tukey respecto a la condición de almacenamiento a 25°C y 35 °C (Véase Apéndice H, Apartado 2. Gráfica H.2.1 y Apartado 3, Gráfica H.3.1).

⁹ Nótese que algunas barras de error no pueden apreciarse de la mejor forma en los gráficos debido a que dicho valor es pequeño en comparación con la escala empleada, sin embargo, el lector puede consultar estos datos en los Apéndices B y C donde se muestran todos los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación

Tabla 4.0. Resultados del método de Tukey al 95% de confianza para datos obtenidos en la determinación de humedad en brócolis

Temperatura de almacenamiento	Recubrimiento en comparación	Recubrimientos con diferencias entre medias	Recubrimientos sin diferencias entre medias
25°C	Q-Qn	Blanco = Q-SA Qn-SA al 2%	Qn-SA al 1 y al 1.5%
35°C	Blanco	Qn-SA al 1.5 y 2%	Q-Qn Q-SA Qn-SA al 1%

Con los resultados anteriormente mostrados, se concluye que a 25°C el recubrimiento de Q-Qn fue eficiente debido a que presentó una menor pérdida de humedad con respecto al lote blanco (sin ningún recubrimiento) (ver Gráfica 4.2) y, para la condición de almacenamiento a 35°C, al no presentar diferencias entre las medias del lote blanco y el lote de Q-Qn, no se observó ningún efecto significativo.



Gráfica 4.2. Pérdida de humedad de menor a mayor expresado en porcentaje, en los diferentes lotes de brócolis recubiertos y almacenados a temperatura ambiente (25°C)

4.1.2. Evaluación de los grados Brix (°Bx) en los brócolis recubiertos

Los grados Brix indican el total de sólidos (glúcidos o sales) disueltos en 100g de un líquido (SE, 1982a), en la literatura no se encontraron referencias de este valor para el brócoli; sin embargo, la USDA (2015b) declara una composición para esta hortaliza de un

89.30% humedad, 2.82% de proteína, 0.37% de lípidos, 6.64% de hidratos de carbono, 2.60% de fibra y 0.46% de nutrimentos inorgánicos. Mediante la realización de un cálculo indirecto, se sabe que en 100g de brócoli aproximadamente existen 4.04g de sólidos solubles (4°Bx), pero experimentalmente en los lotes blanco pertenecientes a cada condición de almacenamiento se obtuvieron lecturas alrededor de 5°Bx del día cero.

Los brócolis durante la senescencia presentan daños celulares por la degradación de proteínas y lípidos, favoreciendo que los glucosinolatos salgan de las vacuolas al citoplasma donde se encuentra la enzima mirosinasa, cuya función es hidrolizar a los glucosinolatos generando glucósidos y compuestos principalmente azufrados. El principal glucosinolato se compone del sulforafano y la sacarosa, la cual aporta glúcidos solubles que van a participar en las rutas metabólicas para la obtención de energía de la hortaliza (Hasperué, 2012). Con lo anterior, se puede decir que en el almacenamiento se presentará la liberación de glúcidos solubles por la hidrólisis de los glucosinolatos. Por ello, en la senescencia del brócoli debe de observarse una tendencia de aumento de sólidos solubles al principio y, posteriormente, un descenso de los mismos.

Al finalizar el estudio de vida de anaquel bajo las tres condiciones de almacenamiento (4°C, T ambiente y 35°C) se presentó la existencia de diferencias significativas (Apéndice G, Apartados 1, 2 y 3, Tablas G.1.2, G.2.2 y G.3.2) con un nivel de confianza del 95% entre los °Bx obtenidos de los 5 recubrimientos más el blanco, contra el tiempo transcurrido (días). En la Tabla 4.1 se muestran los resultados mediante el cálculo de la diferencia de medias a través del método de Tukey respecto de la condición de almacenamiento a 4°C, 25°C y 35 °C (Véase Apéndice H, Apartado H1, Gráfica 1.2, Apartado H.2, Gráfica H.2.2 y Apartado H.3, Gráfica H.3.2).

Bajo la condición de almacenamiento a 4°C (Gráfica 4.3) y con los resultados mediante el método de Tukey, se concluye que los recubrimientos de Qn-SA en todas sus concentraciones y el blanco no cumplen con la función de ralentizar el daño celular o la hidrólisis de los glucosinolatos y la diferencia en el contenido de sólidos solubles se puede apreciar a partir del quinto día.

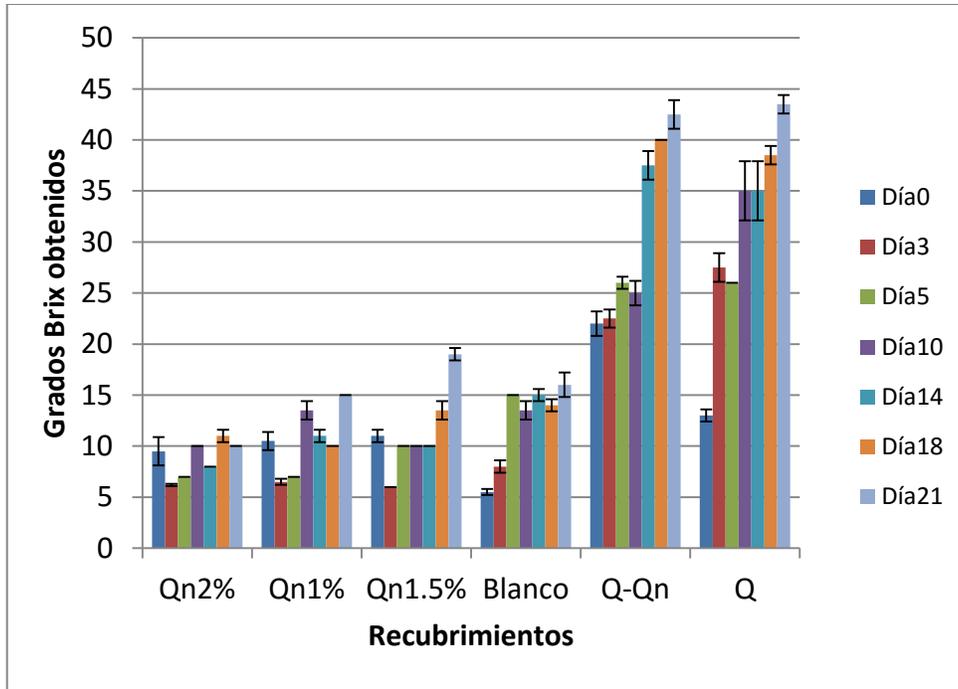
Tabla 4.1. Resultados del método de Tukey al 95% de confianza para datos obtenidos en la determinación de °Bx en brócolis

Temperatura de almacenamiento	Recubrimiento en comparación	Recubrimientos con diferencias entre medias	Recubrimientos sin diferencias entre medias
4°C	Blanco	Q-Qn Q-SA	Qn-SA
25°C	Blanco	Q-Qn Q-SA Qn-SA al 1%	Qn-SA al 1.5 y al 2%
35°C	Q-Qn	Blanco Q-SA Qn-SA al 2%	Qn-SA al 1 y 1.5%

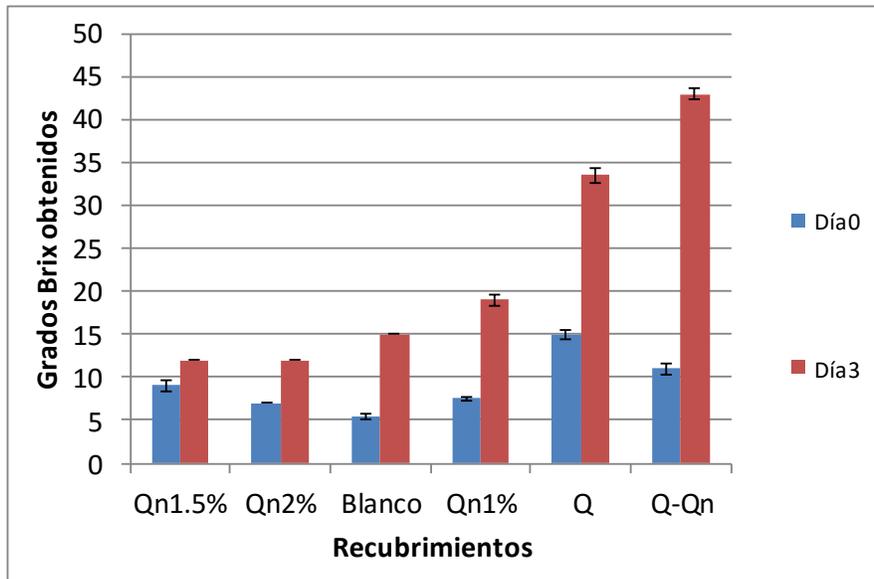
De igual manera, con los resultados de la Tabla 4.1, se concluye que en la condición de almacenamiento a 25°C los lotes recubiertos con Qn-SA 1.5, Qn-SA 2% y el blanco no ofrecen un efecto benéfico en la senescencia del brócoli. En cambio, los lotes almacenados a 35°C y recubiertos con Q-Qn, Qn-SA al 1 y al 1.5% no favorecieron la generación de glúcidos solubles.

En las condiciones de almacenamiento a temperatura ambiente y a 35°C (ver resultados en Apéndice B, Apartados B2 y B3, Tablas B.2.2 y B.3.2), solamente se representan los resultados de las determinaciones hasta el tercer día debido a la deshidratación posterior que presentaron los floretes impidiendo la obtención de jugo para realizar la determinación de los °Brix presentándose una diferencia en el contenido de sólidos solubles a partir del tercer día.

En cuanto a los recubrimientos de Q-Qn y Q-SA disueltos en la solución MAC-141© fueron los únicos que presentaron al final del estudio lecturas mayores de °Bx bajo las condiciones de almacenamiento a 4°C y T ambiente (Gráficas 4.3 y 4.4) en comparación con los demás recubrimientos. Este fenómeno pudo deberse al remanente de CaCl₂ presente en el disolvente empleado para la realización de ambos recubrimientos. Por ello en algunos floretes se pudo haber solubilizado esta sal en las gotas de jugo provenientes de una presión manual al florete al cual se le determinaba el contenido de sólidos solubles influyendo que el instrumento de medición indicara una mayor cantidad de sólidos solubles que los reales.



Gráfica 4.3 Determinación de °Bx en brócolis almacenados a 4°C, presentados de menor a mayor aumento



Gráfica 4.4 Determinación de °Bx en brócolis almacenados a temperatura ambiente (25°C)¹⁰, presentados de menor a mayor aumento

¹⁰ No se determinó este parámetro todos los días de análisis (sólo días 0 y 3) debido a la deshidratación de las muestras

4.1.3. Determinación del valor de pH en los brócolis recubiertos

Los cultivos de brócoli necesitan suelos con un alto porcentaje de materia orgánica para obtener los nutrientes necesarios y cosechar brócolis con una adecuada calidad nutrimental y organoléptica, por ese motivo un brócoli recién cortado y cultivado en un suelo adecuado debe poseer un pH entre 6 y 6.8 (SFA, 2011). El brócoli utilizado en este estudio fue fresco (menos de 10 horas de ser cultivado y almacenado a 4°C) dando valores dentro de estos rangos, por lo cual, da una idea acerca de la calidad de suelo destinado a este cultivo y con ello de una adecuada calidad nutrimental, como se puede apreciar en la Tabla 4.2 al día cero en todas las condiciones bajo estudio.

El pH durante todo el estudio fluctuó entre 5 y 7 (ver resultados completos en el Apéndice B, Apartados B1, B2 y B3, Tablas B.1.3, B.2.3 y B.3.3). Al término del estudio de vida de anaquel bajo las tres condiciones de almacenamiento se presentó la existencia de diferencias significativas (Apéndice G, Apartados 1, 2 y 3, Tablas G.1.3, G.2.3 y G.3.3) con un nivel de confianza del 95% entre los valores de pH obtenidos entre los seis lotes en estudio y el tiempo transcurrido.

Tabla 4.2. Resultados sobre valores de pH al inicio y término de la vida de anaquel de brócolis en las tres diferentes condiciones de almacenamiento

Temperatura de almacenamiento	Días	Tipo de Recubrimiento en Estudio					
		Blanco	Q-Qn	Q	Qn 1%	Qn 1.5%	Qn 2%
4°C	D0	6.121 ± 0.083	6.279 ± 0.023	6.255 ± 0.026	6.283 ± 0.054	6.281 ± 0.002	6.326 ± 0.012
	D21	6.061 ± 0.013	5.411 ± 0.132	5.142 ± 0.000	6.450 ± 0.029	5.570 ± 0.059	6.020 ± 0.011
25°C	D0	6.353 ± 0.015	6.377 ± 0.004	6.329 ± 0.024	6.324 ± 0.015	6.298 ± 0.008	6.340 ± 0.006
	D21	6.346 ± 0.000	6.330 ± 0.087	6.648 ± 0.024	6.058 ± 0.076	5.725 ± 0.000	5.742 ± 0.000
35°C	D0	6.300 ± 0.010	6.411 ± 0.003	6.357 ± 0.002	6.308 ± 0.007	6.308 ± 0.003	6.322 ± 0.002
	D21	6.170 ± 0.000	6.239 ± 0.029	6.248 ± 0.066	6.136 ± 0.000	5.778 ± 0.000	5.900 ± 0.000

En la Tabla 4.3 se muestran los resultados mediante el cálculo de la diferencia de medias a través del método de Tukey respecto de la condición de almacenamiento a 4°C, 25°C y 35°C (Véase Apéndice H, Apartados H.1, H2 y H3, Gráficas H.1.3, H.2.3 y H.3.3).

Tabla 4.3. Resultados del método de Tukey al 95% de confianza para los valores obtenidos en la determinación de pH en brócolis

Temperatura de almacenamiento	Recubrimiento en comparación	Recubrimientos con diferencias entre medias	Recubrimientos sin diferencias entre medias
4°C	Q-Qn	Qn-SA al 1% y al 2%	Q-SA Qn-SA al 1.5% Blanco
25°C	Q-Qn	Blanco Qn-SA al 1, 1.5 y 2%	Q-SA
35°C	Q-Qn	Blanco Q-SA Qn-SA al 1 %	Qn-SA al 1.5 y 2%

4.1.4. Determinación del porcentaje de acidez en los brócolis recubiertos

Para la realización de esta determinación la acidez se expresó como gramos de ácido cítrico, en 100 gramos de brócoli debido a que no se encontró un ácido orgánico predominante en la composición de esta hortaliza y, como ya se mencionó anteriormente, el brócoli posee 0.37% de lípidos (USDA, 2015b). Por ello, los valores de acidez y pH se mantuvieron similares al no generarse una cantidad considerable de ácidos por el metabolismo de lípidos que influyera en dichos parámetros.

Al término del estudio de vida de anaquel entre las tres condiciones de almacenamiento se encontró que sí existieron diferencias significativas, mediante tablas de análisis de varianza (*ANOVA*) (Véase Apéndice G, Apartados G.1, G.2 y G.3, Tablas G.1.4, G.2.4 y G.3.4), con un nivel de confianza del 95% entre los valores de acidez total obtenidos en los seis recubrimientos y el tiempo transcurrido.

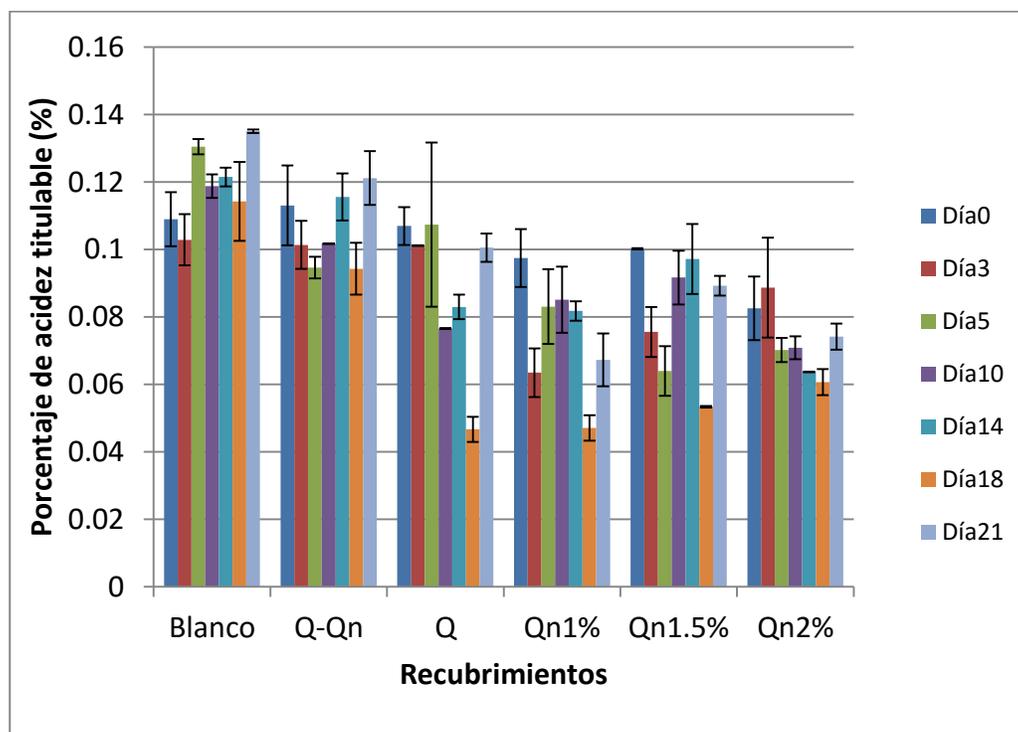
En la Tabla 4.4 se muestran los resultados mediante el cálculo de la diferencia de medias a través del método de Tukey respecto de la condición de almacenamiento a 4°C, 25°C y 35 °C (Véase Apéndice H, Apartados H.1, H2 y H3, Gráficas H.1.4, H.2.4 y H.3.4).

Con los resultados de la Tabla 4.4 se concluye que bajo la condición a 4°C el lote blanco y el de Q-Qn fueron similares observándose que presentaron un aumento en los valores de acidez (Gráfica 4.5) conforme avanzó el tiempo del estudio. En cambio, para los brócolis almacenados a temperatura ambiente y a 35°C los lotes “blanco” fueron diferente a los

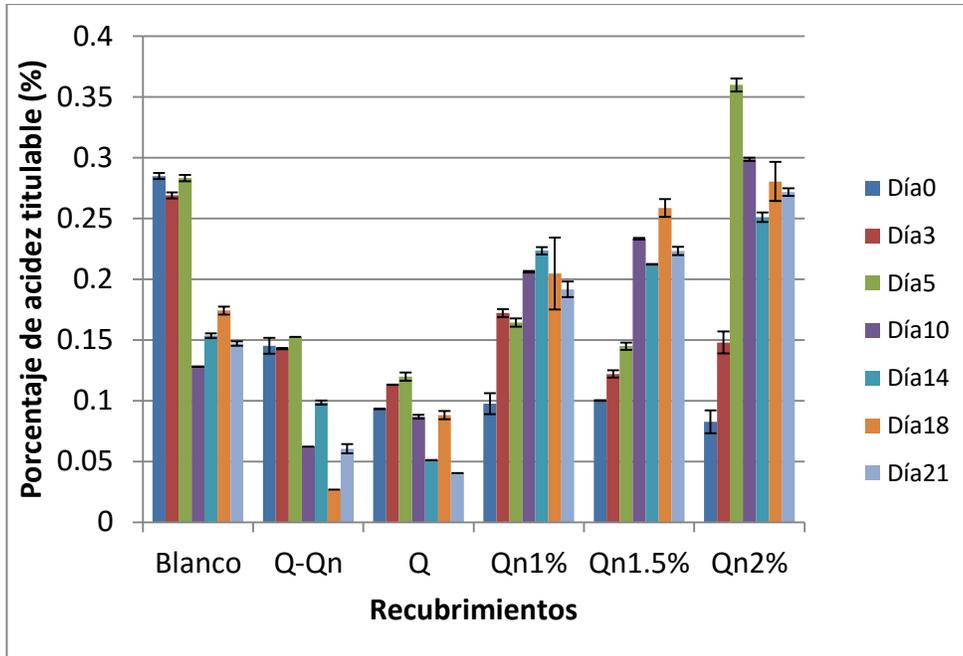
demás recubrimientos en sus medias, pero los lotes de Qn-SA en todas sus concentraciones presentaron un comportamiento de aumento de ácido cítrico durante el estudio, en cambio, los lotes de Q-Qn y Q-SA bajo estas condiciones de almacenamiento mostraron una tendencia de disminución en sus valores de acidez (Gráfica 4.6 y 4.7).

Tabla 4.4. Resultados del método de Tukey al 95% de confianza para los valores obtenidos en la determinación de acidez en brócolis

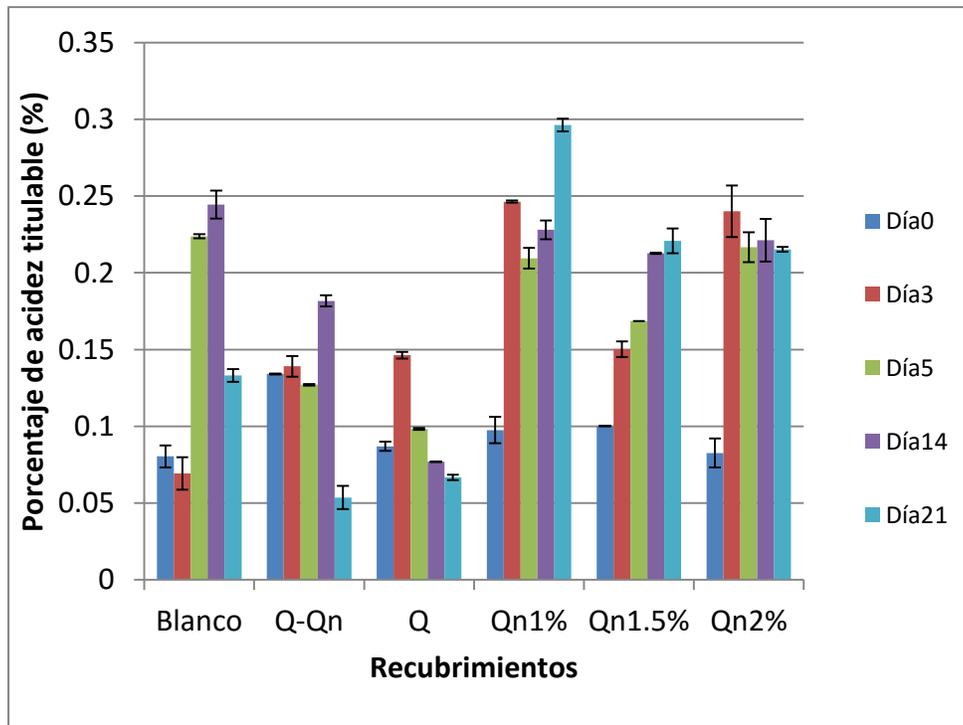
Temperatura de almacenamiento	Recubrimiento en comparación	Recubrimientos con diferencias entre medias	Recubrimientos sin diferencias entre medias
4°C	Blanco	Q-SA = Qn-SA al 1, 1.5 y 2%	Q-Qn
25°C	Blanco	Q-Qn	---
35°C		Q-SA Qn-SA al 1, 1.5 y 2%	---



Gráfica 4.5. Determinación de la acidez titulable expresado en porcentaje de ácido cítrico, en los diferentes lotes de brócolis recubiertos y almacenados a 4°C



Gráfica 4.6. Determinación de acidez titulable expresado en porcentaje de ácido cítrico, en los diferentes lotes de brócolis recubiertos y almacenados a temperatura ambiente (25°C)

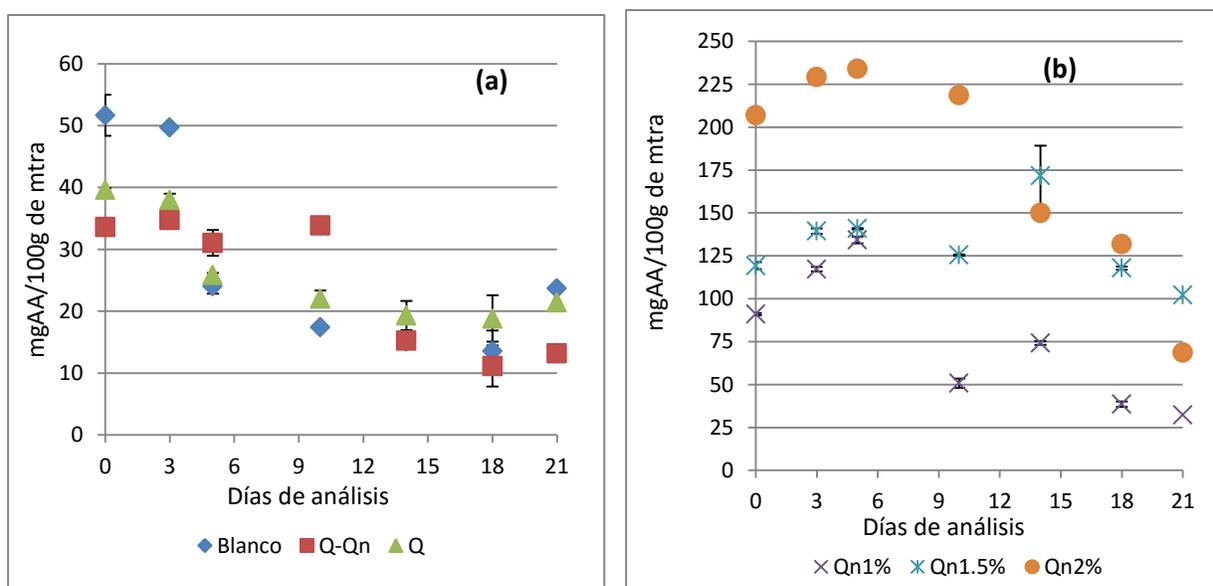


Gráfica 4.7. Determinación de acidez titulable expresado en porcentaje de ácido cítrico, en los diferentes lotes de brócolis recubiertos y almacenados a 35°C

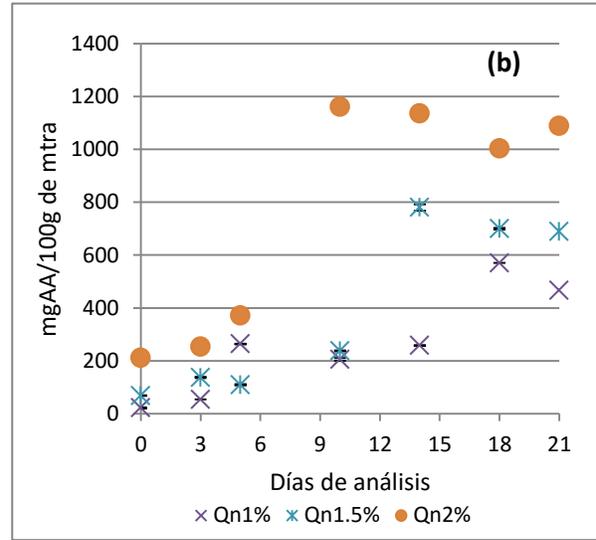
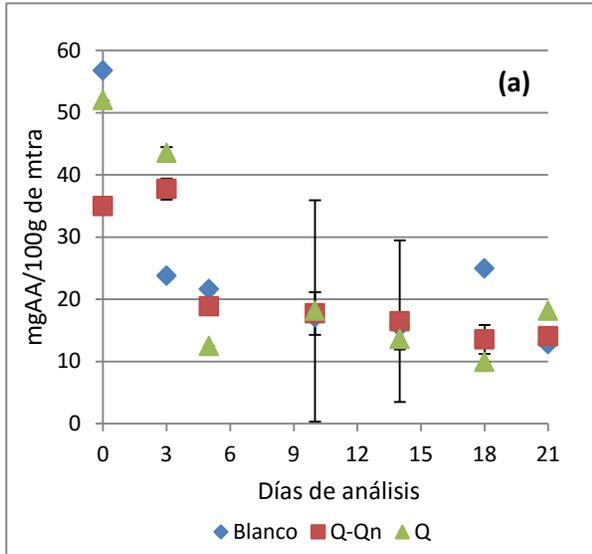
4.1.5. Determinación del contenido de vitamina C en los brócolis recubiertos

Al término del estudio de vida de anaquel bajo las tres condiciones de almacenamiento se presentaron diferencias significativas las cuales se pueden visualizar en las tablas de análisis de varianza (*ANOVA*) (Apéndice G, Apartado G.1, G.2 y G3, Tablas G.1.5, G.2.5 y G.3.5) con un nivel de confianza del 95% entre los valores de vitamina C (ácido ascórbico) obtenidos en los seis lotes bajo estudio.

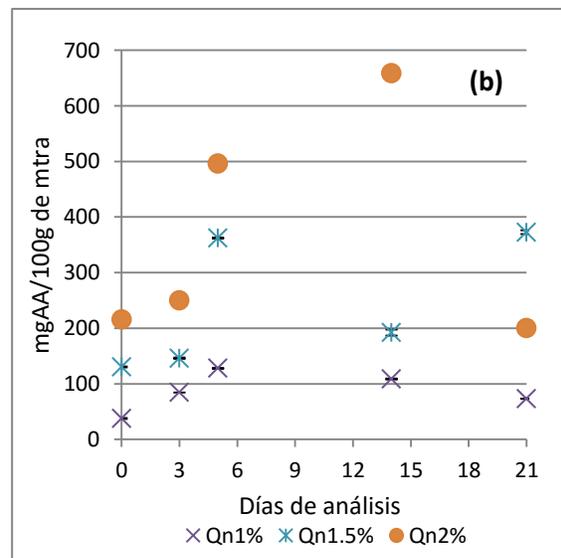
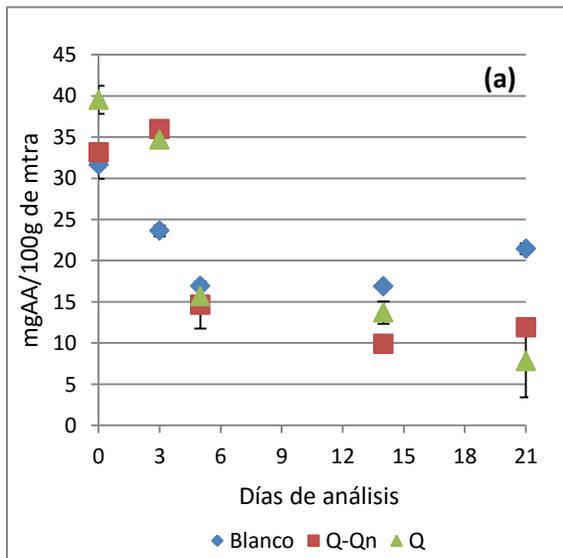
El método de Tukey indicó que en todas las condiciones de almacenamiento los lotes blanco, Q-Qn y Q-SA no presentaron diferencias significativas entre sus medias (Apéndice H, Apartado H.1, H.2 y H.3, Gráficas H.1.5, H.2.5y H.3.5) por lo que el contenido de vitamina C fue muy similar y, como se puede observar en lo resultados (Gráficas 4.8 a 4.10), estos recubrimientos presentaron la tendencia teórica de pérdida de vitamina conforme transcurrió el tiempo de estudio, mientras que los tres recubrimientos de Qn-SA presentaron diferencias entre ellos contra el blanco. Lo anterior puede deberse a que la Qn-SA se disolvió en agua al 2% con ácido ascórbico para generar la biopelícula, reflejándose en el aumento del contenido del ácido ascórbico desde el día cero. Sin embargo, transcurrido el tiempo, dicho valor convergió hacia la misma cantidad de vitamina C que el lote blanco presentó al inicio del estudio.



Gráficas 4.8.a y b Pérdida de vitamina C en los diferentes lotes de brócolis recubiertos y almacenados a 4°C



Gráficas 4.9 a y b Pérdida de vitamina C en los diferentes lotes de brócolis recubiertos y almacenados a 25°C



Gráficas 4.10 a y b. Pérdida de Vitamina C en los diferentes lotes de brócolis recubiertos y almacenados a 35°C

4.1.6. Determinación de los cambios del color en los brócolis durante el estudio de vida de anaquel

La clorofila (Figura 4.11) es un colorante natural de tonalidad verde que se encuentra en las plantas, desempeñando un papel esencial en el proceso de fotosíntesis. Su estructura más abundante es conocida como *clorofila a* y posee una tonalidad verde azulado, la cual está presente al inicio del estudio de vida de anaquel del brócoli. Esta estructura es inestable a la

temperatura, pH, luz, oxígeno y enzimas. De manera natural la clorofila sale de los complejos tilacoidales y debe ser degradada para evitar la fotoactividad. Por ello enzimas como la clorofilasa quita el fitol y la enzima Mg dequelatasa elimina el Mg^{2+} generando el feofórbido, el cual será el sustrato de la feofórbido- α -oxigenasa, que al reaccionar evitará la generación de radicales libres (Hasperué, 2012).

Como se puede observar en el Apéndice F, Apartado F.1, Tablas F.1.1, F.1.2 y F.1.3 durante el tiempo de la vida de anaquel las cabezas de los floretes van perdiendo la coloración verde-oscuro y se dan tonalidades amarillentas. Los brócolis almacenados a $4^{\circ}C$ conservaron el color verde-oscuro (Apéndice F, Apartado F.1, Tabla F.1.1) por más tiempo. Esto es debido a la baja actividad metabólica donde la producción de etileno es mínima, siendo dicho metabolito el principal causante del cambio de coloración entre los floretes (Castagnino, 2009). Los lotes de Q-Qn y Q-SA fueron los que mejor conservaron el color fresco del brócoli por 21 días en comparación con el lote blanco, el cual después del día 14 comenzó a tornarse de color amarillo. En cambio, los lotes recubiertos con Qn-SA a 1, 1.5 y 2% comenzaron a tornarse amarillos a partir del día 10.

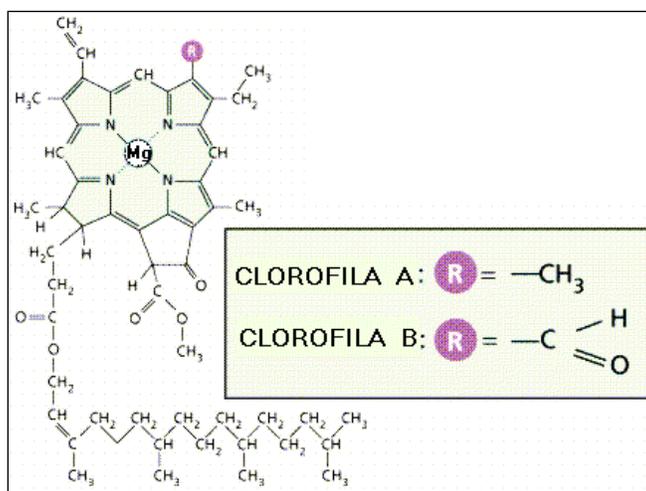


Figura 4.11. Estructura de la clorofila a y b [Tomado de Raisman y Gonzalez, 2015]

El color amarillento del brócoli ocurrió alrededor del tercer a temperatura ambiente día (Apéndice F, Apartado F.1, Tabla F.1.2). Salunkhe y Kadam (2004) señalan la producción de etileno como la responsable de este fenómeno, observándose en la degradación de la clorofila; dichas observaciones coincidieron con lo visto en el lote blanco (sin

recubrimiento). Por lo anterior, es posible observar la eficiencia de los recubrimientos de Q-Qn y Q-SA para mantener la coloración alrededor del día 10. Los lotes recubiertos con Qn-SA a 1, 1.5 y 2% comenzaron a tornarse amarillos alrededor del día tres, observándose el efecto que posee el disolvente con el cual se prepararon los recubrimientos.

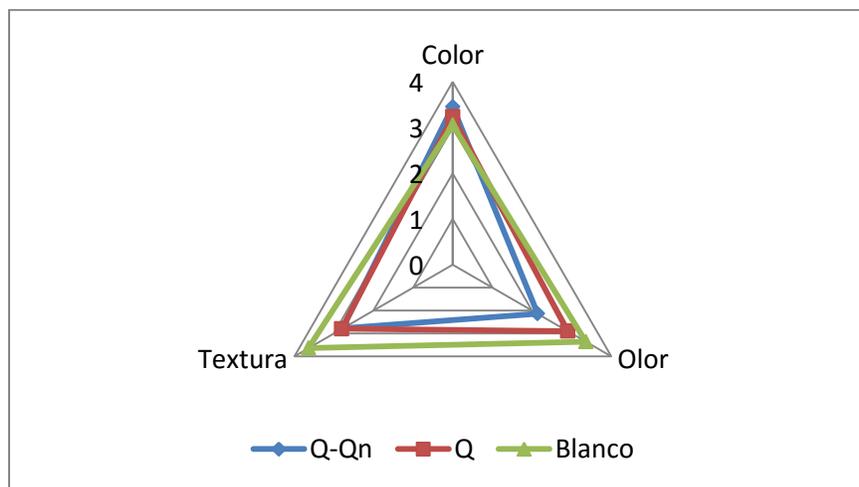
Los lotes almacenados a 35°C desde el tercer día perdieron la *clorofila a* (Apéndice F, Apartado F.1, Tabla F.1.3) y, debido a las tonalidades amarillas, se infiere que predomina la *clorofila b*. De nuevo se observó el efecto de la Q-Qn y Q-SA al preservarse las tonalidades color verde. Esta variabilidad de color, como se mencionó anteriormente, puede deberse a la inestabilidad de la clorofila, cuya estructura posee dobles ligaduras. Suponiendo que al contar con tonalidades de coloración verde pardo se encontraba presente el feofórbido (un compuesto derivado de la descomposición de la clorofila), la estructura de la clorofila habría perdido el fitol y el Mg^{2+} sería sustituido por un hidrógeno (Fennema, 1993).

4.1.7. Evaluación sensorial de los brócolis al tercer día de ser recubiertos, lotes control Q-Qn y Q-SA

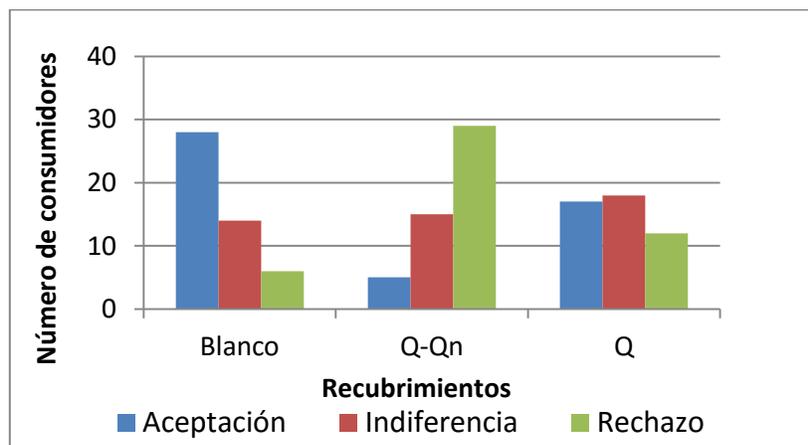
El color es el primer atributo que el consumidor detecta para evaluar la calidad de un producto y en segundo lugar la textura. Con ellos se define la adquisición en frutas y verduras (Severiano y col., 2012). Por esta razón, la evaluación sensorial de los brócolis recubiertos es importante. Para ello, 50 consumidores (jueces no entrenados) evaluaron los atributos de color, olor y textura en los lotes: blanco, Q-Qn y Q-SA al tercer día de la aplicación del recubrimiento, debido a que es en este tiempo cuando los brócolis dejan de presentar un exceso del recubrimiento correspondiente.

En el Apéndice G, Apartado G.4, Tabla G.4.1 se aprecia la existencia de diferencias significativas con un nivel de confianza del 95% entre los atributos y recubrimientos evaluados y mediante el método de Tukey se concluyó que los lotes de Q-Qn y Q-SA no presentaron diferencias significativas entre las medias de nivel de agrado entre ellos pero sí con respecto del lote blanco (Apéndice H, Apartado H.4, Gráfica H.4.1)

Los consumidores prefirieron el lote blanco al obtener la mejor calificación de “Me gusta” en los atributos de textura y olor (Apéndice B, Apartado B4, Gráficas 4.17-4.19), pero entre los brócolis recubiertos prefirió el lote de Q-SA al calificarlo con un “Ni me gusta ni me disgusta”. Los floretes recubiertos con Q-Qn obtuvieron la calificación más baja en el atributo de olor (Gráfica 4.12) debido a una nota presente de “pescado” ocasionando el rechazo en una posible adquisición por parte del consumidor. Por esta razón, al realizar una pregunta de preferencia en una posible adquisición de los brócolis, los consumidores adquirirían brócolis sin ningún tipo de recubrimiento (Gráfica 4.13).



Gráfica 4.12. Comparación del nivel de preferencia general con base en los atributos evaluados por consumidores (brócolis)

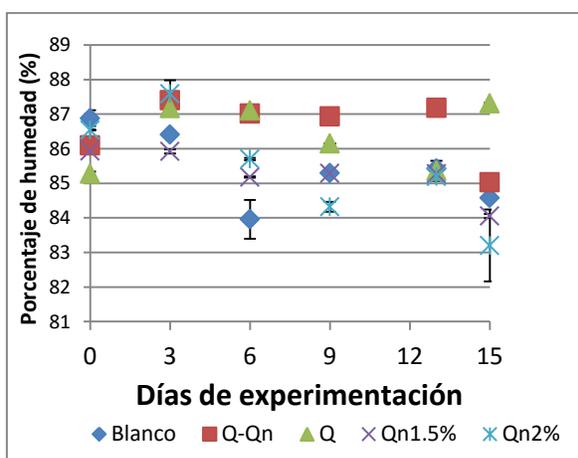


Gráfica 4.13. Comparación del nivel de preferencia de consumo a los brócolis por consumidores

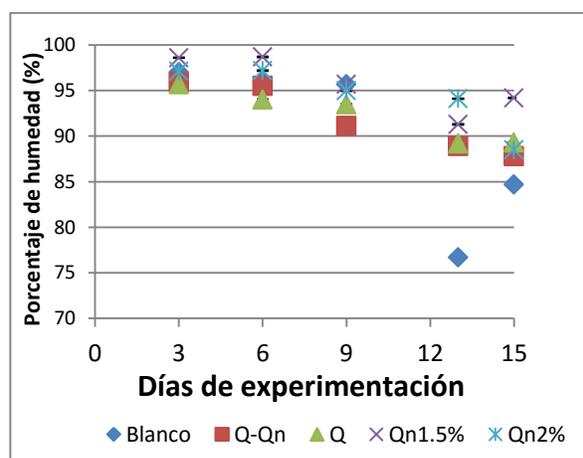
4.2. PRUEBAS DE VIDA DE ANAQUEL EN GUAYABAS

4.2.1. Determinación de humedad

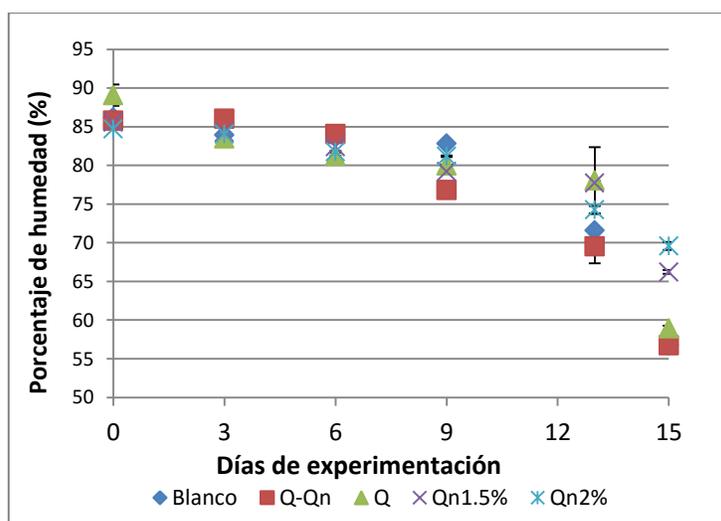
Los valores para la determinación del contenido de humedad se muestran en el Apéndice C, Apartado C1 y los valores promedio de dichos resultados se muestran en las Gráficas 4.14, 4.15 y 4.16 para las tres condiciones de temperatura en estudio. A partir de los resultados obtenidos para el contenido de humedad se puede observar que la tendencia a la pérdida de humedad es generalizada para todos los recubrimientos en estudio. Muestra de ello son las tendencias de las Gráficas 4.15 y 4.16.



Gráfica 4.14. Cambio en el contenido de humedad en puré de guayaba hecho con fruta recubierta almacenada en refrigeración



Gráfica 4.15. Cambio en el contenido de humedad en puré de guayaba hecho con fruta recubierta almacenada a 25°C



Gráfica 4.16. Cambio en el contenido de humedad en puré de guayaba hecho con fruta recubierta almacenada a 35°C

Sin embargo, el día en que se presenta el máximo respiratorio¹³ propuesto como referencia de la disminución del contenido de humedad, fue variable para cada uno de los lotes. Este punto es importante ya que valores más altos indicarán la ralentización de la degradación del fruto al postergar la pérdida de humedad. Los resultados vistos en la Gráfica 4.14, así como el análisis estadístico se muestran en la Tabla 4.5.

Tabla 4.5. Análisis de resultados obtenidos para la determinación de humedad en guayabas almacenadas a 4°C

Parámetro	Blanco	Q-Qn	Q	Qn1.5%	Qn2%
Tendencia de pérdida de humedad¹¹	Pérdidas generalizadas a partir del tercer día. Documentado en la literatura (Yirat-Becerra <i>et al.</i> , 2009) como una pérdida de masa en el fruto, lo cual, en dicha referencia, es atribuido al intercambio gaseoso del fruto con el ambiente, causado por la respiración, donde se presenta una pérdida de agua				
Máximo respiratorio¹²	Día 3-6	Mayor al día 6	Mayor al día 6	Día 3-6	Día 3-6

A temperatura ambiente y a 35°C se obtuvieron los resultados de la Tabla 4.6.

Tabla 4.6. Análisis de resultados obtenidos para la determinación de humedad en guayabas almacenadas a temperatura óptima y adversa

Temperatura/Parámetro	Recubrimiento que mejor preserva el %H basado en el valor de media	Diferencia significativa con respecto al recubrimiento experimental de Q-Qn
Diferencia de medias a 25°C¹³	Qn-S.A. 1.5% ¹⁴	Sin diferencia significativa
Diferencia de medias a 35°C	Qn-S.A. bajo las dos concentraciones en estudio	Sin diferencia significativa

¹¹ Término que hace referencia al cambio en el contenido de humedad

¹² Término que hace referencia al punto en el tiempo a partir del cual comienza la disminución del contenido de humedad

¹³ Para apreciar los resultados del análisis de varianza véase Apéndice G, Tabla G.6.1 y Apéndice H, Gráfico H.7.1

¹⁴ Este recubrimiento presentó un valor de media de 95.69 [%H]

4.2.1.A. Generalidades para las determinaciones de humedad a 4°C

Los recubrimientos que mejor preservaron el contenido de humedad, basados en valor del día del máximo respiratorio, valor promedio de media y análisis estadístico fueron los recubrimientos de Q-Qn y Q SA (Véase Apéndice H, Apartado H.5. Gráfica H.5.1).

4.2.1.B. Generalidades para las determinaciones de humedad a 25°C y 35°C

No se aprecia una tendencia clara de dicho comportamiento, al menos en el contexto de que un recubrimiento evite la caída en el contenido de humedad. Por tanto, debe considerarse que, en el caso de los resultados obtenidos a 35°C, esta característica favoreció la descomposición microbiana de los frutos, por lo que las condiciones bajo las cuales se favoreció el empleo de los recubrimientos de quitosana SA, no se ofrece realmente un beneficio tecnológico.

4.2.2. Determinación de °Bx

Los frutos poseen almidón en su estructura y conforme el fruto va madurando, éste se va degradando en hidratos de carbono simples (Jackson y Looney, 2003), los cuales incrementan el valor del contenido de sólidos solubles. De acuerdo con Gélvez-Torres (1998), el comportamiento del contenido de los sólidos solubles, en guayabas, es el de aumentar hasta un máximo el día 12, por lo que si este fenómeno ocurre en días posteriores a éste, indicarán una ralentización de la degradación del almidón. Las tendencias obtenidas en el presente experimento se muestran en las Gráficas 4.17, 4.18 y 4.19.

4.2.2.A. Generalidades para las determinaciones de °Bx a 4°C

Con base en los resultados de la Tabla 4.7, se hace notar que el recubrimiento experimental de Q-Qn preserva mejor el almidón contenido en los frutos a estas condiciones.

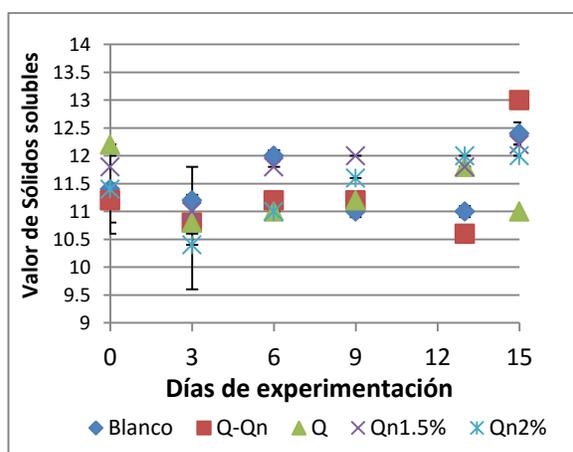
4.2.2.B. Generalidades para las determinaciones de °Bx a 25°C

Para este parámetro no se aprecia una tendencia clara (Véase Gráfica 4.18). La Tabla 4.8 muestra que no se ralentiza la degradación del almidón en el fruto recubierto con la biopelícula de Q-Qn, demostrándolo los análisis estadísticos de diferencia de medias (Apéndice H, Gráfica H.6.2) para esta temperatura. Sin embargo, debe considerarse que la degradación de otros componentes como la pectina, también pueden afectar este valor, en

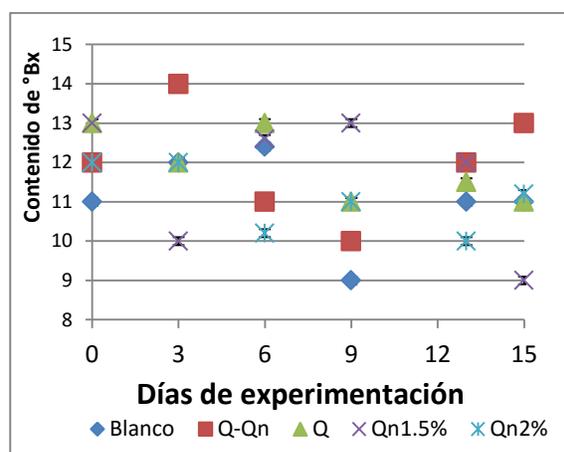
este caso, como se verá más adelante, dicha degradación es atribuída al contenido de calcio en el lote de guayabas recubiertas con la mezcla de Q-Qn obtenida del cefalotórax y exoesqueleto de camarón.

4.2.2.C. Generalidades para las determinaciones de °Bx a 35°C

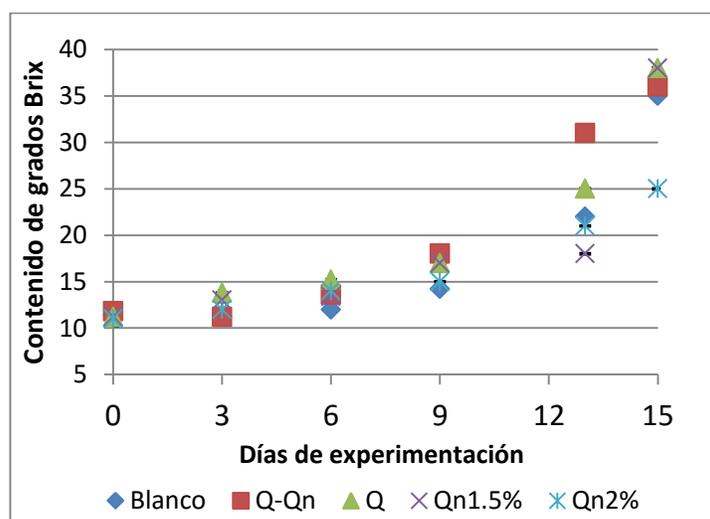
Los datos para estas determinaciones se aprecian en la Gráfica 4.19, aunque no pueden ser considerados muy prácticos debido a la pérdida del contenido de humedad que implica esta condición.



Gráfica 4.17. Cambio en el contenido de °Bx en puré de guayaba hecho con fruta recubierta almacenada a 4°C



Gráfica 4.18. Cambio en el contenido de °Bx en puré de guayaba hecho con fruta recubierta almacenada a 25°C



Gráfica 4.19. Cambio en el contenido de °Bx en puré de guayaba hecho con fruta recubierta almacenada a 35°C

Los resultados de las medias y análisis estadísticos se muestran en las Tablas 4.7 y 4.8.

Tabla 4.7. Análisis de resultados obtenidos para la determinación de °Bx en guayabas almacenadas a 4°C

Recubrimiento que presenta menor degradación	No se presenta una tendencia generalizada
Análisis de varianza¹⁵	Sin diferencia significativa con respecto a controles
Valor de media más bajo	Recubrimiento experimental Q-Qn (11.3°Bx)

Tabla 4.8. Análisis de resultados obtenidos para la determinación de °Bx en guayabas almacenadas a 25°C

Parámetro	Blanco	Q-Qn	Q	Qn1.5%	Qn2%
°Bx máximo¹⁶	6	3	6	9	3

4.2.3. Determinación de pH

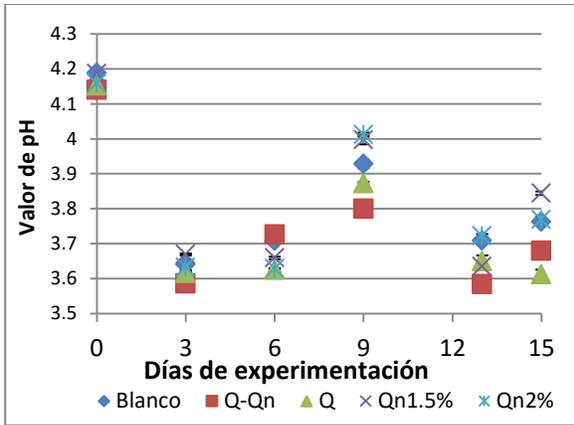
El cambio en el valor de pH es debido a las reacciones que se llevan a cabo en la guayaba (precursores glicolíticos). De manera general, valores más altos de pH se asocian al envejecimiento, debido a la pérdida de dichos precursores. Los resultados del análisis de varianza (*ANOVA*) con un nivel de confianza del 95%, señaló la existencia de diferencias significativas (Apéndice G, Apartado G5 a G7, Tablas G.5.3, G.6.3 y G.7.3) entre los valores de pH determinados en las guayabas empleadas durante el estudio de vida de anaquel bajo las tres condiciones de almacenamiento. Las tendencias se muestran en las Gráficas 4.20 a 4.22.

4.2.3.A. Generalidades para las determinaciones de pH 4°C

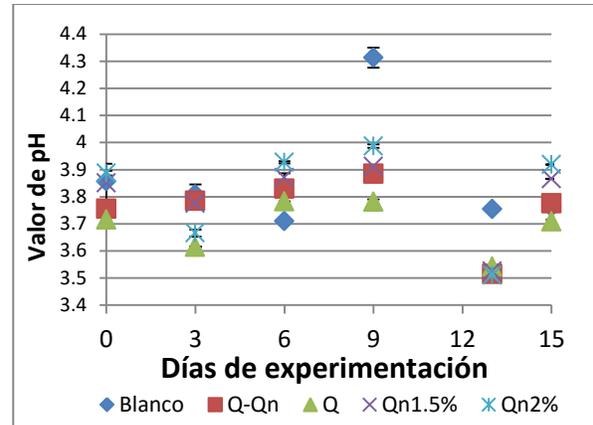
Por el método de Tukey (Apéndice H, Apartado H5, Gráfica H.5.3) se sabe que el lote de guayabas recubiertas con Q-Qn fue diferente a los demás lotes del estudio, además de presentar la media de pH más baja (3.753), entre los cuales no hubo diferencias significativas, estos resultados indican la preservación del fruto por parte del uso de este recubrimiento experimental.

¹⁵ Véase Apéndice H, Apartado H.5, Gráfico H.5.2

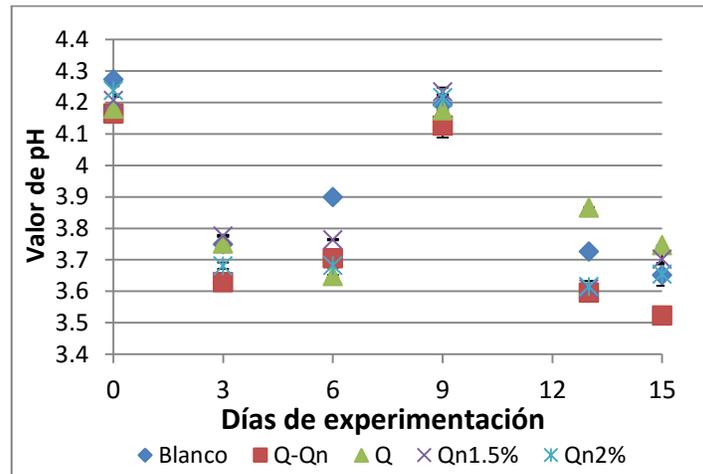
¹⁶ A partir de un valor máximo de °Bx, su contenido comenzará a disminuir, pudiendo deberse al consumo de los mismos hidratos de carbono por parte del fruto en la respiración. Algún incremento posterior en este valor, sería consecuencia de la deshidratación del fruto, lo cual concentraría el valor de los sólidos solubles (SS)



Gráfica 4.20. Cambio en el valor de pH en puré de guayaba hecho con fruta recubierta almacenada a 4°C



Gráfica 4.21. Cambio en el valor de pH en puré de guayaba hecho con fruta recubierta almacenada a 25°C



Gráfica 4.22. Cambio en el valor de pH en puré de guayaba hecho con fruta recubierta almacenada a 35°C

4.2.3.B. Generalidades para las determinaciones de pH 25°C

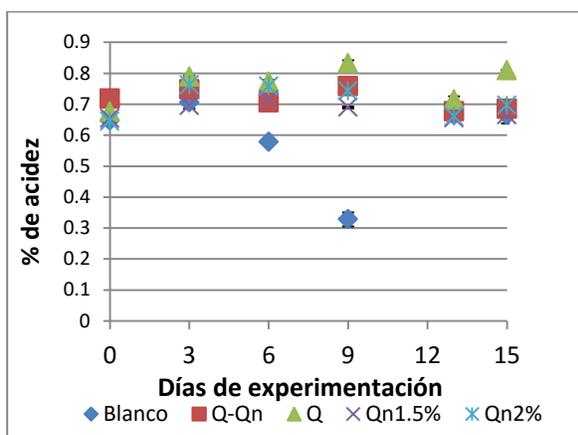
Al analizar las medias de los resultados por el método de Turkey (Apéndice H, Apartado H6, Gráfica H.6.3) se sabe que el lote de Q-Qn, fue estadísticamente diferente del resto de los recubrimientos. Bajo esta condición a partir del 12 día se observó la presencia de hongos (Apéndice F, Apartado F2, Tabla F.2.2), principalmente en los lotes blanco, Q-SA y Qn-SA al 1.5%; sin embargo, no ocurrió este fenómeno en los frutos recubiertos con la biopelícula experimental.

4.2.3.C Generalidades para las determinaciones de pH 35°C

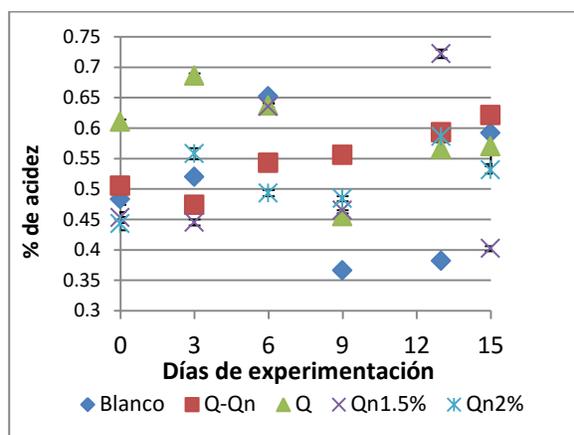
Para este parámetro los resultados se muestran en la Gráfica 4.22. Se aprecia que hasta el día 3 del estudio se disminuyó el pH homológamente en todos los lotes y de igual manera se presentó un comportamiento similar a las condiciones antes descritas. El método de Tukey (Apéndice H, Apartado H7, Gráfica H.7.3) indicó que el lote recubierto de Q-Qn presentó el valor más bajo de pH (3.791) para todos los recubrimientos.

4.2.4. Determinación del porcentaje de acidez

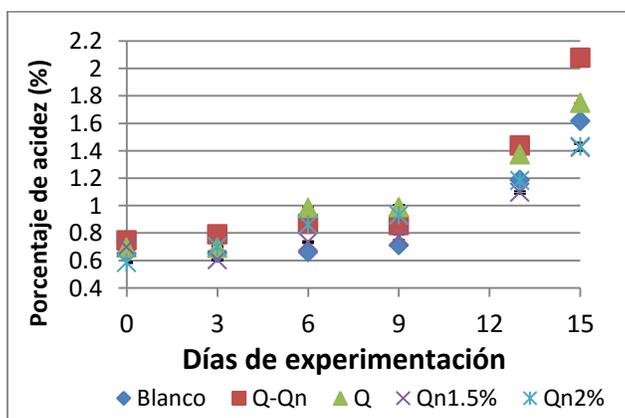
De acuerdo con el marco teórico, el porcentaje de acidez debe disminuir como reflejo de la actividad metabólica del fruto. Es por ello que valores bajos del porcentaje de acidez reflejarán una tendencia al envejecimiento del mismo, la cual se aprecia en las Gráficas 4.23, 4.24, 4.25 y en la Tabla 4.9.



Gráfica 4.23. Cambio en el valor de %HA en puré de guayaba hecho con fruta recubierta almacenada a 4°C



Gráfica 4.24. Cambio en el valor de %HA en puré de guayaba hecho con fruta recubierta almacenada a 25°C



Gráfica 4.25. Cambio en el valor de %HA en puré de guayaba hecho con fruta recubierta almacenada a 35°C

Tabla 4.9. Análisis de resultados obtenidos para la determinación de acidez en guayabas almacenadas a 4°C

Temperatura/Parámetro	Recubrimiento que mejor preserva el valor de acidez	Relación estadística con otros recubrimientos
Diferencia de medias a 4°C	Experimental (Q-Qn) ¹⁷	Sin diferencia significativa del recubrimiento de Qn-SA 2%

4.2.4.A. Generalidades para las determinaciones de %HA a 4°C

Los resultados obtenidos a temperatura de refrigeración (4°C) mostraron que el lote blanco presentó el envejecimiento de forma prematura respecto al resto de los recubrimientos, donde no se marcó una tendencia clara de la pérdida de su valor, logrando su objetivo al preservar la acidez del fruto.

4.2.4.B. Generalidades para las determinaciones de %HA a 25°C

Se encontró que los frutos almacenados a 25°C no presentaron una tendencia clara; sin embargo, pudo notarse el aumento generalizado del %HA. De los recubrimientos, el lote recubierto con Q-SA, desarrolló acidez y llegó a su máximo en 3 días, mientras que el lote recubierto con Q-Qn, desarrolló acidez a partir de un incremento del día 3 al 6^{to}, por lo que aunque el lote de guayabas recubiertas de Q-SA al 0.3% presentó el valor de acidez más alto (Tabla 4.10), no ralentizó la generación de precursores glicolíticos (reflejo de la actividad metabólica del fruto), cosa que sí ocurrió, de acuerdo con lo señalado en la Gráfica 4.24, en el lote recubierto de Q-Qn obtenido de subproductos de camarón.

Tabla 4.10. Análisis de resultados obtenidos para la determinación de acidez en guayabas almacenadas a 25°C

Temperatura/Parámetro	Recubrimiento que mejor preserva el valor de acidez basado en el valor de media	Relación estadística con otros recubrimientos
Diferencia de medias a 25°C ¹⁸	Q-SA al 0.3% _{m/V} ¹⁹	Con diferencia significativa del recubrimiento experimental

¹⁷ Véase Apéndice H, Gráfica H.5.4, debido al valor de media: De 0.715 (Qn-S.A. 2%) y 0.710 (Q-Qn)

¹⁸ Apéndice H, Gráfica H.6.4

¹⁹ El lote de Q-SA al 0.3% fue el que presentó el valor de media más alto (0.5874%), siendo estadísticamente diferente del valor de media obtenido por el lote recubierto de Q-Qn

4.2.4.C. Generalidades para las determinaciones de %HA a 35°C

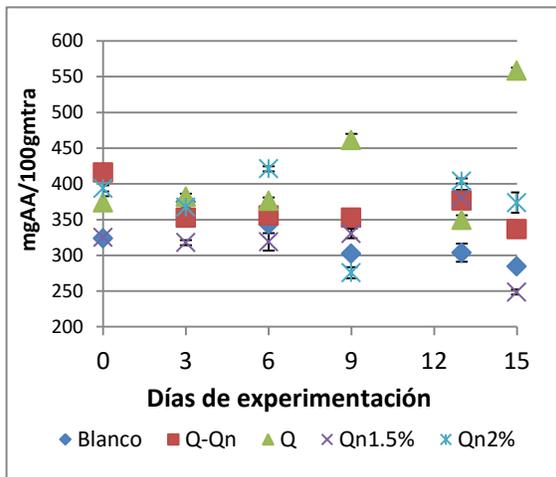
La media de los lotes recubiertos Q-Qn fueron estadísticamente diferentes de los lotes control (Véase Apéndice H, Gráfica H.7.4), llegando incluso a tener el valor de media más alto (1.13%HA), sin embargo, el aumento en el porcentaje de acidez, no necesariamente es atribuible a la generación de compuestos glicolíticos empleados en el metabolismo del fruto.

4.2.5. Determinación de vitamina C

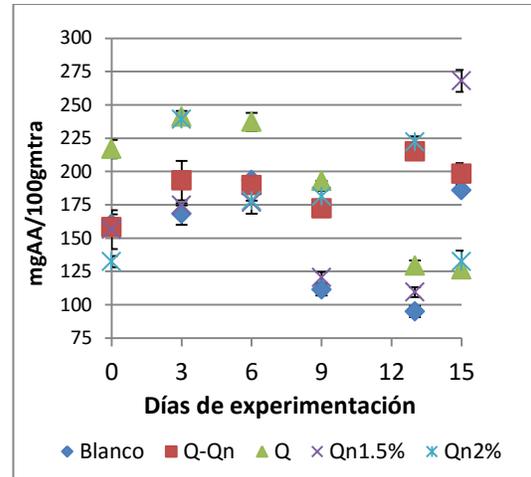
De acuerdo con los datos referidos en el marco teórico, el contenido de ácido ascórbico debería aumentar hasta un máximo al día 6^{to}, para posteriormente disminuir a un mínimo al día 15 (Gélvez-Torres, 1998), sin embargo, esto puede variar de acuerdo con la referencia consultada, pues según Mercado-Silva *et al.* (1998), dicho máximo ocurrió al día 3 mientras que el mínimo en el contenido de ácido ascórbico lo encuentra entre el día 5 y 7 (véase Tabla 4.11).

4.2.5.A Generalidades para las determinaciones de vitamina C a 4°C

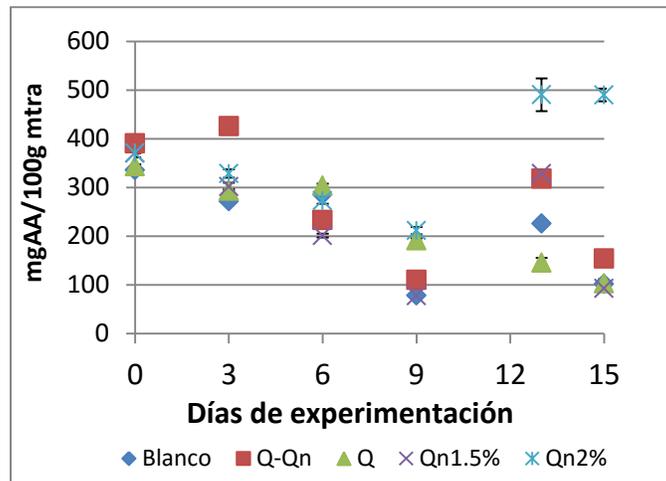
Los resultados obtenidos en la Gráfica 4.26, mostraron una tendencia generalizada hacia la disminución del contenido de este nutrimento, sin embargo, se presentaron algunos recubrimientos que no muestran esta tendencia y, de hecho, incrementaron su valor de forma inusual. Ejemplo de lo anterior es el lote de Q-SA el cual, de acuerdo con los resultados obtenidos en la Gráfica 4.26, aumentó a más de 550 mg/100g cuando el contenido de vitamina C en guayabas de acuerdo con lo señalado en la literatura (USDA, 2015a) es de 228.3 mg/100g. Esta variación pudo deberse al hecho de que el contenido de vitamina C, en estos puntos fue menor a la detectable por el método volumétrico empleado, lo que ocasionó que el vire esperado se sobreestimara. En el caso de la diferencia de medias a 4°C, hay que recordar que la acidulación del agua empleada para la solubilización de la quitosana (Qn) utilizó ácido ascórbico para los dos recubrimientos controles de este polímero, por lo que la biopelícula que mejor preservó este nutrimento sin la adición exógena de ácido ascórbico fue la biopelícula experimental.



Gráfica 4.26. Cambio en el valor de ácido ascórbico en puré de guayaba hecho con fruta recubierta almacenada a 4°C



Gráfica 4.27. Cambio en el valor de ácido ascórbico en puré de guayaba hecho con fruta recubierta almacenada a 25°C



Gráfica 4.28. Cambio en el valor de ácido ascórbico en puré de guayaba hecho con fruta recubierta almacenada a 35°C

4.2.5.B. Generalidades para las determinaciones de vitamina C a 25°C

Nótese que a pesar de que el recubrimiento de Q-SA presentó la media más alta del contenido de vitamina C (416.99 mg/100g) y no presentó diferencia significativa con el recubrimiento experimental (Q-Qn), no se tomó en cuenta debido al valor inusual que tomó, llegando incluso a superar el contenido de ácido ascórbico reportado para esta fruta.

4.2.5.C. Generalidades para las determinaciones de vitamina C a 35°C

En el caso de los datos del contenido de ácido ascórbico a la temperatura de 35°C, los datos no fueron concluyentes en la etapa final del experimento, pues a pesar de que la caída

generalizada del contenido de vitamina C al inicio del proceso de experimentación era de esperarse, a partir del día 9, que dichos valores comenzaron a aumentar, pudiendo deberse a errores de sobreestimación a través del método volumétrico.

Tabla 4.11. Análisis de resultados obtenidos para la determinación de ácido ascórbico en guayabas almacenadas

Temperatura Parámetro	Mejor recubrimiento basado en las gráficas	Mejor recubrimiento basado en el valor de media	Relación estadística con los controles
Diferencia de medias a 4°C	Recubrimiento de Q-Qn y Qn-SA 1.5%	Recubrimiento de Qn- SA 2% (Media de 372.66mg/100g) ²⁰	Con diferencia significativa respecto al recubrimiento experimental
Diferencia de medias a 25°C	Recubrimiento de Q-Qn y Qn-SA 2%	Lote recubierto de Q-SA (190.60mg/100gmtra)	Sin diferencia significativa respecto al recubrimiento experimental
Diferencia de medias a 35°C	Sin información relevante		

4.2.6. Determinación del color en purés de guayabas sometidas a diferentes tratamientos

La pigmentación del fruto es un parámetro sensorial que resulta de vital importancia preservar, pues es la primera impresión que ejerce el producto sobre el consumidor. Como ya se ha mencionado, el cambio de color en el fruto es causado por la síntesis, acumulación y degradación de pigmentos (Azcón-Bieto *et al.*, 2008).

Los resultados obtenidos de todas las condiciones en estudio se muestran en el Apéndice G, Apartado G.5. G6 y G7 y en el Apéndice H.5, H.6 y H7. De manera general, se asociaron valores altos del valor “a” y “b” como muestra de envejecimiento ya que supondrían la pérdida de color verde y su paso al rojo ([-a] asociado con la clorofila) y la aparición de color amarillo ([+b] asociado con los pigmentos carotenoides).

²⁰ Véase Apéndice H, Apartado H.5. Gráfica H.5.5

4.2.6.A. Resultados para la determinación de color en guayabas recubiertas y almacenadas bajo temperatura óptima (4°C)

A partir de los datos obtenidos en la Tabla 4.12 puede observarse que el recubrimiento de Q-Qn mantuvo el valor más bajo del valor de “a” indicando una tendencia hacia el verde, señalando la menor actividad de las clorofilasas sobre el fruto como consecuencia de su uso.

4.2.6.B. Resultados para la determinación de color en guayabas recubiertas y almacenadas bajo condiciones típicas de temperatura (25°C)

Con los datos obtenidos en la Tabla 4.13, el uso del recubrimiento natural de Q-Qn obtenido del cefalotórax de camarón ofreció un mayor desenmascaramiento de pigmentos carotenoides con respecto de los demás tratamientos, aunque la degradación de la clorofila se retardó más respecto a los demás tratamientos.

4.2.6.C. Resultados para la determinación de color en guayabas recubiertas y almacenadas bajo condiciones adversas de temperatura (35°C)

Con la información mostrada en la Tabla 4.14, el recubrimiento de Q-Qn presentó un valor bajo de “L” y mantuvo el color azul en la línea “b” indicando una menor degradación del fruto; sin embargo, no preservó la clorofila de las frutas, demostrado en el valor más alto del parámetro “a”.

Tabla 4.12. Análisis de resultados obtenidos para la determinación de color en guayabas almacenadas a 4°C

Parámetro	L	a	b
Relación estadística del recubrimiento experimental con los controles	Sin diferencia significativa del blanco y las biopelículas de Q-SA al 0.3% [m/m] y la de Qn-SA al 2% [m/V]	Con diferencia significativa respecto del blanco y las películas de Qn-SA	Con diferencia significativa con los resultados obtenidos por la película de Q-SA
Relación del valor de la media	Valor de media más bajo (78.08) Media del blanco: 79.48	Valor de media más bajo respecto de todos los controles: -3.92	Valor de media más bajo

Tabla 4.13. Análisis de resultados obtenidos para la determinación de color en guayabas almacenadas a 25°C

Parámetro	L	a	b
Relación estadística del recubrimiento experimental con los controles	Diferencia significativa respecto del recubrimiento experimental y los controles	Diferencia significativa respecto a los controles	Sin diferencia significativa respecto a los controles
Relación del valor de la media	Valor de media más alto (82.02)	Valor de media más bajo respecto a todos los controles: -3.79	Valor de media más alto

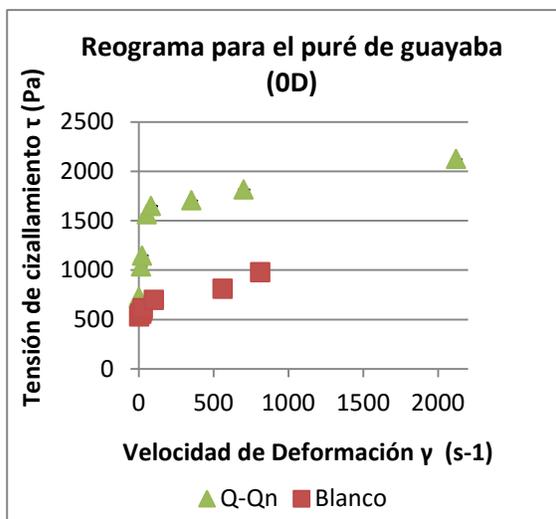
Tabla 4.14. Análisis de resultados obtenidos para la determinación de color en guayabas almacenadas a 35°C

Parámetro	L	a	b
Relación estadística del recubrimiento experimental con los controles	Diferencia significativa entre la biopelícula Q-Qn y las biopelículas control	Diferencia significativa entre el recubrimiento experimental (Q-Qn) y los recubrimientos de Qn-SA al 2%,	Diferencia significativa entre fue entre el recubrimiento Q-Qn, Q-SA y Qn-SA al 2%
Relación del valor de la media	La biopelícula de Qn-SA al 1.5% tuvo un valor de media más bajo	La biopelícula de Q-Qn tuvo un valor de media más alto	La biopelícula de Q-Qn tuvo un valor de media más bajo

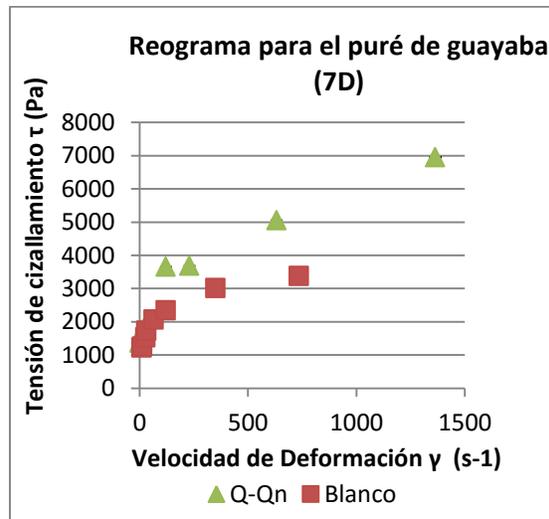
4.2.7. Caracterización del comportamiento reológico de purés de guayabas sometidas al tratamiento con la biopelícula de quitina-quitosana (Q-Qn)

El comportamiento reológico del puré obtenido de guayabas almacenadas a temperatura de refrigeración pertenecientes a un lote blanco y a un lote recubierto con la biopelícula de Q-Qn, se aprecia en las Gráficas 4.29-4.34. De manera general, puede observarse la tendencia de estos fluidos a ser considerados como pseudoplásticos, lo cual empata con lo encontrado en la literatura consultada (McKenna y Lyng, 2013). Sin embargo, además de la caracterización a través del uso de reogramas, se encontró un cambio en el comportamiento reológico a partir del día 14. Los purés de guayaba obtenidos de frutas recubiertas ofrecen una menor tensión de cizallamiento, para la misma velocidad de deformación, respecto del día 0 y 7, lo cual se traduce en un cambio del comportamiento de la viscosidad del fluido.

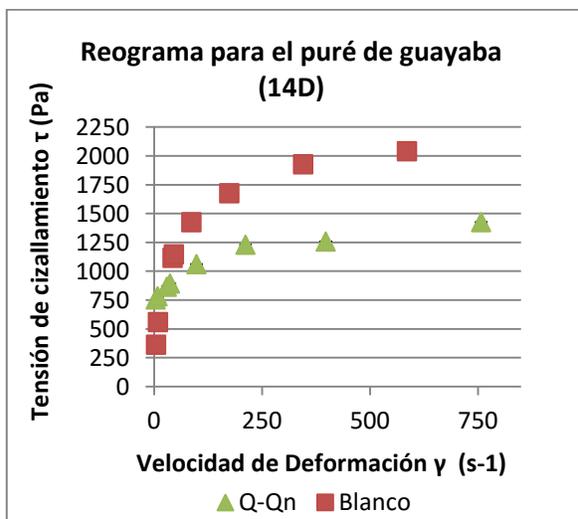
El cambio en el comportamiento reológico en los lotes de purés, entre el día 7 y 14 de experimentación obedece, de acuerdo con lo citado en el marco teórico, al contenido de calcio exógeno que se administró a la fruta mediante la biopelícula. Es de notarse que el recubrimiento experimental favorece la hidrólisis de los componentes del fruto, reflejándose en un menor valor de resistencia al flujo (menor viscosidad), el cual es mostrado en la Tabla 4.15.



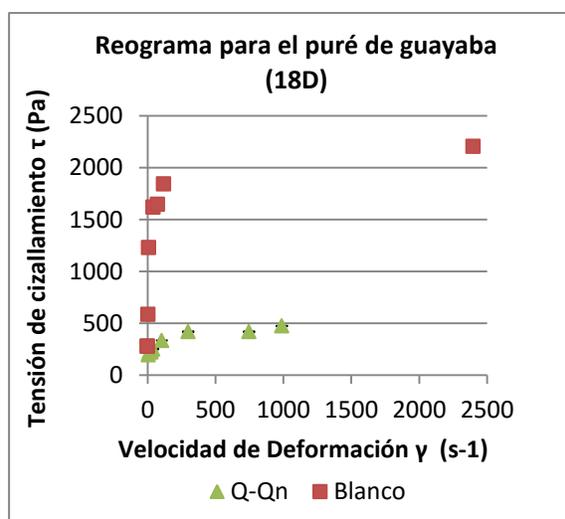
Gráfica 4.29. Comportamiento reológico de purés de guayaba elaborados con el lote blanco y el lote recubierto con Q-Qn en el día cero del estudio de vida de anaquel



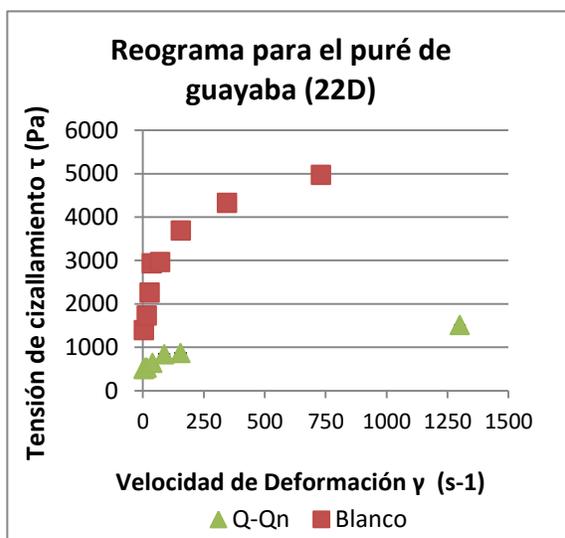
Gráfica 4.30. Comportamiento reológico de purés derivados de las guayabas pertenecientes al lote blanco y al lote recubierto con Q-Qn, almacenadas a 4°C durante 7 días



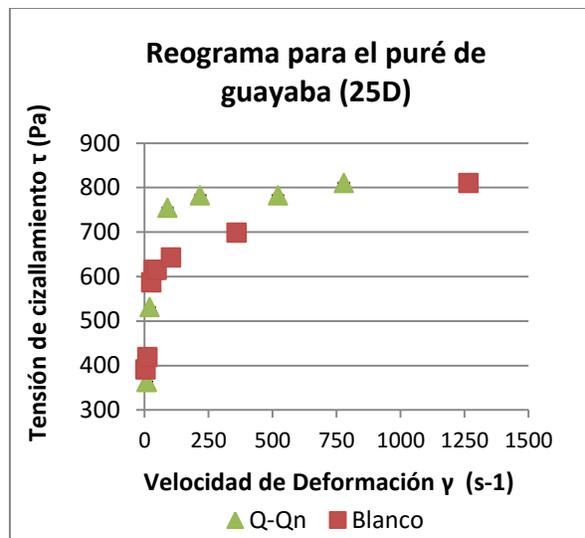
Gráfica 4.31. Comportamiento reológico de purés de guayaba pertenecientes al lote blanco y al lote recubierto con Q-Qn, almacenadas a 4°C durante 14 días



Gráfica 4.32. Comportamiento reológico de purés elaborados con guayabas pertenecientes al lote blanco y del lote recubierto con Q-Qn, almacenadas a 4°C durante 18 días



Gráfica 4.33. Comportamiento reológico de los purés de guayabas correspondientes al lote blanco y al lote recubierto con Q-Qn, almacenadas a 4°C durante 22 días



Gráfica 4.34. Comportamiento reológico de purés elaborados con guayabas correspondientes al lote blanco y al lote recubierto con Q-Qn, almacenadas a 4°C durante 25 días

Tabla 4.15. Resultados de la cuantificación de la viscosidad en términos de resistencia

Día de experimentación	Tratamiento	Resistencia al flujo ²¹
Día 0	Blanco	+
	Q-Qn	+++
Día 7	Blanco	+
	Q-Qn	+++
Día 14	Blanco	+++
	Q-Qn	+
Día 18	Blanco	+++
	Q-Qn	+
Día 22	Blanco	+++
	Q-Qn	+
Día 25 ²²	Blanco	+
	Q-Qn	+

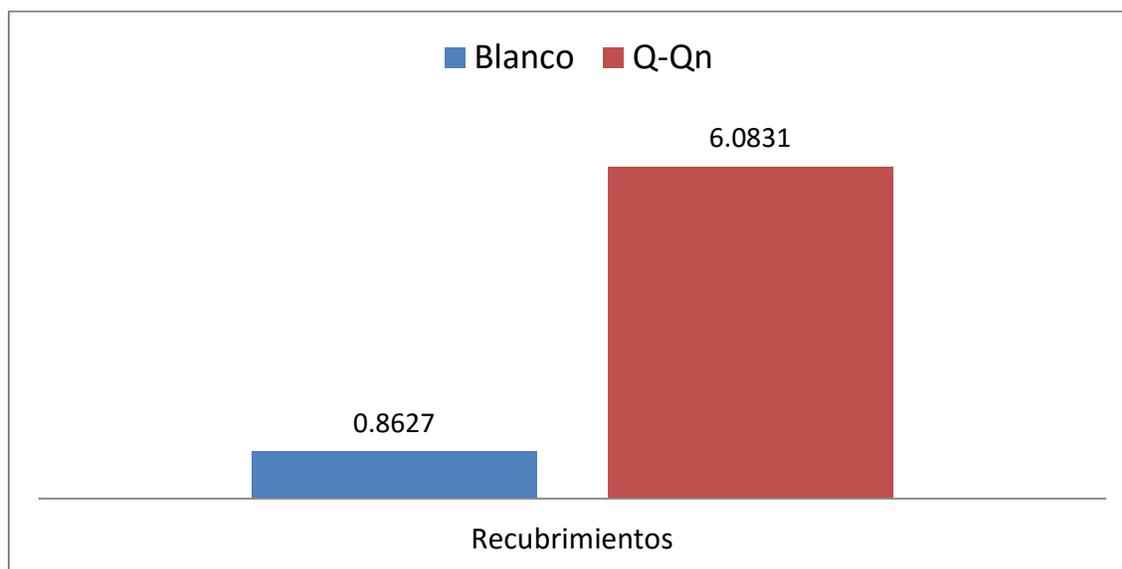
²¹ Los términos empleados en la tabla indican: “+++”: mayor resistencia al flujo, “+”: menor resistencia al flujo

²² En este día de evaluación, puesto que las curvas de viscosidad se sobreponen para ambos tratamientos, véase Gráfica 4.34, se emplea el mismo símbolo

4.2.8 Aporte de calcio inorgánico a los productos hortofrutícolas estudiados y su posible efecto sobre los mismos

Debido al cambio en el comportamiento reológico observado se realizó una determinación de calcio en purés de guayabas recubiertas y sin recubrir almacenadas a 4°C. La metodología fue la citada por Moelants *et al.* (2014), y se llevó a cabo debido a que, como ya se ha mencionado, la actividad enzimática de la PG y PME, se ha visto favorecida por la presencia de calcio y como consecuencia de dicha actividad se lleva a cabo la hidrólisis de pectina del fruto afectando su turgencia.

Los resultados de la determinación de calcio en los frutos se muestra en el Apéndice C, Apartado C6 y, como se puede apreciar, existe una diferencia para los valores obtenidos de calcio para el blanco (0.8627 mg/100g) y el lote recubierto con la mezcla Q-Qn (6.0831 mg/100g).



Gráfica 4.35. Contenido de calcio en dos lotes de puré de guayaba bajo análisis

Sin embargo, ninguno de los dos resultados se acerca al valor teórico reportado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 2015a), reportado como de 18 mg/100g. Esta diferencia puede deberse a que durante la preparación de la muestra, partes del fruto como las semillas, parte de la pulpa y la cáscara son desechadas, por lo que no se consideran todas las fuentes de nutrimentos inorgánicos del fruto.

Es por lo anterior, que el empleo del disolvente MAC-141© para la obtención de la biopelícula Q-Qn puede llegar a afectar la turgencia de frutos, debido al calcio remanente que presenta. Si se emplean frutas destinadas para su uso en alimentos industrializados, el parámetro de viscosidad podría ser estandarizado mediante la adición de pectina de otro origen, pero en caso de que fuera usado en guayabas para consumo directo, el consumidor podría notar la diferencia entre uno y otro.

4.2.9. Evaluación sensorial en jugos elaborados con purés de guayaba

Para la determinación de esta prueba, se llevó a cabo una evaluación sensorial del producto elaborado con 51 consumidores (jueces no entrenados) evaluando los parámetros de color y olor de un producto comercial *versus* un blanco y el jugo elaborado con un 25% de puré de guayabas recubiertas con el biopolímero experimental.

La encuesta (Figura 4.36) fue realizada a 29 mujeres y 22 hombres, con una edad promedio de 23 años, dentro de las instalaciones de la Facultad de Química de la UNAM. El cuestionario aplicado en la evaluación sensorial se muestra en el Apéndice I, los resultados de la evaluación sensorial se muestran en las Tablas 4.16 y 4.17.

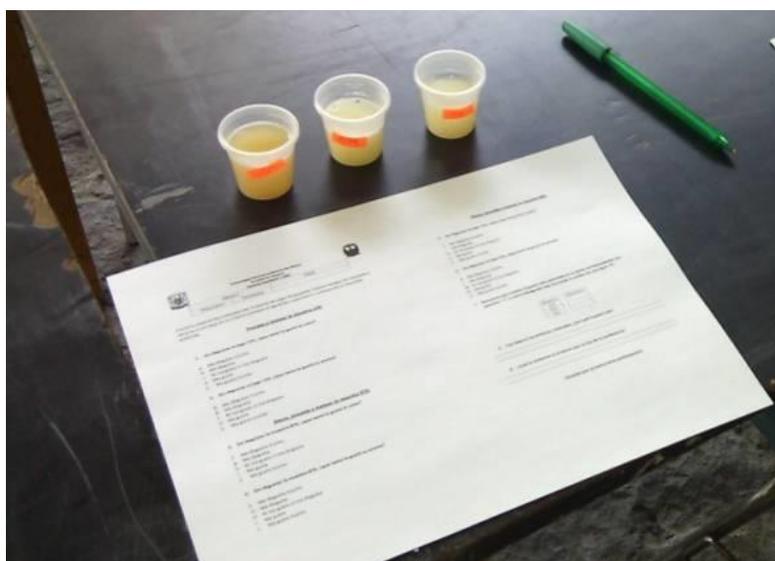


Figura 4.36. Cuestionarios para la evaluación sensorial señalada mostrando las tres muestras a evaluar

Tabla 4.16: Resultados de los atributos de la evaluación sensorial en guayabas

Escala hedónica	Jumex®		Q-Qn		Control	
	Gusto del color	Gusto del aroma	Gusto del color	Gusto del aroma	Gusto del color	Gusto del aroma
Me gusta mucho	4	11	8	18	5	9
Me gusta	18	31	20	22	19	21
Ni me gusta Ni me disgusta	18	4	19	10	15	15
Me disgusta	10	4	3	1	12	6
Me disgusta Mucho	1	1	1	0	0	0

Como se puede apreciar en la Tabla 4.17, la muestra recubierta con la biopelícula de Q-Qn obtenida del cefalotórax de camarón, fue la que menos votos de “me disgusta” y “me disgusta mucho” presentó. Esto es un reflejo de la información que se obtuvo en la pregunta.

Tabla 4.17: Resultados del agrado de las muestras en jugo de guayaba

Número de veces elegidas como la mejor			Número de veces elegidas como la peor		
Control	Q-Qn	Jumex®	Control	Q-Qn	Jumex®
11	23	17	22	8	21

De dicho cuestionario (Véase Apéndice I, Figura I.2) donde se preguntó a los comensales cual muestra es la que les gustó más, la muestra con recubrimiento de Q-Qn fue la que más agradó en 23 ocasiones y la que menos desagradó solamente en 8 ocasiones.

4.3. Diferencias encontradas entre el producto vegetal y la fruta

Como puede apreciarse en los resultados del punto 4.1 y 4.2, el efecto de la preservación de la vida de anaquel de los sujetos en estudio es variable. Es por lo anterior que en la Tabla 4.18 se mencionan los estudios fisicoquímicos realizados así como los de evaluación sensorial para ambos productos indicando si cumplió con la expectativa dada para cada parámetro (representado con el símbolo “√”) o no (representado con el símbolo “X”).

Tabla 4.18 Resultados comparativos de la efectividad del recubrimiento de Q-Qn sobre los controles bajo los diferentes productos hortofrutícolas en estudio

Producto hortofrutícola	Condiciones de temperatura	Humedad	Brix	pH	Acidez	Vitamina C	Color	Afectación a terceros²³	Aceptación consumidor
Brócolis	4°C	√	X	√	S/D	S/D	√	X	X
	25°C	√	X	√	√	S/D	√	X	N/A
	35°C	S/D	X	√	√	S/D	X	X	N/A
Guayabas	4°C	√	√	√	S/D	S/D	√	X	√
	25°C	S/D²⁴	S/D	X	X	S/D	√	X	N/A²⁵
	35°C	S/D	S/D	X	X	X	X	X	N/A

²³ Este apartado hace mención al hecho de que el uso del recubrimiento afecte alguna característica del producto a recubrir, el ejemplo más claro de ello es la degradación de la pectina que sufren las guayabas en estudio

²⁴ S/D: Sin diferencia significativa, los resultados no fueron estadísticamente diferentes de los controles

²⁵ N/A: No aplica, no se obtuvieron resultados experimentales bajo las características señaladas

Recordando que el objetivo general de esta investigación fue el de determinar la efectividad del recubrimiento con quitina-quitosana (Q-Qn) obtenido de exoesqueletos y cefalotórax de camarón usando recubrimientos control en productos hortofrutícolas mediante la evaluación de su madurez en estudios de vida de anaquel a través de parámetros fisicoquímicos y sensoriales, se puedan dar las siguientes conclusiones:

5.1. Conclusiones generales

- Fue posible obtener la harina de cefalotórax y exoesqueletos de camarón (CPD) tras las operaciones unitarias de limpieza, secado y molienda en los Laboratorios 301, 302 y 303 de Ingeniería Química Ambiental y de Química Ambiental (LIQAYQA) de la Facultad de Química de la UNAM. Empleando la harina de cefalotórax de camarón (CPD) y el disolvente MAC 141© se obtuvo el recubrimiento principal del estudio (Q-Qn).
- El uso del recubrimiento de Q-Qn extraído con el disolvente MAC-141© sobre lotes de brócolis y guayabas, presentó varios beneficios que satisfacen las características propias de las películas comestibles. Sin embargo, en algunos casos no se observó beneficio alguno.
- La mejor temperatura de conservación para los brócolis y las guayabas fue a 4°C, alargando la vida de anaquel hasta el día 21 y 15, respectivamente.
- Los recubrimientos realizados con Qn-SA al 1, 1.5 y 2%, al ser disueltos en agua acidulada al 2% de ácido ascórbico favorecieron el incremento del valor del ácido ascórbico respecto al resto de los controles y del recubrimiento experimental y, en el caso de los brócolis recubiertos con ellos, éstos perdieron el color verde-oscuro en un menor tiempo en cualquier condición de almacenamiento, y esto no resultó favorable para su utilización debido a que el consumidor no lo compraría.

5.1.1. Recubrimientos en brócolis y guayabas

De acuerdo con los resultados obtenidos para la vida de anaquel en brócolis y guayabas recubiertas con el biopolímero experimental, se pueden dar las siguientes conclusiones:

- Permitió la ralentización de fenómenos de madurez en los productos hortofrutícolas, de forma más eficiente, respecto a los recubrimientos control, tal como se observó en la menor pérdida de humedad en los lotes de guayabas y brócolis almacenados a 4°C, en el bajo contenido de los grados Brix en los frutos almacenados a 4°C (basados en el valor de la media), en los resultados de pH, para ambos casos a 4°C.
- Para el brócoli, no se observó un efecto positivo en la conservación del ácido ascórbico, pero esta vitamina se conserva en la misma cantidad inicial hasta el día 18 a 4°C y a una temperatura de 25°C se mantiene hasta el tercer día.
- La caracterización reológica de purés de guayaba pudo determinarse y se encontró que existió diferencia significativa en el contenido de calcio entre el lote blanco y el recubierto con Q-Qn, el cual se atribuye, influyó en el comportamiento reológico de los purés a través del tiempo, por lo que el uso de este recubrimiento se sugiere para frutos que serán sometidos a un proceso para estandarizar dicha característica.
- Mantiene por más tiempo, un color aceptable a 4°C conservándolo, en el caso del brócoli, por 21 días y a temperatura ambiente se conservó hasta el quinto día con respecto al lote blanco donde dura entre 14 y 3 días, respectivamente. En el caso de las guayabas, el uso de la biopelícula, preservó la clorofila y evitó el desenmascaramiento de carotenos en los frutos a las temperaturas de 4°C y 25°C.
- Los consumidores prefirieron en general un brócoli sin recubrimiento, al evaluar el color, textura y olor, mientras que para guayabas este recubrimiento no alteró los atributos del color y olor en su evaluación sensorial.

5.2. Perspectivas del presente trabajo de investigación

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

- a. Realizar pruebas de evaluación sensorial sobre los productos elaborados, no sólo con guayabas recubiertas al tiempo 0 o con brócolis recubiertos al día 3, sino en una variedad de días para apreciar de mejor manera, si la aceptación o rechazo pueden variar en función del tiempo de la aplicación de dicho recubrimiento.
- b. Comprobar que el metanol usado en el disolvente MAC-141©, se volatiliza o se pierde a lo largo del proceso, resultando el recubrimiento inocuo. Pueden usarse técnicas de cuantificación de metanol residual determinando si se encuentra por debajo o por arriba del límite superior de consumo (LSC).
- c. En las determinaciones de frutos no climatéricos o vegetales, modificar las técnicas de caracterización de vida de anaquel acorde con los cambios esperados en ese grupo de productos hortofrutícolas.

- ❖ Anastas, P. T., Warner, J. C. 1998. *Green Chemistry: Theory and Practice*, Oxford University Press: New York.
- ❖ Andrade-P. R.D., Torres-G., R. Montes-M., E.J., Chávez-B., M.M., Naar-O., V. 2007. Elaboración de un sazón a base de harina de cabezas de camarón de cultivo (*Penaeus* sp.). *Vitae, Revista de la Facultad de Química Farmacéutica*, 2 (14), 109-113.
- ❖ Andrade-P., R.D., Ortega-Q., F.A., Montes-M., E.J., Torres-G., R., Pérez-S., O.A., Castro-N., M., Gutiérrez-S., L.A. 2009. Caracterización fisicoquímica y reológica de la pulpa de guayaba (*Psidium guajava* L.) variedades híbrido de Klom Sali, Puerto Rico, D14 y RED. *Vitae, Revista de la Facultad de Química Farmacéutica*, 16 (1), 13-18.
- ❖ AOAC. 1995. *Official Methods of Analysis*. Vol. 2, Parte 2. 16ª Edición. EE.UU.: AOAC International.
- ❖ Azcón-Bieto, J., Talón, M. 2008. *Fundamentos de fisiología vegetal*. 2ª Edición. Madrid: McGraw-Hill.
- ❖ Baldwin, E.A. 2008. Flavor de las frutas, metabolismo de los volátiles y precepción de los consumidores. **En:** M. Knee, ed. *Bases biológicas de la calidad de la fruta*. Madrid: Acribia, S.A. Capítulo 4.
- ❖ Barreiro-Méndez, J., Sandoval-Briceño, A. 2006. *Operaciones de conservación de alimentos por bajas temperaturas*. 1ª Edición 2ª reimposición. Caracas: Equinoccio.
- ❖ Bezerra-de-Aquino, A., Fitzgerald-Blank, A., Lins-de-Aquino-Santana, L.C. 2015. Impact of edible chitosan–cassava starch coatings enriched with *Lippia gracilis* Schauer genotype mixtures on the shelf life of guavas (*Psidium guajava* L.) during storage at room temperature. *Food Chemistry*, 171, 108-116.
- ❖ Cañipa-Morales, A.J., Durán-de-Bazúa M.C., Escobedo-Olea, G., Gálvez-Mariscal A., García-Gómez, R. 2000. *Aprovechamiento integral de los residuos del camarón*. **VOL. 2, SERIE: TECNOLOGÍAS más LIMPIAS**. Pub. Prog. Ing. Quím. Amb. y de Quím. Amb. 152 pags. Facultad de Química, UNAM. ISBN 968-36-4104-0. México D.F. México. 100 ejemplares 2ª Ed. mejorada. Arnaldo Jimmy CAÑIPA-MORALES,

- Gabriela ESCOBEDO-OLEA, Amanda GÁLVEZ-MARISCAL, Carmen DURÁN-DE-BAZÚA. (2000) México, D.F: UNAM-FQ. 50 ejemplares, 1ª Ed. 1994.
- ❖ Cardero-Reyes, Y., Sarmiento-Gonzalez, R., Selva-Capdesuner, A. 2009. Importancia del consumo de hierro y vitamina C para la prevención de anemia ferropénica. *MEDISAN*, 13 (6), 1-13.
 - ❖ Carranco-Jauregui., M.A. 2002. *Inclusión de harina de cabezas de camarón (Panaeus sp.) en raciones para gallinas ponedoras y su efecto sobre la concentración de pigmento rojo de yema y calidad del huevo*. Maestría en Ciencias, Área Biotecnología. Universidad de Colima. Tecomán, Colima, México.
 - ❖ Castagnino, A. 2009. *Manual de cultivos hortícolas innovadores*. Hemisferio Sur S.A. Argentina. Primera edición. pág. 71.
 - ❖ Catzín-Yupit, C.N. 2009. *Procesos de solubilización/precipitación y de hidrólisis enzimática para la obtención de concentrados de proteína, a partir de cefalotórax de camarón blanco Litopenaeus vannamei*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. La Paz., B.C.S., México.
 - ❖ ColorMine.org. 2015. *Convert Rgb to Lab*. [En línea] (Actualizado al 16 de octubre de 2013). Disponible en: <http://colormine.org/convert/rgb-to-lab> [Último acceso el 30 de mayo de 2015]
 - ❖ CONAPESCA, 2013. *Anuario 2013*. [En línea] (Actualizado al 24 de marzo de 2015) . Disponible en: http://www.conapesca.gob.mx/wb/cona/anuario_2013 [último acceso el 20 de junio de 2015]
 - ❖ DOF, 1982. NMX-FF-46-1982. Productos alimenticios no industrializados para uso humano hortalizas en estado fresco brócoli. Dirección General de Normas. Diario Oficial de la federación. Poder Ejecutivo Federal. México D.F.
 - ❖ 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.
 - ❖ FAO. 2014. *El estado mundial de la pesca y la acuicultura*. Roma. UN Food and Agriculture Org.

- ❖ Fennema, O., 1993. *Química de los alimentos*. Zaragoza: Acribia, Pp. 616-620.
- ❖ Ferguson, I.B., Boyd, L.M. 2008. Los nutrientes inorgánicos y la calidad de la fruta. **En:** M. Knee., ed. *Bases biológicas de la calidad de la fruta*. Madrid: Acribia, S.A. Capítulo 2.
- ❖ Flores-Ortega, R. 2004. *Bioplástico de quitina: Formación de películas de quitina a partir de desechos de camarón por métodos ecológicos*. Distrito Federal, México. Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias Químicas, UNAM.
- ❖ Flores-Ortega, R. 2008. *Obtención y caracterización de esponja de quitina a partir de cefalotórax de camarón*. Distrito Federal, México: Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias Químicas, UNAM.
- ❖ Gélvez-Torres, C.J. 1998. *Manejo post-cosecha y comercialización de guayaba (Psidium guajava L.)*. Bogotá: IICA Biblioteca Venezuela.
- ❖ Gil-Hernández, A. 2010. *Tratado de nutrición: Composición y calidad nutritiva de los alimentos*. 2ª Edición. Madrid: Médica-Panamericana.
- ❖ GitHub. 2015. *ColorMine.Colorspaces.Conversions.LabConverter*. [En línea] (Actualizado al 16 de octubre de 2013). Disponible en: <https://github.com/THEjoezack/ColorMine/blob/master/ColorMine/ColorSpaces/Conversions/LabConverter.cs> [Último acceso el 30 de mayo de 2015]
- ❖ González-O., L., Sánchez-C., A., García-S., V., Beas-R., J. A., Aguilar-N., J. A., Acatzi-S., A. I., Gómez-S., T., Lucas-F., B. 2014. *Manual de Laboratorio de Alimentos II*. Semestre 2014-2. México D.F.: Pub. Facultad de Química, UNAM. Pp. 40-58.
- ❖ Gutiérrez-Vite, L., Pérez-Morán, A.L., García-Gómez, R.S. Durán-de-Bazúa, M.C. 2009. Tortillas azules ¿Color natural o sintético? *Industria Alimentaria*. 31(4):23-30.
- ❖ Han, J.H. 2014. Edible films and coatings: A review. **En:** S.L. Taylor., ed. *Innovations in Food Packaging*. Texas: Academic Press, Chapter 9.
- ❖ Hasperué H., 2012. Trabajo de tesis doctoral “Rol del metabolismo de hidratos de carbono en la senescencia postcosecha de brócoli”. Argentina. Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Exactas.
- ❖ Hong, K., Xie, J., Zhang, L., Sun, D., Gong, D. 2012. Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of guava (*Psidium guajava* L.) fruit during cold storage. *Scientia Horticulturae*, 144, 172-178.

- ❖ Hoorfar, J. 2014. *Edible coatings for fresh and minimally processed fruits and vegetables*. **En:** L. Ciolacu, A. Nicolau y J. Hoorfar, eds. *Global Safety of Fresh Produce*. US: Woodhead Publishing, 17/233-244.
- ❖ ICTIO~TERM. 2013. *Base de datos terminológicos y de identificación de especies pesqueras de las costas de Andalucía*. [En línea] (Actualizado al 2013).
Disponible en: http://www.ictieterm.es/glosario_terminos_biologicos.php?lt=E
[Último acceso el 30 de mayo de 2015]
- ❖ Industria alimentaria. 2013. *Informe anual del 2013* [En línea]. (2 de agosto del 2013).
Disponible en: <http://www.industriaalimenticia.com/articles/86724-informe-anual-de-bebidas-2013#Jugos> [Fecha de último acceso: 26 de agosto de 2015]
- ❖ Jackson, D.I., Looney, N.E. 2003. *Producción de frutas de climas templados y subtropicales*. Zaragoza: Editorial Acribia S.A.
- ❖ Jeantet, R., Croguennec, T. 2006. *Ciencia de los alimentos; Vol 1: estabilización biológica y fisicoquímica*. Acribia S.A. Zaragoza; España.
- ❖ Jongen, W. 2005. *Improving the safety of fresh fruit and vegetable*. Wageningen: Woodhead Publishing.
- ❖ Knee, M. 2008. *Bases biológicas de la calidad de la fruta*. Zaragoza: Acribia S.A.
- ❖ Konica Minolta. 2015. *Soluciones para la medición del color en la industria alimentaria*. [En línea] (Actualizado a 2015).
Disponible en: http://sensing.kpnicaminolta.com.mx/learningcenter/case/studies/KMMX_7July_FoodGuideBrochure.pdf [Último acceso: 9/sep/15]
- ❖ Lana, M.M., Tijsskens, L.M.M., van Kooten, O. 2006. Effects of storage temperature and stage of ripening on RGB colour aspects of fresh-cut tomato pericarp using video image analysis. *Journal of Food Engineering*. 77, 871-879.
- ❖ Lárez-Velásquez, C. 2008. Algunas potencialidades de la quitina y el quitosano para usos relacionados con la agricultura en Latinoamérica. *Revista UDO Agrícola*. 8 (1), 1-22.
- ❖ León, K. Domingo, M. Pedreschi, F. León, J. 2006. Color measurement in L*a*b units from RGB digital images. *Food Research International*. 39, 1084-1091.
- ❖ MacEvoy, B. 2005. *Modern color models*. [En línea] (Actualizado al 2013).

Disponible en:<http://www.handprint.com/HP/WCL/color7.html> [Fecha de último acceso: 8/Sept/15]

- ❖ Manahan, S. E., 1997. *Notas para el curso "Introducción a la química ambiental"*. Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias Químicas. Orientación Química Ambiental. Universidad Nacional Ambiental Autónoma de México. México D.F., México.
- ❖ McKenna, B. M., Lyng, J. G. 2013. *Principles of food viscosity analysis*. En: D. Kilcast eds. *Instrumental assessment of food sensory quality: A practical guide*. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 5/129-162.
- ❖ Mercado-Silva, E., Benito-Bautista, P., García-Velasco, M, A. 1998. Fruit development, harvest index and ripening changes of guavas produced in central Mexico. *Postharvest Biology and Technology*, 13, 143-150.
- ❖ Moelants, K.R.N., Cardinaels, R. De Greef, K., Van Buggenhout, S., Van Loey, A.M., Moldenaers, P., Hendricks, M.E. 2014. Effect of calcium ions and pH on the structure and rheology of carrot-derived suspensions. *Food Hydrocolloids*, 36, 382-391.
- ❖ Mourad, J., Sawssan, H., Hanen, B., Imen, L., Aïcha, M., Maher, K., Nabil, S., Moncef, N. 2014. *Physical, structural, antioxidant and antimicrobial properties of gelatin–chitosan composite edible films*. International Journal of Biological Macromolecules, 67, 373-379.
- ❖ Namesny, A. 1993. *Post-recolección de hortalizas, Volumen I: hortaliza de hoja, tallo y flor, compendio de horticultura*. España: Ediciones Horticultura S.I.
- ❖ Navarro-da-Silva, A., Navarro-da-Silva, R.C.S., Marques-Ferreira, A., Rodrigues-Minim, V.P., Teixeira-da-Costa, T.M., Perez, R. 2013. Performance of hedonic scales in sensory acceptability of strawberry yogurt. *Food Quality and Preference*, 30, 9-21.
- ❖ Ortega-Granados, J. 2011. *Efecto del recubrimiento de fresas usando quitina-quitosana obtenida de cefalotórax y exoesqueleto de camarón en su vida de anaquel a temperatura ambiente (20±2°C) y refrigeración (4°C)* Distrito Federal, México: Facultad de Química, UNAM.
- ❖ Pantone®. 2015 Disponible en: <http://www.pantone.com/pages/pantone/index.aspx> [último acceso: 10/10/2015]

- ❖ Page, T., Griffiths, G., Buchanan-Wollaston, V. 2001. *Molecular and biochemical characterization of postharvest senescence in broccoli*. *Plant Physiology*, 125; 718-727
- ❖ Pérez-Pérez, E.P., López-Malo, A. 2011. Tecnologías involucradas en el procesamiento mínimo de frutas y hortalizas. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 5-2, 13-27.
- ❖ Raisman, J., Gonzalez, A.M. 2015. *Fotosíntesis: conceptos previos*. [En línea] (Actualizado a enero de 2000)
Disponible en:
<http://www.biologia.edu.ar/plantas/fotosint1.htm> [Último acceso el 01/Octubre/15]
- ❖ Ramiro-Torres, R., Montes, E.J., Pérez, A.O., Andrade, R.D. 2013. Relación del color y del estado de madurez con las propiedades fisicoquímicas de frutas tropicales. *Información Tecnológica*. 24 (3), 51-56.
- ❖ Rojas-G., O. 1999. *Introducción a la reología: Laboratorio de formulación, interfaces, reología y procesos*. 2ª Edición. Mérida, Venezuela: Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería.
- ❖ SAGARPA. 2013. *Atlas Agroalimentario*. Distrito Federal, México: Servicio de información agroalimentaria y pesquera.
- ❖ SAGARPA. 2014. *Atlas Agroalimentario 2014*. Distrito Federal, México: Servicio de información agroalimentaria y pesquera.
- ❖ SAGARPA. 2015. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación. *Hortalizas* [En línea] (Actualizado al 23/03/2015).
Disponible en:
<http://www.sagarpa.gob.mx/saladeprensa/Paginas/Galeria%20de%20im%C3%A1genes/Hortalizas.aspx> [último acceso: 29/09/2015]
- ❖ Salas-Salvadó, J., García-Lorda, P., Sánchez-Ripollés, J.M. 2005. *La alimentación y la nutrición a través de la historia*. Barcelona: Editorial Glosa, S.L.
- ❖ Salunkhe, D., Kadam, S. 2004. *Introducción* **En:** D. Salunkhe y S. Kadam eds. *Tratado de ciencia y tecnología de las hortalizas*. España: Acribia S.A., 1/1-10.
- ❖ Sarabia-Bañuelos, P. 2011. *Aprovechamiento integral de residuos de crustáceos: obtención de quitina y quitosana del cefalotórax de camarón por métodos ecológicos*. Distrito Federal, México. Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias Químicas.

- ❖ Sanmartín, P., Chorro, E., Vázquez-Nion, D., Martínez-Verdú, F.M., Priteto, B. 2014. Conversion of a digital camera into a non-contact colorimeter for use in Stone cultural heritage: The application case to Spanish granites. *Measurement*. 56, 194-202.
- ❖ SE, 1978. Secretaría de Economía. Catálogo de Normas Mexicanas. *NMX-F-317-S-1978: Determinación de pH en alimentos. Determination of pH in foods. Normas Mexicanas. Dirección general de normas*. [En línea] (actualizado al 26/10/2013).
Disponible en:
<http://www.economia-nmx.gob.mx/normas/nmx/1978/nmx-f-317-s-1978.pdf> [Último acceso el 30 de mayo de 2015]
- ❖ SE, 1982a. Secretaría de Economía. Catálogo de Normas Mexicanas. *NMX-F-103-1982: Alimentos. Frutas y derivados. Determinación de grados Brix. Foods. Fruits and derivates. Determination of degrees Brix. Normas Mexicanas. Dirección General de Normas*. [En línea] (actualizado al 22/10/2009).
Disponible en:
<http://www.economia-nmx.gob.mx/normasmx/detallenorma.nmx?clave=NMX-F-103-1982> [último acceso el 16 de marzo de 2015]
- ❖ SE, 1982b. Secretaría de Economía. Catálogo de Normas Mexicanas. *NMX-FF-011-1982: Productos alimenticios no industrializados, para uso humano. Fruta fresca. Determinación de acidez titulable. Método de titulación. Non industrialized food products for human use. Fresh Fruit. Determination of titrable acidity. Titration method. Normas Mexicanas. Dirección general de normas*. [En línea] (actualizado al 10/06/1982).
Disponible en:
<http://www.economia-nmx.gob.mx/normasmx/detallenorma.nmx?clave=NMX-FF-011-1982> [último acceso el 16 de marzo de 2015]
- ❖ SE, 2002. Secretaría de Economía. Catálogo de Normas Mexicanas. *NMX-FF-040-SCFI-2002: Productos alimenticios no industrializados para consumo humano-fruta fresca-guayaba (Psidium guajava L.)- Especificaciones (cancela a la NMX-FF-040-1993-SCFI)*. Normas Mexicanas. Dirección general de normas. [En línea] (Actualizado al 09/08/2002).
Disponible en:

<http://www.economia-nmx.gob.mx/normas/nmx/2002/nmx-ff-040-scfi-2002.pdf>

[Último acceso el 31 de mayo de 2015]

- ❖ Secretaría de Economía, 2013. *Alimentos procesados*. [En línea]. (Actualizado a Junio, 2013).

Disponible en:

http://mim.promexico.gob.mx/work/sites/mim/resources/LocalContent/72/2/130704_DS_Alimentos_procesados_ES.pdf [Fecha de último acceso: 8/Sep/15]

- ❖ SEGOB. Diario Oficial de la Federación. 2006. *Norma Oficial Mexicana NOM-043-SSA2-2005, Servicios básicos de salud. Promoción y educación para la salud en materia alimentaria. Criterios para brindar orientación*. [En Línea] (Actualizado al 23 de enero de 2006).

Disponible en:

http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=2107165&fecha=23/01/2006 [Último acceso el 31 de mayo de 2015]

- ❖ SEGOB. Diario Oficial de la Federación. 2009. *NORMA Oficial Mexicana. NOM-173-SCFI-2009, Jugos de frutas preenvasados - Denominaciones, especificaciones físicoquímicas, información comercial y métodos de prueba*. [En Línea] (Actualizado al 28 de agosto de 2009).

Disponible en:

http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5107330&fecha=28/08/2009

[Último acceso el 04 de julio de 2015]

- ❖ SEGOB. Diario Oficial de la Federación. 2010. *NORMA Oficial Mexicana NOM-051-SCFI/SSA1-2010, Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados- Información comercial y sanitaria*. [En Línea] (Actualizado al 05/04/2010). Disponible en:

http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5137518&fecha=05/04/2010

[Último acceso el 08 de septiembre de 2015]

- ❖ Severiano, P., Gómez, D., Méndez, C., Pedrero, D., Gómez, C., Ríos, S., Escamilla, A., Utrera, M. 2012. *Manual de evaluación sensorial*. México: UNAM. 124-138.

- ❖ SFA, 2011. *Subsecretaría de Fomento a los Agronegocios. Monografía de cultivos: Brócoli*. [En línea] (Actualizado a Jul/2011) Disponible en:

- <http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Estudios/Documents/monografias/brocoli.pdf> [Último acceso el 11 de mayo de 2015].
- ❖ SIAP. 2014a. Servicio de información agropecuaria y pesquera. *Guayaba: Psidium guajava*. [En línea] (Actualizado al 01/Ene/2014)
Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/guayaba/> [Último acceso el 4 de julio de 2015]
 - ❖ SIAP. 2014b. Servicio de información agropecuaria y pesquera. *Anuario estadístico de la producción agrícola: Brócoli*. [En línea] (Actualizado al 2013)
Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/> [Último acceso el 11 de mayo de 2015].
 - ❖ SIAP, 2014c. Servicio de información agropecuaria y pesquera. *Producción agrícola por cultivo: ciclo perenne (guayaba)*. [En línea] (Actualizado al año 2014).
Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/> [Último acceso el 22 de agosto de 2015].
 - ❖ SIAP. 2015. Servicio de información agropecuaria y pesquera. *Más del 75% de predios dedicados al cultivo de guayaba se ubican en Aguascalientes y Michoacán*. [En línea]. (Actualizado al año 2015).
Disponible en:
<http://www.siap.gob.mx/> [Último acceso el 22 de agosto de 2015].
 - ❖ Sigma-Aldrich. 2015a. *Chitin*. [En línea]. (Actualizado al 1 de agosto de 2014).
Disponible en:
<http://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/sigma/c9213?lang=es®ion=MX>
[Último acceso 8/Sep/15]
 - ❖ Sigma-Aldrich. 2015b. *Chitosan*. [En línea]. (Actualizado al 1 de agosto de 2014).
Disponible en:
<http://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/aldrich/740500?lang=es®ion=MX>
X [Último acceso 8/Sep/15]
 - ❖ Singh, S.P. 2011. Guava (*Psidium guajava* L.). **En:** E.M. Yahia., ed. *Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits. Volume 3: Cocona to mango*. UK: Woodhead Publishing Limited, Chapter 10.

- ❖ USDA. 2015a. [United States Department of Agriculture], Agricultural Research Service, National Nutrient Database for Standard, Reference Release 27. 2015. *Basic Report: 09139, Guavas, common, raw*^a. [En línea] (Actualizado al 7/Dic/2011). Disponible en: <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/2293?manu=&fgcd=> [último acceso el 21 de junio de 2015].
- ❖ USDA, 2015b. United States Department of Agriculture. Agricultural Research Service. *National Nutrient Database for Standard Reference Release 27. Basic Report: 11090, Broccoli, raw*. [En línea] Disponible en: <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/2908?fgcd=&manu=&facet=&format=&count=&max=35&offset=&sort=&qlookup=Broccoli+raab%2C+raw> [Último acceso el 13 de mayo de 2015].
- ❖ Watkins, C.B. 2008. Etileno: síntesis, modo de acción, efectos y control. **En:** M. Knee, ed. *Bases biológicas de la calidad de la fruta*. Madrid: Acribia, S.A. Capítulo 8.
- ❖ Wu, D., Sun, W.D. 2013. Food color measurement using computer vision. **En:** David Kilcast., ed. *Instrumental assessment of food sensory quality: a practical guide*. Cambridge: Woodhead Publishing Limited. Chapter 6.
- ❖ Yam, K.L., Papadakis, S.E. 2004. A simple digital imaging method for measuring and analyzing color of food surfaces. *Journal of Food Engineering*. 61, 137-142.
- ❖ Yirat-Becerra, M., García-Pereira A., Hernández-Gómez, A., Calderín-García, A. Norbey-Camacho, A. 2009. Evaluación de la calidad de la guayaba, variedad enana roja EEA-1-23, durante el almacenamiento a temperatura ambiente. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*. 18(2), 70-73.

APARTADO A.1. Obtención de cefalotórax y exoesqueletos parcialmente desproteinizados (CPD)

A.1.1. Obtención del cefalotórax de camarón

Mediante una visita a la zona de la “Nueva Viga” en la Central de Abastos de la Ciudad de México (CDMX), se lograron obtener cabezas de camarón frescas (Véase Figura A.1) a un costo²⁶ de \$15.00 MXN el kilogramo. Éstas se transportaron en bolsas de plástico colocadas en una hielera al laboratorio, donde se manipularon en un área con amplia ventilación para la remoción del cefalotórax.



Figura A.1 Cabeza de camarón fresca obtenida en la central de abasto de la CDMX

Al no describirse una metodología para la extracción del cefalotórax a partir de las cabezas de camarón frescas, los autores recomiendan que se sigan los pasos siguientes:

- ❖ Tomar con el dedo pulgar e índice el escafocecero (Véase Figura A.2) de la cabeza del camarón, sujetándolo firmemente.

²⁶ Este subproducto puede ser encontrado gratuitamente al ser un residuo sin valor comercial; sin embargo, la ley de oferta y demanda, en términos económicos, señala que a medida que disminuye la cantidad demandada de un bien, éste incrementa su costo al mantenerse constante el resto de las variables, es por ello que generalmente, obtener algo que no tiene una amplia oferta genera un costo agregado (época de veda)

- ❖ Tomar el diente rostral que sobresale entre los ojos (éste forma parte del cefalotórax) y tirar sobre el mismo hasta lograr el desprendimiento del cefalotórax, con esta técnica es fácil obtener el cefalotórax de la cabeza del camarón.

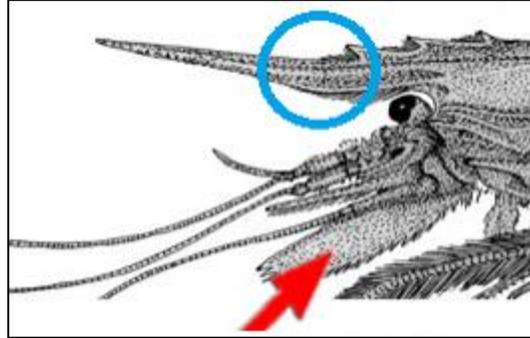


Figura A.2. Escafocerito (señalado con flecha) y Diente rostral (señalado en un círculo) presente en la cabeza del camarón [Tomado y modificado de ICTIO~TERM (2013)]

A.1.2. Limpieza del cefalotórax

El cefalotórax de camarón fresco, obtenido mediante la técnica anterior, se colocó sobre un recipiente plástico de gran capacidad (aproximadamente 4L), en el cual se limpió bajo el flujo de agua y con ello se logró remover de él objetos extraños y restos de materia orgánica (Véase Figura A.3), una vez limpio éste puede ser almacenado bajo congelación doméstica, o bien, se puede continuar con su molienda para la obtención del biopolímero de Quitina-Quitosa (Q-Qn).



Figura A.3. Obtención del cefalotórax y los exoesqueletos de camarón a partir de su limpieza

A.1.3. Técnica para la obtención de las hojuelas de cefalotórax y exoesqueletos de camarón parcialmente desproteinizados (CPD)

En la Figura A.4 se muestra el proceso seguido para la obtención del cefalotórax y exoesqueletos de camarón parcialmente desproteinizados (CPD). Este incluye algunas operaciones unitarias, las cuales se detallan a continuación.

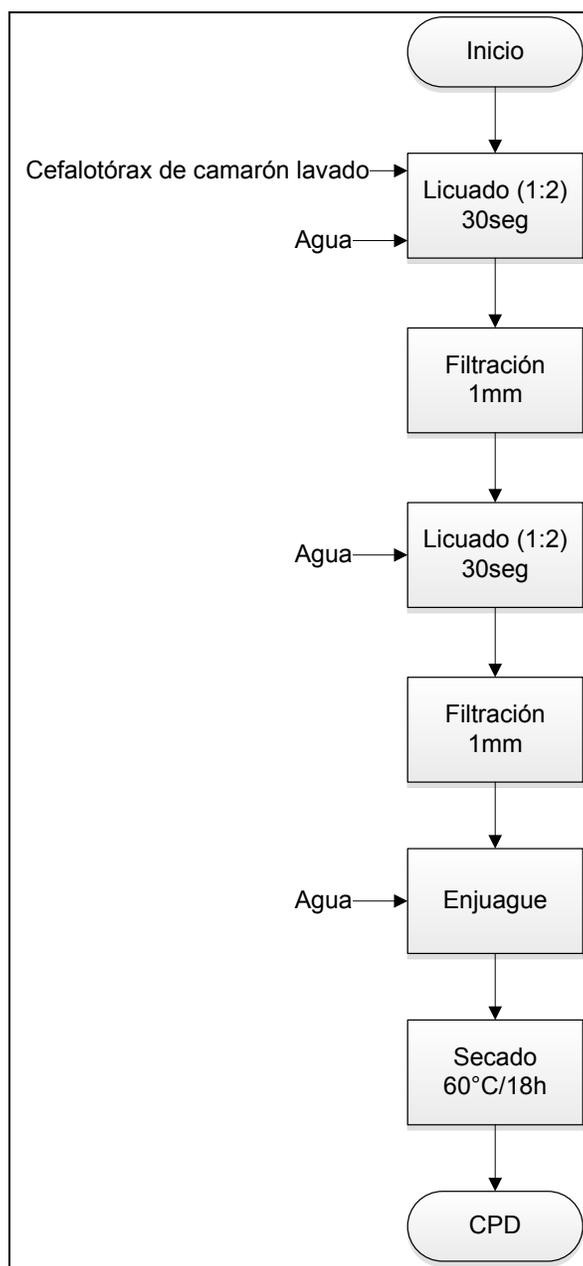


Figura A.4. Técnica de obtención del CPD

En una licuadora doméstica marca *Oster® 10-C* se agregó una parte del cefalotórax limpio y se añadió al vaso dos partes de agua, como referencia a la masa inicial del mismo, es decir, en una relación 1:2 [Cefalotórax:Agua] (Véase Figura A.5). Se licuó por 30 segundos a velocidad alta, posteriormente, la mezcla se filtró en un tamiz de malla de No. 100 (usando una coladera doméstica). Se enjuagó el residuo retenido en la malla al flujo del agua y posteriormente se pesó para repetir las operaciones señaladas, con ello se obtuvo el cefalotórax parcialmente desproteinizado (CPD). Éste se extendió en charolas (Figura A.6) que se colocaron dentro del horno de convección para secarse por 18 horas a 60°C (Figura A.7).



Figura A.5. Licuado del cefalotórax y los exoesqueletos limpios con agua en relación 1:2



Figura A.6. Extensión del CPD húmedo en charolas para su secado

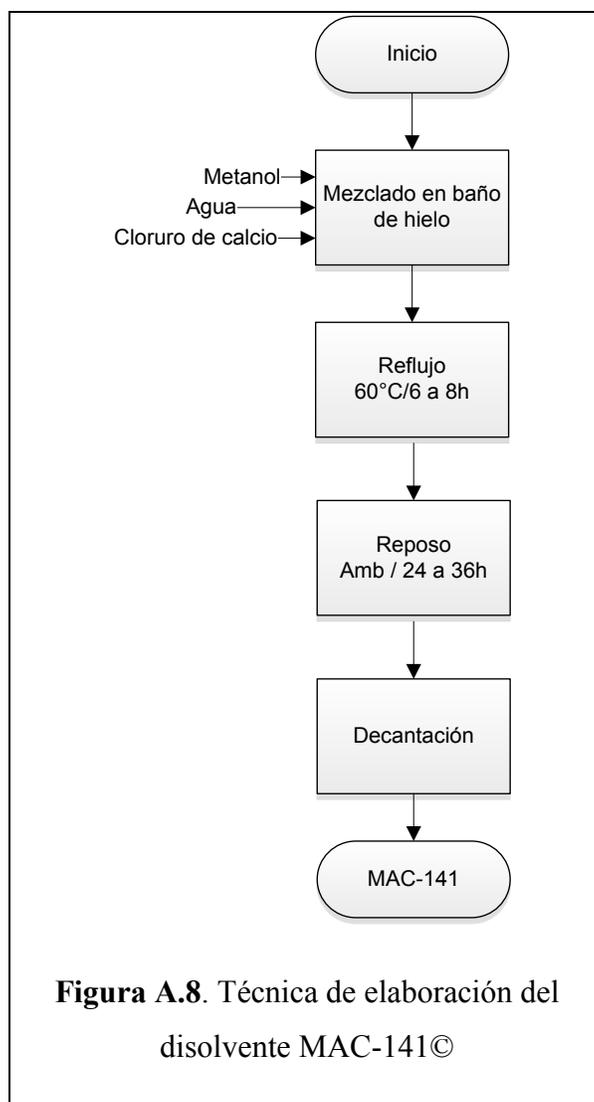


Figura A.7. Secado del CPD en horno de convección a 60°C por 18h

APARTADO A.2. Elaboración del disolvente MAC-141® y extracción de la mezcla quitina-quitosana del cefalotórax y exoesqueletos del camarón

A.2.1. Elaboración del disolvente MAC-141©

La metodología para la elaboración del disolvente MAC-141© propuesta por Flores-Ortega (2004) y mejorada por Ortega-Granados (2011) fue modificada por los autores. Se detalla en el siguiente diagrama de proceso (Figura A.8):



Es importante mencionar que el uso de diferentes fuentes de cloruro de calcio puede modificar el tiempo de reflujo necesario para la obtención del disolvente. Es por ello que los autores recomiendan el uso del cloruro de calcio proveído por la farmacéutica RACEL^{MR} en su marca comercial “C-KO®”, agua destilada y metanol grado analítico para

su elaboración. Con el uso de los reactivos antes señalados, el tiempo de reacción necesario a una temperatura de 60°C para la obtención del disolvente MAC-141© será entre 6 y 8 horas. Cabe mencionar que no se debe aumentar la temperatura de reacción por arriba de los 64°C para evitar la volatilización del metanol del seno de la reacción. Las masas de cada uno de los componentes se describen en la Tabla A.1

Tabla A.1. Masas de las sustancias empleadas para la elaboración del disolvente MAC-141©

Compuesto	Relación molar	Masa ó volumen
Metanol	1	99mL
Agua	4	180mL
Cloruro de calcio	1	277.5g

Una vez proporcionados los reactivos indicados en las cantidades anteriores se mezclan en el matraz bola de 500mL en el siguiente orden:

- ❖ Agua
- ❖ Metanol
- ❖ CaCl₂

Lo anterior debe realizarse manteniendo el matraz bola en un baño de hielo y bajo la campana de extracción con el fin de controlar las reacciones exotérmicas violentas y la volatilización del metanol en el área de trabajo, respectivamente.

Una vez que se obtiene la mezcla de reacción se procedió a montar el equipo de reflujo (Véase Figura A.9) por cerca de 6 a 8 horas de acuerdo con la metodología modificada por los autores.



Figura A.9. Equipo de reflujo para la elaboración del disolvente MAC-141©

A.2.2. Extracción de la mezcla quitina-quitosana (Q-Qn) del cefalotórax y exoesqueletos de camarón

Para lograr extraer la mezcla quitina-quitosana con ayuda del disolvente MAC-141© se siguió la técnica descrita por la Figura A.10. Para ello el disolvente se colocó en un recipiente de plástico junto con las hojuelas secas de CPD, en una proporción 1:10, es decir por cada gramo de CPD se añaden 10g de disolvente MAC-141© y se dejó en reposo la mezcla por 48 horas (Figura A.11). Transcurrido ese tiempo se filtró. En referencias anteriores (Sarabia-Bañuelos, 2011; Ortega-Granados, 2011) se recomienda el uso del sistema Millipore para su filtración.

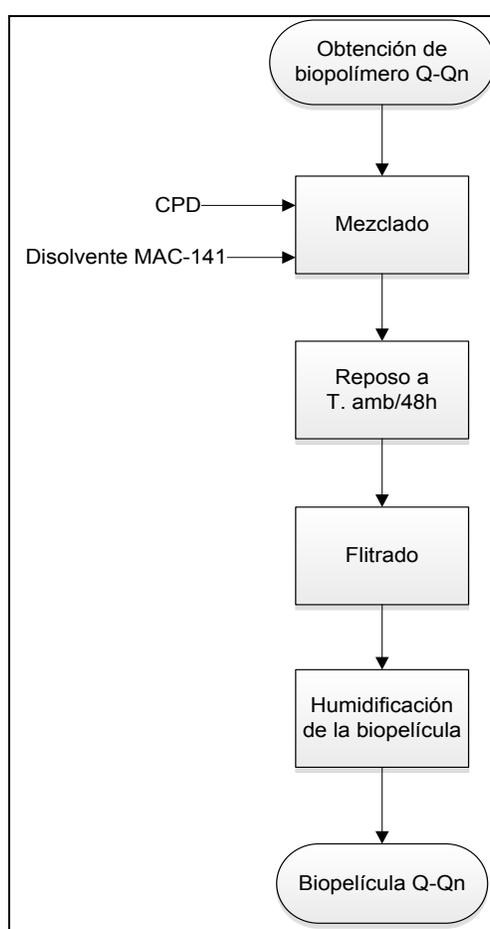


Figura A.10. Técnica de obtención de la mezcla del polímero quitina-quitosana a partir del CPD

Sin embargo, los autores encontraron que el uso de un equipo de filtración al vacío convencional (Figura A.12) conformado por un embudo Büchner y matraz Kitasato, es

igual de efectivo al momento de la filtración, únicamente es necesario recubrir el embudo con alguna malla plástica de 1 mm con el fin de evitar la obstrucción del mismo (Figura A.13).

El filtrado se recolectó y se almacenó en recipientes de vidrio tipo “Gerber®”, éstos se colocaron destapados en una cámara de humidificación, la cual se implementó con un desecador al cual se le retiró la silica-gel y sustituyó por agua (como se puede observar en las Figuras A.14 y A.15), con el fin de una completa solubilización del calcio presente en la biopelícula. En frascos del tamaño antes referido, dicha solubilización ocurre al cabo de 24h.



Figura A.11. Vista superior y lateral del recipiente donde se llevó a cabo la extracción de la mezcla Q-Qn del CPD con ayuda del disolvente MAC-141©



Figura A.12. Sistema de filtración empleado en el presente trabajo



Figura A.13. Malla plástica usada



Figura A.14. Frascos tipo “Gerber®” con biopelícula Q-Qn



Figura A.15. Almacenamiento de biopelícula

APARTADO A.3. Elaboración de las biopelículas “control”

A.3.1. Recubrimiento en guayabas: Preparación de soluciones control

La preparación de las soluciones empleadas para efectuar los recubrimientos control, incluyó una solución de quitina Sigma Aldrich® (Q-SA) al 0.3% [Figura A.16] y dos soluciones de quitosana Sigma Aldrich® (Qn-SA) al 1.5 y 2% [Figura A.17]. Estas tres soluciones junto con la mezcla Q-Qn se aplicaron sobre guayabas mediante la metodología señalada por Ortega-Granados (2011), conocida como cepillado [Figura A.18], que consistió en aplicar la biopelícula sobre la fruta con ayuda de una brocha, cabe mencionar que adicionalmente se preparó un lote de guayabas sin ningún recubrimiento “Blanco” [Figuras A.19-A.22].

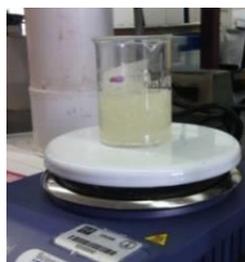


Figura A.16. Elaboración de la biopelícula de Q-SA al 0.3%



Figura A.17. Elaboración de la biopelículas de Qn-SA (1.5-2%)



Figura A.18. Técnica del cepillado sobre guayaba



Figura A.19. Guayabas recubiertas con el polímero de quitosana al 1.5%



Figura A.20. Guayabas recubiertas con el polímero de quitosana al 2%



Figura A.21. Guayabas recubiertas con el polímero de CPD



Figura A.22. Guayabas recubiertas con el polímero de quitina al 0.3%

A.3.2. Recubrimientos en brócolis: Preparación de los sujetos de prueba y aplicación de soluciones control

En este estudio se utilizaron los floretes, provenientes de las cabezas de los brócolis adquiridos, los cuales se sometieron previamente a las operaciones de lavado con agua con jabón a 4°C, enjuagado con agua a 4°C y secado a temperatura ambiente en coladores con toallitas adsorbentes [Figuras A.23 a A.25]. Esto fue con el propósito de retirar la capa cerosa propia de los vegetales la cual impide la adhesión de los recubrimientos. Posteriormente, fueron recubiertas con un pincel; sin embargo, debido a la fisiología del brócoli se presentaron puntos en donde se adicionaba un poco más de recubrimiento en las hendiduras de las flores para recubrir mejor el florete [Figura A.26 y A.27].

Para la elaboración de los cuatro recubrimientos control, quitina Sigma-Aldrich (Q-SA) en disolvente MAC 141© al 0.3%, quitosana Sigma-Aldrich (Qn-SA) al 1, 1.5 y 2% en agua acidulada con ácido ascórbico al 2%, se tomaron en consideración las cantidades necesarias de cada reactivo en función de los gramos de recubrimiento a emplear para las 3 condiciones de almacenamiento, la metodología realizada fue agitación constante durante cuatro horas sin calentamiento para la obtención de los recubrimientos mencionados anteriormente.



Figura A.23. Lavado de floretes de brócoli con agua a 4°C



Figura A.24. Enjuague de floretes de brócoli con agua a 4°C



Figura A.25. Secado de floretes de brócoli a temperatura ambiente



Figura A.26. Lote blanco de brócoli a T. ambiente



Figura A.27. Lote de de brócoli recubierto con Q-Qn a T. ambiente

APARTADO A.4. Metodologías de las determinaciones fisicoquímicas

Las determinaciones fisicoquímicas de la fruta y el vegetal, se realizaron sobre el jugo obtenido de su trituración, en el caso del brócoli con ayuda de un mortero y en el caso de la guayaba con ayuda de un extractor Moulinex® [Figura A.28], las metodologías de los experimentos se mencionan a continuación:



Figura A.28. Extractor empleado en la obtención de purés de guayaba

A.4.1. Determinación del contenido de humedad

Existen diferentes técnicas para la cuantificación del contenido de humedad en productos alimentarios, algunos son automatizados y otros pueden recurrir al uso de vacío o extracción, en el caso de la presente investigación las dos técnicas empleadas fueron las siguientes:

A.4.1.1. Mediante el método modificado de termobalanza.

Se determinó mediante el método de la termobalanza (González-O. y col., 2014), para ello se empleó 0.5 g de muestra, la cual se colocó en una termobalanza OHAUS® MB200 programada en “secado automático” a una temperatura de 130°C hasta lograr obtener un peso constante, lo anterior debido a debido a la limitante a la cantidad de floretes empleados durante todo el experimento.



Figura A.29a. Termobalanza empleada en la determinación del contenido de humedad

A.4.1.2. Mediante el método de secado en estufa convencional.

Para la determinación del contenido de humedad de las muestras se empleó una estufa de convección (Felisa-F293D) dejando las muestras secar por 48h a una temperatura de 60°C (FQ, 2013), posteriormente se colocaron en un desecador y se mantuvieron de esta forma hasta llegar a temperatura ambiente, posteriormente se procedió a pesarlas.



Figura A.29b. Estufa modelo Felisa-F293D empleada en la determinación del contenido de humedad en muestras

A.4.2. Determinación de los grados Brix (°Bx)

La metodología propuesta en la NMX-F-103-1982 para la determinación de grados Brix (SE, 1982a) señala que se debe colocar el refractómetro en una posición que logre difundir cualquier forma de luz, posteriormente se debe hacer circular agua sobre los prismáticos, limpiándolos cuidadosamente antes de hacer la lectura, al colocar la muestra, la línea

margen debe ser completamente visible, la lectura se hace directamente sobre el porcentaje de sólidos en la escala Brix.

A.4.3. Determinación del valor de pH

Para la determinación del pH se empleó un potenciómetro de la marca Orión 720-A7 (Figura A.30) adaptando la siguiente metodología descrita por la NMX-F-S-1978. “*Determinación de pH en alimentos. Determination of pH in foods. Normas Mexicanas. Dirección general de normas*” (SE, 1978). Esta técnica se divide en dos puntos importantes: la calibración del potenciómetro y la determinación del pH.

1. Calibración del potenciómetro:

- ❖ Conectar el potenciómetro y esperar a que aparezca la pantalla de medida del pH
- ❖ Presionar la tecla “CALIBRATE” del potenciómetro.
- ❖ Cuando el potenciómetro pregunte cuántos “buffers” se introducirán oprimir la tecla “3”, puesto que se deben introducir los “buffers” con pH 4, 7 y 10, acto seguido oprimir la tecla “YES”
- ❖ Introducir el electrodo del potenciómetro en el “buffer” a pH 4, esperar a que la leyenda “RDY” aparezca en la parte inferior derecha del potenciómetro (Figura A.31) y oprimir la tecla “YES”
- ❖ Retirar el electrodo y enjuagarlo con agua destilada y limpiarlo con un pañuelo “Klennex”
- ❖ Repetir la misma acción para los demás “buffers”



Figura A.30. Electrodo del potenciómetro Orión 720-A7



Figura A.31. Pantalla del potenciómetro Orión 720-A7

2. Determinación del valor de pH

- ❖ Se pesan 10g de muestra en un matraz Erlenmeyer, posteriormente, se adicionan 100mL de agua destilada y se le determina el pH.
- ❖ Usando un potenciómetro previamente calibrado (Véase Apéndice A, Apartado A.4.3) se procede a tomar el valor de pH hasta que el potenciómetro señaló la leyenda “RDY”.
- ❖ Se extrajo el electrodo del seno de la mezcla para ser lavado con agua destilada y se secó con un pañuelo desechable.

A.4.4. Determinación del porcentaje de acidez (%HA)

Según lo descrito en la metodología propuesta en la NMX-FF-011-1982. “*Productos alimenticios no industrializados, para uso humano. Fruta fresca. Determinación de acidez titulable. Método de titulación. Normas Mexicanas. Dirección General de Normas*” (SE, 1982b). En esta técnica se hace uso de dos reactivos, los cuales son una solución de NaOH 0.1N y fenolftaleína.

La solución de NaOH al 0.1N se realizó disolviendo el hidróxido de sodio con agua, las cantidades de hidróxido de sodio y de agua dependerán de la cantidad a preparar, una vez que se ha preparado la solución de NaOH, ésta puede valorarse fácilmente usando biftalato de potasio el cual es un patrón primario.

La valoración se realizó de la siguiente manera:

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

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

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

A.4.5. Determinación de vitamina C

La técnica volumétrica modificada de la metodología 967.21 de la AOAC (1995), indica que se deben preparar los siguientes reactivos:

a. Solución de ácido acético al 5%

Se deben tomar 5mL de ácido acético glacial por cada 100mL de disolución preparada.

b. Solución patrón de ácido ascórbico (1mg/mL)

Se debe pesar 0.1g de ácido ascórbico y disolver en un poco de ácido acético al 5%, posteriormente se debe verter en un matraz aforado de 100mL y llevar al aforo con la solución de ácido acético al 5%. Ésta se debe proteger de la luz el matraz, para ello se debe usar papel aluminio con lo que se debe cubrir.

c. Preparación de la solución de 2,6-Diclorofenol-Indofenol

Para preparar un litro se deben pesar los siguientes reactivos:

- ✓ 0.1g de 2,6-Diclorofenol-Indofenol
- ✓ 0.05g de bicarbonato de sodio
- ✓ Disolver los reactivos anteriores en un vaso de precipitados con un poco de agua y llevar la mezcla a un litro en un matraz aforado
- ✓ Valorar la solución de 2,6-DI para determinar qué volumen oxida 1mg de ácido ascórbico

- ✓ Para la valoración se debe trabajar de la forma siguiente: en un matraz Erlenmeyer de 250mL agregar 1mL de la solución patrón de ácido ascórbico (b), agregar posteriormente 9mL de la solución de ácido acético al 5% (a) y valorar con el 2,6-DI previamente preparado (c), el vire se indica cuando el color rosado permanezca por 10 segundos
- ✓ Reportar la cantidad gastada como el volumen necesario de esa solución de 2,6-DI para oxidar un miligramo de ácido ascórbico

d. Determinación de vitamina C en muestra

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

A.4.6. Determinación del color

A.4.6.1. Escala Pantone®

Se toman de 2 a 3g de muestra, posteriormente se colocan sobre un filtro neutro (como una hoja de papel blanca), una vez que se realiza lo anterior, se compara el color de la muestra con la guía Pantone® [Figura A.32] obteniendo un código, la muestra posteriormente se desecha en los residuos orgánicos.



Figura A.32. Escala Pantone® usada para la determinación cualitativa del color

A.4.6.2. Técnica modificada *RGB-CIE-L*ab*

La técnica RGB seguida para la determinación del color es la técnica modificada de Ramiro-Torres *et al.* (2013). Una vez que es obtenida la pulpa de guayaba, ésta se homogeneizó y, posteriormente, se tomó una cantidad aproximada de 1g de muestra con la espátula, la cual se colocó sobre un dispositivo generado con el fin de capturar imágenes a través de un escáner doméstico. Dicho dispositivo consta de una cubierta de acetato, un cartón con tres aberturas donde se coloca cada muestra (ésta se toma por triplicado) y un fondo con contraste blanco (Figura A.33):

Dicho dispositivo con muestras se colocó sobre el escáner *HP Scanjet G4050* (Figura A.34) y se realizó la captura de la imagen, la cual se obtuvo con el software *Escaneo HP 14.5.459.0* siendo configurado de la siguiente manera: resolución de salida: 200ppp, tipo de color: millones de colores y de forma predeterminada se seleccionó el término “hacer más nítida”, una muestra del cuadro de diálogo mostrado en la Figura A.35 y un ejemplo de la imagen capturada se muestra en la Figura A.36.

Finalmente, la cuantificación del color se llevó a cabo a través de dos etapas, en la primera de ellas se empleó el software de manipulación de imágenes *GIMP 2.8*, como sustituto al software Adobe Photoshop CS5 usado en la literatura (Ramiro-Torres *et al.*, 2013), para tal fin se realizó lo siguiente:

- ❖ Se ejecutó el programa *GIMP 2.8*
- ❖ Se activó el cuadro de información “histograma”: seleccionar la opción colores > Info > Histograma, de acuerdo con lo señalado en la Figura A.37
- ❖ Una vez configurado del programa de la forma anterior se procedió a abrir con el software la imagen capturada con ayuda del escáner y el dispositivo sugerido
- ❖ A continuación se hizo clic en la herramienta selección difusa [Figura A.38] la cual se encuentra dentro de la caja “opciones de herramientas”
- ❖ Con la herramienta “selección difusa” se hizo clic sobre la superficie capturada de la muestra [Figura A.39], con ello, la herramienta nos describió en el histograma (a la derecha) el comportamiento promedio RGB de la imagen

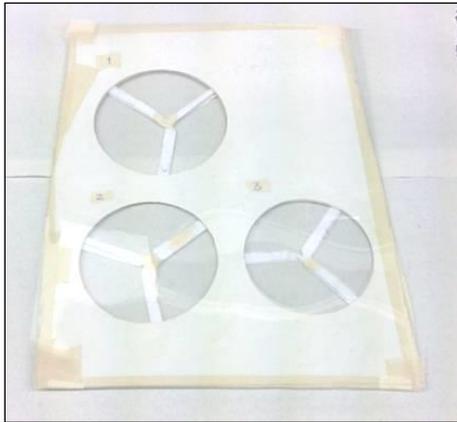


Figura A.33. Dispositivo empleado para la colocación de la muestra por triplicado



Figura A.34. Escáner usado para la captura de las imágenes

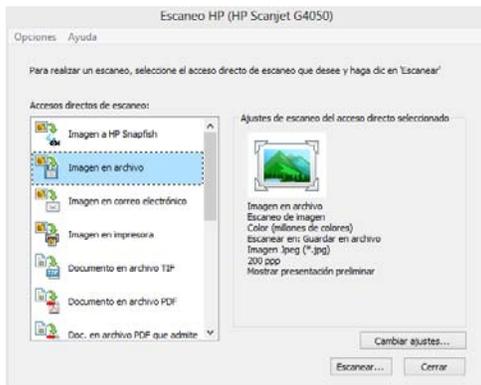


Figura A.35. Cuadro de ajustes para la captura de las imágenes



Figura A.36. Ejemplo de la muestra capturada con el escáner antes mencionado y las condiciones indicadas

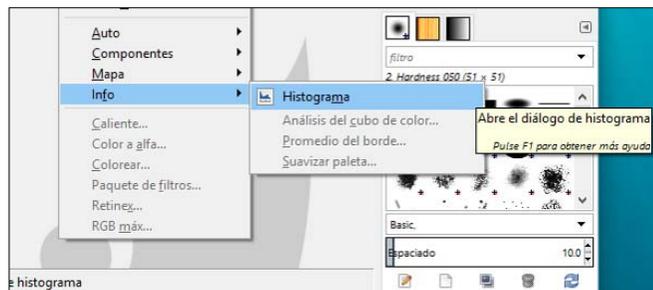


Figura A.37. Pasos a seguir para habilitar el histograma en el software GIMP

- ❖ Es necesario variar el canal deseado para obtener la matriz roja, verde y azul [Figura A.40] en cada caso

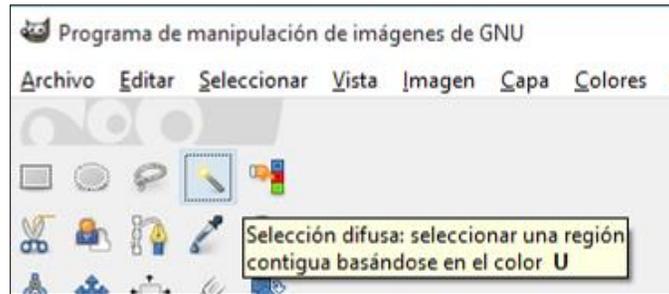


Figura A.38. Herramienta Selección Difusa

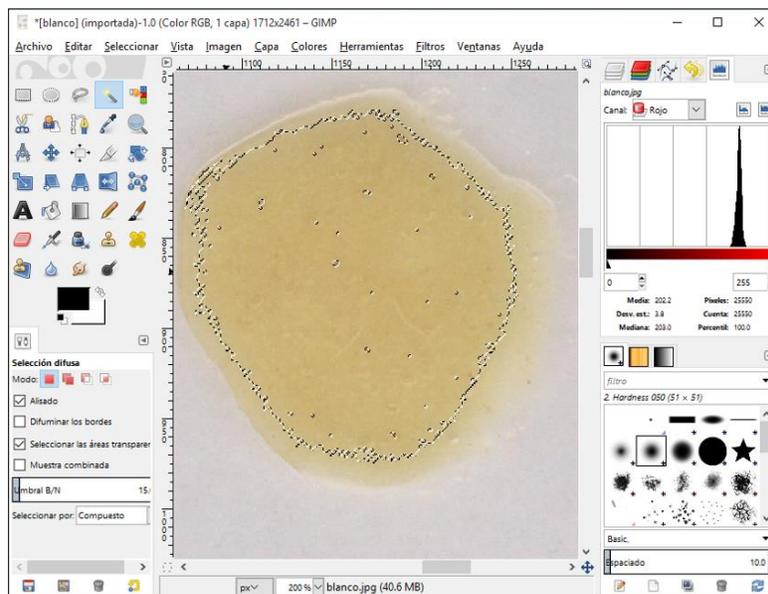


Figura A.39. Herramienta Selección Difusa aplicada sobre la muestra, se describe a la derecha el comportamiento del canal “Rojo” sobre la ventana del histograma

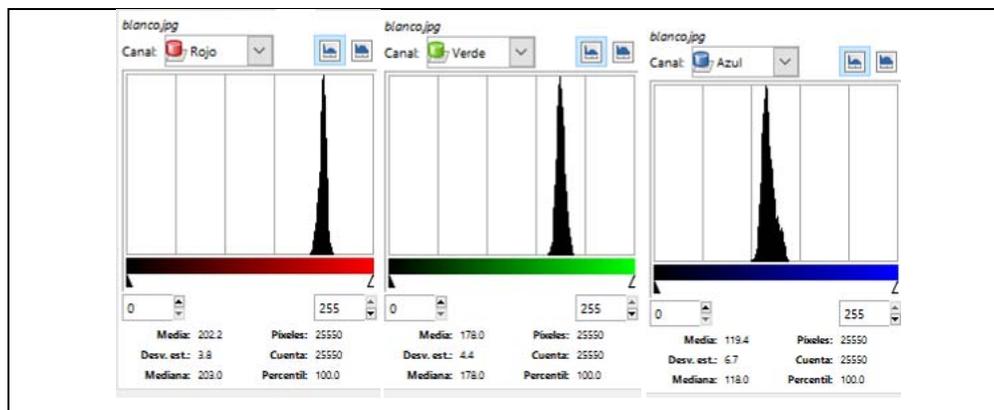


Figura A.40. Descripción RGB obtenida para la imagen, se muestra cada canal (rojo, verde, azul) de la imagen en cuestión

De las descripciones *RGB* se capturaron los datos para la “Media”, dichos datos son los que clasifican el color bajo ese espacio de color, por lo que una vez que se obtuvo esa información ésta se transformó mediante los algoritmos antes descritos para obtener, a partir de éstos, los parámetros L^*ab [Figura A.41].

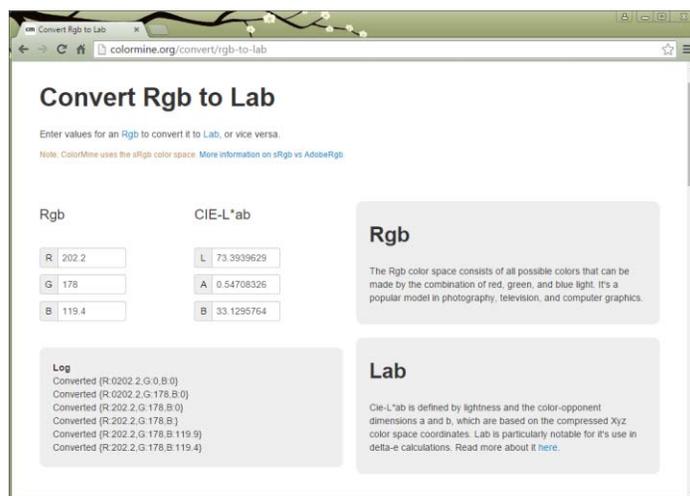


Figura A.41. Transformación del espacio de color RGB a L^*ab

Cabe mencionar que la técnica empleada para la obtención de los parámetros L^*ab , se puede considerar como una técnica cuantitativa, debido a que arroja datos cuantitativos capaces de describir el espacio de color que ocupan las muestras, pudiendo ser sometidos a un análisis de varianza y dar certeza del cambio en la coloración que ocurre con el paso del tiempo. El método presentado es una alternativa al uso de equipos sofisticados como el colorímetro triestímulo y a información susceptible de sesgo como una observación.

A.4.7. Caracterización reológica de *purés de guayaba*

La determinación de la viscosidad del puré de guayaba se efectuó con ayuda de un viscosímetro Brookfield rotacional digital DV-II +, como características generales, éste equipo contó con soporte, husillo y termopar [Figura A.42].

La determinación de la viscosidad se efectuó de la siguiente manera:

- ❖ Se colocó el viscosímetro en posición vertical y se conectó a la corriente eléctrica sin encenderlo.

- ❖ Se conectó el termopar al viscosímetro sin encender.
- ❖ Se niveló el viscosímetro empleando para ello la burbuja que se encuentra en la parte superior del mismo.
- ❖ Colocar el husillo deseado en el viscosímetro, enroscándolo en sentido contrario al movimiento del mismo, considerar que es importante conocer el número del mismo para operaciones posteriores.



Figura A.42. Viscosímetro Brookfield DV-II +

- ❖ Encender el equipo con el fin de que él mismo efectúe el auto-cero.
- ❖ Seleccionar en la parte frontal del viscosímetro la tecla: “SELECT SPINDLE (SP)”, y con las flechas ARRIBA/ABAJO seleccionar el número del husillo que se está empleando.

- ❖ Posteriormente se debe introducir el husillo en la muestra, en este caso dentro de frascos viales que contenían las diferentes muestras de purés de guayaba sometidas al recubrimiento con quitina-quitosana obtenida del cefalotórax de camarón y el blanco.
- ❖ Una vez que el husillo está introducido, se ha determinado la temperatura de la muestra y se ha corroborado que la burbuja se encuentra correctamente nivelada se procede a oprimir la tecla “ON/OFF” presente en la parte frontal del viscosímetro para iniciar la determinación.
- ❖ Durante el análisis se deben obtener diferentes parámetros a diferentes RPM, los parámetros son viscosidad (cP), y porcentaje de torque (%) con el fin de llenar una tabla como la siguiente [Figura A.43].

LÍQUIDO 1:					
No. de husillo:					
Radio y espesor del husillo:					
T (°C)	Ω (RPM)	TORQUE (%)		VISCOSIDAD (cP)	
		Corrida 1	Corrida 2	Corrida 1	Corrida 2
	1				
	2				
	4				
	5				
	10				
	20				
	50				
	100				

Figura A.43. Figura para captura de datos del viscosímetro Brookfield DV-II +

- ❖ La obtención de estos parámetros debe realizarse mientras el equipo está en funcionamiento y para cambiar entre mostrar uno u otro debe oprimirse en la pantalla del equipo la tecla “SELECT DISPLAY”.
- ❖ Para variar la velocidad del husillo debe oprimirse la tecla “SET SPEED” y posteriormente señalar con las teclas “ARRIBA/ABAJO” que RPM debe usar el equipo.
- ❖ Nótese en la figura anterior que existen dos corridas diferentes, una donde es ascendente el valor de las RPM y otra donde es descendente, ambas deben llevarse a cabo. Así también, es recomendable seleccionar correctamente el husillo a usar,

para esto es necesario efectuar una prueba previa a las determinaciones y si la lectura ofrece signos de error en la pantalla como “EEEEEE” o “-----” debe usarse un husillo diferente o cambiar la velocidad.

A.4.7.1. Cálculos para la elaboración de reogramas

Se tiene que el torque total para este caso es de $T_{total} = 7.1870 \times 10^{-4} \text{ kg m}^2 / \text{s}^2$, a partir de éste se calcula el valor del torque real para las RPM en cuestión mediante la Fórmula (1):

$$T_{real} = [(\% \text{Torque}) / 100] * T_{total} \quad (1)$$

Se procede a calcular el dato anterior con base en el porcentaje de torque dado por el dispositivo y la constante asociada al valor del torque total y con él, se puede calcular el esfuerzo cortante (τ) mediante la ecuación (2):

$$\tau = [T_{real} / (r * \text{aspin})] \quad (2)$$

donde:

r = radio del husillo

$\text{aspin} = 2\pi r^2$

Con base en los puntos anteriores, se puede calcular la rapidez de corte (γ) con base en la siguiente ecuación (3):

$$\tau = \eta * \gamma \quad (3)$$

donde:

η = Viscosidad

Cuidando convertir los datos al sistema internacional (SI), el esfuerzo cortante (τ) a [Pa] y la rapidez de corte (γ) a [s^{-1}] pueden elaborarse los reogramas de esfuerzo cortante *versus* tiempo, los cuales ofrecen información sobre el comportamiento de la viscosidad del fluido.

A.4.8. Determinación volumétrica del contenido de calcio en purés de guayaba

Para la determinación del contenido de calcio en los purés de guayaba, se siguió la metodología señalada por Moelants *et al.* (2014), para ello se preparó lo siguiente:

a. Preparación de la muestra

Se empleó el puré obtenido con base en la metodología anteriormente señalada (Véase apéndice A, apartado A.4.1). Posteriormente, se pesó 1g de este puré, el cual fue colocado en un matraz de Erlenmeyer de 250mL, a éste se le agregaron 90mL de agua destilada, se mezcló hasta la homogeneidad y posteriormente se agregaron 10mL de hidróxido de sodio (NaOH) 1M y aproximadamente 0.1g de la mezcla NaCl-Murexida (ésta debe prepararse de la siguiente forma: Mezclar 0.2g de Murexida con 100g de cloruro de sodio [NaCl]).

b. Preparación de la solución titulante (EDTA)

Una vez realizado lo anterior, se debe titular la mezcla con ayuda de una solución de EDTA 0.001M. Se considera al EDTA como un patrón primario, es por ello que debe pesarse con precaución. La preparación de la solución es de la manera siguiente: Secar el EDTA básico de sodio en una estufa a 80°C hasta obtener masa constante, disolver en agua destilada y llevar al aforo correspondiente.

En la titulación el punto de equilibrio de equivalencia se ve reflejado por el cambio de color del indicador. El vire del indicador esperado es hacia un color violeta azulado.

TABLAS DE RESULTADOS OBTENIDOS DURANTE EL ANÁLISIS EXPERIMENTAL EN BRÓCOLIS

Apartado B1. Resultados experimentales de la vida de anaquel en brócolis almacenados a temperatura de refrigeración (4°C)

Tabla B.1.1. Datos de la determinación del contenido de humedad en brócolis a 4°C

T = 4°C	Tipo de recubrimiento en estudio						
	Días	Blanco	Q-Qn	Q	Qn 1%	Qn 1.5%	Qn 2%
	D0	54.0 ± 0.6	42.2 ± 0.1	43.3 ± 0.0	44.6 ± 0.3	47.2 ± 0.8	52.0 ± 1.0
	D3	49.0 ± 0.6	38.7 ± 0.4	38.3 ± 0.0	39.6 ± 0.3	42.2 ± 0.8	47.8 ± 0.2
	D5	47.9 ± 0.0	39.2 ± 0.0	43.5 ± 0.0	44.0 ± 0.0	38.0 ± 0.0	42.9 ± 0.0
	D10	40.8 ± 0.0	42.0 ± 0.0	40.8 ± 0.0	43.1 ± 0.0	48.0 ± 0.0	43.7 ± 0.0
	D14	43.2 ± 0.0	32.7 ± 0.0	34.2 ± 0.0	34.7 ± 0.0	49.0 ± 0.0	42.9 ± 0.0
	D18	43.9 ± 0.2	28.6 ± 0.0	34.0 ± 0.0	37.7 ± 0.0	47.7 ± 0.0	38.0 ± 0.0
	D21	41.8 ± 1.3	31.4 ± 1.1	31.0 ± 0.9	31.5 ± 2.4	41.3 ± 0.0	34.7 ± 0.0

Tabla B.1.2. Datos de la determinación de los grados Brix (°Bx) en brócolis a 4°C

T = 4°C	Tipo de recubrimiento en estudio						
	Días	Blanco	Q-Qn	Q	Qn 1%	Qn 1.5%	Qn 2%
	D0	5.5 ± 0.3	22.0 ± 1.2	13.0 ± 0.6	10.5 ± 0.9	11.0 ± 0.6	9.5 ± 1.4
	D3	8.0 ± 0.6	22.5 ± 0.9	27.5 ± 1.4	6.5 ± 0.3	6.0 ± 0.0	6.2 ± 0.1
	D5	15.0 ± 0.0	26.0 ± 0.6	26.0 ± 0.0	7.0 ± 0.0	10.0 ± 0.0	7.0 ± 0.0
	D10	13.5 ± 0.9	25.0 ± 1.2	35.0 ± 2.9	13.5 ± 0.9	10.0 ± 0.0	10.0 ± 0.0
	D14	15.0 ± 0.6	37.5 ± 1.4	35.0 ± 2.9	11.0 ± 0.6	10.0 ± 0.0	8.0 ± 0.0
	D18	14.0 ± 0.6	40.0 ± 0.0	38.5 ± 0.9	10.0 ± 0.0	13.5 ± 0.9	11.0 ± 0.6
	D21	16.0 ± 1.2	42.5 ± 1.4	43.5 ± 0.9	15.0 ± 0.0	19.0 ± 0.6	10.0 ± 0.0

Tabla B.1.3. Datos de la determinación del valor de pH en brócolis a 4°C

T = 4°C	Tipo de recubrimiento en estudio						
	Días	Blanco	Q-Qn	Q	Qn 1%	Qn 1.5%	Qn 2%
	D0	6.121 ± 0.083	6.279 ± 0.023	6.255 ± 0.026	6.283 ± 0.054	6.281 ± 0.002	6.326 ± 0.012
	D3	6.061 ± 0.013	5.411 ± 0.132	5.142 ± 0.000	6.450 ± 0.029	5.570 ± 0.059	6.020 ± 0.011
	D5	6.338 ± 0.033	6.337 ± 0.094	6.313 ± 0.003	6.595 ± 0.019	6.320 ± 0.063	6.104 ± 0.007
	D10	5.722 ± 0.000	5.987 ± 0.000	6.151 ± 0.000	5.660 ± 0.101	5.731 ± 0.000	5.987 ± 0.000
	D14	5.791 ± 0.000	5.822 ± 0.182	6.067 ± 0.084	5.699 ± 0.053	5.606 ± 0.110	6.301 ± 0.042
	D18	6.690 ± 0.001	6.501 ± 0.014	6.645 ± 0.017	6.841 ± 0.017	6.740 ± 0.003	6.642 ± 0.028
	D21	6.155 ± 0.031	5.625 ± 0.049	5.687 ± 0.001	6.530 ± 0.037	6.226 ± 0.005	6.139 ± 0.175

Tabla B.1.4. Datos de la determinación del porcentaje de acidez en brócolis a 4°C

T = 4°C	Tipo de recubrimiento en estudio						
	Días	Blanco	Q-Qn	Q	Qn 1%	Qn 1.5%	Qn 2%
	D0	0.1090 ± 0.0080	0.1131 ± 0.0118	0.1070 ± 0.0056	0.0975 ± 0.0086	0.1002 ± 0.0002	0.0826 ± 0.0094
	D3	0.1029 ± 0.0076	0.1014 ± 0.0071	0.1012 ± 0.0001	0.0635 ± 0.0072	0.0756 ± 0.0074	0.0887 ± 0.0148
	D5	0.1305 ± 0.0023	0.0947 ± 0.0032	0.1074 ± 0.0243	0.0831 ± 0.0111	0.0640 ± 0.0074	0.0702 ± 0.0036
	D10	0.1188 ± 0.0035	0.1017 ± 0.0001	0.0766 ± 0.0001	0.0851 ± 0.0098	0.0917 ± 0.0080	0.0709 ± 0.0034
	D14	0.1215 ± 0.0028	0.1156 ± 0.0070	0.0830 ± 0.0036	0.0818 ± 0.0029	0.0972 ± 0.0104	0.0637 ± 0.0001
	D18	0.1143 ± 0.0117	0.0943 ± 0.0077	0.0467 ± 0.0037	0.0471 ± 0.0038	0.0534 ± 0.0002	0.0607 ± 0.0039
	D21	0.1351 ± 0.0005	0.1212 ± 0.0080	0.1006 ± 0.0042	0.0673 ± 0.0078	0.0893 ± 0.0029	0.0742 ± 0.0039

Tabla B.1.5. Datos de la determinación del contenido de vitamina C en brócolis a 4°C

T = 4°C	Días de análisis						
Films	0	3	5	10	14	18	21
Blanco	51.68 ± 3.32	49.74 ± 0.62	24.06 ± 0.28	17.39 ± 0.67	15.10 ± 2.01	13.53 ± 0.34	23.68 ± 1.86
Q-Qn	33.62 ± 0.00	34.74 ± 0.34	31.04 ± 1.01	33.85 ± 1.35	15.26 ± 1.63	11.13 ± 0.34	13.20 ± 1.52
Q	39.64 ± 1.24	38.00 ± 2.09	25.84 ± 0.33	22.02 ± 2.01	19.30 ± 0.34	18.82 ± 0.68	21.41 ± 1.00
Qn 1%	91.06 ± 0.00	117.25 ± 0.98	134.25 ± 1.31	50.74 ± 2.66	74.23 ± 0.34	38.58 ± 0.00	32.20 ± 0.34
Qn 1.5%	119.26 ± 0.00	139.40 ± 0.33	140.84 ± 2.38	125.48 ± 1.08	171.68 ± 17.5	117.83 ± 0.68	102.10 ± 4.74
Qn 2%	206.93 ± 3.32	229.11 ± 3.33	233.95 ± 3.75	218.60 ± 1.52	149.92 ± 0.98	131.83 ± 3.72	68.53 ± 0.00

Apartado B2. Resultados experimentales de la vida de anaquel en brócolis almacenados a temperatura ambiente (25°C)

Tabla B.2.1. Datos de la determinación del contenido de humedad en brócolis a 25°C

T = 25°C	Tipo de recubrimiento en estudio					
Días	Blanco	Q-Qn	Q	Qn 1%	Qn 1.5%	Qn 2%
D0	55.5 ± 4.4	49.2 ± 2.3	49.3 ± 2.9	55.9 ± 0.3	48.4 ± 0.2	51.7 ± 0.6
D3	50.4 ± 1.8	35.5 ± 0.4	34.1 ± 3.2	53.7 ± 0.9	49.1 ± 0.1	43.1 ± 0.0
D5	36.3 ± 1.3	24.0 ± 0.0	28.3 ± 1.9	33.5 ± 2.8	44.1 ± 0.3	39.6 ± 0.0
D10	34.1 ± 0.0	20.4 ± 0.0	26.8 ± 0.0	17.8 ± 0.0	18.6 ± 0.0	14.9 ± 0.0
D14	23.4 ± 0.0	24.5 ± 0.0	24.4 ± 0.0	8.5 ± 0.0	15.4 ± 0.0	6.7 ± 0.0
D18	16.7 ± 0.0	23.4 ± 0.0	32.1 ± 0.0	9.1 ± 0.0	11.4 ± 0.0	8.2 ± 0.0
D21	10.6 ± 0.0	22.4 ± 0.6	25.5 ± 0.0	8.9 ± 0.0	11.5 ± 1.6	7.8 ± 0.0

Tabla B.2.2. Datos de la determinación del contenido de °Bx en brócolis a 25°C

T = 25°C	Tipo de recubrimiento en estudio					
Días	Blanco	Q-Qn	Q	Qn 1%	Qn 1.5%	Qn 2%
D0	5.5 ± 0.3	11.0 ± 0.6	15.0 ± 0.6	7.5 ± 0.3	9.0 ± 0.6	7.0 ± 0.0
D3	15.0 ± 0.0	43.0 ± 0.6	33.5 ± 0.9	19.0 ± 0.6	12.0 ± 0.0	12.0 ± 0.0
D5	ND ²⁷	ND	ND	ND	ND	ND
D10	ND	ND	ND	ND	ND	ND
D14	ND	ND	ND	ND	ND	ND
D18	ND	ND	ND	ND	ND	ND
D21	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Tabla B.2.3. Datos de la determinación del contenido de pH en brócolis a 25°C

T = 25°C	Tipo de recubrimiento en estudio					
Días	Blanco	Q-Qn	Q	Qn 1%	Qn 1.5%	Qn 2%
D0	6.353 ± 0.015	6.377 ± 0.004	6.329 ± 0.024	6.324 ± 0.015	6.298 ± 0.008	6.340 ± 0.006
D3	6.070 ± 0.000	5.935 ± 0.000	5.798 ± 0.000	6.268 ± 0.000	6.143 ± 0.000	6.006 ± 0.034
D5	5.999 ± 0.000	5.759 ± 0.000	5.834 ± 0.000	6.226 ± 0.000	6.256 ± 0.000	6.129 ± 0.000
D10	6.364 ± 0.000	6.329 ± 0.000	6.434 ± 0.000	6.332 ± 0.000	5.884 ± 0.000	5.611 ± 0.000
D14	6.167 ± 0.000	6.091 ± 0.000	6.508 ± 0.000	6.015 ± 0.000	5.891 ± 0.000	5.408 ± 0.000
D18	6.503 ± 0.000	6.750 ± 0.016	5.963 ± 0.005	5.739 ± 0.000	5.618 ± 0.011	5.442 ± 0.000
D21	6.346 ± 0.000	6.330 ± 0.087	6.648 ± 0.024	6.058 ± 0.076	5.725 ± 0.000	5.742 ± 0.000

²⁷ (ND) No determinado debido a que la muestra se deshidrata y no hay obtención del líquido suficiente para la determinación

Tabla B.2.4. Datos de la determinación del contenido de acidez en brócolis a 25°C

T = 25°C	Tipo de recubrimiento en estudio					
Días	Blanco	Q-Qn	Q	Qn 1%	Qn 1.5%	Qn 2%
D0	0.2849 ± 0.0025	0.1453 ± 0.0066	0.0933 ± 0.0002	0.0975 ± 0.0086	0.1002 ± 0.0002	0.0826 ± 0.0094
D3	0.2690 ± 0.0024	0.1428 ± 0.0005	0.1132 ± 0.0002	0.1721 ± 0.0033	0.1220 ± 0.0030	0.1479 ± 0.0090
D5	0.2833 ± 0.0026	0.1526 ± 0.0000	0.1197 ± 0.0034	0.1644 ± 0.0034	0.1449 ± 0.0030	0.3599 ± 0.0053
D10	0.1280 ± 0.0001	0.0622 ± 0.0001	0.0868 ± 0.0016	0.2061 ± 0.0006	0.2333 ± 0.0007	0.2987 ± 0.0014
D14	0.1535 ± 0.0019	0.0985 ± 0.0016	0.0510 ± 0.0001	0.2234 ± 0.0030	0.2122 ± 0.0002	0.2510 ± 0.0040
D18	0.1742 ± 0.0033	0.0269 ± 0.0000	0.0881 ± 0.0035	0.2047 ± 0.0296	0.2586 ± 0.0074	0.2804 ± 0.0161
D21	0.1471 ± 0.0018	0.0604 ± 0.0038	0.0404 ± 0.0000	0.1917 ± 0.0064	0.2232 ± 0.0034	0.2717 ± 0.0031

Tabla B.2.5. Datos de la determinación del contenido de vitamina C en brócolis a 25°C

25°C	Tipo de recubrimiento en estudio					
Días	Blanco	Q-Qn	Q	Qn 1%	Qn 1.5%	Qn 2%
D0	56.7914 ± 0.0000	34.9645 ± 0.0000	51.9985 ± 0.6127	21.6561 ± 0.0000	67.9164 ± 0.0000	210.5073 ± 0.3093
D3	23.7578 ± 0.3346	37.7110 ± 1.6748	43.4894 ± 0.6124	53.2468 ± 3.4158	136.7851 ± 13.0175	252.9866 ± 2.3370
D5	21.5963 ± 0.0000	18.8407 ± 0.9889	12.4523 ± 0.0000	263.5276 ± 17.8009	109.0155 ± 1.7011	370.5814 ± 0.0000
D10	17.0804 ± 2.3803	17.7091 ± 0.0000	18.1141 ± 1.0121	204.3622 ± 5.3938	237.4618 ± 0.6688	1161.4780 ± 0.0000
D14	15.5313 ± 0.9963	16.4709 ± 2.0377	13.5973 ± 1.9626	258.0488 ± 1.6740	780.2661 ± 11.8105	1136.3517 ± 2.6778
D18	24.9595 ± 1.0054	13.5297 ± 0.3396	9.9188 ± 0.3369	570.1761 ± 67.2243	700.1758 ± 12.4332	1002.9106 ± 23.7030
D21	12.7794 ± 0.6707	14.0342 ± 1.3504	18.1230 ± 1.6876	466.4063 ± 12.1480	688.8812 ± 3.3422	1088.8493 ± 6.6877

Apartado B3. Resultados experimentales de la vida de anaquel en brócolis almacenados a temperatura de adversa (35°C)

Tabla B.3.1. Datos de la determinación del contenido de humedad en brócolis a 35°C

T = 35°C	Tipo de recubrimiento en estudio					
Días	Blanco	Q-Qn	Q	Qn 1%	Qn 1.5%	Qn 2%
D0	54.6 ± 2.2	47.7 ± 0.2	40.8 ± 0.0	59.4 ± 2.5	58.2 ± 0.0	43.0 ± 0.0
D3	48.6 ± 2.2	41.7 ± 0.2	34.8 ± 0.0	53.4 ± 2.5	52.2 ± 0.0	37.0 ± 0.0
D5	21.3 ± 0.0	38.2 ± 0.1	30.4 ± 1.7	40.9 ± 0.0	8.7 ± 0.0	6.7 ± 0.0
D14	6.8 ± 0.0	8.3 ± 0.0	14.0 ± 0.0	8.0 ± 0.0	4.0 ± 0.0	4.4 ± 0.0
D21	4.5 ± 0.0	8.0 ± 0.0	12.5 ± 0.0	4.3 ± 0.0	4.4 ± 0.0	6.5 ± 0.0

Tabla B.3.2. Datos de la determinación del valor de °Bx en brócolis a 35°C

T = 35°C	Tipo de recubrimiento en estudio					
Días	Blanco	Q-Qn	Q	Qn 1%	Qn 1.5%	Qn 2%
D0	6.5 ± 0.3	12.0 ± 0.0	13.0 ± 0.6	11.0 ± 0.6	10.0 ± 1.2	8.5 ± 0.3
D3²⁸	32.0 ± 0.0	35.0 ± 0.0	30.0 ± 0.0	35.0 ± 0.0	37.5 ± 0.3	34.0 ± 0.6

²⁸ Para el resto de los días en estudio (5, 11, 14, 18 y 21) estos valores no fueron determinados debido a que la muestra se deshidrata y no hay obtención de materia prima para los análisis

Tabla B.3.3. Datos de la determinación del valor del pH en brócolis a 35°C

T = 35°C	Tipo de recubrimiento en estudio					
Días	Blanco	Q-Qn	Q	Qn 1%	Qn 1.5%	Qn 2%
D0	6.300 ± 0.010	6.411 ± 0.003	6.357 ± 0.002	6.308 ± 0.007	6.308 ± 0.003	6.322 ± 0.002
D3	5.946 ± 0.002	5.190 ± 0.000	5.398 ± 0.101	5.918 ± 0.000	5.955 ± 0.000	5.986 ± 0.000
D5	6.070 ± 0.000	6.070 ± 0.000	6.180 ± 0.000	6.511 ± 0.000	5.977 ± 0.000	5.957 ± 0.000
D14	5.839 ± 0.000	5.866 ± 0.000	6.221 ± 0.000	6.023 ± 0.000	5.697 ± 0.000	5.687 ± 0.000
D21	6.170 ± 0.000	6.239 ± 0.029	6.248 ± 0.066	6.136 ± 0.000	5.778 ± 0.000	5.900 ± 0.000

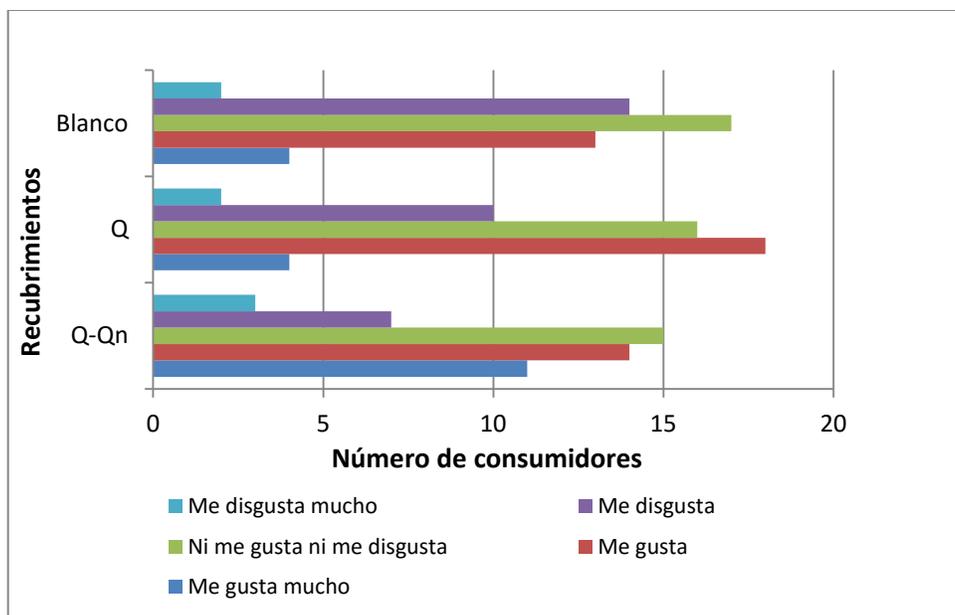
Tabla B.3.4. Datos de la determinación del valor del % de acidez en brócolis a 35°C

35°C	Tipo de recubrimiento en estudio					
Días	Blanco	Q-Qn	Q	Qn 1%	Qn 1.5%	Qn 2%
D0	0.0804 ± 0.0072	0.1341 ± 0.0003	0.0870 ± 0.0030	0.0975 ± 0.0086	0.1002 ± 0.0002	0.0826 ± 0.0094
D3	0.0693 ± 0.0106	0.1391 ± 0.0067	0.1463 ± 0.0022	0.2464 ± 0.0007	0.1503 ± 0.0051	0.2401 ± 0.0167
D5	0.2238 ± 0.0013	0.1271 ± 0.0005	0.0983 ± 0.0006	0.2095 ± 0.0068	0.1685 ± 0.0000	0.2167 ± 0.0097
D14	0.2445 ± 0.0091	0.1817 ± 0.0036	0.0769 ± 0.0001	0.2280 ± 0.0061	0.2128 ± 0.0004	0.2212 ± 0.0139
D21	0.1331 ± 0.0041	0.0536 ± 0.0076	0.0667 ± 0.0017	0.2963 ± 0.0042	0.2209 ± 0.0081	0.2153 ± 0.0016

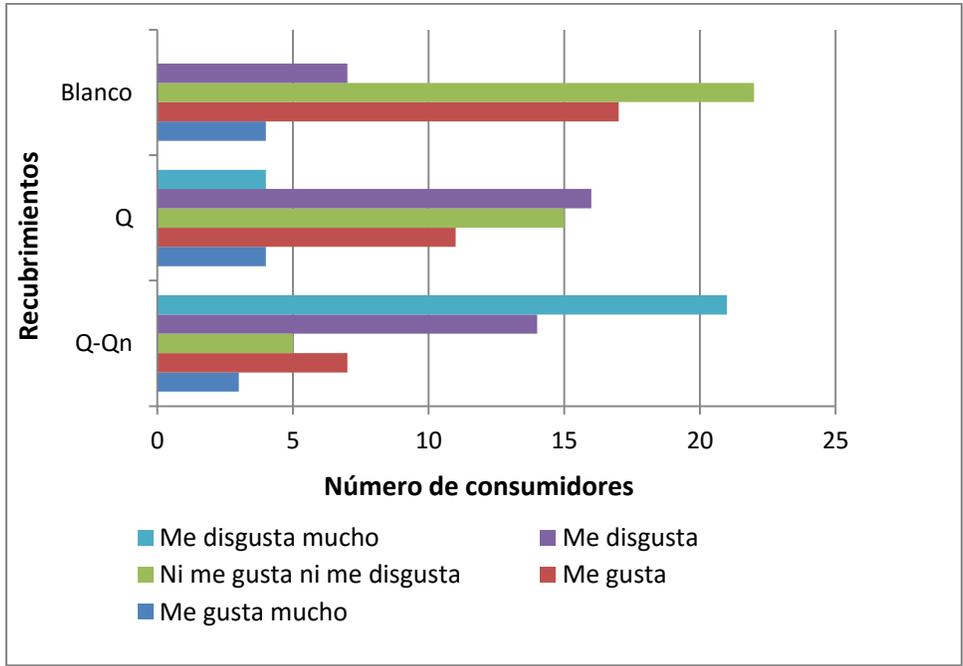
Tabla B.3.5. Datos de la determinación del contenido de ácido ascórbico en brócolis a 35°C

35°C	Tipo de recubrimiento en estudio					
Días	Blanco	Q-Qn	Q	Qn 1%	Qn 1.5%	Qn 2%
D0	31.6147 ± 1.6593	33.1459 ± 0.6599	39.5224 ± 0.3126	37.7177 ± 0.0000	130.5341 ± 0.6729	215.7469 ± 0.3235
D3	23.6239 ± 0.0000	35.9655 ± 0.0000	34.6620 ± 2.8589	84.4114 ± 0.0000	146.0451 ± 0.0000	250.2222 ± 3.0737
D5	16.9120 ± 1.6835	14.6262 ± 1.0133	15.6684 ± 1.0051	127.9833 ± 1.3558	362.1442 ± 4.3911	495.9775 ± 4.7725
D14	16.8754 ± 0.6495	9.8828 ± 0.0000	13.6850 ± 0.6078	108.6566 ± 0.7650	192.0378 ± 0.3659	658.5580 ± 0.0000
D21	21.4452 ± 1.0039	11.8976 ± 0.9813	7.7973 ± 0.6431	73.0189 ± 5.5288	372.6341 ± 3.4149	199.9544 ± 6.7908

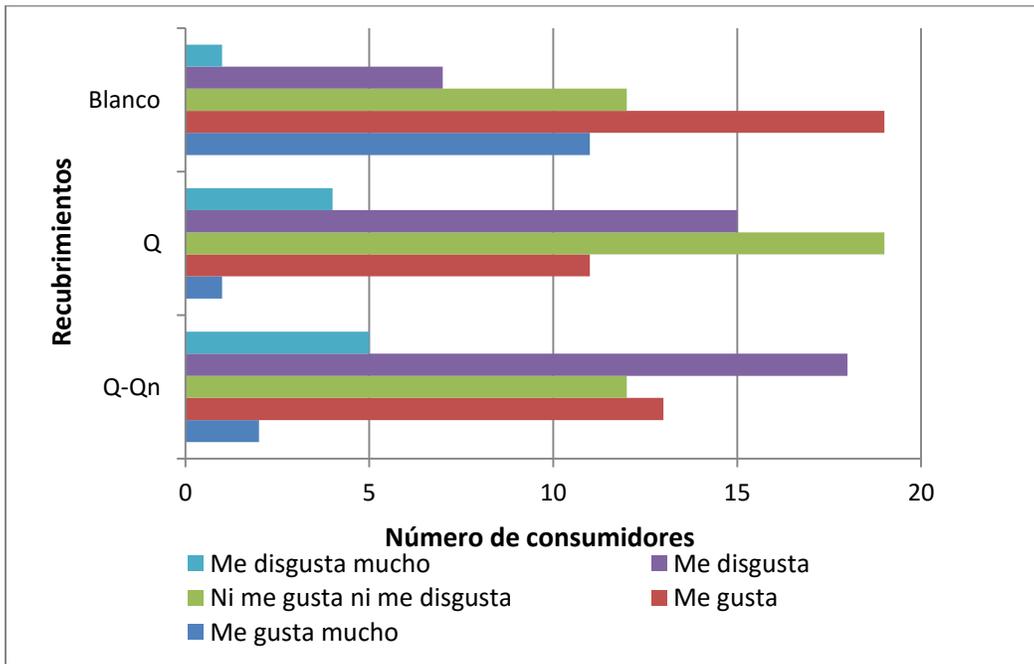
Apartado B4. Resultados de evaluación sensorial con consumidores en brócolis al tercer día de ser recubiertos



Gráfica 4.17. Comparación del nivel de agrado de los brócolis referente al color por los consumidores



Gráfica 4.18. Comparación del nivel de agrado de los brócolis referente al olor por los consumidores



Gráfica 4.19. Comparación del nivel de agrado de los brócolis referente a la textura por los consumidores

TABLAS DE RESULTADOS OBTENIDOS DURANTE EL ANÁLISIS EXPERIMENTAL EN PURÉ DE GUAYABA
Apartado C1: Resultados de las determinaciones de humedad en puré de guayaba
Tabla C1.1. Datos de contenido de humedad (H%) obtenido experimentalmente a la temperatura de 4°C

	Blanco	Q-Qn	Q	Qn 1.5%	Qn 2%
D0	86.88 ± 0.23	86.10 ± 0.05	85.28 ± 0.06	85.93 ± 0.03	86.54 ± 0.01
D3	86.41 ± 0.02	87.40 ± 0.09	87.17 ± 0.09	85.92 ± 0.06	87.59 ± 0.39
D6	83.96 ± 0.56	87.02 ± 0.04	87.11 ± 0.10	85.18 ± 0.02	85.70 ± 0.03
D9	85.30 ± 0.03	86.93 ± 0.06	86.15 ± 0.01	85.29 ± 0.04	84.32 ± 0.14
D13	85.42 ± 0.01	87.18 ± 0.07	85.36 ± 0.29	85.28 ± 0.05	85.19 ± 0.02
D15	84.58 ± 0.01	85.03 ± 0.15	87.31 ± 0.01	84.05 ± 0.06	83.20 ± 1.04

Tabla C1.2. Datos de H% obtenidos experimentalmente a la temperatura de 25°C

	Blanco	Q-Qn	Q	Qn 1.5%	Qn 2%
D3 ²⁹	97.0 ± 0.05	95.9 ± 0.05	95.7 ± 0.05	98.6 ± 0.05	97.1 ± 0.05
D6	96.0 ± 0.05	95.5 ± 0.05	94.0 ± 0.05	98.7 ± 0.05	97.2 ± 0.05
D9	95.7 ± 0.05	91.1 ± 0.05	93.5 ± 0.05	95.7 ± 0.05	95.0 ± 0.05
D13	76.7 ± 0.05	88.9 ± 0.05	89.2 ± 0.05	91.3 ± 0.05	94.1 ± 0.05
D15	84.7 ± 0.05	87.8 ± 0.05	89.3 ± 0.05	94.2 ± 0.05	88.5 ± 0.05

Tabla C1.3. Datos de H% obtenidos experimentalmente a la temperatura de 35°C

	Blanco	Q-Qn	Q	Qn 1.5%	Qn 2%
D0	86.20 ± 0.03	85.79 ± 0.13	89.09 ± 1.37	85.57 ± 0.01	84.71 ± 0.04
D3	83.93 ± 0.02	86.03 ± 0.06	83.50 ± 0.05	84.27 ± 0.06	84.05 ± 0.16
D6	83.94 ± 0.07	84.07 ± 0.02	81.24 ± 0.00	82.41 ± 0.63	81.75 ± 0.11
D9	82.84 ± 0.05	76.84 ± 0.09	80.00 ± 0.09	79.20 ± 0.10	81.19 ± 0.10
D13	71.58 ± 0.13	69.54 ± 2.19	78.04 ± 4.31	77.72 ± 0.28	74.29 ± 0.47
D15	56.76 ± 0.06	56.75 ± 0.00	58.93 ± 0.34	66.23 ± 0.23	69.58 ± 0.50

Apartado C2: Resultados de °Bx en el puré de la fruta
Tabla C2.1. Datos de grados brix obtenidos experimentalmente a la temperatura de 4°C

	Blanco	Q-Qn	Q	Qn 1.5%	Qn 2%
D0	11.4 ± 0.6	11.2 ± 0.1	12.2 ± 0.0	11.8 ± 0.3	11.4 ± 0.8
D3	11.2 ± 0.6	10.8 ± 0.4	10.8 ± 0.0	11.0 ± 0.3	10.4 ± 0.8
D6	12.0 ± 0.1	11.2 ± 0.1	11.0 ± 0.0	11.8 ± 0.0	11.0 ± 0.0
D9	11.0 ± 0.1	11.2 ± 0.1	11.2 ± 0.0	12.0 ± 0.0	11.6 ± 0.0
D13	11.0 ± 0.1	10.6 ± 0.1	11.8 ± 0.0	11.8 ± 0.0	12.0 ± 0.0
D15	12.4 ± 0.2	13.0 ± 0.1	11.0 ± 0.0	12.2 ± 0.0	12.0 ± 0.0

²⁹ La ausencia del dato del día 0 se debe a que el día de la determinación se empleó una termobalanza, sin embargo, ésta dejó de operar los días subsiguientes por lo que se optó por realizar las determinaciones mediante técnicas gravimétricas y al tratarse de técnicas diferentes no pueden ser reproducibles en otros experimentos por lo que se omitió este valor

Tabla C2.2. Datos de grados brix obtenidos experimentalmente a la temperatura de 25°C

	Blanco	Q-Qn	Q	Qn 1.5%	Qn 2%
D0	11.0 ± 0.1	12.0 ± 0.1	13.0 ± 0.1	13.0 ± 0.1	12.0 ± 0.1
D3	12.0 ± 0.1	14.0 ± 0.1	12.0 ± 0.1	10.0 ± 0.1	12.0 ± 0.1
D6	12.4 ± 0.1	11.0 ± 0.1	13.0 ± 0.1	12.6 ± 0.1	10.2 ± 0.1
D9	9.0 ± 0.1	10.0 ± 0.1	11.0 ± 0.1	13.0 ± 0.1	11.0 ± 0.1
D13	11.0 ± 0.1	12.0 ± 0.1	11.5 ± 0.1	12.0 ± 0.1	10.0 ± 0.1
D15	11.0 ± 0.1	13.0 ± 0.1	11.0 ± 0.1	9.0 ± 0.1	11.2 ± 0.1

Tabla C2.3. Datos de grados brix obtenidos experimentalmente a la temperatura de 35°C

	Blanco	Q-Qn	Q	Qn 1.5%	Qn 2%
D0	11.4 ± 0.1	11.8 ± 0.1	11.2 ± 0.1	11.2 ± 0.1	11 ± 0.8
D3	11.2 ± 0.1	11.2 ± 0.4	13.8 ± 0.1	13.0 ± 0.1	12 ± 0.8
D6	12.0 ± 0.1	13.6 ± 0.1	15.2 ± 0.1	13.4 ± 0.1	14 ± 0.1
D9	14.2 ± 0.1	18.0 ± 0.1	17.0 ± 0.1	17.0 ± 0.1	15 ± 0.1
D13	22.0 ± 0.1	31.0 ± 0.1	25.0 ± 0.1	18.0 ± 0.1	21 ± 0.1
D15	35.0 ± 0.1	36.0 ± 0.1	38.0 ± 0.1	38.0 ± 0.1	25 ± 0.1

Apartado C3: Resultados del valor de pH en las muestras**Tabla C3.1.** Datos del valor del pH en muestras de puré de guayaba a 4°C

4°C	Blanco	Q-Qn	Q	Qn 1.5%	Qn 2%
D0	4.189 ± 0.003	4.140 ± 0.007	4.152 ± 0.010	4.187 ± 0.003	4.159 ± 0.007
D3	3.640 ± 0.005	3.586 ± 0.014	3.616 ± 0.004	3.669 ± 0.003	3.632 ± 0.008
D6	3.708 ± 0.003	3.726 ± 0.004	3.625 ± 0.001	3.659 ± 0.004	3.628 ± 0.002
D9	3.928 ± 0.012	3.800 ± 0.008	3.873 ± 0.004	3.997 ± 0.013	4.012 ± 0.006
D13	3.709 ± 0.001	3.584 ± 0.019	3.649 ± 0.017	3.635 ± 0.004	3.722 ± 0.005
D15	3.762 ± 0.005	3.679 ± 0.017	3.612 ± 0.013	3.844 ± 0.005	3.769 ± 0.009

Tabla C3.2. Datos del valor del pH en muestras de puré de guayaba a 25°C

25°C	Blanco	Q-Qn	Q	Qn 1.5%	Qn 2%
D0	3.857 ± 0.004	3.756 ± 0.007	3.716 ± 0.011	3.851 ± 0.071	3.887 ± 0.009
D3	3.808 ± 0.037	3.785 ± 0.003	3.615 ± 0.001	3.776 ± 0.003	3.666 ± 0.013
D6	3.710 ± 0.001	3.829 ± 0.001	3.782 ± 0.001	3.871 ± 0.015	3.927 ± 0.004
D9	4.314 ± 0.037	3.885 ± 0.006	3.781 ± 0.009	3.912 ± 0.002	3.987 ± 0.006
D13	3.754 ± 0.002	3.515 ± 0.002	3.542 ± 0.002	3.525 ± 0.002	3.510 ± 0.001
D15	3.762 ± 0.002	3.775 ± 0.003	3.708 ± 0.007	3.866 ± 0.001	3.919 ± 0.001

Tabla C3.3. Datos del valor del pH en muestras de puré de guayaba a 35°C

35°C	Blanco	Q-Qn	Q	Qn 1.5%	Qn 2%
D0	4.273 ± 0.007	4.165 ± 0.001	4.180 ± 0.003	4.206 ± 0.012	4.238 ± 0.013
D3	3.749 ± 0.024	3.629 ± 0.011	3.752 ± 0.027	3.776 ± 0.002	3.681 ± 0.010
D6	3.899 ± 0.011	3.705 ± 0.003	3.648 ± 0.004	3.764 ± 0.002	3.682 ± 0.007
D9	4.193 ± 0.024	4.127 ± 0.038	4.175 ± 0.001	4.234 ± 0.013	4.216 ± 0.009
D13	3.726 ± 0.000	3.596 ± 0.000	3.866 ± 0.000	3.608 ± 0.015	3.615 ± 0.018
D15	3.651 ± 0.000	3.523 ± 0.000	3.746 ± 0.000	3.702 ± 0.017	3.654 ± 0.036

Apartado C4: Resultados del valor del % de acidez de las muestras

Tabla C4.1. Datos del valor del % de acidez en muestras de puré de guayaba a 4°C

4°C	Blanco	Q-Qn	Q	Qn 1.5%	Qn 2%
D0	0.647 ± 0.007	0.718 ± 0.012	0.676 ± 0.015	0.654 ± 0.005	0.645 ± 0.011
D3	0.706 ± 0.009	0.748 ± 0.004	0.789 ± 0.004	0.695 ± 0.009	0.762 ± 0.006
D6	0.578 ± 0.007	0.706 ± 0.005	0.772 ± 0.007	0.714 ± 0.010	0.758 ± 0.003
D9	0.328 ± 0.023	0.758 ± 0.008	0.832 ± 0.010	0.690 ± 0.003	0.743 ± 0.008
D13	0.665 ± 0.009	0.677 ± 0.013	0.715 ± 0.011	0.655 ± 0.006	0.660 ± 0.009
D15	0.665 ± 0.027	0.685 ± 0.005	0.810 ± 0.001	0.666 ± 0.007	0.696 ± 0.013

Tabla C4.2. Datos del valor del % de acidez en muestras de puré de guayaba a 25°C

25°C	Blanco	Q-Qn	Q	Qn 1.5%	Qn 2%
D0	0.483 ± 0.009	0.505 ± 0.002	0.610 ± 0.004	0.453 ± 0.009	0.443 ± 0.011
D3	0.520 ± 0.005	0.474 ± 0.002	0.686 ± 0.004	0.445 ± 0.005	0.558 ± 0.009
D6	0.652 ± 0.004	0.543 ± 0.005	0.637 ± 0.003	0.635 ± 0.006	0.493 ± 0.005
D9	0.366 ± 0.002	0.556 ± 0.003	0.455 ± 0.005	0.465 ± 0.000	0.484 ± 0.004
D13	0.382 ± 0.003	0.593 ± 0.001	0.566 ± 0.011	0.722 ± 0.007	0.586 ± 0.001
D15	0.592 ± 0.002	0.621 ± 0.013	0.570 ± 0.029	0.402 ± 0.004	0.531 ± 0.006

Tabla C4.3. Datos del valor del % de acidez en muestras de puré de guayaba a 35°C

35°C	Blanco	Q-Qn	Q	Qn 1.5%	Qn 2%
D0	0.651 ± 0.005	0.747 ± 0.015	0.694 ± 0.009	0.697 ± 0.016	0.585 ± 0.004
D3	0.653 ± 0.004	0.791 ± 0.008	0.692 ± 0.005	0.604 ± 0.004	0.700 ± 0.007
D6	0.660 ± 0.003	0.867 ± 0.005	0.984 ± 0.004	0.734 ± 0.007	0.861 ± 0.000
D9	0.712 ± 0.013	0.859 ± 0.017	0.987 ± 0.019	0.770 ± 0.019	0.930 ± 0.002
D13	1.188 ± 0.000	1.438 ± 0.000	1.373 ± 0.000	1.096 ± 0.010	1.183 ± 0.003
D15	1.616 ± 0.000	2.077 ± 0.000	1.748 ± 0.000	1.424 ± 0.024	1.431 ± 0.029

Apartado C5: Determinación del valor de ácido ascórbico

Tabla C5.1. Datos del valor de vitamina C en muestras de puré de guayaba a 4°C

4°C	Blanco	Q-Qn	Q	Qn 1.5%	Qn 2%
D0	323.95 ± 4.21	416.07 ± 3.82	374.11 ± 8.50	325.19 ± 0.00	393.59 ± 4.14
D3	374.99 ± 0.00	352.58 ± 3.63	381.98 ± 4.15	317.77 ± 3.49	367.53 ± 3.79
D6	343.35 ± 0.00	355.71 ± 4.14	376.45 ± 4.38	318.76 ± 12.26	421.10 ± 3.73
D9	302.29 ± 3.98	352.70 ± 3.88	461.41 ± 8.62	330.57 ± 6.58	275.79 ± 7.77
D13	303.87 ± 12.66	376.94 ± 7.50	349.56 ± 6.51	380.71 ± 10.95	404.12 ± 3.71
D15	284.76 ± 4.25	336.55 ± 3.96	558.41 ± 4.26	248.72 ± 3.66	373.85 ± 14.39

Tabla C5.2. Datos del valor de vitamina C en muestras de puré de guayaba a 25°C

25°C	Blanco	Q-Qn	Q	Qn 1.5%	Qn 2%
D0	160.66 ± 7.14	158.13 ± 4.16	216.82 ± 6.95	156.44 ± 14.55	132.31 ± 4.13
D3	168.08 ± 8.20	193.15 ± 14.82	241.03 ± 4.30	174.61 ± 0.00	239.01 ± 4.27
D6	193.44 ± 0.00	189.63 ± 4.31	237.23 ± 6.85	176.88 ± 8.63	178.04 ± 0.00
D9	111.34 ± 4.28	172.21 ± 4.31	192.85 ± 0.00	120.44 ± 4.15	181.39 ± 4.12
D13	94.89 ± 4.13	215.01 ± 4.13	129.26 ± 4.04	109.41 ± 3.77	222.15 ± 4.19
D15	185.84 ± 0.00	198.30 ± 7.93	126.37 ± 0.00	268.03 ± 8.25	132.35 ± 8.27

Tabla C5.3. Datos del valor de vitamina C en muestras de puré de guayaba a 35°C

35°C	Blanco	Q-Qn	Q	Qn 1.5%	Qn 2%
D0	335.32 ± 0.00	390.37 ± 0.00	343.28 ± 4.29	370.15 ± 0.00	370.49 ± 8.62
D3	271.10 ± 3.57	425.53 ± 4.21	292.62 ± 3.66	301.38 ± 7.83	328.32 ± 8.31
D6	284.69 ± 4.25	232.99 ± 3.76	303.49 ± 3.84	200.96 ± 4.10	272.63 ± 6.56
D9	77.81 ± 0.00	109.74 ± 7.84	190.76 ± 4.15	77.14 ± 3.86	211.08 ± 7.54
D13	225.80 ± 7.06	317.72 ± 0.00	144.92 ± 10.35	328.06 ± 8.63	490.09 ± 33.57
D15	101.15 ± 7.78	153.65 ± 0.00	102.37 ± 9.31	91.93 ± 4.18	489.78 ± 12.89

Apartado C6: Determinación del contenido de calcio entre purés de guayaba

Tabla C.6.1. Datos del contenido de calcio en muestras de puré de guayaba a 4°C

4°C	Blanco	Q-Qn
D0	0.8627 ± 0.1368	6.0831 ± 0.5748

Apartado C7: Evaluación sensorial en bebidas elaboradas con guayabas

Tabla C7.1. Cantidad de personas entrevistadas, género, edad promedio³⁰

Bebida estudiada	Parámetro	Me gusta mucho	Me gusta	Ni me gusta Ni me disgusta	Me disgusta	Me disgusta Mucho	Mejor Mtra ³¹	Peor Mtra
Jumex	Color	4	18	18	10	1	17	21
	Aroma	11	31	4	4	1		
Q-Qn	Color	8	20	19	3	1	23	8
	Aroma	18	22	10	1	0		
Control	Color	5	19	15	12	0	11	22
	Aroma	9	21	15	6	0		
Participantes: 51		Mujeres: 29			Hombres: 22			

³⁰ Las preguntas realizadas pueden consultarse en el Apéndice I, los títulos asignados en la presente tabla corresponden a la escala hedónica empleada, en este caso de cinco puntos desde me gusta mucho a me disgusta mucho

³¹ Las muestras referidas en el presente apartado fueron aleatorizadas, con fines de practicidad en el vaciado de datos, aquellas correspondientes al número 879 fueron las elaboradas con purés de guayaba recubiertas con la biopelícula Q-Qn, las muestras con el código 154 fueron las del jugo comercial, mientras que las del código 426 fueron elaboradas con guayabas sin recubrir

**TABLAS DE RESULTADOS DE LA DETERMINACIÓN DE
LOS PARÁMETROS L*ab MEDIANTE LA TÉCNICA RGB A
PURÉ DE GUAYABA**

**Apartado D1: Resultados de la cuantificación del color mediante la técnica RGB-CIE-
L*ab para la vida de anaquel en guayabas a 4°C**

Tabla D.1. 1. a. Código RGB en los lotes de guayaba almacenados a 4°C para el día 0

Parámetro	Blanco	Q-Qn	Q 0.3%	Qn 1.5%	Qn 2%
R	208.9 ± 4.0	209.6 ± 1.0	208.2 ± 1.8	211.7 ± 1.8	213.2 ± 2.1
G	202.0 ± 3.7	200.3 ± 1.2	198.4 ± 1.5	202.8 ± 1.2	201.6 ± 2.0
B	158.1 ± 2.3	151.9 ± 1.7	146.9 ± 0.8	152.2 ± 1.2	149.0 ± 1.1

**Tabla D.1. 1. b. Código L*ab obtenido a partir de la caracterización RGB en los lotes de guayaba
almacenados a 4°C para el día 0**

Parámetro	Blanco	Q-Qn	Q 0.3%	Qn 1.5%	Qn 2%
L	80.88 ± 1.33	80.38 ± 0.42	79.68 ± 0.54	81.21 ± 0.44	80.96 ± 0.71
a	-4.58 ± 0.08	-4.28 ± 0.09	-4.52 ± 0.07	-4.72 ± 0.08	-3.94 ± 0.08
b	22.83 ± 0.66	25.44 ± 0.50	27.11 ± 0.77	26.41 ± 1.10	27.80 ± 0.39

Tabla D.1. 2. a. Código RGB en los lotes de guayaba almacenados a 4°C para el día 3

Parámetro	Blanco	Q-Qn	Q 0.3%	Qn 1.5%	Qn 2%
R	214.5 ± 2.6	210.3 ± 1.3	213.5 ± 1.9	210.4 ± 1.6	210.9 ± 2.0
G	203.4 ± 3.0	198.7 ± 1.4	203.6 ± 1.9	198.8 ± 1.5	200.5 ± 2.0
B	152.1 ± 2.4	144.3 ± 1.0	149.1 ± 1.8	147.4 ± 1.1	148.9 ± 1.7

**Tabla D.1. 2. b. Código L*ab obtenido a partir de la caracterización RGB en los lotes de guayaba
almacenados a 4°C para el día 3**

Parámetro	Blanco	Q-Qn	Q 0.3%	Qn 1.5%	Qn 2%
L	81.58 ± 1.03	80.06 ± 0.63	81.49 ± 0.67	79.97 ± 0.54	80.48 ± 0.72
a	-3.94 ± 0.25	-4.29 ± 0.32	-4.85 ± 0.04	-3.78 ± 0.04	-4.24 ± 0.08
b	27.02 ± 0.15	28.79 ± 0.17	28.47 ± 0.26	27.27 ± 0.19	27.15 ± 0.13

Tabla D.1. 3. a. Código RGB en los lotes de guayaba almacenados a 4°C para el día 6

Parámetro	Blanco	Q-Qn	Q 0.3%	Qn 1.5%	Qn 2%
R	211.0 ± 3.4	212.2 ± 3.1	214.7 ± 3.3	208.7 ± 1.4	209.2 ± 1.8
G	199.6 ± 3.8	201.4 ± 3.2	203.7 ± 3.6	196.3 ± 1.2	197.4 ± 1.7
B	147.9 ± 3.5	147.8 ± 3.0	149.5 ± 3.1	141.3 ± 0.4	145.9 ± 0.7

**Tabla D.1. 3. b. Código L*ab obtenido a partir de la caracterización RGB en los lotes de guayaba
almacenados a 4°C para el día 6**

Parámetro	Blanco	Q-Qn	Q 0.3%	Qn 1.5%	Qn 2%
L	80.24 ± 1.32	80.81 ± 1.15	81.71 ± 1.20	79.08 ± 0.44	79.48 ± 0.59
a	-3.93 ± 0.22	-4.40 ± 0.10	-3.91 ± 0.66	-3.91 ± 0.10	-3.68 ± 0.16
b	27.38 ± 0.16	28.18 ± 0.21	26.64 ± 1.97	29.20 ± 0.52	27.37 ± 0.64

Tabla D.1. 4. a. Código RGB en los lotes de guayaba almacenados a 25°C para el día 9

Parámetro	Blanco	Q-Qn	Q 0.3%	Qn 1.5%	Qn 2%
R	212.4 ± 0.8	201.7 ± 2.9	207.3 ± 1.6	205.3 ± 1.4	210.1 ± 1.3
G	199.7 ± 0.2	190.2 ± 2.3	197.1 ± 1.1	193.7 ± 1.1	194.7 ± 0.9
B	150.6 ± 1.2	139.8 ± 1.7	150.4 ± 0.5	146.4 ± 1.4	144.1 ± 1.1

Tabla D.1. 4. b. Código L*ab obtenido a partir de la caracterización RGB en los lotes de guayaba almacenados a 4°C para el día 9

Parámetro	Blanco	Q-Qn	Q 0.3%	Qn 1.5%	Qn 2%
L	80.43 ± 0.10	76.88 ± 0.88	79.33 ± 0.42	78.20 ± 0.40	78.82 ± 0.35
a	-3.07 ± 0.07	-3.66 ± 0.17	-3.68 ± 0.12	-3.23 ± 0.01	-2.15 ± 0.06
b	26.23 ± 0.77	26.97 ± 0.36	24.74 ± 0.47	25.30 ± 0.75	27.43 ± 0.64

Tabla D.1. 5. a. Código RGB en los lotes de guayaba almacenados a 4°C para el día 13

Parámetro	Blanco	Q-Qn	Q 0.3%	Qn 1.5%	Qn 2%
R	202.1 ± 2.0	204.3 ± 1.6	209.7 ± 1.3	199.9 ± 2.3	201.9 ± 0.5
G	192.1 ± 1.7	196.5 ± 1.6	198.1 ± 1.3	190.9 ± 1.9	190.2 ± 0.2
B	147.8 ± 1.1	159.4 ± 3.2	149.7 ± 1.2	149.3 ± 2.1	144.6 ± 0.7

Tabla D.1. 5. b. Código L*ab obtenido a partir de la caracterización RGB en los lotes de guayaba almacenados a 4°C para el día 13

Parámetro	Blanco	Q-Qn	Q 0.3%	Qn 1.5%	Qn 2%
L	77.55 ± 0.61	79.09 ± 0.60	79.78 ± 0.45	77.08 ± 0.73	76.98 ± 0.07
a	-3.44 ± 0.09	-3.26 ± 0.26	-3.38 ± 0.01	-3.43 ± 0.13	-2.93 ± 0.12
b	23.65 ± 0.85	19.62 ± 0.92	25.75 ± 0.08	22.19 ± 0.53	24.54 ± 0.37

Tabla D.1. 6. a. Código RGB en los lotes de guayaba almacenados a 4°C para el día 15

Parámetro	Blanco	Q-Qn	Q 0.3%	Qn 1.5%	Qn 2%
R	202.4 ± 0.8	204.3 ± 1.0	200.9 ± 2.0	202.0 ± 0.8	207.4 ± 0.9
G	187.7 ± 0.8	191.2 ± 1.0	191.6 ± 1.8	187.1 ± 0.4	192.1 ± 0.6
B	135.1 ± 0.7	136.4 ± 1.0	147.8 ± 1.8	136.7 ± 0.2	133.6 ± 0.5

Tabla D.1. 6. b. Código L*ab obtenido a partir de la caracterización RGB en los lotes de guayaba almacenados a 4°C para el día 15

Parámetro	Blanco	Q-Qn	Q 0.3%	Qn 1.5%	Qn 2%
L	76.20 ± 0.30	77.30 ± 0.37	77.31 ± 0.67	76.02 ± 0.17	77.75 ± 0.24
a	-2.69 ± 0.09	-3.62 ± 0.13	-3.62 ± 0.05	-2.28 ± 0.08	-3.19 ± 0.07
b	28.54 ± 0.11	29.38 ± 0.32	23.30 ± 0.29	27.45 ± 0.30	31.48 ± 0.30

Apartado D2: Resultados de la cuantificación del color mediante la técnica RGB-CIE-L*ab para la vida de anaquel en guayabas a 25°C

Tabla D.2. 1. a. Código RGB en los lotes de guayaba almacenados a 25°C para el día 0

Parámetro	Blanco	Q-Qn	Q 0.3%	Qn 1.5%	Qn 2%
R	225.2 ± 2.3	208.4 ± 3.1	186.8 ± 1.7	202.2 ± 0.5	194.3 ± 4.0
G	220.2 ± 1.2	201.8 ± 2.9	182.1 ± 1.9	192.1 ± 2.8	187.1 ± 3.6
B	175.4 ± 6.7	151.8 ± 4.1	143.7 ± 4.8	155.7 ± 6.8	138.9 ± 2.1

Tabla D.2. 1. b. Código L*ab obtenido a partir de la caracterización RGB en los lotes de guayaba almacenados a 25°C para el día 0

Parámetro	Blanco	Q-Qn	Q 0.3%	Qn 1.5%	Qn 2%
L	87.22 ± 0.48	80.66 ± 1.04	73.58 ± 0.71	77.71 ± 0.91	75.42 ± 1.32
a	-5.35 ± 0.49	-5.48 ± 0.10	-4.61 ± 0.24	-2.22 ± 0.36	-5.01 ± 0.12
b	22.66 ± 3.51	25.84 ± 1.81	20.22 ± 1.74	19.66 ± 2.35	25.36 ± 1.00

Tabla D.2. 2. a. Código RGB en los lotes de guayaba almacenados a 25°C para el día 3

Parámetro	Blanco	Q-Qn	Q 0.3%	Qn 1.5%	Qn 2%
R	209.8 ± 2.7	213.6 ± 3.4	209.1 ± 1.5	212.1 ± 3.1	207.6 ± 4.8
G	198.9 ± 2.3	204.9 ± 2.9	201.7 ± 1.0	203.5 ± 3.0	199.5 ± 4.4
B	154.4 ± 1.7	165.1 ± 2.8	168.3 ± 4.3	173.4 ± 3.7	162.4 ± 4.1

Tabla D.2. 2. b. Código L*ab obtenido a partir de la caracterización RGB en los lotes de guayaba almacenados a 25°C para el día 3

Parámetro	Blanco	Q-Qn	Q 0.3%	Qn 1.5%	Qn 2%
L	80.06 ± 0.84	82.07 ± 1.01	81.03 ± 0.40	81.83 ± 1.10	80.20 ± 1.61
a	-3.14 ± 0.14	-3.75 ± 0.31	-2.90 ± 0.31	-1.95 ± 0.14	-3.13 ± 0.16
b	23.70 ± 0.35	22.54 ± 1.92	17.65 ± 2.16	16.09 ± 0.37	19.59 ± 0.33

Tabla D.2. 3. a. Código RGB en los lotes de guayaba almacenados a 25°C para el día 6

Parámetro	Blanco	Q-Qn	Q 0.3%	Qn 1.5%	Qn 2%
R	217.9 ± 0.9	224.4 ± 1.0	221.4 ± 2.3	217.1 ± 1.0	218.0 ± 1.9
G	206.4 ± 0.9	212.5 ± 0.9	210.7 ± 2.0	203.3 ± 0.8	204.7 ± 2.2
B	153.2 ± 2.4	172.3 ± 2.0	160.6 ± 2.2	152.5 ± 0.8	158.9 ± 3.7

Tabla D.2. 3. b. Código L*ab obtenido a partir de la caracterización RGB en los lotes de guayaba almacenados a 25°C para el día 6

Parámetro	Blanco	Q-Qn	Q 0.3%	Qn 1.5%	Qn 2%
L	82.66 ± 0.34	85.12 ± 0.31	84.19 ± 0.74	81.79 ± 0.30	82.34 ± 0.79
A	-4.06 ± 0.17	-2.19 ± 0.18	-3.98 ± 0.04	-2.87 ± 0.04	-2.40 ± 0.13
B	27.93 ± 0.80	21.38 ± 1.04	26.20 ± 0.76	27.12 ± 0.26	24.53 ± 0.92

Tabla D.2. 4. a. Código RGB en los lotes de guayaba almacenados a 25°C para el día 9

Parámetro	Blanco	Q-Qn	Q 0.3%	Qn 1.5%	Qn 2%
R	217.1 ± 2.7	220.3 ± 0.9	215.1 ± 3.1	214.1 ± 2.8	219.6 ± 2.4
G	203.5 ± 2.0	207.4 ± 1.1	207.1 ± 0.2	199.7 ± 2.5	206.4 ± 2.1
B	153.1 ± 0.9	141.8 ± 2.8	156.4 ± 2.2	142.7 ± 1.9	155.3 ± 1.7

Tabla D.2. 4. b. Código L*ab obtenido a partir de la caracterización RGB en los lotes de guayaba almacenados a 25°C para el día 9

Parámetro	Blanco	Q-Qn	Q 0.3%	Qn 1.5%	Qn 2%
L	81.84 ± 0.73	83.07 ± 0.44	82.69 ± 0.24	80.43 ± 0.89	82.85 ± 0.75
a	-2.91 ± 0.05	-5.04 ± 0.10	-5.10 ± 1.34	-3.41 ± 0.15	-3.17 ± 0.03
b	26.88 ± 1.10	34.20 ± 1.12	26.27 ± 1.09	30.36 ± 0.67	27.12 ± 0.68

Tabla D.2. 5. a. Código RGB en los lotes de guayaba almacenados a 25°C para el día 12

Parámetro	Blanco	Q-Qn	Q 0.3%	Qn 1.5%	Qn 2%
R	208.3 ± 3.3	215.4 ± 2.7	211.7 ± 2.5	209.4 ± 2.0	209.0 ± 3.0
G	191.0 ± 2.6	203.0 ± 2.7	194.2 ± 2.2	183.1 ± 1.6	194.5 ± 2.9
B	144.8 ± 0.9	149.6 ± 4.8	130.8 ± 1.1	119.4 ± 0.4	134.4 ± 2.1

Tabla D.2. 5. b. Código L*ab obtenido a partir de la caracterización RGB en los lotes de guayaba almacenados a 25°C para el día 12

Parámetro	Blanco	Q-Qn	Q 0.3%	Qn 1.5%	Qn 2%
L	77.74 ± 0.96	81.52 ± 0.97	78.62 ± 0.77	75.36 ± 0.59	78.53 ± 1.05
a	-0.87 ± 0.11	-3.73 ± 0.05	-2.89 ± 0.21	0.76 ± 0.07	-3.69 ± 0.10
b	25.57 ± 0.88	28.26 ± 1.87	34.12 ± 1.18	35.79 ± 0.77	32.09 ± 0.52

Tabla D.2. 6. a. Código RGB en los lotes de guayaba almacenados a 25°C para el día 15

Parámetro	Blanco	Q-Qn	Q 0.3%	Qn 1.5%	Qn 2%
R	204.4 ± 1.3	213.6 ± 1.6	210.4 ± 2.7	203.4 ± 2.8	205.3 ± 0.2
G	179.7 ± 1.5	197.3 ± 1.9	184.9 ± 2.2	184.2 ± 3.1	188.2 ± 0.1
B	117.7 ± 1.8	136.7 ± 1.4	123.4 ± 1.2	131.8 ± 2.6	135.3 ± 0.5

Tabla D.2. 6. b. Código L*ab obtenido a partir de la caracterización RGB en los lotes de guayaba almacenados a 25°C para el día 15

Parámetro	Blanco	Q-Qn	Q 0.3%	Qn 1.5%	Qn 2%
L	74.02 ± 0.51	79.68 ± 0.64	75.97 ± 0.83	75.30 ± 1.09	76.57 ± 0.04
a	0.36 ± 0.15	-3.07 ± 0.22	0.66 ± 0.17	-0.80 ± 0.22	-1.74 ± 0.07
b	34.85 ± 0.81	32.50 ± 0.15	34.54 ± 0.53	29.14 ± 0.29	29.00 ± 0.29

**Apartado D3: Resultados de la cuantificación del color mediante la técnica RGB-CIE-
L*ab para la vida de anaquel en guayabas a 35°C**

Tabla D.3. 1. a. Código RGB en los lotes de guayaba almacenados a 35°C para el día 0

Parámetro	Blanco	Q-Qn	Q 0.3%	Qn 1.5%	Qn 2%
R	209.7 ± 3.6	214.0 ± 1.2	214.4 ± 1.6	214.6 ± 2.5	213.1 ± 2.5
G	198.7 ± 3.6	202.4 ± 1.0	203.5 ± 1.8	204.2 ± 2.5	201.8 ± 2.8
B	150.8 ± 2.7	149.8 ± 0.6	151.5 ± 1.9	152.3 ± 1.8	146.7 ± 3.3

Tabla D.3. 1. b. Código L*ab obtenido a partir de la caracterización RGB en los lotes de guayaba almacenados a 35°C para el día 0

Parámetro	Blanco	Q-Qn	Q 0.3%	Qn 1.5%	Qn 2%
L	79.96 ± 1.28	81.24 ± 0.37	81.60 ± 0.64	81.80 ± 0.89	80.95 ± 0.98
a	-3.56 ± 0.14	-3.93 ± 0.05	-4.16 ± 0.10	-4.31 ± 0.16	-4.37 ± 0.09
b	25.46 ± 0.36	27.73 ± 0.20	27.37 ± 0.22	27.20 ± 0.33	28.97 ± 0.66

Tabla D.3. 2. a. Código RGB en los lotes de guayaba almacenados a 35°C para el día 3

Parámetro	Blanco	Q-Qn	Q 0.3%	Qn 1.5%	Qn 2%
R	207.1 ± 0.9	216.5 ± 2.0	206.0 ± 1.7	200.9 ± 0.5	207.8 ± 2.4
G	191.7 ± 0.5	205.3 ± 2.0	190.7 ± 1.4	185.6 ± 0.5	194.9 ± 2.2
B	133.3 ± 0.4	145.5 ± 1.6	130.0 ± 0.3	130.0 ± 0.4	136.2 ± 1.2

Tabla D.3. 2. b. Código L*ab obtenido a partir de la caracterización RGB en los lotes de guayaba almacenados a 35°C para el día 3

Parámetro	Blanco	Q-Qn	Q 0.3%	Qn 1.5%	Qn 2%
L	77.62 ± 0.19	82.13 ± 0.72	77.20 ± 0.51	75.42 ± 0.16	78.55 ± 0.79
a	-3.13 ± 0.10	-5.01 ± 0.12	-3.45 ± 0.16	-2.77 ± 0.15	-4.14 ± 0.17
b	31.43 ± 0.45	31.24 ± 0.17	32.63 ± 0.87	30.18 ± 0.40	31.16 ± 0.99

Tabla D.3. 3. a. Código RGB en los lotes de guayaba almacenados a 35°C para el día 6

Parámetro	Blanco	Q-Qn	Q 0.3%	Qn 1.5%	Qn 2%
R	203.3 ± 1.6	199.7 ± 0.6	200.7 ± 1.5	203.2 ± 2.7	202.0 ± 3.2
G	185.1 ± 1.3	177.8 ± 0.2	179.3 ± 2.1	179.3 ± 1.6	177.1 ± 3.1
B	128.5 ± 1.4	114.1 ± 1.4	117.1 ± 1.5	116.6 ± 1.6	115.1 ± 0.4

Tabla D.3. 3. b. Código L*ab obtenido a partir de la caracterización RGB en los lotes de guayaba almacenados a 35°C para el día 6

Parámetro	Blanco	Q-Qn	Q 0.3%	Qn 1.5%	Qn 2%
L	75.49 ± 0.50	73.04 ± 0.07	73.56 ± 0.67	73.79 ± 0.63	73.07 ± 1.09
a	-1.76 ± 0.09	-0.97 ± 0.14	-1.00 ± 0.60	-0.03 ± 0.12	0.47 ± 0.29
b	31.10 ± 0.56	35.41 ± 0.74	34.53 ± 1.43	35.10 ± 1.71	34.95 ± 1.26

Tabla D.3.4. a. Código RGB en los lotes de guayaba almacenados a 35°C para el día 9

Parámetro	Blanco	Q-Qn	Q 0.3%	Qn 1.5%	Qn 2%
R	182.6 ± 1.8	168.1 ± 1.4	186.8 ± 2.2	168.2 ± 1.8	187.6 ± 2.9
G	149.6 ± 1.4	138.3 ± 1.7	158.6 ± 1.4	134.1 ± 1.6	162.5 ± 2.2
B	97.3 ± 0.8	92.8 ± 1.4	102.2 ± 0.4	88.1 ± 0.8	108.7 ± 0.5

Tabla D.3. 4. b. Código L*ab obtenido a partir de la caracterización RGB en los lotes de guayaba almacenados a 35°C para el día 9

Parámetro	Blanco	Q-Qn	Q 0.3%	Qn 1.5%	Qn 2%
L	63.82 ± 0.54	59.33 ± 0.62	66.64 ± 0.58	58.16 ± 0.59	67.84 ± 0.85
a	5.44 ± 0.16	5.07 ± 0.27	2.82 ± 0.28	6.98 ± 0.25	1.70 ± 0.14
b	32.18 ± 0.90	28.55 ± 0.09	33.21 ± 0.80	29.62 ± 0.79	31.33 ± 1.22

Tabla D.3.5. a. Código RGB en los lotes de guayaba almacenados a 35°C para el día 13

Parámetro	Blanco	Q-Qn	Q 0.3%	Qn 1.5%	Qn 2%
R	177.0 ± 0.4	155.2 ± 0.3	154.3 ± 0.4	154.2 ± 2.1	187.8 ± 0.1
G	143.7 ± 0.5	120.7 ± 0.4	121.5 ± 0.5	117.3 ± 2.5	156.9 ± 0.3
B	92.0 ± 0.3	79.2 ± 0.3	81.3 ± 0.4	74.5 ± 1.6	96.7 ± 0.6

Tabla D.3. 5. b. Código L*ab obtenido a partir de la caracterización RGB en los lotes de guayaba almacenados a 35°C para el día 13

Parámetro	Blanco	Q-Qn	Q 0.3%	Qn 1.5%	Qn 2%
L	61.62 ± 0.16	53.13 ± 0.13	53.28 ± 0.18	52.05 ± 0.91	66.21 ± 0.09
a	5.78 ± 0.07	7.99 ± 0.07	7.38 ± 0.07	9.01 ± 0.34	3.59 ± 0.08
b	32.10 ± 0.04	27.85 ± 0.06	26.85 ± 0.01	29.09 ± 0.28	35.61 ± 0.21

Tabla D.3.6. a. Código RGB en los lotes de guayaba almacenados a 35°C para el día 15

Parámetro	Blanco	Q-Qn	Q 0.3%	Qn 1.5%	Qn 2%
R	116.2 ± 0.3	115.3 ± 0.5	130.2 ± 0.2	120.9 ± 0.2	172.9 ± 0.2
G	88.6 ± 0.4	86.2 ± 0.6	97.6 ± 0.3	87.5 ± 0.2	135.7 ± 0.3
B	66.0 ± 0.4	64.3 ± 0.8	66.1 ± 0.3	60.0 ± 0.2	80.9 ± 0.5

Tabla D.3. 6. b. Código L*ab obtenido a partir de la caracterización RGB en los lotes de guayaba almacenados a 35°C para el día 15

Parámetro	Blanco	Q-Qn	Q 0.3%	Qn 1.5%	Qn 2%
L	39.92 ± 0.14	39.12 ± 0.24	43.98 ± 0.10	40.05 ± 0.07	58.97 ± 0.11
a	8.10 ± 0.02	8.93 ± 0.04	9.00 ± 0.03	10.21 ± 0.00	7.38 ± 0.08
b	17.48 ± 0.03	17.43 ± 0.13	23.05 ± 0.07	21.34 ± 0.07	34.65 ± 0.11

RESULTADOS OBTENIDOS PARA LA VISCOSIDAD EN LA VIDA DE ANAQUEL DE JUGOS DE GUAYABA
Apartado E1: Tablas de valores calculados que describen el comportamiento viscoso de puré de guayaba bajo diferentes días y tratamientos

Tabla E.1.1: Valores de la velocidad de deformación y de la tensión de cizallamiento obtenidos para la muestra “blanco” y la sometida al recubrimiento de quitina-quitosana (Q-Qn) obtenido del cefalotórax de camarón, día 0

Blanco		Q-Qn	
Tensión de cizallamiento (τ) [Pa]	Velocidad de deformación (γ) [s^{-1}]	Tensión de cizallamiento (τ) [Pa]	Velocidad de deformación (γ) [s^{-1}]
530.6	4.6	726.1	2.6
558.5	14.7	1033.3	18.5
558.5	19.9	1145.0	23.4
586.4	25.7	1563.9	55.3
614.4	28.6	1647.6	84.9
698.1	102.7	1703.5	354.9
809.9	562.4	1815.2	703.6
977.4	814.5	2122.4	2122.4

Tabla E.1.2: Valores de la velocidad de deformación y de la tensión de cizallamiento obtenidos para la muestra “blanco” y la sometida al recubrimiento de quitina-quitosana (Q-Qn) obtenido del cefalotórax de camarón, día 7

Blanco		Q-Qn	
Tensión de cizallamiento (τ) [Pa]	Velocidad de deformación (γ) [s^{-1}]	Tensión de cizallamiento (τ) [Pa]	Velocidad de deformación (γ) [s^{-1}]
1228.7	9.6	1368.4	1.2
1256.7	12.6	1424.2	4.5
1535.9	26.9	1424.2	13.7
1731.4	31.5	1787.3	18.6
2066.5	65.8	3658.3	121.1
2345.8	120.9	3686.2	230.4
3016.0	349.9	5054.6	631.8
3379.0	734.6	6953.6	1363.4

Tabla E.1.3: Valores de la velocidad de deformación y de la tensión de cizallamiento obtenidos para la muestra “blanco” y la sometida al recubrimiento de quitina-quitosana (Q-Qn) obtenido del cefalotórax de camarón, día 14

Blanco		Q-Qn	
Tensión de cizallamiento (τ) [Pa]	Velocidad de deformación (γ) [s^{-1}]	Tensión de cizallamiento (τ) [Pa]	Velocidad de deformación (γ) [s^{-1}]
363.0	4.8	754.0	4.3
558.5	9.3	781.9	8.9
1117.0	43.0	865.7	29.9
1145.0	46.2	893.6	37.2
1424.2	86.8	1061.2	98.3
1675.6	174.5	1228.7	211.9
1926.9	345.3	1256.7	397.7
2038.6	585.8	1424.2	757.6

Tabla E.1.4: Valores de la velocidad de deformación y de la tensión de cizallamiento obtenidos para la muestra “blanco” y la sometida al recubrimiento de quitina-quitosa (Q-Qn) obtenido del cefalotórax de camarón, día 18

Blanco		Q-Qn	
Tensión de cizallamiento (τ) [Pa]	Velocidad de deformación (γ) [s^{-1}]	Tensión de cizallamiento (τ) [Pa]	Velocidad de deformación (γ) [s^{-1}]
279.3	0.3	195.5	6.1
279.3	0.7	223.4	14.0
586.4	3.4	223.4	27.9
1228.7	8.2	251.3	39.3
1619.7	42.6	335.1	104.7
1647.6	74.9	418.9	299.2
1843.1	118.9	418.9	748.0
2206.1	2398.0	474.7	989.0

Tabla E.1.5: Valores de la velocidad de deformación y de la tensión de cizallamiento obtenidos para la muestra “blanco” y la sometida al recubrimiento de quitina-quitosa (Q-Qn) obtenido del cefalotórax de camarón, día 22

Blanco		Q-Qn	
Tensión de cizallamiento (τ) [Pa]	Velocidad de deformación (γ) [s^{-1}]	Tensión de cizallamiento (τ) [Pa]	Velocidad de deformación (γ) [s^{-1}]
1396.3	4.2	502.7	2.7
1731.4	16.3	502.7	6.4
2262.0	28.0	530.6	11.1
2932.2	37.1	530.6	16.6
2960.1	71.2	642.3	39.2
3686.2	156.2	837.8	87.3
4328.5	345.7	865.7	154.6
4970.8	731.0	1508.0	1300.0

Tabla E.1.6: Valores de la velocidad de deformación y de la tensión de cizallamiento obtenidos para la muestra “blanco” y la sometida al recubrimiento de quitina-quitosa (Q-Qn) obtenido del cefalotórax de camarón, día 25

Blanco		Q-Qn	
Tensión de cizallamiento (τ) [Pa]	Velocidad de deformación (γ) [s^{-1}]	Tensión de cizallamiento (τ) [Pa]	Velocidad de deformación (γ) [s^{-1}]
391.0	3.9	363.0	9.1
418.9	11.0	363.0	9.6
586.4	26.7	530.6	19.7
614.4	36.6	586.4	27.9
614.4	48.0	754.0	89.8
642.3	103.6	781.9	217.2
698.1	359.9	781.9	521.3
809.9	1265.4	809.9	778.7

CAMBIOS EN EL COLOR DE LAS MUESTRAS A TRAVÉS DE LA VIDA DE ANAQUEL DE LOS PRODUCTOS HORTOFRUTÍCOLAS ESTUDIADOS

Apartado F1: Tablas de resultados en la cuantificación del color para la vida de anaquel en brócolis³²

Tabla F.1. 1. Cambio de color en los lotes recubiertos almacenados a 4°C durante 21 días

T = 4°C	Días de análisis						
Cubierta	0	3	5	10	14	18	21
Blanco	7483U	364 U	364 U	2273 U	2265 U	3975U	399 U
							
							
Q-Qn	7483U	349 U	2427 U	364 U	364 U	364 U	2273 U
							
							
Q-SA	7483U	350 U	2427 U	349 U	2273 U	2280 U	2280 U
							
							
Qn-SA 1%	7483U	364 U	363 U	377 U	7496 U	384 U	457 U
							
							

³² En este apartado se hace mención al color determinado mediante la técnica de la comparación del florete *versus* la escala Pantone®

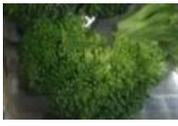
Tabla F.1. 1. Cambio de color en los lotes recubiertos almacenados a 4°C durante 21 días
(Continuación)

T = 4°C	Días de análisis						
Cubierta	0	3	5	10	14	18	21
Qn SA 1.5%	7483U	364 U	364 U	576 U	7496 U	582 U	457 U
							
							
Qn SA 2%	7483U	363 U	362 U	582 U	399 U	399 U	457 U
							
							

Tabla F.1. 2. Cambio de color en los lotes almacenados a temperatura ambiente por 21 días

T = 25°C	Días de análisis						
Cubierta	0	3	5	10	14	18	21
Blanco	7483U	392U	7754U	7754U	7754U	7754U	7754U
							
							
Q-Qn	7483U	364 U	364 U	2306 U	2308 U	2308 U	2308 U
							
							
Q-SA	7483U	364 U	364 U	5747 U	5815 U	5815 U	2308 U
							
							
Qn-SA 1%	7483U	363 U	457 U	457 U	619 U	456 U	7754 U
							
							
Qn SA 1.5%	7483U	397 U	619 U	7754 U	7754 U	619 U	619 U
							
							
Qn SA 2%	7483 U	619U	619 U	619 U	619 U	7754 U	7754 U
							
							

Tabla F.1. 3. Cambio de color en los lotes recubiertos almacenados a 35°C por 21 días

T= 35°C	Días de análisis				
Recubrimiento	0	3	5	14	21
Blanco	7483 U	457 U	457 U	613 U	3985 U
					
					
Q-Qn	7483 U	619 U	2308 U	2308 U	2308 U
					
					
Q-SA	7483 U	619 U	2308 U	2308 U	2308 U
					
					
Qn-SA 1%	7483 U	398 U	398 U	620 U	620 U
					
					
Qn SA 1.5%	7483 U	455 U	620 U	620 U	620 U
					
					
Qn S.A. 2%	7483 U	378 U	3985 U	3985 U	620 U
					
					

Apartado F2: Tablas de resultados en la cuantificación del color para la vida de anaquel en guayabas

Tabla F.2.1. Deterioro en guayabas almacenadas a temperatura de refrigeración durante el estudio de vida de anaquel

T = 4°C Recubrimientos	Días de análisis					
	0	3	6	9	13	15
Blanco						
Q-Qn						
Q-SA						
Qn-SA 1.5%						
Qn-SA 2%						

Tabla F.2.2. Deterioro en guayabas almacenadas a temperatura ambiente durante el estudio de vida de anaquel

T = 25°C	Días de análisis					
Recubrimientos	0	3	6	9	12	15
Blanco						
Q-Qn						
Q-SA						
Qn-SA 1.5%						
Qn-SA 2%						

Tabla F.2.3. Deterioro en guayabas almacenadas a 35°C durante el estudio de vida de anaquel

T = 35°C	Días de análisis					
Recubrimientos	0	3	6	9	13	15
Blanco						
Q-Qn						
Q-SA						
Qn-SA 1.5%						
Qn-SA 2%						

Apartado G1: Análisis estadístico de los datos experimentales obtenidos en la vida de anaquel de brócolis a temperatura de refrigeración (4°C)**Tabla G.1.1. Tabla de análisis de varianza (ANOVA) del contenido de humedad en brócolis (4°C)**

Análisis de Varianza						
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p	
Recubrimientos	5	1583.41	316.682	349.95	0.000	
Días	6	1614.50	269.084	297.35	0.000	
Recubrimientos*Días	30	1112.51	37.084	40.98	0.000	
Error	84	76.02	0.905			
Total	125	4386.44				

Tabla G.1.2. Tabla de análisis de varianza (ANOVA) de los grados °Bx en brócolis (4°C)

Análisis de Varianza						
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p	
Recubrimiento	5	12111.1	2422.21	914.27	0.000	
Días	6	2138.0	356.33	134.50	0.000	
Recubrimiento*Días	30	2179.8	72.66	27.43	0.000	
Error	84	222.5	2.65			
Total	125	16651.4				

Tabla G.1.3. Tabla de análisis de varianza (ANOVA) del valor de pH en brócolis (4°C)

Análisis de Varianza						
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p	
Recubrimientos	5	1.3655	0.27309	25.18	0.000	
Días	6	11.0605	1.84341	169.97	0.000	
Recubrimientos*Días	30	6.1307	0.20436	18.84	0.000	
Error	84	0.9110	0.01085			
Total	125	19.4676				

Tabla G.1.4. Tabla de análisis de varianza (ANOVA) del porcentaje de acidez en brócolis (4°C)

Análisis de Varianza						
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p	
Recubrimiento	5	0.03509	0.007019	41.76	0.000	
Día	6	0.01147	0.001912	11.38	0.000	
Recubrimiento*Día	30	0.01421	0.000474	2.82	0.000	
Error	84	0.01412	0.000168			
Total	125	0.07490				

Tabla G.1.5. Tabla de análisis de varianza (ANOVA) del contenido de vitamina C en brócolis (4°C)

Método: Modelo general Lineal

Codificación de factores (-1, 0, +1)

Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Recubrimientos	Fijo	6	Control, Q, Q-Qn, Qn1%, Qn1.5%, Qn2%
Días	Fijo	7	0, 10, 14, 18, 21, 3, 5

Análisis de Varianza						
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p	
Recubrimientos	5	432827	86565.4	2773.15	0.000	
Días	6	50904	8484.0	271.79	0.000	
Recubrimientos*Días	30	63475	2115.8	67.78	0.000	
Error	84	2622	31.2			
Total	125	549829				

Apartado G2: Análisis estadístico de los datos experimentales obtenidos en la vida de anaquel de brócolis a temperatura ambiente (25°C)

Tabla G.2.1. Tabla de análisis de varianza (ANOVA) del contenido de humedad en brócolis (25°C)

Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Recubrimiento	5	895.2	179.05	39.18	0.000
Días	6	23806.8	3967.80	868.29	0.000
Recubrimiento*Días	30	4999.5	166.65	36.47	0.000
Error	84	383.9	4.57		
Total	125	30085.4			

Tabla G.2.2. Tabla de análisis de varianza (ANOVA) de los grados °Bx en brócolis (25°C)

Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Recubrimientos	5	1811.56	362.31	561.00	0.000
Días	1	1580.06	1580.06	2446.55	0.000
Recubrimientos*Días	5	854.06	170.81	264.48	0.000
Error	24	15.50	0.65		
Total	35	4261.19			

Tabla G.2.3. Tabla de análisis de varianza (ANOVA) del valor de pH en brócolis (25°C)

Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Recubrimientos	5	3.2471	0.649429	548.16	0.000
Días	6	1.5573	0.259555	219.08	0.000
Recubrimientos*Días	30	7.4753	0.249176	210.32	0.000
Error	84	0.0995	0.001185		
Total	125	12.3793			

Tabla G.2.4. Tabla de análisis de varianza (ANOVA) del porcentaje de acidez en brócolis (25°C)

Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Recubrimiento	5	0.40013	0.080026	653.42	0.000
Día	6	0.04782	0.007971	65.08	0.000
Recubrimiento*Día	30	0.36214	0.012071	98.56	0.000
Error	84	0.01029	0.000122		
Total	125	0.82038			

Tabla G.2.5. Tabla de análisis de varianza (ANOVA) del contenido de vitamina C en brócolis (25°C)

Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Recubrimientos	5	8806809	1761362	4008.86	0.000
Día	6	2175582	362597	825.27	0.000
Recubrimientos*Día	30	3921169	130706	297.49	0.000
Error	84	36907	439		
Total	125	14940467			

Apartado G3: Análisis estadístico de los datos experimentales obtenidos en la vida de anaquel de brócolis a temperatura adversa (35°C)

Tabla G.3.1. Tabla de análisis de varianza (ANOVA) del contenido de humedad en brócolis (35°C)

Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Recubrimientos	5	1494.8	298.95	118.75	0.000
Días	4	29925.5	7481.37	2971.84	0.000
Recubrimientos*Días	20	3935.3	196.76	78.16	0.000
Error	60	151.0	2.52		
Total	89	35506.6			

Tabla G.3.2. Tabla de análisis de varianza (ANOVA) de los grados °Bx en brócolis (35°C)

Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Recubrimientos	5	88.06	17.61	27.27	0.000
Días	1	5076.56	5076.56	7860.48	0.000
Recubrimientos*Días	5	99.56	19.91	30.83	0.000
Error	24	15.50	0.65		
Total	35	5279.69			

Tabla G.3.3. Tabla de análisis de varianza (ANOVA) del valor de pH en brócolis (35°C)

Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Recubrimientos	5	1.0116	0.20232	45.80	0.000
Días	4	4.0791	1.01977	230.83	0.000
Recubrimientos*Días	20	5.0121	0.25061	56.73	0.000
Error	60	0.2651	0.00442		
Total	89	10.3679			

Tabla G.3.4. Tabla de análisis de varianza (ANOVA) del porcentaje de acidez en brócolis (35°C)

Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Recubrimientos	5	0.147308	0.029462	222.49	0.000
Día	4	0.096804	0.024201	182.77	0.000
Recubrimientos*Día	20	0.161096	0.008055	60.83	0.000
Error	60	0.007945	0.000132		
Total	89	0.413153			

Tabla G.3.5. Tabla de análisis de varianza (ANOVA) del contenido de vitamina C en brócolis (35°C)

Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Recubrimientos	5	1559559	311912	19197.74	0.000
Día	4	122771	30693	1889.10	0.000
Recubrimientos*Día	20	561104	28055	1726.76	0.000
Error	60	975	16		
Total	89	2244410			

Apartado G4: Análisis estadístico de los datos experimentales obtenidos en la evaluación sensorial con consumidores evaluando brócolis recubiertos al tercer día

Tabla G.4.1. Evaluación sensorial por atributos en brócolis recubiertos al tercer día

Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Atributo	2	15.63	7.816	7.00	0.001
Recubrimiento	2	24.39	12.196	10.92	0.000
Atributo*Recubrimiento	4	41.68	10.419	9.33	0.000
Error	441	492.50	1.117		
Total	449	574.20			

Apartado G5: Análisis de varianza (ANOVA) para los resultados obtenidos a temperatura de 4°C en purés de guayabas

Tabla G.5.1. Tabla de análisis de varianza (ANOVA) para los resultados obtenidos para el parámetro de contenido de humedad en guayabas almacenadas a temperatura de refrigeración

Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Días	5	11.514	2.3029	2.67	0.052
Recubrimiento	4	9.394	2.3485	2.72	0.058
Error	20	17.241	0.8621		
Total	29	38.149			

Tabla G.5.2. Tabla de análisis de varianza (ANOVA) para los resultados obtenidos para el parámetro de grados Brix en guayabas almacenadas a temperatura de refrigeración

Análisis de Varianza						
Fuente	GL	SC	Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Recubrimiento	4		0.7867	0.1967	0.74	0.577
Días	5		4.2347	0.8469	3.18	0.028
Error	20		5.3253	0.2663		
Total	29		10.3467			

Tabla G.5.3. Tabla de análisis de varianza (ANOVA) para los resultados obtenidos para el parámetro de pH en guayabas almacenadas a temperatura de refrigeración

Análisis de Varianza						
Fuente	GL	SC	Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Recubrimiento	4		0.11119	0.027796	121.15	0.000
Días	5		3.28365	0.656730	2862.40	0.000
Recubrimiento*Días	20		0.15856	0.007928	34.55	0.000
Error	60		0.01377	0.000229		
Total	89		3.56716			

Tabla G.5.4. Tabla de análisis de varianza (ANOVA) para los resultados obtenidos en la acidez en guayabas almacenadas a temperatura de refrigeración

Análisis de Varianza						
Fuente	GL	SC	Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Recubrimiento	4		0.27540	0.068851	212.35	0.000
Días	5		0.05954	0.011907	36.72	0.000
Recubrimiento*Días	20		0.34587	0.017293	53.34	0.000
Error	60		0.01945	0.000324		
Total	89		0.70026			

Tabla G.5.5. Tabla de análisis de varianza (ANOVA) para los resultados obtenidos en el contenido de ácido ascórbico en guayabas almacenadas a temperatura de refrigeración

Análisis de Varianza						
Fuente	GL	SC	Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Recubrimientos	4		115882	28970.6	231.20	0.000
Días	5		4501	900.1	7.18	0.000
Recubrimientos*Días	20		183445	9172.2	73.20	0.000
Error	60		7518	125.3		
Total	89		311346			

Tabla G.5.6.a. Tabla de análisis de varianza (ANOVA) de los datos obtenidos del parámetro "L" de color en guayabas almacenadas a 4°C

Análisis de Varianza						
Fuente	GL	SC	Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Día	5		181.66	36.332	25.79	0.000
Recubrimiento	4		16.90	4.225	3.00	0.025
Día*Recubrimiento	20		54.89	2.745	1.95	0.025
Error	60		84.53	1.409		
Total	89		337.98			

Tabla G.5.6.b. Tabla de análisis de varianza (ANOVA) de los datos obtenidos del parámetro "a" de color en guayabas almacenadas a 4°C

Método
Codificación de factores (-1, 0, +1)

Análisis de Varianza						
Fuente	GL	SC	Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Día	5		25.521	5.10420	54.60	0.000
Recubrimiento	4		5.024	1.25602	13.44	0.000
Día*Recubrimiento	20		8.345	0.41724	4.46	0.000
Error	60		5.609	0.09348		
Total	89		44.499			

Tabla G.5.6.c. Tabla de análisis de varianza (ANOVA) de los datos obtenidos del parámetro “b” de color en guayabas almacenadas a 4°C

Análisis de Varianza						
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p	
Día	5	256.69	51.337	42.18	0.000	
Recubrimiento	4	33.75	8.438	6.93	0.000	
Día*Recubrimiento	20	222.87	11.144	9.16	0.000	
Error	60	73.02	1.217			
Total	89	586.33				

Apartado G6: Análisis de varianza (ANOVA) para los resultados obtenidos a temperatura de 25°C en purés de guayabas

Tabla G.6.1. Tabla de análisis de varianza (ANOVA) de los datos obtenidos para el contenido de humedad en guayabas recubiertas almacenadas a temperatura ambiente

Análisis de Varianza						
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p	
Recubrimiento	4	98.25	24.564	2.47	0.086	
Días	4	341.81	85.451	8.60	0.001	
Error	16	159.04	9.940			
Total	24	599.10				

Tabla G.6.2. Tabla de análisis de varianza (ANOVA) de los datos obtenidos para el cambio del contenido de sólidos solubles en guayabas recubiertas almacenadas a temperatura ambiente

Análisis de Varianza						
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p	
Cubierta	4	4.828	1.207	0.77	0.556	
Días	5	7.959	1.592	1.02	0.433	
Error	20	31.236	1.562			
Total	29	44.023				

Tabla G.6.3. Tabla de análisis de varianza (ANOVA) de los datos obtenidos para el cambio del pH en purés de guayabas recubiertas almacenadas a temperatura ambiente

Análisis de Varianza						
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p	
Recubrimientos	4	0.31838	0.079596	92.35	0.000	
Días	5	1.33229	0.266458	309.14	0.000	
Recubrimientos*Días	20	0.62677	0.031339	36.36	0.000	
Error	60	0.05172	0.000862			
Total	89	2.32916				

Tabla G.6.4. Tabla de análisis de varianza (ANOVA) de los datos obtenidos para el cambio de acidez en purés de guayabas recubiertas almacenadas a temperatura ambiente

Análisis de Varianza						
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p	
Recubrimientos	4	0.08652	0.021629	116.46	0.000	
Días	5	0.16077	0.032154	173.14	0.000	
Recubrimientos*Días	20	0.45329	0.022664	122.04	0.000	
Error	60	0.01114	0.000186			
Total	89	0.71172				

Tabla G.6.5. Tabla de análisis de varianza (ANOVA) de los datos obtenidos para el cambio en el contenido de vitamina C en purés de guayabas recubiertas almacenadas a temperatura ambiente

Análisis de Varianza						
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p	
Recubrimientos	4	18047	4511.7	38.84	0.000	
Días	5	32324	6464.8	55.65	0.000	
Recubrimientos*Días	20	115203	5760.2	49.59	0.000	
Error	60	6970	116.2			
Total	89	172544				

Tabla G.6.6.a. Tabla de análisis de varianza (ANOVA) de los datos obtenidos del parámetro “L” de color en guayabas almacenadas a temperatura ambiente

Análisis de Varianza						
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p	
Día	5	505.3	101.058	50.16	0.000	
Recubrimiento	4	124.6	31.146	15.46	0.000	
Día*Recubrimiento	20	377.1	18.855	9.36	0.000	
Error	60	120.9	2.015			
Total	89	1127.9				

Tabla G.6.6.b. Tabla de análisis de varianza (ANOVA) de los datos obtenidos del parámetro “a” de color en guayabas almacenadas a temperatura ambiente

Análisis de Varianza						
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p	
Días	5	125.49	25.0988	88.26	0.000	
Recubrimiento	4	44.62	11.1551	39.23	0.000	
Días*Recubrimiento	20	79.48	3.9742	13.98	0.000	
Error	60	17.06	0.2844			
Total	89	266.66				

Tabla G.6.6.c. Tabla de análisis de varianza (ANOVA) de los datos obtenidos del parámetro “b” de color en guayabas almacenadas a temperatura ambiente

Análisis de Varianza						
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p	
Día	5	1748.11	349.622	70.82	0.000	
Recubrimientos	4	17.11	4.277	0.87	0.489	
Día*Recubrimientos	20	725.21	36.260	7.34	0.000	
Error	60	296.22	4.937			
Total	89	2786.64				

Apartado G7: Análisis de varianza (ANOVA) para los resultados obtenidos a temperatura de 35°C en purés de guayabas

Tabla G.7.1. Tabla de análisis de varianza (ANOVA) de los datos obtenidos para el cambio de humedad en guayabas recubiertas almacenadas en condiciones adversas (35°C)

Análisis de Varianza						
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p	
Días	5	2080.25	416.051	40.99	0.000	
Recubrimiento	4	33.41	8.353	0.82	0.526	
Error	20	203.01	10.150			
Total	29	2316.6				

Tabla G.7.2. Tabla de análisis de varianza (ANOVA) de los datos obtenidos para el cambio en los sólidos solubles en guayabas recubiertas almacenadas en condiciones adversas (35°C)

Análisis de Varianza						
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p	
Recubrimiento	4	65.49	16.371	1.93	0.145	
Días	5	1981.39	396.278	46.68	0.000	
Error	20	169.78	8.489			
Total	29	2216.65				

Tabla G.7.3. Tabla de análisis de varianza (ANOVA) de los datos obtenidos para el cambio en el valor de pH en guayabas recubiertas almacenadas en condiciones adversas (35°C)

Análisis de Varianza						
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p	
Recubrimientos	4	0.17052	0.04263	66.00	0.000	
Días	5	5.10755	1.02151	1581.49	0.000	
Recubrimientos*Días	20	0.27792	0.01390	21.51	0.000	
Error	60	0.03876	0.00065			
Total	89	5.59475				

Tabla G.7.4. Tabla de análisis de varianza (ANOVA) de los datos obtenidos para el cambio en el valor de acidez en guayabas recubiertas almacenadas en condiciones adversas (35°C)

Análisis de Varianza						
Fuente	GL	SC	Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Recubrimiento	4		0.8225	0.20562	567.13	0.000
Días	5		11.3481	2.26961	6259.83	0.000
Recubrimiento*Días	20		0.7446	0.03723	102.69	0.000
Error	60		0.0218	0.00036		
Total	89		12.9369			

Tabla G.7.5. Tabla de análisis de varianza (ANOVA) de los datos obtenidos para el cambio en el contenido de ácido ascórbico en guayabas recubiertas almacenadas en condiciones adversas (35°C)

Análisis de Varianza						
Fuente	GL	SC	Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Recubrimientos	4		253426	63357	286.29	0.000
Días	5		561360	112272	507.33	0.000
Recubrimientos*Días	20		414897	20745	93.74	0.000
Error	60		13278	221		
Total	89		1242961			

Tabla G.7.6.a. Análisis de varianza de los datos obtenidos de "L" de color en guayabas almacenadas a 35°C

Análisis de Varianza						
Fuente	GL	SC	Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Día	5		14814.3	2962.86	2750.63	0.000
Recubrimiento	4		572.4	143.09	132.84	0.000
Día*Recubrimiento	20		1058.0	52.90	49.11	0.000
Error	60		64.6	1.08		
Total	89		16509.3			

Tabla G.7.6.b. Análisis de varianza de los datos obtenidos de "a" de color en guayabas almacenadas a 35°C

Análisis de Varianza						
Fuente	GL	SC	Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Días	5		2247.04	449.408	4281.53	0.000
Recubrimientos	4		53.27	13.318	126.88	0.000
Días*Recubrimientos	20		88.29	4.415	42.06	0.000
Error	60		6.30	0.105		
Total	89		2394.90			

Tabla G.7.6.c. Análisis de varianza de los datos obtenidos de "b" de color en guayabas almacenadas a 35°C

Análisis de Varianza						
Fuente	GL	SC	Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Días	5		1171.37	234.274	166.89	0.000
Recubrimientos	4		268.47	67.117	47.81	0.000
Días*Recubrimientos	20		591.65	29.583	21.07	0.000
Error	60		84.22	1.404		
Total	89		2115.72			

Apartado G.8. Análisis de varianza (ANOVA) para la determinación de calcio entre el lote control y el experimental

Tabla G.8.1. Análisis de varianza en los datos de la determinación de calcio

Análisis de Varianza						
Fuente	GL	SC	Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Recubrimiento	1		40.878	40.8778	78.05	0.001
Error	4		2.095	0.5237		
Total	5		42.973			

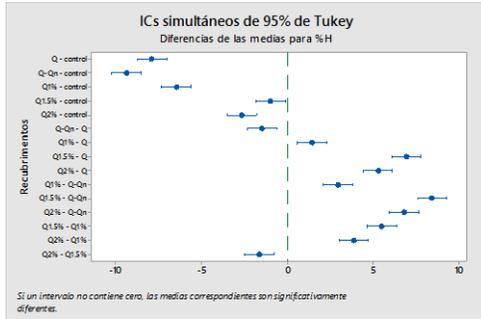
Apartado G.9. Análisis de varianza mediante (ANOVA) para la evaluación sensorial en guayabas

Tabla G.9.1. Análisis de varianza en los datos de la evaluación sensorial realizada en guayabas

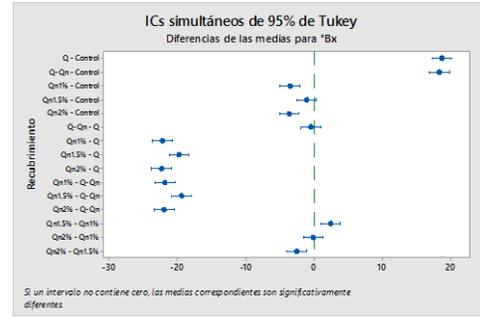
Análisis de Varianza						
Fuente	GL	SC	Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
No pregunta	5		27.31	5.4621	6.76	0.000
Error	300		242.27	0.8076		
Total	305		269.58			

GRÁFICOS DE COMPARACIÓN DE MEDIAS POR EL MÉTODO DE TUKEY

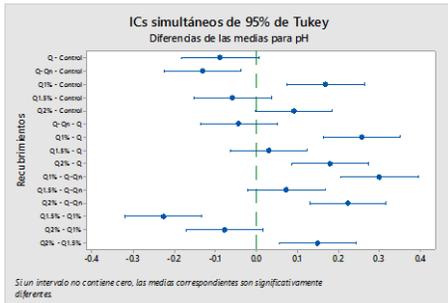
Apartado H1. Comparación de medias del análisis de varianza (ANOVA) de las determinaciones fisicoquímicas realizadas en brócolis recubiertos almacenados a temperatura de refrigeración (4°C)



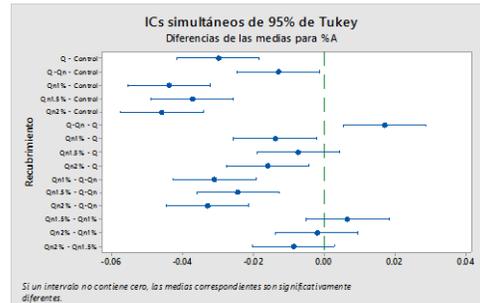
Gráfica H.1.1. Gráfico de la prueba Tukey para la determinación del contenido de humedad



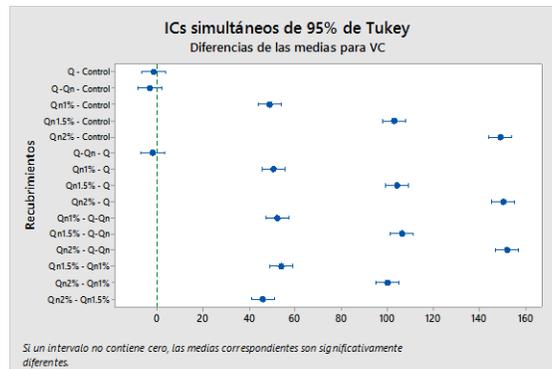
Gráfica H.1.2. Gráfico de la prueba Tukey para la determinación de los °Bx



Gráfica H.1.3. Gráfico de la prueba Tukey para la determinación del valor de pH

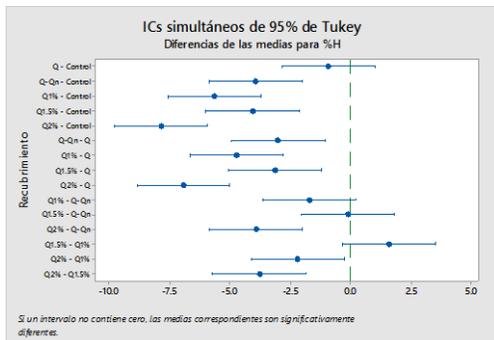


Gráfica H.1.4. Gráfico de la prueba Tukey para la determinación del % de acidez

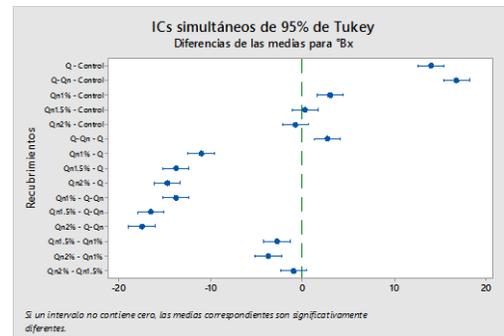


Gráfica H.1.5. Gráfico de la prueba Tukey para la determinación del contenido de vitamina C

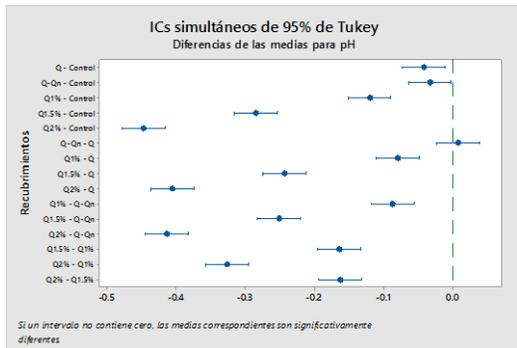
Apartado H2. Comparación de medias del análisis de varianza (ANOVA) de las determinaciones fisicoquímicas realizadas en brócolis recubiertos almacenados a temperatura ambiente (25°C)



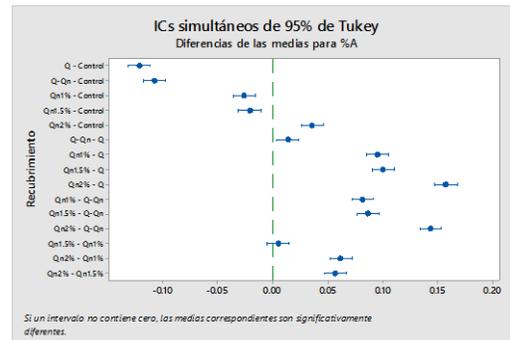
Gráfica H.2.1. Gráfico de la prueba Tukey para la determinación del contenido de humedad



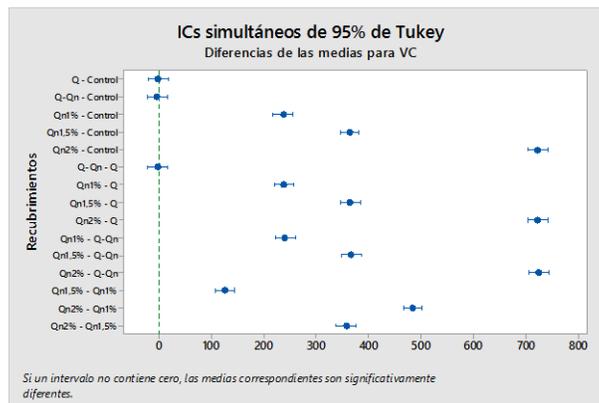
Gráfica H.2.2. Gráfico de la prueba Tukey para la determinación del ° Bx



Gráfica H.2.3. Gráfico de la prueba Tukey para la determinación del pH

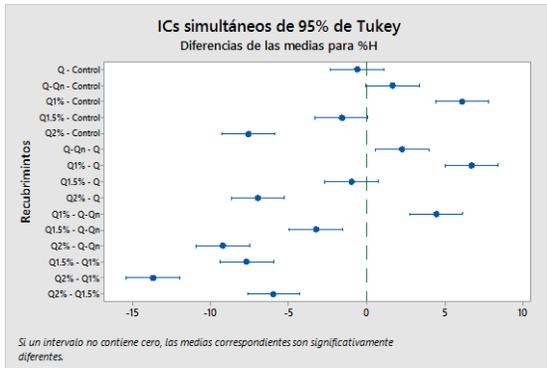


Gráfica H.2.4. Gráfico de la prueba Tukey para la determinación del % de acidez

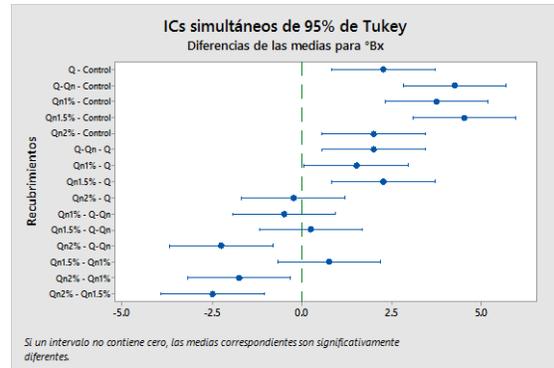


Gráfica H.2.5. Gráfico de la prueba Tukey para la determinación del contenido de vitamina C

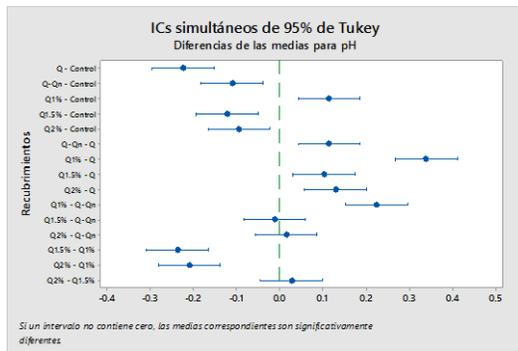
Apartado H3. Comparación de medias del análisis de varianza (ANOVA) de las determinaciones fisicoquímicas realizadas en brócolis recubiertos almacenados a temperatura adversa (35°C)



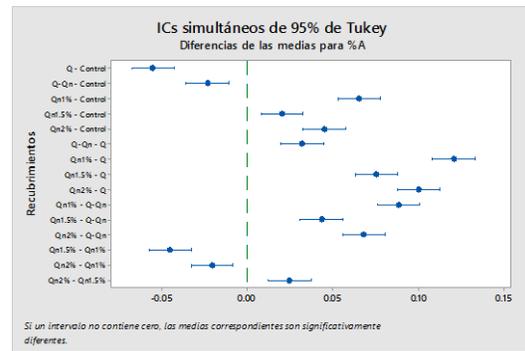
Gráfica H.3.1. Gráfico de la prueba Tukey para la determinación del contenido de humedad



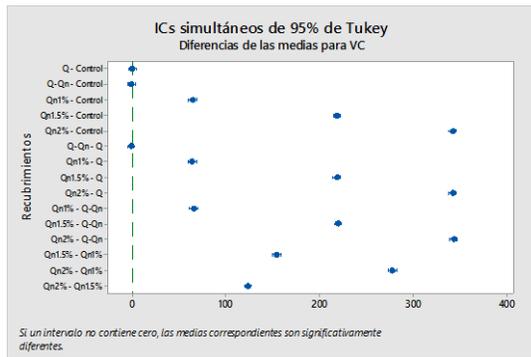
Gráfica H.3.2. Gráfico de la prueba Tukey para la determinación del ° Bx



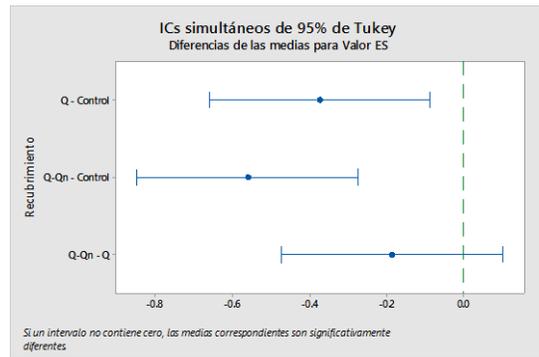
Gráfica H.3.3. Gráfico de la prueba Tukey para la determinación del pH



Gráfica H.3.4. Gráfico de la prueba Tukey para la determinación del % de acidez

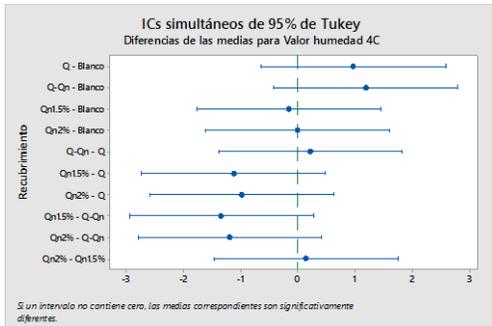


Gráfica H.3.5. Gráfico de la prueba Tukey para la determinación del contenido de vitamina C

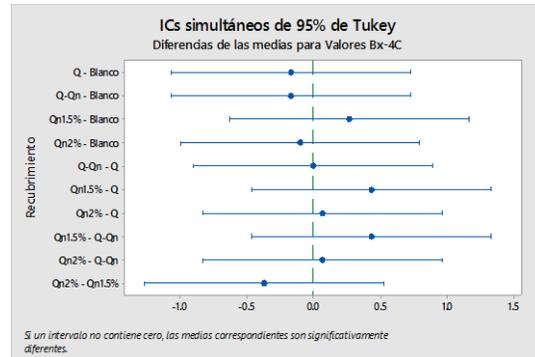


Apartado H4: Gráfica H.4.1. Gráfico de la prueba Tukey para la evaluación sensorial a brócolis recubiertos al 3er día

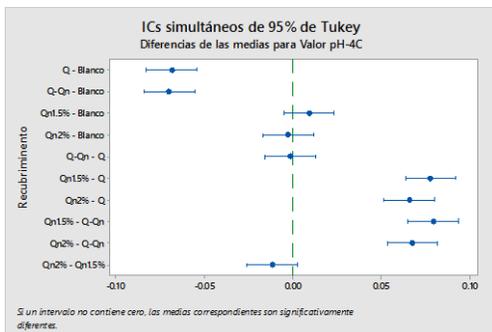
Apartado H5. Comparación de medias del análisis de varianza (ANOVA) a través del método de Tukey para los resultados obtenidos a temperatura de refrigeración en purés de guayabas



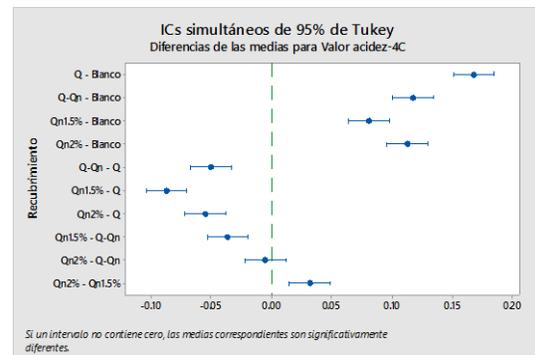
Gráfica H.5.1. Gráfico de la prueba Tukey para los resultados obtenidos del contenido de humedad en purés de guayaba almacenados a temperatura de refrigeración (4°C)



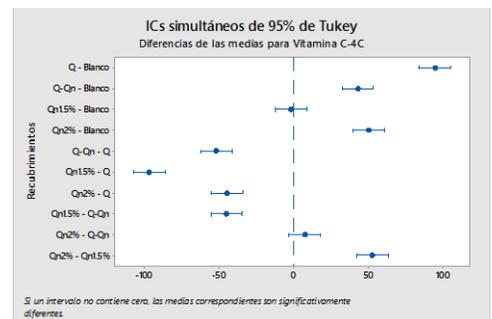
Gráfica H.5.2. Gráfico de la prueba Tukey para los resultados obtenidos de los grados brix en guayabas almacenadas a temperatura de refrigeración (4°C)



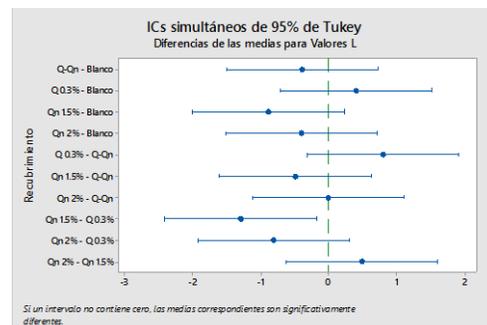
Gráfica H.5.3. Gráfico de la prueba Tukey para los resultados obtenidos del pH en guayabas almacenadas a temperatura de refrigeración (4°C)



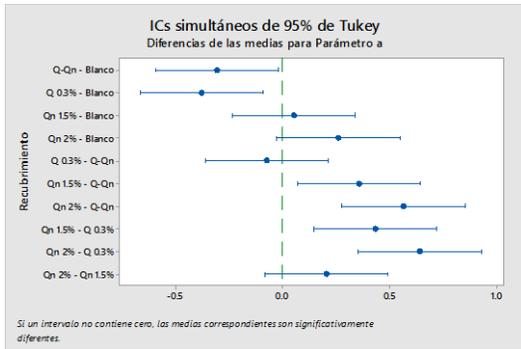
Gráfica H.5.4. Gráfico de la prueba Tukey para los resultados obtenidos de la acidez en guayabas almacenadas a temperatura de refrigeración (4°C)



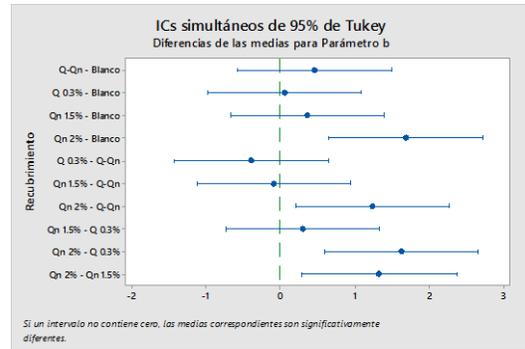
Gráfica H.5.5. Gráfico de la prueba Tukey para los resultados obtenidos en el contenido de ácido ascórbico en guayabas almacenadas a temperatura de refrigeración (4°C)



Gráfica H.5.6.a. Gráfico de la prueba Tukey para los resultados obtenidos del parámetro de color "L" en purés de guayaba almacenados a temperatura de refrigeración (4°C)

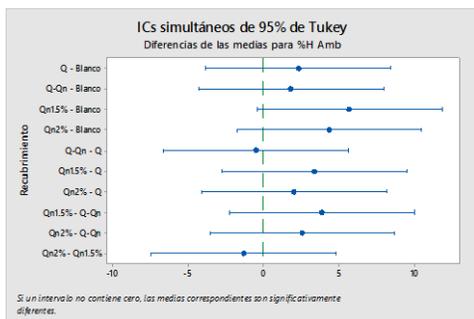


Gráfica H.5.6.b. Gráfico de la prueba Tukey para los resultados obtenidos del parámetro de color “a” en purés de guayaba almacenados a temperatura de refrigeración (4°C)

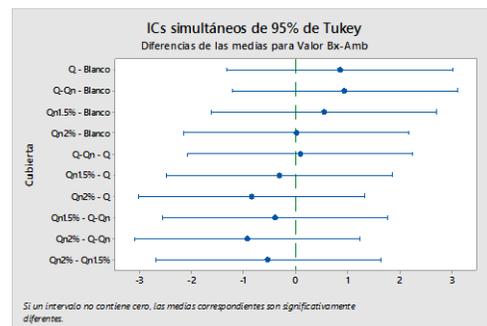


Gráfica H.5.6.c. Gráfico de la prueba Tukey para los resultados obtenidos del parámetro de color “b” en purés de guayaba almacenados a temperatura de refrigeración (4°C)

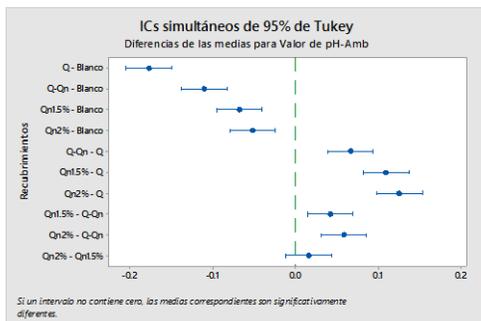
Apartado H6. Comparación de medias del análisis de varianza (ANOVA) a través del método de Tukey para los resultados obtenidos a temperatura ambiente en purés de guayabas



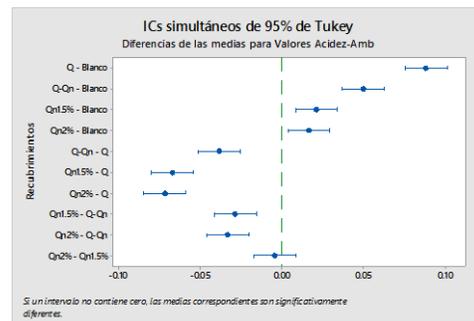
Gráfica H.6.1. Gráfico de la prueba Tukey para los resultados obtenidos del análisis de varianza del contenido de humedad en purés de guayaba almacenados a temperatura ambiente



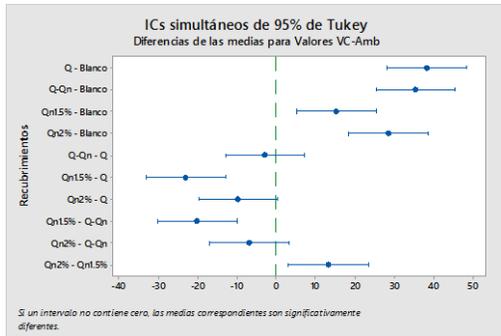
Gráfica H.6.2. Gráfico de la prueba Tukey para los resultados obtenidos del análisis de varianza del valor de los grados Brix en purés de guayaba almacenados a temperatura ambiente



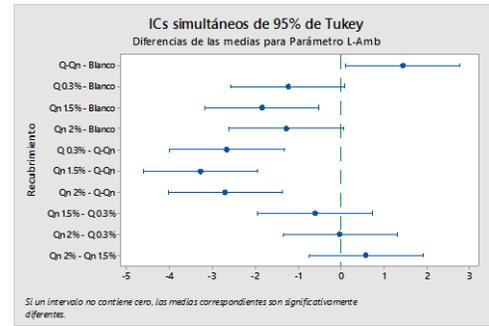
Gráfica H.6.3. Gráfico de la prueba Tukey para los resultados obtenidos del análisis de varianza del valor de pH en purés de guayaba almacenados a temperatura ambiente



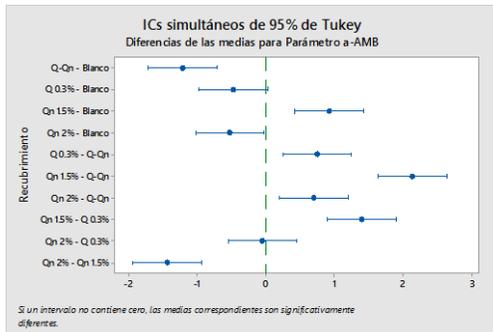
Gráfica H.6.4. Gráfico de la prueba Tukey para los resultados obtenidos del análisis de varianza del valor de acidez en purés de guayaba almacenados a temperatura ambiente



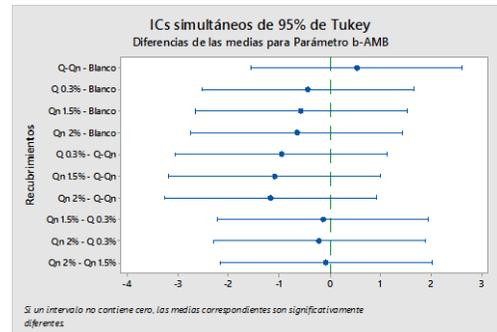
Gráfica H.6.5. Gráfico de la prueba Tukey para los resultados obtenidos del análisis de varianza del valor de ácido ascórbico en purés de guayaba almacenados a temperatura ambiente



Gráfica H.6.6.a. Gráfico de la prueba Tukey para los resultados obtenidos del parámetro de color "L" en purés de guayaba almacenados a temperatura ambiente

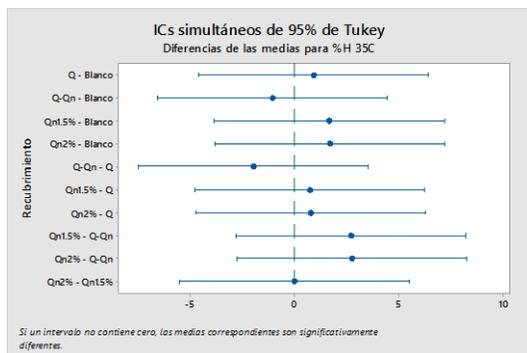


Gráfica H.6.6.b. Gráfico de la prueba Tukey para los resultados obtenidos del parámetro de color "a" en purés de guayaba almacenados a temperatura ambiente

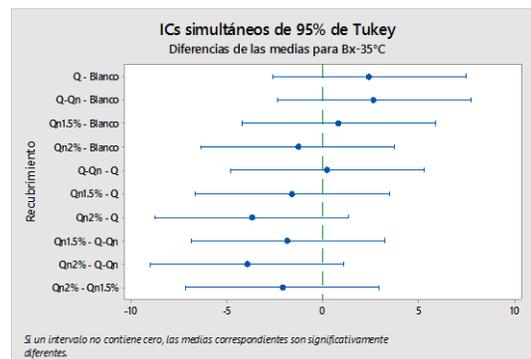


Gráfica H.6.6.c. Gráfico de la prueba Tukey para los resultados obtenidos del parámetro de color "b" en purés de guayaba almacenados a temperatura ambiente

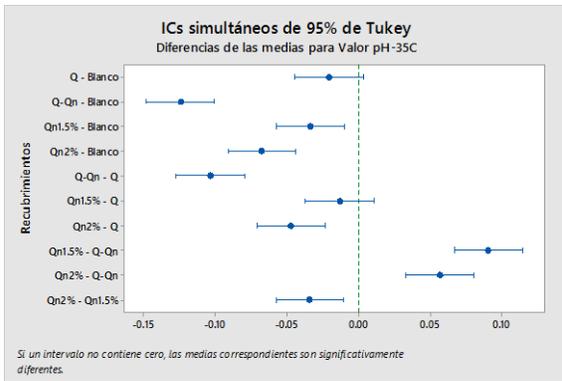
Apartado H7. Comparación de medias del análisis de varianza (ANOVA) a través del método de Tukey para los resultados obtenidos a temperatura de 35°C en purés de guayabas



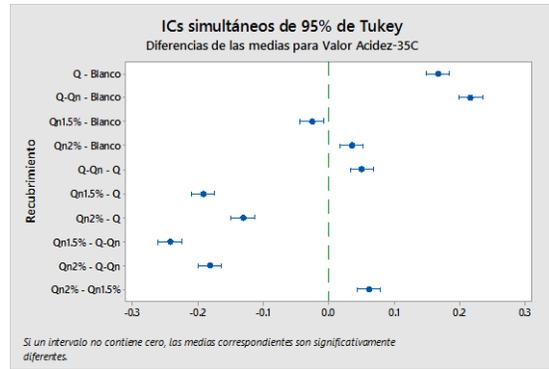
Gráfica H.7.1. Gráfico de la prueba Tukey para los resultados obtenidos del análisis de varianza del contenido de humedad en purés de guayaba almacenados en condiciones adversas



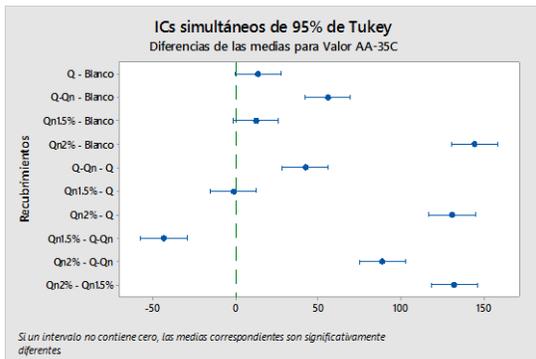
Gráfica H.7.2. Gráfico de la prueba Tukey para los resultados obtenidos del análisis de varianza del valor de sólidos solubles en purés de guayaba almacenados en condiciones adversas



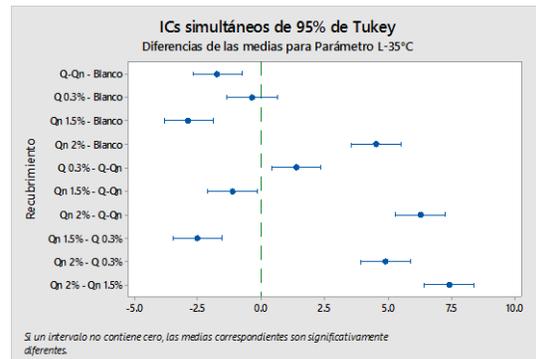
Gráfica H.7.3. Gráfico de la prueba Tukey para los resultados obtenidos del análisis de varianza del valor de pH en purés de guayaba almacenados en condiciones adversas



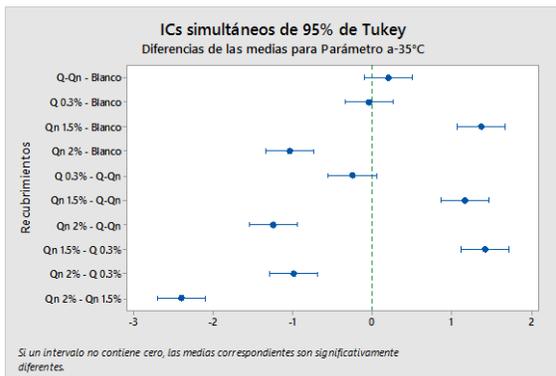
Gráfica H.7.4. Gráfico de la prueba Tukey para los resultados obtenidos del análisis de varianza del valor de acidez en purés de guayaba almacenados en condiciones adversas



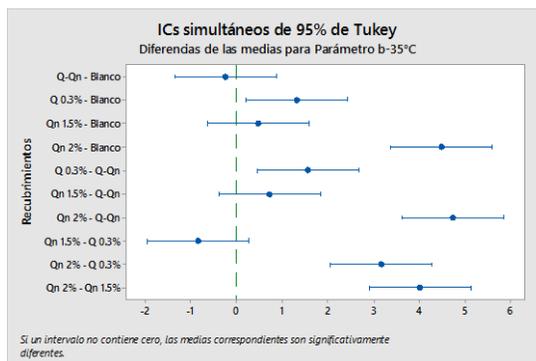
Gráfica H.7.5. Gráfico de la prueba Tukey para los resultados obtenidos del análisis de varianza del contenido de ácido ascórbico en purés de guayaba almacenados en condiciones adversas



Gráfica H.7.6.a. Gráfico de la prueba Tukey para los resultados obtenidos del parámetro de color "L" en purés de guayaba almacenados a temperatura adversa (35°C)

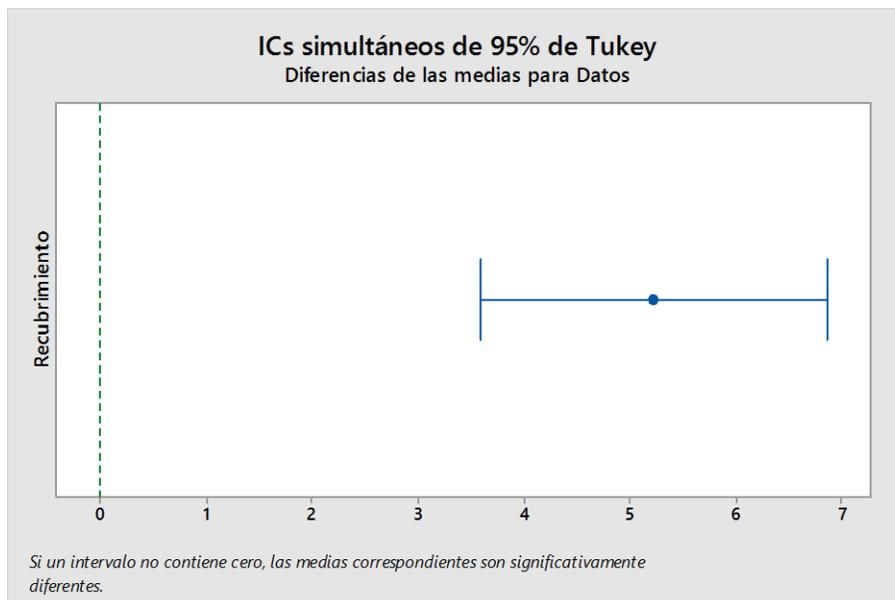


Gráfica H.7.6.b. Gráfico de la prueba Tukey para los resultados obtenidos del parámetro de color "a" en purés de guayaba almacenados a temperatura adversa (35°C)



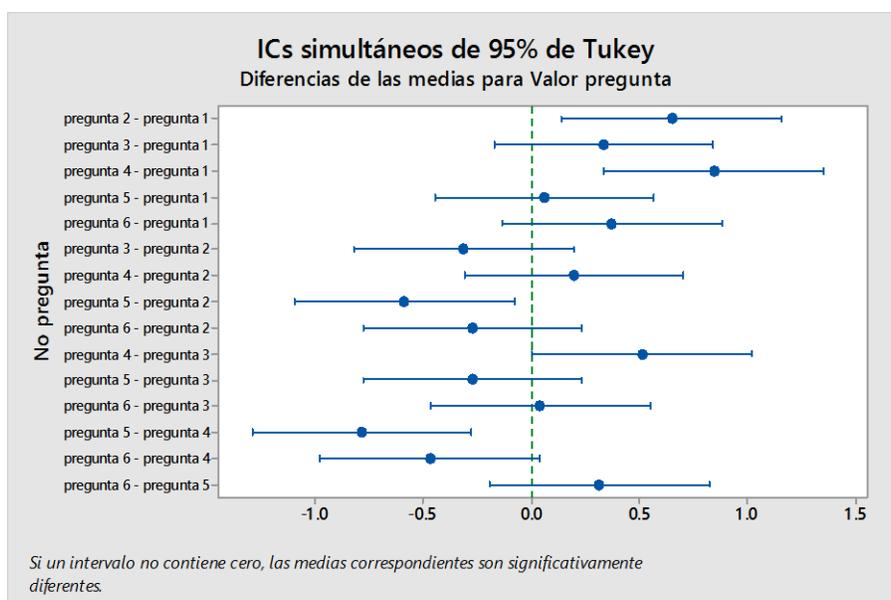
Gráfica H.7.6.c. Gráfico de la prueba Tukey para los resultados obtenidos del parámetro de color "b" en purés de guayaba almacenados a temperatura adversa (35°C)

Apartado H.8. Prueba de Tukey en el análisis de varianza en el valor de la determinación de calcio



Gráfica H.8.1. Gráfico de la prueba Tukey para los resultados obtenidos del valor en el contenido de calcio entre el puré obtenido de las guayabas control y el puré obtenido de las guayabas recubiertas con el biopolímero de quitina-quitosana

Apartado H.9. Prueba de Tukey en el análisis de varianza en la evaluación sensorial en guayabas



Gráfica H.9.1. Gráfico de la prueba Tukey para los resultados obtenidos del parámetro de evaluación sensorial entre tres jugos de guayaba evaluados

**CUESTIONARIOS DE EVALUACIÓN SENSORIAL EN
BRÓCOLIS Y GUAYABAS SOMETIDAS A LAS
APLICACIONES DE BIOPELÍCULAS**



Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Química
Estancia estudiantil para Químicos de Alimentos (1906)
Evaluación Sensorial



Frente a usted se ha colocado tres muestras de brócolis recubiertos. Evalúe las muestras de izquierda a derecha y con base en su criterio conteste el siguiente cuestionario, indicando el código de la muestra y poniendo con una "X" la respuesta preferida.

1. Sin degustar las muestras, ¿qué tanto le gusta el color de cada una de ellas?

Código			
a. Me disgusta mucho			
b. Me disgusta			
c. Ni me gusta ni me disgusta			
d. Me gusta			
e. Me gusta mucho			

2. Sin degustar las muestras, ¿qué tanto le gusta el olor de cada una de ellas?

Código			
a. Me disgusta mucho			
b. Me disgusta			
c. Ni me gusta ni me disgusta			
d. Me gusta			
e. Me gusta mucho			

3. Sin degustar las muestras, ¿qué tanto le gusta la textura de cada una de ellas?

Código			
a. Me disgusta mucho			
b. Me disgusta			
c. Ni me gusta ni me disgusta			
d. Me gusta			
e. Me gusta mucho			

4. Si salieran al mercado estas muestras, ordénalas de acuerdo a tu preferencia para realizar la adquisición de esta hortaliza.

Aceptación _____ > _____ > _____ Rechazo

¡Gracias por su colaboración!

Figura I.1: Cuestionario aplicado a consumidores para la evaluación de brócolis recubiertos

Figura 1.2: Cuestionario aplicado a consumidores para la evaluación de jugos elaborados con guayabas recubiertas con diferentes biopelículas



Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Química
Estancia Estudiantil (1906)



Género		Edad
Masculino	Femenino <input checked="" type="checkbox"/>	18

Frente a usted se han colocado tres muestras de jugos de guayaba. Evalúe los jugos de izquierda a derecha y con base en su criterio conteste el siguiente cuestionario, subrayando la respuesta preferida.

Proceda a evaluar la muestra 154:

1. Sin degustar el jugo 154, ¿que tanto le gustó el color?

a. Me disgusta mucho
b. Me disgusta
c. Ni me gusta ni me disgusta
d. Me gusta
e. Me gusta mucho

2. Sin degustar el jugo 154, ¿que tanto le gustó su aroma?

A. Me disgusta mucho
B. Me disgusta
C. Ni me gusta ni me disgusta
D. Me gusta
E. Me gusta mucho

Ahora, proceda a evaluar la muestra 879:

3. Sin degustar la muestra 879, ¿que tanto le gustó el color?

f. Me disgusta mucho
g. Me disgusta
h. Ni me gusta ni me disgusta
i. Me gusta
j. Me gusta mucho

4. Sin degustar la muestra 879, ¿que tanto le gustó su aroma?

F. Me disgusta mucho
G. Me disgusta
H. Ni me gusta ni me disgusta
I. Me gusta
J. Me gusta mucho

Ahora, proceda a evaluar la muestra 426:

5. Sin degustar el Jugo 426, ¿que tanto le gustó el color?

k. Me disgusta mucho
l. Me disgusta
m. Ni me gusta ni me disgusta
n. Me gusta
o. Me gusta mucho

6. Sin degustar el Jugo 426, ¿que tanto le gustó su aroma?

K. Me disgusta mucho
L. Me disgusta
M. Ni me gusta ni me disgusta
N. Me gusta
O. Me gusta mucho

7. Mencione que muestra le gustó más colocando en la casilla correspondiente una palomita "√" y cuál le desagradó más marcando la casilla con una equis "X".

Muestra	Evaluación
154	X
879	√
426	X

8. Con base en los atributos evaluados, ¿por qué le gustó más?

Tiene mejor olor que los demás

9. ¿Qué le cambiaría al producto que no fue de su preferencia?

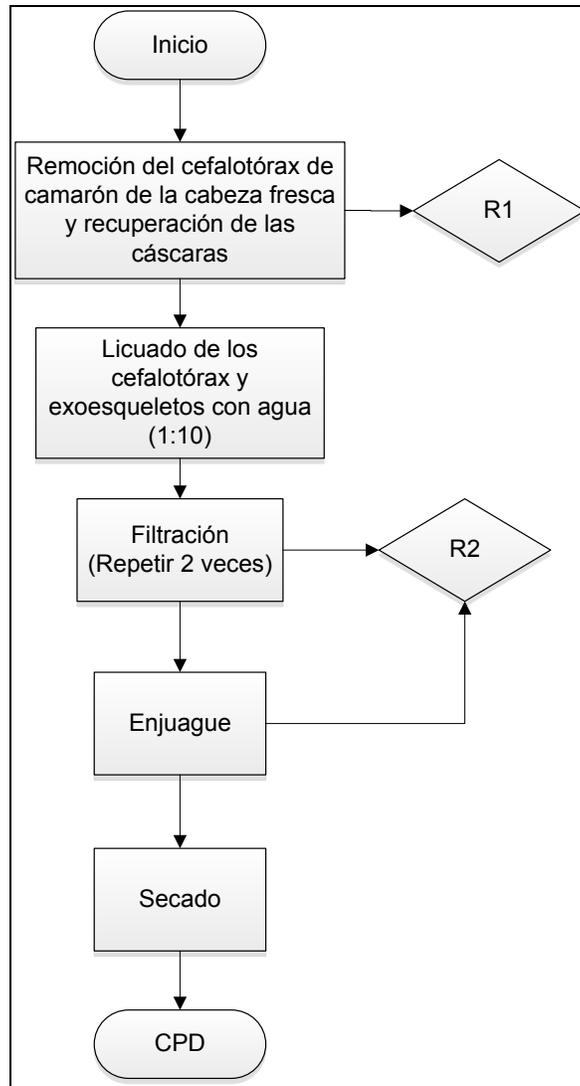
El olor

¡Gracias por su entusiasta participación!

Anastas y Warner (1998), basados en los conceptos establecidos por el profesor Stanley E. Manahan, generaron los doce principios de la química verde, los cuales sirven como base para la descripción de procesos y se enumeran a continuación:

1. Es mejor evitar la formación de residuos o subproductos a tener que limpiarlos o tratarlos una vez que se han generado.
2. En los procesos de síntesis, debería maximizarse la incorporación de todos los reactivos empleados en el proceso dentro del producto final.
3. Cuando sea posible, los métodos sintéticos deberían ser usados para generar y emplear sustancias que no representen riesgos, o éstos sean mínimos, a la salud del ser humano o al ambiente.
4. Los productos químicos deberían ser diseñados para ejecutar su función mientras se minimiza su toxicidad.
5. El uso de sustancias auxiliares (como solventes, agentes de separación, etc.) debería ser innecesario mientras sea posible e inocuo cuando sea usado.
6. Los requerimientos energéticos en los procesos químicos deberían ser reconocidos por sus mínimos impactos económicos así como en el ambiente y de ser posible, deberían ser realizados a temperatura y presión ambiente.
7. Los materiales en bruto o materias primas deberían ser renovables mientras sea técnica y económicamente práctico.
8. Los procesos innecesarios de derivatización (uso de grupos de bloqueo, protección/desprotección, modificación de procesos físicos y químicos) deberían ser minimizados o evitados si es posible, puesto que esto requiere de pasos adicionales que, generalmente, involucran nuevos reactivos y pueden generar residuos.
9. Los reactivos catalíticos (lo más selectivos posible) deben ser elegidos antes de los estequiométricos.
10. Los productos químicos deberían ser diseñados para que al final de su función, ellos puedan degradarse en el ambiente de forma inocua, además de no permanecer en el mismo.
11. Deben desarrollarse metodologías analíticas para el monitoreo del proceso en tiempo real así como del control en la formación de sustancias peligrosas.
12. Las sustancias y la forma en cómo ésta es usada en un proceso químico debe ser elegida de tal forma que el potencial de generar accidentes, explosiones e incendios sea mínima.

Apartado K.1. Tratamiento de los residuos generados en la obtención de cefalotórax y exoesqueletos de camarón parcialmente desproteinizados a partir de camarón fresco

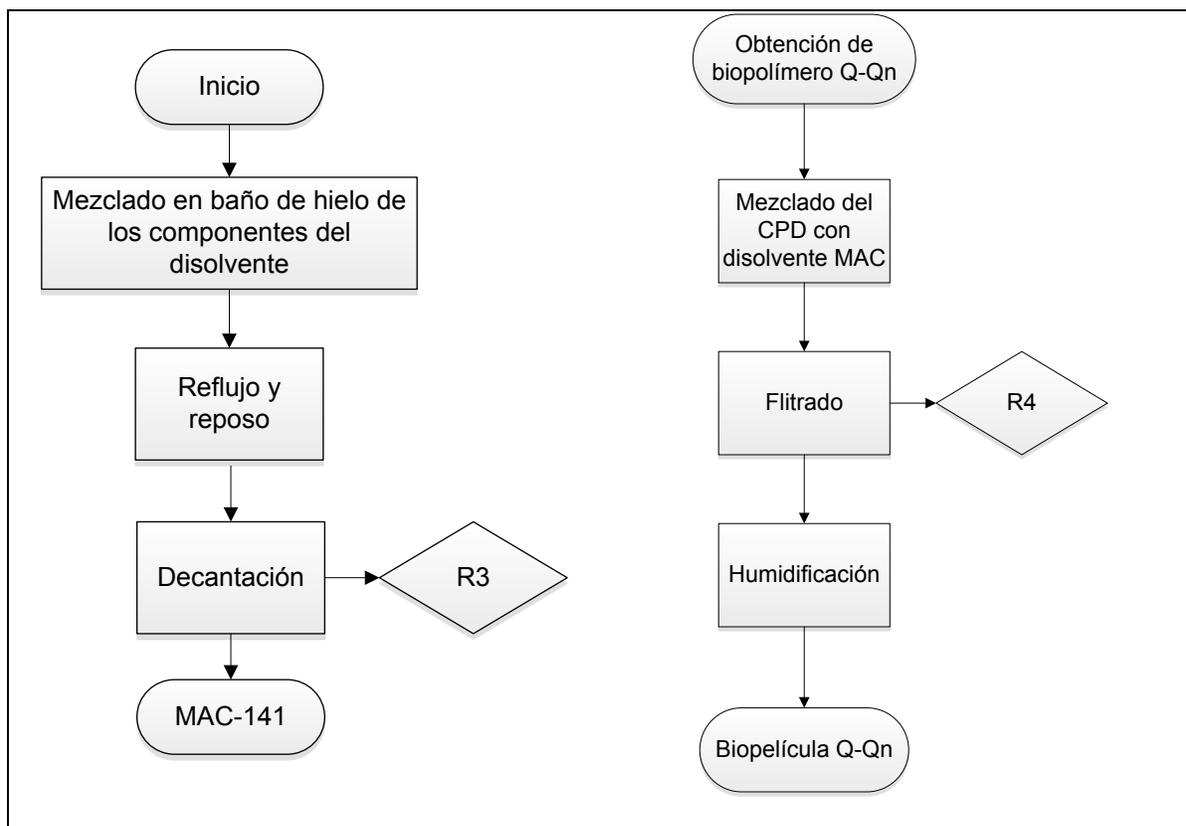


Tratamientos:

R1: El resto de la cabeza del camarón se coloca en la basura orgánica.

R2: El efluente contiene sales minerales y materia orgánica, puede desecharse en el drenaje con abundante agua.

Apartado K.2. Tratamiento de los residuos generados en la obtención del disolvente MAC-141® y del biopolímero de Q-Qn



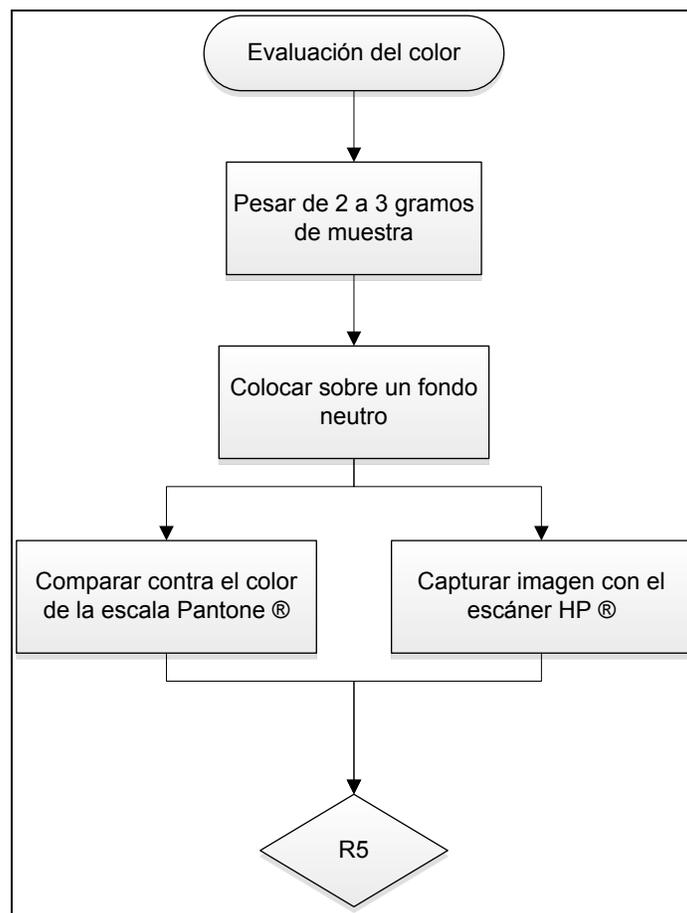
Tratamientos:

R3: El residuo obtenido en este punto es una mezcla de agua, metanol y cloruro de calcio no solubilizado, dependiendo de la relación coste/beneficio puede llevarse a cabo un filtrado para posteriormente destilar el metanol y así separarlo del agua.

El cloruro de calcio puede ser recuperado mediante un secado a 80°C en una estufa convencional reutilizándose en la elaboración de nuevos lotes de este disolvente.

R4: El residuo sólido obtenido en este punto consta de cefalotórax de camarón y disolvente MAC-141©, éste residuo puede depositarse en los residuos orgánicos.

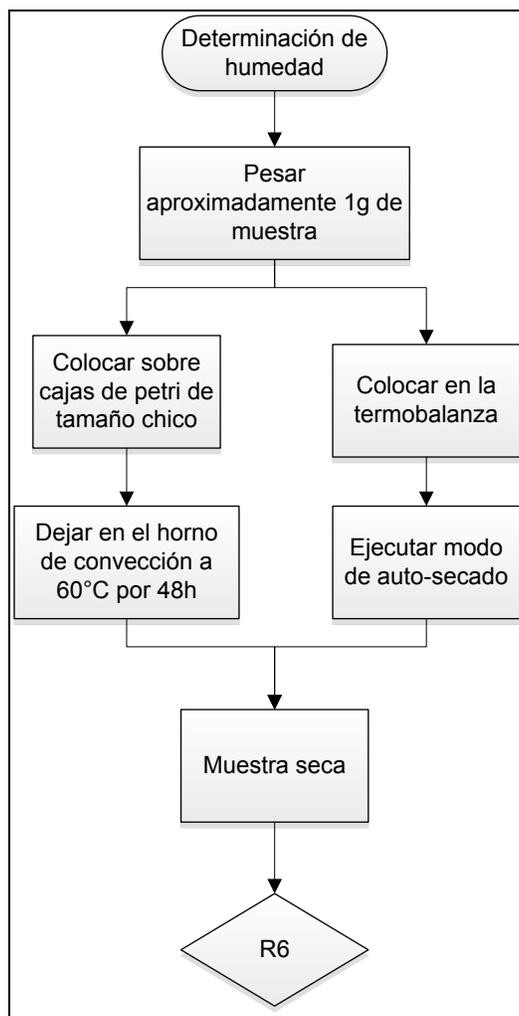
Apartado K.3. Tratamiento de los residuos generados en la determinación del color mediante la escala Pantone y la técnica RGB/CIE-L*ab



Tratamientos:

R5: Los sobrantes se colocan en la basura orgánica.

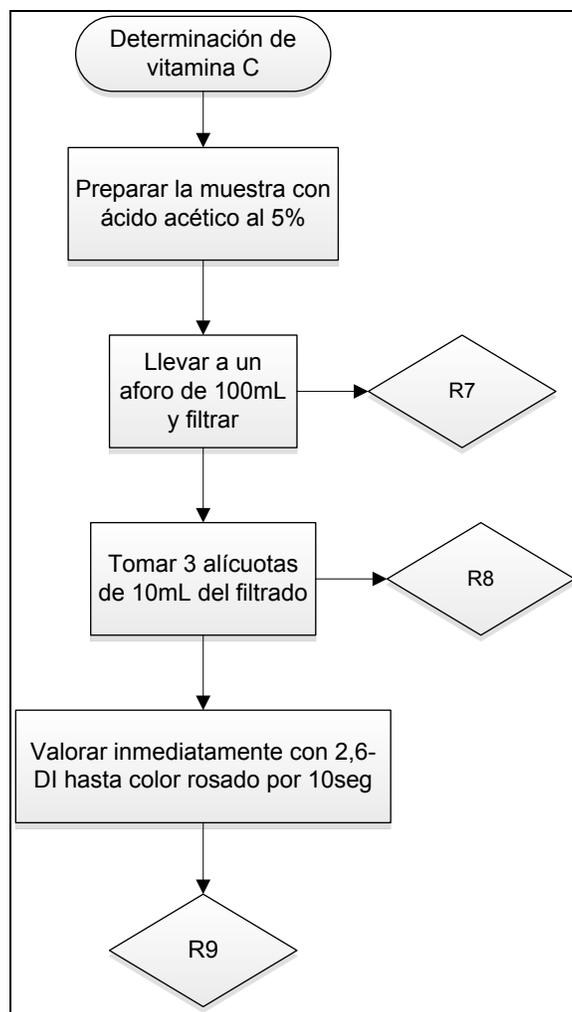
Apartado K.4. Tratamiento de los residuos generados en la determinación de humedad mediante la técnica de secado en horno convencional y termobalanza



Tratamientos:

R6: La muestra seca se deposita en la basura orgánica.

Apartado K.5. Tratamiento de los residuos generados en la determinación de ácido ascórbico (Vitamina C)



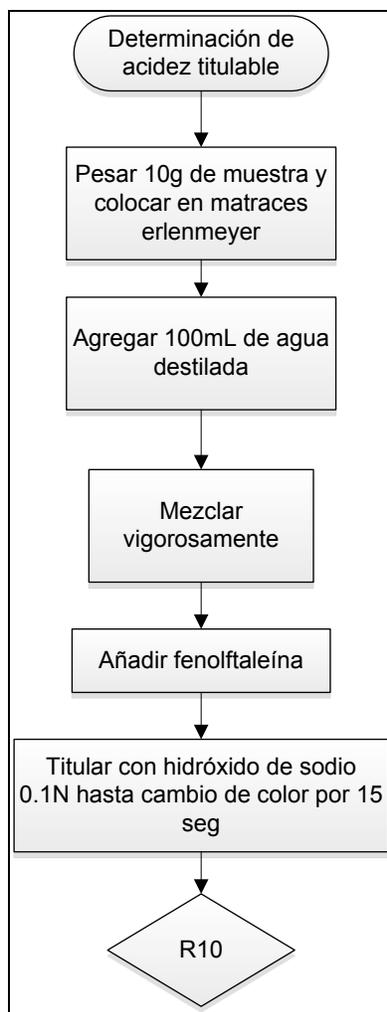
Tratamientos:

R7: Los sedimentos y el papel filtro usado se colocan en la campana y se mantienen así hasta la evaporación del ácido acético, posteriormente ambos se colocan en los residuos orgánicos.

R8: El sobrante del aforo se neutraliza para posteriormente ser desechado en el drenaje.

R9: La mezcla de ácido acético con 2,6-DI (Diclorofenol-Indofenol) se trata con 1% de carbón activado agitándose por 1 hora, posteriormente se lleva a cabo un reposo de 24 horas se filtra, se neutraliza y se desecha en el drenaje, el residuo sólido filtrado se envía a la UGA (Unidad de Gestión Ambiental) para incineración especializada.

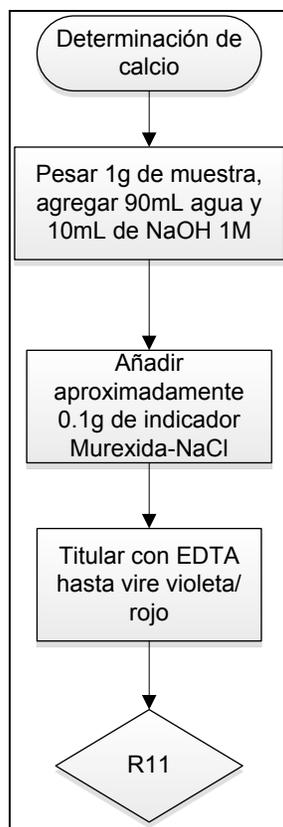
Apartado K.6. Tratamiento de los residuos generados en la determinación de acidez titulable



Tratamientos:

R10: La muestra se encuentra neutralizada después de la titulación por lo que puede desecharse en el drenaje.

Apartado K.7. Tratamiento de los residuos generados en la determinación de calcio en puré de guayaba



Tratamientos:

R11: Mezcla de puré de guayaba, hidróxido de sodio, EDTA, cloruro de sodio y murexida. La muestra se coloca en un recipiente plástico y se envía a la Unidad de Gestión Ambiental (UGA) de la Facultad de Química.