



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

FACULTAD DE QUÍMICA

**EFFECTO SOBRE LA VIDA DE ANAQUEL DE CIRUELAS
NEGRAS (*Prunus domestica*) RECUBIERTAS CON
BIOPOLÍMEROS OBTENIDOS DE RESIDUOS DE
CRUSTÁCEOS**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

QUÍMICA DE ALIMENTOS

PRESENTA:

Villanueva Jacobo Diana Paola



CIUDAD DE MÉXICO

2022



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

JURADO ASIGNADO

Presidente	Dra. María del Carmen Durán Domínguez de Bazúa
Vocal	Q.F.B. Agustín Reyo Herrera
Secretario	M. en A. I. Landy Irene Ramírez Burgos
1er. Suplente	Dra. Marisela Bernal González
2do. Suplente	M en C. Rolando Salvador García Gómez

SITIO EN DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:

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

ASESOR DEL TEMA

Dra. María del Carmen Durán Domínguez



SUPERVISOR TÉCNICO

M. en C. Rolando Salvador García Gómez



SUSTENTANTE

Villanueva Jacobo Diana Paola



Declaratoria

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



Diana Paola Villanueva Jacobo

RECONOCIMIENTOS

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

Agradezco al Programa de Apoyo a la Investigación y el Posgrado de la Facultad de Química de la UNAM (PAIP) Claves 50009065 y 50009067 por el financiamiento parcial de reactivos, equipos y material de laboratorio empleados en esta investigación.

A la Dra. María del Carmen Durán Domínguez de Bazúa por sus valiosas observaciones y aportaciones durante el desarrollo de este proyecto.

Al Maestro Rolando García Gómez por la asesoría técnica que me brindó durante la elaboración de esta tesis y por su constante apoyo y motivación.

Al personal académico, administrativo y operativo de los Laboratorios 301, 302 y 303 de Ingeniería Química Ambiental y de Química Ambiental del Edificio E-3 Alimentos y Química Ambiental.

A los honorables miembros del jurado revisor por sus valiosas aportaciones a este trabajo.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres Yolanda Jacobo y Daniel Villanueva por ser los pilares de mi vida, por cada uno de los consejos, pláticas, apoyo y todo el amor que me han dado, esta meta alcanzada es un logro en conjunto.

A mis hermanos Adrian y Julio, por motivarme siempre con palabras para mejorar en cada uno de los aspectos de mi vida.

A mis tías y primos que ante momentos adversos estuvieron ahí siendo una muy querida red de apoyo; en especial a mi tía Irma que con su apoyo fue pieza fundamental en la construcción de este camino.

A mis amigos, que son compañeros de alma en esta vida, desde aquellos que conozco desde la infancia hasta cada uno que fui conociendo en el camino, gracias a todos. A mi amiga Ana con la que he compartido muchos momentos importantes y a Zahira por todo el acompañamiento, comprensión y cariño que nos brindamos siempre.

A mis amigos de la Facultad, en especial a Vero Zarazúa por todas las pláticas y risas compartidas en la realización de nuestros respectivos trabajos de investigación.

ÍNDICE GENERAL

	Páginas
RESUMEN	
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del problema.	1
1.2. Justificación y propuesta de solución a la problemática planteada...	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. Uso de recubrimientos naturales en alimentos	6
2.2. Quitina y quitosana	6
2.2.1. El complejo quitina-proteína	7
2.2.2. Actividad antifúngica de la quitosana	8
2.3. Extracción de quitina-quitosana a partir del cefalotórax y exoesqueleto de crustáceos mediante un método de química verde	9
2.4. Ciruela negra, un fruto climatérico	10
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA	12
3.1. Diagrama general de la metodología desarrollada	12
3.2. Obtención y limpieza de residuos de camarón y jaiba	13
3.3. Obtención de hojuelas de cefalotórax y exoesqueletos parcialmente desproteinizados	13
3.4. Molienda de las hojuelas de residuos de crustáceos parcialmente desproteinizadas y secas	14
3.5. Elaboración del disolvente MAC-141©	15
3.6. Determinación de las condiciones para extraer la quitina-quitosana de la mezcla de harinas de residuos de camarón y de jaiba	16
3.7. Preparación del recubrimiento “Control” de quitosana marca Sigma-Aldrich®	17
3.8. Selección de la fruta, aplicación del tratamiento: Blanco, control (quitosana Sigma-Aldrich®) y quitina-quitosana obtenida de residuos de crustáceos con disolvente MAC-141© (Q-Qn); y almacenamiento a diferentes temperaturas	17
3.9. Determinación de parámetros fisicoquímicos en ciruelas negras con diferentes tratamientos y condiciones de almacenamiento	18
3.9.1. Determinación de pH	18
3.9.2. Determinación del porcentaje de acidez total titulable (%ATT), expresado como g de ácido málico en 100g de pulpa de ciruela negra	18
3.9.3. Determinación del porcentaje de sólidos solubles totales (Grados Brix, °Bx)	19
3.9.4. Determinación del índice de madurez	19

	Páginas	
3.9.5.	Determinación de vitamina C (mg/100g de pulpa)	19
3.9.6.	Determinación del porcentaje de humedad	19
3.9.7.	Determinación de color externo e interno	20
3.9.8.	Determinación de firmeza del fruto y rugosidad de la piel	20
3.10.	Elaboración de mermeladas de ciruela negra y análisis microbiológico	20
3.10.1.	Evaluación sensorial de mermeladas preparadas a partir de ciruelas negras sometidas a diferentes tratamientos	21
CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y ANÁLISIS		22
4.1.	Resultados de la obtención de harina de residuos de cefalotórax y exoesqueletos de camarón (<i>Penaeus vannamei</i>) y de jaiba (<i>Callinectes sapidus</i>)	22
4.2.	Determinación de las proporciones óptimas para la mezcla de harinas de residuos de crustáceos con el disolvente MAC-141©	22
4.3.	Tiempo de almacenamiento para los lotes de ciruela negra “Blanco”, “Control” y “Q-Qn” almacenados a temperatura de refrigeración (4-6°C), temperatura ambiente y a 35±2°C	23
4.4.	Determinación de pH en ciruelas negras con diferentes recubrimientos almacenadas a 4°C, temperatura ambiente y a 35°C	25
4.5.	Determinación del % de acidez, expresado como g de ácido málico en 100g de pulpa de ciruela negra con diferentes recubrimientos almacenadas a 4°C, temperatura ambiente y a 35°C	27
4.6.	Determinación del % de sólidos solubles totales (°Brix) en ciruelas negras con diferentes recubrimientos almacenadas a 4°C, temperatura ambiente y a 35°C	30
4.7.	Determinación del índice de madurez en ciruelas negras con diferentes recubrimientos almacenadas a 4°C, temperatura ambiente y a 35°C	32
4.8.	Determinación del contenido de vitamina C (mg/100 g pulpa) en ciruelas negras con diferentes recubrimientos almacenadas a 4°C, temperatura ambiente y a 35°C	34
4.9.	Determinación del % de humedad en ciruelas negras con diferentes recubrimientos almacenadas a 4°C, temperatura ambiente y a 35°C	36
4.10.	Determinación del color externo e interno de ciruelas negras con diferentes recubrimientos almacenadas a 4°C, temperatura ambiente y a 35°C	38
4.11.	Determinación de la firmeza y rugosidad en ciruelas negras con diferentes recubrimientos almacenadas a 4°C, temperatura ambiente y a 35°C	41
4.12.	Resultados de las pruebas microbiológicas de mermeladas elaboradas a partir de ciruelas negras sometidas a diferentes tratamientos	43
4.13.	Evaluación sensorial de mermeladas elaboradas a partir de ciruelas negras sometidas a diferentes tratamientos	45
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		51
5.1.	Conclusiones	51

	Páginas
5.2. Recomendaciones	52
ANEXOS	
Anexo A. Descripción completa de las metodologías realizadas en esta investigación	53
A.1. Determinación de pH	53
A.2. Determinación del porcentaje de acidez (%ATT)	55
A.3. Determinación de vitamina C (mg/100g de pulpa)	57
A.4. Determinación del porcentaje de sólidos solubles totales (grados Brix)	59
A.5. Determinación del porcentaje de humedad	60
A.6. Determinación de color interno y externo en ciruelas negras	61
A.7. Determinación de firmeza del fruto y rugosidad de la piel	62
A.8. Elaboración de mermeladas de ciruela negra	63
A.9. Análisis microbiológico de mermeladas de ciruela negra	65
A.9.1. Preparación y dilución de las muestras de mermeladas de ciruela negra	65
A.9.2. Determinación de hongos y levaduras	65
A.9.3. Determinación de coliformes totales	66
A.9.4. Determinación de mesófilos aerobios	67
Anexo B. Cuestionario para evaluación sensorial de mermeladas de ciruela negra	69
Anexo C. Anexo de Tablas de datos	71
Anexo D. Disposición controlada de los residuos de esta investigación	88
D.1. Tratamiento de residuos generados durante la obtención de harinas provenientes del cefalotórax y exoesqueleto de camarón y jaiba	88
D.2. Tratamiento de residuos generados en la elaboración del disolvente MAC-141© y el recubrimiento de quitina-quitosana	89
D.3. Tratamiento de residuos generados en la determinación de pH	90
D.4. Tratamiento de residuos generados en la determinación de vitamina C	91
BIBLIOGRAFÍA	92

I. ÍNDICE DE TABLAS

3.1. Compuestos para la elaboración del disolvente MAC-141 ©	15
3.2. Descripción de los diferentes recubrimientos aplicados a ciruelas negras	17
3.3. Especificaciones físicas y químicas en mermelada (DOF, 1982c)	20
3.4. Especificaciones microbiológicas para alimentos con $\text{pH} \leq 4,6$ (mermeladas, purés, jaleas y ates) (DOF, 1995)	21
4.1. Resultados de la molienda de 200g de residuos parcialmente desproteinizados y secos provenientes de camarón	22
4.2. Resultados de la molienda de 200g de residuos parcialmente desproteinizados y secos provenientes de jaiba	22
4.3. Relación óptima de extracción para obtener el recubrimiento de quitina-quitosana con MAC-141©	23

	Páginas	
4.4.	Resumen de los días de almacenamiento de ciruelas negras con tres diferentes recubrimientos almacenadas a tres temperaturas distintas	24
4.5.	Valores promedios de las determinaciones de pH en ciruelas negras con diferentes recubrimientos almacenadas a 4°C, temperatura ambiente y a 35°C	71
4.5a.	Análisis de varianza (andeva) multifactorial para la determinación de pH en ciruelas negras con diferentes recubrimientos almacenados a 4°C, temperatura ambiente y a 35°C	71
4.5b.	Pruebas de rangos múltiples (95% Duncan) para pH a 4°C por tratamiento (análisis multifactorial)	71
4.5c.	Análisis de varianza (andeva) simple para pH a 4°C por tratamiento	72
4.5d.	Análisis de varianza (andeva) simple para pH a 4°C por tiempo	72
4.5e.	Prueba de rangos múltiples (Duncan 95%) para pH a 4°C por tiempo (análisis simple)	72
4.5f.	Análisis de varianza (andeva) simple para pH a temperatura ambiente por tratamiento	72
4.5g.	Análisis de varianza (andeva) simple para pH a temperatura ambiente por tiempo	73
4.5h.	Análisis de varianza (andeva) simple para pH a 35°C por tratamiento	73
4.5i.	Análisis de varianza (andeva) simple para pH a 35°C por tiempo	73
4.5j.	Pruebas de rangos múltiples (Duncan 95%) para pH a 35°C por tiempo (análisis simple)	73
4.6.	Valores promedios de las determinaciones del % de acidez (g de ac. málico/100g de pulpa) en ciruelas negras con diferentes recubrimientos almacenadas a 4°C, temperatura ambiente y a 35°C	73
4.6a.	Análisis de varianza (andeva) multifactorial para la determinación de % de acidez en ciruelas negras con diferentes recubrimientos almacenadas a 4°C, temperatura ambiente y a 35°C	74
4.6b.	Pruebas de rangos múltiples (95% Duncan) para el % de acidez por temperatura (de análisis multifactorial)	74
4.6c.	Análisis de varianza (andeva) simple para % de acidez a 4°C por tratamiento	74
4.6d.	Análisis de varianza (andeva) simple para % de acidez a 4°C por tiempo	75
4.6e.	Pruebas de rangos múltiples (Duncan 95%) para % de acidez a 4°C por tiempo (análisis simple)	75
4.6f.	Análisis de varianza (andeva) simple para % de acidez a temperatura ambiente por tratamiento	75
4.6g.	Análisis de varianza (andeva) simple para % de acidez a temperatura ambiente por tiempo	75
4.6h.	Pruebas de rangos múltiples (Duncan 95%) para % de acidez a temperatura ambiente por tiempo (análisis simple)	76
4.6i.	Análisis de varianza (andeva) simple para % de acidez a 35°C por tratamiento	76
4.6j.	Análisis de varianza (andeva) simple para % de acidez a 35°C por tiempo	76

	Páginas	
4.6k.	Pruebas de rangos múltiples (Duncan 95) para % de acidez a 35°C por tiempo (análisis simple)	76
4.7.	Valores promedio del porcentaje de sólidos solubles totales (°Brix) en ciruelas negras con diferentes recubrimientos almacenadas a 4°C, temperatura ambiente y a 35°C	77
4.7a.	Análisis de varianza (andeva) multifactorial para °Brix en ciruelas negras con diferentes recubrimientos almacenadas a 4°C, a temperatura ambiente y a 35°C	77
4.7b.	Pruebas de rangos múltiples (95% Duncan) para °Brix por tratamiento (de análisis multifactorial)	77
4.7c.	Pruebas de rangos múltiples (95% Duncan) para °Brix por temperatura (de análisis multifactorial)	78
4.7d.	Análisis de varianza (andeva) simple para °Brix a 4°C por tratamiento	78
4.7.e.	Análisis de varianza (andeva) simple para °Brix a 4°C por tiempo	78
4.7f.	Pruebas de rangos múltiples (95% Duncan) para °Brix a 4°C por tiempo	78
4.7g.	Análisis de varianza (andeva) simple para °Brix a temperatura ambiente por tratamiento	78
4.7h.	Análisis de varianza (andeva) simple para °Brix a temperatura ambiente por tiempo	79
4.7i.	Pruebas de rangos múltiples (95% Duncan) para °Brix a temperatura ambiente por tiempo	79
4.7j.	Análisis de varianza (andeva) simple para °Brix a 35°C por tratamiento	79
4.7k.	Pruebas de rangos múltiples (95% Duncan) para °Brix a 35°C por tratamiento	79
4.7l.	Análisis de varianza (andeva) simple para °Brix a 35°C por tiempo	80
4.7m.	Pruebas de rangos múltiples (95% Duncan) para °Brix a 35°C por tiempo	80
4.8.	Valores promedio del índice de madurez (°Brix/ATT) en ciruelas negras con diferentes recubrimientos almacenadas a 4°C, temperatura ambiente y a 35°C	80
4.8a.	Análisis de varianza (andeva) multifactorial para el índice de madurez (°Brix/ATT) en ciruelas negras con diferentes recubrimientos almacenadas a 4 °C, temperatura ambiente y a 35°C	80
4.8b.	Pruebas de rangos múltiples (Duncan 95%) para índice de madurez por temperatura (análisis multifactorial)	81
4.8c.	Pruebas de rangos múltiples para índice de madurez por tratamiento (análisis multifactorial)	81
4.8d.	Análisis de varianza (andeva) simple para índice de madurez a 4°C por tratamiento	81
4.8e.	Análisis de varianza (andeva) simple para índice de madurez a 4°C por tiempo	81
4.8f.	Análisis de varianza (andeva) simple para índice de madurez a temperatura ambiente por tratamiento	82

	Páginas	
4.8g.	Análisis de varianza (andeva) simple para índice de madurez a temperatura ambiente por tiempo	82
4.8h.	Análisis de varianza (andeva) para índice de madurez a 35°C por tratamiento	82
4.8i.	Análisis de varianza (andeva) simple para índice de madurez a 35°C por tiempo	82
4.9.	Valores promedios de las determinaciones de vitamina C (mg/100 g de pulpa) en ciruelas negras con diferentes recubrimientos almacenadas a 4°C, temperatura ambiente y a 35°C	82
4.9a.	Análisis de varianza (andeva) multifactorial para la determinación de vitamina C (mg/100g pulpa) en ciruelas negras con diferentes recubrimientos almacenadas a 4°C, temperatura ambiente y a 35°C	83
4.9b.	Pruebas de rangos múltiples (95% Duncan) para vitamina C por tratamiento (análisis multifactorial)	83
4.9c.	Pruebas de rangos múltiples (95% Duncan) para vitamina C por temperatura (análisis multifactorial)	83
4.9d.	Análisis de varianza (andeva) simple para vitamina C a 4°C por tratamiento	84
4.9e.	Análisis de varianza (andeva) simple para vitamina C a 4°C por tiempo	84
4.9f.	Análisis de varianza (andeva) simple para vitamina C a temperatura ambiente por tratamiento	8
4.9g.	Análisis de varianza (andeva) simple para vitamina C a temperatura ambiente por tiempo	84
4.9h.	Análisis de varianza (andeva) simple para vitamina C a 35°C por tratamiento	85
4.9i.	Análisis de varianza (andeva) simple para vitamina C a 35°C por tiempo	85
4.10.	Valores promedio de % de humedad en ciruelas negras con diferentes recubrimientos almacenadas a 4°C, temperatura ambiente y a 35°C	85
4.10a.	Análisis de varianza (andeva) simple para % de humedad a 4°C por tratamiento	85
4.10b.	Análisis de varianza (andeva) simple para % de humedad a 4°C por tiempo	86
4.10c.	Análisis de varianza (andeva) simple para % de humedad a temperatura ambiente por tratamiento	86
4.10d.	Análisis de varianza (andeva) simple para % de humedad a temperatura ambiente por tiempo	86
4.10e.	Pruebas de múltiple rangos (95% Duncan) para % de humedad a temperatura ambiente por tiempo (análisis simple)	86
4.10f.	Análisis de varianza (andeva) simple para % de humedad a 35°C por tratamiento	87
4.10g.	Análisis de varianza (andeva) simple para % de humedad a 35°C por tiempo	87
4.10h.	Pruebas de rangos múltiples (95% Duncan) para % de humedad a 35°C por tiempo (análisis simple)	87

		Páginas
4.11.	Color interno de ciruelas negras con tres tratamientos distintos almacenadas a 4°C	39
4.11.a.	Color interno de ciruelas negras con tres tratamientos distintos almacenadas a temperatura ambiente	40
4.11.b.	Color interno de ciruelas negras con tres tratamientos distintos almacenadas a 35°C	40
4.12.	Resultados de pruebas microbiológicas de mermeladas de ciruela negra	87

II. ÍNDICE DE FIGURAS Y DIAGRAMAS

Figuras	Título	
2.1.	Representación de las cadenas (A) Celulosa; (B) quitina totalmente acetilada y (C) quitosana totalmente desacetilada (Ramírez <i>et al.</i> , 2010)	7
3.1.	Camarón cristal (<i>Litopenaeus vannamei</i>) fresco	13
3.2.	Jaiba azul adquirida en el mercado de la Nueva Viga	13
3.3.	Secado de exoesqueletos de camarón en estufa a 60°C	14
3.4.	Hojuelas de cefalotórax y exoesqueletos de camarón parcialmente desproteinizadas	14
3.5.	Molienda de hojuelas con licuadora, tamaño de partícula mayor a 0.137 mm	14
3.6.	Molino empleado para obtener harina de residuos de camarón y jaiba	14
3.7.	Uso de tamices para obtener harina con tamaño de partícula menor a 0.137 mm	15
3.8.	Elaboración de disolvente MAC-141©	16
3.9.	Centrifugación de disolvente MAC-141©	16
3.10.	Pruebas para determinar la proporción óptima Harina:MAC-141© para obtener el mejor recubrimiento	16
3.11.	Humidificación de recubrimientos (diferentes proporciones Harina:MAC-141©)	16
3.12.	Ciruelas negras almacenadas a temperatura ambiente (de izq. a der. Blanco, Control y Q-Qn)	18
4.1.	Presencia de hongos en ciruela negra con recubrimiento Q-Qn en el día 20 de almacenamiento a temperatura de refrigeración	24
4.2.	Presencia de hongos en ciruela negra con el recubrimiento Control en el día 13 de almacenamiento a temperatura ambiente	24
4.3.	Determinación del color externo de ciruelas negras con tres tratamientos distintos almacenadas a 4°C, temperatura ambiente y a 35°C	39
A1.1.	Determinación de pH	54
A2.1.	Muestra sin diluir, matraz aforado de 100mL y muestra dilución 5:100	56
A2.2.	Determinación de acidez de una muestra de ciruela (Blanco) almacenada a 4°C	56

	Páginas	
A3.1.	Solución patrón de Vitamina C protegida de la luz	58
A3.2.	Determinación de Vitamina C con 2,6-Diclorofenol-Indofenol	58
A4.1.	Especificaciones del Refractómetro marca ATAGO ® modelo CVQ-4012	59
A4.2.	Determinación de grados Brix	59
A5.1.	Determinación de humedad en termobalanza	60
A6.1.	Determinación de color externo con Pantone®	61
A6.2.	Determinación de color interno con Pantone ®	61
A7.1.	Determinación táctil de firmeza en ciruelas negras	62
A7.2.	Determinación de rugosidad en ciruelas negras (rugosidad=3)	62
A9.1.	Dilución 10 ⁻¹ de mermeladas de ciruela negra	65
A9.2.	Esterilización de medios de cultivo en autoclave	66
Diagrama 2	Diagrama de flujo para elaborar mermelada de ciruela negra	64
Diagrama 3.1	Metodología general de la investigación	129
Diagrama 3.2	Diagrama de flujo para elaborar mermelada de ciruela negra	54

III. ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráficas	Título	
4.1	Valores promedio de pH con respecto al tiempo de ciruelas negras con tres tratamientos distintos almacenadas a 4°C	26
4.2	Valores promedio de pH con respecto al tiempo de ciruelas negras bajo tres tratamientos distintos almacenadas a temperatura ambiente	26
4.3	Valores promedio de pH con respecto al tiempo de ciruelas negras bajo tres tratamientos distintos almacenadas a 35°C	27
4.4	Valores promedio del % de acidez con respecto al tiempo de ciruelas negras bajo tres tratamientos distintos almacenadas a 4°C	28
4.5	Valores promedio de % de acidez con respecto al tiempo de ciruelas negras bajo tres tratamientos distintos almacenadas a temperatura ambiente	29
4.6	Valores promedio de % de acidez con respecto al tiempo de ciruelas negras con tres tratamientos distintos almacenadas a 35°C	29
4.7	Valores promedio de °Brix en ciruelas negras con tratamientos distintos almacenadas a 4°C	30
4.8	Valores promedio de °Brix en ciruelas negras con tratamientos distintos almacenadas a temperatura ambiente	31
4.9	Valores promedio de °Brix en ciruelas negras con tratamientos distintos almacenadas a 35°C	32
4.10	Valores promedio del índice de madurez con respecto al tiempo de las ciruelas negras bajo tres tratamientos distintos almacenadas a 4°C	33
4.11	Valores promedio del índice de madurez con respecto al tiempo de ciruelas negras con tres tratamientos distintos almacenadas a temperatura ambiente	33
4.12	Valores promedio de índice de madurez con respecto al tiempo de ciruelas negras con tres tratamientos distintos almacenadas a 35°C	34
4.13	Valores promedio de vitamina C (mg/100 g pulpa) con respecto al tiempo de ciruelas negras con tres tratamientos distintos almacenadas	35

	Páginas
	a 4°C
4.14	Valores promedio de vitamina C (mg/100 g pulpa) con respecto al tiempo de ciruelas negras con tres tratamientos distintos almacenadas a temperatura ambiente 35
4.15	Valores promedio de vitamina C (mg/100 g pulpa) con respecto al tiempo de ciruelas negras con tres tratamientos distintos almacenadas a 35°C 36
4.16	Valores promedio del % de humedad con respecto al tiempo de ciruelas negras con tres tratamientos distintos almacenados a 4° 37
4.17	Valores promedio del % de humedad con respecto al tiempo de ciruelas negras con tres tratamientos distintos almacenados a temperatura ambiente 37
4.18	Valores promedio del % de humedad con respecto de el tiempo de ciruelas negras con tres tratamientos distintos almacenados a 35°C 38
4.19	Resultados de firmeza obtenidos en ciruelas negras almacenadas a 4°C 41
4.20	Resultados de rugosidad de la piel obtenidos en ciruelas negras almacenadas a 4°C 42
4.21	Resultados de firmeza obtenidos en ciruelas negras almacenadas a temperatura ambiente 42
4.22	Resultados de la rugosidad de la piel obtenidos en ciruelas negras almacenadas a temperatura ambiente 42
4.23	Resultados de firmeza obtenidos en ciruelas negras almacenadas a 35°C 43
4.24	Resultados de rugosidad de la piel obtenidos en ciruelas negras almacenadas a 35°C 43
4.25	Edad de los jueces no entrenados 45
4.26	Género de los jueces no entrenados 45
4.27	Resultados de la evaluación de color en mermeladas de ciruela negra 46
4.28	Resultados de la evaluación sensorial de olor en mermeladas de ciruela negra 46
4.29	Resultados de la evaluación sensorial de textura en mermeladas de ciruela negra 47
4.30	Resultados de la evaluación sensorial de sabor en mermeladas de ciruela negra 48
4.31	Resultados de la intensidad de dulzor en mermeladas de ciruela negra 49
4.32	Número de veces de consumo de mermelada de ciruela negra 49
4.33	Resultados sobre interés en el aumento de la oferta de mermeladas de ciruela negra 50

NOMENCLATURA

andeva	Análisis de varianza (Anexo C)
AOAC	Siglas en inglés de la Asociación Oficial de Químicos Analíticos (<i>Association of Official Analytical Chemists</i>)
ASTM	Siglas en inglés de la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (<i>American Society for Testing and Materials</i>)
ATT	Acidez total titulable
°Bx	Grados Brix
°C	Grados Celsius
cm	Centímetro (unidad de longitud del sistema métrico que equivale a una centésima parte de un metro).
mm	Milímetro (una unidad de longitud del sistema métrico equivalente a una milésima parte de un metro)
CONAPESCA	Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca, México
2,6-DI	2,6-Diclorofenol-Indofenol
DOF	Diario Oficial de la Federación
g	Unidad de masa en gramos
GI	Grados de libertad (Anexo C)
h	Símbolo de hora
L	Unidad de volumen en litros
LS	Límite superior (Anexo C)
MAC-141©	Disolvente compuesto por <u>m</u> etanol, <u>a</u> gua y cloruro de <u>c</u> alcio en relación molar 1:4:1. Es capaz de disolver el polímero quitina-quitosana del cefalotórax y exoesqueleto de crustáceos.
min	Símbolo de minuto
mL	Unidad de volumen en mililitros
NMP	Número más probable
NMX	Norma Mexicana
NOM	Norma Oficial Mexicana
PAM	Pectina de alto metoxilo
PDA	Agar papa dextrosa por sus siglas en inglés
pH	Potencial de hidrógeno
PHA	Polihidroxialcanoato por sus siglas en inglés
PLA	Ácido poliláctico por sus siglas en inglés
Q	Quitina
Qn	Quitosana
Q-Qn	Quitina-quitosana
SADER	Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, México
SAGARPA	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, México
T	Símbolo de temperatura
UFC	Unidades formadoras de colonias
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México
VRBG	Bilis glucosa rojo violeta por sus siglas en inglés

X	Símbolo empleado en las tablas de pruebas de rangos múltiples para indicar si existe o no diferencia significativa entre medias que están siendo comparadas (Anexo C)
----------	---

Nota: Esta tesis usa el punto decimal (DOF, 2009) y no lleva espacio entre el guarismo o la letra antes de °C o %

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Término	Significado
Acidez	Cantidad de ácidos libres presente en una matriz alimentaria
Ácido acético glacial	Ácido monoprótico cuya fórmula química es CH_3COOH con masa molecular de 60.05g/mol, es un líquido incoloro con olor característico, con punto de ebullición de 116-118°C, flamable a 40°C, su grado de pureza debe ser mínimo de 99.8%
Ácido poliláctico	El ácido poliláctico (<i>PLA</i> , por sus siglas en inglés) es un polímero biodegradable producido a partir del ácido láctico, obtenido por fermentación de fuentes renovables. Tiene un uso potencial como empaque El <i>PLA</i> tiene propiedades mecánicas en el mismo rango de los polímeros petroquímicos, a excepción de una baja elongación
Acuicultura	Conjunto de técnicas y conocimientos relativos al cultivo de especies acuáticas vegetales y animales
Agua destilada	Agua a la cual mediante el proceso de destilación se le han eliminado las impurezas e iones
Alimento	Cada una de las sustancias que un ser vivo toma o recibe para su nutrición
Biodegradable	Es el producto o sustancia que puede descomponerse en los elementos químicos que lo conforman, debido a la acción de agentes biológicos, como plantas, animales, microorganismos y hongos, bajo condiciones ambientales naturales
Biopelícula	Producto que forma una capa sobre un alimento y constituye una barrera semipermeable a los gases y al vapor de agua retrasando el deterioro de un alimento
Cefalotórax	Parte del cuerpo de los crustáceos y arácnidos que está formada por la unión de la cabeza y el tórax
Ciruela	Fruto del ciruelo. Es una drupa, muy variable en forma, color y tamaño según la variedad del árbol que la produce. El epicarpio suele separarse fácilmente del mesocarpio, que es más o menos dulce y jugoso y a veces está adherido al endocarpio. Es un fruto climatérico
Cloruro de calcio	Sustancia química sólida cuya fórmula química es CaCl_2 , tiene una masa molecular de 110.98g/mol, punto de fusión a 772°C y solubilidad en agua de 740g/L (20°C)
Colágeno	Es la proteína más abundante de origen animal formada por tres cadenas polipeptídicas. Se encuentra en todos los tejidos conectivos

Término	Significado
	del cuerpo (músculos, dientes, huesos y piel) y se utiliza en alimentos funcionales, empaques biodegradables, películas fotográficas y en cosmetología
Coliformes totales	Organismos aerobios o anaerobios facultativos capaces de crecer a 35 °C en un medio líquido de lactosa, con producción de ácido y gas en un período de 48 h
Con respecto ...	Con <u>respecto a</u> , con <u>respecto de</u> , <u>respecto a</u> o <u>respecto de</u> son locuciones prepositivas que significan acerca de, en lo que se refiere a (https://dle.rae.es/respecto?m=form)
Cosecha	La cosecha es la separación de la planta madre de la porción vegetal de interés comercial, que pueden ser frutos como tomate, pimiento, manzana, etc.; raíces como remolacha, zanahoria y otras; hojas, como espinaca, acelga; bulbos como cebolla o ajo; tubérculos como papa; tallos como el espárrago; pecíolos como el apio; inflorescencias como el brócoli o coliflor, etc. La cosecha es el fin de la etapa del cultivo y el inicio de la preparación o acondicionamiento para el mercado
Crustáceos	Dicho de un animal: del grupo de los artrópodos, con un número variable de apéndices, dos pares de antenas, cuerpo cubierto por un caparazón, generalmente calcificado, y respiración branquial
Decantación	Es un procedimiento físico que sirve para separar una mezcla compuesta por un sólido o un líquido de mayor densidad, y un líquido de menor densidad. La separación ocurre inicialmente por acción de la gravedad, la sustancia más densa se va al fondo y la menos densa queda arriba permitiendo ser separada al verter el contenedor
Etileno	El etileno o eteno, que es realmente su nombre químico, es un compuesto con fórmula química C ₂ H ₄ o CH ₂ =CH ₂ , es una de las hormonas que controlan procesos en las plantas superiores, como la senescencia de los órganos, respuesta al estrés, germinación de la semilla y es la principal en el inicio y control del proceso de maduración
Exoesqueleto	Estructura que cubre la superficie de los artrópodos y que cumple una función protectora y de soporte al aparato muscular, principalmente formada por quitina y carbonato de calcio (nunca cálcico ya que no hay calzoso en química, nota de la asesora)
Filtración	Se denomina filtración al proceso unitario de separación de sólidos en una suspensión a través de un medio mecánico poroso, también llamados tamiz, criba, cedazo o filtro
Fruto	Producto del desarrollo del ovario de una flor después de la fecundación, en el que quedan contenidas las semillas, y en cuya formación cooperan con frecuencia tanto el cáliz como el receptáculo floral y otros órganos
Fruto climatérico	Fruto en el cual se presenta una producción autocatalítica de etileno, la cual puede acompañarse o no de un incremento en la respiración.

Término	Significado
	Responde a la aplicación exógena de etileno, sintetizándolo autocatalíticamente. Son cosechados antes de la subida climatérica y su maduración continua
Fruto no climatérico	No incrementa la síntesis de etileno al ser expuesto a este de manera exógena y no presentan maduración extensiva después de ser cosechados
Grados Brix (°Bx)	Es el por ciento de sólidos disueltos en un producto derivado de las frutas o de un líquido que contenga glúcidos
Glúcidos	Compuestos químicos formados por carbono, hidrógeno y oxígeno como la glucosa, fructosa, etc.
Hongo filamentoso	Son hongos pluricelulares formados por filamentos largos de células unidas, los cuales se llaman hifas. Las hifas pueden desarrollarse hasta formar un micelio visible a simple vista
Hortaliza	Se le denomina hortaliza al conjunto de plantas cultivadas en huertos. Se consume como alimento de manera cruda o cocida a través de diferentes preparaciones. Incluye a las verduras, legumbres verdes y los guisantes
Levadura	Son hongos unicelulares con bastante diversidad en su morfología, pero comúnmente se encuentran en forma ovalada, suelen formar conglomerados que se observan a simple vista
Madurez de consumo	Estado de desarrollo en que el fruto logra las características organolépticas deseables para su consumo, que incluyen modificaciones de color, textura, contenido de glúcidos y ácidos orgánicos, etc.
Madurez fisiológica	La madurez fisiológica ocurre cuando el fruto alcanza su mayor tamaño y vigor de las semillas, ya que después de cosechado debe sobrevivir con su propios sustratos acumulados. Es el paso intermedio entre el fin del crecimiento y el inicio de la senescencia
Masa versus peso	La masa (unidades: kg) NO es lo mismo que el peso (unidades: N). La masa es la cantidad de materia que contiene un cuerpo y el peso es la acción que ejerce la fuerza de gravedad sobre el cuerpo
Mesófilos aerobios	Grupos de bacterias que engloban a aquellas que se desarrollan en un medio de cultivo nutritivo y sin inhibidores a una temperatura de 33 a 37°C. Su cuantificación es un indicador de las prácticas de higiene durante la elaboración de un producto
Metanol	También conocido como alcohol de madera o alcohol metílico. Es un líquido incoloro y muy tóxico, obtenido por destilación de la madera a baja temperatura o mediante la reacción del monóxido de carbono y el hidrógeno, que se emplea para desnaturalizar el alcohol etílico y como aditivo de combustibles líquidos
Pectina	Familia de polisacáridos complejos y abundantes en las paredes celulares vegetales. Se pueden clasificar según su grado de esterificación. El número y distribución de los grupos metílicos a lo largo de la molécula juegan un papel muy importante en la solubilidad, capacidad espesante y capacidad de gelificación de las

Término	Significado
	pectinas, características que determinan las propiedades del gel formado
Pectina de alto metóxilo (PAM)	Pectina con un mínimo de 50% de grupos carboxilo esterificados. Forma geles a pH entre 2.8 y 3.5 y un contenido de sólidos solubles entre 60 y 70°Bx
Pectina de bajo metóxilo (PBM)	Pectina con un máximo de 50% de grupos carboxilo esterificados. Los residuos carboxílicos no esterificados cargados negativamente pueden interactuar con cationes Ca^{2+} o Mg^{2+} formando así un gel estable con otras moléculas pécticas
Polihidroxicanoatos (PHA)	Los polihidroxicanoatos (<i>PHA</i> , por sus siglas en inglés) son biopolíesteres sintetizados intracelularmente por algunos microorganismos como reserva de carbono y energía que, una vez extraídos de la célula, presentan propiedades físicas similares a plásticos derivados del petróleo
Quitina	Sustancia orgánica segunda más abundante en la naturaleza después de la celulosa. Es un polisacárido muy abundante en la naturaleza, principalmente en crustáceos, insectos y hongos. Posee una estructura lineal de alta masa molecular constituida por unidades de N-acetil-D-glucosamina unidas por enlaces β -D (1,4). Es altamente insoluble y presenta baja reactividad
Quitosana	La quitosana es un polisacárido que se obtiene de la quitina parcialmente desacetilada, que es el segundo polisacárido más abundante en la naturaleza. Según varios autores el grado de desacetilación debe ser mayor a 60% para denominarse quitosana
Reflujo	El reflujo es una técnica experimental de laboratorio para el desarrollo de reacciones que transcurren a temperatura superior a la ambiente y en las que conviene mantener un volumen de reacción constante ya que el vapor formado se condensa y retorna al reactor
Solución patrón	Es la disolución de un reactivo, del cual se conoce la concentración con exactitud. La solución patrón se utiliza en un proceso de valoración para determinar la concentración de otra
Tubérculo	El tubérculo es la parte de la planta que crece debajo de la superficie del suelo, cuya función principal es almacenar los nutrientes, la energía y el agua para garantizar la supervivencia de la propia planta
Turgencia	Cualidad de turgente (https://dle.rae.es/turgencia?m=form), abultado y firme (https://dle.rae.es/turgente?m=form)
Valoración química	La valoración es una técnica analítica que permite la determinación cuantitativa de una sustancia específica (analito) disuelta en una muestra. Se basa en una reacción química completa entre el analito y un reactivo (valorante) con una concentración conocida que se añade a la muestra
Vitamina C	Esta vitamina con nombre químico de ácido L-ascórbico, cuya fórmula es $C_6H_8O_6$, es un ácido orgánico con propiedades antioxidantes que no puede ser sintetizado por los humanos

RESUMEN

En la actualidad, el desperdicio de alimentos es un problema grave. Se estima que alrededor de un tercio de los productos alimenticios producidos son desperdiciados. Lo anterior no representa la pérdida del alimento en sí, sino de todos los recursos que se utilizan para su producción que, en el caso de un fruto, son: la mano de obra, el agua, los fertilizantes, el transporte, etc. Adicionado al problema del desperdicio de alimentos se encuentra el hecho de que ciertos productos generados después del consumo de algunos alimentos son considerados como “desperdicios” cuando en realidad a partir de estos se pueden obtener productos con alguna función tecnológica. En el presente estudio se llevó a cabo la obtención de un biopolímero de quitina-quitosana a partir del cefalotórax y exoesqueleto de camarón y de jaiba, generalmente considerados como desperdicios, con la finalidad de aplicarlos en forma de un recubrimiento sobre ciruelas negras (*Prunus domestica*) para determinar su influencia sobre las características fisicoquímicas y sensoriales de estos frutos y con la intención de conocer si se prolonga su vida de anaquel. Para ello, se analizaron tres lotes de ciruelas, el primero de ellos, no tuvo ningún recubrimiento y fue llamado “Blanco”, el segundo presentó un recubrimiento de quitosana comercial nombrado “Control” y por último el tratamiento “Q-Qn” fue obtenido a partir de la extracción de un biopolímero de quitina-quitosana proveniente de cefalotórax de crustáceos (camarón y jaiba) mediante una técnica de química verde empleando un disolvente patentado denominado MAC-141©. Los frutos con los tres tratamientos fueron almacenados a 4°C, temperatura ambiente y 35°C. Se determinaron parámetros fisicoquímicos como el pH, porcentaje de acidez, °Brix (porcentaje de sólidos solubles totales), índice de madurez, contenido de vitamina C, porcentaje de humedad, cambios en el color y en la textura de la piel, estas dos últimas características de manera sensorial (subjetiva). Estos parámetros se encuentran relacionados generalmente con el grado de maduración de los frutos y, en este caso, de un fruto climatérico. La quitosana ha mostrado en investigaciones previas tener un efecto positivo para inhibir el crecimiento de mohos y levaduras, por lo que también se analizó si el desarrollo de este tipo de microorganismos se vio afectado o no por el tratamiento bajo estudio, es decir, el recubrimiento “Q-Qn”. Los resultados de las pruebas fisicoquímicas mostraron que el tipo de recubrimiento no tuvo alguna influencia estadísticamente significativa en la vida de anaquel de las ciruelas negras y que el tiempo y la temperatura de almacenamiento fueron los factores que determinaron diferencias en los parámetros analizados. Las diferencias sobresalientes encontradas fueron: en el porcentaje de humedad de los frutos con Q-Qn almacenados a 35°C, bajo estas condiciones ocurrió una mayor pérdida de humedad, lo que repercutió en que la piel fuera visiblemente más rugosa y los sólidos solubles o °Brix fueran mayores. Para establecer si el tipo de recubrimiento cambió las características sensoriales de las ciruelas negras se elaboraron mermeladas con frutos provenientes de cada uno de los tratamientos bajo estudio (Blanco, Control y Q-Qn) sometidos a una prueba sensorial con jueces no entrenados, obteniéndose como resultado que fueron percibidas sensorialmente iguales para los atributos de color, olor, sabor, textura e intensidad de dulzor.

Palabras clave: Residuos de crustáceos, biopolímeros, vida de anaquel, ciruelas negras (*Prunus domestica*)

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La pesca y la acuicultura son fuentes de alimentos, nutrición, ingresos y medios de vida para cientos de millones de personas en el mundo. La producción mundial pesquera, tomando en cuenta los peces, crustáceos y moluscos fue de 171 millones de toneladas para el año 2016, de las cuales la acuicultura representó el 47 % del total (FAO, 2018).

El camarón es un recurso que se captura en altamar en su forma silvestre con métodos de pesca sustentables, pero también es un producto que se puede cultivar por medio de granjas camaroneras. En el caso de México en el año 2016 se cultivaron 129,049 toneladas de camarón, lo que representa una tercera parte del volumen total de la producción acuícola nacional: 388,967 toneladas. De los 16 estados productores de camarón de cultivo, Sinaloa fue el primer lugar a nivel nacional en volumen con 50 mil 199 toneladas y de valor con 4,927 millones de pesos (Conapesca, 2018a). En ese mismo año, la pesca y la acuicultura mexicana aportaron 3.3% de la producción mundial de camarón, situándose en el lugar número 7 del ranking mundial con 223 mil 965 toneladas (SADER Nayarit, 2018; SAGARPA, 2018). Para el caso de la jaiba del año 2012 al 2016 su producción aumentó de 21 mil a 51 mil toneladas, ubicando a esta pesquería en el séptimo lugar nacional en volumen. Al igual que para el camarón, Sinaloa ocupó la mayor producción con 24 mil toneladas, casi el 50 por ciento del volumen nacional (Conapesca, 2018b).

Tanto el camarón como la jaiba generan subproductos con importancia comercial. En el caso del primero, los productos de cabeza y caparazón (cefalotórax) y de cáscaras (exoesqueletos) comprenden del 40 al 60 % de la masa total del camarón, siendo la quitina el compuesto más abundante en la fracción no comestible, representando un 23.3 %. (Armenta *et al.*, 2009). El cefalotórax y el exoesqueleto de la jaiba abarcan del 86 al 90%, por lo que la parte comestible “la pulpa” es de apenas 14% (Mendoza, 2014).

Basados en los datos anteriores, surge la importancia de darle un uso a los “residuos de crustáceos” ya que es práctica común que estos no reciban ningún tratamiento especial y que sean depositados en cuerpos de agua aledaños a las zonas de pesca y/o producción. En el caso de las grandes urbes son colocados en tiraderos municipales y/o en mercados locales

convirtiéndose en un problema de contaminación ambiental y en un foco de infección para la población.

Por otra parte, existe el problema mundial de la pérdida y desperdicio de los alimentos. La “pérdida de alimentos” se refiere a la disminución de la masa de alimentos comestibles en la parte de la cadena de suministro que considera específicamente a los alimentos comestibles para el consumo humano. Las pérdidas de alimentos tienen lugar en las etapas de producción, poscosecha y procesamiento de la cadena de suministro de alimentos (Parfitt *et al.*, 2010). Las pérdidas de alimentos que ocurren al final de la cadena alimentaria (venta minorista y consumo final) se conocen como “desperdicio de alimentos”, más relacionado con el comportamiento de los vendedores minoristas y los consumidores (Parfitt *et al.*, 2010).

Las pérdidas de alimentos conllevan el desperdicio de recursos utilizados en la producción, como tierra, agua, energía e insumos. Producir comida que no va a consumirse supone emisiones innecesarias de CO₂ además de pérdidas en el valor agregado de los alimentos producidos. A nivel económico, las pérdidas de alimentos que pueden evitarse tienen un impacto negativo directo en los ingresos, tanto de los agricultores como de los consumidores (FAO, 2012).

Los estudios realizados por la FAO calculan que cada año se pierden y desperdician alrededor de un 30% de cereales; un 40-50% de tubérculos, frutas y hortalizas; un 20% de semillas oleaginosas, carne y productos lácteos; y un 35% de pescado (FAO, 2015).

En esta investigación el alimento de estudio es el fruto: ciruela negra (*Prunus domestica*). Las ciruelas son frutos climatéricos sobre los cuales actúa el etileno o eteno, que es la hormona responsable del proceso de maduración y senescencia durante el periodo poscosecha (Abdi *et al.*, 1997; Abdi *et al.*, 1998). Esta fruta presenta un alto potencial de consumo, dado que contribuye a la nutrición humana, por su contenido de fibra y antioxidantes. A pesar de esto, su consumo es bajo debido al manejo deficiente durante la cosecha y poscosecha, ya sea porque la recolección se realiza en un momento inadecuado o porque se le causan daños al fruto durante su manejo. Estas deficiencias originan en el fruto sabores y aromas poco atractivos al consumidor (Crisosto *et al.*, 2004); por esto es fundamental que la producción de ciruelas se dé con elevados estándares de calidad, tamaño, apariencia y sabor adecuados para su comercialización.

La vida postcosecha de la ciruela difícilmente supera los siete días cuando ésta no recibe ningún tipo de manejo especial (Parra *et al.* 2008). Dicho lo anterior, surge la importancia de desarrollar métodos que contribuyan en prolongar la vida de anaquel de estos frutos para asegurar que se disminuya la pérdida de estos.

1.2. JUSTIFICACIÓN Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN A LA PROBLEMÁTICA PLANTEADA

En la presente investigación se estudió la efectividad de un recubrimiento compuesto por dos biopolímeros (quitina y quitosana) presentes en los cefalotórax y exoesqueletos de camarón y jaiba para prolongar la vida de anaquel del fruto climatérico: ciruela negra. De acuerdo con investigaciones previas se sabe que la quitosana tiene un efecto antimicrobiano. Uno de los mecanismos planteados para inhibir el crecimiento y desarrollo de hongos es que afecta la permeabilidad de la membrana citoplasmática, mediante la interacción de sus grupos NH_3^+ con componentes fosfolipídicos cargados negativamente en las membranas, con lo que se altera el intercambio con el medio, además de la formación de quelatos con los metales de transición y la inhibición de algunas enzimas (Ayala *et al.*, 2014).

Para obtener el recubrimiento bajo estudio se realizó la extracción del polímero quitina-quitosana proveniente de los cefalotórax y exoesqueletos de camarón y jaiba. Para lo anterior se empleó un disolvente elaborado con metanol, agua y cloruro de calcio, el cual ha demostrado que logra extraer la quitina y desacetilarla para formar la quitosana (Flores-Ortega, 2004). La eficiencia del recubrimiento se comparó contra un lote “Blanco” que no tuvo ningún tratamiento y contra un lote “Control” aplicándose para este último un recubrimiento de quitosana de la marca Sigma-Aldrich ® a una concentración de 1.5 %, que ha sido reportada con efectos conservantes en frutos (Enríquez y Nava, 2016; García-Luna-Pérez *et al.*, 2019; García-Montiel *et al.*, 2018; Nava-Arévalo *et al.*, 2016; Vargas-Cid *et al.*, 2019).

La aplicación de biopelículas es una tecnología que está generando atención en los últimos años para conservar la calidad y prolongar la vida útil de las frutas. Las biopelículas, se definen como productos que forman una fina capa sobre el alimento y se caracterizan por que constituyen una barrera semipermeable a los gases y al vapor de agua retrasando el deterioro del alimento, mejoran las propiedades mecánicas, ayudan a mantener la integridad estructural

del producto que envuelven y pueden actuar como vehículo de aditivos alimentarios (Navarro, 2007). Aplicados a las frutas permiten controlar la respiración y la senescencia de forma similar a las atmósferas modificadas, ejerciendo así una barrera a los gases y al vapor de agua, de esta manera se reduce el deterioro del fruto (Cisneros y Krochta, 2002).

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Lograr la extracción del biopolímero quitina-quitosana de diferentes proporciones de harinas de residuos (cefalotórax y exoesqueleto) de camarón y jaiba, empleando el disolvente MAC-141© con la finalidad de obtener un recubrimiento con las características más adecuadas para su aplicación sobre ciruelas negras con el propósito de aumentar la vida de anaquel de este fruto.

1.3.2. Objetivos particulares

- Determinar la proporción de la mezcla de harinas de camarón y jaiba obteniendo el recubrimiento de quitina-quitosana con las características adecuadas para su aplicación sobre el fruto de estudio.
- Preparar tres lotes de ciruelas, el primero de ellos sin ningún recubrimiento (Blanco), el segundo con un recubrimiento comercial de quitosana marca Sigma-Aldrich ® al 1.5% (Control) y el tercero con el recubrimiento de quitina-quitosana (Q-Qn) obtenido con el disolvente MAC-141©.
- Almacenar los tres lotes anteriores a tres temperaturas diferentes (4°C, temperatura ambiente y 35°C).
- Realizar pruebas fisicoquímicas para determinar si alguno de los tratamientos prolonga la vida de anaquel de las ciruelas negras.
- Preparar mermeladas a partir de ciruelas sometidas a cada uno de los tres tratamientos (tipo de recubrimiento) y realizar pruebas sensoriales de aceptación o rechazo entre ellas.

1.4. HIPÓTESIS

Las ciruelas del lote “Blanco” tendrán la vida de anaquel más corta, los frutos recubiertos con el polímero de quitina-quitosa extraído con el disolvente Mac-141© tendrán una vida semejante a la del lote con quitosa Sigma-Aldrich ®.

1.5. METAS Y ALCANCES

- La presente investigación aborda la extracción del biopolímero de quitina-quitosa a partir de residuos de crustáceos (camarón y jaiba) mediante una metodología de “química verde” para obtener una biopelícula aplicable al fruto de investigación: ciruela negra (*Prunus domestica*).
- Conocer si la biopelícula obtenida contribuye en alargar la vida de anaquel de ciruelas negras almacenadas a tres temperaturas diferentes, evaluación de su funcionalidad mediante pruebas fisicoquímicas y microbiológicas simples.
- Este estudio aborda la influencia en la vida de anaquel en ciruelas negras sin recubrir, cubiertas con un biopolímero comercial y cubiertas con un biopolímero obtenido mediante química verde, por lo cual, para generalizar el efecto de la película elaborada se sugiere realizar más investigaciones con otros frutos tanto climatéricos como no climatéricos.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. Uso de recubrimientos naturales en alimentos

El envasado de alimentos se ocupa de la conservación y protección de todos los tipos de alimentos y sus materias primas, en particular del deterioro oxidativo y microbiano, y también para extender sus características de vida útil. El mayor uso de películas de embalaje de plásticos sintéticos, provenientes de una fuente no renovable y no biodegradable en su totalidad ha dado lugar a graves problemas ecológicos (Tharanathan, 2003). Debido a la necesidad de disminuir el uso de plásticos para la protección de los alimentos, ha aumentado la investigación con respecto al uso de biopelículas, las cuales son biodegradables.

Un empaque biodegradable está definido por la ASTM (*American Society for Testing and Materials*) como aquel que puede descomponerse como CO₂, agua, compuestos inorgánicos o biomasa, siendo el mecanismo dominante de descomposición la acción enzimática de los microorganismos y que los productos resultantes puedan ser obtenidos y medidos en un periodo determinado de tiempo (ASTM, 2005).

Los materiales utilizados para la elaboración de películas biodegradables provienen de cuatro grandes fuentes: origen animal (colágeno/gelatina), origen acuático (quitina/quitosana), origen agrícola (lípidos, proteínas y carbohidratos) y de origen microbiano: ácido poliláctico (*PLA*, por sus siglas en inglés) y polihidroxialcanoatos (*PHA*) (Tharanathan, 2003).

2.2. Quitina y quitosana

La quitosana, es un polisacárido que se obtiene de la quitina parcialmente desacetilada es un polímero lineal formado por unidades de glucosamina y en menor medida de N-acetil D-glucosamina unidos por enlaces β 1-4, cuya denominación química, según la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC), es 2-amino-2- desoxi-D-glucopiranososa (D-glucosamina GlcN) y 2 acetamida- 2 desoxi- D glucopiranososa N-acetil glucosamina.

La quitina es el polímero más abundante después de la celulosa. Está presente en la pared celular de hongos, levaduras y en el exoesqueleto de los invertebrados como cangrejos e

insectos. La principal fuente de obtención de la quitina son los desechos de los crustáceos (Casariego *et al.*, 2009; Sato *et al.*, 1998).

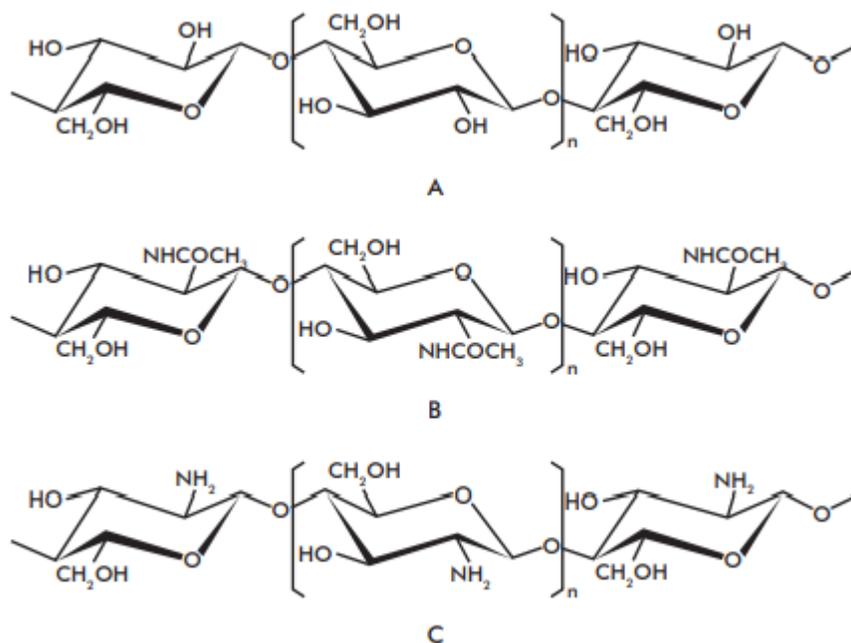


Figura 2.1. Representación de las cadenas (A) Celulosa; (B) quitina totalmente acetilada y (C) quitosana totalmente desacetilada (Ramírez *et al.*, 2010)

Se define la quitosana y la quitina como solubles o insolubles en ácido acético a 0.1 M respectivamente o por el grado de desacetilación. La quitina con más de un 50 % de desacetilación es considerada quitosana e incluso otros la definen como tal ante un grado de desacetilación superior al 60 %. Usualmente en el caso de las quitosanas, se establece que el grado de desacetilación se encuentra comprendido entre 60 y 98 % (Struszczyk, 2000).

2.2.1. El complejo quitina-proteína

En la quitina, el grupo amino está acetilado, por lo que se trata de una amida del ácido acético; en la quitosana, el grupo amino está libre, y por lo tanto es una amina primaria. El término quitina actualmente se refiere a un polímero de N-acetilglucosamina donde prácticamente ningún grupo acetilo se ha removido, mientras que el término quitosana se refiere a un producto desacetilado obtenido de la quitina, donde la mayor parte de los grupos acetilo han sido removidos. La masa molecular de la quitina y la quitosana son muy diferentes debido a que ocurre una severa degradación de las cadenas durante el proceso de producción de la quitosana. Esto sucede durante el paso de descalcificación, cuando el cefalotórax de camarón

se somete a la acción de soluciones ácidas a alta concentración y temperatura ambiente o durante el paso de desacetilación que involucra tratamientos agresivos con álcali a alta concentración y alta temperatura. La quitina se encuentra en mayor proporción en el exoesqueleto de todos los artrópodos. La quitina de origen animal está asociada con proteínas de manera covalente lo cual le confiere una considerable estabilidad, rigidez y resistencia a la hidrólisis. El segundo componente más abundante en el exoesqueleto lo constituyen las sales minerales que se encuentran asociadas a la quitina y a las proteínas dando la rigidez. El complejo quitina-proteína se completa por la deposición de otras sustancias, como ceras y lipoproteínas, dando a la estructura la propiedad de impermeabilidad (Flores-Ortega, 2004; 2008).

2.2.2. Actividad antifúngica de la quitosana

La quitosana exhibe actividad antimicrobiana contra algunos hongos filamentosos, levaduras y virus (Nápoles *et al.*, 1997; Rhoades y Roller, 2000). Sin embargo, se ha reportado que las bacterias son poco sensibles (Tsai y Su, 1999). La quitosana logra su efecto antifúngico por vías diferentes en las que parece desempeñar un papel importante el grado de su polimerización, una disminución en el grado de polimerización de la molécula de quitosana provoca una disminución en el número de especies de hongos inhibidos. También ha sido encontrado que existe cierto requerimiento mínimo de tamaño molecular para poder mostrar actividad antifúngica *in vitro* (Hadwiger *et al.*, 1986), se ha demostrado que para *Fusarium solani* este valor es de al menos siete residuos de glucosamina a través de estudios histoquímicos, Hadwiger y colaboradores demostraron que la quitosana se acumula en el interior celular del hongo y evita su crecimiento. Otros autores reportan que el grado de acetilación es de gran importancia en la actividad antifúngica *in vitro* de la quitosana. En este sentido se ha demostrado que moléculas de quitosana de similar grado de polimerización y de diferentes grados de acetilación presentan actividad inhibitoria sobre el crecimiento de algunos hongos, correspondiendo las mayores inhibiciones con el menor grado de acetilación (El Ghaouth *et al.*, 1992).

Se plantea que cuando la carga positiva sobre el C-2 del monómero de glucosamina se encuentra por debajo de pH 6, la quitosana es más soluble y tiene una mejor actividad antimicrobiana que la quitina (Chen, 1998; Larez, 2008). El mecanismo exacto de la acción antimicrobiana de la quitina-quitosana y sus derivados aún se desconoce, aunque se han

propuesto diferentes mecanismos: en uno de ellos se sugiere que la interacción entre la carga positiva de la molécula de quitosana y la carga negativa de las células de la membrana microbiana conduce a la salida de proteínas y otros constituyentes intracelulares (Chen, 1998). Se ha planteado que la quitosana a pH 5.8 induce un rompimiento masivo de los compuestos de proteínas y se ha sugerido que la actividad antifúngica está asociada a su actividad de distorsionar la membrana plasmática del hongo (Leuba y Stössel, 1986). Otros autores también han relacionado la propiedad fungistática de la quitosana parcialmente desacetilada con la habilidad de inducir cambios morfológicos en la pared celular del hongo, reducciones en el tamaño de las hifas y ramificaciones (El Ghaouth *et al.*, 1992)

La quitosana también actúa como un agente quelante que une selectivamente a trazas de metales y, por consiguiente, inhibe la producción de toxinas y el crecimiento micelial. La quitosana muestra su actividad antibacteriana solamente en medio ácido debido a su pobre solubilidad por encima de pH 6.5. De esta forma, los derivados de quitosana solubles en agua (solubles en pH fisiológicos ácidos y básicos) pueden ser buenos candidatos como biocidas policatiónicos. La quitosana con una masa molecular con un rango de 10,000 hasta 100,000 kDa puede ser utilizada para restringir el crecimiento bacteriano. Además, la actividad antibacteriana está influenciada por el grado de desacetilación, su concentración en solución y el pH del medio (Cuero *et al.*, 1992).

2.3. Extracción de quitina-quitosana a partir del cefalotórax y exoesqueleto de crustáceos mediante un método de química verde

Durante la extracción química tradicional de la quitina a partir del cefalotórax de camarón se emplean reactivos químicos no recuperables como HCl, NaOH, KMnO_4 , $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$ (ácido oxálico) que causan contaminación en el ambiente. La quitina después de ser extraída es sometida a un proceso de desacetilación que requiere altas temperaturas, alta presión y/o sonicación en presencia de hidróxido de sodio obteniéndose así quitosana hasta con un 85% de desacetilación (Hidalgo *et al.*, 2009).

Mediante una investigación realizada en los laboratorios de Ingeniería Química Ambiental y Química Ambiental de la UNAM se desarrolló un procedimiento basado en la Química Verde para la obtención de quitina a partir de residuos de crustáceos, el cual fue patentado. En dicha investigación residuos de cefalotórax y exoesqueletos desproteinizados de camarón fueron

mezclados con un disolvente preparado con metanol, agua y cloruro de calcio, en proporciones molares de 1:4:1 (nombrado como MAC-141©) para llevar a cabo la extracción y desacetilación de la quitina para obtener quitosana. (Flores-Ortega *et al.* 2004).

2.4. Ciruela negra, un fruto climatérico

Los frutos son definidos fisiológicamente con base a la presencia (climatéricos) o ausencia (no climatéricos) de un aumento en la respiración y en la síntesis de etileno o eteno al comienzo de la madurez de consumo (Lelièvre *et al.*, 1997).

Las ciruelas son frutos climatéricos caracterizados por tener la capacidad de continuar el proceso de maduración después de ser cosechados, debido a que presentan un rápido incremento en la actividad respiratoria y su producción de etileno continua después de la cosecha. Este proceso ocurre en varias fases, la primera se denomina madurez fisiológica y se refiere a la etapa en la cual el fruto ha tomado todos los nutrientes de la planta y ha alcanzado la capacidad de reproducirse, alcanzando la plenitud de su crecimiento; posteriormente, en la segunda fase, denominada madurez de consumo el fruto evoluciona hasta adquirir la máxima calidad comestible y estética y, finalmente, se produce la etapa de envejecimiento o senescencia (Kader, 2002).

Generalmente, los procedimientos para limitar la biosíntesis de etileno se enfocan en el aumento o disminución de la temperatura y la modificación de la atmósfera en la que se conservan los frutos (Bouzayen *et al.*, 2010).

El fruto comienza a desarrollarse poco tiempo después de la polinización y la fertilización (O'Neill, 1997) a través de la división celular, fenómeno que se presenta en las primeras etapas del desarrollo (Dos Santos *et al.*, 2015). Después de este periodo, el crecimiento ocurre debido al aumento de tamaño de la célula al aparecer las vacuolas. Esta etapa se caracteriza por el crecimiento y alargamiento del fruto, seguida por una fase de maduración, donde el número de células se mantiene relativamente constante, observándose un aumento en el tamaño de las mismas (Dos Santos *et al.*, 2015). Esta expansión aumenta en la maduración, etapa donde el fruto es capaz de madurar aún adherido a la planta.

La madurez fisiológica ocurre antes del desarrollo completo del fruto, que después de cosechado debe sobrevivir con sus propios sustratos acumulados (Dos Santos *et al.*, 2015). Este es un paso intermedio entre el fin del crecimiento y el inicio de la senescencia. Las

actividades bioquímicas y fisiológicas involucradas en el ablandamiento y en la velocidad de la respiración son irreversibles una vez iniciadas, sólo pueden atrasarse o disminuir su velocidad con la aplicación externa de ciertos procedimientos (Omboki *et al.*, 2015). En las etapas finales en el desarrollo del fruto ocurre la maduración final en dos pasos; la madurez fisiológica que es cuando el fruto alcanza su máximo tamaño y el mayor vigor de la semillas; y segundo la madurez de consumo que incluyen los siguientes cambios: 1) modificación del color a través de la alteración en el contenido de clorofilas, carotenoides y la acumulación de flavonoides; 2) la modificación de la textura modificándose la turgencia celular y de la estructura de la pared celular y por el metabolismo; 3) la modificación de los contenidos de glúcidos, ácidos orgánicos y compuestos volátiles que afectan la calidad nutricional y sensorial, especialmente el sabor y el aroma del fruto; y 4) un aumento en la susceptibilidad al ataque de patógenos oportunistas que están asociados a la pérdida de la integridad de la pared celular (Dos Santos *et al.*, 2015; Giovannoni, 2004; Seymour *et al.*, 2013).

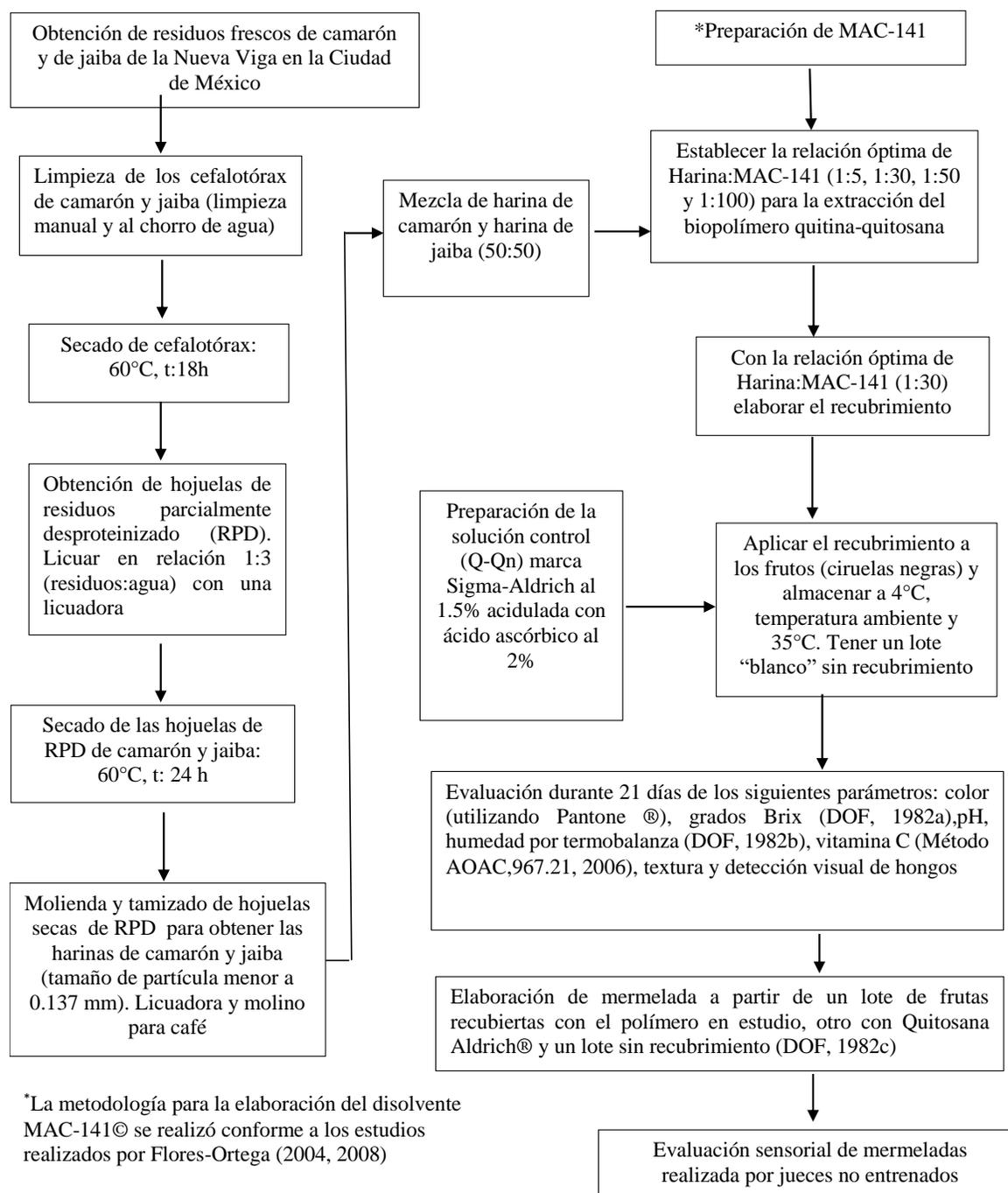
La vida poscosecha de la ciruela difícilmente supera los siete días cuando no recibe ningún tipo de manejo. Para mantener la calidad durante el periodo poscosecha una de las técnicas más utilizadas por su bajo costo es la refrigeración con temperaturas entre 0 y 5°C, donde se alcanzan tiempos de almacenamiento cercanos a los 30 días (para las variedades Black, Fortune, Angeleno, Showtime, Firar y Howard Sun), manteniendo características organolépticas apropiadas para su comercialización y consumo (Crisosto *et al.* 1999).

La ciruela es una drupa que generalmente presenta cera en la epidermis, puede medir entre 3 y 8cm y su forma puede ser redonda, oblonga o elíptica (Rozo *et al.*, 2015). Su componente principal es el agua y están enriquecidas con fósforo, calcio y potasio (Calvo-Villegas, 2009). También contienen compuestos con interés nutricional, como es el sorbitol que tiene una actividad laxante, así como un alto contenido de fibra. El mismo autor ha mencionado que también contienen pigmentos antisépticos y antioxidantes, como las antocianinas. Generalmente la cosecha de las ciruelas se hace manualmente en función de la coloración de la epidermis que se puede relacionar con diferentes características organolépticas (Calvo-Villegas, 2009).

A continuación se presenta la metodología seguida en esta investigación teórico-experimental.

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

3.1. Diagrama general de la metodología desarrollada



3.2. Obtención y limpieza de residuos de camarón y jaiba

Una cantidad de 20 kg de cabeza de camarón cristal (*Litopenaeus vannamei*) (Figura 3.1) y 10 kg de jaibas (*Callinectes sapidus*) (Figura 3.2) fueron adquiridas en el mercado de la Nueva Viga (Local 41) en la Ciudad de México. Las muestras congeladas fueron transportadas con hielo al Laboratorio 301 del Edificio E-3 del Conjunto E de la Facultad de Química de la UNAM. Posteriormente se retiraron de manera manual los restos de materia suave que se encontraban aun adheridos al cefalotórax y al exoesqueleto de camarón; en el caso de las jaibas se sustrajeron las tenazas y fueron lavadas al chorro de agua de la llave y por último enjuagadas con agua destilada. Todos los residuos: cefalotórax, exoesqueleto y tenazas una vez limpios fueron sometidos a un proceso de secado durante 18 h a 60°C (Figura 3.3).



Figura 3.1. Camarón cristal (*Litopenaeus vannamei*) fresco



Figura 3.2 Jaiba azul adquirida en el mercado de la Nueva Viga

3.3. Obtención de hojuelas de cefalotórax y exoesqueletos parcialmente desproteinizados

Con el objetivo de retirar los restos de grasa y proteína de los cefalotórax y exoesqueletos los residuos provenientes de camarón y jaiba fueron tratados de manera separada, se empleó una licuadora Hamilton Beach modelo 50242R, en la cual se mezclaron los residuos con agua en una relación de 1:3 y fueron molidos a velocidad alta. En este paso se obtuvieron hojuelas de residuos parcialmente desproteinizadas (Figura 3.4) que se sometieron a un proceso de secado en una estufa Felisa modelo F-293D durante 24 h a una temperatura de 60°C.



Figura 3.3. Secado de exoesqueletos de camarón en estufa a 60°C



Figura 3.4. Hojuelas de cefalotórax y exoesqueletos de camarón parcialmente desproteinizadas

3.4. Molienda de las hojuelas de residuos de crustáceos parcialmente desproteinizadas y secas

Para la obtención de las harinas de los residuos de camarón y jaiba se realizó una molienda empleando primero una licuadora, sin embargo al no lograrse el tamaño de partícula deseado (menor a 0.137mm) (Figura 3.5), se utilizó un molino para café marca Hamilton Beach Mod. 80335r (Figura 3.6)



Figura 3.5. Molienda de hojuelas con licuadora, tamaño de partícula mayor a 0.137mm



Figura 3.6. Molino empleado para obtener harina de residuos de camarón y jaiba

Las harinas resultantes de la molienda de los cefalotórax de camarón y jaiba parcialmente desproteinizados y secos se tamizaron con mallas #80 y #40 marca Duvesa® para obtener una harina con tamaño de partícula menor a 0.137mm (Figura 3.7).



Figura 3.7. Uso de tamices para obtener harina con tamaño de partícula menor a 0.137mm

3.5. Elaboración del disolvente MAC-141©

La elaboración del disolvente MAC-141© se hizo siguiendo la metodología sugerida por Flores-Ortega *et al.* (2004). Esta consiste en un método patentado por los Laboratorios 301, 302 y 303 de Ingeniería Química Ambiental y de Química Ambiental (LIQAyQA) de la UNAM, en la cual se mezclan metanol, agua y cloruro de calcio en una proporción molar 1:4:1 (Tabla 3.1).

Tabla 3.1. Compuestos para la elaboración del disolvente MAC-141 ©

Orden de adición	Compuesto	Cantidad adicionada
1	Metanol	99mL
2	Agua	180mL
3	Cloruro de calcio	277.5g

El proceso consistió en mezclar los compuestos en un matraz de bola de fondo plano de 500mL, manteniendo con una parrilla de calentamiento una temperatura de 60-62°C durante 8 horas bajo condiciones de reflujo, realizando un seguimiento cuidadoso para que la temperatura no llegara a 63°C para evitar la evaporación del metanol (Figura 3.8).

Después de las 8 horas en condiciones de reflujo, se dejó reposar 24h, se decantó y centrifugó (3600 rpm, 15min, 25°C) para retirar el cloruro de calcio no solubilizado (Figura 3.9) ya que puede reutilizarse en el proceso, al igual que el metanol que se recupere posteriormente.



Figura 3.8. Elaboración de disolvente MAC-141©



Figura 3.9. Centrifugación de disolvente MAC-141©

3.6. Determinación de las condiciones para extraer la quitina-quitosana de la mezcla de harinas de residuos de camarón y de jaiba

Para la realización de esta etapa se mezclaron ambas harinas (de cefalotórax de camarón y jaiba) en diferentes proporciones (25-75%, 50-50% y 75-25%). Posteriormente se adicionaron a las mezclas de harinas diferentes proporciones de disolvente MAC-141©, las proporciones harina:disolvente fueron las siguientes: 1:5, 1:30, 1:50 y 1:100 (Figura 3.10). Luego de un reposo de 48h, se filtraron al vacío y se dejaron humidificar durante 24h en un desecador con agua en lugar de sílice (Figura 3.11), con la finalidad de encontrar la relación **mezcla de harinas: disolvente** que diera la consistencia adecuada al recubrimiento, es decir que no fuera muy líquida o muy viscosa, para poder cubrir adecuadamente el fruto de estudio (ciruelas negras).



Figura 3.10. Pruebas para determinar la proporción óptima Harina:MAC-141© para obtener el mejor recubrimiento



Figura 3.11. Humidificación de recubrimientos (diferentes proporciones Harina:MAC-141©)

3.7. Preparación del recubrimiento “Control” de quitosana marca Sigma-Aldrich®

Para preparar el recubrimiento “Control” para este estudio primero se preparó con agua destilada una solución al 2% (m/v) de L-ácido ascórbico Sigma-Aldrich®. Posteriormente se preparó una solución de quitosana Sigma-Aldrich® al 1.5% (m/v) empleando la solución acidificada de ácido ascórbico. El recubrimiento de quitosana se almacenó en refrigeración durante el tiempo de estudio.

3.8. Selección de la fruta, aplicación del tratamiento: Blanco, control (quitosana Sigma-Aldrich®) y quitina-quitosana obtenida de residuos de crustáceos con disolvente MAC-141© (Q-Qn) y almacenamiento a diferentes temperaturas

La adquisición de las ciruelas negras empleadas en este estudio se realizó en los pasillos I-J de la Central de Abastos de la Ciudad de México. La selección se basó en el atributo de firmeza y color, escogiendo las ciruelas más firmes y con color homogéneo entre ellas para asegurar que el estado de maduración no fuera muy avanzado ni distinto. Las ciruelas fueron lavadas con la finalidad de reducir la carga microbiana y/o presencia de materia extraña, posteriormente se separaron en tres lotes de manera aleatoria y se aplicaron diferentes tratamientos (Tabla 3.2).

Tabla 3.2. Descripción de los diferentes recubrimientos aplicados a ciruelas negras

Lote	Tratamiento
Blanco	Ciruelas negras sin recubrimiento.
Control	Ciruelas negras con recubrimiento de quitosana marca Sigma-Aldrich® al 1.5%, utilizando una disolución de ácido ascórbico al 2% (recomendaciones de uso por parte del proveedor).
Q-Qn *	Ciruelas negras con recubrimiento de quitina-quitosana obtenido a partir de la mezcla de harinas de camarón y jaiba (50% de cada una) utilizando el disolvente MAC-141©.

*NOTA. Por facilidad en el nombramiento de los tratamientos de ahora en adelante se nombrará **Q-Qn** al recubrimiento de quitina-quitosana obtenido de residuos de crustáceos empleando el disolvente MAC-141©.

Cada uno de los lotes con diferente recubrimiento fue dividido en tres partes, la primera se almacenó a temperatura de refrigeración (4-6°C), la segunda a temperatura ambiente y la tercera a 35±2°C (Figura 3.12).



Figura 3.12. Ciruelas negras almacenadas a temperatura ambiente (de izq. a der. Blanco, Control y Q-Qn)

3.9. Determinación de parámetros fisicoquímicos en ciruelas negras con diferentes tratamientos y condiciones de almacenamiento

Para las pruebas fisicoquímicas se tomaron muestras al azar de cada uno de los lotes y se realizaron las pruebas por cuadruplicado, a excepción de la determinación de porcentaje de humedad la cual únicamente se realizó por duplicado debido a lo tardado de esta prueba. Para las pruebas que se realizaron por cuadruplicado posteriormente se hizo un análisis de varianza (*andeva*, su acrónimo en español) simple y/o multifactorial utilizando el programa STATGRAPHICS 16.0®, para una explicación más extensa de las metodologías realizadas consultar el ANEXO A.

3.9.1. Determinación de pH

Las mediciones de pH se realizaron por cuadruplicado siguiendo la metodología descrita en la NOM-F-317-S-1978 (DOF, 1978a), en la cual 10g de muestra eran licuados y posteriormente filtrados, la lectura de pH se realizó a los filtrados utilizando un potenciómetro marca ORION, modelo 720A.

3.9.2. Determinación del porcentaje de acidez total titulable (%ATT), expresado como g de ácido málico en 100 g de pulpa de ciruela negra

La determinación del porcentaje de acidez total titulable (%ATT) se realizó por cuadruplicado empleando la metodología descrita en la NMX-FF-011-1982 (DOF, 1982d). Para ello se

tomaron 10g de muestra y se licuaron con 100mL de agua destilada, después se filtraron y debido al color que por su naturaleza impartía la fruta que no permitía ver el vire, se tomó una alícuota de 5mL y se llevó a aforo de 100mL, a esta dilución se le agregaron 3 gotas de fenolftaleína al 0.1% y se tituló con NaOH 0.1N hasta observar el vire, el cual debía permanecer durante 30 segundos. El porcentaje de acidez se reportó como ácido málico, debido a que la bibliografía menciona que es el ácido orgánico presente en mayor proporción en las ciruelas negras (Nergiz y Yildiz, 1997).

3.9.3. Determinación del porcentaje de sólidos solubles totales (Grados Brix, °Bx)

Esta determinación se realizó conforme al método descrito en la NMX-F-103-1982 (DOF, 1982a), haciendo uso de un refractómetro de la marca ATAGO modelo CVQ-4012. Los resultados se analizaron estadísticamente mediante un análisis de varianza multifactorial con el programa STATGRAPHICS 16.0®.

3.9.4. Determinación del índice de madurez

El índice de madurez (IM) es un valor que se obtuvo calculando la relación de °Brix/%ATT, este valor va aumentando conforme transcurre la maduración debido a que el porcentaje de sólidos solubles totales (o grados Brix) va incrementando, mientras que la cantidad de ácidos orgánicos va disminuyendo.

3.9.5. Determinación de Vitamina C (mg/100g de pulpa)

La determinación del contenido de vitamina C se realizó por cuadruplicado conforme al método AOAC 967.21 (2005), utilizando una disolución de 2,6-diclorofenolindofenol valorada que tenía la función de oxidar la cantidad de ácido ascórbico presente en una alícuota de 10mL, proveniente de una solución de ácido acético al 5% que contenía una cantidad de 0.5 a 1g de pulpa de ciruela negra. El proceso de la titulación se detenía al obtener un vire ligeramente rosado que debía permanecer durante 10 segundos.

3.9.6. Determinación del porcentaje de humedad

La cuantificación del porcentaje de humedad se realizó por duplicado siguiendo la metodología descrita en la NMX-F-428-1982 (DOF, 1982b) mediante el uso de una termobalanza marca OHAUS, modelo MB200, en la cual se colocaron de 2.5 a 3 gramos de muestra finamente picada a 100°C durante 40 minutos y se registró la pérdida de masa para después por diferencia de esta convertirla en % de humedad. Para esta determinación no fue posible realizar la prueba por cuadruplicado, debido a que el tiempo para cada determinación

era muy extenso; por lo tanto los resultados no pudieron someterse a un análisis de varianza multifactorial, ya que no se contaba con el número de datos necesarios para tal análisis.

3.9.7. Determinación de color externo e interno

Esta determinación se realizó de manera cualitativa comparando el color de la fruta (piel y pulpa) contra una escala de color Pantone®. La prueba se llevó a cabo colocando el fruto sobre una hoja blanca de papel y bajo una fuente de luz intensa, y buscando en la escala del Pantone® aquel código que tuviera un color similar al de la muestra.

3.9.8. Determinación de firmeza del fruto y rugosidad de la piel

La determinación de firmeza y rugosidad consistió en un método cualitativo. Mediante el tacto y una ligera compresión del fruto se determinó la dureza, mientras que la rugosidad se evaluó mediante análisis visual; en ambos atributos se asignó un valor entre 1 y 3, siendo 1 para la menor firmeza o menor rugosidad y el 3 para la mayor firmeza o rugosidad.

3.10. Elaboración de mermeladas de ciruela negra y análisis microbiológico

Se prepararon 3 lotes de mermeladas, cada uno de ellos proveniente de cada uno de los tres tipos de tratamientos analizados en este estudio; es decir de un lote “Blanco”, “Control” y “Q-Qn”. Las condiciones de almacenamiento de las ciruelas utilizadas para preparar las mermeladas fueron temperatura de refrigeración por un período de 5 días, debido a que bajo estas condiciones se aseguraba el óptimo estado de los frutos para ser empleados en la elaboración de mermeladas, dado que el objetivo de la prueba sensorial era determinar si existían diferencias significativas en las características organolépticas entre las mermeladas elaboradas con frutos de los diferentes tratamientos. Estas condiciones se establecieron para que, en caso de existir diferencias significativas, fueran atribuidas únicamente al tipo de recubrimiento y no a diferentes condiciones de temperatura y/o tiempo de almacenamiento.

La elaboración de las mermeladas se hizo siguiendo el procedimiento y cumpliendo con las especificaciones citadas tanto en la NMX-F-131-1982 (DOF, 1982c) y en la NOM-130-SSA1-1995 (DOF, 1995). Con base en lo anterior, las mermeladas debieron cumplir con las especificaciones mencionadas en las Tablas 3.3 y 3.4.

Tabla 3.3. Especificaciones físicas y químicas en mermelada (DOF, 1982c)

Especificaciones	Mínimo	Máximo
% de sólidos solubles totales	64	-
Valor de pH	3	3.5

Tabla 3.4. Especificaciones microbiológicas para alimentos con $pH \leq 4,6$ (mermeladas, purés, jaleas y ates) (DOF, 1995)

Microorganismo	Límite (UFC/g)
Mesófilos aerobios	50
Coliformes totales	Menos de 10
Mohos y levaduras	Menos de 10

3.10.1. Evaluación sensorial de mermeladas preparadas a partir de ciruelas negras sometidas a diferentes tratamientos

Para determinar si las mermeladas de ciruela negra provenientes de tres lotes distintos de frutas los cuales fueron “Blanco”, “Control” y “Q-Qn” almacenados durante 5 días a temperatura de refrigeración eran diferentes entre sí, se realizó una evaluación sensorial con 100 “jueces no entrenados” en el vestíbulo del Edificio “B” de la Facultad de Química de la UNAM. El cuestionario de evaluación contenía preguntas “hedónicas” para conocer el perfil sensorial basado en atributos como, color, olor, sabor, textura y dulzor; y para conocer también el grado de aceptación de los jueces hacia cada una de ellas, dado que las pruebas eran con escala “hedónica” el análisis estadístico no permitió hacer un análisis de varianza, de tal manera que los resultados se analizaron con base en el porcentaje de las respuestas obtenidas. El cuestionario empleado en la prueba sensorial se muestra en el ANEXO B.

A continuación se presentan los resultados obtenidos de esta investigación teórico-experimental y se discuten con base en los objetivos propuestos.

CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

4.1. Resultados de la obtención de harina de residuos de cefalotórax y exoesqueletos de camarón (*Penaeus vannamei*) y jaiba (*Callinectes sapidus*)

Del total de hojuelas de residuos de crustáceos (cefalotórax y exoesqueletos) parcialmente desproteinizados se tomó una cantidad de 200g de los residuos provenientes del camarón y otros 200g de los residuos de jaiba que posteriormente fueron sometidos al proceso de molienda lo que dio como resultado las harinas de las cuáles se extrajo el polímero de quitina-quitosana, las Tablas 4.1 y 4.2 muestran el rendimiento de cada una de las harinas.

Tabla 4.1. Resultados de la molienda de 200 g de residuos parcialmente desproteinizados y secos provenientes de camarón

Tamaño de partícula	Masa obtenida (g)
Mayor a 0.420mm (malla #40)	2.14
Mayor a 0.137mm y menor a 0.420mm (malla #80)	13.42
Menor a 0.137mm	183.4

Tabla 4.2. Resultados de la molienda de 200 g de residuos parcialmente desproteinizados y secos provenientes de jaiba

Tamaño de partícula	Masa obtenida (g)
Mayor a 0.420mm (malla #40)	2.5
Mayor a 0.137mm y menor a 0.420 mm (malla #80)	18.71
Menor a 0.137mm	176.99

4.2. Determinación de las proporciones óptimas para la mezcla de harinas de residuos de crustáceos con el disolvente MAC-141©

La finalidad de estas pruebas fue encontrar la proporción óptima en que debían ser mezcladas ambas harinas de residuos de camarón y jaiba junto con el disolvente MAC-141® para conseguir el recubrimiento de quitina-quitosana con la mejor consistencia para ser aplicado sobre las ciruelas negras. De acuerdo con los resultados de la Tabla 4.3 la mezcla óptima de

harinas de camarón y jaiba para la obtención del recubrimientos de quitina-quitosana fue utilizando 50% cada una, y estas mezclándose con el disolvente MAC-141© en proporción (1:30), debido a que este recubrimiento tuvo el mejor comportamiento al ser aplicado sobre los frutos, ya que permitía formar una capa homogénea que permanecía sobre el fruto con un escurrimiento mínimo. En los resultados de la Tabla 4.3 también se observa que a mayor cantidad de harina la solución se volvió más viscosa. Esto concuerda con lo citado en la literatura pues se sabe que la viscosidad de las soluciones de quitosana aumenta al incrementarse su concentración (Skaugrud, 1991).

Tabla 4.3. Relación óptima de extracción para obtener el recubrimiento de quitina-quitosana con MAC-141©

Harina de camarón: Harina de jaiba (%)	Mezcla de Harinas:MAC-141© (g/g)	Observaciones después de filtrar el recubrimiento al vacío
50:50	1:5	Después del filtrado, se obtuvo poco recubrimiento y este era demasiado viscoso
	1:30	Relación adecuada para obtener el recubrimiento de quitina-quitosana con la viscosidad idónea para aplicar sobre las ciruelas negras
	1:50	Presentó una buena consistencia, pero fue ligeramente más fluida de lo deseada, ya que al ser aplicado sobre los frutos se escurría con facilidad
	1:100	Consistencia demasiado fluida
75:25	1:50	Consistencia más fluida de lo deseado
25:75	1:50	Consistencia demasiado fluida

4.3. Tiempo de almacenamiento para los lotes de ciruela negra “Blanco”, “Control” y “Q-Qn” almacenados a temperatura de refrigeración (4-6°C), temperatura ambiente y a 35±2°C

El día de almacenamiento en que se realizaron por última vez las determinaciones fisicoquímicas y sensoriales en ciruelas negras almacenadas a una misma temperatura fue

cuando se detectó de manera visual la presencia de hongos en al menos uno de los tres tratamientos (Blanco, Control o Q-Qn).

Para los frutos almacenados a temperatura de refrigeración, en el día 20 se detectó contaminación por hongos en el lote con el recubrimiento Q-Qn. En las ciruelas almacenadas a temperatura ambiente en el día 13 se detectó presencia de hongos en los tres tratamientos, es decir en el “Blanco”, “Control” y “Q-Qn”; mientras que para las ciruela almacenadas a 35°C las últimas determinaciones se realizaron el día 8, ya que los tres lotes presentaron hongos filamentosos, además de presentar características organolépticas desagradables como olor a fermentado y un color de la pulpa café-negruzco que indicaba putrefacción (ver Tabla 4.4 y Figuras 4.1 y 4.2).

Tabla 4.4. Resumen de los días de almacenamiento de ciruelas negras con tres diferentes recubrimientos almacenadas a tres temperaturas distintas

Temperatura	Días de almacenamiento al detectar presencia de hongos	Tratamiento donde hubo detección visual de hongos
Refrigeración (4-6°C)	20	Q-Qn
Temperatura ambiente	13	Blanco Control Q-Qn
35°C±2°C	8	Blanco Control Q-Qn



Figura 4.1. Presencia de hongos en ciruela negra con recubrimiento Q-Qn en el día 20 de almacenamiento a temperatura de refrigeración

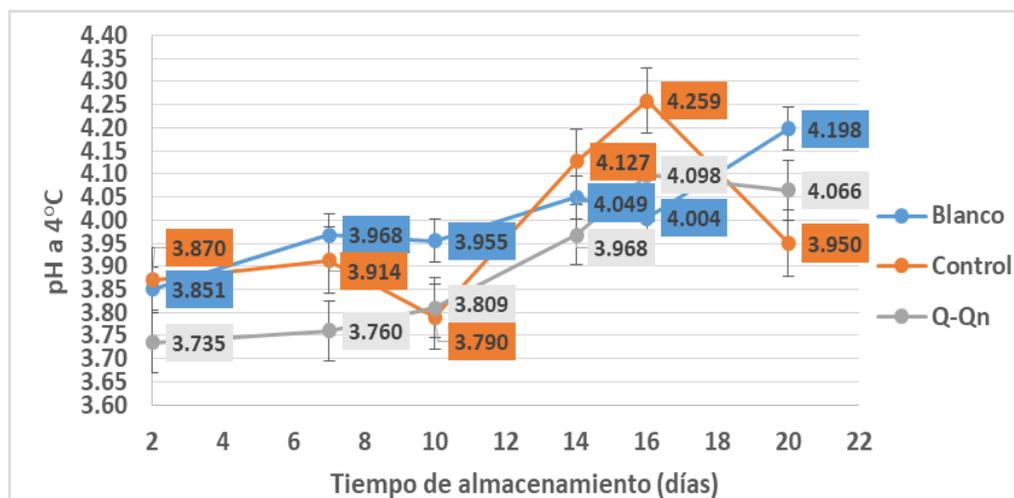


Figura 4.2. Presencia de hongos en ciruela negra con el recubrimiento Control, día 13 de almacenamiento a temperatura ambiente

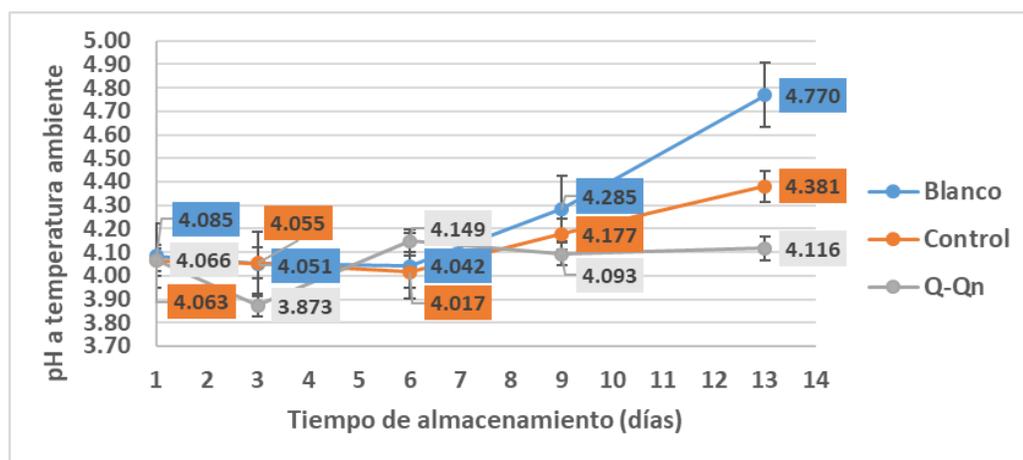
4.4. Determinación de pH en ciruelas negras con diferentes recubrimientos almacenadas a 4°C, temperatura ambiente y 35°C

Las Gráficas 4.1 a 4.3, así como la Tabla 4.5 (ver ANEXO C) muestran que el valor de pH en las ciruelas negras fue aumentando conforme transcurría el tiempo de almacenamiento en las tres temperaturas estudiadas (refrigeración, temperatura ambiente y 35°C) y con los tres recubrimientos empleados (Blanco, Control y Q-Qn). Lo anterior concuerda con el hecho de que durante la maduración de los frutos hay una disminución de la acidez total debido a que los ácidos orgánicos se transforman en carbohidratos o glúcidos y al haber un decremento de ácidos libres el pH aumenta (Balaguera-López, 2011). El andeva multifactorial (Tabla 4.5a, ANEXO C) para la determinación de pH indica que los factores tiempo y tratamiento tuvieron una influencia estadísticamente significativa en los valores de pH, la prueba de rangos múltiples (Duncan, 95%) (Tabla 4.5b, ANEXO C) muestra que los resultados de pH en el tratamiento Q-Qn fueron estadísticamente diferentes en comparación con los de los tratamientos Blanco y Control. En las gráficas de pH a 4°C y temperatura ambiente (Gráficas 4.1 y 4.2) se observa que con el transcurso del tiempo los valores de pH de las ciruelas cubiertas con Q-Qn son menores en comparación con los del Blanco y el Control, lo cual puede relacionarse con una conversión más lenta de los ácidos presentes en glúcidos. Debido a que el análisis de varianza multifactorial compara los resultados de todos los frutos por tipo de recubrimiento y elimina la influencia de los otros dos factores (temperatura y tiempo), se procedió a realizar un análisis de varianza simple para cada una de las temperaturas, donde las variables fueron el tipo de tratamiento y el tiempo. Haciendo un análisis de varianza simple para cada una de las temperaturas de almacenamiento, el andeva indicó que en el almacenamiento a 4°C el tiempo fue un factor que influyó de manera estadísticamente significativa en los valores de pH, mientras que el tipo de tratamiento no lo hizo (Tablas 4.5c y 4.5d, Anexo C). La prueba de rangos múltiples (Duncan, 95%) (Tabla 4.5e, ANEXO C) para el factor tiempo a 4°C mostró que los valores de pH entre los días 2, 7 y 10 fueron estadísticamente iguales entre sí, y diferentes a los de los días 14,16 y 20, lo anterior indica que a partir del día 14 los valores de pH pueden considerarse como mayores en comparación con los primeros días. En el análisis de varianza simple para el pH a temperatura ambiente, el resultado fue que tanto el tiempo como el tipo de tratamiento tuvieron una influencia

estadísticamente significativa (Tablas 4.5f y 4.5g, ANEXO C), la tendencia en los tres tratamientos resultó en un incremento en los valores de pH, sin embargo el aumento fue más lento en las ciruelas con el tratamiento de Q-Qn.



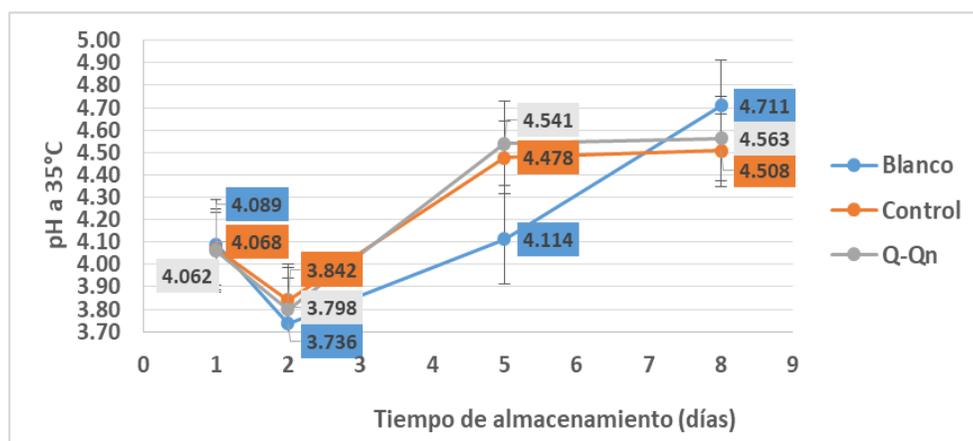
Gráfica 4.1. Valores promedio de pH con respecto al tiempo de ciruelas negras con tres tratamientos distintos almacenadas a 4°C



Gráfica 4.2. Valores promedio de pH con respecto al tiempo de ciruelas negras con tres tratamientos distintos almacenadas a temperatura ambiente

En los frutos almacenados a 35°C el tipo de tratamiento no fue un factor que influyera de manera estadísticamente significativa, pero el tiempo sí lo fue (Tablas 4.5h y 4.5i, ANEXO C). El resultado de la prueba de Duncan al 95% de confianza mostró que los valores de pH a 35°C fueron estadísticamente diferentes en todos los días de análisis (Tabla 4.5j, ANEXO C). Los resultados muestran que la temperatura de almacenamiento fue un factor determinante en

los valores de pH, debido a que cambios en este parámetro están relacionados con el proceso natural de cualquier fruto, vemos que a temperatura ambiente en el último día de estudio (día 13) se alcanzaron valores de pH entre 4.116 y 4.770 mientras que a 35°C en el día 8 de almacenamiento el pH fue entre 4.508 y 4.711. En el caso del almacenamiento a 4°C los datos arrojaron que el pH fue aumentando de manera más lenta conforme transcurría el tiempo en comparación con las otras temperaturas pues en el día 20 de estudio los valores de pH fueron 3.950 para el Control, 4.06 para Q-Qn y 4.198 para el Blanco.



Gráfica 4.3. Valores promedio de pH con respecto al tiempo de ciruelas negras con tres tratamientos distintos almacenadas a 35°C

4.5. Determinación del % de acidez, expresado como g de ácido málico en 100g de pulpa de ciruela negra con diferentes recubrimientos almacenadas a 4°C, temperatura ambiente y 35°C

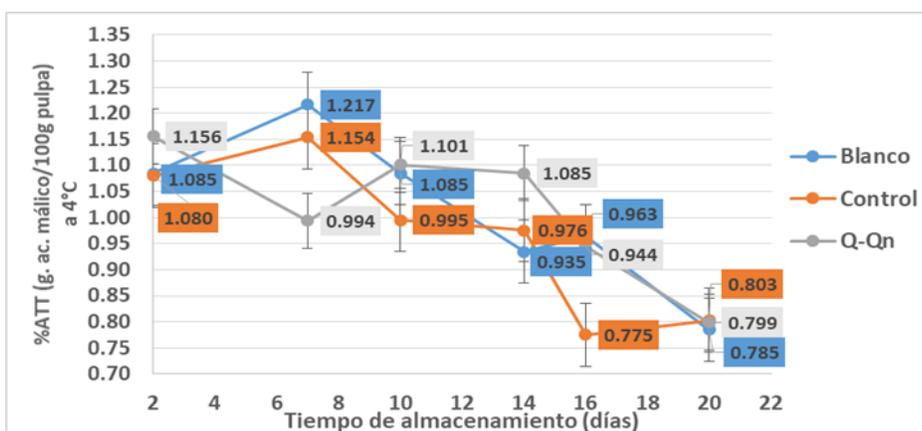
Los resultados promedio de las determinaciones del porcentaje de acidez total titulable (%ATT) en los frutos de estudio se encuentran en la Tabla 4.6 del ANEXO C. En las Gráficas 4.4, 4.5 y 4.6 se observa que en las tres temperaturas de almacenamiento y con los tres tipos de tratamiento en estudio (Blanco, Control y Q-Qn) hubo una disminución en la concentración de ácido málico, que es el ácido orgánico que se encuentra en mayor proporción de acuerdo con la literatura (Parra *et al.*, 2008), tal decremento en el porcentaje de acidez concuerda con el incremento del pH debido a la conversión del ácido málico en glúcidos.

Los resultados del análisis de varianza (andeva) multifactorial (Tabla 4.6a, ANEXO C) muestran que para el porcentaje de acidez, la temperatura y el tiempo fueron factores que influyeron de manera significativa, mientras que el tipo de recubrimiento no lo hizo. La prueba

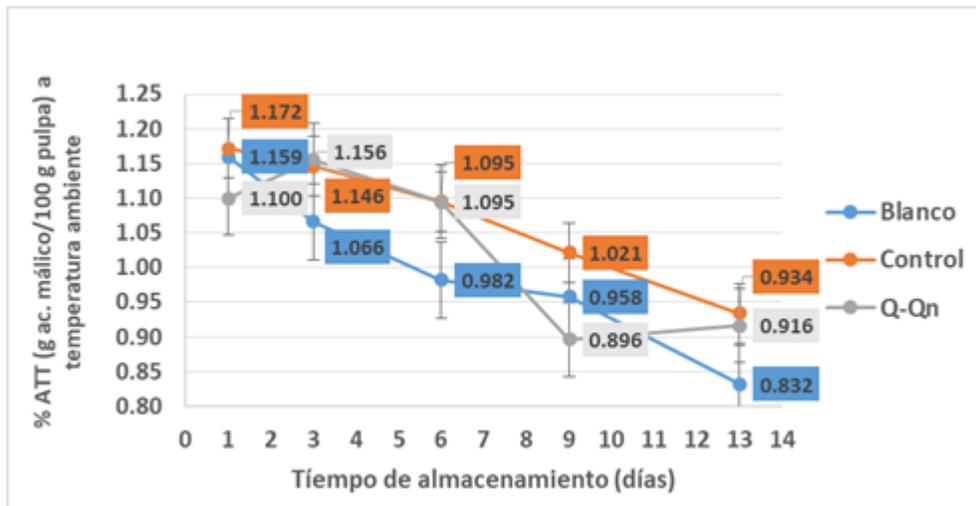
Duncan al 95% de confianza (Tabla 4.6b, ANEXO C) al comparar las medias de los valores de acidez entre las tres temperaturas de almacenamiento mostraron que estos valores fueron significativamente diferentes.

Posteriormente se hizo un análisis de varianza simple para analizar si dentro de un grupo de ciruelas almacenadas a la misma temperatura existía diferencia significativa en el porcentaje de acidez debida a cada uno de los tratamientos. Para el almacenamiento a 4°C el resultado indicó que el tiempo fue un factor que influyó, mientras que el tipo de tratamiento no lo hizo (Tablas 4.6c y 4.6d, ANEXO C); la acidez en los días 2, 7 y 10 fue estadísticamente igual entre ellos, mientras que a los días 14, 16 y 20 hubo diferencias significativas, siendo este último resultado producto de la prueba de rangos múltiples (Tabla 4.6e, ANEXO C).

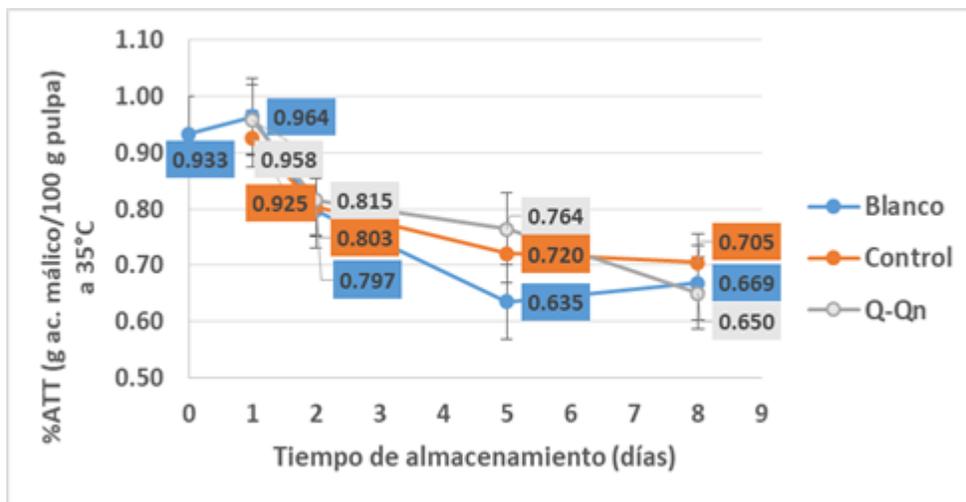
Para el caso de las ciruelas almacenadas a temperatura ambiente los análisis de varianza simple (Tabla 4.6f y Tabla 4.6g, ANEXO C) señalaron que el tratamiento tampoco influyó de manera significativa en el porcentaje de acidez, mientras que el tiempo si lo hizo. La prueba Duncan al 95 % de confianza (Tabla 4.6h, ANEXO C) indicó que la acidez fue estadísticamente igual en los días 1 y 3 de estudio; mientras que en los días posteriores ya no lo fue. El porcentaje de acidez en las ciruelas almacenadas a 35°C fue afectada únicamente por el tiempo y no por el tipo de tratamiento (Tablas 4.6i y 4.6j, ANEXO C). Analizando los datos de la Tabla 4.6 del ANEXO C, así como las Gráficas 4.4 a 4.6 se observa que el aumento en la temperatura de almacenamiento fue un factor determinante en la disminución del porcentaje de acidez.



Gráfica 4.4. Valores promedio del % de acidez con respecto al tiempo de almacenamiento de ciruelas negras con tres tratamientos distintos almacenadas a 4°C



Gráfica 4.5. Valores promedio del % de acidez con respecto al tiempo de ciruelas negras con tres tratamientos distintos almacenadas a temperatura ambiente



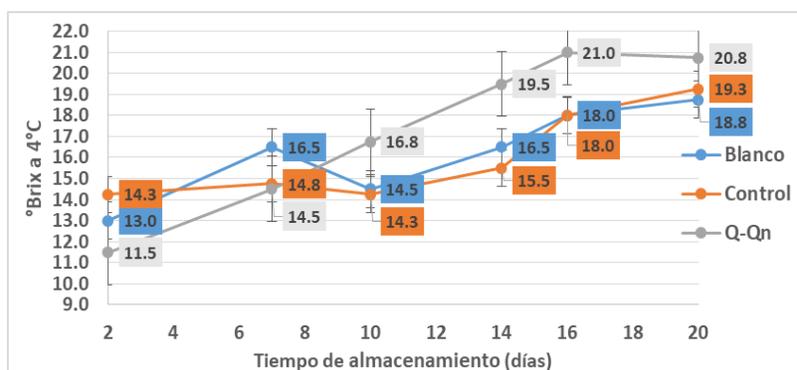
Gráfica 4.6. Valores promedio del % de acidez con respecto al tiempo de ciruelas negras con tres tratamientos distintos almacenadas a 35°C

Por ejemplo a 4°C las concentraciones cercanas a 0.95% se alcanzaron en el día 14 de almacenamiento, a temperatura ambiente fue a los 13 días y, a 35°C fue en el primer día de almacenamiento.

4.6. Determinación del % de sólidos solubles totales (°Brix) en ciruelas negras con diferentes recubrimientos almacenadas a 4°C, temperatura ambiente y 35°C

Las Gráficas 4.7 a 4.9 muestran que hubo una tendencia de incremento en los grados Brix de las ciruelas negras conforme transcurrió el tiempo de almacenamiento, este comportamiento se observó con los tres tratamientos y bajo las tres temperaturas de estudio. Lo anterior indica que conforme avanzó el proceso de maduración del fruto hubo una mayor cantidad de glúcidos solubles sintetizados a partir de carbohidratos de reserva o de ácidos orgánicos lo cual coincide con la disminución en el porcentaje de acidez previamente analizado, ambas situaciones son consecuencia del proceso de maduración de los frutos.

Los resultados del análisis de varianza (andeva) multifactorial (Tabla 4.7, ANEXO C) indicaron que la temperatura, el tratamiento y el tiempo de almacenamiento fueron factores que influyeron de manera estadísticamente significativa en el porcentaje de sólidos solubles totales (°Brix) en los frutos estudiados, de acuerdo con la prueba de rangos múltiples (Tabla 4.7c del ANEXO C) los grados Brix a 4 y 35°C fueron estadísticamente iguales; sin embargo hay que tomar en consideración que aunque estos valores fueron identificados como iguales, corresponden a periodos de almacenamiento distintos, ya que estos fueron de 20 y 8 días para 4°C y 35°C respectivamente.



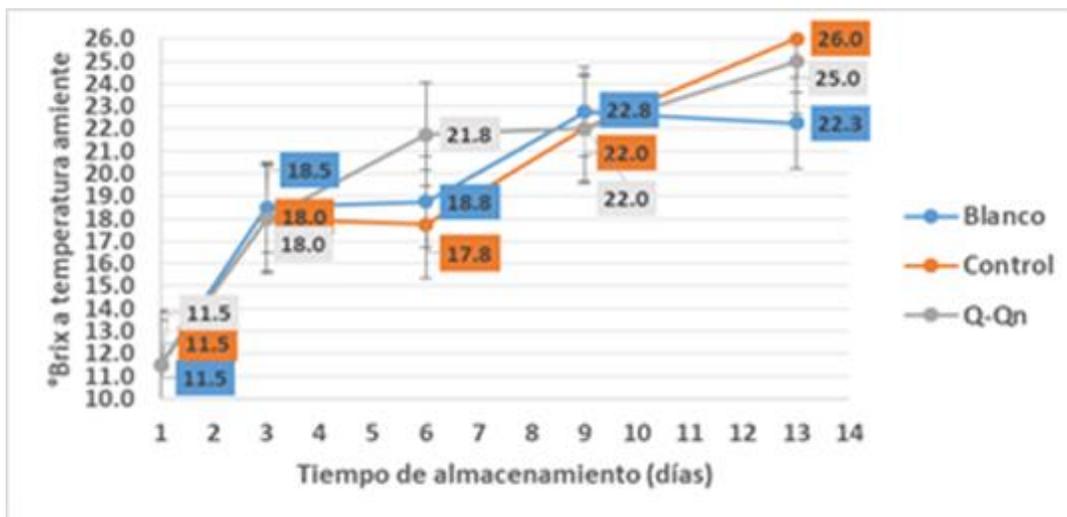
Gráfica 4.7. Valores promedio de °Brix en ciruelas negras con tratamientos distintos almacenadas a 4°C

En la Gráfica 4.7 se observa el aumento en los grados Brix a 4°C en los tres tratamientos, pareciera que los valores con Q-Qn fueron mayores en comparación con los del Blanco y el Control, sin embargo, el análisis de varianza simple a 4°C indica que este parámetro no se vio

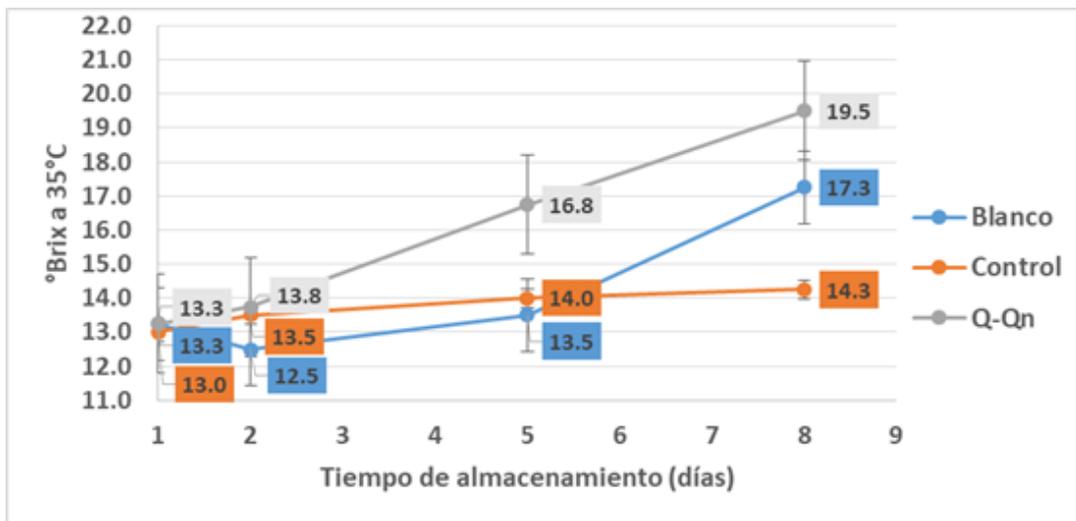
afectado de manera estadísticamente significativa a causa del tipo de recubrimiento, mientras que por el tiempo de almacenamiento sí (Tablas 4.7d y 4.7e, ANEXO C).

A temperatura ambiente el tipo de tratamiento nuevamente no influyó de manera significativa en los grados Brix, pero el tiempo sí (ver Tablas 4.7g, 4.7h y 4.7i del ANEXO C). En ellas se visualiza que los valores en el día 9 de almacenamiento fueron mayores a 20°Brix, mientras que a 4°C estos valores fueron alcanzados hasta el día 20 (Gráfica 4.8).

A 35°C el análisis de varianza simple indicó que los grados Brix del Blanco y del Control fueron iguales entre sí, mientras que los valores del tratamiento con Q-Qn fueron distintos (Tablas 4.7j, ANEXO C), con base en lo anterior y observando la Gráfica 4.9, se obtiene que el aumento en el porcentaje de sólidos solubles totales fue mayor en los frutos con Q-Qn, esto lo podríamos asociar a un proceso de maduración acelerado, o bien al hecho de que los frutos con este recubrimiento presentaron una mayor pérdida de humedad. Al igual que ocurrió a 4°C y a temperatura ambiente, en el almacenamiento a 35°C el tiempo también fue un factor que afectó de manera significativa los grados Brix, ya que con base en la prueba Duncan se tuvo que para los días 1 y 2 de almacenamiento a 35°C los sólidos solubles fueron estadísticamente iguales, y fue en días posteriores donde se presentaron las diferencias (ver Tablas 4.7l y 4.7m en el ANEXO C).



Gráfica 4.8. Valores promedio de °Brix en ciruelas negras con tratamientos distintos almacenadas a temperatura ambiente



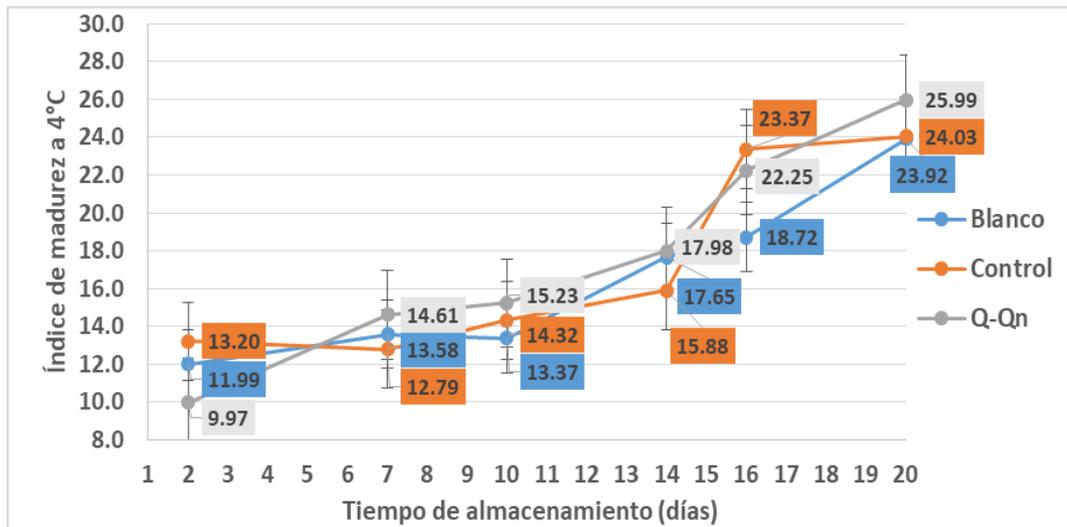
Gráfica 4.9. Valores promedio de °Brix en ciruelas negras con tratamientos distintos almacenadas a 35°C

4.7. Determinación del índice de madurez en ciruelas negras con diferentes recubrimientos almacenadas a 4°C, temperatura ambiente y 35°C

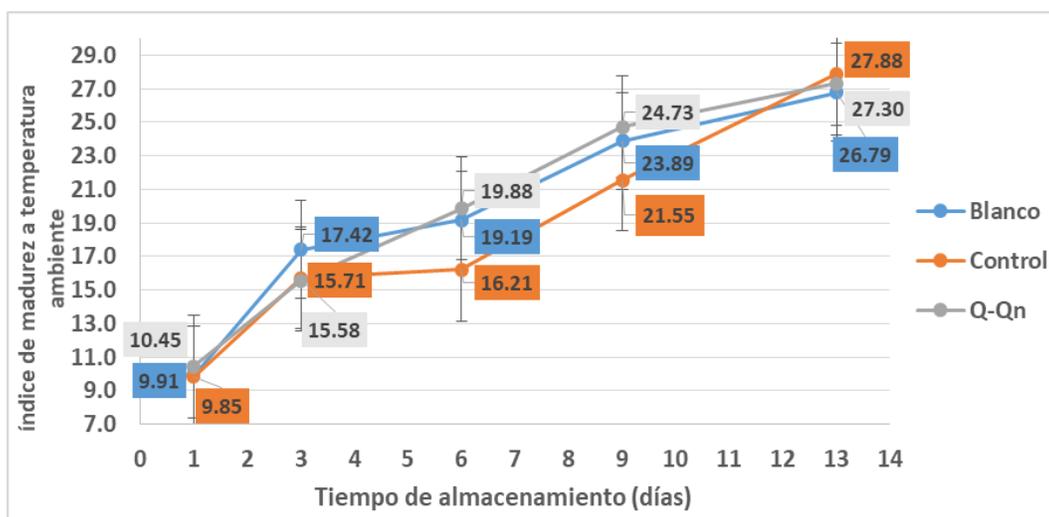
Al observar las Gráficas 4.10 a 12 puede verse que bajo las tres temperaturas y los distintos tipos de tratamientos el índice de madurez aumentó conforme transcurrió el tiempo de almacenamiento. El análisis de varianza multifactorial (Tabla 4.8a, ANEXO C) mostró que la temperatura, el tiempo de almacenamiento y el tipo de tratamiento fueron factores que influyeron de manera significativa en el índice de madurez de las ciruelas negras, la prueba Duncan con el 95% de confianza de este análisis multifactorial (Tabla 4.8b, ANEXO C) muestran al Blanco y al Control con índices de madurez estadísticamente iguales entre si y diferentes a los de Q-Qn, lo anterior puede explicarse por el hecho de que los grados Brix que están relacionados de manera directamente proporcional con el índice de madurez, en general, fueron mayores en frutos con recubrimientos de Q-Qn probablemente debido a que estos presentaron mayores pérdidas de humedad al transcurrir el tiempo. Debido a que la temperatura influye de manera natural en el proceso de maduración de los frutos, se realizaron también análisis de varianza simples a las ciruelas almacenadas en una misma temperatura, los resultados arrojados fueron que el tipo de tratamiento no tuvo influencia significativa en el índice de madurez bajo ninguna de las temperaturas del estudio, mientras que el tiempo sí

influyó a la temperatura de 4°C, ambiente y 35°C, (Ver Tablas de andevas 4.8 a la 4.8i del ANEXO C).

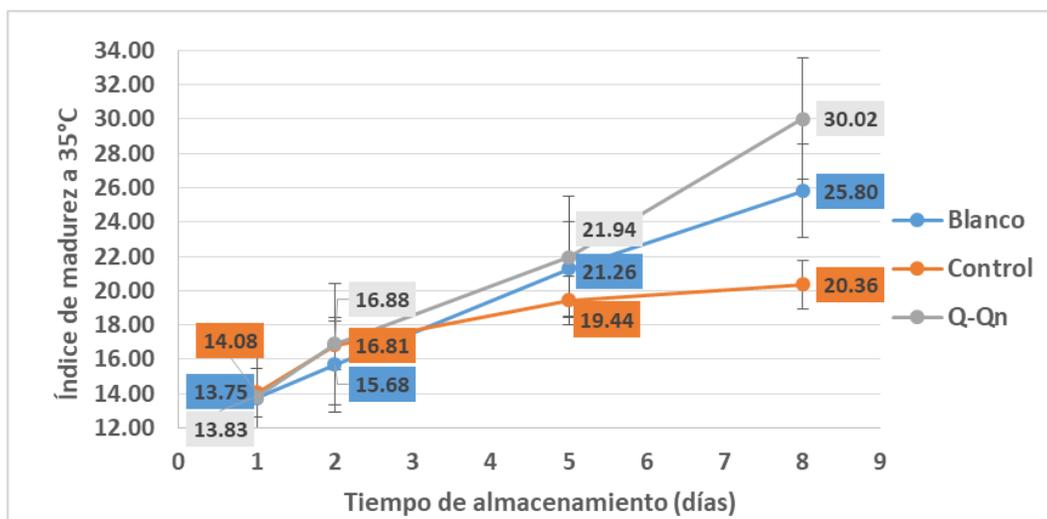
Los resultados promedio del índice de madurez se muestran en la Tabla 4.8 del ANEXO C observando que el mayor incremento se dio a 35°C, al observar las Gráficas 4.10, 11 y 12 se ve que los índices de madurez mayores a 20 se alcanzaron en los días 16, 9 y 5 de almacenamiento para 4°C, ambiente y 35°C, respectivamente.



Gráfica 4.10. Valores promedio de índice de madurez con respecto al tiempo de almacenamiento de ciruelas negras con tres tratamientos distintos almacenadas a 4°C



Gráfica 4.11. Valores promedio de índice de madurez con respecto al tiempo de almacenamiento de ciruelas negras con tres tratamientos distintos almacenadas a temperatura ambiente

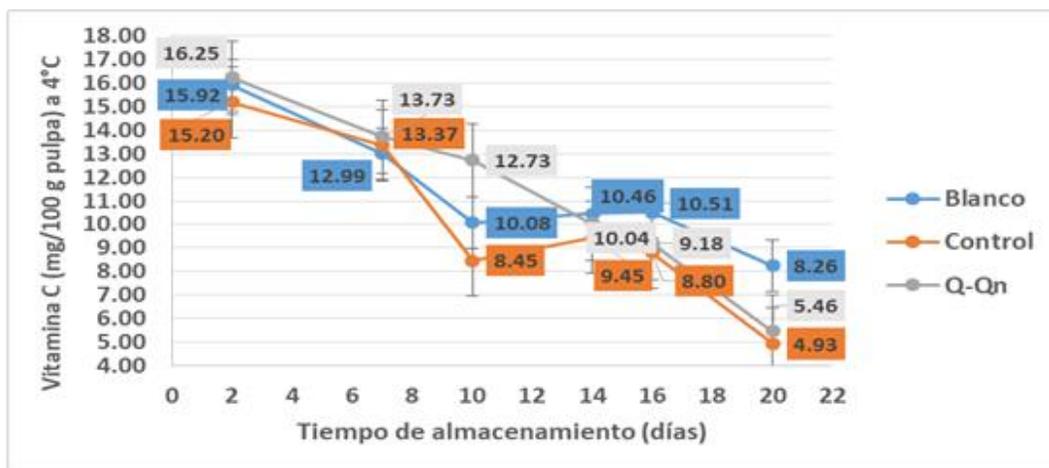


Gráfica 4.12. Valores promedio de índice de madurez con respecto al tiempo de ciruelas negras con tres tratamientos distintos almacenadas a 35°C

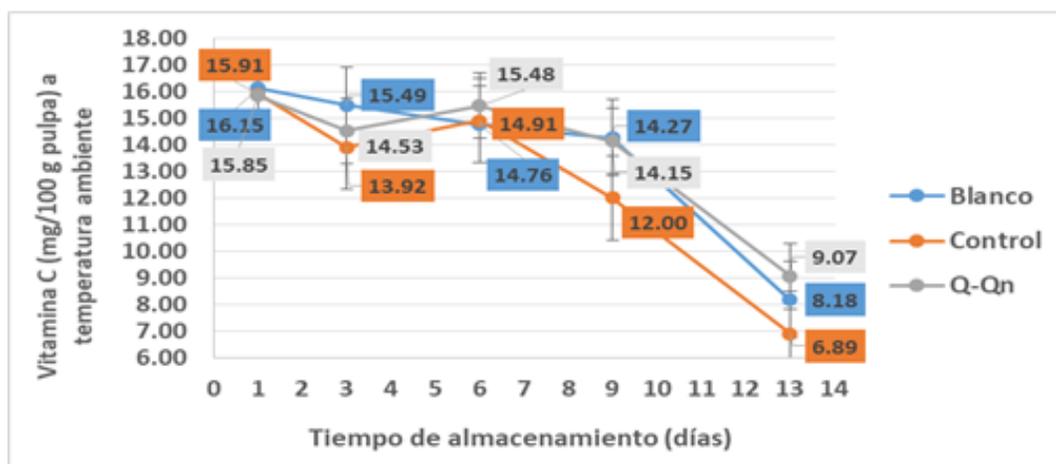
4.8. Determinación del contenido de vitamina C (mg/100g pulpa) en ciruelas negras con diferentes recubrimientos almacenadas a 4°C, temperatura ambiente y a 35°C

Los resultados de la concentración promedio de vitamina C de cada una de las determinaciones se aprecian en la Tabla 4.9 del ANEXO C. El análisis de varianza multifactorial (Tabla 4.9a, ANEXO C) muestran que la temperatura, el tiempo y el tipo de tratamiento (recubrimiento), fueron factores que afectaron de manera significativa el contenido de vitamina C presente en las ciruelas negras, expresado como mg de vitamina C en 100g de pulpa. En los análisis de varianza simple (Tablas 4.9d a 4.9i del ANEXO C) se observa que, cuando se comparan los resultados considerando sólo a los frutos almacenados bajo una misma temperatura, el tipo de tratamiento no influye de manera estadísticamente significativa, mientras que para el tiempo de almacenamiento sí. Se observa en las Gráficas 4.13 a 15 que hubo una degradación de la vitamina C en todos los casos, siendo a 35°C la disminución más rápida, vemos que después de 1 día de almacenamiento a 35°C la concentración disminuyó de 15.16mg/100g a valores cercanos a 8mg/100g lo cual representa una disminución de aproximadamente el 50% con respecto a la concentración inicial, a la temperatura de refrigeración los valores cercanos a los 8mg/100g se alcanzaron después de los 16 días de almacenamiento; mientras que a temperatura ambiente fue hasta los 13 días. Los

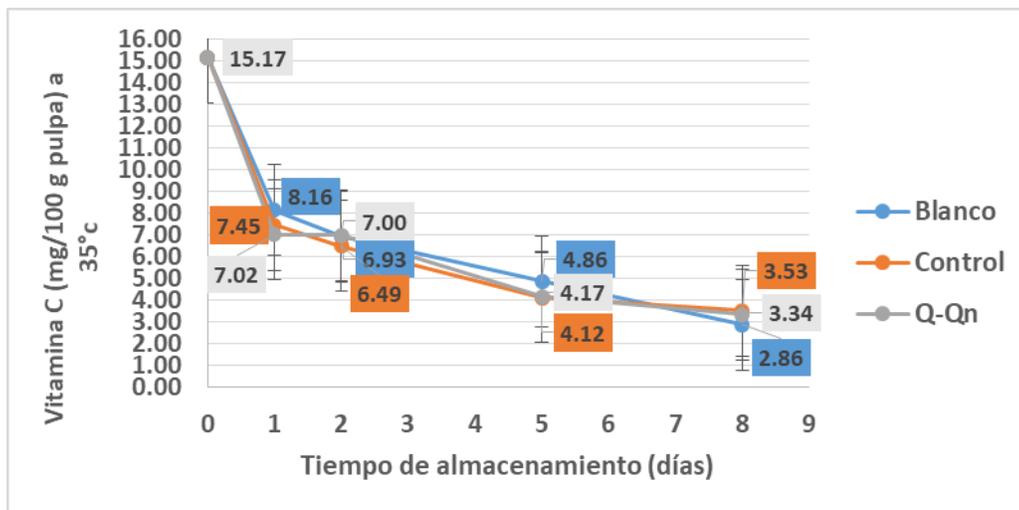
datos anteriores confirman el hecho de que la vitamina C o ácido ascórbico es un compuesto termolábil que acelera su degradación con el aumento de la temperatura. Las Gráficas 4.13 y 14 parecen indicar que las concentraciones de vitamina C en los frutos “Control” almacenados en refrigeración y a temperatura ambiente fueron menores en comparación con los lotes “Blanco” y “Q-Qn”; sin embargo el análisis de varianza simple indica que no existe diferencia significativa entre los valores de vitamina C de frutos con diferentes tratamientos almacenados a la misma temperatura, siendo el tiempo de almacenamiento un factor que sí influyó en el decremento de este compuesto.



Gráfica 4.13. Valores promedio de vitamina C (mg/100 g pulpa) con respecto al tiempo de ciruelas negras con tres tratamientos distintos almacenadas a 4°C



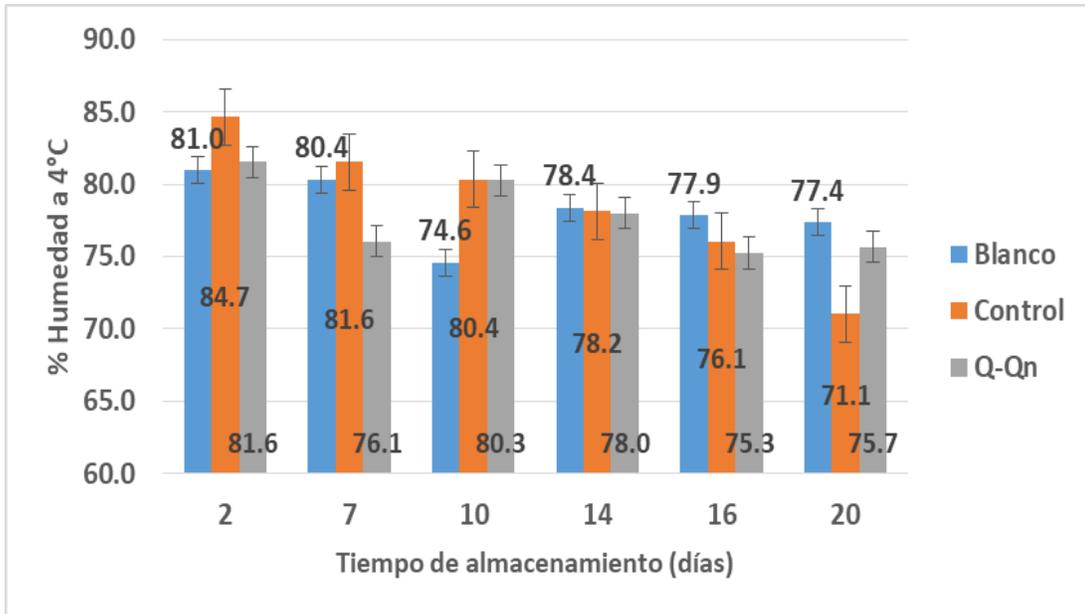
Gráfica 4.14. Valores promedio de vitamina C (mg/100 g pulpa) con respecto al tiempo de ciruelas negras con tres tratamientos distintos almacenadas a temperatura ambiente



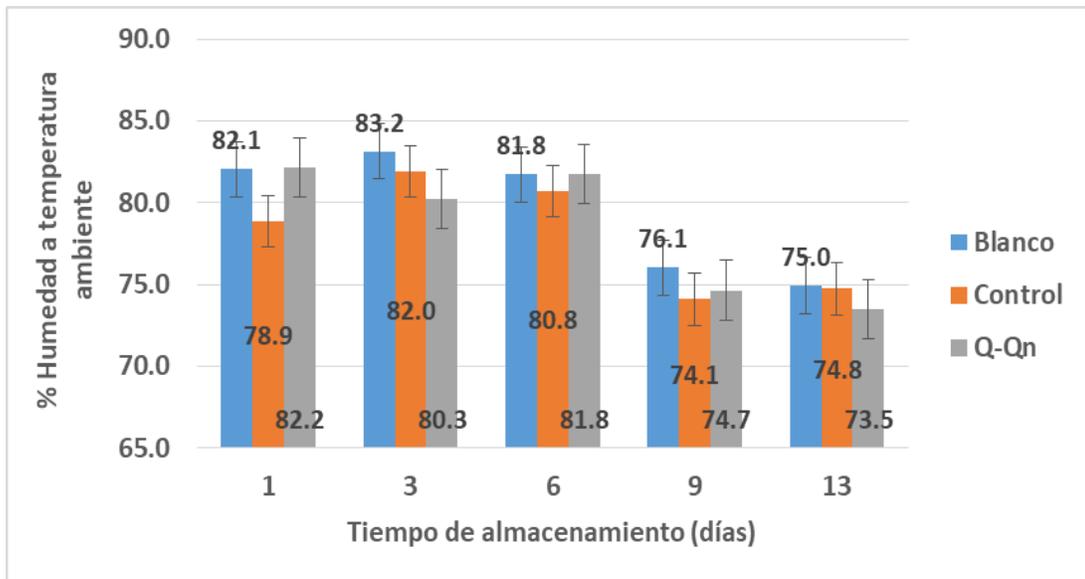
Gráfica 4.15. Valores promedio de vitamina C (mg/100 g pulpa) con respecto al tiempo de ciruelas negras con tres tratamientos distintos almacenadas a 35°C

4.9. Determinación del % de humedad en ciruelas negras con diferentes recubrimientos almacenadas a 4°C, temperatura ambiente y 35°C

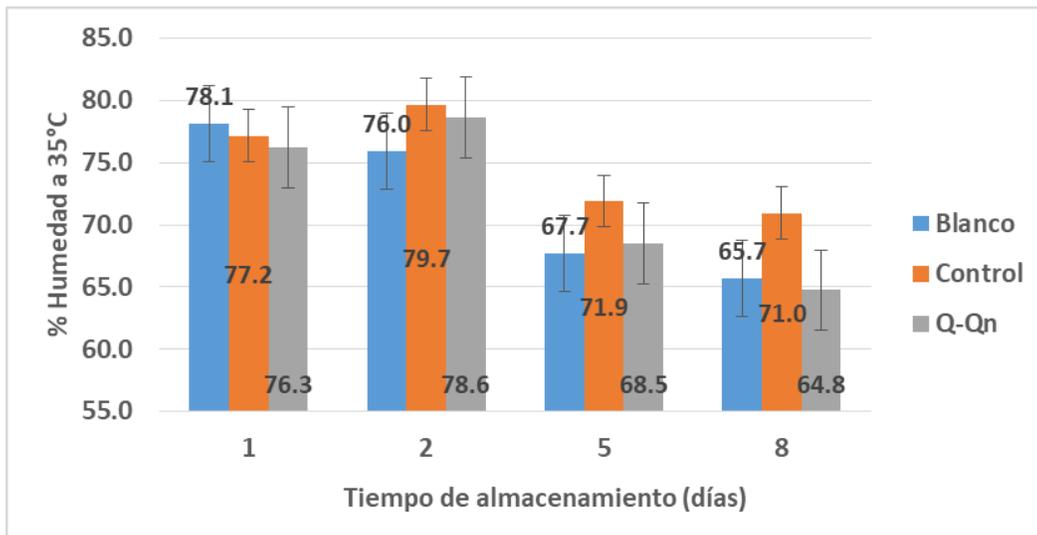
Dado que la prueba referente al porcentaje de humedad fue realizada por duplicado, los datos fueron analizados mediante un análisis de varianza simple, teniendo como factores de análisis el tipo de tratamiento y el tiempo. Los resultados promedios de las determinaciones de humedad se encuentran en la Tabla 4.10 del ANEXO C. El análisis de varianza (andeva) simple (Tablas 4.10a a 4.10g, ANEXO C) muestra que para las condiciones de almacenamiento a 4°C, T. ambiente y 35°C, no fueron afectados de manera significativa por el tipo de tratamiento, mientras que sí lo fueron por el factor del tiempo. En las Gráficas 4.16 a 18 se observó que la tendencia en la pérdida del % de humedad fue similar para los tres tratamientos a 4°C y a temperatura ambiente; sin embargo a 35°C (ver Gráfica 4.18) la pérdida de humedad en los frutos con el recubrimiento “Q-Qn” fue mayor en comparación con el Blanco y el Control, lo cual indica una menor capacidad de retención de agua; y una mayor rugosidad de la piel, ya que a 35°C las ciruelas con “Q-Qn” presentaron una mayor rugosidad y un menor tamaño. Cabe mencionar que las ciruelas negras almacenadas a 35°C con Q-Qn presentaron una coloración blanquecina en la piel debido probablemente a la concentración de calcio proveniente del disolvente MAC-141® con el que se elaboró el recubrimiento.



Gráfica 4.16. Valores promedio del % de humedad con respecto al tiempo de ciruelas negras con tres tratamientos distintos almacenados a 4°C



Gráfica 4.17. Valores promedio del % de humedad con respecto al tiempo de ciruelas negras con tres tratamientos distintos almacenados a temperatura ambiente



Gráfica 4.18. Valores promedio del % de humedad con respecto al tiempo de ciruelas negras con tres tratamientos distintos almacenados a 35°C

4.10. Determinación del color externo e interno de ciruelas negras con diferentes recubrimientos almacenadas a 4°C, temperatura ambiente y a 35°C

En cuanto a la determinación de color, el color externo (color de la piel) no tuvo cambios a lo largo del estudio (Figura 4.3). Los colores rojos, azules y morados que presentan ciertos frutos, flores y hojas se deben a la presencia de compuestos químicos llamados “antocianinas” pertenecientes al grupo de los flavonoides. Las antocianinas son pigmentos solubles en agua lo que facilita su incorporación en los sistemas acuosos alimentarios. Estos pigmentos son estables a valores de pH bajos (Del-Carpio-Jiménez *et al.*, 2009). La ciruela se considera un fruto con un bajo pH, lo cual explicaría la conservación del color externo, ya que en ninguno de los tratamientos se llegó a un pH elevado (el pH mayor fue de 4.770 en las ciruelas negras “blanco” en el día 13 a temperatura ambiente).

Con respecto al color de la pulpa (color interno) se observó un cambio en el color en todos los tratamientos con el paso del tiempo. A temperatura de refrigeración y ambiente los tratamientos Blanco y Control (ver Tablas 4.11 y 4.11a) no mostraron cambios significativos; sin embargo, los frutos con el recubrimiento de Q-Qn presentaron una tonalidad menos rojiza (con

tendencia al anaranjado) conforme transcurrió el tiempo. En cuanto a los frutos almacenados a 35°C a partir del día 5 de almacenamiento en los tres tratamientos se presentaron cambios en la coloración de la pulpa de las ciruelas negras, cambiando de tonalidad roja a café, en el caso de las ciruelas con el recubrimiento “Q-Qn” el color café fue más pálido en comparación con los dos tratamientos restantes. Con base en los resultados de las determinaciones de color interno, se observó que el recubrimiento “Q-Qn” tuvo un efecto negativo sobre el color de la pulpa ya que a las tres temperaturas de almacenamiento hubo una mayor degradación de este.



Figura 4.3. Determinación del color externo de ciruelas negras con tres tratamientos distintos almacenadas a 4°C, temperatura ambiente y 35°C

Tabla 4.11. Color interno de ciruelas negras con tres tratamientos distintos almacenadas a 4°C

Tratamiento	Días de almacenamiento (4°C)					
	2	7	10	14	16	20
Blanco	 PANTONE® 7623 C	 PANTONE® 1805 C	 PANTONE® 7621 C	 PANTONE® 7426 C	 PANTONE® 7427 C	 PANTONE® 7427 C
Control	 PANTONE® 1807 C	 PANTONE® 187 C	 PANTONE® 7641 C	 PANTONE® 1807 C	 PANTONE® 7580 C	 PANTONE® 187 C
Q-Qn	 PANTONE® 1807 C	 PANTONE® 2033 C	 PANTONE® 201 C	 PANTONE® 7626 C	 PANTONE® 7619 C	 PANTONE® 186 C PANTONE® 7578 C

Tabla 4.11a. Color interno de ciruelas negras con tres tratamientos distintos almacenadas a temperatura ambiente

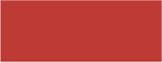
Tratamiento	Tiempo de almacenamiento (días) a temperatura ambiente				
	1	3	6	9	13
Blanco	 PANTONE® 1815 C	 PANTONE® 180 C	 PANTONE® 202 C	 PANTONE® 188 C  PANTONE® 180 C	 PANTONE® 7623 C  PANTONE® 7619 C
Control	 PANTONE® 7620 C	 PANTONE® 7628 C	 PANTONE® 202 C	 PANTONE® 1807 C	 PANTONE® 1955 C
Q-Qn	 PANTONE® 7620 C	 PANTONE® 187 C	 PANTONE® 181 C  PANTONE® 484 C	 PANTONE® 188 C	 PANTONE® 180 C

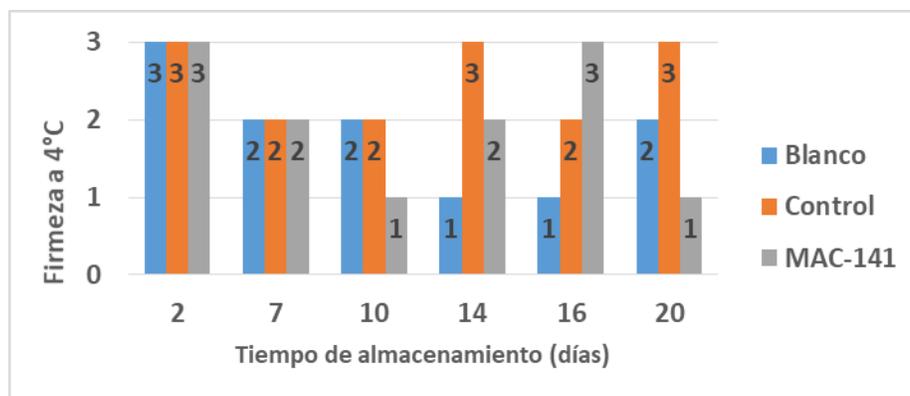
Tabla 4.11b. Color interno de ciruelas negras con tres tratamientos distintos almacenadas a 35°C

Temperatura	Tiempo de almacenamiento (días) a 35°C			
	1	2	5	8
Blanco	 PANTONE® 7636 C	 PANTONE® 207 C  PANTONE® 492 C	 PANTONE® 697 C  PANTONE® 2320 C	 PANTONE® 7596 C  PANTONE® 697 C
Control	 PANTONE® 7636 C	 PANTONE® 1805 C	 PANTONE® 7630 C	 PANTONE® 490 C
Q-Qn	 PANTONE® 7636 C	 PANTONE® 194 C  PANTONE® 193 C	 PANTONE® 7525 C  PANTONE® 7523 C	 PANTONE® 2320 C  PANTONE® 7630 C

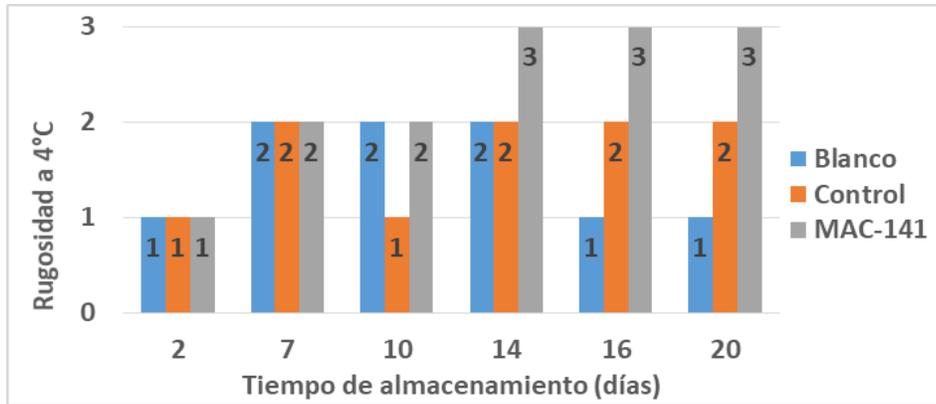
4.11. Determinación de la firmeza y rugosidad en ciruelas negras con diferentes recubrimientos almacenadas a 4°C, temperatura ambiente y 35°C

Los resultados cualitativos de firmeza y rugosidad obtenidos para las ciruelas negras en estudio se muestran en las Gráficas 4.19 a 24. La escala cualitativa para ambas determinaciones fue del 1 al 3, siendo 1 la de menor firmeza (o rugosidad) y 3 la de mayor firmeza (o rugosidad).

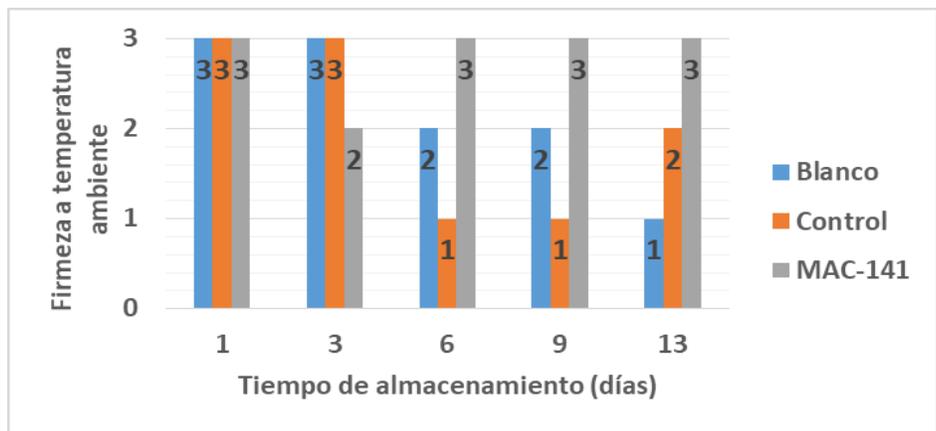
En las Gráficas 4.19 y 20 observamos que a la temperatura de 4°C en los días 2, 7 y 10 de almacenamiento la firmeza y rugosidad de las ciruelas fue similar entre los frutos independientemente del tipo de tratamiento. Posteriormente, en los días 14, 16 y 20 los frutos del “Blanco” presentaron una menor firmeza en comparación con los del “Control” y “Q-Qn”. Para el atributo de rugosidad a 4°C en los días 14, 16 y 20 (Gráfica 4.20) se identificó fácilmente que los frutos con el tratamiento de “Q-Qn” presentaron una mayor rugosidad de la piel, lo cual se relacionó con el hecho de que estos frutos presentaron una pérdida de humedad mayor. A temperatura ambiente (Gráfica 4.21) la firmeza fue similar en los días 1 y 3, en días posteriores se detectaron ligeras diferencias resaltando el hecho de que las ciruelas con el recubrimiento de “Q-Qn” presentaron una mayor firmeza en los días 6, 9 y 13 de almacenamiento. Con respecto de la rugosidad en las ciruelas almacenadas a temperatura ambiente la Gráfica 4.22 mostró que la rugosidad de la piel nuevamente fue mayor en los frutos con el tratamiento de “Q-Qn” en los días 3, 6 y 9.



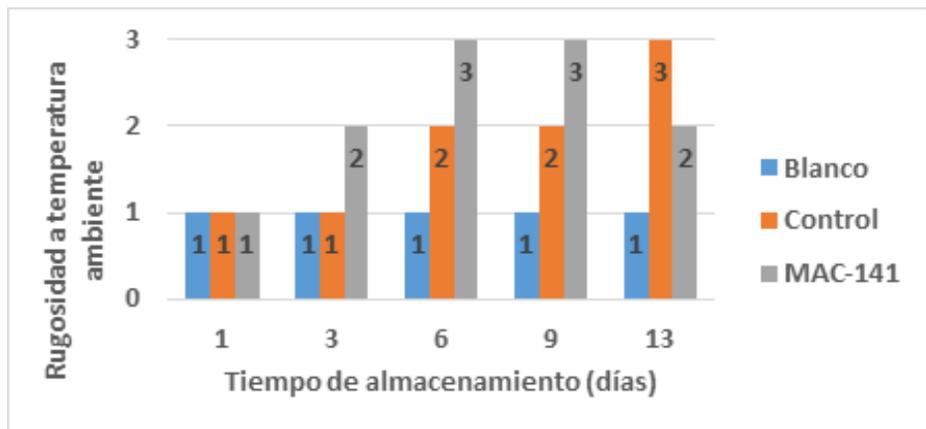
Gráfica 4.19. Resultados de firmeza obtenidos en ciruelas negras almacenadas a 4°C



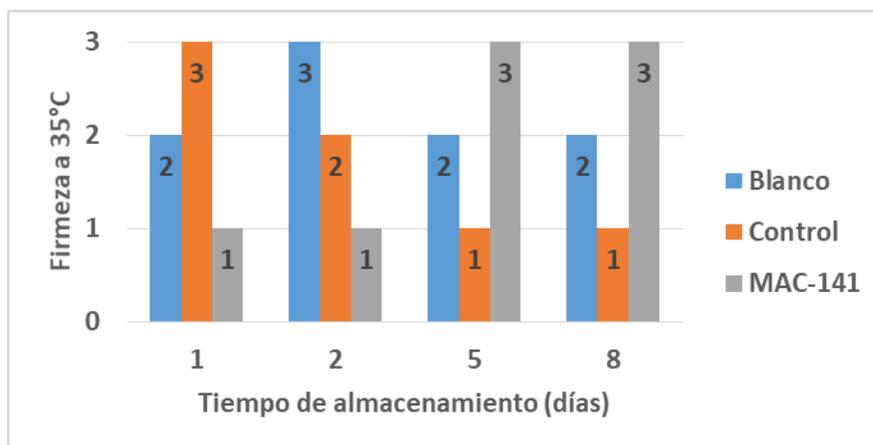
Gráfica 4.20. Resultados de rugosidad de la piel obtenidos en ciruelas negras almacenadas a 4°C



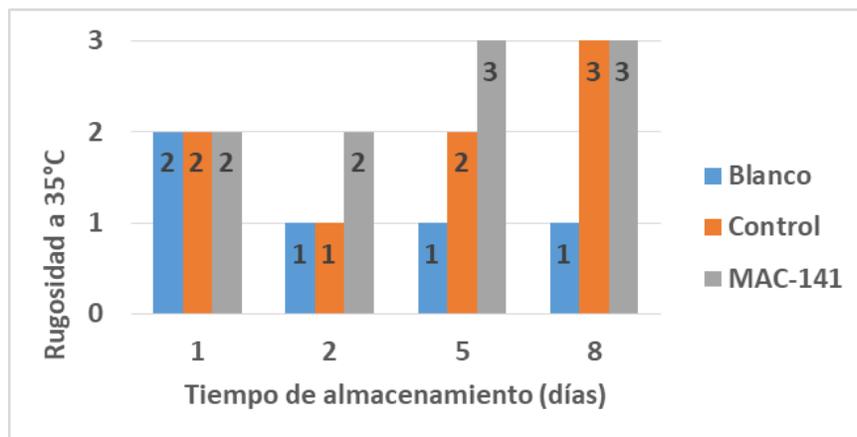
Gráfica 4.21. Resultados de firmeza obtenidos en ciruelas negras almacenadas a temperatura ambiente



Gráfica 4.22. Resultados de rugosidad de la piel obtenidos en ciruelas negras almacenadas a temperatura ambiente



Gráfica 4.23. Resultados de firmeza obtenidos en ciruelas negras almacenadas a 35°C



Gráfica 4.24. Resultados de rugosidad de la piel obtenidos en ciruelas negras almacenadas a 35°C

A 35°C en los últimos días de almacenamiento (días 5 y 8) se aprecia en las Gráficas 4.23 y 24 que las ciruelas con Q-Qn presentaron una mayor firmeza y rugosidad de la piel en comparación con las del Blanco y el Control, la calificación de estos atributos fue complicada debido a que fue hecha de manera cualitativa a través de los sentidos del tacto y la vista.

4.12. Resultados de las pruebas microbiológicas de mermeladas elaboradas a partir de ciruelas negras sometidas a diferentes tratamientos

Las pruebas microbiológicas realizadas a las mermeladas elaboradas a partir de tres lotes de ciruelas negras (Blanco, Control y Q-Qn) almacenados a 4°C durante 5 días demostraron su

inocuidad microbiológica (ver Tabla 4.12 en ANEXO C) ya que no hubo desarrollo de bacterias mesófilas, bacterias coliformes, hongos ni levaduras, por lo tanto fue posible someterlas a las pruebas de evaluación sensorial, dado que no representaban un riesgo para la salud de los jueces consumidores. Para el caso de la prueba de detección de coliformes totales, el resultado fue la ausencia de este grupo indicador en las tres mermeladas, la detección de coliformes totales suele ser un indicador de contaminación fecal por malas prácticas de higiene en la elaboración de los alimentos. Cuando el resultado es positivo en estas pruebas esto da una probabilidad de la presencia de bacterias patógenas de los géneros *Escherichia*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Serratia*, *Citrobacter*, *Salmonella* y *Shigella*, las cuales representan un riesgo que puede ir de leve a severo en la salud del consumidor (Rodríguez-Cavallini *et al.*, 2016). Sin embargo la ausencia de estos microorganismos en las mermeladas aseguró que el tratamiento térmico y de envasado se realizó de manera correcta.

La prueba de mesófilos aerobios también es un indicador de las prácticas de higiene. En este caso, la presencia de este tipo de bacterias puede comprometer la salud de los consumidores o las características sensoriales del producto. Es importante su realización debido a que demuestra que las materias primas fueron desinfectadas de manera adecuada y que el proceso de elaboración se realizó bajo correctas prácticas de higiene. Es importante mencionar que en este tipo de alimentos la contaminación bacteriana es menos probable en comparación con la contaminación de hongos y levaduras, ya que las bacterias requieren de una actividad de agua (a_w) mayor a 0.86 (Bravo, 2004). Por otro lado, las mermeladas generalmente tiene un valor de a_w de 0.82 (FAO, 2006). El pH de las tres mermeladas fue menor a 3.5 lo cual dificulta el desarrollo de bacterias, debido a que el pH óptimo de crecimiento para la mayoría de las bacterias es de 5.5 a 7.5.

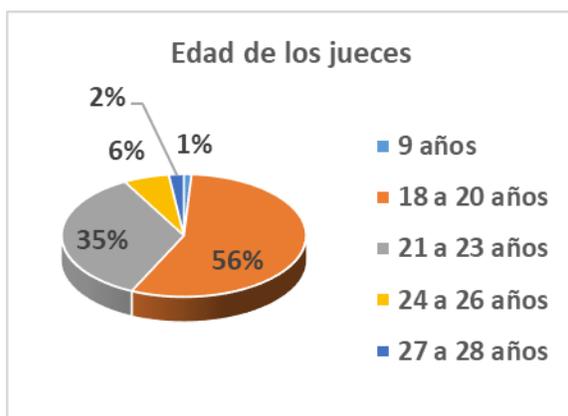
Las mermeladas son un producto con alta susceptibilidad a presentar contaminación por hongos y levaduras debido a que estos microorganismos pueden crecer en ambientes con un mínimo de 0.78 de a_w y un pH óptimo de 4.5 a 6.8 para mohos y de 4 a 6.5 para levaduras, sin embargo también pueden desarrollarse a pH inferiores a 3.5, dado que las mermeladas cumplen con estas condiciones la presencia de hongos y levaduras es muy probable si no se realiza un adecuado proceso de elaboración y envasado. De acuerdo con los resultados mostrados en la Tabla 4.12 del ANEXO C, tampoco hubo desarrollo de estos microorganismos en las mermeladas, el resultado de las tres pruebas microbiológicas aseguró

la inocuidad de estas y fueron empleadas en el análisis sensorial para determinar si sensorialmente existía diferencia significativa entre ellas.

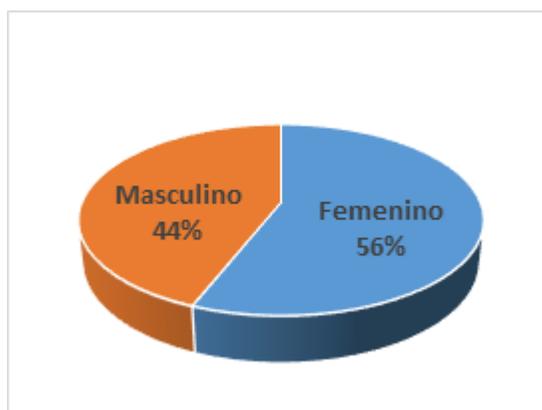
4.13. Evaluación sensorial de mermeladas elaboradas a partir de ciruelas negras sometidas a diferentes tratamientos

Los resultados de la evaluación sensorial realizadas a las mermeladas Blanco, Control y Q-Qn se encuentran en las Gráficas 4.25 a 33, en ellas se encuentran la edad de los jueces no entrenados que participaron, el sexo, la frecuencia de consumo de mermeladas de ciruela y el interés de los mismos por el aumento en la oferta de este producto. Los atributos analizados fueron color, textura, sabor, e intensidad de dulzor.

La Gráfica 4.25 muestra que el 56% de los jueces no entrenados que participaron en la evaluación sensorial tenían entre 18 y 20 años, seguidos por el 35% con un rango de edad entre 21 y 23 años; estas edades claramente corresponden con las edades promedio de estudiantes de licenciatura. Con respecto del género de los jueces, el 44% fueron hombres y el 66% mujeres (Gráfica 4.26).



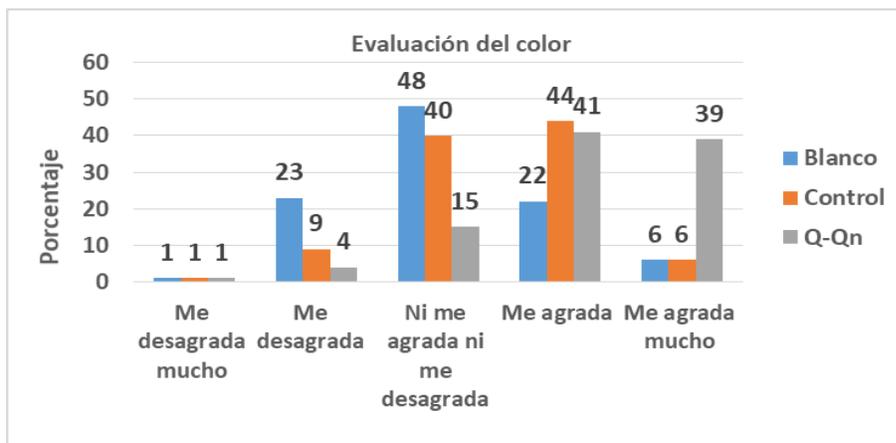
Gráfica 4.25. Edad de los jueces no entrenados



Gráfica 4.26. Género de los jueces no entrenados

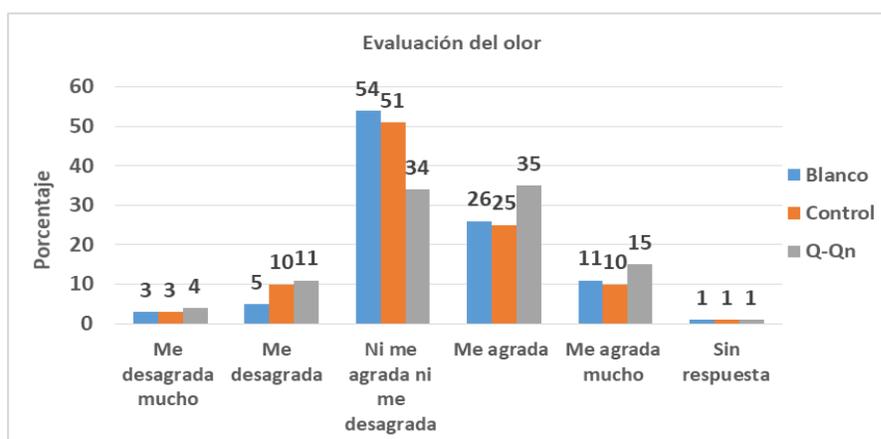
En la evaluación del color para la mermelada elaborada con ciruelas negras sin recubrimiento (ver Gráfica 4.27), es decir el lote “Blanco” la respuesta con mayor porcentaje fue la de “ni me agrada ni me desagrada”, con el 48%, para el “Control” y el tratamiento con “Q-Qn” la respuesta de mayor porcentaje fue “Me agrada” con 44 y 41% respectivamente, pero resaltó el hecho de que la mermelada de ciruelas negras con recubrimiento de Q-Qn obtuvo el 39% de la respuesta “Me agrada mucho” , esto se puede relacionar con el hecho de que esta mermelada

tuvo un color rojo más intenso en comparación con las provenientes de los otros dos tratamientos.



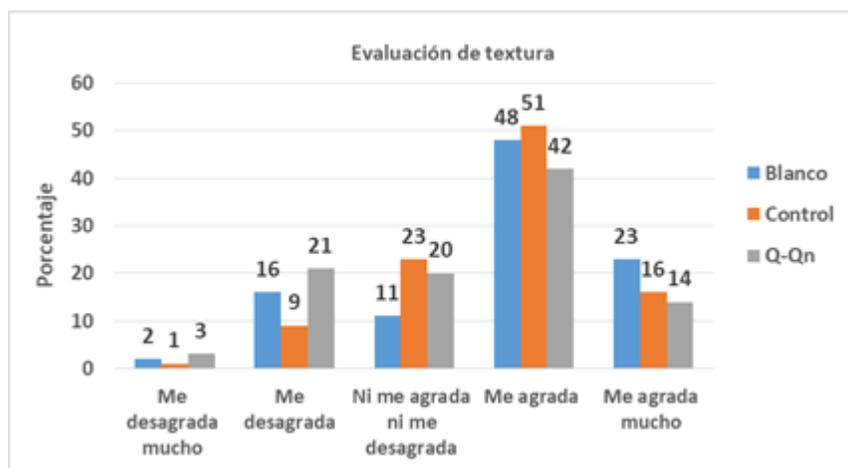
Gráfica 4.27. Resultados de la evaluación de color en mermeladas de ciruela negra

Para el atributo de olor (ver Gráfica 4.28) la respuesta “ni me agrada ni me desagrada” fue la que tuvo el mayor porcentaje para las mermeladas “Blanco” y “Control” con un 54 y 51% respectivamente, para esta misma respuesta la mermelada de los frutos con “Q-Qn” obtuvo el 34%, y el 35% de “me agrada”. Al observar la Gráfica 4.28 se aprecia que la distribución de los porcentajes entre las posibles respuestas de la escala hedónica fue similar entre las tres mermeladas elaboradas, esto puede explicarse debido a que el olor de las mermeladas era muy tenue y similar entre ellas, dependiendo las respuestas únicamente de los gustos individuales de los jueces no entrenados.



Gráfica 4.28. Resultados de la evaluación sensorial de olor en mermeladas de ciruela negra

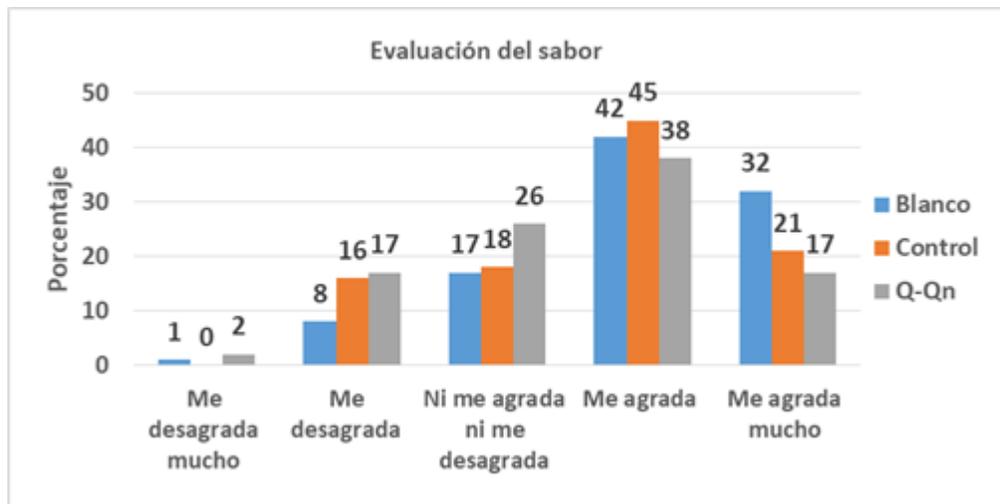
Con respecto del atributo de textura (Gráfica 4.29) , la respuesta más frecuente fue la de “Me agrada” para las tres mermeladas, con 48, 51 y 42 % para el Blanco, Control y Q-Qn respectivamente, estos datos indican que no hubo diferencias significativas en el atributo de textura de las mermeladas, lo cual, puede deberse a que en la elaboración de cada una de las mermeladas se hizo un ajuste de los °Brix finales de la mermelada, así como de la cantidad de pectina de alto metoxilo adicionada para que todas tuvieran el mismo porcentaje final (1%), con la finalidad de cumplir con la normatividad, la cual limita el contenido de pectina a un máximo de 4.5%. Los grados Brix finales de las mermeladas fueron los siguientes: 65.3, 64.4 y 62 °Brix para el Blanco, el Control y Q-Qn respectivamente. Se atribuye la igualdad de la viscosidad en las mermeladas al hecho de que fueron elaboradas con ciruelas negras almacenadas durante el mismo tiempo y a la misma temperatura (4°C durante 5 días), por lo que el proceso de maduración debió ser parecido entre todas las ciruelas empleadas y estas debían tener cantidades similares de pectinas en su estructura las cuales tiene una función espesante en el producto.



Gráfica 4.29. Resultados de la evaluación sensorial de textura en mermeladas de ciruela negra

Los resultados de la evaluación sensorial indicaron que el sabor de las mermeladas y su nivel de aceptación fue el mismo para las tres mermeladas elaboradas a partir de ciruelas negras con tres tratamientos distintos, los cuales son “Blanco”, “Control” y Q-Qn; por lo que el tipo de recubrimiento no influyó en el perfil sensorial del producto terminado.

Para las tres mermeladas la respuesta más frecuente para el atributo de sabor fue “Me agrada” (Gráfica 4.30) con un porcentaje de 42% para la mermelada “Blanco”, 45% para la “Control” y 38% para “Q-Qn”. De acuerdo con la gráfica antes mencionada vemos que los porcentajes mayores son para las respuestas de “Me agrada” y “Me agrada mucho” lo cual nos indica que las tres mermeladas obtuvieron buenos niveles de agrado independientemente del tipo de tratamiento de los frutos empleados en su elaboración.

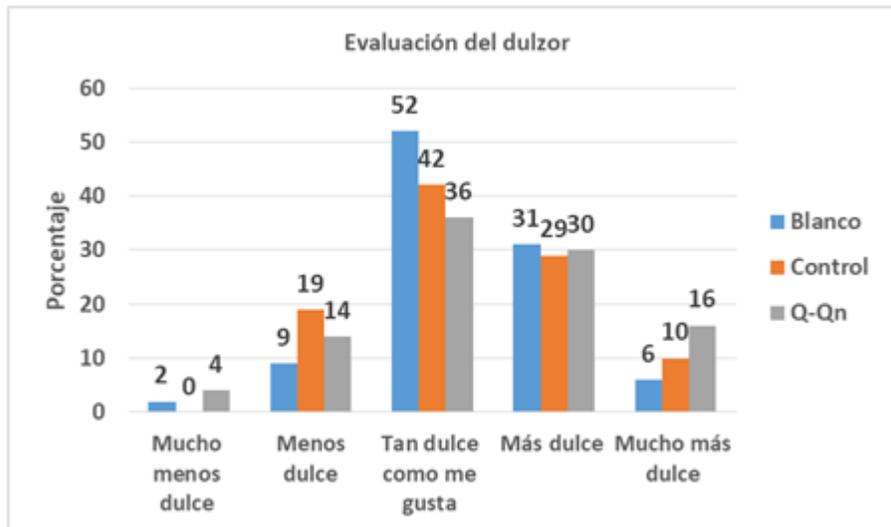


Gráfica 4.30. Resultados de la evaluación sensorial de sabor en mermeladas de ciruela negra

El atributo de dulzor (Gráfica 4.31) fue el único que se investigó con una escala que indicaba la intensidad del atributo y no sólo el nivel de aceptación de este. La respuesta para la intensidad de dulzor con mayor puntuación fue “Es tan dulce como me gusta” para las tres mermeladas, seguida de la respuesta “Es más dulce de lo que me gusta”.

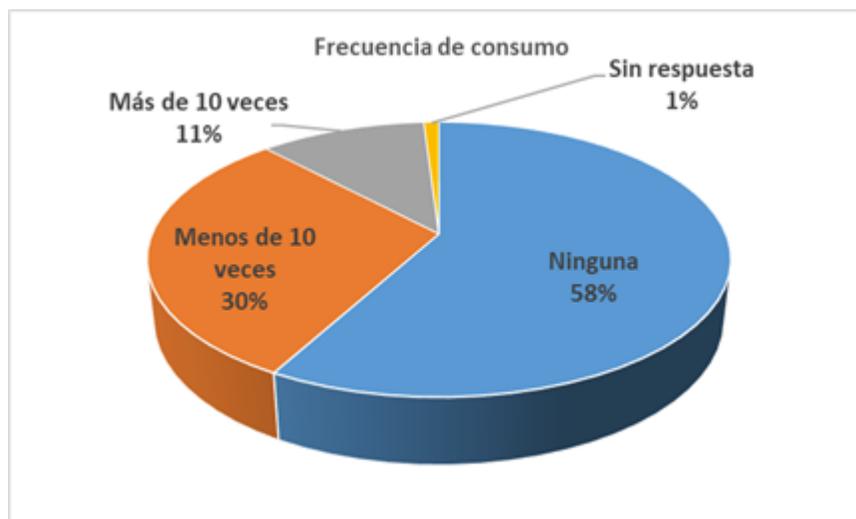
Los resultados arrojaron que no hubo diferencia significativa en la intensidad de dulzor entre las muestras, ya que para las tres mermeladas el porcentaje de cada una de las respuestas fue similar entre ellas.

El hecho de que la segunda respuesta más obtenida fue la de “Es más dulce de lo que me gusta” probablemente se debió a que el sabor de la ciruela en las mermeladas fue muy ligero y en los tres casos resaltaba el dulzor en comparación con el sabor.



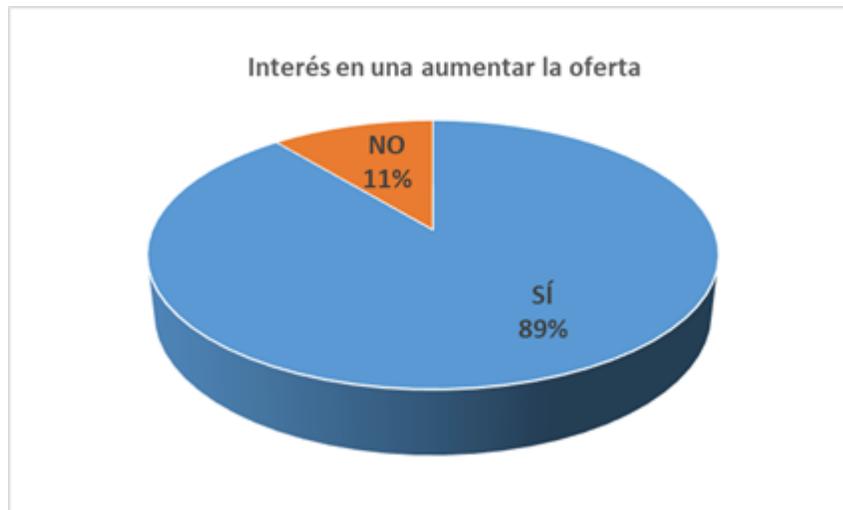
Gráfica 4.31. Resultados de la intensidad de dulzor en mermeladas de ciruela negra

Con respecto de la frecuencia de consumo, se tiene que las mermeladas de ciruela negra no son consumidas de manera muy común, como lo muestra la Gráfica 4.32. El 58% de los jueces no había consumido mermeladas de este fruto previamente, el 30% lo había hecho menos de 10 veces y sólo el 11% respondió que su consumo había sido mayor a 10 veces.



Gráfica 4.32. Número de veces de consumo de mermelada de ciruela negra

El 89 % de los jueces dijo estar interesado en que exista un aumento en la oferta de mermeladas elaboradas con ciruela negra, mientras que el 11% comentó no estarlo (Gráfica 33).



Gráfica 4.33. Resultados sobre interés en el aumento de la oferta de mermeladas de ciruela negra

Finalmente, a continuación se presentan las conclusiones derivadas de esta investigación.

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Se logró el objetivo general del proyecto, el cual fue obtener un recubrimiento o película del biopolímero quitina-quitosana a partir de residuos de cefalotórax de camarón y jaiba que pudiera ser aplicado sobre ciruelas negras con el fin de determinar un efecto conservador en este tipo de frutos.

La proporción idónea en la mezcla de las harinas de camarón y jaiba fue de 50:50(m/m), la cual fue mezclada con el disolvente MAC-141© en relación 1:30(m/m), respectivamente, debido a que esta composición dio al recubrimiento una textura adecuada para ser aplicado sobre las ciruelas negras.

Fue posible realizar el análisis fisicoquímico y sensorial en tres lotes de ciruelas negras con diferentes tratamientos (Blanco, Control y Q-Qn) los cuales fueron almacenados a 4°C, temperatura ambiente y 35°C. Los resultados mostraron que las ciruelas negras con el recubrimiento bajo estudio de Q-Qn obtenido de cefalotórax de camarón y jaiba no tuvieron diferencias estadísticamente significativas en comparación con los otros tratamientos. Sin embargo, hubo parámetros en los que presentaron diferencias notorias, por ejemplo las ciruelas con Q-Qn presentaron mayores pérdidas de humedad, lo cual coincidió con el hecho de que los grados Brix también fueron ligeramente más altos, así como una mayor rugosidad de la piel debida a que la pérdida de agua hacía más pequeño al fruto. Con los resultados de las pruebas fisicoquímicas se puede concluir que no hubo un aumento en la vida de anaquel de las ciruelas negras con ninguno de los tratamientos, sino que el periodo de conservación se vio afectado principalmente por el tiempo y la temperatura de almacenamiento.

El resultado de la evaluación visual para detectar si existió efecto microbiológico inhibitor por parte del tratamiento con Q-Qn indicó que no lo hubo, dado que el desarrollo de hongos filamentosos ocurrió en los tres tratamientos por igual.

Con respecto del perfil sensorial y el grado de aceptación para cada una de las mermeladas elaboradas con ciruelas negras provenientes de cada uno de los lotes, “Blanco”, Control” y “Q-Qn” los atributos sensoriales evaluados fueron calificados como iguales, por lo que es posible concluir que la aplicación de los recubrimientos no intervino con el sabor de las

mermeladas, ya que atributos como la acidez, la intensidad de dulzor y la textura fueron ajustados durante la elaboración del producto.

5.2. RECOMENDACIONES

- Es recomendable profundizar en la investigación acerca de la concentración del polímero quitina-quitosana que se logra extraer mediante la metodología empleada con el disolvente MAC-141 ® y las materias primas utilizadas con la finalidad de conocer si se encuentran en la cantidad necesaria para tener un efecto sobre la maduración o en la inhibición de hongos y levaduras.
- En análisis posteriores se recomienda que los frutos almacenados bajo las mismas condiciones de temperatura tengan una barrera física entre lotes con diferentes recubrimientos, esto con la finalidad de evitar una contaminación cruzada, ya que en el presente estudio los frutos de los tres tratamientos se encontraban muy cerca y la pronta contaminación de un lote rápidamente se podía propagar sobre los otros dos no permitiendo una clara diferenciación del efecto de los tratamientos.

ANEXO A

DESCRIPCIÓN COMPLETA DE LAS METODOLOGÍAS REALIZADAS EN ESTA INVESTIGACIÓN

A.1. DETERMINACIÓN DE pH

La determinación de pH se realizó según lo establecido en la *NMX-F-317-S-1978. Determinación de pH en alimentos. Determination of pH in foods. Normas Mexicanas. Dirección General de Normas.*

Fundamento

Esta técnica tiene como fundamento la medición electrométrica de la actividad de los iones hidrógeno presentes en una muestra del producto mediante un aparato medidor de pH (potenciómetro). Consiste en dos pasos, el primero de ellos es la calibración del potenciómetro y el segundo es la medición del pH de la muestra.

Reactivos

Los reactivos que a continuación se mencionan deben ser grado analítico, cuando se indique agua, se debe entender agua destilada libre de CO₂.

- a) Solución reguladora de pH 4
- b) Solución reguladora de pH 7
- c) Solución reguladora de pH 10

Paso 1. Calibración del potenciómetro

Procedimiento de calibración del potenciómetro marca ORION, modelo 720a.

- Conectar el potenciómetro y esperar a que aparezca la pantalla de medida del pH.
- Presionar “CALIBRATE” y colocar el número “3” que se refiere al número de buffers que serán empleados para la calibración.
- Introducir el electrodo del potenciómetro en el “buffer de pH 4” y esperar a que la leyenda “RDY” (ready) aparezca en la parte inferior derecha de la pantalla del potenciómetro y oprimir “YES”.
- Retirar el electrodo y enjuagarlo con agua destilada y limpiarlo con un pañuelo desechable Kleenex®.
- Repetir para los buffers siguientes, de pH 7 y de pH 9

Paso 2. Determinación del valor de pH de la muestra

- Se pesan 10g de muestra y se licuan con 100mL de agua destilada, posteriormente se filtra y el filtrado se recolecta en un matraz Erlenmeyer, se introduce el electrodo y se determina el pH hasta que el potenciómetro indique “RDY”.
- Se extrae el electrodo del seno de la muestra para ser enjuagado con agua destilada y se seca con pañuelo desechable Kleenex®.

Expresión de resultados y reproducibilidad.

El valor del pH de la muestra se lee directamente en la escala del potenciómetro. La diferencia máxima permisible en el resultado de pruebas efectuadas por duplicado, no debe exceder de 0.1 unidades de pH, en caso contrario se debe repetir la determinación.



Figura A1.1. Determinación de pH

A.2. DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE ACIDEZ (%ATT)

Se realizó según el método descrito en la *NMX-FF-011-1982 Productos alimenticios no industrializados, para uso humano. Fruta fresca. Determinación de acidez titulable. Método de titulación* (DOF, 1982d).

Fundamento

Este método se basa en la neutralización de los H⁺ con solución valorada de hidróxido de sodio (NaOH), en presencia de una sustancia indicadora (Fenolftaleína).

Reactivos

- Solución valorada de hidróxido de sodio (NaOH) 0.1 N
- Solución de fenolftaleína al 1%, en etanol al 80%

Preparación de la muestra:

- Lavar y secar la muestra.
- Pesar 10g de la muestra y licuarlos con 100mL de agua destilada durante 1 minuto.
- Filtrar la muestra con ayuda de manta de cielo y un embudo de filtración rápida en un matraz kitasato de 250mL.
- Debido a que el filtrado de las ciruelas presenta un color rosáceo el vire del indicador (fenolftaleína) no puede ser detectado, así que se toma un alícuota de 5ml del filtrado y se llevan a aforo de 100mL con agua destilada, con la finalidad de que se pueda observar el vire del indicador.
- Agregar al filtrado 2 o 3 gotas de fenolftaleína.
- Adicionar con una bureta de 25 o 50mL paulatinamente la solución de NaOH 0.1N hasta obtener un color ligeramente rosado, que debe permanecer cerca de 30 segundos.
- Registrar el volumen gastado de NaOH 0.1N.
- Realizar la determinación por triplicado.

Ejemplo de cálculo:

%ac. málico = (mL NaOH) (0.1mol NaOH/1000mL) (1mol ac. málico/2mol NaOH) (134.0874g ac. málico) (100mL/5mL alícuota) (100/g muestra)

$$\% \text{ ac. málico} = \text{mL NaOH} \left(\frac{0.1 \text{ mol NaOH}}{1000 \text{ mL}} \right) \left(\frac{1 \text{ mol ac. málico}}{2 \text{ mol NaOH}} \right) \left(\frac{134.0874 \text{ g ac. málico}}{1 \text{ mol ac. málico}} \right) \left(\frac{100 \text{ mL}}{5 \text{ mL alícuota}} \right) \left(\frac{100}{\text{g muestra}} \right)$$

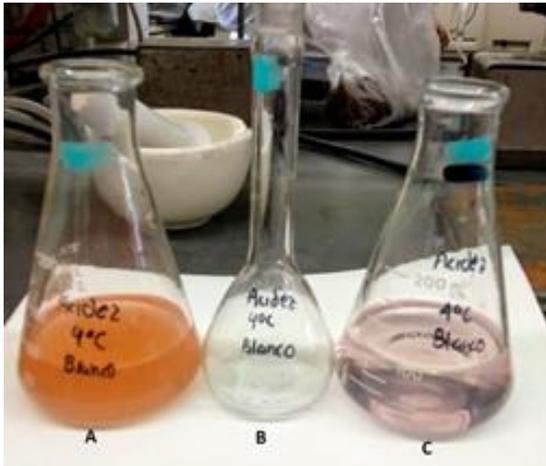


Figura A2.1. (de izq. a der.) Muestra sin diluir, matraz aforado de 100mL y muestra dilución 5:100

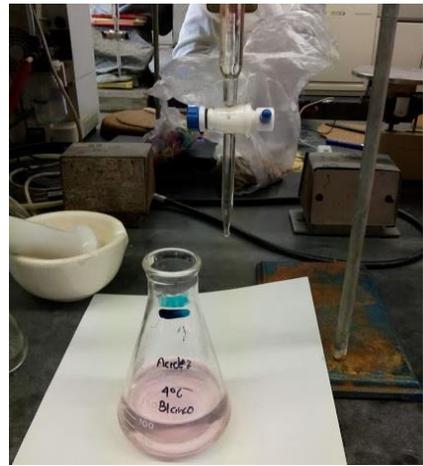


Figura A2.2. Determinación de acidez de una muestra de ciruela (Blanco) almacenada a 4°C

A3. DETERMINACIÓN DE VITAMINA C (mg/100g de pulpa)

La técnica volumétrica modificada de la metodología descrita en el método 967.21 de la AOAC (2005) se describe a continuación:

Paso 1. Preparación y valoración de disoluciones

a) Solución de ácido acético al 5%

Tomar una alícuota de 5mL de ácido acético glacial concentrado y llevarla con agua destilada a un volumen final de 100mL utilizando un matraz aforado.

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

Se debe pesar aproximadamente 0.1g de ácido ascórbico en balanza analítica y disolver con un poco de ácido acético al 5%, transferir a un matraz volumétrico de 100mL y llevar al aforo con la solución de ácido acético al 5%. Cubrir el matraz con papel aluminio para proteger de la luz y evitar la degradación del ácido ascórbico.

c) Solución de 2,6-Diclorofenolindofenol

Para preparar 1L de solución seguir los siguientes pasos:

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

d) Valoración de la solución de 2,6-DI

Para la valoración se debe trabajar de la siguiente manera:

- En un matraz Erlenmeyer de 250mL agregar 1mL de la solución patrón de ácido ascórbico, agregar posteriormente 9mL de la solución de ácido acético al 5% y valorar con la solución de 2,6-DI previamente preparado, el vire se indica cuando el color rosado permanezca durante 10 segundos.
- Se reporta la cantidad gastada como el volumen necesario de 2,6-DI para oxidar un miligramo de ácido ascórbico.

Ejemplo de cálculo de la valoración de 2,6-DI:

Se pesaron 0.1047g ácido ascórbico (99% pureza) para 100mL de solución patrón:

$$\left(\frac{0.1047\text{g vit C}}{100\text{mL soln.}}\right) \left(\frac{99\text{g vit.C puro}}{100\text{g vit.C}}\right) \left(\frac{1000\text{mg}}{1\text{g}}\right) = 1.0365\text{mg vit C/mL. soln. patrón}$$

Para 1mL de alícuota de solución patrón se gastaron 26.5mL de 2,6-DI:

$$\frac{26.5\text{mL } 2,6 - \text{DI gastados}}{1.0365\text{mg vit. C}} = 25.6 \text{ mL } 2,6 - \text{DI} / \text{mg vit. C}$$

Paso 2. Determinación de vitamina C en la muestra

Para la determinación de la vitamina C en las ciruelas negras objeto de este estudio se siguió la siguiente metodología:

- Triturar con ayuda de un mortero, la pulpa de dos ciruelas.
- Pesar en balanza analítica entre 0.5 y 1.0g de pulpa de ciruela negra.
- Transferir cuantitativamente la pulpa a un vaso de precipitados y agregar 50mL de ácido acético al 5%, agitar suavemente para lograr la extracción de la vitamina C.
- Transferir el ácido acético con la pulpa a un matraz aforado de 100mL y llevar al aforo con agua destilada, homogeneizar y esperar a que sedimente la materia insoluble y filtrar con manta de cielo.
- Tomar con una pipeta volumétrica 3 alícuotas (de 10mL cada una) y transferirla a un matraz Erlenmeyer de 125mL.
- Titular inmediatamente con la disolución de 2,6-Diclorofenolindofenol hasta que persista el color rosado por lo menos 10 segundos (Figuras A3.1 y A3.2).

Ejemplo de cálculo para la determinación de vitamina C:

$$\left(\frac{0.3\text{mL } 2,6 \text{ DI}}{0.8611\text{g muestra}}\right) \left(\frac{1\text{mg vit. C}}{25.6\text{mL } 2,6 - \text{DI}}\right) \left(\frac{100\text{mL soln.}}{10\text{mL alícuota}}\right) (100) = \frac{13.61\text{mg vit. C}}{100\text{g pulpa}}$$



Figura A3.1. Solución patrón de Vitamina C protegida de la luz

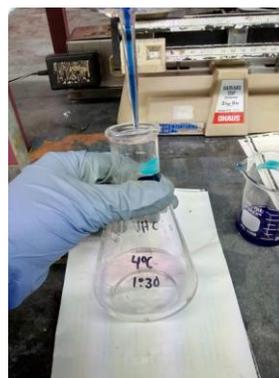


Figura A3.2. Determinación de Vitamina C con 2,6-Diclorofenol-Indofenol

A.4. DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES (grados Brix)

La determinación de sólidos solubles totales, también conocidos como °Brix se realizó según el método descrito en la *NMX-F-103-1982. Alimentos. Frutas y derivados. Determinación de grados Brix. Foods. Fruits and derivatives. Determination of degrees Brix. Normas Mexicanas. Dirección General de Normas (DOF, 1982a).*

La norma citada define los Grados Brix como el porciento de sólidos solubles disueltos en un producto derivado de las frutas o de un líquido azucarado.

Fundamento

Este método se basa en el cambio de dirección que sufren los rayos luminosos en el límite de separación de dos medios en los cuales es distinta la velocidad de propagación

Procedimiento

Se utilizó un refractómetro manual de la marca ATAGO modelo CVQ-4012, para la lectura se trituran alrededor de 10g de pulpa con ayuda de un mortero y su pistilo, una vez que se obtiene el jugo, este se lleva a una temperatura de 20°C (temperatura recomendada por las especificaciones del fabricante) y se colocan unas gotas del jugo sobre el prisma, se cubre con la tapa difusora y se toma la lectura bajo una fuente de luz que puede ser natural o artificial (Figuras A4.1 y A4.2).



Figura A4.1. Especificaciones Refractómetro marca ATAGO ® modelo CVQ-4012



Figura A4.2. Determinación de grados Brix

A.5. DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD

La determinación de humedad se realizó conforme a lo descrito en la *NMX-F-428-1982. Alimentos. Determinación de humedad (método rápido de la termobalanza). Foods. Determination of moisture (thermobalance rapid method). Normas Mexicanas. Dirección General de Normas.*

Fundamento

La humedad es tomada como la pérdida de masa al secado, usando un instrumento de humedad, el cual emplea una balanza de torsión sensible para pasar la muestra y una lámpara infrarroja para secar.

En este caso se empleó una termobalanza marca OHAUS, modelo MB200 en la cual se pesan entre 2.0 y 3.0g de fruta finamente rebanada en pequeñas y delgadas láminas (para aumentar la superficie de contacto y facilitar la evaporación del agua contenida), se distribuyen las láminas de manera homogénea en la charola y se programa a una temperatura de 100°C durante 20 minutos, el término de la determinación lo indica el equipo al emitir un sonido cuando detecta que no hay más variación en la masa de la muestra y se reporta el % de humedad (Figura A5.1).



Figura A5.1. Determinación de humedad en termobalanza

A.6. DETERMINACIÓN DE COLOR INTERNO Y EXTERNO EN CIRUELAS NEGRAS

Esta determinación se realizó de manera cualitativa comparando el color de la fruta (piel y pulpa) contra una escala de color Pantone®. La prueba se llevó a cabo colocando el fruto sobre una hoja blanca de papel y bajo una fuente de luz intensa, y buscando en la escala del Pantone® aquel color que fuera igual al de la muestra, para el caso del color de la pulpa, el fruto era cortado en cuatro partes iguales y en caso de presentar varios colores se anotaba el porcentaje aproximado en el que cada uno se podía observar (ver Figuras A6.1 y A6.2).



Figura A6.1. Determinación de color externo con Pantone®



Figura A6.2. Determinación de color interno con Pantone®

A.7. DETERMINACIÓN DE FIRMEZA DEL FRUTO Y RUGOSIDAD DE LA PIEL

La determinación de la firmeza del fruto y la rugosidad de la piel fue mediante un método cualitativo, en el cual por medio del tacto y la vista se determinó el nivel de firmeza y rugosidad respectivamente, para ambas pruebas se asignó una escala de tres puntos para cada uno de los atributos, donde 1=muy poco firme/rugoso, 2=medianamente firme/rugoso y 3=muy firme/rugoso (Figuras A7.1 y A7.2).



Figura A7.1. Determinación táctil de firmeza en ciruelas negras

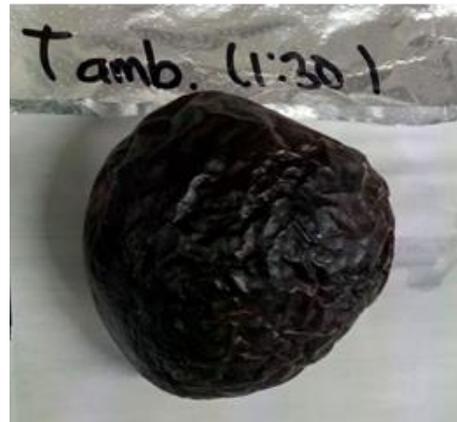


Figura A7.2. Determinación de rugosidad en ciruelas negras (rugosidad=3)

A.8. ELABORACIÓN DE MERMELADAS DE CIRUELA NEGRA

El proceso de elaboración de las mermeladas de ciruela negra se hizo con base en las especificaciones que se indican en la NMX-F-131-1982 (DOF, 1982). *Alimentos para humanos. Frutas y derivados. Mermelada de fresa* y en la NOM-130-SSA1-1995, *Bienes y servicios. Alimentos envasados en recipientes de cierre hermético y sometidos a tratamiento térmico* (DOF, 1995). En las especificaciones que marca la NMX-F-131-1982 se encuentra que una mermelada debe tener como mínimo 64°Brix, para lo cual es necesario hacer el ajuste de sólidos solubles totales con azúcar, además de que debe contener un mínimo de 40% de la fruta en cuestión (ver Diagrama 2). A continuación se muestran los cálculos realizados para la elaboración de la mermelada de ciruela negra a partir del lote “Blanco”:

Cantidad total de fruta (sin hueso): 530.13g

Ciruela cortada en cubos (70%): 371.09g

Ciruela molida (30%): 159.04g

La mermelada en cuestión contenía 60% de fruta, por lo que la cantidad de azúcar añadida fue la siguiente:

$$\frac{530.13g \text{ fruta}}{60\%} (40\%) = 353.33g \text{ azúcar añadida}$$

353.33g azúcar + 530.13g fruta = 883.33g totales de mermelada a preparar

Ajuste de acidez: se puede agregar máximo 0.2% m de ácidos orgánicos, la ciruela contenía 0.57% de acidez

Cálculo del % de acidez que aportarían los 530.13g de ciruela:

$$530g \text{ fruta} \left(\frac{0.57g \text{ ácido}}{100g \text{ fruta}} \right) \left(\frac{100}{883.33g \text{ mermelada}} \right) = 0.34\% \text{ acidez final en mermelada}$$

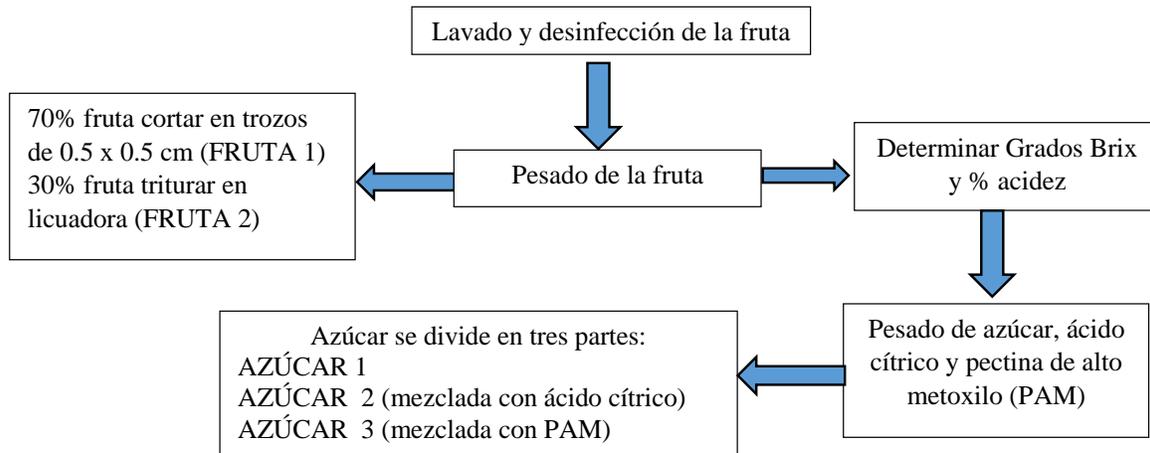
Debido a que el cálculo de acidez final era elevado se decidió no incorporar otro ácido orgánico.

Ajuste de pectina de alto metoxilo: se puede agregar máximo 4.5% en base seca al producto terminado, en este caso se agregó 1%.

Cálculo de la cantidad de pectina agregada:

883.33g mermelada (0.01) = 8.33g pectina de alto metoxilo agregados

Elaboración de mermelada (parte 1)



Elaboración de mermelada (parte 2)

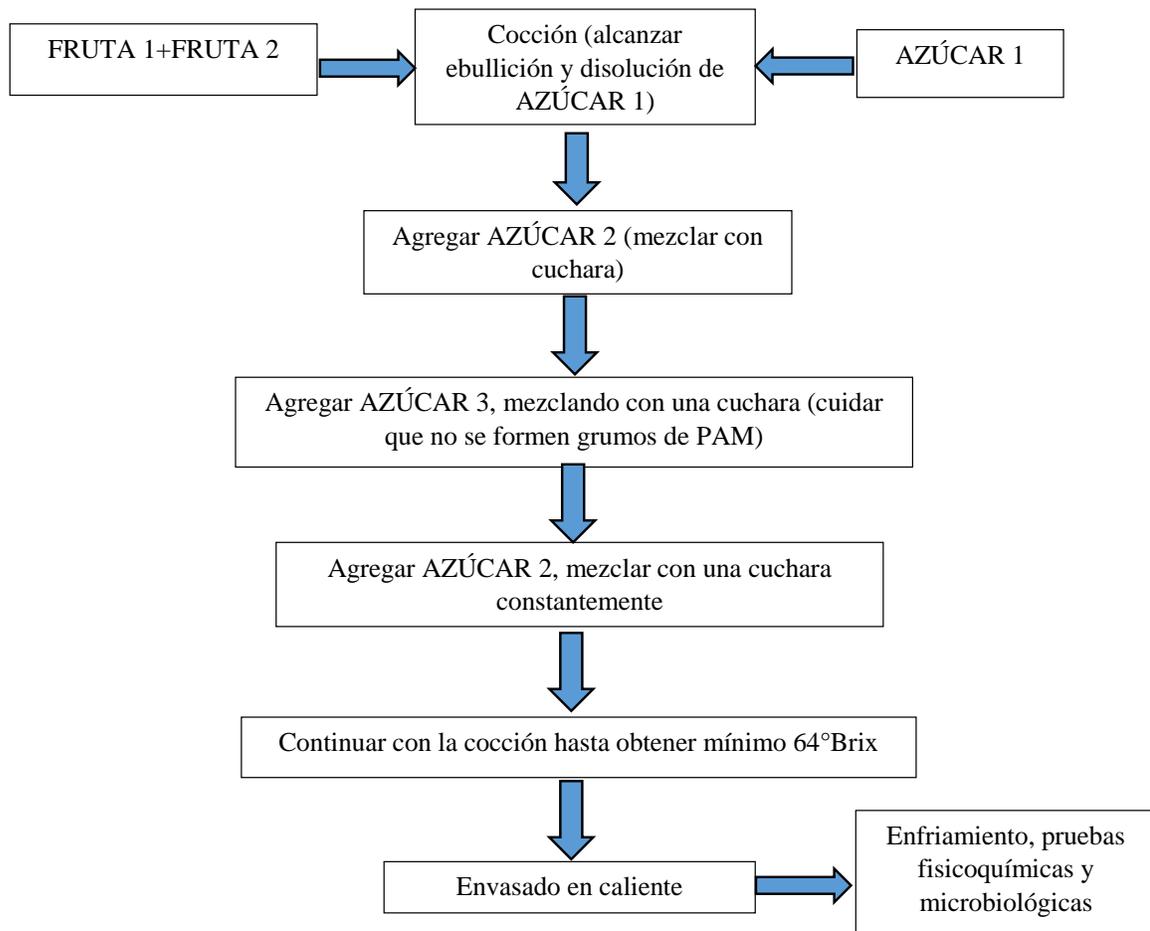


Diagrama 2. Diagrama de flujo para elaborar mermelada de ciruela negra

A.9. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE MERMELADAS DE CIRUELA NEGRA

A.9.1. Preparación y dilución de las muestras de mermeladas de ciruela negra

La preparación de muestras se realizó conforme la NOM-110-SSA1-1994 (DOF, 1994c). Se pesan 10g de mermelada en condiciones de asepsia y en bolsas de plástico estériles (tipo Ziploc®), posteriormente se agregan 90mL de solución isotónica previamente esterilizada a 121°C, durante 15 minutos. Se homogeneiza la muestra con la solución diluyente (dilución 10^{-1}), posteriormente se toma 1mL de la dilución 10^{-1} y se diluye con otros 9.0mL de solución isotónica estéril, consiguiendo así una dilución 10^{-2} , continuar de la misma manera hasta preparar las diluciones 10^{-3} y 10^{-4} (ver Figura A9.1)



Figura A9.1. Dilución 10^{-1} de mermeladas de ciruela negra

A.9.2. Determinación de hongos y levaduras

La determinación de hongos y levaduras se realizó conforme a la metodología descrita en la NMX-F-255-1978 (DOF, 1978b)

El medio de cultivo empleado fue Agar Papa Dextrosa (PDA, por sus siglas en inglés) marca DIBICO®

Preparación del medio de cultivo (instrucciones del fabricante):

Disolver 39g del medio deshidratado en 1L de agua destilada y calentar a ebullición hasta que se disuelva por completo. Esterilizar en autoclave por 15 minutos a $121 \pm 1^\circ\text{C}$ (Figura A9.2). Enfriar a $45\text{-}48^\circ\text{C}$ antes de verter sobre las cajas Petri con muestra. Con la finalidad de inhibir

el desarrollo de bacterias se acidifica el medio hasta un pH 3.5 con una disolución estéril de ácido tartárico al 10% (aproximadamente 1.4mL de solución al 10% por cada 100mL de medio). Trabajar con la muestra en diluciones 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} y 10^{-4} .



Figura A9.2. Esterilización de medios de cultivo en autoclave.

Procedimiento

- 1) De cada dilución colocar 1mL por duplicado en cajas Petri y agregar 12 a 15mL de agar papa-dextrosa acidificado, fundido y mantenido a 45°-48°C.
- 2) Homogeneizar y dejar solidificar. Incubar la serie de placas a 35°C durante 48 horas.
- 3) Contar las colonias formadas y reportar el resultado como UFC/g.

A.9.3. Determinación de coliformes totales

La determinación de coliformes totales se realizó conforme a la metodología descrita en la *NOM-113-SSA1-1994* (DOF, 1994a)

El medio de cultivo empleado fue VRBG (Agar Bilis Rojo Violeta Glucosa) marca Sigma-Aldrich®.

Preparación del medio de cultivo (instrucciones del fabricante):

Suspender 39.5g del medio deshidratado en 1L de agua destilada y llevar a ebullición hasta disolver por completo el polvo. Esterilizar mediante ebullición y agitación constante durante 1 minuto (NO UTILIZAR AUTOCLAVE). Mantener el medio a una temperatura de $45\pm 1^{\circ}\text{C}$ antes de verterlo sobre las cajas Petri con muestra.

Procedimiento

- 1) Colocar en cajas Petri por duplicado 1mL de cada dilución, utilizando para tal propósito una pipeta estéril.

- 2) Verter de 15 a 20mL del medio RVBA fundido y mantenido a $45 \pm 1,0^{\circ}\text{C}$ en baño de agua. En el caso de utilizar cajas de Petri de plástico se vierte de 10 a 15mL del medio. El tiempo transcurrido entre la preparación de la dilución y el momento en que se vierte el medio de cultivo, no debe exceder de 20 minutos.
- 3) Mezclar cuidadosamente el inóculo con el medio con seis movimientos de derecha a izquierda, seis movimientos en el sentido de las manecillas del reloj, seis movimientos en el sentido contrario al de las manecillas del reloj y seis de atrás para adelante, sobre una superficie lisa y nivelada. Permitir que la mezcla solidifique dejando las cajas Petri reposar sobre una superficie horizontal fría.
- 4) Preparar una caja control con 15mL de medio para verificar la esterilidad.
- 5) Después de que está el medio completamente solidificado en la caja, verter aproximadamente 4 ml del medio RVBA a $45\pm 1.0^{\circ}\text{C}$ en la superficie del medio inoculado. Dejar que solidifique.
- 6) Invertir las placas y colocarlas en la incubadora a 35°C , durante 24 ± 2 horas.
- 7) Después del periodo especificado para la incubación, contar las colonias con el contador de colonias.
- 8) Seleccionar las placas que contengan entre 15 y 150 colonias. Las colonias típicas son de color rojo oscuro, generalmente se encuentran rodeadas de un halo de precipitación debido a las sales biliares, el cual es de color rojo claro o rosa, la morfología colonial es semejante a lentes biconvexos con un diámetro de 0.5 a 2.0mm.
- 9) Informar: UFC/g o mL en placa de agar rojo violeta bilis, incubados a 35°C durante 24 ± 2 h. En caso de emplear diluciones y no observar crecimiento, informar utilizando como referencia la dilución más baja utilizada, por ejemplo dilución⁻¹.

A.9.4. Determinación de mesófilos aerobios

La determinación de bacterias mesófilas aerobias se realizó de acuerdo al procedimiento citado en la *NOM-092-SSA1-1994* (DOF, 1994b).

El medio de cultivo empleado fue Agar de Triptona-extracto de levadura marca Sigma-Aldrich®.

Preparación del medio de cultivo (instrucciones del fabricante):

Disolver 21g de medio deshidratado en 1L de agua destilada. Hervir hasta total disolución y esterilizar en autoclave a $121\pm 1^\circ\text{C}$, durante 15 minutos. El pH final del medio deber ser $7,0 \pm 0,2$ a 25°C . Si el medio de cultivo es utilizado inmediatamente, enfriar a $45^\circ\text{C} \pm 1,0^\circ\text{C}$ en baño de agua y mantenerlo a esta temperatura hasta antes de su uso. El medio no debe de fundirse más de una vez.

Procedimiento

- 1) Distribuir las cajas estériles en la mesa de trabajo de manera que la inoculación; la adición de medio de cultivo y homogenización, se puedan realizar cómoda y libremente. Marcar las cajas en sus tapas con los datos pertinentes previamente a su inoculación y correr por duplicado.
- 2) Inocular 1.0mL de cada una de las diluciones en cajas Petri, agregar de 12 a 15mL del medio preparado, mezclarlo mediante 6 movimientos de derecha a izquierda, 6 en el sentido de las manecillas del reloj, 6 en sentido contrario y 6 de atrás a adelante, sobre una superficie lisa y horizontal hasta lograr una completa incorporación del inóculo en el medio; cuidar que el medio no moje la cubierta de las cajas. Dejar solidificar.
- 3) Incluir una caja sin inóculo por cada lote de medio y diluyente preparado como testigo de esterilidad. El tiempo transcurrido desde el momento en que la muestra se incorpora al diluyente hasta que finalmente se adiciona el medio de cultivo a las cajas, no debe exceder de 20 minutos.
- 4) Incubar las cajas en posición invertida (la tapa hacia abajo) por el tiempo y la temperatura que se requieran, según el tipo de alimento y microorganismo de que se trate, en este caso $35\pm 2^\circ\text{C}$, 45 ± 2 h
- 5) En la lectura seleccionar aquellas placas donde aparezcan entre 25 a 250 UFC, para disminuir el error en la cuenta.
- 6) Contar todas las colonias desarrolladas en las placas seleccionadas (excepto las de mohos y levaduras), incluyendo las colonias puntiformes. Hacer uso del microscopio para resolver los casos en los que no se pueden distinguir las colonias de las pequeñas partículas de alimento.
- 7) Reportar como: Unidades formadoras de colonias, __ UFC/g o mL de bacterias aerobias en placa en agar triptona extracto de levadura.

ANEXO B

Cuestionario para evaluación sensorial de mermeladas de ciruela negra

Edad:

Sexo: F M

Frente a ti se presentan tres muestras codificadas de mermelada de ciruela y agua para enjuagar tu boca antes de probar cada una de ellas. Antes de degustar por favor contesta las preguntas 1 y 2.

1. **Sin degustar** las muestras evalúa el **color**, utiliza la escala para describir tu opinión en cada una de ellas.

Escala	783	429	961
Me desagrada mucho			
Me desagrada			
Ni me agrada ni me desagrada			
Me agrada			
Me agrada mucho			

2. **Sin degustar** las muestras evalúa el **olor**, utiliza la escala para describir tu opinión en cada una de ellas

Escala	783	429	961
Me desagrada mucho			
Me desagrada			
Ni me agrada ni me desagrada			
Me agrada			
Me agrada mucho			

Ahora prueba las muestras de izquierda a derecha (enjuaga antes de cada una) y contesta las preguntas 3 a la 5

3. Evalúa la **textura** de las muestras, utiliza la escala para describir tu opinión en cada una de ellas

Escala	783	429	961
Me desagrada mucho			
Me desagrada			
Ni me agrada ni me desagrada			
Me agrada			
Me agrada mucho			

4. Evalúa el **sabor** de las muestras, utiliza la escala para describir tu opinión en cada una de ellas.

Escala	783	429	961
Me desagrada mucho			
Me desagrada			
Ni me agrada ni me desagrada			
Me agrada			
Me agrada mucho			

5. Evalúa el **dulzor** de las muestras, utiliza la escala para describir tu opinión en cada una de ellas.

Escala	783	429	961
Es mucho menos dulce de lo que me gusta			

Es menos dulce de lo que me gusta			
Es tan dulce como me gusta			
Es más dulce de lo que me gusta			
Es mucho más dulce de lo que me gusta			

6. Anteriormente ¿Cuántas veces habías consumido mermelada de ciruela? _____

7. ¿Estarías interesado en que salieran a la venta más mermeladas de ciruela? SÍ NO

ANEXO C

ANEXO DE TABLAS DE DATOS¹

Tabla 4.5. Valores promedios de las determinaciones de pH en ciruelas negras con diferentes recubrimientos almacenadas a 4°C, temperatura ambiente y 35°C

Temperatura de almacenamiento	Día de almacenamiento	Blanco	Control	Q-Qn
4°C	2	3.851	3.870	3.735
	7	3.968	3.914	3.760
	10	3.955	3.790	3.809
	14	4.049	4.127	3.968
	16	4.004	4.259	4.098
	20	4.198	3.950	4.066
T. ambiente	1	4.085	4.063	4.066
	3	4.051	4.055	3.873
	6	4.042	4.017	4.149
	9	4.285	4.177	4.093
	13	4.770	4.381	4.116
35°C	1	4.089	4.068	4.062
	2	3.736	3.842	3.798
	5	4.114	4.478	4.541
	8	4.711	4.508	4.563

Tabla 4.5a. Análisis de varianza (andeva) multifactorial para la determinación de pH en ciruelas negras con diferentes recubrimientos almacenados a 4°C, temperatura ambiente y 35°C

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Temperatura	0.00434033	2	0.00217017	0.12	0.8854
B:Tratamiento	0.202794	2	0.101397	5.69	0.0041
C:Tiempo	6.78289	12	0.565241	31.72	0.0000
RESIDUOS	2.90471	163	0.0178203		
TOTAL (CORREGIDO)	11.8967	179			

El andeva descompone la variabilidad de pH en contribuciones debidas a varios factores. Puesto que se ha escogido la suma de cuadrados Tipo III (por omisión), la contribución de cada factor se mide eliminando los efectos de los demás factores. Los valores-P prueban la significancia estadística de cada uno de los factores. Puesto que 2 valores-P son menores que 0.05, estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre pH con un 95.0% de nivel de confianza.

Tabla 4.5b. Prueba de rangos múltiples (95% Duncan) para pH a 4°C por tratamiento (análisis multifactorial)

Tratamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos homogéneos
Q-Qn	60	4.06728	0.0181068	X
Control	60	4.12085	0.0181068	X
Blanco	60	4.14808	0.0181068	X

Se han identificado 2 grupos homogéneos según la alineación de las X en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de comparación múltiple de Duncan.

¹ En la tabla de nomenclatura al inicio de la tesis se encuentran las definiciones de las siglas; Q-Qn, Gl, LS, etc.

Con este método hay un riesgo del 5.0% al decir que uno o más pares son significativamente diferentes, cuando la diferencia real es igual a 0.

Tabla 4.5c. Análisis de varianza (andeva) simple para pH a 4°C por tratamiento

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.130512	2	0.0652558	2.66	0.0775
Intra grupos	1.69583	69	0.0245773		
Total (Corr.)	1.82634	71			

El andeva descompone la varianza de pH a 4°C en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 2.65513, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de pH a 4°C entre un nivel de tratamiento y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla 4.5d. Análisis de varianza (andeva) simple para pH a 4°C por tiempo

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	1.00302	5	0.200605	16.08	0.0000
Intra grupos	0.823321	66	0.0124746		
Total (Corr.)	1.82634	71			

El andeva descompone la varianza de pH a 4°C en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 16.0811, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de pH a 4°C entre un nivel de tiempo y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla 4.5e. Prueba de rangos múltiples (Duncan 95%) para pH a 4°C por tiempo (análisis simple)

<i>Tiempo</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos homogéneos</i>
2	12	3.81858	X
10	12	3.85158	X
7	12	3.8805	X
14	12	4.04775	X
20	12	4.07117	X
16	12	4.12	X

Se han identificado 2 grupos homogéneos según la alineación de las X en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de comparación múltiple de Duncan. Con este método hay un riesgo del 5.0% al decir que uno o más pares son significativamente diferentes, cuando la diferencia real es igual a 0.

Tabla 4.5f. Análisis de varianza (andeva) simple para pH a temperatura ambiente por tratamiento

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.353755	2	0.176878	4.65	0.0134
Intra grupos	2.16693	57	0.0380164		
Total (Corr.)	2.52069	59			

El andeva descompone la varianza de pH a temperatura ambiente en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 4.65267, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de pH a temperatura ambiente entre un nivel de tratamiento y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla 4.5g. Análisis de varianza (andeva) simple para pH a temperatura ambiente por tiempo

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1.35316	4	0.338289	15.94	0.0000
Intra grupos	1.16753	55	0.0212278		
Total (Corr.)	2.52069	59			

El andeva descompone la varianza de pH (a temperatura ambiente) en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 15.9361, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de pH (a temperatura ambiente) entre un nivel de tiempo y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla 4.5h. Análisis de varianza (andeva) simple para pH a 35°C por tratamiento

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.0549527	2	0.0274763	0.23	0.7992
Intra grupos	5.48841	45	0.121965		
Total (Corr.)	5.54337	47			

El andeva descompone la varianza de pH a 35°C en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 0.225281, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de pH a 35°C entre un nivel de tratamiento y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla 4.5i. Análisis de varianza (andeva) simple para pH a 35°C por tiempo

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	4.42671	3	1.47557	58.14	0.0000
Intra grupos	1.11665	44	0.0253785		
Total (Corr.)	5.54337	47			

El andeva descompone la varianza de pH a 35°C en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 58.1425, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de pH a 35°C entre un nivel de tiempo y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla 4.5j. Prueba de rangos múltiples (Duncan 95%) para pH a 35°C por tiempo (de análisis simple)

Tiempo	Casos	Media	Grupos homogéneos
2	12	3.79175	X
1	12	4.07292	X
5	12	4.37725	X
8	12	4.59367	X

Se han identificado 4 grupos homogéneos según la alineación de las X en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de comparación múltiple de Duncan. Con este método hay un riesgo del 5.0% al decir que uno o más pares son significativamente diferentes, cuando la diferencia real es igual a 0.

Tabla 4.6. Valores promedios de las determinaciones del % de acidez (g de ac. málico/100g de pulpa) en ciruelas negras con diferentes recubrimientos almacenadas a 4°C, temperatura ambiente y 35°C

Temperatura de almacenamiento	Día de almacenamiento	Blanco	Control	Q-Qn
4°C	2	1.0845	1.0800	1.1557
	7	1.2165	1.1544	0.9939
	10	1.0851	0.9953	1.1015
	14	0.9347	0.9759	1.0850
	16	0.9633	0.7750	0.9442

Temperatura de almacenamiento	Día de almacenamiento	Blanco	Control	Q-Qn
4°C	20	0.7849	0.8025	0.7991
T. ambiente	1	1.1595	1.1716	1.0999
	3	1.0657	1.1459	1.1557
	6	0.9822	1.0950	1.0947
	9	0.9577	1.0211	0.8961
	13	0.8317	0.9337	0.9161
35°C	0	0.9332	0.9332	0.9332
	1	0.9645	0.9251	0.9577
	2	0.7973	0.8027	0.8152
	5	0.6350	0.7203	0.7641
	8	0.6687	0.7053	0.6501

Tabla 4.6a. Análisis de varianza (andeva) multifactorial para la determinación de % de acidez en ciruelas negras con diferentes recubrimientos almacenadas a 4°C, temperatura ambiente y 35°C

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Temperatura	0.773242	2	0.386621	96.62	0.0000
B:Tratamiento	0.0119001	2	0.00595004	1.49	0.2291
C:Tiempo	2.18113	13	0.167779	41.93	0.0000
RESIDUOS	0.664242	166	0.00400146		
TOTAL (CORREGIDO)	4.68032	183			

El andeva descompone la variabilidad del % de acidez en contribuciones debidas a varios factores. Puesto que se ha escogido la suma de cuadrados Tipo III (por omisión), la contribución de cada factor se mide eliminando los efectos de los demás factores. Los valores-P prueban la significancia estadística de cada uno de los factores. Puesto que 2 valores-P son menores que 0.05, estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre % de acidez con un 95.0% de nivel de confianza.

Tabla 4.6b. Prueba de rangos múltiples (95 % Duncan) para % de acidez por temperatura (de análisis multifactorial)

Temperatura	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos homogéneos
35°C	52	0.763892	0.0140562	X
T. ambiente	60	0.958484	0.0208749	X
4°C	72	1.06557	0.0184523	X

Se han identificado 3 grupos homogéneos según la alineación de las X en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de comparación múltiple de Duncan. Con este método hay un riesgo del 5.0% al decir que uno o más pares son significativamente diferentes, cuando la diferencia real es igual a 0.

Tabla 4.6c. Análisis de varianza (andeva) simple para % de acidez a 4°C por tratamiento

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.0376775	2	0.0188387	0.99	0.3770
Intra grupos	1.31389	69	0.0190418		
Total (Corr.)	1.35156	71			

El andeva descompone la varianza del % de acidez (ácido málico) en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 0.989335, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de % de acidez (ácido málico) entre un nivel de tratamiento y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla 4.6d. Análisis de varianza (andeva) simple para % de acidez a 4°C por tiempo

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.993554	5	0.198711	36.63	0.0000
Intra grupos	0.358009	66	0.00542438		
Total (Corr.)	1.35156	71			

El andeva descompone la varianza del % de acidez (ácido málico) en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 36.6329, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de % de acidez (ácido málico) entre un nivel de tiempo y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla 4.6e. Prueba de rangos múltiples (Duncan 95%) para % de acidez a 4°C por tiempo (análisis simple)

<i>Tiempo</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos homogéneos</i>
20	12	0.7955	X
16	12	0.894167	X
14	12	0.99855	X
10	12	1.0606	X
2	12	1.10678	X
7	12	1.1216	X

Se han identificado 4 grupos homogéneos según la alineación de las X en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de comparación múltiple de Duncan. Con este método hay un riesgo del 5.0% al decir que uno o más pares son significativamente diferentes, cuando la diferencia real es igual a 0.

Tabla 4.6f. Análisis de varianza (andeva) simple para % de acidez a temperatura ambiente por tratamiento

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.0551503	2	0.0275752	2.16	0.1244
Intra grupos	0.726815	57	0.0127511		
Total (Corr.)	0.781966	59			

El andeva descompone la varianza del % de acidez a temperatura ambiente en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 2.16256, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de % de acidez a temperatura ambiente entre un nivel de tratamiento y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla 4.6g. Análisis de varianza (andeva) simple para % de acidez a temperatura ambiente por tiempo

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.549158	4	0.137289	32.43	0.0000
Intra grupos	0.232808	55	0.00423287		
Total (Corr.)	0.781966	59			

El andeva descompone la varianza del % de acidez a temperatura ambiente en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 32.4341, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de % de acidez a temperatura ambiente entre un nivel de tiempo y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla 4.6h. Prueba de rangos múltiples (Duncan 95%) para % de acidez a temperatura ambiente por tiempo (análisis simple)

Tiempo	Casos	Media	Grupos homogéneos
13	12	0.893825	X
9	12	0.958283	X
6	12	1.05728	X
3	12	1.1224	X
1	12	1.14368	X

Se han identificado 4 grupos homogéneos según la alineación de las X en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de comparación múltiple de Duncan. Con este método hay un riesgo del 5.0% al decir que uno o más pares son significativamente diferentes, cuando la diferencia real es igual a 0.

Tabla 4.6i. Análisis de varianza (andeva) simple para % de acidez a 35°C por tratamiento

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.00120176	2	0.000600879	0.04	0.9597
Intra grupos	0.714331	49	0.0145782		
Total (Corr.)	0.715533	51			

El andeva descompone la varianza del % de acidez (ácido málico) en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 0.0412176, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de % de acidez (ácido málico) entre un nivel de tratamiento y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla 4.6j. Análisis de varianza (andeva) simple para % de acidez a 35°C por tiempo

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.630208	4	0.157552	86.79	0.0000
Intra grupos	0.0853249	47	0.00181542		
Total (Corr.)	0.715533	51			

El andeva descompone la varianza del % de acidez (ácido málico) en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 86.7853, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de % acidez (ácido málico) entre un nivel de tiempo y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla 4.6k. Prueba de rangos múltiples (Duncan 95) para % de acidez a 35°C por tiempo (análisis simple)

Tiempo	Casos	Media	Grupos homogéneos
8	12	0.674733	X
5	12	0.70645	X
2	12	0.8051	X
0	4	0.9332	X
1	12	0.949092	X

Se han identificado 3 grupos homogéneos según la alineación de las X en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de comparación múltiple de Duncan. Con este método hay un riesgo del 5.0% al decir que uno o más pares son significativamente diferentes, cuando la diferencia real es igual a 0.

Tabla 4.7. Valores promedio del porcentaje de sólidos solubles totales (°Brix) en ciruelas negras con diferentes recubrimientos almacenadas a 4°C, temperatura ambiente y 35°

Temperatura de almacenamiento	Día de almacenamiento	Blanco	Control	Q-Qn
4°C	2	13.0	14.3	11.5
	7	16.5	14.8	14.5
	10	14.5	14.3	16.8
	14	16.5	15.5	19.5
	16	18.0	18.0	21.0
	20	18.8	19.3	20.8
T. ambiente	1	11.5	11.5	11.5
	3	18.5	18.0	18.0
	6	18.8	17.8	21.8
	9	22.8	22.0	22.0
	13	22.3	26.0	25.0
35°C	1	13.3	13.0	13.3
	2	12.5	13.5	13.8
	5	13.5	14.0	16.8
	8	17.3	14.3	19.5

Tabla 4.7a. Análisis de varianza (andeva) multifactorial para °Brix en ciruelas negras con diferentes recubrimientos almacenadas a 4 ° C, temperatura ambiente y 35°C

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Temperatura	17.3333	2	8.66667	5.85	0.0035
B:Tratamiento	62.8	2	31.4	21.19	0.0000
C:Tiempo	1667.22	12	138.935	93.76	0.0000
RESIDUOS	241.533	163	1.4818		
TOTAL (CORREGIDO)	2552.8	179			

El andeva descompone la variabilidad de °Brix en contribuciones debidas a varios factores. Puesto que se ha escogido la suma de cuadrados Tipo III (por omisión), la contribución de cada factor se mide eliminando los efectos de los demás factores. Los valores-P prueban la significancia estadística de cada uno de los factores. Puesto que 3 valores-P son menores que 0.05, estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre °Brix con un 95.0% de nivel de confianza.

Tabla 4.7b. Prueba de rangos múltiples (95% Duncan) para °Brix por tratamiento (de análisis multifactorial)

Tratamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos homogéneos
Control	60	17.091	0.165112	X
Blanco	60	17.191	0.165112	X
Q-Qn	60	18.391	0.165112	X

Se han identificado 2 grupos homogéneos según la alineación de las X en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de comparación múltiple de Duncan. Con este método hay un riesgo del 5.0% al decir que uno o más pares son significativamente diferentes, cuando la diferencia real es igual a 0.

Tabla 4.7c. Prueba de rangos múltiples (95% Duncan) para °Brix por temperatura (de análisis multifactorial)

Temperatura	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos homogéneos
T. ambiente	60	16.5577	0.39819	X
4°C	72	17.891	0.347218	X
35°C	48	18.2244	0.287343	X

Se han identificado 2 grupos homogéneos según la alineación de las X en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de comparación múltiple de Duncan. Con este método hay un riesgo del 5.0% al decir que uno o más pares son significativamente diferentes, cuando la diferencia real es igual a 0.

Tabla 4.7d. Análisis de varianza (andeva) simple para °Brix a 4°C por tratamiento

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	24.6944	2	12.3472	1.72	0.1866
Intra grupos	495.292	69	7.17814		
Total (Corr.)	519.986	71			

El andeva descompone la varianza de °Brix a 4°C en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 1.72011, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de °Brix a 4°C entre un nivel de tratamiento y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla 4.7e. Análisis de varianza (andeva) simple para °Brix a 4°C por tiempo

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	388.569	5	77.7139	39.03	0.0000
Intra grupos	131.417	66	1.99116		
Total (Corr.)	519.986	71			

El andeva descompone la varianza de °Brix a 4°C en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 39.0294, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de °Brix a 4°C entre un nivel de tiempo y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla 4.7f. Prueba de rangos múltiples (95% Duncan) para °Brix a 4°C por tiempo

Tiempo	Casos	Media	Grupos homogéneos
2	12	12.9167	X
10	12	15.1667	X
7	12	15.25	X
14	12	17.1667	X
16	12	19.0	X
20	12	19.5833	X

Se han identificado 4 grupos homogéneos según la alineación de las X en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de comparación múltiple de Duncan. Con este método hay un riesgo del 5.0% al decir que uno o más pares son significativamente diferentes, cuando la diferencia real es igual a 0.

Tabla 4.7g. Análisis de varianza (andeva) simple para °Brix a temperatura ambiente por tratamiento

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	8.4	2	4.2	0.19	0.8241
Intra grupos	1233.25	57	21.636		
Total (Corr.)	1241.65	59			

El andeva descompone la varianza de °Brix a temperatura ambiente en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 0.194121, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de °Brix a temperatura ambiente entre un nivel de tratamiento y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla 4.7h. Análisis de varianza (andeva) simple para °Brix a temperatura ambiente por tiempo

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	1162.9	4	290.725	203.05	0.0000
Intra grupos	78.75	55	1.43182		
Total (Corr.)	1241.65	59			

El andeva descompone la varianza de °Brix a temperatura ambiente en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 203.046, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de °Brix a temperatura ambiente entre un nivel de tiempo y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla 4.7i. Prueba de rangos múltiples (95% Duncan) para ° Brix a temperatura ambiente por tiempo

<i>Tiempo</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos homogéneos</i>
1	12	11.5	X
3	12	18.1667	X
6	12	19.4167	X
9	12	22.25	X
13	12	24.4167	X

Se han identificado 5 grupos homogéneos según la alineación de las X en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de comparación múltiple de Duncan. Con este método hay un riesgo del 5.0% al decir que uno o más pares son significativamente diferentes, cuando la diferencia real es igual a 0.

Tabla 4.7j. Análisis de varianza (andeva) simple para °Brix a 35°C por tratamiento

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	40.2917	2	20.1458	5.34	0.0083
Intra grupos	169.625	45	3.76944		
Total (Corr.)	209.917	47			

El andeva descompone la varianza de °Brix a 35°C en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 5.34451, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de °Brix a 35°C entre un nivel de tratamiento y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla 4.7k. Prueba de rangos múltiples (95% Duncan) para °Brix a 35°C por tratamiento

<i>Tratamiento</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos homogéneos</i>
Control	16	13.6875	X
Blanco	16	14.125	X
Q-Qn	16	15.8125	X

Se han identificado 2 grupos homogéneos según la alineación de las X en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de comparación múltiple de Duncan. Con este método hay un riesgo del 5.0% al decir que uno o más pares son significativamente diferentes, cuando la diferencia real es igual a 0.

Tabla 4.7l. Análisis de varianza (andeva) simple para °Brix a 35°C por tiempo

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	115.75	3	38.5833	18.03	0.0000
Intra grupos	94.1667	44	2.14015		
Total (Corr.)	209.917	47			

El andeva descompone la varianza de °Brix a 35°C en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 18.0283, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de °Brix a 35°C entre un nivel de tiempo y otro, con un nivel del 95.0% de confianza

Tabla 4.7m. Prueba de rangos múltiples (95% Duncan) para °Brix a 35°C por tiempo

Tiempo	Casos	Media	Grupos homogéneos
1	12	13.1667	X
2	12	13.25	X
5	12	14.75	X
8	12	17.0	X

Se han identificado 3 grupos homogéneos según la alineación de las X en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de comparación múltiple de Duncan. Con este método hay un riesgo del 5.0% al decir que uno o más pares son significativamente diferentes, cuando la diferencia real es igual a 0.

Tabla 4.8. Valores promedio del índice de madurez (°Brix/ATT) en ciruelas negras con diferentes recubrimientos almacenadas a 4°C, temperatura ambiente y 35°C

Temperatura de almacenamiento	Día de almacenamiento	Blanco	Control	Q-Qn
4°C	2	11.99	13.20	9.97
	7	13.58	12.79	14.61
	10	13.37	14.32	15.23
	14	17.65	15.88	17.98
	16	18.72	23.37	22.25
	20	23.92	24.03	25.99
T. ambiente	1	9.91	9.85	10.45
	3	17.42	15.71	15.58
	6	19.19	16.21	19.88
	9	23.89	21.55	24.73
	13	26.79	27.88	27.30
35°C	1	13.75	14.08	13.83
	2	15.68	16.81	16.88
	5	21.26	19.44	21.94
	8	25.80	20.36	30.02

Tabla 4.8a. Análisis de varianza (andeva) multifactorial para índice de madurez (°Brix/ATT) en ciruelas negras con diferentes recubrimientos almacenadas a 4 ° C, temperatura ambiente y 35 ° C

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Temperatura	222.136	2	111.068	38.51	0.0000
B:Tratamiento	61.4745	2	30.7372	10.66	0.0000
C:Tiempo	4530.86	12	377.571	130.90	0.0000
RESIDUOS	470.169	163	2.88447		
TOTAL (CORREGIDO)	5228.62	179			

El andeva descompone la variabilidad de índice de madurez en contribuciones debidas a varios factores. Puesto que se ha escogido la suma de cuadrados Tipo III (por omisión), la contribución de cada factor se mide

eliminando los efectos de los demás factores. Los valores-P prueban la significancia estadística de cada uno de los factores. Puesto que 3 valores-P son menores que 0.05, estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre índice de madurez con un 95.0% de nivel de confianza.

Tabla 4.8b. Prueba de rangos múltiples (Duncan 95%) para índice de madurez por temperatura (análisis multifactorial)

<i>Temperatura</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos homogéneos</i>
4°C	72	17.7374	0.484441	X
T. ambiente	60	18.6595	0.555558	X
35°C	48	22.4762	0.400902	X

Se han identificado 3 grupos homogéneos según la alineación de las X en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de comparación múltiple de Duncan. Con este método hay un riesgo del 5.0% al decir que uno o más pares son significativamente diferentes, cuando la diferencia real es igual a 0.

Tabla 4.8c. Prueba de rangos múltiples para índice de madurez por tratamiento (de análisis multifactorial)

<i>Tratamiento</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos homogéneos</i>
Control	60	18.9888	0.230366	X
Blanco	60	19.4846	0.230366	X
Q-Qn	60	20.3997	0.230366	X

Se han identificado 2 grupos homogéneos según la alineación de las X en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de comparación múltiple de Duncan. Con este método hay un riesgo del 5.0% al decir que uno o más pares son significativamente diferentes, cuando la diferencia real es igual a 0.

Tabla 4.8d. Análisis de varianza (andeva) simple para índice de madurez a 4°C por tratamiento

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	15.847	2	7.92348	0.33	0.7174
Intra grupos	1638.11	69	23.7407		
Total (Corr.)	1653.95	71			

El andeva descompone la varianza de índice de madurez en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 0.333751, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de índice de madurez entre un nivel de tratamiento y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla 4.8e. Análisis de varianza (andeva) simple para índice de madurez a 4°C por tiempo

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	1493.38	5	298.676	122.76	0.0000
Intra grupos	160.573	66	2.43292		
Total (Corr.)	1653.95	71			

El andeva descompone la varianza de índice de madurez en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 122.765, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de índice de madurez entre un nivel de tiempo y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla 4.8f. Análisis de varianza (andeva) simple para índice de madurez a temperatura ambiente por tratamiento

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	21.8177	2	10.9089	0.28	0.7569
Intra grupos	2221.48	57	38.9733		
Total (Corr.)	2243.29	59			

El andeva descompone la varianza de índice de madurez a temperatura ambiente en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 0.279906, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de índice de madurez a temperatura ambiente entre un nivel de tratamiento y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla 4.8g. Análisis de varianza (andeva) simple para índice de madurez a temperatura ambiente por tiempo

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	2114.72	4	528.68	226.15	0.0000
Intra grupos	128.575	55	2.33773		
Total (Corr.)	2243.29	59			

El andeva descompone la varianza de índice de madurez a temperatura ambiente en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 226.151, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de índice de madurez a temperatura ambiente entre un nivel de tiempo y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla 4.8h. Análisis de varianza (andeva) para índice de madurez a 35°C por tratamiento

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	71.8937	2	35.9468	1.48	0.2386
Intra grupos	1093.36	45	24.2968		
Total (Corr.)	1165.25	47			

El andeva descompone la varianza de índice de madurez a 35°C en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 1.47949, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de índice de madurez a 35°C entre un nivel de tratamiento y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla 4.8i. Análisis de varianza (andeva) simple para índice de madurez a 35°C por tiempo

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	922.755	3	307.585	55.81	0.0000
Intra grupos	242.496	44	5.51127		
Total (Corr.)	1165.25	47			

El andeva descompone la varianza del índice de madurez a 35°C en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 55.8102, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de índice de madurez a 35°C entre un nivel de tiempo y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla 4.9. Valores promedio de las determinaciones de vitamina C (mg/100 g de pulpa) en ciruelas negras con diferentes recubrimientos almacenadas a 4°C, temperatura ambiente y 35°C

Temperatura de almacenamiento	Día de almacenamiento	Blanco	Control	Q-Qn
4°C	2	15.92	15.20	16.25
	7	12.99	13.37	13.73
	10	10.08	8.45	12.73
	14	10.46	9.45	10.04

Temperatura de almacenamiento	Día de almacenamiento	Blanco	Control	Q-Qn
4°C	16	10.51	8.80	9.18
	20	8.26	4.93	5.46
T. ambiente	1	16.15	15.91	15.85
	3	15.49	13.92	14.53
	6	14.76	14.91	15.48
	9	14.27	12.00	14.15
	13	8.18	6.89	9.07
35°C	0	15.17	15.17	15.17
35°C	1	8.16	7.45	7.02
	2	6.93	6.49	7.00
	5	4.86	4.12	4.17
	8	2.86	3.53	3.34

Tabla 4.9a. Análisis de varianza (andeva) multifactorial para la determinación de vitamina C (mg /100 g pulpa) en ciruelas negras con diferentes recubrimientos almacenadas a 4°C, temperatura ambiente y 35°C

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Temperatura	910.146	2	455.073	135.71	0.0000
B:Tratamiento	32.8775	2	16.4387	4.90	0.0085
C:Tiempo	1587.92	13	122.147	36.43	0.0000
RESIDUOS	556.655	166	3.35334		
TOTAL (CORREGIDO)	3686.14	183			

El andeva descompone la variabilidad de vitamina C (mg/100g de pulpa) en contribuciones debidas a varios factores. Puesto que se ha escogido la suma de cuadrados Tipo III (por omisión), la contribución de cada factor se mide eliminando los efectos de los demás factores. Los valores-P prueban la significancia estadística de cada uno de los factores. Puesto que 3 valores-P son menores que 0.05, estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre vitamina C (mg/100g de pulpa) con un 95.0% de nivel de confianza.

Tabla 4.9b. Prueba de rangos múltiples (95% Duncan) para vitamina C por tratamiento (análisis multifactorial)

Tratamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos homogéneos
Control	60	9.40756	0.252104	X
Q-Qn	60	10.2445	0.252104	X
Blanco	64	10.3706	0.235738	X

Se han identificado 2 grupos homogéneos según la alineación de las X en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de comparación múltiple de Duncan. Con este método hay un riesgo del 5.0% al decir que uno o más pares son significativamente diferentes, cuando la diferencia real es igual a 0.

Tabla 4.9c. Pruebas de rangos múltiples (95% Duncan) para vitamina C por temperatura (análisis multifactorial)

Temperatura	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos homogéneos
35°C	52	4.20456	0.40691	X
T. ambiente	60	12.6319	0.604301	X
4°C	72	13.1863	0.534171	X

Se han identificado 2 grupos homogéneos según la alineación de las X en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de comparación múltiple de Duncan. Con este método hay un riesgo del 5.0% al decir que uno o más pares son significativamente diferentes, cuando la diferencia real es igual a 0.

Tabla 4.9d. Análisis de varianza (andeva) simple para vitamina C a 4°C por tratamiento

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	25.92	2	12.96	0.94	0.3968
Intra grupos	954.569	69	13.8343		
Total (Corr.)	980.489	71			

El andeva descompone la varianza de vitamina C en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 0.936801, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de vitamina C entre un nivel de tratamiento y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla 4.9e. Análisis de varianza (andeva) simple para vitamina C a 4°C por tiempo

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	659.022	5	131.804	27.06	0.0000
Intra grupos	321.467	66	4.87072		
Total (Corr.)	980.489	71			

El andeva descompone la varianza de vitamina C en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 27.0605, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de vitamina C entre un nivel de tiempo y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla 4.9f. Análisis de varianza (ANDEVA) simple para vitamina C a temperatura ambiente por tratamiento

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	15.1488	2	7.57442	0.66	0.5227
Intra grupos	657.938	57	11.5428		
Total (Corr.)	673.087	59			

El andeva descompone la varianza de vitamina C a temperatura ambiente en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 0.656204, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de vitamina C a temperatura ambiente entre un nivel de tratamiento y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla 4.9g. Análisis de varianza (andeva) simple para vitamina C a temperatura ambiente por tiempo

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	474.831	4	118.708	32.93	0.0000
Intra grupos	198.256	55	3.60466		
Total (Corr.)	673.087	59			

El andeva descompone la varianza de vitamina C a temperatura ambiente en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 32.9317, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de vitamina C a temperatura ambiente entre un nivel de tiempo y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla 4.9h. Análisis de varianza (andeva) simple para vitamina C a 35°C por tratamiento

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	59.8308	2	29.9154	2.92	0.0634
Intra grupos	502.101	49	10.247		
Total (Corr.)	561.932	51			

El andeva descompone la varianza de vitamina C a 35°C en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 2.91944, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de vitamina C a 35°C entre un nivel de tratamiento y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla 4.9i. Análisis de varianza (andeva) simple para vitamina C a 35°C por tiempo

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	492.124	4	123.031	82.83	0.0000
Intra grupos	69.8087	47	1.48529		
Total (Corr.)	561.932	51			

El andeva descompone la varianza de vitamina C a 35° en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 82.8329, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de vitamina C a 35°C entre un nivel de tiempo y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla 4.10. Valores promedio de % de humedad en ciruelas negras con diferentes recubrimientos almacenadas a 4°C, temperatura ambiente y 35°C

Temperatura de almacenamiento	Día de almacenamiento	Blanco	Control	Q-Qn
4°C	2	81.0	84.7	81.6
	7	80.4	81.6	76.1
	10	74.6	80.4	80.3
	14	78.4	78.2	78.0
	16	77.9	76.1	75.3
	20	77.4	71.1	75.7
T. ambiente	1	82.1	78.9	82.2
	3	83.2	82.0	80.3
	6	81.8	80.8	81.8
	9	76.1	74.1	74.7
	13	75.0	74.8	73.5
35°C	1	78.1	77.2	76.3
	2	76.0	79.7	78.6
	5	67.7	71.9	68.5
	8	65.7	71.0	64.8

Tabla 4.10a. Análisis de varianza (andeva) simple para % de humedad a 4°C por tratamiento

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	4.17556	2	2.08778	0.15	0.8649
Intra grupos	472.437	33	14.3163		
Total (Corr.)	476.612	35			

El andeva descompone la varianza del % de humedad a 4°C en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 0.145833, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de % de humedad entre un nivel de tratamiento y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla 4.10b. Análisis de varianza (andeva) simple para % de humedad a 4°C por tiempo

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	206.742	5	41.3484	4.60	0.0031
Intra grupos	269.87	30	8.99567		
Total (Corr.)	476.612	35			

El andeva descompone la varianza del % de humedad a 4°C en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 4.59648, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de % de humedad entre un nivel de tiempo y otro, con un nivel del 95.0% de confianza

Tabla 4.10c. Análisis de varianza (andeva) simple para % de humedad a temperatura ambiente por tratamiento

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	12.2127	2	6.10633	0.38	0.6845
Intra grupos	428.882	27	15.8845		
Total (Corr.)	441.095	29			

El andeva descompone la varianza del % de humedad a temperatura ambiente en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 0.38442, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de % de humedad entre un nivel de tratamiento y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla 4.10d. Análisis de varianza (andeva) simple para % de humedad a temperatura ambiente por tiempo

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	330.051	4	82.5128	18.58	0.0000
Intra grupos	111.043	25	4.44173		
Total (Corr.)	441.095	29			

El andeva descompone la varianza del % de humedad a temperatura ambiente en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 18.5767, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de % de humedad entre un nivel de tiempo y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla 4.10e. Pruebas de rangos múltiples (95% Duncan) para % de humedad a temperatura ambiente por tiempo (análisis simple)

<i>Tiempo</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos homogéneos</i>
13	6	74.4	X
9	6	74.9333	X
1	6	81.0333	X
6	6	81.4167	X
3	6	81.7833	X

Se han identificado 2 grupos homogéneos según la alineación de las X en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de comparación múltiple de Duncan. Con este método hay un riesgo del 5.0% al decir que uno o más pares son significativamente diferentes, cuando la diferencia real es igual a 0.

Tabla 4.10f. Análisis de varianza (andeva) simple para % de humedad a 35°C por tratamiento

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	47.1108	2	23.5554	0.67	0.5212
Intra grupos	735.723	21	35.0344		
Total (Corr.)	782.833	23			

El andeva descompone la varianza del % de humedad a 35°C en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 0.672351, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de % de humedad entre un nivel de tratamiento y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla 4.10g. Análisis de varianza (andeva) simple para % de humedad a 35°C por tiempo

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	543.8	3	181.267	15.17	0.0000
Intra grupos	239.033	20	11.9517		
Total (Corr.)	782.833	23			

El andeva descompone la varianza del % de humedad a 35°C en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 15.1666, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de % de humedad entre un nivel de tiempo y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla 4.10h. Pruebas de rangos múltiples (95% Duncan) para % de humedad a 35°C por tiempo (análisis simple)

<i>Tiempo</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos homogéneos</i>
8	6	67.1333	X
5	6	69.3667	X
1	6	77.1667	X
2	6	78.0667	X

Se han identificado 2 grupos homogéneos según la alineación de las X en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de comparación múltiple de Duncan. Con este método hay un riesgo del 5.0% al decir que uno o más pares son significativamente diferentes, cuando la diferencia real es igual a 0.

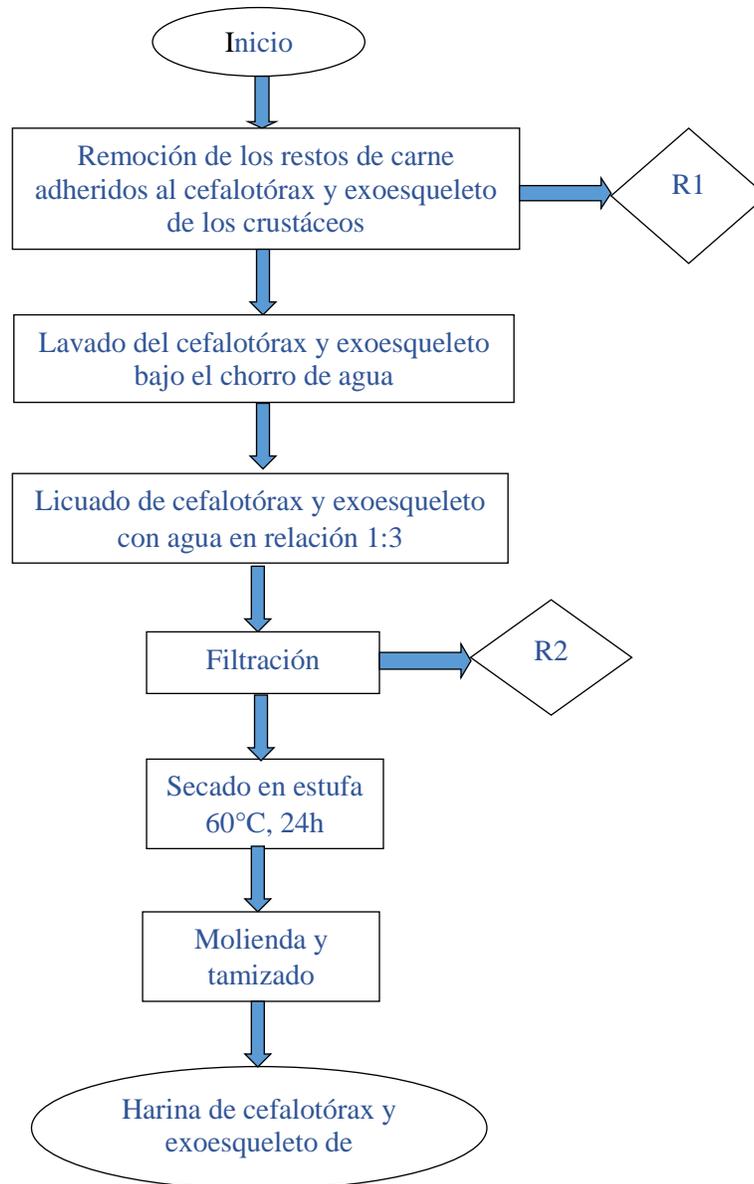
Tabla 4.12. Resultados de pruebas microbiológica de mermeladas de ciruela negra

Microorganismo	Límite máximo (UFC/g)	Resultado para mermelada "Blanco" (UFC/g)	Resultado para mermelada "Control" (UFC/g)	Resultado para mermelada "Q-Qn" (UFC/g)
Mesófilos aerobios	50	Ausente	Ausente	Ausente
Coliformes totales	Menos de 10	Ausente	Ausente	Ausente
Hongos y levaduras	Menos de 10	Ausente	Ausente	Ausente

ANEXO D

DISPOSICIÓN CONTROLADA DE LOS RESIDUOS DE ESTA INVESTIGACIÓN

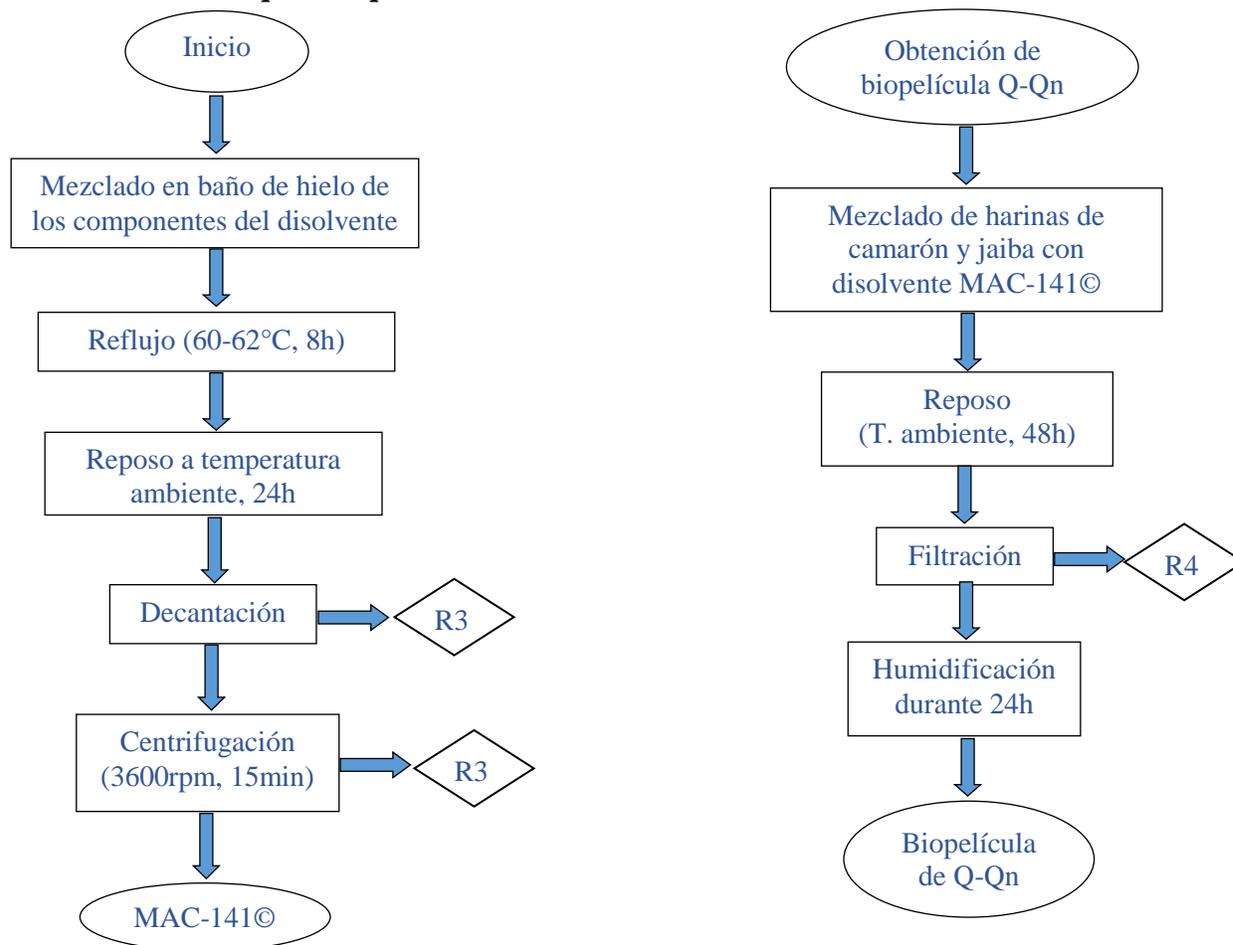
D.1. Tratamiento de residuos generados durante la obtención de harinas provenientes del cefalotórax y exoesqueleto de camarón y jaiba



R1: Los restos de carne se colocan en los residuos biodegradables.

R2: El efluente contiene sales minerales y materia orgánica que puede desecharse en el drenaje.

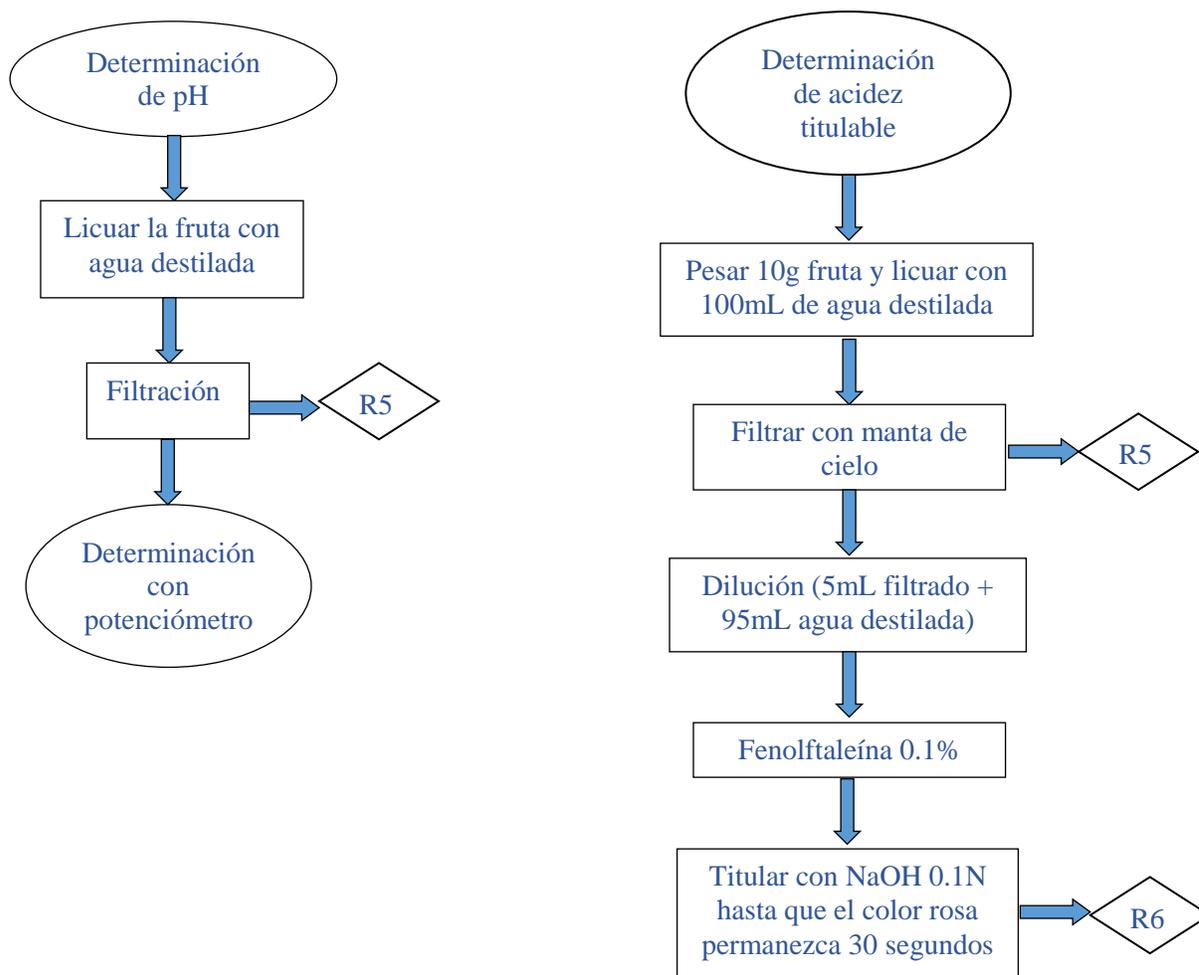
D.2. Tratamiento de residuos generados en la elaboración del disolvente MAC-141© y el recubrimiento de quitina-quitosana



R3: Este residuo es cloruro de calcio no solubilizado que se encuentra impregnado de agua y metanol. Puede recuperarse por un proceso de secado. En este caso fue etiquetado y enviado a la Unidad de Gestión Ambiental (UGA) de la Facultad de Química de la UNAM para su disposición adecuada.

R4: Está formado por residuos de cefalotórax y exoesqueleto de camarón y jaiba por lo que puede depositarse en los residuos biodegradables.

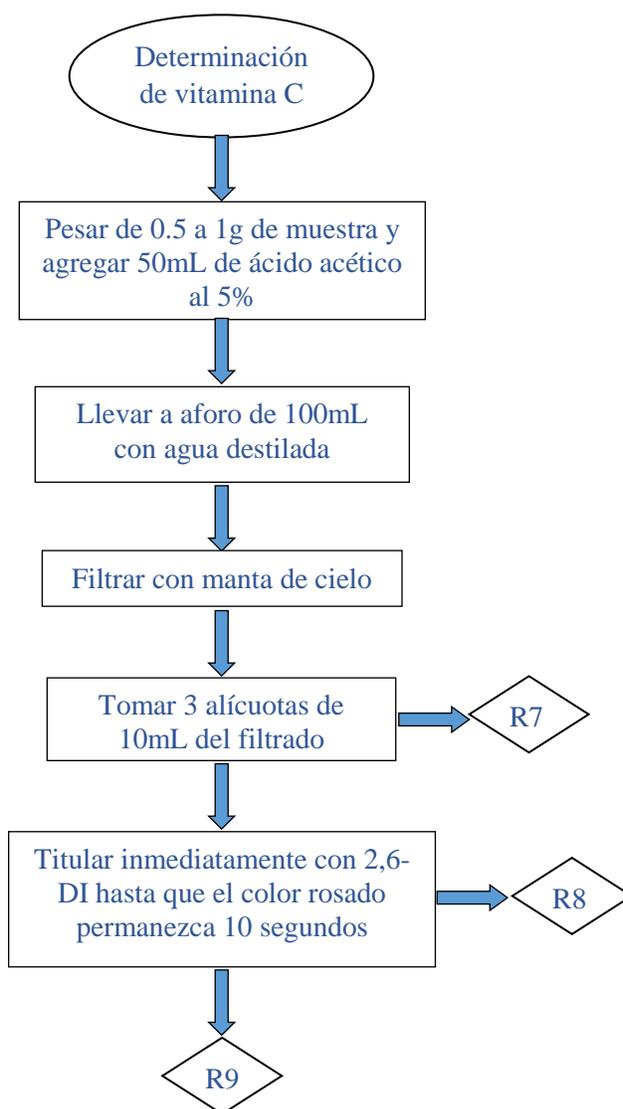
D.3. Tratamiento de residuos generados en la determinación de pH



R5: Restos de fruta triturada, pueden ser depositados en el contenedor de residuos biodegradables.

R6: La muestra se encuentra neutralizada por lo que puede ser desechada en el trabajo.

D.4. Tratamiento de residuos generados en la determinación de vitamina C



R7: Manta de cielo y restos de fruta impregnados con ácido acético se colocaron a secar en la campana de extracción hasta lograr la evaporación del ácido, los restos de fruta se depositaron en los desechos biodegradables y la manta de cielo en el contenedor de inorgánicos.

R8: Esta solución contiene fruta, agua y ácido acético, por lo que se neutraliza y se desecha en el drenaje.

R9: La solución de ácido acético con 2,6-diclorofenol-indofenol se trata con 1% de carbón activado, se agita durante una hora y después se deja reposar 24h. Transcurrido el tiempo se filtra, neutraliza y desecha en el drenaje. El residuo sólido se envía a incineración.

BIBLIOGRAFÍA

1. **Abdi, N.; Holford, P.; McGlasson, W.B.; Mizrahi, Y.** 1997. Ripening behaviour and responses to propylene in four cultivars of Japanese type plums. *Postharvest Biology and Technology Netherlands*. 12:21-34.
2. **Abdi, N.; McGlasson, W.B.; Holford, P.; Williams, M.; Mizrahi, Y.** 1998. Responses of climateric and suppressed-climateric plums to treatment with propylene and 1-methylcyclopropene. *Postharvest Biology and Technology Netherlands*. 14:29-39.
3. **AOAC.** 2005. Vitamin C in juices and vitamin preparations. Official Method 967.21. In: AOAC. Official Methods of Analysis, 18th. ed. Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD, USA, p.45.1.14
4. **Armenta, R.; Guerrero, I.; Rosmini, M.** 2009. *Tecnología de productos de origen acuático*. Limusa, p. 95. Ciudad de México, México.
5. **ASTM.** 2005. Standard Test Method for determining anaerobic biodegradation of plastics materials under high-solids anaerobic-digestion conditions ATSM D5511-12. *American Society for Testing and Materials*. Washington, DC, EE.UU.
6. **Ayala, A.; Colina, M.; Molina, J.; Rincón, D.; Medina, J.; Rosales, L.; Cárdenas, H.** 2014. Evaluación de la actividad antifúngica del ‘quitosano’ contra el hongo *Mycosphaerella fijiensis* Morelet que produce la *Sigatoka negra* que ataca el plátano. *Revista Iberoamericana de Polímeros* (Maracaibo, Venezuela). 15(6):312-338.
7. **Balaguera-López, H.** 2011. *Estudio del crecimiento y desarrollo del fruto de champa (Campomanesia lineatifolia R & P) y determinación del punto óptimo de cosecha*. Tesis de maestría. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.
8. **Bouzayen, M.; Latché, A.; Nath, P.; Pech, J.C.** 2010. *Mechanism of fruit ripening*. In: *plant developmental biology-biotechnological perspectives*. Pua, E.C., Davey, M.R., eds. Springer-Verlag. Berlín, Alemania. Vol. 1. Pp. 319-339.
9. **Bravo, F.** 2004. *El manejo higiénico de los alimentos. Guía para la obtención del distintivo H*. Editorial Limusa. Pp. 55-56, Ciudad de México, México.
10. **Calvo-Villegas, I.** 2009. El cultivo del ciruelo (*Prunus domestica* L.). Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. Proyecto Microcuenca Plantón. *Boletín Técnico No. 9*. San José de Costa Rica, Costa Rica.
11. **Casariego, A.; Díaz, R.; Sergrañes, Y.; Nieto, O.M.; Durán, C.; López, N.; Rodríguez, M.; González, J.** 2009. Modelación de las propiedades mecánicas de películas de quitosana. *Ciencia y Tecnología de Alimentos (Cuba)*. 19(1):7-12. ISSN 0864-4497.
12. **Chen, T.** 1998. *Specific properties and use of chitosan*. En: National Symposium on Nature Marine Product and Nature Biological Medicine. Pp. 282-284. Beijing, China. Citado por Dutta, J., Dutta, P.K. Antimicrobial activity of chitin, chitosan, and their oligosaccharides. Cap. 15. Pp. 195-214. En *Chitin, Chitosan, Oligosaccharides and Their Derivatives. Biological Activities and Applications*. Kim, S.-K., ed. CRC Press. Taylor and Francis Group. Boca Raton, FL, EE.UU.
13. **Cisneros, Z.; Krochta, L.** 2002. Internal modified atmospheres of coated fresh fruits and vegetables: understanding relative humidity effects. *Journal of Food Science*. 67(8):2792-2797.

14. **Conapesca. 2018a.** *Cultivo de camarón, producción acuícola de calidad.* Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca. México. [En línea] (Actualizado al 04 de mayo de 2018). Disponible en: <https://www.gob.mx/conapesca/articulos/cultivo-de-camaron-produccion-acuicola-de-calidad?idiom=es>
15. **Conapesca. 2018b.** *Jaiba, entre los diez productos pesqueros de mayor volumen y valor en México.* Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca. [En línea] (Actualizado al 28 de mayo del 2018). Disponible en: <https://www.gob.mx/conapesca/articulos/jaiba-entre-los-diez-productos-pesqueros-de-mayor-volumen-y-valor-en-mexico?idiom=es>
16. **Crisosto, C., Mitchell, F., Ju, Z.** 1999. Susceptibility to chilling injury of peach, nectarine, and plum cultivars grown in California. *Hortscience*. 34(6):1116-1118.
17. **Crisosto, C.H., Garner, D., Crisosto, G.M., Bowerman, E.** 2004. Increasing 'Blackamber' plum (*Prunus salicina* Lindell) consumer acceptance. *Postharvest Biology and Technology Netherlands*. 34:237-244.
18. **Cuero, R., Duffus, E., Osuji, G., Pettit, R.** 1992. Aflatoxin control in preharvest maize. Effect of chitosan and microbial agents. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)*. 117:165-169.
19. **Del-Carpio-Jiménez, C., Serrano-Flores, C., Giusti, M.** 2009. Caracterización de las antocianinas de los frutos de *Berberis boliviana* Lechler. *Rev. Soc. Quím. Perú*. 75(1):76-86.
20. **DOF. 1978a.** NMX-F-317-S-1978. Determinación de pH en alimentos. Normas Mexicanas. Dirección General de Normas. Diario Oficial de la Federación. Ciudad de México, México.
21. **DOF. 1978b.** NMX-F-255-1978. Método de conteo de hongos y levaduras en alimentos. Normas Mexicanas. Dirección General de Normas. Diario Oficial de la Federación. Ciudad de México, México.
22. **DOF. 1982a.** NMX-F-103-1982. Alimentos. Frutas y derivados. Determinación de grados Brix. Foods. Fruits and Derivatives. Determination of degrees Brix. Normas Mexicanas, Dirección General de Normas. Diario Oficial de la Federación. Ciudad de México, México.
23. **DOF. 1982b.** NMX-F-428-1982. Alimentos. Determinación de humedad (método rápido de la termobalanza). Foods. Determination of moisture (thermobalance rapid method). Normas Mexicanas, Dirección General de Normas. Diario Oficial de la Federación. Ciudad de México, México.
24. **DOF. 1982c.** NMX-F-131-1982. Alimentos para humanos. Frutas y derivados. Mermelada de fresa. Foods for humans. Fruits and derivatives strawberry marmalade. Normas Mexicanas, Dirección General de Normas. Diario Oficial de la Federación. Ciudad de México, México.
25. **DOF. 1982d.** 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. Diario Oficial de la Federación. Ciudad de México, México.
26. **DOF. 1994a.** NOM-113-SSA1-1994. Bienes y servicios. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa. Norma Oficial Mexicana. Dirección General de Normas. Diario Oficial de la Federación. Ciudad de México, México.
27. **DOF. 1994b.** NOM-092-SSA1-1994. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa. Norma Oficial Mexicana. Dirección General de Normas. Diario Oficial de la Federación. Ciudad de México, México.

28. **DOF. 1994c.** NOM-110-SSA1-1994 Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico. Norma Oficial Mexicana. Dirección General de Normas. Diario Oficial de la Federación. Ciudad de México, México.
29. **DOF. 1995.** NOM-130-SSA1-1995. Bienes y servicios. Alimentos envasados en recipientes de cierre hermético y sometidos a tratamiento térmico. Disposiciones y especificaciones sanitarias. México. Norma Oficial Mexicana, Dirección General de Normas. Diario Oficial de la Federación. Ciudad de México, México.
30. **DOF. 2009.** Diario Oficial (Primera Sección). Modificación del inciso 0, el encabezado de la Tabla 13, el último párrafo del Anexo B y el apartado Signo decimal de la Tabla 21 de la Norma Oficial Mexicana NOM-008-SCFI-2002, Sistema general de unidades de medida. CUARTO.- Se modifica el encabezado de la Tabla 13 para quedar como sigue: Tabla 21 - Reglas para la escritura de los números y su signo decimal. Signo decimal El signo decimal debe ser una coma sobre la línea (,) o un punto sobre la línea (.) Si la magnitud de un número es menor que la unidad, el signo decimal debe ser precedido por un cero. *Diario Oficial de la Federación*. Jueves 24 de septiembre de 2009. Poder Ejecutivo Federal. Estados Unidos Mexicanos.
31. **Dos Santos, R.; Arge, L.; Costa, S.; Machado, N.; De Mello, P.; Rombaldi, C.; De Oliveira, A.** 2015. Genetic regulation and the impact of omics in fruit ripening. *Plant Omics*. 8(2):78-88.
32. **El Ghaouth, A.; Arul, J.; Asselin, A.; Benhamou, N.** 1992. Antifungal activity of chitosan on post-harvest pathogens: induction of morphological and citological alterations in *Rhizopus stolonifer*. *Mycological Research*. 96(9):769-779
33. **Enríquez, R.; Nava, J.** 2016. *Estudios de vida de anaquel en productos hortofrutícolas empleando recubrimientos obtenidos de exoesqueletos y cefalotórax de camarón*. Tesis profesional de Química de Alimentos, UNAM, Facultad de Química, Ciudad de México, México.
34. **FAO. 2006.** *Utilización agroindustrial del nopal*. Boletín de servicios agrícolas. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. Núm. 162:56.
35. **FAO. 2012.** *Pérdidas y desperdicio de alimentos en el mundo – Alcance, causas y prevención*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma, Italia.
36. **FAO. 2015.** *SAVE FOOD: Iniciativa mundial sobre la reducción de la pérdida y el desperdicio de alimentos*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma, Italia.
37. **FAO. 2018.** *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2018. Cumplir los objetivos de desarrollo sostenible*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma, Italia.
38. **Flores-Ortega, R.** 2004. *Bioplástico de quitina: formación de películas de quitina a partir de desechos de camarón por métodos ecológicos*. Tesis de Maestría en Ciencias, Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias Químicas, UNAM. Facultad de Química, México, D.F. México.
39. **Flores-Ortega, R.** 2008. *Obtención y caracterización de esponja de quitina a partir de cefalotórax de camarón*. Tesis de Doctorado en Ciencias, Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias Químicas, UNAM, México, D.F. México.
40. **Flores-Ortega, R.; Barrera-Rodríguez, S.; Durán-Domínguez-de-Bazúa, M.d.C.** 2004. Extracción ecológica de quitina y subproductos. Solicitud de Registro: Octubre 1,

2004. PA/a/2004/009517. Patente Núm. 264482. Otorgada el 12 de febrero de 2009. UNAM, Facultad de Química. IMPI. Ciudad de México, México.
41. **García-Luna-Pérez, I.J.; Vargas-Cid, Y.E.; García-Gómez, R.S.; Mendoza-Pérez, S.; Solís-Fuentes, J.A.; Durán-Domínguez-de-Bazúa, M.d.C.** 2019. Vida de anaquele de uvas rojas (*Vitis vinífera* L.) de la variedad globo rojo recubiertas con mezclas de quitina-quitosana de residuos de camarón. *Industria Alimentaria*. 41(5):34-45a,b. ISSN 0187-7658.
 42. **García-Montiel, A.L.; García-Gómez, R.S.; Durán-Domínguez-de-Bazúa, M.d.C.** 2018. Estudio del efecto de biopelículas extraídas de residuos de la industria camaronera sobre algunas características del jitomate (*Lycopersicon esculentum*) / *Study of some effects of biofilms extracted from residues of the shrimp industry on tomatoes (Lycopersicon esculentum)*. *Industria Alimentaria*. 40(5):18-29. ISSN 0187-7658.
 43. **Giovannoni, J.** 2004. Genetic regulation of fruit development and ripening. *The plant cell*. 16(1):S170-S180
 44. **Hadwiger, L.; Kendra, D.; Fristensky, B.; Wagoner, W.** 1986. Chitosan both activates genes in plants and inhibits RNA synthesis in fungi. *Chitin in nature and technology (Muzzarelli R.; Jeuniaux C., Gooday G. Eds.)*, New York, pp. 209-210
 45. **Hidalgo, C.; Fernández, M.; Nieto, M.; Paneque, A.; Fernández, G.; Llopiz, C.J.** 2009. Estudio de 'quitosanos' cubanos derivados de la quitina de la langosta. *Revista Iberoamericana de Polímeros*. 10(1): 11-27
 46. **Kader, A.** 2002. Postharvest technology of horticultural crops 3^a ed. Division of Agriculture and Natural Resources. Oakland, California: University of California.
 47. **Larez, 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.
 48. **Lelièvre, J.; Latché, A.; Jones, B.; Bouzayen, M.; Pech, J.** 1997. Ethylene and fruit ripening. *Physiologia Plantarum*. 101: 727-739.
 49. **Leuba, J. L.; Stossel, P.** 1986. Chitosan and other polyamines: antifungal activity and interaction with biological membranes. *Chitin in nature and technology Plenum Press*. pp. 215-222.
 50. **Mendoza, S.** 2014. *Obtención de pigmentos carotenoides a partir de desechos de jaiba (Callinectes sapidus)*. Tesis profesional de Químico de Alimentos, UNAM, Facultad de Química. Ciudad de México, México.
 51. **Nápoles, M.C.; Cabrera, J.C.; Cabrera, G.; Varela, M.** 1997. Efecto de diferentes polisacáridos sobre el crecimiento de algunos hongos fitopatógenos. *Cultivos Tropicales*. 18(3):27- 29.
 52. **Nava-Arévalo, J.D.; Enríquez-Estrada, R.A.; García-Gómez, R.S.; Durán-Domínguez-de-Bazúa, M.d.C.** 2016. Uso de recubrimientos naturales como complemento al tratamiento post-cosecha y ralentización de la madurez de guayabas (*Psidium guajava* L.). *Industria Alimentaria*. 38(3):62-72. ISSN 0187-7658
 53. **Navarro, M.** 2007. *Efecto de la composición de recubrimientos comestibles a base de hidroxipropilmetilcelulosa y cera de abeja en la calidad de ciruelas, naranjas y mandarinas*. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. Departamento de tecnología de alimentos.
 54. **Nergiz, C.; Yildiz, H.** 1997. Research on chemical of some varieties of european plums (*Prunus domestica*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 45:20820-2823
 55. **Omboki, R.; Wu, W.; Xie, X.; Mamadou, G.** 2015. Ripening genetics of the tomato fruit. *International Journal of Agriculture and Crop Science*. 8(4):567- 572.

56. O'Neill, S. 1997. Pollination regulation of flower development. *Annual Review of Plant Molecular Biology*. 48:547-574.
57. Parfitt, J.; Barthel, M.; MacNaughton, S. 2010. Food waste within food supply chains: quantification and potential for change to 2050". *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 365:3065-3081 (disponible en <http://rstb.royalsocietypublishing.org/content/365/1554/3065.full>)
58. Parra, A.; Hernández, J.; Camacho, J. 2008. Estudio fisiológico poscosecha y evaluación de la calidad de la ciruela variedad Horvin (*Prunus domestica* L.) bajo tres condiciones de almacenamiento refrigerado. *Ingeniería e Investigación*. Bogotá, Colombia. 28(1):99-104.
59. Ramírez, M.; Rodríguez, A.; Alfonso, I.; Peniche, C. 2010. La quitina y sus derivados, biopolímeros con potencialidades de aplicación agrícola. *Biotecnología aplicada*. 27:262-269.
60. Rhoades, J.; Roller, S. 2000. Antimicrobial actions of degraded and native chitosan against spoilage organism in laboratory media and foods. *Applied and Environmental Microbiology* 66(1):80-86.
61. Rodríguez-Cavallini, E.; Gamboa-Coronado, M.d.M.; Quezada-Gómez, C.; Rodríguez-Sánchez, E. 2016. *Bacteriología general. Principios y prácticas de laboratorio*. 2ª. ed. Ed. Universidad de Costa Rica. ISBN 978-9968-465-779. San José, Costa Rica. <http://www.editorial.ucr.ac.cr/ciencias-naturales-y-exactas/item/1663-bacteriologia-general-principios-y-practicas-de-laboratorio-2a-ed.html>
62. Rozo, L.; Álvarez, J.; Balaguera, H. 2015. Ethylene and changes during ripening in Horvin plum (*Prunus salicina* Lindl) fruits. *Agronomía Colombiana*. 33 (2):228
63. SADER Nayarit. 2018. Cultivo de camarón y su producción mexicana de calidad. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural de Nayarit. Nayarit, México [En línea] (Actualizado al 27 de julio de 2018). Disponible en: <https://www.gob.mx/agricultura/nayarit/articulos/cultivo-de-camaron-y-su-produccion-mexicana-de-calidad?idiom=es>
64. SAGARPA. 2018. Los camarones representan un importante recurso pesquero que ha crecido en los últimos años. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. [En línea] (Actualizado el 22 de abril de 2018). Disponible en: <https://www.gob.mx/sader/es/articulos/camaron-produccion-en-crecimiento>.
65. Sato, H.; Mizutani, S.; Tsuge, S. 1998. Determination of the degree of acetylation of chitin/chitosan by pyrolysis-Gas chromatography in the presence of oxalic acid. *Analytical Chemistry* 70: 7-12.
66. Seymour, G.; Ostergaard, L.; Chapman, N.; Knapp, S.; Martin, C. 2013. Fruit development and ripening. *Annual Review of Plant Biology*. 64: 219-241.
67. Skaugrud, O. 1991. Chitosan-New biopolymer for cosmetics and drugs. *Drug Cosmetic Ind.* 148:24-29. Citado por Girotra, P., Singh, S.K. 2015. Chitosan: An emanating polymeric carrier for drug delivery. Cap. 2. Pp. 33-60. En Handbook of Polymers for Pharmaceutical Technologies. Vol. 3. Biodegradable Polymers. Thakur, V.K., Thakur, M.K., eds. Scrivener Pub. Wiley. ISBN 978-1-119-94142-9. Hoboken New Jersey, Salem, Massachusetts, EE.UU.
68. Struszczyk, M. 2000. Characterization of chitosan. *Carbohydrates as Organic Raw Materials*. 4:15-19.
69. Tharanathan. R. 2003. Biodegradable films and composite coatings: past, present, and future. *Trends in Food Science & Technology*. 14(3):71-78.

70. **Tsai, G.-J.; Su, W.-H., S.** 1999. Antibacterial activity of shrimp chitosan against *Escherichia coli*. *Journal of Food Protection*, 62(3):239-243.
71. **Vargas-Cid, Y.E.; García-Luna-Pérez, I.J.; García-Gómez, R.S.; Mendoza-Pérez, S.; Solís-Fuentes, J.A.; Durán-Domínguez-de-Bazúa, M.d.C.** 2019. Recubrimiento natural a partir de residuos de crustáceos y su aplicación en un alimento casero: Mermelada de un fruto climatérico (higo, *Ficus carica*) / *Natural coating from crustacean wastes and its application in a homemade food: Preserve of a climacteric fruit (figs, Ficus carica)*. *Industria Alimentaria*. 41(4):46-51b. ISSN 0187-7658. https://issuu.com/alfaeditorestecnicos/docs/industria_alimentaria_julio-agosto_c94049d7855bcc/4