

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AGROINDUSTRIAL



**“EFECTO DEL RECUBRIMIENTO COMESTIBLE A BASE DE
PECTINA Y QUITOSANO EN LA VIDA ÚTIL DE ARÁNDANOS
(*Vaccinium corymbosum L.*)”**

PRESENTADO POR:

Bach. NAISHA YESIBELLA GONZALES HUANRI

Bach. EDWIN BRIAN QUISPE NAZARIO

ASESOR:

Dr. AUGUSTO CASTILLO CALDERÓN

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
AGROINDUSTRIAL**

Nuevo Chimbote – Perú

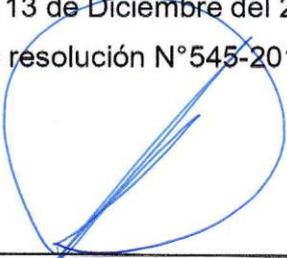
2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



HOJA DE AVAL DEL JURADO EVALUADOR

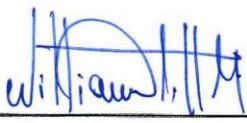
El presente trabajo de tesis titulado: "EFECTO DEL RECUBRIMIENTO COMESTIBLE A BASE DE PECTINA Y QUITOSANO EN LA VIDA ÚTIL DE ARÁNDANOS (*Vaccinium corymbosum* L.)", para obtener el título profesional de Ingeniero Agroindustrial, presentado por Bach. GONZALES HUANRI NAISHA YESIBELLA y Bach. QUISPE NAZARIO EDWIN BRIAN, que tienen como asesor al docente Dr. Augusto Castillo Calderón por resolución N°430-2017-UNS-FI. Ha sido revisado y aprobado el día 13 de Diciembre del 2019 por el siguiente jurado evaluador, designado mediante resolución N°545-2019-UNS-CFI.


Dr. Víctor Augusto Castro Zavaleta

Presidente


Dr. Augusto Castillo Calderón

Secretario


Ms. Williams Castillo Martínez

Integrante



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
E.P. DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 08:00 a.m., del 13 de Diciembre del 2019 se instaló en el Auditorio de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Agroindustrial, el Jurado Evaluador, designado mediante resolución N° 545-2019-UNS-CFI integrado por los docentes:

- **Dr. Víctor Augusto Castro Zavaleta** (Presidente)
- **Dr. Augusto Castillo Calderón** (Secretario)
- **Dra. Elza Berta Aguirre Vargas** (Integrante)
- **Ms. Williams Castillo Martínez** (Accesitario); de la Tesis titulada:

“EFECTO DEL RECUBRIMIENTO COMESTIBLE A BASE DE PECTINA Y QUITOSANO EN LA VIDA ÚTIL DE ARÁNDANOS (*Vaccinium corymbosum L.*)” elaborada por los bachilleres en Ingeniería Agroindustrial.

- **Bach. Gonzales Huanri Naisha Yesibella**
- **Bach. Quispe Nazario Edwin Brian**

Teniendo como Asesor al docente: **Dr. Augusto Castillo Calderón**, según resolución decanal N°430-2017-UNS-FI.

Asimismo, se hace presente que el Accesitario docente Ms. Williams Castillo Martínez asumió en reemplazo de la docente titular Dra. Elza Berta Aguirre Vargas; para dar inicio a la sustentación y evaluación de la referida Tesis.

Finalizada la sustentación, los Tesistas respondieron las preguntas formuladas por los miembros del Jurado y el Público presente.

El Jurado después de deliberar sobre aspecto relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes y en concordancia con el Artículo 103° del Reglamento de Grados y títulos de la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
GONZALES HUANRI NAISHA YESIBELLA	18	MUY BUENO

Siendo las 09:00 a.m. del mismo día, se dio por terminada dicha sustentación, firmando en señal de conformidad el presente jurado.

Nuevo Chimbote, 13 de Diciembre del 2019.

Dr. Víctor Augusto Castro Zavaleta
 Presidente

Dr. Augusto Castillo Calderón
 Secretario

Ms. Williams Castillo Martínez
 Integrante



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
E.P. DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 08:00 a.m., del 13 de Diciembre del 2019 se instaló en el Auditorio de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Agroindustrial, el Jurado Evaluador, designado mediante resolución N° 545-2019-UNS-CFI integrado por los docentes:

- **Dr. Víctor Augusto Castro Zavaleta** (Presidente)
- **Dr. Augusto Castillo Calderón** (Secretario)
- **Dra. Elza Berta Aguirre Vargas** (Integrante)
- **Ms. Williams Castillo Martínez** (Accesitario); de la Tesis titulada:

“EFECTO DEL RECUBRIMIENTO COMESTIBLE A BASE DE PECTINA Y QUITOSANO EN LA VIDA ÚTIL DE ARÁNDANOS (*Vaccinium corymbosum L.*)” elaborada por los bachilleres en Ingeniería Agroindustrial.

- **Bach. Gonzales Huanri Naisha Yesibella**
- **Bach. Quispe Nazario Edwin Brian**

Teniendo como Asesor al docente: **Dr. Augusto Castillo Calderón**, según resolución decanal N°430-2017-UNS-FI.

Asimismo, se hace presente que el Accesitario docente Ms. Williams Castillo Martínez asumió en reemplazo de la docente titular Dra. Elza Berta Aguirre Vargas; para dar inicio a la sustentación y evaluación de la referida Tesis.

Finalizada la sustentación, los Tesisistas respondieron las preguntas formuladas por los miembros del Jurado y el Público presente.

El Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes y en concordancia con el Artículo 103° del Reglamento de Grados y títulos de la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
QUISPE NAZARIO EDWIN BRIAN	18	MUY BUENO

Siendo las 09:00 a.m. del mismo día, se dio por terminada dicha sustentación, firmando en señal de conformidad el presente jurado.

Nuevo Chimbote, 13 de Diciembre del 2019.


Dr. Víctor Augusto Castro Zavaleta
Presidente


Dr. Augusto Castillo Calderón
Secretario


Ms. Williams Castillo Martínez
Integrante

DEDICATORIA

A Dios, por ser el creador de todo, por haber cuidado mis pasos durante estos años de estudio, por la fortaleza brindada para seguir adelante y superar cada obstáculo que se me presento.

A mis amados padres Olimpiades Gonzales y Julia Huanri, por brindarme su apoyo incondicional, por ser ejemplos de superación y perseverancia en el cumplimiento de metas, y sobre todo por la comprensión y amor que me demostraron día a día, ya que gracias a ellos ahora puedo ser una profesional.

A mis queridas hermanas Katherin y Nataly, las cuales siempre fueron un apoyo durante toda mi etapa universitaria, por la motivación que me dieron para mejorar cada día y no rendirme antes los obstáculos presentados.

Naisha Gonzales Huanri

DEDICATORIA

A Dios, por haberme dado la fuerza y valentía para seguir adelante en todo momento, permitiéndome adquirir nuevas experiencias y el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis padres Martín Quispe y María Nazario por brindarme su apoyo incondicional, comprensión y sobre todo su amor a lo largo de mi vida, pues ellos son mi mayor motivación para lograr mis objetivos y metas en mi formación profesional.

A mis hermanos Aldair y Brenda, por estar conmigo durante todo este tiempo, por el amor y cariño que me demuestran día a día.

Edwin Quispe Nazario

AGRADECIMIENTO

Agradecidos siempre con Dios por su infinito amor para con nosotros, por ser nuestro guía en cada paso que damos en nuestras vidas y permitirnos culminar satisfactoriamente nuestra etapa universitaria.

A nuestros padres por su amor, comprensión y apoyo incondicional en todo momento, ya que son ellos nuestros motivos para seguir adelante y cumplir con las metas que nos trazamos como profesionales.

A nuestro asesor Dr. Augusto Castillo Calderón por su enseñanza, orientación y paciencia para culminar satisfactoriamente esta tesis.

Al ingeniero Lenin por sus consejos y disponibilidad de tiempo para orientarnos y ayudarnos durante el desarrollo de nuestra tesis.

A la señorita Silvia, encargada de la biblioteca de la E.P Ing. Agroindustrial, por apoyarnos facilitándonos material bibliográfico para el desarrollo de esta tesis.

A nuestros compañeros y amigos Edwin Sifuentes y Karelia Sánchez por el apoyo que nos brindaron durante el desarrollo de esta investigación, además por la sincera amistad que tuvieron con nosotros en todo momento.

LOS AUTORES

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	xxii
ABSTRACT.....	xxiii
I. INTRODUCCIÓN.....	24
II. MARCO TEORICO	27
2.1. Arándano	27
2.1.1. Generalidades	27
2.1.2. Descripción taxonómica	29
2.1.3. Variedades	29
2.1.3.1. Northern highbush blueberry (alto requerimiento de frío):.....	30
2.1.3.2. Southern highbush blueberry (bajo requerimiento de frío):.....	31
2.1.4. Composición química	34
2.1.5. Valor nutricional	36
2.1.6. Cosecha y Post-cosecha de arándanos	37
2.1.6.1. Índice de cosecha	37
2.1.6.2. Índice de calidad	38
2.1.6.3. Temperatura y humedad relativa	38
2.1.6.4. Uso de atmosfera controlada y modificada	39
2.1.7. Parámetros fisicoquímicos del fruto arándanos	40
2.1.7.1. Pérdida de peso (Pp)	40
2.1.7.2. Sólidos solubles totales (SST).....	41
2.1.7.3. Acidez titulable (AT).....	41
2.1.7.4. pH.....	42
2.1.7.5. Textura:.....	42
2.1.8. Parámetros funcionales del fruto arándano	43
2.1.8.1. Capacidad antioxidante	43
2.1.8.2. Fenoles totales.....	44
2.2. Recubrimiento comestible	45
2.2.1. Aspectos Generales.....	45
2.2.2. Componentes de los recubrimientos	45
2.2.2.1. Recubrimientos a base de hidrocolóides	46
2.2.2.2. Recubrimientos a base de lípidos.....	47
2.2.2.3. Recubrimientos compuestos.....	48

2.2.2.4. Los Plastificantes y el Glicerol	49
2.2.3. Recubrimientos comestibles a base de Pectina y Quitosano.....	49
2.2.3.1. Quitosano como recubrimiento comestible.....	50
2.2.3.2. Pectina como recubrimiento comestible.....	52
2.2.4. Modo de aplicación de los recubrimientos.....	53
2.3. Vida Útil.....	54
III. MATERIALES Y MÉTODOS	56
3.1. Lugar de Ejecución	56
3.2. Materiales	56
3.2.1. Materia prima:.....	56
3.2.2. Insumos para el recubrimiento comestible:.....	56
3.2.3. Reactivos:	57
3.2.4. Materiales:.....	57
3.2.5. Materiales de vidrio	58
3.2.6. Equipos:.....	59
3.3. Métodos.....	60
3.3.1. Desarrollo general.....	60
3.3.1.1. Elaboración de recubrimiento comestible.....	60
3.3.1.2. Aplicación de recubrimiento comestible en arándanos.....	61
3.3.2. Diseño Experimental:	65
3.3.3. Métodos de análisis.....	68
3.3.3.1. Humedad (%)	68
3.3.3.2. Cenizas (%)	68
3.3.3.3. Textura (mJ)	68
3.3.3.4. Sólidos solubles totales (°Brix).....	68
3.3.3.5. Acidez titulable (%).....	69
3.3.3.6. pH.....	69
3.3.3.7. Pérdida de peso (%).....	69
3.3.3.8. Método para la extracción de las muestras para determinación de antocianinas, polifenoles totales y capacidad antioxidante.....	69
3.3.3.9. Contenido de Antocianina	70
3.3.3.10. Polifenoles Totales	71
3.3.3.11. Capacidad Antioxidante.....	73
3.3.3.12. Vitamina C (mg/100g)	74
3.3.4. Análisis Sensorial.....	74

3.3.5. Vida útil.....	75
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	76
4.1. Caracterización de la materia prima – Arándano (<i>Vaccinium corymbosum L.</i>).....	76
4.2. Evaluación de los diferentes recubrimientos comestibles a base de pectina y quitosano... 78	
4.2.1. Evaluación de arándanos con recubrimiento comestible a base de pectina y quitosano en la pérdida de peso (%) durante el almacenamiento.	78
4.2.1.1. Efecto del recubrimiento comestible a base de pectina y quitosano en arándanos en la pérdida de peso (%) después de 15 días de almacenamiento.....	82
4.2.2. Evaluación de arándanos con recubrimiento comestible a base de pectina y quitosano en la variación de los Sólidos Solubles Totales durante el almacenamiento.	85
4.2.2.1. Efecto del recubrimiento comestible a base de pectina y quitosano en arándanos en el Contenido de Sólidos Solubles después de 15 días de almacenamiento. ...	88
4.2.3. Evaluación de arándanos con recubrimiento comestible a base de pectina y quitosano en la variación de la Acidez durante el almacenamiento.	91
4.2.3.1. Efecto del recubrimiento comestible a base de pectina y quitosano en arándanos en el porcentaje de Acidez después de 15 días de almacenamiento.	94
4.2.4. Evaluación de arándanos con recubrimiento comestible a base de pectina y quitosano en la variación del pH durante el almacenamiento.	97
4.2.4.1. Efecto del recubrimiento comestible a base de pectina y quitosano en arándanos en el contenido de pH después de 15 días de almacenamiento.....	100
4.2.5. Obtención de la óptima formulación de recubrimiento comestible luego de 15 días de almacenamiento	103
4.2.6. Evaluación del Análisis Sensorial durante el almacenamiento.....	105
4.2.6.1. Evaluación sensorial de arándanos con recubrimiento comestible a base de pectina y quitosano en la variación de Firmeza durante el almacenamiento. .	105
4.2.5.1.1. Evaluación Sensorial para Firmeza de los arándanos recubiertos después de 15 días de almacenamiento.....	107
4.2.6.2. Evaluación sensorial de arándanos con recubrimiento comestible a base de pectina y quitosano en la variación de Sabor durante el almacenamiento.	109
4.2.5.2.1. Evaluación Sensorial para Sabor de los arándanos recubiertos después de 15 días de almacenamiento.	112
4.2.6.3. Evaluación sensorial de arándanos con recubrimiento comestible a base de pectina y quitosano en la variación de Brillantez durante el almacenamiento.	113

4.2.5.3.1. Evaluación Sensorial para la Brillantez de los arándanos recubiertos después de 15 días de almacenamiento.....	116
4.2.6.4. Evaluación sensorial de arándanos con recubrimiento comestible a base de pectina y quitosano en la variación de Aceptabilidad General durante el almacenamiento.	117
4.2.5.4.1. Evaluación Sensorial para la Aceptabilidad General de los arándanos recubiertos después de 15 días de almacenamiento.....	120
4.3. Evaluación del arándano con la formulación optima de recubrimiento comestible a base de pectina y quitosano.....	122
4.3.1. Caracterización de la Materia prima.....	122
4.3.2. Evaluación del Análisis Físicoquímicos.....	125
4.3.2.1. Evaluación del recubrimiento comestible óptimo a base de pectina y quitosano en la Pérdida de Peso durante el almacenamiento.	125
4.3.2.2. Evaluación del recubrimiento comestible óptimo a base de pectina y quitosano en la variación de Firmeza durante el almacenamiento.	127
4.3.2.3. Evaluación del recubrimiento comestible óptimo a base de pectina y quitosano en el contenido de Sólidos Solubles Totales durante el almacenamiento.	129
4.3.2.4. Evaluación del recubrimiento comestible óptimo a base de pectina y quitosano en el contenido de Acidez durante el almacenamiento.	131
4.3.2.5. Evaluación del recubrimiento comestible óptimo a base de pectina y quitosano en el contenido de pH durante el almacenamiento.	133
4.3.2.6. Evaluación del recubrimiento comestible óptimo a base de pectina y quitosano en el contenido de Polifenoles Totales durante el almacenamiento.	135
4.3.2.7. Evaluación del recubrimiento comestible óptimo a base de pectina y quitosano en el contenido de Capacidad Antioxidante durante el almacenamiento.	137
4.3.3. Evaluación del Análisis Sensorial.....	140
4.3.3.1. Evaluación del recubrimiento comestible óptimo en el parámetro de Firmeza durante el almacenamiento.....	140
4.3.3.2. Evaluación del recubrimiento comestible óptimo en el parámetro de Deshidratación Visual durante el almacenamiento.....	142
4.3.3.3. Evaluación del recubrimiento comestible óptimo en el parámetro de Sabor durante el almacenamiento.....	143
4.3.3.4. Evaluación del recubrimiento comestible óptimo en el parámetro de Brillantez durante el almacenamiento.....	145
4.3.4. Determinación de la vida útil.....	146
V. CONCLUSIONES.....	148

VI. RECOMENDACIONES.....	149
VII. REFERENCIA BIBLIOGRAFICA	150
VIII. ANEXOS.....	168

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación taxonómica del arándano.	29
Tabla 2 Composición nutricional del arándano (<i>Vaccinium corymbosum L.</i>) por cada 100gr de arándano comestible.....	35
Tabla 3 Delimitantes del DCCR.....	65
Tabla 4 Matriz con valores codificados.....	66
Tabla 5 Matriz con valores verdaderos.....	66
Tabla 6 Matriz de diseño del experimento.....	67
Tabla 7 Caracterización de la materia prima – Arándano (<i>Vaccinium corymbosum L.</i>)....	76
Tabla 8 Análisis de Varianza para Pérdida de Peso (%) para arándanos con recubrimiento comestible a base de pectina y quitosano durante el almacenamiento	80
Tabla 9 Prueba de Tukey HSD para la Pérdida de Peso de los arándanos con recubrimiento comestible a base de pectina y quitosano durante el almacenamiento	81
Tabla 10 Resultados de la pérdida de peso en arándanos recubiertos con las diversas formulaciones	82
Tabla 11 Análisis de varianza para la Pérdida de peso de los arándanos recubiertos después de 15 días	83
Tabla 12 Análisis de varianza para los sólidos solubles totales de los arándanos con recubrimiento comestible a base de pectina y quitosano durante el almacenamiento	87
Tabla 13 Prueba de Tukey HSD para sólidos solubles totales de los arándanos recubiertos durante el almacenamiento.....	87
Tabla 14 Resultados de contenido de sólidos solubles totales en arándanos recubiertos con las diversas formulaciones	88
Tabla 15 Análisis de varianza para el contenido de Sólidos solubles totales de los arándanos recubiertos después de 15 días	89

Tabla 16 Análisis de varianza para la acidez de los arándanos con recubrimiento comestible a base de pectina y quitosano durante el almacenamiento.....	92
Tabla 17 Prueba de Tukey HSD para la Acidez de los arándanos recubiertos durante el almacenamiento.....	93
Tabla 18 Resultado de Acidez en arándanos recubiertos con las diversas formulaciones .	94
Tabla 19 Análisis de varianza para la acidez (%) de los arándanos recubiertos después de 15 días de almacenamiento.....	95
Tabla 20 Análisis de varianza para el pH de los arándanos con recubrimiento comestible a base de pectina y quitosano durante el almacenamiento	98
Tabla 21 Prueba Tukey HSD para el pH de los arándanos recubiertos durante el almacenamiento.....	99
Tabla 22 Resultados de pH en arándanos recubiertos con las diversas formulaciones	100
Tabla 23 Análisis de varianza para el pH de los arándanos recubiertos después de 15 días de almacenamiento.....	101
Tabla 24 Optimización de múltiples respuestas.....	103
Tabla 25 Valores Óptimos	104
Tabla 26 Análisis de varianza para el atributo de Firmeza de los arándanos con recubrimiento comestible a base pectina y quitosano durante el almacenamiento	106
Tabla 27 Prueba Tukey HSD para la Firmeza de los arándanos recubiertos durante el almacenamiento.....	107
Tabla 28 Análisis de varianza para Firmeza en arándanos con recubrimientos comestibles a base de pectina y quitosano después de 15 días de almacenamiento	108
Tabla 29 Análisis de varianza para el atributo de Sabor de los arándanos con recubrimiento comestible a base de pectina y quitosano durante el almacenamiento	110

Tabla 30 Prueba Tukey HSD para el Sabor de los arándanos recubiertos durante el almacenamiento.....	111
Tabla 31 Análisis de varianza para Sabor en arándanos con recubrimiento comestible a base de pectina y quitosano después de 15 días de almacenamiento	112
Tabla 32 Análisis de varianza para el atributo de Brillantez de los arándanos con recubrimiento comestible a base de pectina y quitosano durante el almacenamiento	114
Tabla 33 Prueba Tukey HSD para la Brillantez de los arándanos recubiertos durante el almacenamiento.....	115
Tabla 34 Análisis de varianza para Brillantez en arándanos con recubrimientos comestibles a base de pectina y quitosano después de 15 días de almacenamiento.....	116
Tabla 35 Análisis de varianza para el atributo de Apariencia General de los arándanos con recubrimiento comestible a base de pectina y quitosano durante el almacenamiento	119
Tabla 36 Prueba de Tukey HSD para la Aceptabilidad General de los arándanos recubiertos durante el almacenamiento	119
Tabla 37 Análisis de varianza para Aceptabilidad General en arándanos con recubrimientos comestibles a base de pectina y quitosano después de 15 días de almacenamiento	120
Tabla 38 Caracterización del arándano var. Biloxi	122

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Frutos de Arándano "Blueberry" (<i>Vaccinium corymbosum L.</i>)	28
Figura 2: Estructura de la pectina, un polímero de las paredes celulósicas de los vegetales, formadas por la polimerización del ácido galacturónico.....	53
Figura 3: Procedimiento de la elaboración de recubrimientos comestible a base de pectina y quitosano.....	60
Figura 4: Procedimiento para la aplicación de recubrimientos comestibles a base de pectina y quitosano en arándanos (<i>Vaccinium corymbosum L.</i>)	62

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Efecto del recubrimiento comestible a base de pectina y quitosano sobre la pérdida de peso de peso en arándanos durante su almacenamiento	78
Gráfico 2. Superficie de Respuesta para la pérdida de peso de los arándanos recubiertos después de 15 días.	84
Gráfico 3. Efecto de recubrimiento comestible a base de pectina y quitosano sobre el contenido de sólidos solubles totales en arándanos durante su almacenamiento.....	85
Gráfico 4. Superficie de respuesta para el contenido de sólidos solubles totales de los arándanos recubiertos después de 15 días.....	90
Gráfico 5. Efecto del recubrimiento comestible a base de pectina y quitosano sobre la acidez en arándanos durante su almacenamiento.....	91
Gráfico 6. Superficie de respuesta para la acidez de los arándanos recubiertos después de 15 días de almacenamiento	96
Gráfico 7. Efecto del recubrimiento comestible a base de pectina y quitosano sobre el pH en arándanos durante su almacenamiento	97
Gráfico 8. Superficie de respuesta para el contenido de pH de los arándanos recubiertos después de 15 días de almacenamiento	102
Gráfico 9. Efecto de los recubrimientos comestibles a base de pectina y quitosano sobre el puntaje para Textura en arándanos durante el almacenamiento.....	105
Gráfico 10. Gráfico de Medias para el atributo de Firmeza	108
Gráfico 11. Efecto de los recubrimientos comestibles a base de pectina y quitosano sobre el puntaje para Sabor en arándanos durante el almacenamiento.....	109
Gráfico 12. Gráfico de medias para el atributo de Sabor	112
Gráfico 13. Efecto de los recubrimientos comestibles a base de pectina y quitosano sobre el puntaje para Brillantez en arándanos durante el almacenamiento	113

Gráfico 14. Gráfico de medias para el atributo de Brillantez	116
Gráfico 15. Efecto de recubrimientos comestibles a base de pectina y quitosano sobre el puntaje para Aceptabilidad General en arándanos durante el almacenamiento	118
Gráfico 16. Gráficos de medias para la Aceptabilidad General.....	121
Gráfico 17. Efecto del recubrimiento comestible óptimo a base de pectina y quitosano sobre la Pérdida de peso en arándanos durante el almacenamiento	125
Gráfico 18. Efecto del recubrimiento comestible óptimo a base de pectina y quitosano sobre la firmeza en arándanos durante el almacenamiento	127
Gráfico 19. Efecto del recubrimiento comestible óptimo a base de pectina y quitosano sobre los Solidos Solubles Totales en arándanos durante el tiempo	129
Gráfico 20. Efecto del recubrimiento comestible óptimo a base de pectina y quitosano sobre la Acidez en arándanos durante el almacenamiento.....	131
Gráfico 21. Efecto del recubrimiento comestible óptimo a base de pectina y quitosano sobre el pH en arándanos durante el almacenamiento	133
Gráfico 22. Efecto del recubrimiento comestible óptimo a base de pectina y quitosano sobre el contenido de Polifenoles Totales en arándanos durante el almacenamiento	135
Gráfico 23. Efecto del recubrimiento comestible óptimo a base de pectina y quitosano sobre la capacidad antioxidante en arándanos durante el almacenamiento	137
Gráfico 24. Efecto del recubrimiento comestible óptimo sobre el parámetro de Firmeza en arándanos durante el almacenamiento.....	140
Gráfico 25. Efecto del recubrimiento comestible óptimo sobre el parámetro de Deshidratación Visual en arándanos durante el almacenamiento	142
Gráfico 26. Efecto del recubrimiento comestible óptimo sobre el parámetro de Sabor en arándanos durante el almacenamiento.....	143

Gráfico 27. Efecto del recubrimiento comestible óptimo sobre el parámetro de Brillantez en arándanos durante el almacenamiento.....	145
Gráfico 28. Vida útil de la muestra control de arándanos	147
Gráfico 29. Vida útil de los arándanos con recubrimiento comestible óptimo a base de pectina y quitosano	147

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: Resultados de los arándanos con los diversos tratamientos de recubrimientos comestibles durante el almacenamiento	168
ANEXO 2: Ficha para el análisis sensorial de los arándanos con los tratamientos de recubrimiento comestible de durante el almacenamiento.....	172
ANEXO 3: Resultados del análisis sensorial de los arándanos con los diversos tratamientos de recubrimiento comestible durante el almacenamiento.....	174
ANEXO 4: Curva de calibrado para la determinación del contenido de Vitamina C	178
ANEXO 5: Determinación del contenido de antocianinas en arándanos (materia prima)	178
ANEXO 6: Resultados de los análisis fisicoquímicos en los arándanos recubiertos con la formulación óptima y tratamiento control durante el almacenamiento	179
ANEXO 7: Determinación del contenido de Polifenoles Totales del tratamiento óptimo y control durante el almacenamiento.....	181
ANEXO 8: Determinación del contenido de capacidad antioxidante del tratamiento óptimo y control durante el almacenamiento.....	183
ANEXO 9: Resultados del contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante del tratamiento óptimo y control durante el almacenamiento	184
ANEXO 10: Ficha para el análisis sensorial del tratamiento óptimo y control durante el almacenamiento.....	185
ANEXO 11: Resultados del análisis sensorial del tratamiento óptimo y control durante el almacenamiento.....	187
ANEXO 12: Procedimiento para la elaboración de recubrimiento comestibles a base de pectina y quitosano	189

ANEXO 13: Procedimiento para la aplicación de recubrimiento comestible a base de pectina y quitosano en arándanos.....	190
ANEXO 14: Procedimientos de los diversos análisis realizados.....	192

RESUMEN

El trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto del recubrimiento comestible a base de pectina y quitosano en la vida útil de arándanos. Primero se realizó la caracterización fisicoquímica, polifenoles totales y capacidad antioxidante de la materia prima, el diseño experimental utilizado fue la metodología de superficie de respuesta (MSR) con un diseño compuesto central rotatable (DCCR) con dos variables, las cuales fueron la concentración de pectina (0.002 – 0.397% p/v) y la concentración de quitosano (0.002 – 0.397% p/v), obteniéndose 11 tratamientos de recubrimiento comestible. Estos 11 tratamientos fueron elaborados y utilizados para revestir muestras de arándanos, las operaciones para el revestimiento fueron: recepción de materia prima, selección y clasificación, lavado y desinfección, oreado, inmersión en el recubrimiento comestible, secado, envasado, pesado y almacenado a 4°C durante 22 días, además se tuvo un tratamiento control almacenado a las mismas condiciones. Durante el almacenamiento se realizaron análisis fisicoquímicos, además las muestras fueron analizadas sensorialmente. Se determinó la formulación óptima de recubrimiento comestible, la cual tuvo 0.363% p/v de quitosano y 0.012% p/v de pectina, se elaboró dicha formulación y se aplicó en arándanos para su comparación con las muestras de arándano control, ambas muestras se volvieron a almacenar a 4°C. Durante el tiempo de almacenamiento se evaluó las características fisicoquímicas, contenido de polifenoles totales, capacidad antioxidante y análisis sensorial (con un panel de 35 personas).

La determinación de vida útil se basó en la aceptabilidad general, concluyendo que el recubrimiento con la formulación óptima logró alargar la vida útil de los arándanos en 5 días en comparación a la muestra control.

PALABRAS CLAVES: arándano, quitosano, pectina, análisis fisicoquímico, capacidad antioxidante y polifenoles totales.

ABSTRACT

The research work aimed to evaluate the effect of the edible coating based on pectin and chitosan on the shelf life of blueberries. First the physicochemical characterization, total polyphenols and antioxidant capacity of the raw material was performed, the experimental design used was the response surface methodology (MSR) with a rotatable central composite design (DCCR) with two variables, which were the concentration of pectin (0.002-0.397% w / v) and chitosan concentration (0.002-0.397% w / v), obtaining 11 edible coating treatments. These 11 treatments were elaborated and used to coat blueberry samples, the operations for the coating were: reception of raw material, selection and classification, washing and disinfection, drying, immersion in the edible coating, drying, packaging, weighing and stored at 4 ° C for 22 days, in addition there was a control treatment stored at the same conditions. During the storage, physicochemical analyzes were performed, in addition the samples were analyzed sensory.

The optimal edible coating formulation was determined, which had 0.363 % w / v of chitosan and 0.012 % w / v of pectin, said formulation was prepared and applied in blueberries for comparison with blueberry control samples, both samples were stored again at 4 ° C. During the storage time the physicochemical characteristics, total polyphenol content, antioxidant capacity and sensory analysis (with a panel of 35 people) were evaluated.

The determination of shelf life was based on general acceptability, concluding that the coating with the optimal formulation managed to extend the shelf life of blueberries in 5 days compared to the control sample.

KEY WORDS: blueberry, chitosan, pectin, physicochemical analysis, antioxidant capacity and total polyphenols.

I. INTRODUCCIÓN

Los arándanos son actualmente uno de los frutos más valiosos en todo el mundo debido a que posee atractivas propiedades organolépticas y nutricionales. Los beneficios de esta baya para la salud de quien lo consume es la principal causa del incremento en su demanda. En el Perú años atrás eran pocas las personas que consumían esta fruta, pero en la actualidad este número ha aumentado considerablemente debido a que son más el número de personas que se preocupan por llevar una alimentación sana y natural.

Los arándanos son conocidos por su ser rico en compuestos bioactivos (como los flavonoides, ácidos fenólicos, taninos, antocianinas) que son beneficiosos para la salud ya que ayudan a proteger contra enfermedades cardiovasculares, inflamación, obesidad, diabetes, cáncer y entre otras enfermedades crónicas (Wu, Frei, Kennedy y Zhao, 2010). Sin embargo, el arándano al igual que las otras berries, son frutas muy sensibles; desde el momento en que son cosechados están propensos a diversos cambios estructurales, nutricionales y bioquímicos. Según Yang *et al.*, (2014), estos cambios durante la postcosecha dependen de las condiciones de almacenamiento al que sean expuestos.

Según Connor, Luby, Hancock, Berkheimer y Hanson (2002) la respiración postcosecha y la transpiración de esta baya durante el almacenamiento causan el deterioro de su calidad y por ende una disminución de su vida útil. Además, los compuestos bioactivos que posee el arándano también son propensos a degradarse durante su almacenamiento postcosecha, esto debido a reacciones oxidativas que pueden afectar negativamente el contenido fenólico y capacidad antioxidante de las bayas.

Se han utilizado diversos métodos y tecnologías para reducir el deterioro postcosecha de estas bayas, con la finalidad de extender su vida útil, y conservar la calidad nutricional de los arándanos. Los métodos más usados son el almacenamiento en frío (baja temperatura y alta humedad relativa), irradiación UV, envasado en atmósfera modificada, ozonización,

fumigación con dióxido de azufre, y el uso de recubrimientos comestibles (Velickova, Winkelhausen, Kuzmanova, Alves, Moldão-Martins, 2013).

El uso de un recubrimiento comestible ha sido una tecnología de preservación popular en los últimos años, este método trabaja para controlar una composición de gas interna modificada y una barrera protectora que retarda la respiración y la velocidad de transpiración, evitando una gran pérdida de agua y por ende un retraso en la senescencia del fruto (Tezotto-Uliana, Fargoni, Geerdink y Kluge, 2014). Además, los recubrimientos comestibles ayudan a mantener la calidad en la firmeza de la fruta, e inclusive a veces reduce el crecimiento microbiano (Amal, El-Mogy, Aboul-Anean y Alsanius, 2010; Nandane y Jain, 2011). Por otro lado, se debe considerar que el uso de recubrimientos comestibles permite obtener frutas listas para el consumo.

El quitosano es un biopolímero que se produce industrialmente a partir de la desacetilación química de la quitina que se encuentra en los exoesqueletos de crustáceos. Este biopolímero es biodegradable, no tóxico y no alergénico, lo que contribuye a su uso en muchos campos, incluidos el alimenticio (Shahidi, Arachchi y Jeon, 1999; Kim y Rajapakse, 2005). Según Ribeiro, Vicente, Teixeira y Miranda, (2007) y Duan *et al.* (2011), este biopolímero se ha utilizado en recubrimientos comestibles para controlar la atmósfera interna de gas de la fruta, ayudando a su vez como una barrera para el vapor de agua que permite reducir la pérdida de humedad y retrasar la deshidratación de la fruta.

La pectina es un complejo de polisacáridos, se encuentra en la composición de los frutos, y es uno de los principales componentes de las paredes celulares primaria y media de los tejidos vegetales (Arellanes *et al.*, 2011). En su gran mayoría es extraído de la cascara de los cítricos, es un biopolímero no tóxico, biocompatible y biodegradable, razones por la cual ha sido empleada como recubrimiento comestible. (Sriamornsak, Wattanakorn, Nunthanid, y Puttipitkhachorn, 2008).

El objetivo del presente trabajo de investigación fue evaluar el efecto del recubrimiento comestible a base de pectina y quitosano en la vida útil de arándanos (*Vaccinium corymbosum* L.) durante el tiempo de almacenamiento a 4°C; siendo los objetivos específicos los siguientes:

- Caracterizar los arándanos en fresco.
- Evaluar el efecto de los recubrimientos comestibles a base de pectina y quitosano en los parámetros fisicoquímicos (pérdida de peso, sólidos solubles totales, acidez, pH) del arándano.
- Evaluar el efecto de los recubrimientos comestibles a base de pectina y quitosano en las características sensoriales (firmeza, sabor, brillantez y aceptabilidad general) del arándano.
- Determinar la formulación óptima para un recubrimiento comestible a base de pectina y quitosano que permita alargar la vida útil del arándano.
- Evaluar los parámetros fisicoquímicos (pérdida de peso, firmeza, sólidos solubles totales, acidez, pH, polifenoles totales, capacidad antioxidante) del arándano recubrimiento con la formulación óptima durante su almacenamiento a 4°C.
- Evaluar las características sensoriales (firmeza, deshidratación visual, sabor, brillantez) del arándano recubrimiento con la formulación óptima durante su almacenamiento a 4°C.
- Evaluar la vida útil de los arándanos recubiertos con la formulación óptima de recubrimiento comestible.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Arándano

2.1.1. Generalidades

El arándano es un fruto nativo de América del Norte, lugar donde crece de manera silvestre; valorado por muchos como uno de los frutos más antiguos, es parte del grupo conocido como los frutos del bosque. Esta baya pertenece a la familia *Ericácea*, género *Vaccinium*, el cual engloba a una cantidad de especies (Vázquez, Guillén, Jaramillo, Jiménez, y Rodríguez, 2012).

Pino (2007) indica que el género *Vaccinium* es integrado por más de 30 especies, aunque solo un reducido grupo de estos, tiene importancia comercial. Entre las especies que pertenecen a este reducido grupo están el Highbush blueberry o “arándano alto” (*Vaccinium corymbosum* L.), Lowbush blueberry o “arándano bajo” (*Vaccinium angustifolium* Ait.), “arándano ojo de conejo” (*Vaccinium virgatum* Ait., ex *V. ashei* Reade), “arándano europeo” (*Vaccinium myrtillus* L.) y “arándana” (*Vaccinium macrocarpon*).

De todas las especies cultivadas, la de mayor trascendencia es el arándano Alto (*Vaccinium corymbosum*), la cual simboliza más del 80% de las especies cultivadas; seguida por la especie Ojo de Conejo con un alcance de alrededor del 14%. El *Vaccinium corymbosum* fue la primera especie en introducirse al cultivo, oriunda de la costa-este de Norte América, que cumpliendo algunos requisitos de cultivo puede alcanzar hasta 2,5 m de altura. Gracias al proceso evolutivo que ha sufrido esta especie desde inicios de 1906, actualmente este tipo de arándano es la de mayor calidad en cuanto a tamaño y sabor (INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS [INIA], 2017).

El fruto del arándano, constituye parte del grupo comercialmente conocido como “berries”, término que se utiliza internacionalmente para designar a este grupo de frutas, entre las que también se encuentran la frambuesa, frutilla, grosella, mora, baby kiwi, cranberry, etc. Entre las características de este fruto es que posee una piel cuyo color va de azul claro a oscuro, una forma semi-esférica de 7 a 15 mm; y que en su interior posee pequeñas semillas, además de presentar un sabor agridulce muy característico (ASOCIACIÓN DE EXPORTADORES [ADEX], 2009).

Esta fruta tiene un gran contenido de agua (más del 80%) y un reducido importe calórico, su calidad está definida debido a que es una gran fuente de fibra, vitaminas y minerales (Vázquez *et al.*, 2012). Además, contiene una gran cantidad de antioxidantes, característica nutricional por el cual presenta altas perspectivas de crecimiento en el mercado internacional. (MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO [MINAGRI], 2016).



Figura 1. Frutos de Arándano "Blueberry" (*Vaccinium corymbosum* L.).

2.1.2. Descripción taxonómica

En la tabla 1 se describe la clasificación taxonómica del arándano:

Tabla 1
Clasificación taxonómica del arándano.

Clasificación taxonómica	
Reino	Plantae
División	Magnoliophytas
Subdivisión	Angiosperma
Clase	Dicotiledónea
Subclase	Dilleniidae
Orden	Ericales
Familia	Ericáceas
Subfamilia	Vaccinioideae
Tribu	Vaccinieae
Sección	Cyanococcus
Subgénero	Cyanococcus
Genero	Vaccinium
Especie	<i>Vaccinium corymbosum L.</i>

Fuente. Retamales y Hancock, 2012 b.

2.1.3. Variedades

Castillo (2008) indica que los arándanos son diferenciados primordialmente en su comportamiento con respecto al frío, es decir su requerimiento de horas frío (H.F) para levantar su latencia invernal, su resistencia a las bajas temperaturas tanto a las heladas invernales (en climas fríos) como a las primaverales (en zonas tardías o cálidas).

El “*Vaccinium corymbosum*” fue la primera especie que se introdujo a la siembra, siendo sujeta a continuos procesos de selección; en la actualidad existen más de 50 variedades mejoradas, desarrolladas primordialmente en Estados Unidos (Pino, 2007).

Jara (2012) hace referencia que dentro de la especie de “arándano alto” se divide en variedades dependiendo de distintos requerimientos de temperaturas: Northern highbush (temperaturas bajas) y Southern highbush (temperaturas altas).

2.1.3.1. Northern highbush blueberry (alto requerimiento de frío):

Las variedades “northern highbush” son aquellas que han sido sometidas a un proceso de mejoramiento en busca de fruta de mayor calidad y mayor resistencia a temperaturas de invierno, crecen en regiones frías con temperaturas inferiores de -20 °C y con acumulación de entre 800-1000 horas frío (Hancock, 2012; Retamales & Hancock, 2012b).

Además, habitualmente se cultivan en latitudes superiores a los 45°, las plantas llegan a tener alturas de entre 1.5 a 7 m. El fruto de esta variedad es de tamaño grande, de piel muy fina, el color de su pulpa es blanca y además posee poca semilla. (INSTITUTO PARA LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN AGRICULTURA [INTAGRI], 2017).

Las variedades más importantes que se encuentran aquí son:

- **Duke:** Arbusto de vigor medio, erecto. Variedad muy productiva, de fruta firme, floración tardía, pero de producción semi temprana. El fruto cosechado posee un calibre grande y uniforme, además de presentar uno de los mejores comportamientos postcosechas de todas las variedades. De producción concentrada, es apta para todo mercado. Los requerimientos de frío de Duke están entre las 700 y 900 al año. Es una

variedad que requiere un manejo de poda intenso, que permita un balance entre brotes basales del año, de dos años y 3 años y más en proporciones iguales (González y Gloria, 2017).

- **Brigitta:** Presenta altos rendimientos por hectárea, pero dependiendo del lugar de su cultivo puede verse perjudicado por altas temperaturas y lluvias en verano, que generan partiduras en la fruta. Su cosecha es intermedia. Entre la característica más resaltante es que sufre mucho con el calor, porque se ablanda y deshidrata prematuramente. Los requerimientos de frío están entre las 700 y 900 horas al año. Es una variedad de rendimientos medio alto (González y Gloria, 2017).
- **Elliot:** Variedad de mediana producción, según el origen de la planta. El Elliot es de cosecha tardía y se afecta mucho con las altas temperaturas (ablandamiento de la fruta). Actualmente un gran porcentaje de esta variedad se destina a IQF. Los requerimientos de frío de Elliot están entre las 800 y 1.200 horas al año. Esta variedad se caracteriza por ser de bajo vigor, es de sabor agridulce y presenta un menor calibre (González y Gloria, 2017).

2.1.3.2. *Southern highbush blueberry (bajo requerimiento de frío):*

Hancock (2012) indica que las variedades “southern highbush” son aquellas que no resisten temperaturas de invierno tan bajas. Habitados a climas más cálidos, resistentes a temperaturas más elevadas y con una demanda de horas de frío entre 200 - 600. Para estas variedades son específicas latitudes bajas

que van de 28 a 35 grados donde los inviernos extrañamente bajan hasta - 7 °C (INTAGRI, 2017).

Castillo (2008) menciona que estas variedades albergan una buena calidad de fruta y tienen una maduración temprana. Por ello llegan a alcanzar precios elevados en los mercados.

- **Misty:** Fruta cuyo tamaño va de mediano a grande, su epidermis es azul claro, es firme y presenta un magnifico sabor. Su producción es de cosecha temprana y puede lograrse una segunda cosecha, pero en cantidad menor a la primera (Gonzáles y Gloria, 2017). Las plantaciones de esta variedad tienden a producir una gran cantidad de yemas florales produciendo una sobreabundancia de fruto y pocas hojas en primavera (Benavides, 2012).
- **Star:** Requiere un mínimo de 400 horas de frío, su producción es temprana y es de fácil cosecha, con características de la fruta como: gran tamaño (de 14 – 16 mm de diámetro), color azul claro y sabor dulce. La planta tiene hábito de crecimiento ligeramente abierto y de vigor moderado. La maduración es en forma concentrada. Es más vigorosa y más productiva que O'Neal (Gonzáles y Gloria, 2017).
- **O'Neal:** Variedad que posee una demanda de 200 a 300 horas de frío. La fruta es grande, azul claro y excelente calidad. La planta es vigorosa, cuyo crecimiento tiene un comportamiento erecto, logrando llegar hasta 1.8 m de altura (Gonzáles y Gloria, 2017).

- **Emerald:** Requiere bajas horas frío, evaluado aproximadamente en 250 horas. La fruta es de gran tamaño, firme, azul claro con excelente sabor y una pequeña cicatriz. La planta es vigorosa y de hábito abierto, es muy productiva, puede producir una determinada cantidad de arándanos en el otoño sin disminuir la producción de primavera. Emerald permite intervalos de cosecha cada 4 o 5 días sin problemas de firmeza en la fruta; sin embargo, presenta una floración larga, por lo que la cosecha es más escalonada, requiriendo un mayor número de pasadas (González y Gloria, 2017).
- **Biloxi:** Su demanda de frío es un mínimo de 400 horas, es de floración muy temprana, razón por la cual puede ser afectada por las heladas; generalmente es sembrada en valles que cuentan con una cobertura de malla como en Argentina o en la Costa peruana. La planta habitualmente tiene un crecimiento erecto, muy vigorosa y productiva (Benavides, 2012; González y Gloria, 2017).
La fruta se caracteriza por ser de mediano tamaño, de color azul claro (debido al Bloom), su textura es muy firme y de excelente sabor (González y Gloria, 2017).
- **Ventura:** Variedad creada por Fallcreek, de tipo vigorosa y de calibre grande. Variedad principal en plantaciones nuevas en España, solicitada por los principales supermercados europeos. Presenta buenos rendimientos y firmeza, pero debe ser evaluada en distintas zonas agroecológicas. Calibre de tamaño grande y su cosecha se prolonga por 4 a 6 semanas (González y Gloria, 2017).

- **Legacy:** Variedad que tiene requerimientos de frío de aproximadamente de entre 500 a 600 horas. Es una variedad bien catalogada, producto de su alta producción, existe huertos que logran una producción de entre 18 – 20 t/ha durante el 4to y 5to año. Se exporta a todos los mercados, lo que incrementa sus expectativas comerciales. A diferencia de otras variedades, el Legacy se adapta a la cosecha mecánica (González y Gloria, 2017).

La calidad de la fruta es superior a las otras variedades, su tamaño va de mediano a grande, posee una textura firme y buen sabor, con una marcada cicatriz del pedúnculo. Además, su comportamiento postcosecha permite que pueda almacenarse por un periodo largo de aproximadamente 8 días a 4,5° C (Benavides, 2012; González y Gloria, 2017).

2.1.4. Composición química

En los últimos años las propiedades nutricionales del arándano han sido continuamente investigadas y fomentadas. El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) indica que por cada 100 g de arándano se encuentra 57 kcal, 2.4 g de fibra dietética, 0.74 g de proteína, 9.7 mg de vitamina C, 0.33 g de grasas y otros valores importantes que se pueden observar en la siguiente tabla 2:

Tabla 2*Composición nutricional por cada 100g de arándano comestible.*

Nutriente	Valor por 100 g
Agua	84.21 gr
Poder calorífico	57.00 kcal
Proteína	0.74 gr
Lípidos	0.33 gr
Carbohidratos	14.49 gr
Fibra dietética	2.40 gr
Cenizas	0.24 gr
Calcio	6.00 mg
Cobre	0.06 mg
Hierro	0.28 mg
Magnesio	6.00 mg
Fósforo	12.00 mg
Potasio	77.00 mg
Selenio	0.10 mg
Sodio	1.00 mg
Zinc	0.16 mg
Vitamina C	9.70 mg
Tiamina	0.04 mg
Riboflavina	0.04 mg
Niacina	0.42 mg
Ácido Pantoténico	0.12 mg
Vitamina B-6	0.05 mg
Vitamina A	54.00 IU
Vitamina E	0.57 mg ATE

Fuente. UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE

[USDA], 2018

2.1.5. Valor nutricional

En los últimos años, el “arándano” ha logrado una gran relevancia por su valor nutritivo y demanda en todo el mundo (Mondragón, López, Ochoa y Gutiérrez., 2012). El arándano es continuamente investigado debido a sus cualidades nutricionales y nutraceuticas. La ingesta de esta fruta es recomendada para la población en general, resaltando su bajo aporte calórico y bajo contenido de sodio, su alto contenido de potasio y rica fuente de fibra, Vitamina A y C (ADEX, 2009; Pino, 2007).

Además es rico en diferentes compuestos fenólicos con propiedades bioactivas; taninos, con propiedades antidiarréicas, antiinflamatorias y astringentes; fibra que contribuye al tránsito intestinal; glucósidos que mejoran la sensibilidad de la retina y la visión; las antocianinas que incrementan la resistencia de los vasos sanguíneos; el contenido de vitamina C y su acción antioxidante ayudan a reducir enfermedades degenerativas, cardiovasculares e incluso el cáncer (Kuskoski, Asuero, Troncoso, Mancini-Filho, & FettII, 2005).

Las antocianinas, sustancias que le otorgan el color azul al fruto, son una magnífica fuente de antioxidantes, actúa en el metabolismo celular humano combatiendo el estrés oxidativo y reduciendo la acción de los radicales libres, ligado a patologías como el envejecimiento, cáncer, enfermedades cardiacas, Parkinson, Alzheimer, pancreatitis y Artritis (Coria, *et al*, 2005; García-Alonso, 2006).

Shi, Loftus, McAinch, y Su (2016) señalan que los componentes que presenta el arándano pueden ser favorable para luchar contra el progreso de la obesidad y diabetes tipo dos. Mientras que Eroski (2008) indica que su consumo influye en

la formación de colágeno, huesos, dientes, glóbulos rojos, absorción de hierro presente en los alimentos y renuencia a las infecciones.

2.1.6. Cosecha y Post-cosecha de arándanos

2.1.6.1. *Índice de cosecha*

La cosecha es una etapa importante para la conservación de la calidad de los arándanos durante la postcosecha, debido a la delicadeza del fruto.

Pino (2007) indica que la madurez del fruto de arándano es después de 60 a 80 días iniciada la floración, pero esto va depender de la variedad y de la temperatura de exposición. Se produce 5 a 10 bayas en cada racimo los cuales no maduran todos al mismo tiempo, sino que lo hacen gradualmente durante varias semanas.

A pesar que el arándano es un fruto climatérico, el momento de su cosecha (índice de cosecha), está determinado por el color de su superficie, este debe ser de color azul completo para obtener una fruta de buena calidad en comparación con las bayas cosechadas de color rojo, que si bien lograrán con el tiempo el color azul característico, su calidad organoléptica será menor al fruto cosechado con el color adecuado. Además, al realizar esta actividad se debe prevenir los daños mecánicos y exposiciones al sol (Defilippi, Robledo, y Becerra, 2017).

Otro aspecto importante es considerar el menor manipuleo posible a la fruta, favoreciendo así a la conservación del Bloom (pruina), además que es recomendable cosechar las bayas directamente en las tarimas o contenedores destinadas al mercado de exportación. Así mismo se debe recolectar en momento adecuado, en donde la temperatura no sea muy elevada (Castillo, 2008; Defilippi *et al.*, 2017).

2.1.6.2. Índice de calidad

Defilippi *et al.*, (2017) definen que la calidad del arándano está compuesta por la calidad visible, organoléptica y nutritiva. La primera se describe por la firmeza, forma y tamaño de la fruta, determinado por un color azul completo, presencia del boom en la superficie, carencia de daños mecánicos y pudriciones; la calidad organoléptica hace mención a un balance adecuado de azúcares, ácidos y compuestos volátiles que forman el sabor y aroma característico de la fruta. Los parámetros de calidad generalmente utilizados en la industria de arándano fresco son: color, tamaño, forma, ausencia de defectos, firmeza y sabor.

2.1.6.3. Temperatura y humedad relativa

En la industria de arándanos frescos, es muy indispensable el control de la temperatura, durante la cosecha en campo se logra disponiendo de sombreadores hasta el momento de su traslado hacia la zona de packing (no mayor de 4 horas), luego se busca lograr bajar la temperatura de las bayas ingresándolas a unas cámaras de recepción refrigeradas entre 8 – 10 °C, hasta el momento de ser manipuladas (Defilippi *et al.*, 2017; García, J., Garcia, G., y Ciordia, 2018).

Defilippi *et al.*, 2017 mencionan que la temperatura tiene una relación directa con el metabolismo de la fruta y con su vida postcosecha. En la cosecha (alta temperatura ambiente) las bayas de arándano respiran a una tasa elevada, durante la respiración se gasta oxígeno y se obtiene dióxido de carbono para generar la energía requerida para conservar la vida; pero si la tasa de

respiración es elevada, esta puede dañar la calidad de la fruta; en el caso del arándano se pierde agua y provoca una deshidratación (arrugamiento).

Se recomienda el almacenamiento de los arándanos de $-0.6 - 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ y con una humedad relativa alta (90 – 95%), condiciones que permitirán una disminución en la pérdida de agua, con estas condiciones y buen manejo de la cadena de frío, los arándanos frescos pueden mantener su calidad entre 14 y 28 días (Castillo, 2008; Defilippi *et al.*, 2017; García *et al.*, 2018).

2.1.6.4. *Uso de atmosfera controlada y modificada*

Además de considerarse el uso de bajas temperaturas en el almacenamiento del arándano; existen ciertas técnicas adicionales como el uso de las atmósferas controladas o modificadas que logran reducir la tasa de respiración de estas bayas (modificando los niveles de O_2 y CO_2), de esta manera se logra un retardo de su maduración. Las atmósferas controladas se producen cuando los niveles de gases son mantenidos dentro un rango establecido en el almacenamiento de la fruta. Mientras que, la atmósfera modificada utiliza una combinación de gases producto del intercambio gaseoso del embalaje en equilibrio con la respiración de la fruta. En las técnicas mencionadas anteriormente debemos tener en consideración la variedad, ya que depende mucho por las tasas respiratorias de cada una de ellas (Defilippi *et al.*, 2017; García *et al.*, 2018).

García *et al.*, (2018) nos indican que, para las bayas de arándanos se conservan desde 6 a 9 semanas con temperatura correcta y si se hace uso de la atmosfera controlada, las concentraciones ideales son del 10 a 12 % CO_2 y aproximadamente 10 % O_2 , cabe resaltar que esto depende de la variedad y estado de madurez inicial.

2.1.7. Parámetros fisicoquímicos del fruto arándanos

Los arándanos tienen una conducta respiratoria climatérica, distinguido por un aumento del nivel respiratorio y de etileno durante el proceso de madurez; a diferencia de otros frutos climatéricos, el arándano tiene que ser cosechado cerca de su etapa de madurez debido a que luego de su cosecha las bayas de arándano no mejoran sus características organolépticas (sabor). Cabe señalar que existen factores que afectan la tasa respiratoria como la variedad y la temperatura a las que son expuestas, además las bayas de arándano al ser pequeños suelen deshidratarse con mayor facilidad debido a que presentan una mayor relación entre su área superficial y su volumen (Defilippi *et al.*, 2017).

Defilippi *et al.*, (2017) señalan que una ventaja del tamaño reducido de las bayas de arándano es que requieren menor tiempo para su enfriamiento; por otro lado, la epidermis de dicha fruta es delgadas y sensible a los daños mecánicos y pérdida de agua durante su cosecha y postcosecha; sin embargo, estas bayas contienen una cera en la epidermis conocida como Bloom, la cual se debe tratar de mantener durante su procesamiento para reducir la deshidratación de la fruta.

2.1.7.1. Pérdida de peso (Pp)

Las bayas de arándano están constituidas casi el 83% por agua (Gough, 1994). Yang *et al.*, (2014) menciona que las frutas se malogran con mayor rapidez a causa de la pérdida de agua y jugos celulares (producto de lesiones superficiales), senescencia, crecimiento de moho y / o manifestación de putrefacción.

Sossi y Trincherro (2004), indican que los arándanos tienen un índice de deterioro inferior a las berries, pero, son más sensibles a la deshidratación

gradual en las cámaras de frío; además señalan que el 5% es el porcentaje máximo de pérdida de peso admisible en arándanos frescos.

2.1.7.2. Sólidos solubles totales (SST)

Los SST son elementos que se disuelven en agua; en las frutas, están compuestos en su mayoría por azúcares como: glucosa, fructosa y sacarosa y en menor proporción por ácidos orgánicos y ciertas proteínas. Los SST son cuantificados usando un refractómetro y el resultado es presentado en % o grado brix (°Bx) (Lizama, 1992). Además, los SST en los frutos maduros están integrados de compuestos orgánicos, los cuales son los responsables del sabor y color, es decir de la calidad en general de la fruta (Shoemaker, 1975).

Retamales y Hancock, (2012a) menciona que en el momento en que las bayas de arándano cambian de color de rojo a azul (es decir se aproximan a su madurez), existe un incremento de los azúcares totales, esto se atribuye principalmente al alza de los azúcares reductores. En los arándanos, los SST varían entre 10 a 17 °Bx en la cosecha (Medel, 1982).

2.1.7.3. Acidez titulable (AT)

La acidez titulable en el zumo de fruta, hace referencia al % de ácidos orgánicos dentro de él, se determina mediante titulación del zumo con una base fuerte, usualmente NAOH 0.1 N y el resultado se da en % del ácido orgánico predominante del fruto (Lizama, 1992).

Ehlenfeldt, Meredith y Ballington, (1994) señalan que las especies *Vaccinium* se diferencian por los ácidos orgánicos que poseen. El *Vaccinium corymbosum* tiene como ácido orgánico predominante al cítrico (39 – 90%

w/w y un 75% de promedio), y posee 3, 5 y 17% de los ácidos málicos, quínicos y succínicos respectivamente. Además, mencionan que el perfil de ácidos puede intervenir en el desarrollo del color del fruto, y su sensibilidad a la putrefacción.

Sapers, Burgher, Phillips, Jones y Stone (1984) mencionan que, en arándanos, la intensidad de color proveniente de antocianina aumenta cuando mayor es la acidez del fruto; además que estas bayas tienen entre 0.40 y 1.31 % de ácido cítrico.

2.1.7.4. pH

Según Beaudry (1992) para que el arándano sea considerado de calidad su pH tiene que estar entre el intervalo de 2.25 – 4.25.

Chiabrando, Giacalone y Rolle (2009) en una investigación realizada con arándano alto o *Vaccinium corymbosum* ‘Coville’ y ‘Bluecrop’ mostraron que el valor del pH aumentó de 2.8 (cosecha) hasta 3.3 (luego de 35 días almacenados en frío). Además, Perkins, Clark, Collins y Magee (2008) señalan que una buena calidad durante el almacenamiento está relacionada a valores de pH inferiores de 3.5.

2.1.7.5. Textura:

Según Zapata *et al.*, (2010) nos indican que, las bayas de arándanos al madurar en el tiempo, sufren una disminución en su indicador de firmeza.

En la industria de los arándanos, la firmeza es señal de frescura, la cual nos garantiza un importante tiempo de almacenamiento y un mejor arribo al mercado de exportación. Asimismo, se conoce que el ablandamiento

incrementa la susceptibilidad hacia golpes y los hongos (Vargas, Pérez, Zoffoli y Pérez, 2001).

2.1.8. Parámetros funcionales del fruto arándano

El arándano (*Vaccinium corymbosum*) es muy provecho para la salud del que lo consume, debido a que tiene grandes atributos, la más resaltante es que posee compuestos bioactivos (antocianinas, polifenoles, flavonoides y ácido ascórbico) que le otorga su propiedad antioxidante (Sinelli, Spinardi, Di Egidioa, Mignanib y Casiraghia, 2008).

El contenido de sustancias nutraceuticas en las bayas de arándano está influido por el tipo de especie, variedad, grado de madurez, método de sembrado, clima durante la etapa de precosecha y el manejo durante el almacenamiento postcosecha (Häkkinen y Törrönen, 2000).

Tromp (2005), menciona que el grado de maduración de la fruta interviene en la calidad de composición de la misma, ya que cuando el fruto madura sufre transformaciones fisiológicas, bioquímicas y estructurales; por ello en la actualidad, la calidad de la fruta agrupa los criterios de maduración y el aspecto nutricional.

2.1.8.1. Capacidad antioxidante

Los antioxidantes contribuyen a evitar y reducir los procesos oxidativos que actúan en muchas enfermedades; las bayas de arándanos contienen una gran proporción de antocianinas y compuestos fenólicos que son los encargados de este potencial antioxidante. En la actualidad, el arándano es catalogado como un alimento funcional, estando dentro de los primeros lugares, en cuanto cantidad y calidad de antioxidantes, en comparación con otros

vegetales (Aldaba, Concha, Enciso y Carranza, 2016; Jin, Wang y Zheng, 2011; Kalt, McDonald y Donner, 2000).

López y Denicola, (2013) señalan que se le considera antioxidante a “cualquier elemento que retrasa, evita o elimina el daño oxidativo hacia una molécula” o, “a la disposición que tienen ciertos componentes para contrarrestar los radicales libres”.

2.1.8.2. Fenoles totales

Algunos compuestos bioactivos que se encuentran en los vegetales son los llamados polifenoles. En los últimos tiempos, la investigación sobre los compuestos fenólicos ha ido en aumento, debido a su eficacia en el cuidado de la salud, mejora de la nutrición, y su alta capacidad antioxidante contra la actividad de los radicales libres, colaborando de esa manera en evitar enfermedades (Anticona, Frígola y Esteve, 2016).

Vázquez *et al.*, (2012) mencionan que las bayas de arándanos son una gran fuente de fenoles, como: ácidos fenólicos, flavonoides, antocianinas y proantocianidinas; todos estos compuestos fenólicos son los encargados de proporcionar las altas concentraciones de capacidad antioxidante a estas bayas.

2.2. Recubrimiento comestible

2.2.1. Aspectos Generales

Baldwin, Hagenmaier y Bai., (2012) describen al recubrimiento comestible (RC) como un elemento que es aplicado en la parte externa de los alimentos con el propósito que el producto final sea apropiado para el consumo. Pero, se debe tener en cuenta que estos recubrimientos sean lícitos, inofensivos para la salud, tengan aceptabilidad sensorial y que otorguen un valor agregado al alimento. Por otro lado, Falguera, Quintero, Jiménez, Muñoz e Ibarz (2011) mencionan que la utilidad primordial de los RC es de resguardar al alimento de daños físico, químicos, mecánicos y deterioro por acción microbiológica de patógenos.

Los recubrimientos comestibles son elaborados con la finalidad de disminuir los diversos daños en el alimento, esto se puede lograr retrasando su deterioro, incrementando su calidad y mejorando su inocuidad, esta inocuidad es lograda ya sea por efecto natural de algún componente del RC o por la agregación de agentes antimicrobianos en la formulación (Rojas-Graü, Oms-Oliu, Soliva-Fortuny y Martín-Belloso, 2009).

En los últimos tiempos, los recubrimientos comestibles son considerados una de las tecnologías que tienen la posibilidad de incrementar la seguridad de los alimentos, resguardándolos de los factores ambientales externos, mejorando así su calidad y extendiendo su vida anaquel (Carneiro-da-Cunha *et al.*, 2009).

2.2.2. Componentes de los recubrimientos

Quintero, Pascual y Muñoz (2010), indican que los biopolímeros usados para recubrir frutas deben ser inocuos, con la finalidad de evitar un riesgo en la salud de la persona que lo consume. Además, señalan que las características (como su propiedad mecánica y de barrera al H₂O, O₂ y CO₂) y la eficiencia de los

recubrimientos comestibles van a depender de los materiales con los cuales son elaborados.

Los RC pueden elaborarse haciendo uso de una extensa lista de productos, como son los polisacáridos, proteínas, lípidos o resinas, los mencionados anteriormente pueden usarse solos o en una mezcla de los mismos, esta última posibilita el aprovechamiento de las propiedades de cada ingrediente y de la unión de ellos (Flores-López, Cerqueira, Jasso de Rodríguez y Vicente, 2015; Quintero *et al.*, 2010). Además, Bai y Plotto, (2012), mencionan que a estos revestimientos comestibles pueden añadirse ingredientes como: conservantes, antioxidantes y agentes reafirmantes; todos con la finalidad de mejorar el equilibrio microbiano, la apariencia y la textura del alimento recubierto.

2.2.2.1. Recubrimientos a base de hidrocolóides

Estos recubrimientos están hechos a partir de polisacáridos o proteínas, que se caracterizan por poseer una baja permeabilidad al O₂ y CO₂; pero una alta permeabilidad al vapor de agua, debido a su naturaleza hidrofílica (Navarro, 2007; Pastor, 2010; Durango, Soares y Arteaga, 2011).

- **Polisacáridos:** Son de carácter hidrofílico, debido a esto, no poseen buenas propiedades de barrera contra la humedad, sin embargo, existen algunos polisacáridos que cuando son empleados en forma de recubrimientos gelatinosos de elevada humedad, retrasan la pérdida de agua de ciertos alimentos, esto es usado generalmente durante tiempos cortos de almacenamiento. Por otro lado, los recubrimientos a base de polisacárido, tienen la propiedad de ser una buena barrera durante el

intercambio gaseoso, además se adhieren mejor a la piel de los alimentos (Ruíz, 2009).

Vargas, Pastor, Chiralt, McClements y González, (2008) y Durango *et al.*, (2011) mencionan que los polisacáridos más usados son el almidón junto a sus derivados, los derivados de celulosa, alginato, carragenina, quitosano, pectina y diversas gomas.

- **Proteínas:** Los RC a base de proteínas tienen mejor resistencia al vapor de agua que los otros hidrocoloides. Se caracterizan por ser sensibles a la variación de pH, buenos formadores de recubrimientos y son adheridos fácilmente a áreas hidrofílicas, además es posible que aporten un valor nutritivo al producto (Baldwin *et al.*, 1995) citado por (Ruíz, 2009).

Las proteínas más usadas en los recubrimientos son de origen animal (caseínas, proteínas del suero lácteo) o de origen vegetal (zeína de maíz, gluten de trigo, y proteína de soja) (Vargas *et al.*, 2008 y Pastor, 2010).

2.2.2.2. Recubrimientos a base de lípidos

Este tipo de recubrimiento está elaborado de elementos hidrofóbicos y no poliméricos, que poseen una buena resistencia al vapor de agua y a los gases; además no solo se caracteriza porque disminuye la transpiración y la pérdida de agua en los alimentos recubiertos, sino que también reduce la abrasión durante el manipuleo e incluso aumenta el brillo (Pastor, 2010). Pero a pesar de sus beneficios, Pastor (2010) también señala que las características sensoriales de los alimentos con este tipo de recubrimiento son afectadas, su

superficie se ve grasosa y poseen propiedades mecánicas pobres (Ramos *et al.*, 2010).

Si bien un revestimiento con base lipídica permite obstruir el tránsito de la humedad debido a su baja polaridad; su propiedad hidrófoba los hace recubrimientos gruesos, frágiles y quebradizos (Bourtoom, 2008a; Muñoz, 2011).

Vargas *et al.*, (2008) indican que los elementos lipídicos generalmente usados en los revestimientos son: monoglicéridos acetilados, cera natural (cera de abeja, de candelilla, carnauba, parafina, etc.), ácidos grasos, alcoholes grasos, triglicéridos y surfactantes. Siendo las más efectivas la cera de abeja y la cera de parafina (Bourtoom, 2008a; Muñoz, 2011).

2.2.2.3. Recubrimientos compuestos

En varias ocasiones, dos o más elementos son combinados para producir un material compuesto con mejores características físicas. Las formulaciones compuestas de hidrocoloides (polisacáridos o proteínas) y lípidos, permiten aprovechar los beneficios de cada grupo y reducen las desventajas individuales; es decir, los lípidos contribuyen con su barrera a la humedad, mientras que los hidrocoloides aportan su absorción selectiva al O₂ y CO₂, buena estructura y una mejor duración del recubrimiento (Navarro, 2007; Bourtoom, 2008a; Vargas *et al.*, 2008; Pastor, 2010 y Durango *et al.*, 2011). Lo señalado anteriormente, se puede verificar en estudios como el realizado por Balwin *et al.*, (2012), donde señala que, para una mayor preservación de productos frescos mínimamente procesados, es mejor hacer uso de un recubrimiento compuesto por elementos hidrofílico con lípidos.

Los recubrimientos mixtos pueden aplicarse como emulsión, suspensión, dispersión de los componentes no miscibles, en capas sucesivas (revestimiento multicapa o películas) o en forma de solución en un solvente común (Bourtoom 2008b).

2.2.2.4. *Los Plastificantes y el Glicerol*

Trujillo, Perez y Duran (2012), indican que los plastificantes se añaden en la formulación de recubrimientos con la finalidad de mejorar la elasticidad de los mismos, volviéndolos menos quebradizos; como emulsificante, ayuda en la difusión del lípido en la matriz hidrocoloidal, permitiendo adherirse mejor al alimento y formando así una capa continua una vez que se seque el recubrimiento.

El glicerol es el plastificantes más empleado, esto se debe a que posee un mejor equilibrio y afinidad con las cadenas biopoliméricas hidrófilas en comparación con el sorbitol, polietilenglicol y azúcares. El plastificante se asocia fisicoquímicamente con la estructura del biopolímero disminuyendo la cohesión e interponiéndose con la agrupación de las cadenas poliméricas, favoreciendo su deslizamiento e incrementando la flexibilidad del revestimiento. Además del uso de biopolímeros y plastificantes, se puede agregar antimicrobianos o antioxidantes, con el objetivo de añadir alguna propiedad funcional ansiada (Abdollahi, Rezaei y Farz, 2012).

2.2.3. Recubrimientos comestibles a base de Pectina y Quitosano

Los recubrimientos comestibles basados en un solo biopolímero poseen algunas limitaciones, por ejemplo, los que son a base de pectina presentan alta solubilidad, mientras que los que son a base de quitosano tienen pobres propiedades de

barrera. Por ello, los recubrimientos compuestos permiten mejorar estas propiedades. Existen investigaciones sobre recubrimientos compuestos de pectina y quitosano que han expuesto la existencia de un alto potencial de entrecruzamiento entre ambos componentes, otorgándole ciertas propiedades de barrera beneficiosos para su uso en alimentos. Esto se debe a que este tipo de mezclas forman complejos polímero-polímero como producto de la interacción inter-cadena una vez que estas dos macromoléculas son mezcladas en la solución. La matriz de la mezcla es más densa y compacta debido a la interacción de hidrogeno entre los grupos carboxilato de pectina y amino protonado de quitosano (Sriamornsak, Wattanakorn, Nunthanid y Puttipitkhachorn, 2008).

2.2.3.1. *Quitosano como recubrimiento comestible*

El quitosano ofrece un potencial real para aplicaciones en la industria alimentaria debido a sus propiedades químicas físicas, biodegradabilidad a corto tiempo, biocompatibilidad con tejidos humanos, actividades antimicrobianas y antifúngicas, no toxicidad, así como el hecho de que es producido a partir de recursos renovables. El quitosano es un derivado desacetilado de la quitina, que es el segundo polisacárido más abundante encontrado en la naturaleza, después de la celulosa, un polisacárido lineal que consiste en 2-amino-desoxi-b-d-glucano. El quitosano se ha utilizado con éxito para producir material de envasado para la preservación de la calidad de una variedad de alimentos, y tiene un potencial significativo en la industria alimentaria, en vista de las contaminaciones que pueden estar asociados con los productos alimenticios. Varios autores han desarrollado películas basadas en quitosana comercial, mientras que otros han producido quitosano a escala de laboratorio a partir de residuos, haciendo hincapié en la relevancia

tecnológica de estos estudios. El quitosano es uno de los compuestos naturales más ampliamente utilizados en la producción de revestimiento comestible. Debido a sus características como alta actividad antimicrobiana, biocompatibilidad, biodegradabilidad y perfil no tóxico, este polisacárido ha sido estudiado para su aplicación en diferentes áreas, con énfasis en las industrias alimentaria y farmacéutica; Sino también en medicina, agricultura y medio ambiente (Pinheiro *et al.*, 2010).

Los recubrimientos comestibles a base de quitosano son extraordinarios conductores de otros elementos funcionales, como por ejemplo antimicrobianos y antioxidantes (Dutta, P., Tripathi, Mehrotra y Dutta, J., 2009; Zhong, Song y Li, 2011; Yang, Campanella, Hamaker, Zhang y Gu, 2014). Este recubrimiento posee por sí mismo cualidades antimicrobianas; investigaciones donde se emplearon dicho recubrimiento, muestran que permitieron contrarrestar la pérdida de calidad en fresas frescas y frambuesas (Han, Lederer, McDaniel y Zhao, 2004, Vargas, Albors, Chiralt y Gonzalez-Martinez 2006; Ribeiro, Vicente, Teixeira y Miranda, 2007), Cítricos (Fornes *et al.*, 2005), y en distintas otras frutas y verduras (Lin y Zhao, 2007).

Los revestimientos de quitosano se han empleado en distintas frutas como la litchi, papaya, mango, pera, mandarina, fresa, frambuesa y carambola. Su aplicación en frambuesas ha determinado que reduce la pérdida de peso, retarda la variación de color, acidez y pH durante el tiempo de almacenaje; asimismo incrementa la calidad respecto a la textura ya sea en fruta congelada o descongelada (Han, *et al.*, 2004).

Caro y Joas, (2005) mencionan que investigaciones realizadas a revestimientos de quitosano con otros ingredientes como es el caso del ácido oleico, concluyen que este último permite mejorar la actividad antimicrobiana y permeabilidad al H₂O del quitosano. Por otro lado, revestimientos a base de quitosano y ácido glutámico, retrasan la variación del contenido de antocianina, flavonoides y compuestos fenólicos en frutas como la litchi,

2.2.3.2. Pectina como recubrimiento comestible

Arellanes *et al.*, (2011) mencionan que la pectina además de ser un componente que se encuentra de forma natural en todas las frutas, es parte de la pared celular primaria y media de los tejidos de las plantas. Este polisacárido es utilizado en la formulación de revestimientos comestibles, debido a que no es nocivo, pero si es biocompatible y biodegradable.

La pectina es un polisacárido que en el ámbito alimentario es usado como agente gelificante, estabilizador o espesante en la elaboración de mermeladas, bebidas con leche, yogurt y helado. En la mayoría de proyectos de investigación sobre revestimientos comestibles a base de este biopolímero, se ha empleado pectina comercial o pectina obtenida de los restos de las industrias de transformación de frutas (Sriamornsak, *et al.*, 2008).

Oms-Oliu *et al.*, (2010) y Brasil *et al.*, (2012) indican que la pectina es un polisacárido complejo de carácter aniónico formado ácido β -(1-4)-D-galacturónico, donde las unidades de ácido urónico puede estar parcial o totalmente metiladas. Este polisacárido junto al quitosano forman una buena mezcla de revestimiento, debido al origen catiónica del quitosano, este

potencial se incrementa si se añade agentes antimicrobianos en la formulación del revestimiento, como son los aceites esenciales. Este tipo de recubrimientos compuestos han sido aplicados en frutas mínimamente procesados como la pera, melón o papaya.

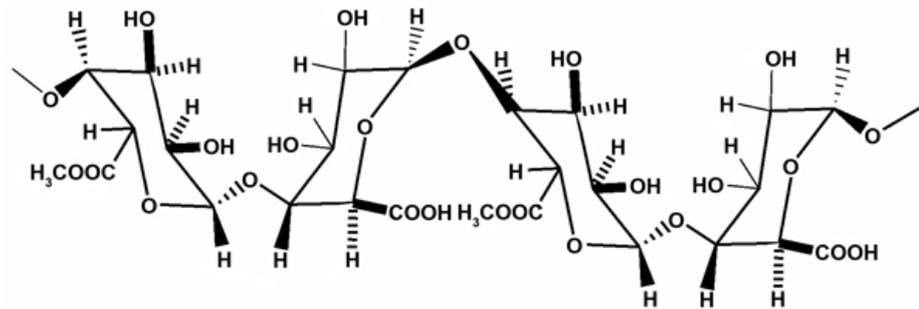


Figura 2: Estructura de la pectina, un polímero de las paredes celulares de los vegetales, formada por la polimerización del ácido galacturónico.

Se han realizado investigaciones para optimizar concentraciones de pectina en recubrimientos comestibles, aplicándolos en alimentos como la naranja, mandarina, mango, aguacate, etc; teniendo como variables de respuesta el incremento de la calidad, apariencia y vida útil de dichos alimentos (Watada A, N Ko, D Minott., 1996).

2.2.4. Modo de aplicación de los recubrimientos

Baldwin *et al.*, (1997) nos mencionan que uno de los métodos para la aplicación uniforme de los recubrimientos comestibles en frutas que posean un área irregular es el de inmersión. Para asegurar que el recubrimiento comestible se adhiera a las frutas frescas y se forme una capa fina y flexible, las frutas se deben lavar y secar previamente, luego recién se introducen en el recubrimiento, después se realiza el drenado del sobrante de recubrimiento y por último el secado de las frutas ya revestidas (Djioua *et al.*, 2010).

Por otro lado, la técnica más empleada en frutas frescas con áreas tersas y uniformes, es la de aspersión, debido a que con esta técnica se crean películas más finas y parejas. Durante la aplicación de esta técnica, el revestimiento se suministra manteniendo constante la presión, para poder obtener gotas de diversas dimensiones; esta técnica se lleva a cabo haciendo uso de aspersores de alta presión. Además, existen otras técnicas de aplicación como es la manual usando brochas (Bosquez, Vernon, Pérez y Guerrero, 2000).

2.3. Vida Útil

Las frutas y hortalizas están constituidos por tejidos vegetales las cuales sus reacciones bioquímicas y procesos fisicoquímicos prosiguen después de la cosecha, por lo que son considerados perecederos y necesitan de procedimientos o técnicas adecuadas en su postcosecha para conservar sus propiedades y alargar su vida útil. Por lo tanto, la vida útil se precisa como el tiempo en la que las frutas y hortalizas mantienen sus propiedades de calidad buena hasta que los productos lleguen al consumidor (Sousa-Gallagher, Tank y Sousa, 2016).

La calidad y los factores que influyen en la estabilidad de las frutas y hortalizas están sujetos a ciertas condiciones como el cultivar, el trabajo del manejo precosecha, naturaleza climatérica, madurez en la cosecha, métodos de cosecha y las condiciones postcosecha, por lo que se considera que la vida útil de las frutas y hortalizas sea una ardua labor comparado con otros productos alimenticios (Sousa-Gallagher et al., 2016).

Valencia-Chamorro, Palou, Delfio, Pérez-Gago (2011) nos mencionan que la reducción cuantitativa y cualitativa de las frutas y hortalizas llegan a incrementarse posteriormente a la cosecha, lo que sufren un incremento en el deterioro natural, por

diferentes factores como el incremento de temperatura, baja humedad atmosférica, daños físicos y enfermedades. El precio de controlar esta reducción cuantitativa y cualitativa de las frutas y hortalizas es un factor importante en la decisión de tomar acciones para poder reducirlas. Sin embargo, existen métodos para reducir las pérdidas postcosechas como son los recubrimientos comestibles, una forma factible, eficaz y destacado para prolongar la vida útil de los productos alimenticios, logrando poder disminuir estas pérdidas postcosechas.

Mantilla, Castell-Perez, Gomes, y Moreira (2013) nos indican que el recubrimiento comestible se considera como un procedimiento beneficioso y eficaz, por lo que está cada vez más atento en la industria alimentaria. Por lo consiguiente, este desarrollo tecnológico propone conservar la calidad del producto y aumentar la vida útil de las frutas y hortalizas frescas.

Los revestimientos comestibles conseguidos de los recursos de la naturaleza son mirados como productos que repercuten poco o nada con el medio ambiente, logrando también de esta manera desarrollar una mejora en la calidad de los productos (Khan, Cakmak, Tavman, Schutyser, y Schroen, 2013).

El empleo de los revestimientos comestibles con características físicas, sensoriales y microbiológicas para las diferentes frutas y hortalizas, logran llegar a disminuir las alteraciones dañinas y, por lo tanto, lograr extender la vida útil de las frutas y hortalizas. El empleo de estos revestimientos comestibles es desarrollado por distintos investigadores desde tiempo atrás y estos han ido creciendo año tras año por la demanda de los productos frescos en diferentes mercados internacionales (Yousuf, Qadri, y Srivastava, 2017).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de Ejecución

El presente trabajo de investigación se realizó en los siguientes ambientes de la Universidad Nacional del Santa:

- Laboratorio de Química Orgánica de la E.P de Ingeniería Agroindustrial.
- Laboratorio de Investigación y Desarrollo de Productos Agroindustriales de la E.P. de Ingeniería Agroindustrial.
- Laboratorio de Análisis y Composición de Productos Agroindustriales de la E.P. de Ingeniería Agroindustrial.
- Laboratorio de Bioprocesos del Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial (IITA)

3.2. Materiales

3.2.1. Materia prima:

Como materia prima se utilizó arándanos (*Vaccinium corymbosum L.*), de la variedad Biloxi, provenientes del distrito de Chao, provincia de Virú, departamento de La Libertad; requiriéndose un total de 52 kilos de arándanos: 42 K para la 1 fase (todos los tratamientos) y 10 K en la 2 fase (tratamiento óptimo y control), para cubrir toda la demanda necesaria para las experiencias diseñadas.

3.2.2. Insumos para el recubrimiento comestible:

Para la elaboración del recubrimiento comestible, se utilizaron:

- Quitosano – peso molecular medio. Marca: Sigma-Aldrich
- Pectina.
- Glicerol
- Tween 80

- Ácido láctico

3.2.3. Reactivos:

- Acido oxálico dihidratado ($H_2C_2O_4$).
- L-ácido ascórbico.
- Colorante 2.6- diclorofenolindofenol.
- Folin Denis. Marca: Sigma-Aldrich
- Ácido Gálico ($C_7H_6O_5$). Marca: Meck
- Carbonato de sodio (Na_2CO_3). Marca: Merck
- DPPH (2,2 – difenil – 1 – picrihidrazilo). Marca: Sigma-Aldrich
- TROLOX (Ácido – 6 – hidroxil – 2,5,7,8 – tetrametilcroman – 2 – carboxílico). Marca: Sigma-Aldrich
- Metanol (CH_4O) grado HPLC. Marca: Merck
- Hidróxido de sodio al 0.1 N.
- Hipoclorito de sodio al 5%. Marca: Clorox
- Cloruro de potasio (KCl)
- Acetato de sodio (CH_3COONa)
- Agua destilada

3.2.4. Materiales:

- Bandejas de acero inoxidable
- Bandejas de plástico
- Clamshells (PET) de 125 g.
- Cronómetro
- Crisoles

- Espátula
- Gradilla
- Mortero
- Pera de succión
- Papel aluminio
- Papel filtro
- Pinzas
- Pizeta
- Ventiladores (6)
- Papel toalla

3.2.5. Materiales de vidrio

- Fiola de 10, 100, 500 y 1000 ml
- Probeta de 100 ml
- Pipetas de 1, 5 y 10 ml
- Placa Petri
- Termómetro
- Tubos de ensayo
- Vasos precipitados de 50, 100, 250 y 500 ml
- Viales de vidrio color ambar de 10 ml
- Frascos de vidrio color ambar de 30 ml

3.2.6. Equipos:

- Balanza analítica. Marca: Precisa gravimetrics – Modelo: LX 220 A SCS
- Agitador de rotación circular (Shaker). Marca: Sartorius stedim biotech -
Modelo: Certomat® is
- Agitador mecánico homogenizador. Marca: IKA – Modelo: RW20
- Refractómetro. Marca: Atago; Modelo: HSR-500
- pH-metro multiparámetro. Marca: Thermo Scientific™ Orion™ Versa Star
- Centrifuga refrigerada. Marca: Sigma – Modelo: 4 – 16 KS
- Vortex V1 plus. Marca: Boeco
- Espectrofotómetro UV/Visible. Marca: Thermo scientific – Modelo: genesys
20
- Espectrofotómetro. Marca: JASCO – Modelo: LSE – 701
- Ultrasonido. Marca: Col-palmer – Modelo: 08892-26
- Analizador de textura. Marca: Brookfield – Modelo: CT3 4500.
- Refrigerador Marca: LG – Modelo: GC-J237JSPN
- Estufa
- Mufla

3.3. Métodos

3.3.1. Desarrollo general

Para evaluar el efecto del recubrimiento comestible a base de pectina y quitosano en la vida útil de arándano, primero se elaboró diferentes formulaciones de recubrimiento a base de pectina y quitosano, descrito en la figura 3 y posteriormente se compró arándanos para ser recubiertos siguiendo el procedimiento de la figura 4.

3.3.1.1. Elaboración de recubrimiento comestible.

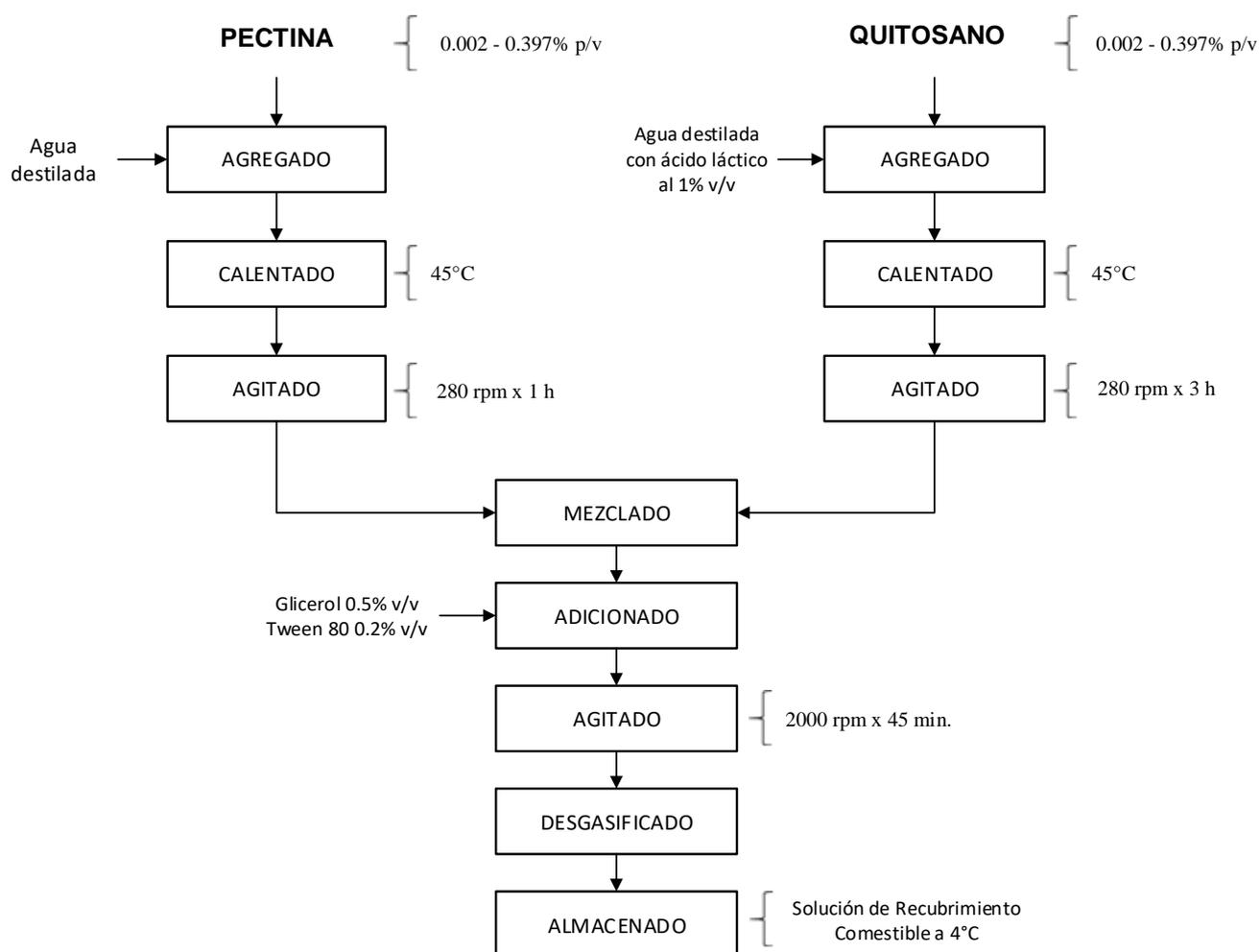


Figura 3: Procedimiento de la elaboración de recubrimientos comestible a base de pectina y quitosano.

- ***Descripción de la elaboración de los recubrimientos comestibles:***

Las soluciones de quitosano y pectina se prepararon siguiendo el procedimiento descrito por Hoagland y Alvarado, con ligeras modificaciones.

Se dispersó quitosano (0.002 - 0.397% p/v) en un matraz que contenía solución agua destilada con ácido láctico al 1% (v/v), paralelamente en otro matraz se dispersó pectina (0.002 – 0.397 % p/v) en agua destilada; ambos matraces se calentaron a 45°C y se mantuvieron bajo agitación continua en un Shaker a 280 rpm aproximadamente durante 3 y 1 hora respectivamente.

Las dispersiones fueron sacadas del shaker y se enfriaron a 25°C, una vez frías, se mezclaron en un vaso precipitado grande y se añadió 0.5 % v/v de glicerol y 0.2% v/v de Tween 80, luego se agito con un agitador mecánico a aproximadamente 2000 rpm a temperatura ambiente durante 45 min, después se desgasifico en un ultrasonido con la finalidad eliminar las burbujas, se colocó en un envase de vidrio previamente esterilizado y se almaceno a 4°C para su posterior utilización.

3.3.1.2. Aplicación de recubrimiento comestible en arándanos.

En la figura 4 se describe el procedimiento utilizado para la aplicación de los tratamientos de recubrimientos comestibles a base de pectina y quitosano en las muestras de arándano.

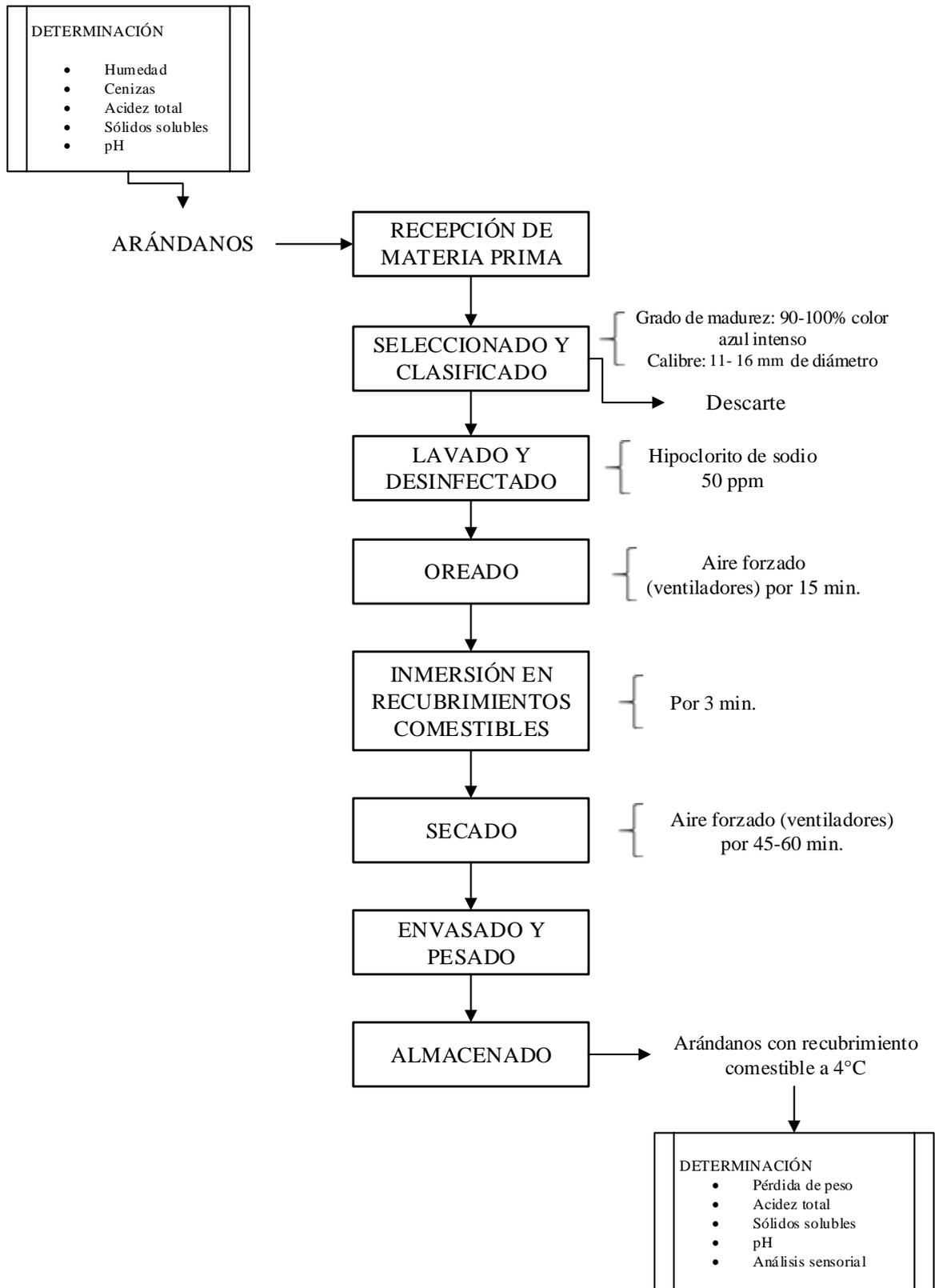


Figura 4: Procedimiento para la aplicación de recubrimientos comestibles a base de pectina y quitosano en arándanos (*Vaccinium corymbosum L.*)

- ***Recepción de materia prima (arándano):***

La materia prima (42 K aprox.) se trasladó a la UNS, al IITA, procedente del “valle del chao”. La materia prima se almacenó en refrigeración a una temperatura de 4 °C, con la finalidad de reducir los procesos metabólicos (respiración).

- ***Selección y Clasificación:***

En esta etapa, se descartó aquellas bayas de arándanos que no eran aceptable para el procesamiento, ya sea por poseer daños por abrasiones en la cáscara o pulpa, daños físicos por el transporte, daños mecánicos, y contaminación con mohos u otros en general. Los arándanos se clasificaron teniendo en cuenta la homogeneidad de las bayas en el grado de madurez (90-100% color azul intenso), de forma semiesférica y de diámetro entre 11-16 mm.

- ***Lavado y desinfección:***

Primero las bayas de arándanos fueron lavadas con agua sola para eliminar restos de tierra, luego fueron desinfectadas sumergiendo las bayas en una solución preparada con hipoclorito de sodio a 50ppm, durante 5 min, para luego enjuagar con agua destilada por 2 min, eliminando así el exceso de cloro.

- ***Oreado:***

Las bayas de arándanos lavadas y desinfectadas fueron coladas en bandejas grandes de acero inoxidable para que sean secadas durante aproximadamente 15 min, para ello se utilizó ventiladores.

- ***Inmersión en los Recubrimientos Comestibles:***

Una vez formuladas y elaboradas los recubrimientos comestibles; la técnica de aplicación utilizada en arándanos fue la de inmersión, para ello se sumergió bayas de arándanos en cada uno de los tratamientos elaborados durante un tiempo de 3 min.

- ***Secado:***

Las bayas con recubrimiento fueron colocadas nuevamente en bandejas para ser secadas con ayuda de aire forzado (ventiladores), en un lapso de entre 45 minutos – 1 hora.

- ***Envasado y pesado:***

Se envasó las muestras de arándanos previamente recubiertas a base de pectina y quitosano, se pesaron aproximadamente 100 g de bayas en cada clamshell de plástico (PET) de 125 g (que previamente fueron rotuladas con etiquetas donde se colocó el tratamiento al que pertenecían).

- ***Almacenado:***

Los arándanos recubiertos con los 11 tratamientos, se almacenaron a temperatura de refrigeración de (4°C), durante 22 días, para ser examinadas cada 4 días. Adicionalmente se almacenaron muestras control (tratamiento 12), las cuales fueron bayas de arándanos desinfectadas y enjugadas solo con agua destilada.

3.3.2. Diseño Experimental:

El diseño estadístico que se empleó fue la metodología de superficie de respuesta (MSR), adoptando un diseño compuesto central rotatable (DCCR), para encontrar un modelo matemático que nos permita determinar los valores de las variables independientes en función a la respuesta esperada (maximizar o minimizar respuestas).

Este diseño (DCCR) analizó dos variables independientes (concentración de pectina y concentración de quitosano), así mismo contemplo 11 tratamientos, de los cuales 4 corresponden a una factorial 2^2 , 3 tratamientos a los puntos centrales y 4 tratamientos a los puntos axiales con $\alpha = 1.4142$.

Tabla 3

Delimitantes del DCCR

Variables Independiente	NIVELES				
	α	-1	0	+1	$+\alpha$
$X_1 = [\text{Pectina}]$	0.002	0.06	0.2	0.34	0.397
$X_2 = [\text{Quitosano}]$	0.002	0.06	0.2	0.34	0.397

Nota: El valor de $\pm \alpha = 1.4142$

Tabla 4*Matriz con valores codificados*

Tratamiento	Concentración de pectina	Concentración de quitosano
1	-1	-1
2	1	-1
9 (C)	0	0
8	0	+1.4142
7	0	-1.4142
6	+1.4142	0
11 (C)	0	0
3	-1	1
5	-1.4142	0
4	1	1
10 (C)	0	0

Tabla 5*Matriz con valores verdaderos*

Tratamiento	Concentración de pectina (%p/v)	Concentración de quitosano (%p/v)
1	0.06	0.06
2	0.34	0.06
9 (C)	0.20	0.20
8	0.20	0.397
7	0.20	0.002
6	0.397	0.20
11 (C)	0.20	0.20
3	0.06	0.34
5	0.002	0.20
4	0.34	0.34
10 (C)	0.20	0.20

Tabla 6:*Matriz de diseño del experimento*

TRAT.	CONC. DE PECTINA (%p/v)	CONC. DE QUITOSANO (%p/v)	CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS				CARACTERÍSTICAS SENSORIALES			
			Pérdida de peso (%)	Sólidos solubles totales (°Brix)	Acidez (%)	pH	Firmeza	Sabor	Brillantez	Acceptabilidad general
1	0.06	0.06								
2	0.34	0.06								
3	0.06	0.34								
4	0.34	0.34								
5	0.002	0.20								
6	0.397	0.20								
7	0.20	0.002								
8	0.20	0.397								
9	0.20	0.20								
10	0.20	0.20								
11	0.20	0.20								

3.3.3. Métodos de análisis

3.3.3.1. *Humedad (%)*

Se determinó por pérdida de peso debido a la evaporación del agua, para ello se usó el método descrito en la AOAC 926.08 18th Edition (2005).

3.3.3.2. *Cenizas (%)*

Se empleó el método según AOAC 923.03 18th Edition (2005). Se determinó mediante la calcinación a temperaturas entre 500 – 600°C a determinada muestra.

3.3.3.3. *Textura (mJ)*

Se utilizó un analizador de textura (Marca: Brookfiel; modelo: CT3 4500). Se colocó una sub muestra de fruta (15 bayas / tratamiento) con una sonda metálica de 4 mm de diámetro, a una velocidad de 1.5 mm/s y una deformación de 10 mm sobre una de las caras en la zona ecuatorial de cada fruto. Los resultados se expresaron en mJ.

3.3.3.4. *Sólidos solubles totales (°Brix)*

Se empleó el método según AOAC 932.12 18th Edition (2005). Para ello, tres gotas de la muestra se depositaron en la zona de medida del refractómetro (Marca: Atago; modelo: HSR-500), se efectuó las lecturas hasta obtener valores consecutivos idénticos, hallándose su valor medio. Los resultados se expresaron en grados °Brix.

3.3.3.5. Acidez titulable (%)

Se empleó el método según AOAC 942.15 18th Edition (2005). Se calculó a través de titulación potenciométrica por tratarse de un fruto de coloración oscura. Se extrajo el zumo de las bayas de arándanos y se determinó el volumen de NaOH 0.1 N consumido por 10 mL de zumo homogeneizado diluido con 90 ml de agua destilada, hasta llegar a un valor de pH de 8.1 ± 0.2 . El resultado se expresó como % de ácido cítrico.

3.3.3.6. pH

Se determinó mediante por el método potenciométrico de acuerdo a la AOAC 981.12 (2005), con inmersión del electrodo en el jugo de arándano, con previa calibración con solución buffer de pH 4 y 7.

3.3.3.7. Pérdida de peso (%)

La pérdida de peso en los arándanos envasados en clamshell se determinó por gravimetría, tomando el peso inicial (peso de los arándanos recién envasados) y el peso final (peso del día en que se realiza la medida) y expresando los resultados como porcentaje de pérdida de peso (% PP) mediante la siguiente ecuación:

$$\%PP = \left(\frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso - inicial}} \right) * 100$$

3.3.3.8. Método para la extracción de las muestras para determinación de antocianinas, polifenoles totales y capacidad antioxidante

Para obtener la muestra se preparó el sistema de extracción mezcla de Metanol grado HPLC – Agua destilada (80 - 20).

Se pesó aproximadamente entre 5 - 6 gr de muestra de arándano, se trituraron en un mortero, luego se pesó 5 gr del fruto triturado en un tubo de centrifuga, que previamente fue cubierto con papel aluminio y luego tarado, se adiciono 25 ml del metanol al 80%, se agito y se centrifugo a 4000 rpm durante 15 min a temperatura ambiente, luego el sobrenadante se guardó en un frasco color ambar, con el fin de evitar el paso de la luz.

3.3.3.9. Contenido de Antocianina

La metodología fue empleada de Del Carpio, Serrano & Giusti (2009). La antocianina sufre una transformación que es reversible con las variaciones de pH, manifestando una variación en los valores de absorbancia. A un valor de pH de 1, la forma oxonium es la que se impone mientras que a pH 4.5, la forma hemiacetal es la que predomina. El método pH diferencial se fundamenta en la manifestación de pigmentos polimerizados degradables y de otros compuestos que interfieren.

- ***Determinación de antocianina en muestra***

Se prepararon dos diluciones de la muestra a analizar, para ello se colocó 1 ml de muestra en dos tubos de ensayo, luego se añadió 9 ml de Buffer de Cloruro de Potasio a pH 1 en un tubo con muestra y en el otro tubo se añadió 9 ml de Buffer de Acetato de Sodio a pH 4.5, se agitaron y se llevaron al espectrofotómetro, para ello se utilizó como blanco agua destilada.

- ***Cálculo de concentración de antocianinas***

Para determinar la concentración de antocianinas se utilizó la fórmula de cálculo para el método pH diferencial:

$$A = (A_{\gamma \text{ vis max}} - A_{\gamma 700})_{pH=1} - (A_{\gamma \text{ vis max}} - A_{\gamma 700})_{pH=4.5}$$

Donde:

- $A_{\gamma \text{ vis. máx.}}$ es el valor del pico más elevado a pH 1 y pH 4.5
- $A_{\gamma 700}$, es el valor de la absorbancia a una longitud de onda de 700 nm a pH 1 y pH 4.5.

Se calculó el valor de la concentración con la siguiente fórmula:

$$\text{Antocianina} \left(\frac{\text{mg cianidina} - 3 - \text{glucósido}}{100g} \right) = \frac{A * PM * FD * (V/W) * 100}{\epsilon * L}$$

Dónde:

- A = Absorbancia
- PM = Peso molecular (449.2 g/mol)
- FD = Factor de dilución
- V = Volumen de extracción
- W = Peso de muestra
- ϵ = Coeficiente de extinción molar (26900 L/mol*cm)
- L = Longitud de la celda. (1 cm)

3.3.3.10. Polifenoles Totales

Los polifenoles totales se determinaron con el método espectrofotométrico propuesto por Folin y Ciocalteu (1927), ya que es un procedimiento ya estandarizado.

- **Preparación de reactivos**

- **Solución Folín Dennis (solución Folin Ciocalteu 0.25 N):** Se midió 1.25 ml de la solución Folín Ciocalteu y se aforo en una fiola de 10 ml con agua destilada. Para ello se utilizó una fiola color ambar para protegerla de la luz.

- **Solución de Ácido Gálico (50 mg/L):** Se pesó 25 mg de ácido gálico y se aforo en una fiola de 100 ml con agua destilada, luego se midió 2 ml de esta solución y se aforo en una fiola de 10 ml con agua destilada.
- **Solución de carbonato de sodio (20%):** Se pesó 2 g de Na_2CO_3 y se aforo en una fiola de 10 ml y se agitó hasta diluir totalmente.

- ***Determinación de curva patrón***

En 6 viales de color ambar se midió 150 μl , 300 μl , 60 μl , 900 μl , 1200 μl , 1500 μl de ácido gálico respectivamente en cada vial; luego se llevó a un volumen de 3300 μl con agua destilada, se añadió 150 μl de Na_2CO_3 , luego se adiciono 300 μl de la solución Folín Dennis en cada vial. Todos los viales se agitaron y se dejaron en reposo durante 15 min. Se leyó en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 726 nm. Para determinar los polifenoles totales se multiplico por el factor de dilución las concentraciones obtenidos en el espectrofotómetro.

- ***Determinación de polifenoles totales en muestra***

La muestra de arándano extraídas con metanol, se diluyo en 1:20 v/v en un matraz, luego en un vial color ambar se adiciono 900 μl de muestra diluida, 2400 μl de agua destilada, 150 μl de Na_2CO_3 y 300 μl de la solución Folín Dennis.

Se agitaron los viales y se dejaron reposar 15 min para luego proceder a leer en el espectrofotómetro a 726 nm.

3.3.3.11. *Capacidad Antioxidante*

Este método está fundamentado en el apareamiento del electrón del radical DPPH (radical libre) con el electrón de un antioxidante donador, ocurriendo así la reducción del radical libre DPPH, además se manifiesta la decoloración del DPPH, de color purpura a amarillo. La reacción alcanza su máxima absorbancia a 517 nm. Los compuestos antioxidantes están siendo extraídos de la muestra continuamente debido al metanol grado HPLC es por ello que la reacción con el radical libre DPPH continúa hasta su completa extracción (Plank *et al.*, 2012).

- ***Preparación de reactivos***

- **Solución de DPPH (40 ppm):** Se pesó 4 mg de DPPH colocando el contenido en una fiola de 100 ml cubierta con papel aluminio. Se agregó 50 ml de metanol HPLC y se llevó a un Vórtex por 20 minutos, posteriormente se añadió 50 ml de agua destilada y se agitó por 20 minutos adicionales; finalmente se aforó con metanol HPLC y se agitó por tercera vez durante 5 minutos. Se protegió la solución DPPH de la luz en cada etapa de la preparación.
- **Estándar de Trólox (50 mg/100mL):** Se pesó 5 mg de Trólox, se transfirió el reactivo a una fiola de 10 ml cubierta con papel aluminio. Se adicionó 5 ml de metanol HPLC y se agitó el contenido en el Vórtex durante 5 minutos, posteriormente se añadió 5 ml de agua destilada y se agitó por 5 minutos adicionales, para finalmente aforar con metanol HPLC.

- ***Determinación de curva patrón***

- Se tomaron alícuotas de 0.025, 0.050, 0.075 y 0.1 mL del estándar stock de Trolox (50 mg/100mL) y se vertió en tubos de vidrio recubiertos con papel aluminio (cada punto por triplicado).
- Se adicionó 6.25 mL de solución de DPPH para cada tubo de vidrio.
- Se cerró bien los tubos y se llevó a incubación en baño maría con agitación a 37 °C por 2 horas.
- Se realizó la lectura a 517 nm previamente utilizando el blanco de agua destilada.

3.3.3.12. Vitamina C (mg/100g)

Se determinó la cantidad de vitamina C, por espectrofotometría por el Método colorimétrico del 2,6-diclorofenol-indofenol descrito por la AOAC (2000).

3.3.4. Análisis Sensorial

Se realizó mediante un análisis descriptivo cuantitativo. El análisis sensorial realizado en la primera fase (optimización) se evaluó las características de firmeza, sabor, brillantez, y aceptabilidad general; mientras que en la segunda fase (determinación de vida útil del recubrimiento óptimo) fueron los antes señalados, pero adicionado un análisis sensorial de la deshidratación visual. Estos análisis fueron realizados en ambos casos por 35 panelistas semi-entrenados (alumnos de los últimos ciclos de la escuela profesional de ingeniería agroindustrial), a los que se les entregó una ficha de evaluación Anexo 2 (para la primera fase) y Anexo 10 (para la segunda fase). Se utilizó el laboratorio de Análisis Sensorial de la Planta Piloto de Agroindustria con una cabina individual

para cada participante. Las muestras fueron entregadas con un código, tomándose la muestra de cada tratamiento al azar. Durante la evaluación, los panelistas aclararon sus paladares con agua a temperatura ambiente entre muestras. La calificación de cada característica se basó en una escala de cinco puntos dependiendo del atributo a evaluar.

3.3.5. Vida útil

La vida útil fue determinada para la formulación óptima y para la muestra control. Se evaluaron a las muestras de arándano mediante una prueba de aceptabilidad general con una escala hedónica de cinco puntos, que va desde 5 = Me gusta mucho a 1 = Me disgusta mucho, donde el límite para determinar la vida útil fue 3 = No me gusta ni me disgusta. Dentro del análisis sensorial participaron 35 panelistas semi-entrenados, a los que se les entregó una ficha de evaluación (Anexo 10).

Los resultados obtenidos de dicha prueba fueron tratados por el método desarrollado por Graybill y Bowden y así se determinó el tiempo de vida útil.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Caracterización de la materia prima – Arándano (*Vaccinium corymbosum L.*)

La materia prima utilizada para las unidades experimentales fue el arándano de la variedad Biloxi, cuya caracterización fisicoquímica antes de ser sometida con recubrimiento comestible se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 7

Caracterización de la materia prima arándano var. Biloxi

Características	Promedio $\pm \sigma$
Humedad (%)	85.75 \pm 0.38
Cenizas (%)	0.22 \pm 0.01
Sólidos solubles (°Brix)	12.80 \pm 0.17
pH	2.979 \pm 0.025
Acidez (% ac. cítrico)	1.0724 \pm 0.0042

La humedad del arándano utilizado en esta investigación fue de 85.75 \pm 0.38 %, la cual es ligeramente mayor a lo reportado por Aldaba *et al.* (2016), los cuales indicaron un valor de 81.5 \pm 1.9 % de humedad; mientras que Pinedo (2018) obtuvo un valor entre 82.5 y 85% para arándano de variedad Biloxi.

El porcentaje de cenizas encontrado en nuestra muestra fue de 0.22 \pm 0.01%, cuyo valor concuerda con lo reportado por la USDA (2018), el cual menciona un valor de 0.24 %; otros autores como Santa Cruz (2018) y Canchos y Reyes (2016) indican un valor de 0.1 \pm 0.01 % y 0.12% respectivamente para arándanos var. Biloxi, los cuales son ligeramente inferiores a lo encontrado en esta investigación.

Figuroa *et al.* (2010), menciona que para que los arándanos sean cosechados deben presentar niveles de sólidos solubles entre 12 a 14%. Mientras que Godoy (2004),

menciona que arándanos con 11% de SST no poseen dulzor, y son muy inmaduros. Así mismo Yang *et al.*, (2009) establece que el contenido de SST depende de la variedad de arándano.

El contenido de sólidos solubles totales de nuestra materia prima fue 12.80 ± 0.17 °Brix, este valor es ligeramente mayor al reportado por Santa Cruz (2018) que establece un valor de 12.6 ± 0.01 °Brix; por otro lado, para arándanos var. Biloxi, autores como Arteada, A. y Arteaga, H. (2016) reportaron un valor de 10.90 ± 0.1 °Brix; y Pinedo (2018) indicó un valor de 15 °Brix. Todos los antes señalados son mayores a 10°Brix, cumpliendo así con el parámetro mínimo de calidad (Kader, 1999). Se debe tener en cuenta que los valores obtenidos para SST además de la variedad están sujetos a otros factores como el índice de madurez, condiciones de cosecha u otros que influyan en el contenido de azúcares.

El valor de pH encontrado fue de 2.979 ± 0.025 , el cual se encuentra dentro del rango 2.5 – 3.4 mencionado por Saftner *et al.* (2008), para arándanos maduros; así mismo, Pinedo (2018) reportó un rango de 2.75 -3 para arándano de var. Biloxi. Para la Acidez, en esta investigación se determinó un valor de 1.0724 ± 0.0042 % ac. cítrico, valor que se encuentra dentro del 0.4 – 1.31% mencionado por Mitcham *et al.*, (2007), mientras que Pinedo (2018) proporciona un intervalo de 0.8 - 1% de Acidez, exclusivamente para arándanos var. Biloxi.

4.2. Evaluación de los diferentes recubrimientos comestibles a base de pectina y quitosano

4.2.1. Evaluación de arándanos con recubrimiento comestible a base de pectina y quitosano en la pérdida de peso (%) durante el almacenamiento.

En el siguiente gráfico se puede observar el porcentaje de pérdida de peso de arándanos con recubrimiento comestible durante su almacenamiento.

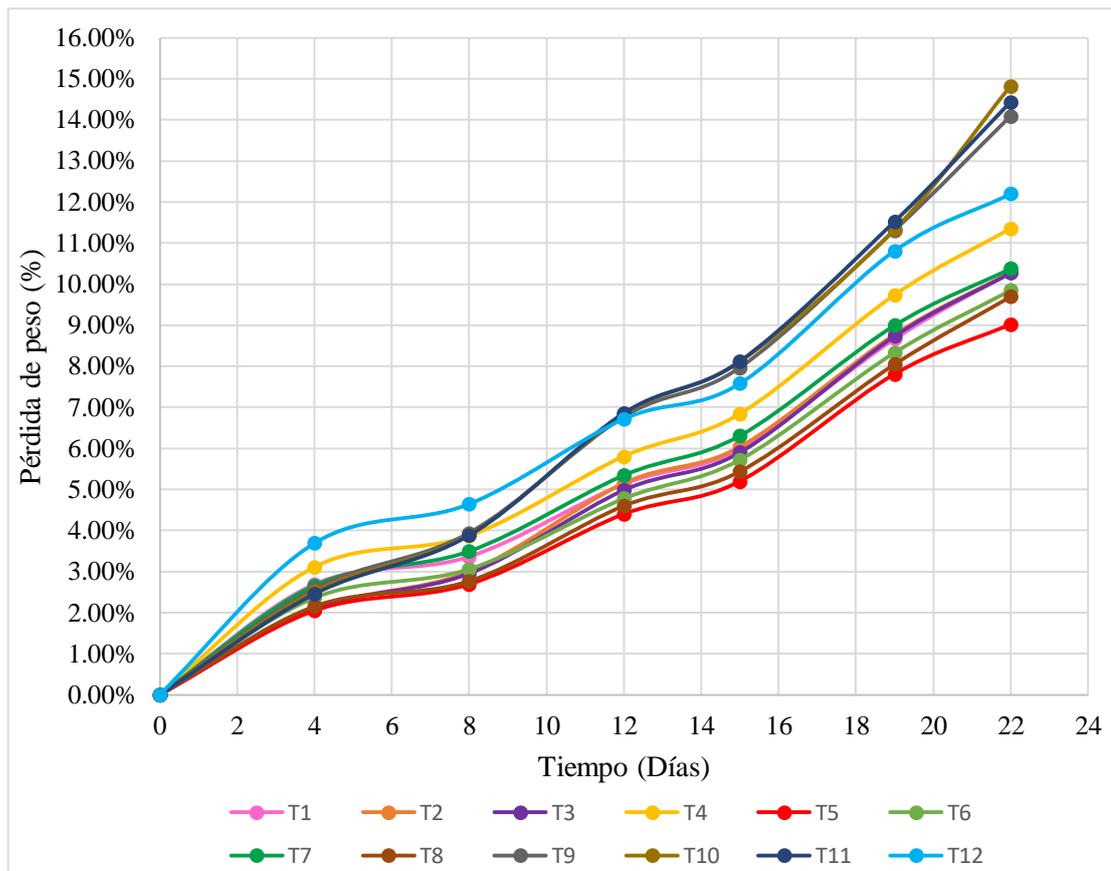


Gráfico 1. Efecto del recubrimiento comestible a base de pectina y quitosano sobre la pérdida de peso de peso en arándanos durante su almacenamiento

En el gráfico 1, se observa que la pérdida de peso presentó un comportamiento creciente durante toda la etapa de almacenamiento, donde se encontró que el tratamiento que menor pérdida de peso presentó fue el tratamiento T5 (0.002% p/v P y 0.2 % p/v Q) y el que mayor pérdida tuvieron fueron los tratamientos T9, T10 y T11 (0.2% p/v Q y 0.2% p/v P)

Según Olivas y Barbosa (2005), la pérdida de peso puede ser debido casi exclusivamente a la pérdida de agua, porque los otros componentes que pueden perderse (gases producto de la respiración, aroma y sabor) son insignificantes en la variación de peso.

En las frutas, el agua es el componente mayoritario, representando entre el 89 – 94% del total. Todas las frutas son elevadamente sensibles a la pérdida de agua por transpiración, y aún más aquellas frutas que presentan una elevada velocidad de respiración, lo cual conlleva a un marchitamiento, reducción de peso y disminución de la calidad sensorial (perjudicando la textura y jugosidad de dicha fruta) en poscosecha (Beltrán, 2010).

Otros autores como Yaman & Bayındırlı (2002), mencionan que la pérdida de peso en las frutas durante su almacenamiento es debido a la migración del agua de la fruta hacia el ambiente circundante, como consecuencia de la gradiente de presión de vapor de agua que se produce desde diferentes lugares en los tejidos celulares. Para ello, Nunes (2015) menciona que la temperatura y la HR son condiciones que ayudan a retrasar la pérdida de peso, ya que afectan la diferencia de presión de vapor entre los arándanos y el medio ambiente.

La pérdida de peso es considerada un parámetro de calidad en las frutas, de la cual el arándano no es la excepción, para ello existe un porcentaje máximo de pérdida de peso admisible, según Nunes (2015) un 5% de pérdida de peso no influye significativamente en la frescura de la fruta.

Por otro lado, Sossi (2008) menciona que el valor máximo de pérdida de peso en arándanos fresco para ser comercialmente admisible es 8 %. Mientras que (Sanford *et al.*, 1991; Miller y McDonald, 1993; Schotsmans *et al.*, 2007; Paniagua *et al.*, 2013) mencionan que la pérdida de peso se produce cuando este

supera un rango entre el 5 – 9% del peso inicial. Paniagua, East, Hindmarsh y Heyes (2013), en su trabajo donde evaluaron la influencia de la pérdida de peso como causa de cambio en la firmeza en arándanos durante su almacenamiento, señalan que con una pérdida de peso $\geq 8.7\%$ la fruta experimentó un encogimiento, indicando así cambios significativos en la calidad de la fruta.

Por todo lo antes mencionado, consideramos el día 15 como el día en donde el porcentaje de pérdida de peso está en el límite de lo admisible comercialmente en arándanos, siendo los T9, T10 y T11 los que presentan una mayor pérdida de peso en el día 15 con un 7.96%, 8.11% y 8.12% respectivamente, tomándose así este día para la evaluación de los otros parámetros de calidad.

Tabla 8

Análisis de Varianza para Pérdida de Peso (%) para arándanos con recubrimiento comestible a base de pectina y quitosano durante el almacenamiento

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Tratamientos	60.9073	10	6.09073	12.00	0.0000
B:Tiempo de Almacenamiento	647.868	5	129.574	255.20	0.0000
RESIDUOS	25.3866	50	0.507732		
TOTAL (CORREGIDO)	734.162	65			

En el análisis de varianza de la tabla 8, se muestra que tanto los tratamientos con RC a base de pectina y quitosano y el tiempo de almacenamiento tienen un efecto estadísticamente significativo sobre la pérdida de peso (%) en arándanos recubiertos en un 95 % de nivel de confianza.

La prueba Tukey HDS para el porcentaje de pérdida de peso en arándanos con recubrimiento comestible se presenta en la tabla 9, esta prueba demostró que existió efecto significativo denotado por la formación de subgrupos.

Tabla 9

Prueba de Tukey HSD para la Pérdida de Peso de los arándanos con recubrimiento comestible a base de pectina y quitosano durante el almacenamiento

Tratamientos	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
T5	6	5.19333	0.290899	X
T8	6	5.45	0.290899	XX
T6	6	5.68333	0.290899	XX
T3	6	5.82	0.290899	XX
T2	6	5.89	0.290899	XX
T1	6	6.02333	0.290899	XX
T7	6	6.19833	0.290899	XX
T4	6	6.78333	0.290899	XX
T9	6	7.77333	0.290899	X
T11	6	7.875	0.290899	X
T10	6	7.915	0.290899	X

En la tabla 9 se observa una mayor diferencia significativa entre el T5 (0.2% p/v Q y 0.002%p/v P) y los T9, T10, T11, donde los 3 pertenecen a la misma formulación (0.2%p/v P y 0.2% p/v Q). Por otro lado, los T5 y T8 fueron los que presentaron un menor porcentaje de pérdida de peso con una media de 5.19333% y 5.45% respectivamente.

4.2.1.1. Efecto del recubrimiento comestible a base de pectina y quitosano en arándanos en la pérdida de peso (%) después de 15 días de almacenamiento.

La descripción cuantitativa del efecto del recubrimiento comestible en la conservación del peso fue reportada mediante un modelo empírico como se muestra en la tabla 10. Donde las variables independientes fueron las concentraciones (%p/v) de pectina y quitosano y cuya variable de respuesta fue la pérdida de peso (%).

Tabla 10

Resultados de la pérdida de peso en arándanos recubiertos con las diversas formulaciones

Tratamiento	Concentración de Pectina % p/v	Concentración de Quitosano % p/v	Pérdida De Peso %
T1	0.06	0.06	5.99 ± 0.40
T2	0.34	0.06	6.04 ± 0.16
T3	0.06	0.34	5.90 ± 0.15
T4	0.34	0.34	6.84 ± 0.17
T5	0.002	0.20	5.20 ± 0.17
T6	0.397	0.20	5.72 ± 0.20
T7	0.20	0.002	6.31 ± 0.25
T8	0.20	0.397	5.44 ± 0.08
T9	0.20	0.20	7.96 ± 0.13
T10	0.20	0.20	8.11 ± 0.54
T11	0.20	0.20	8.12 ± 0.34

En la tabla siguiente, el resultado del análisis de varianza ANOVA demuestra que existe diferencia significativa para el efecto cuadrático de la interacción AA (pectina - pectina) y BB (quitosano - quitosano) con un 95% de nivel de confianza.

Tabla 11

Análisis de varianza para la Pérdida de peso de los arándanos recubiertos después de 15 días

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: PECTINA	0.372123	1	0.372123	1.78	0.2398
B: QUITOSANO	0.0338473	1	0.0338473	0.16	0.7041
AA	7.73577	1	7.73577	36.98	0.0017
AB	0.198025	1	0.198025	0.95	0.3753
BB	5.236	1	5.236	25.03	0.0041
Error total	1.04604	5	0.209209		
Total (corr.)	11.752	10			

R-cuadrada = **91.099** porciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = **82.198** porciento

Error estándar del est. = **0.457393**

Error absoluto medio = **0.226493**

Estadístico Durbin-Watson = 1.58583 (P=0.2172)

Autocorrelación residual de Lag 1 = 0.205484

La R-cuadrada indica que el modelo, así ajustado, explica 91.099% de la variabilidad de Pérdida de peso. Además, la ecuación de regresión que se ha ajustado a los datos de la tabla 10, es la siguiente:

$$\begin{aligned}
 P. PESO (\%) = & 3.94849 + 23.1562 * PECTINA + 16.9163 \\
 & * QUITOSANO - 59.7151 * PECTINA^2 + 11.352 \\
 & * PECTINA * QUITOSANO - 49.1284 * QUITOSANO^2
 \end{aligned}$$

En el gráfico 2 se muestra la superficie de respuesta estimada para la conservación de la pérdida de peso (minimizar pérdida de peso). Como se

observa en la gráfica, para una menor pérdida de peso (%) se requiere una mayor concentración de quitosano y una menor concentración de pectina.

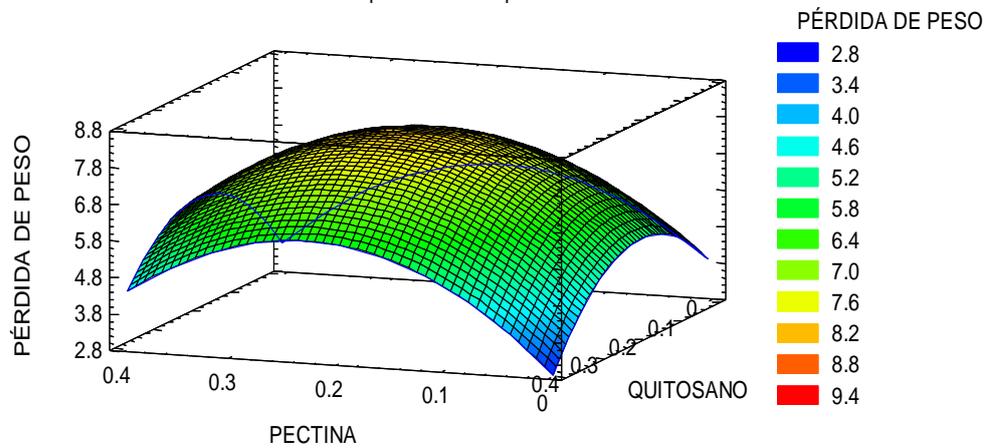


Gráfico 2. Superficie de Respuesta para la pérdida de peso de los arándanos recubiertos después de 15 días.

Según Ribeiro *et al.*, (2007) y Duan *et al.*, (2011) el quitosano se ha utilizado en la elaboración de recubrimientos comestibles debido a que ayuda a reducir un poco el paso del vapor de agua, logrando así minimizar un poco la pérdida de humedad y por ende retrasar la deshidratación de las frutas. Estudios realizados en fresas y arándanos, demuestran que los revestimientos a base de quitosano pueden lograr extender la vida útil en estas frutas (Park *et al.*, 2005; Duan *et al.*, 2011).

Nair, Saxena y Kaur (2018) investigaron el efecto de los RC basados en quitosano y alginato enriquecidos con extracto de cascara de granada, demostrando que los recubrimientos basados en quitosano eran más efectivos que el alginato para mantener la calidad de la guayaba.

Por otro lado, la pectina es un material de revestimiento hidrófilo con permeabilidad a la humedad relativamente alta, es decir tiene alta solubilidad.

4.2.2. Evaluación de arándanos con recubrimiento comestible a base de pectina y quitosano en la variación de los Sólidos Solubles Totales durante el almacenamiento.

En el gráfico 3 se muestra el comportamiento del contenido de sólidos solubles totales en los arándanos tratados con recubrimiento comestible a base de pectina y quitosano, en donde se observa que tienen un comportamiento ascendente durante el almacenamiento. Los tratamientos que presentaron una mayor mantención de los SST fueron el T5 (0.2% p/v Q y 0.002% p/v P) y el T8 (0.20 % p/v P y 0.397 % p/v Q); mientras que la muestra que presentó un mayor aumento fue el T12 (control).

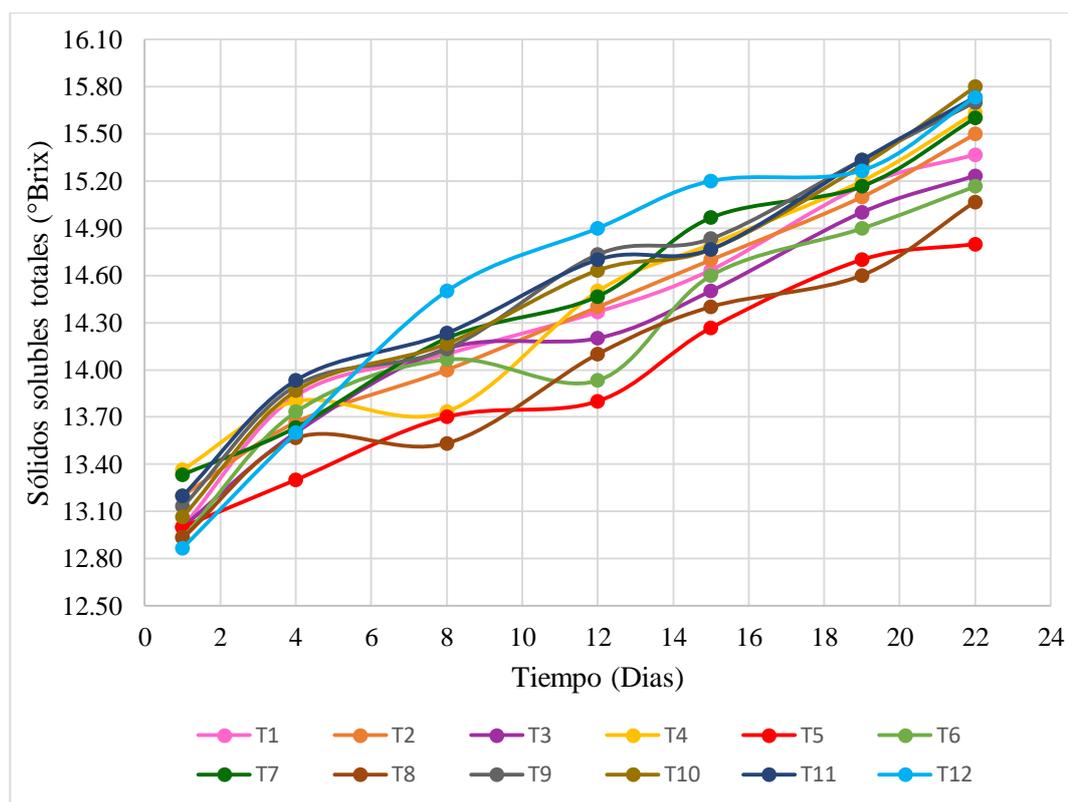


Gráfico 3. Efecto de recubrimiento comestible a base de pectina y quitosano sobre el contenido de sólidos solubles totales en arándanos durante su almacenamiento.

El comportamiento creciente del contenido de SST durante el almacenamiento según Godoy (2004), se explica debido a que aún en temperaturas de frío los frutos pierden humedad (peso), siendo este uno de los factores para un incremento en el contenido de azúcar.

Por otro lado, Duan *et al.*, (2011) y Ayala (2013), explican este comportamiento como producto del metabolismo postcosecha de la fruta, en donde se convierte el almidón y los ácidos orgánicos en carbohidratos de reserva y estos a su vez a sacáridos simples como el azúcar, lo que resulta en la disminución de TA y en aumento de SST durante el almacenamiento.

Abanto (2015) quien estudio el comportamiento de arándanos tratadas con RC a base de aloe vera, también reportó un incremento gradual en el nivel de SST en función del tiempo de almacenamiento tanto para los arándanos recubiertos como para la muestra control.

En el grafico 3 se muestra claramente la diferencia en el contenido de °Brix entre los tratamientos T5 y T8 y el T12 (control), lo cual es atribuido como consecuencia al efecto de los recubrimientos de T5 y T8 para retrasar el proceso de senescencia del arándano, por medio de la disminución de contenido de agua y el control de transporte de gases.

En la tabla 12 se muestra el análisis de varianza ANOVA de los SST en los arándanos tratados con recubrimiento comestible. Este análisis de varianza muestra que los tratamientos con RC a base de pectina y quitosano y el tiempo de almacenamiento tienen un efecto significativo con un nivel de 95% de confianza sobre el contenido de sólidos solubles totales en los arándanos.

Tabla 12

Análisis de varianza para los sólidos solubles totales de los arándanos con recubrimiento comestible a base de pectina y quitosano durante el almacenamiento

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Tratamientos	3.04824	10	0.304824	16.96	0.0000
B:Tiempo de Almacenamiento	42.1847	6	7.03079	391.25	0.0000
RESIDUOS	1.0782	60	0.01797		
TOTAL (CORREGIDO)	46.3112	76			

En la tabla 13 se muestra los resultados de la prueba Tukey HSD entre tratamientos para el contenido de sólidos solubles totales.

Tabla 13

Prueba de Tukey HSD para sólidos solubles totales de los arándanos recubiertos durante el almacenamiento.

Tratamientos	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
T5	7	13.9386	0.050667	X
T8	7	14.0286	0.050667	XX
T6	7	14.19	0.050667	XX
T3	7	14.2371	0.050667	XXX
T1	7	14.3529	0.050667	XXX
T2	7	14.3671	0.050667	XXX
T4	7	14.4329	0.050667	XX
T7	7	14.4814	0.050667	X
T10	7	14.5157	0.050667	X
T9	7	14.5357	0.050667	X
T11	7	14.5557	0.050667	X

En la tabla anterior, se observa una mayor diferencia significativa entre el T5 (0.002 %p/v P y 0.2% p/v Q) y el T7(0.2%p/v P y 0.002% p/v Q), T10, T9 y T11 (0.2%p/v P y 0.2% p/v Q), siendo estos cuatro últimos quienes presentaron mayor contenido de SST.

4.2.2.1. Efecto del recubrimiento comestible a base de pectina y quitosano en arándanos en el Contenido de Sólidos Solubles después de 15 días de almacenamiento.

La descripción cuantitativa de los efectos en el contenido de sólidos solubles totales fue reportada mediante un modelo empírico como se muestra en la tabla 14.

Tabla 14

Resultados de contenido de sólidos solubles totales en arándanos recubiertos con las diversas formulaciones

Tratamiento	Concentración de Pectina % p/v	Concentración de Quitosano %p/v	Sólidos Solubles Totales °Brix
T1	0.06	0.06	14.63 ± 0.06
T2	0.34	0.06	14.70 ± 0.10
T3	0.06	0.34	14.50 ± 0.10
T4	0.34	0.34	14.80 ± 0.10
T5	0.002	0.20	14.27 ± 0.06
T6	0.397	0.20	14.60 ± 0.10
T7	0.20	0.002	14.97 ± 0.21
T8	0.20	0.397	14.40 ± 0.10
T9	0.20	0.20	14.83 ± 0.06
T10	0.20	0.20	14.77 ± 0.06
T11	0.20	0.20	14.77 ± 0.12

En la tabla 15, los resultados del análisis de varianza ANOVA muestra que solo presenta diferencia significativa la interacción de pectina – pectina (AA), es decir los diferentes niveles de concentraciones de pectina varían entre si significativamente a un nivel de confianza del 95% para la variable de respuesta de contenido de sólidos solubles totales.

Tabla 15

Análisis de varianza para el contenido de Sólidos solubles totales de los arándanos recubiertos después de 15 días

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: PECTINA	0.0875065	1	0.0875065	4.47	0.0881
B: QUITOSANO	0.0873833	1	0.0873833	4.46	0.0883
AA	0.132408	1	0.132408	6.76	0.0482
AB	0.013225	1	0.013225	0.68	0.4485
BB	0.00446693	1	0.00446693	0.23	0.6530
Error total	0.0978728	5	0.0195746		
Total (corr.)	0.420164	10			

R-cuadrada = 76.706 por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 53.4121 por ciento

Error estándar del est. = 0.139909

Error absoluto medio = 0.0763586

Estadístico Durbin-Watson = 2.39212 (P=0.7280)

Autocorrelación residual de Lag 1 = -0.204792

La R-cuadrada indica que el modelo, así ajustado, explica 76.706% de la variabilidad en el contenido de sólidos solubles totales. Además, la ecuación de regresión que se ha ajustado a los datos de la tabla 14, es la siguiente:

$$\begin{aligned}
 SST (\text{°Brix}) = & 14.5373 + 3.28531 * PECTINA - 0.759273 \\
 & * QUITOSANO - 7.8125 * PECTINA^2 + 2.93367 \\
 & * PECTINA * QUITOSANO - 1.43495 * QUITOSANO^2
 \end{aligned}$$

En el gráfico 4 se muestra la superficie de respuesta estimada para el contenido de sólidos solubles totales en arándanos recubiertos en el día 15 de almacenamiento. Como se observa en la gráfica, la variación del contenido de SST en el producto será directamente proporcional a la concentración de pectina. Además, se observa que para que el contenido de SST no haya aumentado mucho al día 15 se requiere un RC con mayor concentración de quitosano y menor concentración de pectina.

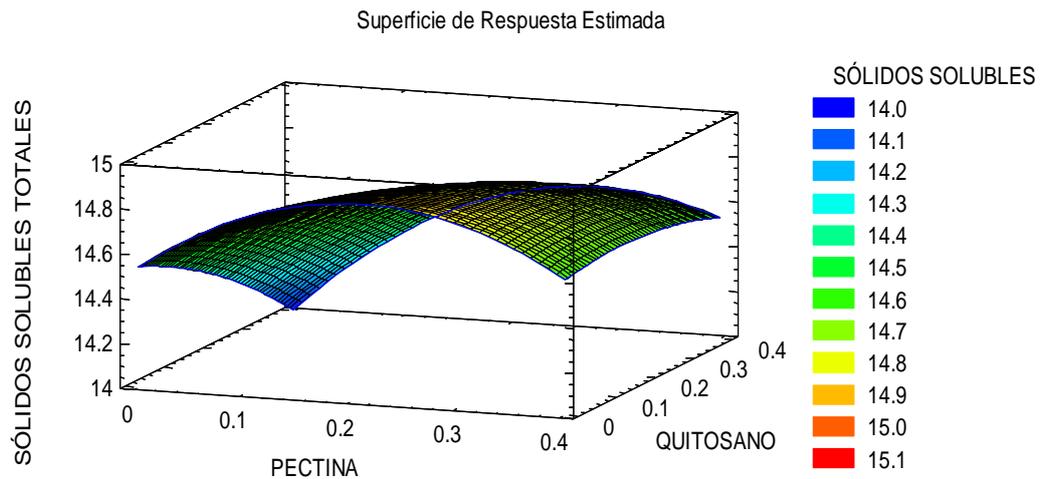


Gráfico 4. Superficie de respuesta para el contenido de sólidos solubles totales de los arándanos recubiertos después de 15 días

4.2.3. Evaluación de arándanos con recubrimiento comestible a base de pectina y quitosano en la variación de la Acidez durante el almacenamiento.

En el gráfico 5 se muestra el comportamiento del porcentaje de acidez en los arándanos con recubrimiento comestible a base de pectina y quitosano durante el tiempo de almacenamiento.

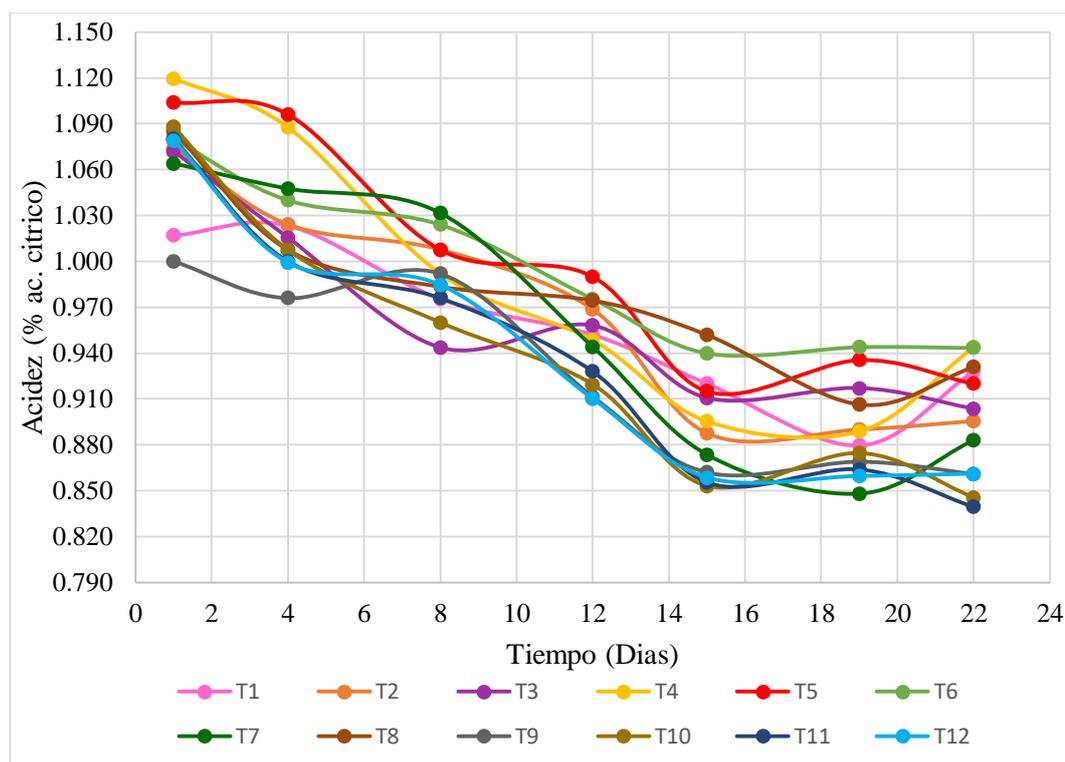


Gráfico 5. Efecto del recubrimiento comestible a base de pectina y quitosano sobre la acidez en arándanos durante su almacenamiento

Se observa un comportamiento decreciente del contenido de acidez durante los días de almacenamiento, esto concuerda con lo mencionado por (Gol *et al.*, 2013), quienes dicen que los valores de acidez pueden verse disminuidos durante el tiempo, debido al consumo de ácidos orgánicos durante el proceso de respiración. En el gráfico 5 también se observa que el T12 (fruta control) es uno de los tratamientos que presenta un mayor descenso de acidez (% ácido cítrico) en comparación a las otras muestras recubiertas, esto puede ser relacionado con la tasa de respiración de dichos frutos, con la pérdida de su calidad y próximo estado

de senescencia. Mientras que los tratamientos que presentaron mejor mantención de % de acidez fueron: T6 (0.397%p/v P y 0.2%p/v Q), T5(0.002%p/v P y 0.2%p/v Q) y T8 (0.2%p/v P y 0.397%p/v Q).

Yaman y Bayoındırlı (2002), mencionan que las frutas con RC presentan un menor consumo de ácidos durante su proceso de respiración, y que la reducción en la tasa de respiración es lograda por la protección que le aporta la aplicación del RC. Esto también es verificado por Vieira, Flores, Jasso de Rodríguez, Sousa, Vicente y Martins (2016), quienes estudiaron el efecto de la capa de quitosano – aloe vera en la calidad postcosecha de arándanos, y mencionan que su muestra control tuvo valores significativamente más bajos de acidez titulable en comparación a sus otras muestras con RC durante el almacenamiento.

Tabla 16

Análisis de varianza para la acidez de los arándanos con recubrimiento comestible a base de pectina y quitosano durante el almacenamiento

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Tratamientos	0.0393473	10	0.00393473	6.92	0.0000
B:Tiempo de Almacenamiento	0.334037	6	0.0556728	97.97	0.0000
RESIDUOS	0.0340949	60	0.000568248		
TOTAL (CORREGIDO)	0.407479	76			

La tabla 16 presenta el análisis de varianza ANOVA para el porcentaje de acidez en los arándanos recubiertos. En donde se puede observar que tanto los tratamientos con RC a base de pectina y quitosano como el tiempo de almacenamiento tienen un efecto estadísticamente significativo sobre la acidez con un nivel de confianza de 95%.

En la tabla 17 se muestra la prueba Tukey HSD entre los tratamientos para el porcentaje de acidez, esta prueba demostró que existió un efecto significativo denotado por la formación de subgrupos.

Tabla 17

Prueba de Tukey HSD para la Acidez de los arándanos recubiertos durante el almacenamiento

Tratamientos	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
T9	7	0.924571	0.0090099	X
T11	7	0.934857	0.0090099	XX
T10	7	0.935714	0.0090099	XX
T7	7	0.956143	0.0090099	XXX
T1	7	0.956714	0.0090099	XXX
T3	7	0.960286	0.0090099	XXX
T2	7	0.964143	0.0090099	XXX
T8	7	0.977429	0.0090099	XX
T4	7	0.982571	0.0090099	X
T6	7	0.992571	0.0090099	X
T5	7	0.995571	0.0090099	X

De la tabla anterior, se puede observar que hay una mayor diferencia significativa entre los tratamientos T9 (0.2% p/v P y 0.2% p/v Q) con el T4 (0.34%p/v P y 0.34%p/v Q), T6 (0.397%p/v P y 0.2% p/v Q) y T5 (0.002%p/v P y 0.2%p/v Q), siendo estos tres últimos tratamientos que obtuvieron una mayor media de contenido de acidez (%) durante el tiempo, es decir su descenso respecto al primer día fue menor en comparación de otros RC.

4.2.3.1. Efecto del recubrimiento comestible a base de pectina y quitosano en arándanos en el porcentaje de Acidez después de 15 días de almacenamiento.

En la tabla 18 se muestra los datos de acidez reportados de las muestras de arándanos recubiertos para el día 15 de almacenamiento, con la cual se logró obtener un modelo empírico que demuestra en forma cuantitativa los efectos de los RC en el contenido de acidez (% ac. cítrico).

Tabla 18

Resultado de Acidez en arándanos recubiertos con las diversas formulaciones

Tratamiento	Concentración de Pectina %p/v	Concentración de Quitosano %p/v	Acidez %
T1	0.06	0.06	0.920 ± 0.0057
T2	0.34	0.06	0.888 ± 0.0035
T3	0.06	0.34	0.911 ± 0.0035
T4	0.34	0.34	0.896 ± 0.0049
T5	0.002	0.20	0.915 ± 0.0028
T6	0.397	0.20	0.940 ± 0.0042
T7	0.20	0.002	0.874 ± 0.0049
T8	0.20	0.397	0.952 ± 0.0042
T9	0.20	0.20	0.862 ± 0.0042
T10	0.20	0.20	0.853 ± 0.0028
T11	0.20	0.20	0.856 ± 0.0049

En el análisis de varianza ANOVA de la tabla 19, se observa que solo el efecto AA tiene un valor-P menor que 0.05, indicando que es significativamente diferente de cero con un nivel de confianza del 95.0%,

es decir que solo la interacción AA (pectina –pectina) tiene un efecto significativo sobre el porcentaje de acidez de los arándanos recubiertos.

Tabla 19

Análisis de varianza para la acidez (%) de los arándanos recubiertos después de 15 días de almacenamiento

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: PECTINA	0.00001695	1	0.00001695	0.03	0.8728
B: QUITOSANO	0.00149355	1	0.00149355	2.50	0.1744
AA	0.00547068	1	0.00547068	9.17	0.0291
AB	0.00007225	1	0.00007225	0.12	0.7420
BB	0.00321892	1	0.00321892	5.40	0.0678
Error total	0.002983	5	0.000596599		
Total (corr.)	0.011376	10			

R-cuadrada = **73.7782** por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = **47.5563** por ciento

Error estándar del est. = **0.0244254**

Error absoluto medio = **0.0130351**

Estadístico Durbin-Watson = 1.93368 (P=0.4283)

Autocorrelación residual de Lag 1 = -0.00969424

El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo, así ajustado, explica 73.7782% de la variabilidad en la variable del contenido de Acidez (%). Además, la ecuación del modelo ajustado para la acidez en el 15 de almacenamiento es:

$$\begin{aligned}
 \text{ACIDEZ (\%)} = & \mathbf{0.960478} - \mathbf{0.688969} * \text{PECTINA} - \mathbf{0.433015} \\
 & * \text{QUITOSANO} + \mathbf{1.58801} * \text{PECTINA}^2 + \mathbf{0.216837} \\
 & * \text{PECTINA} * \text{QUITOSANO} + \mathbf{1.21811} * \text{QUITOSANO}^2
 \end{aligned}$$

En el gráfico 6 se muestra la superficie de respuesta estimada para la acidez (% ac. cítrico) en arándanos recubiertos en el día 15 de almacenamiento. Como se observa en la gráfica, para tener un mayor contenido de acidez (%) se requiere un recubrimiento comestible con una mayor concentración de pectina (%p/v) y una mayor concentración de quitosano (%p/v)

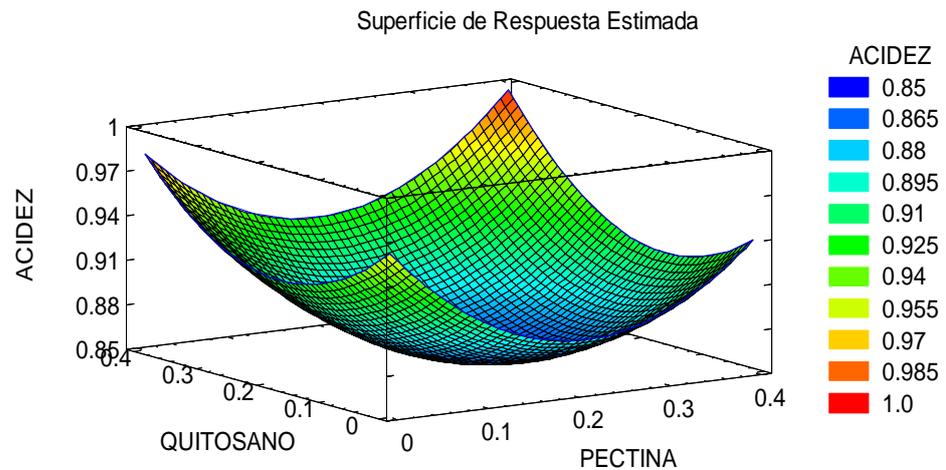


Gráfico 6. Superficie de respuesta para la acidez de los arándanos recubiertos después de 15 días de almacenamiento

4.2.4. Evaluación de arándanos con recubrimiento comestible a base de pectina y quitosano en la variación del pH durante el almacenamiento.

En el gráfico 7 se muestra el comportamiento del pH en arándanos con recubrimiento comestible a base de pectina y quitosano durante días de almacenamiento.

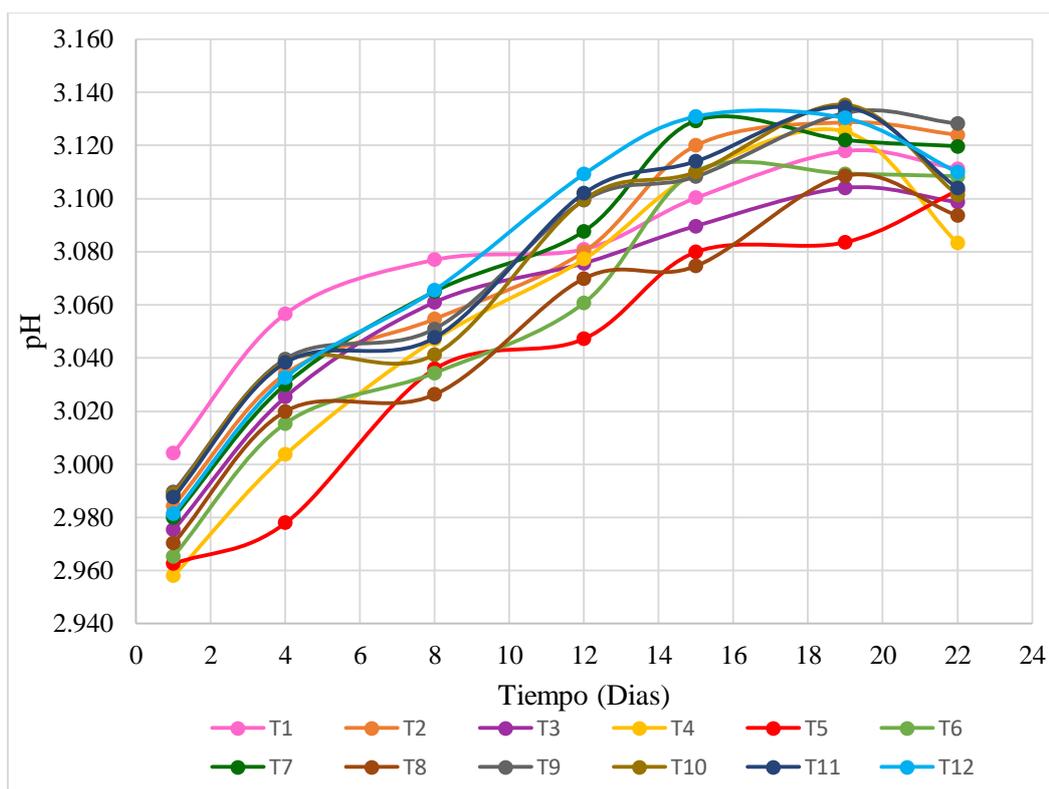


Gráfico 7. Efecto del recubrimiento comestible a base de pectina y quitosano sobre el pH en arándanos durante su almacenamiento

En este gráfico se observa una tasa creciente del valor del pH en todas las muestras durante los días de almacenamiento, Restrepo y Aristizábal (2010), argumentan este comportamiento al proceso de senescencia de la fruta, en donde los valores de pH aumentan debido a procesos bioquímicos.

Price, Luque y Meza (2017), en su investigación encontraron que arándanos variedad Biloxi tratados a temperaturas de refrigeración de 4 °C durante su

almacenamiento postcosecha, sufrieron un aumento en el contenido de pH sin importar el microclima en el cual fueron cultivados.

En la tabla 20 se presenta el análisis de varianza ANOVA del contenido de pH en los arándanos recubiertos. En donde se observa que los dos factores tienen un valor-P menor a 0.05, es decir tanto los tratamientos con RC a base de pectina y quitosano como los días de almacenamiento tienen un efecto estadísticamente significativo sobre el pH de los arándanos recubiertos con un nivel de confianza de 95%.

Tabla 20

Análisis de varianza para el pH de los arándanos con recubrimiento comestible a base de pectina y quitosano durante el almacenamiento

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Tratamientos	0.011152	10	0.0011152	9.11	0.0000
B:Tiempo de Almacenamiento	0.17158	6	0.0285967	233.67	0.0000
RESIDUOS	0.00734288	60	0.000122381		
TOTAL (CORREGIDO)	0.190075	76			

En la tabla 21 se muestra la prueba Tukey HSD entre los tratamientos para el contenido de pH, esta prueba demostró que existió un efecto significativo denotado por la formación de subgrupos.

Tabla 21

Prueba Tukey HSD para el pH de los arándanos recubiertos durante el almacenamiento

Tratamientos	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
T5	7	3.04157	0.00418127	X
T8	7	3.052	0.00418127	XX
T6	7	3.05743	0.00418127	XXX
T4	7	3.05771	0.00418127	XXX
T3	7	3.06143	0.00418127	XXX
T10	7	3.07357	0.00418127	XX
T2	7	3.07514	0.00418127	XX
T11	7	3.07543	0.00418127	XX
T7	7	3.07629	0.00418127	XX
T1	7	3.07829	0.00418127	X
T9	7	3.07829	0.00418127	X

De la tabla anterior, se puede observar que hay una mayor diferencia significativa entre los tratamientos T5 (0.002% p/v P y 0.2% p/v Q) y T8 (0.2% p/v P y 0.397% p/v Q) con T9 (0.2% p/v P y 0.2% p/v Q), T1(0.06%p/v P y 0.06%p/v Q).

4.2.4.1. Efecto del recubrimiento comestible a base de pectina y quitosano en arándanos en el contenido de pH después de 15 días de almacenamiento.

En la tabla 22 se muestra los datos de pH reportados de las muestras de arándanos recubiertos en el día 15 de almacenamiento, con la cual se logró obtener un modelo empírico que demuestra en forma cuantitativa los efectos de los RC en el contenido de pH.

Tabla 22

Resultados de pH en arándanos recubiertos con las diversas formulaciones

Tratamiento	Concentración de Pectina % p/v	Concentración de Quitosano %p/v	pH
T1	0.06	0.06	3.100 ± 0.019
T2	0.34	0.06	3.120 ± 0.014
T3	0.06	0.34	3.090 ± 0.010
T4	0.34	0.34	3.110 ± 0.013
T5	0.002	0.20	3.080 ± 0.018
T6	0.397	0.20	3.110 ± 0.016
T7	0.20	0.002	3.129 ± 0.009
T8	0.20	0.397	3.075 ± 0.012
T9	0.20	0.20	3.108 ± 0.009
T10	0.20	0.20	3.110 ± 0.014
T11	0.20	0.20	3.114 ± 0.012

En la tabla 23 se observa los resultados del análisis de varianza ANOVA para el contenido de pH, donde se observa que los factores principales de variación que son la concentración de Pectina y Quitosano tienen un valor – P menor a 0.05, es decir que influyen significativamente en el contenido de pH de los arándanos recubiertos con un nivel de confianza del 95.0%.

Tabla 23

Análisis de varianza para el pH de los arándanos recubiertos después de 15 días de almacenamiento

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: PECTINA	0.000849264	1	0.000849264	8.47	0.0334
B: QUITOSANO	0.00116084	1	0.00116084	11.58	0.0192
AA	0.000217657	1	0.000217657	2.17	0.2005
AB	0.0	1	0.0	0.00	1.0000
BB	0.0000414217	1	0.0000414217	0.41	0.5486
Error total	0.000501065	5	0.000100213		
Total (corr.)	0.00273364	10			

R-cuadrada = 81.6704 por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 63.3408 por ciento

Error estándar del est. = 0.0100106

Error absoluto medio = 0.00557085

Estadístico Durbin-Watson = 2.0432 (P=0.5023)

Autocorrelación residual de Lag 1 = -0.0448582

El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo, así ajustado, explica 81.6704 % de la variabilidad en la variable de respuesta de contenido de pH. Además, la ecuación del modelo ajustado para el pH después de 15 días de almacenamiento es:

$$pH = 3.09496 + 0.200296 * PECTINA - 0.03077703$$

$$* QUITOSANO - 0.316752 * PECTINA^2 + 0.0$$

$$* PECTINA * QUITOSANO - 0.13818 * QUITOSANO^2$$

En el gráfico 8 se muestra la superficie de respuesta estimada para el contenido de pH en arándanos recubiertos en el día 15 de almacenamiento. Como se observa en el gráfico, para tener un menor contenido de pH se requiere un recubrimiento comestible con una menor concentración de pectina (%p/v) y una mayor concentración de quitosano (%p/v).

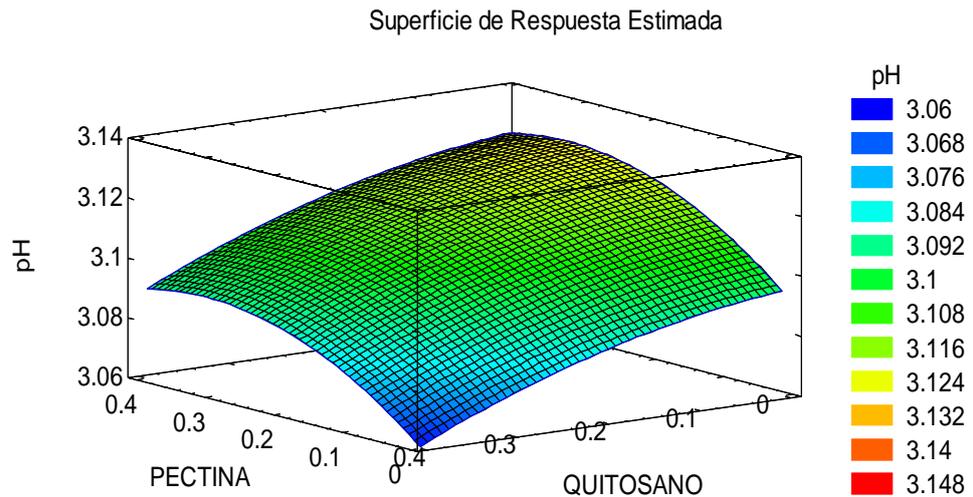


Gráfico 8. Superficie de respuesta para el contenido de pH de los arándanos recubiertos después de 15 días de almacenamiento

4.2.5. Obtención de la óptima formulación de recubrimiento comestible luego de 15 días de almacenamiento

Para determinar la formulación de recubrimiento comestible a base de pectina y quitosano que permita alargar la vida útil en arándanos, se utilizó el software estadístico STATGRAPHICS centurión XV.I.I, mediante la optimización de múltiples respuestas, para esta optimización se buscó condiciones que permitan: minimizar la pérdida de peso (%), minimizar el contenido de SST, maximizar la Acidez (% ac. cítrico) y minimizar el pH, de los datos obtenidos para el día 15 de almacenamiento; para ello se hizo un análisis de deseabilidad para las 4 variables de respuestas, la cual se muestra en la tabla 24.

Tabla 24

Optimización de múltiples respuestas

Fila	Variables Dependientes				Deseabilidad	Deseabilidad
	Pérdida de peso (%)	SST (°Brix)	Acidez (%)	pH	Prevista	Observada
1	5.99	14.63	0.92	3.1	0.526216	0.599039
2	6.04	14.7	0.888	3.12	0.298543	0.356703
3	5.9	14.5	0.911	3.09	0.855745	0.681724
4	6.84	14.8	0.896	3.11	0.576507	0.357144
5	5.2	14.27	0.915	3.08	0.834752	0.86824
6	5.72	14.6	0.94	3.11	0.509313	0.605402
7	6.31	14.97	0.874	3.129	0.240252	0.0
8	5.44	14.4	0.952	3.075	0.678034	0.929784
9	7.96	14.83	0.862	3.108	0.0909592	0.140298
10	8.11	14.77	0.853	3.11	0.0909592	0.0
11	8.12	14.77	0.856	3.114	0.0909592	0.0

De la tabla 24, se puede observar que el tratamiento 3 es el que cumple con la deseabilidad deseada para las variables de respuesta en arándanos con RC en el día 15 de almacenamiento, teniendo esta formulación un 0.06%p/v de Pectina y 0.34%p/v de Quitosano, indicando así que la mayor concentración de quitosano en el RC permite reducir la variabilidad de las características fisicoquímicas de los arándanos durante 15 días de almacenamiento.

En la tabla 25 se encuentran las concentraciones de Pectina y Quitosano óptimos que debe tener la formulación para cumplir con las condiciones de las respuestas antes descritas. Siendo esta formulación: 0.012% p/v de pectina y 0.36% p/v de quitosano.

Tabla 25

Valores Óptimos

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
PECTINA	0.0020101	0.39799	0.0122808
QUITOSANO	0.0020101	0.39799	0.363001

4.2.6. Evaluación del Análisis Sensorial durante el almacenamiento.

4.2.6.1. Evaluación sensorial de arándanos con recubrimiento comestible a base de pectina y quitosano en la variación de Firmeza durante el almacenamiento.

En el gráfico 9 se observa el promedio del puntaje (de cada día de muestreo) dado por los 35 panelistas para el atributo de Firmeza en las muestras de arándanos recubiertas durante los días de almacenamiento.

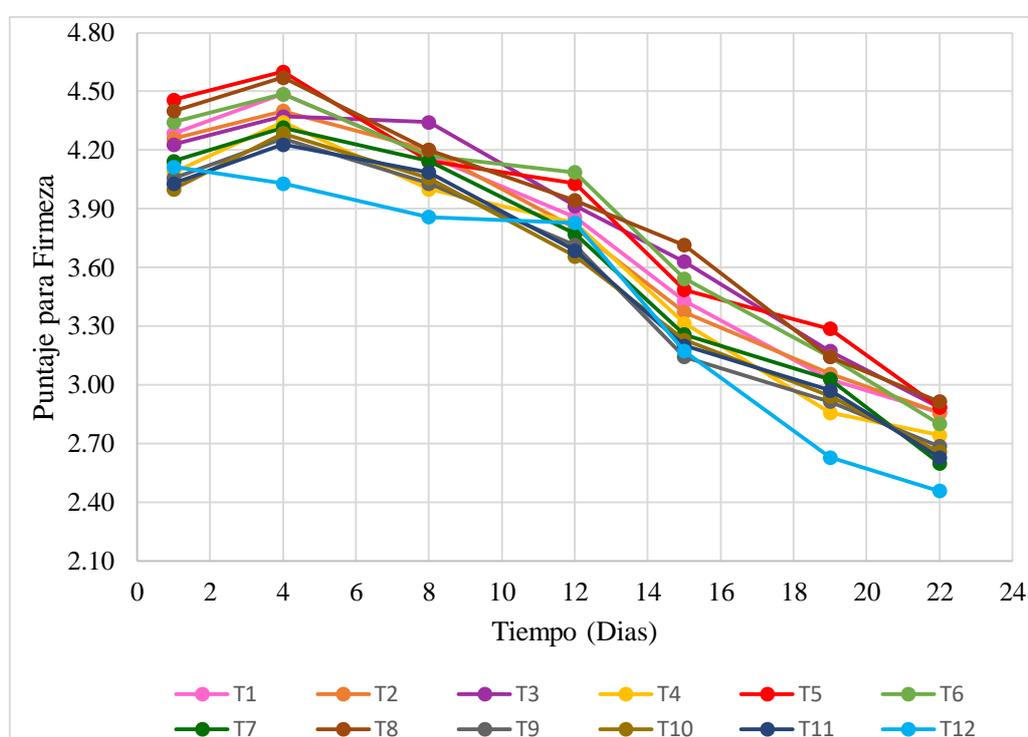


Gráfico 9. Efecto de los recubrimientos comestibles a base de pectina y quitosano sobre el puntaje para Textura en arándanos durante el almacenamiento

En dicho gráfico se puede observar que conforme aumentaba los días de almacenamiento, los panelistas le otorgaban menor puntaje al atributo de firmeza, en donde el mayor puntaje era 5 = “firme” y el menor 1= “muy blando”, indicando así que las muestras de arándanos perdían firmeza durante el tiempo de almacenamiento.

Defilippi, Rivera y Arriola (2018), mencionan que la pérdida de firmeza en arándanos durante su postcosecha es atribuida primordialmente a la pérdida de peso fresco del fruto. Y que en arándanos con más del 2% de pérdida de peso, su firmeza es afectada de manera negativa. Así mismo Duan, Wu, Strik y Zhao (2011) indican que el arándano sufre un ablandamiento durante el almacenamiento posterior a su cosecha.

Tabla 26:

Análisis de varianza para el atributo de Firmeza de los arándanos con recubrimiento comestible a base pectina y quitosano durante el almacenamiento

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón - F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Tratamiento	1.02415	10	0.102415	20.69	0.0000
B: Tiempo de Almacenamiento	25.6244	6	4.27073	862.74	0.0000
RESIDUOS	0.29701	60	0.00495017		
TOTAL (CORREGIDO)	26.9456	76			

En la tabla 26 se muestra el análisis de varianza ANOVA, en donde se observa que tanto los tratamientos con RC a base de pectina y quitosano como el tiempo de almacenamiento tienen un efecto significativo sobre el atributo de firmeza en los arándanos recubiertos.

En la tabla 27 se muestra la prueba Tukey HSD entre los tratamientos para el atributo de Firmeza, esta prueba demostró que existió un efecto significativo denotado por la formación de subgrupos. Donde se puede observar una mayor diferencia significativa entre T9, T10 y T11 (los tres con 0.2% p/v P y 0.2% Q) con T8 (0.2%p/v P y 0.397% p/v Q) y T5 (0.002% p/v P y 0.2% p/v Q), siendo estos dos últimos quienes presentaron

una mayor puntuación para el atributo de Firmeza durante todo el almacenamiento.

Tabla 27:

Prueba Tukey HSD para la Firmeza de los arándanos recubiertos durante el almacenamiento

Tratamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
T9	7	3.54286	0.0265926	X
T10	7	3.54857	0.0265926	X
T11	7	3.54857	0.0265926	X
T4	7	3.59571	0.0265926	XX
T7	7	3.60714	0.0265926	XXX
T2	7	3.70714	0.0265926	XXX
T1	7	3.73286	0.0265926	XXX
T3	7	3.79143	0.0265926	XX
T6	7	3.79571	0.0265926	XX
T8	7	3.83857	0.0265926	X
T5	7	3.84286	0.0265926	X

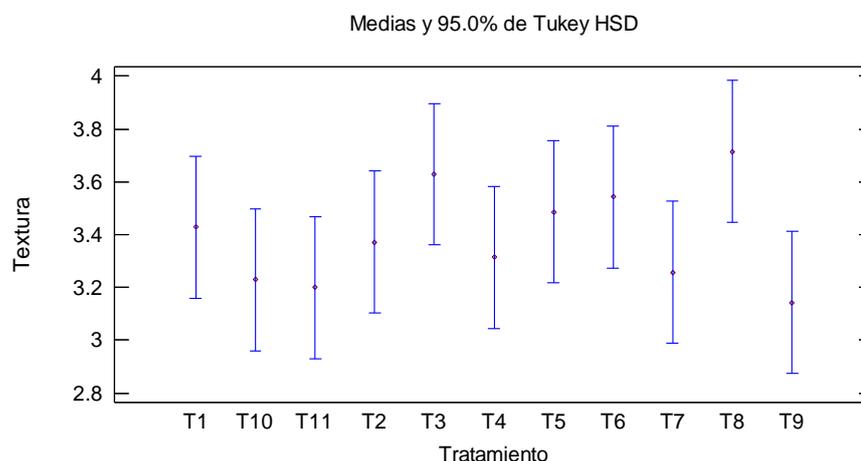
4.2.5.1.1. Evaluación Sensorial para Firmeza de los arándanos recubiertos después de 15 días de almacenamiento.

En la tabla 28 se presenta el análisis de varianza ANOVA – simple para el atributo de Firmeza en arándanos recubiertos con cada tratamiento de RC. En donde se puede observar que existe diferencia significativa entre los tratamientos de RC aplicados en arándanos sobre el atributo de Firmeza después de 15 días de almacenamiento.

Tabla 28

Análisis de varianza para Firmeza en arándanos con recubrimientos comestibles a base de pectina y quitosano después de 15 días de almacenamiento

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	12.0052	10	1.20052	2.50	0.0065
Intra grupos	179.771	374	0.480672		
Total (Corr.)	191.777	384			

**Gráfico 10.** Gráfico de Medias para el atributo de Firmeza

En el gráfico 10, se observa que los arándanos recubiertos con el T8 (0.2 %p/v P y 0.397% p/v Q), obtuvieron una mayor puntuación respecto a su atributo de firmeza, seguido por aquellos que fueron recubiertos con T3 (0.06% p/v P y 0.34 %p/v Q) y T6 (0.397% p/v P y 0.20 %p/v Q); mientras que los arándanos recubiertos con T9 (0.20% p/v P y 0.20% p/v Q) fueron los que obtuvieron menor puntuación para este atributo.

4.2.6.2. Evaluación sensorial de arándanos con recubrimiento comestible a base de pectina y quitosano en la variación de Sabor durante el almacenamiento.

En el gráfico 11 se observa el promedio del puntaje (de cada día de muestreo) dado por los 35 panelistas para el atributo de Sabor en las muestras de arándanos con las diversas formulaciones de RC durante los días de almacenamiento.

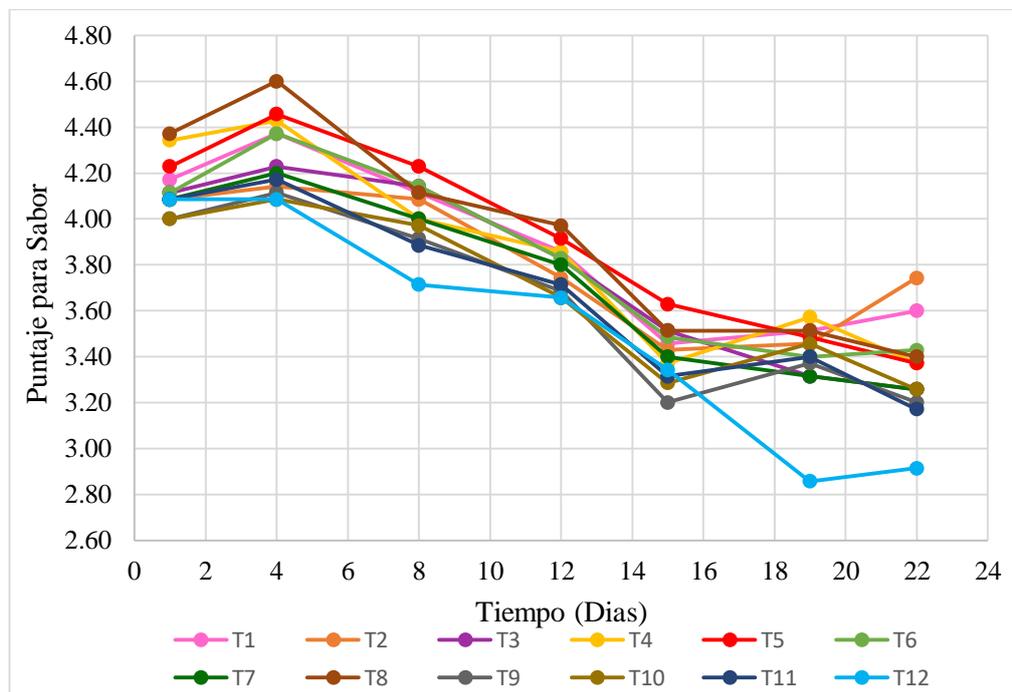


Gráfico 11. Efecto de los recubrimientos comestibles a base de pectina y quitosano sobre el puntaje para Sabor en arándanos durante el almacenamiento

En gráfico anterior se puede observar que conforme aumentaba los días de almacenamiento, los panelistas le otorgaban menor puntaje al atributo de sabor (según la escala hedónica del anexo 2), esto puede deberse a los cambios que experimentaron los arándanos recubiertos en su contenido de SST y porcentaje de acidez durante el almacenamiento.

Burgher *et al.*, (2002) mencionan que la calidad del sabor del arándano es un rasgo que dependen intrínsecamente del tipo de variedad al que pertenezca, siendo esto demostrado por (Duan *et al.*, 2011; Duarte *et al.*, 2009) quienes encontraron que existe diferencias significativas en el sabor de diferentes tipos de variedades de arándanos. Otras investigaciones previas (Chiabrandó *et al.*,2009; Paniagua *et al.*, 2013; Saftner *et al.*,2008) han informado cambios en la calidad del sabor en variedades de arándanos iguales o diferentes en las mismas condiciones de almacenamiento postcosecha. Aunque también se han encontrado diferentes cambios en la calidad de sabor en diferentes condiciones experimentales, lo que conlleva a validar el comportamiento variable de la calidad de sabor durante la postcosecha del arándano, que generalmente depende de la variedad de la fruta y las condiciones experimentales, ya sea para un deterioro o una prolongación de la vida útil de los arándanos frescos.

Tabla 29:

Análisis de varianza para el atributo de Sabor de los arándanos con recubrimiento comestible a base de pectina y quitosano durante el almacenamiento

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Tratamiento	0.66661	10	0.066661	8.21	0.0000
B: Tiempo de Almacenamiento	9.73898	6	1.62316	199.95	0.0000
RESIDUOS	0.487081	60	0.00811801		
TOTAL (CORREGIDO)	10.8927	76			

El análisis de varianza ANOVA mostrada en la tabla 29, muestra que tanto los tratamientos con RC a base de pectina y quitosano, como el tiempo de almacenamiento tienen un efecto significativo sobre el atributo de sabor con un nivel de confianza del 95%.

En la tabla 30 se muestra la prueba Tukey HSD entre los tratamientos para el atributo de Sabor, esta prueba demostró que existió un efecto significativo denotado por la formación de subgrupos.

Tabla 30:

Prueba Tukey HSD para el Sabor de los arándanos recubiertos durante el almacenamiento

Tratamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
T9	7	3.64	0.0340546	X
T10	7	3.67571	0.0340546	XX
T11	7	3.67714	0.0340546	XX
T7	7	3.72286	0.0340546	XXX
T3	7	3.77	0.0340546	XXXX
T2	7	3.81286	0.0340546	XXX
T6	7	3.82429	0.0340546	XXX
T4	7	3.84857	0.0340546	XX
T1	7	3.86857	0.0340546	XX
T5	7	3.90286	0.0340546	X
T8	7	3.92429	0.0340546	X

De la tabla 30 se puede observar una mayor diferencia significativa entre T9 (0.2% p/v P y 0.2% p/v Q) con T5 (0.002% p/v P y 0.2% p/v Q) y T8 (0.2% p/v P y 0.397% p/v Q) y, siendo estos dos últimos quienes presentaron una mayor puntuación para el atributo de Sabor durante todo el almacenamiento, con una media de 3.90286 y 3.92429 respectivamente.

4.2.5.2.1. Evaluación Sensorial para Sabor de los arándanos recubiertos después de 15 días de almacenamiento.

En la tabla 31 se presenta el análisis de varianza ANOVA – simple para el atributo de Sabor en arándanos recubiertos con cada tratamiento de RC. Donde se observa que no existe diferencia significativa entre los tratamientos de RC aplicados en arándanos sobre el atributo de Sabor para el día 15 a un nivel del 95% de confianza.

Tabla 31:

Análisis de varianza para Sabor en arándanos con recubrimiento comestible a base de pectina y quitosano después de 15 días de almacenamiento

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	5.15844	10	0.515844	1.60	0.1042
Intra grupos	120.514	374	0.322231		
Total (Corr.)	125.673	384			

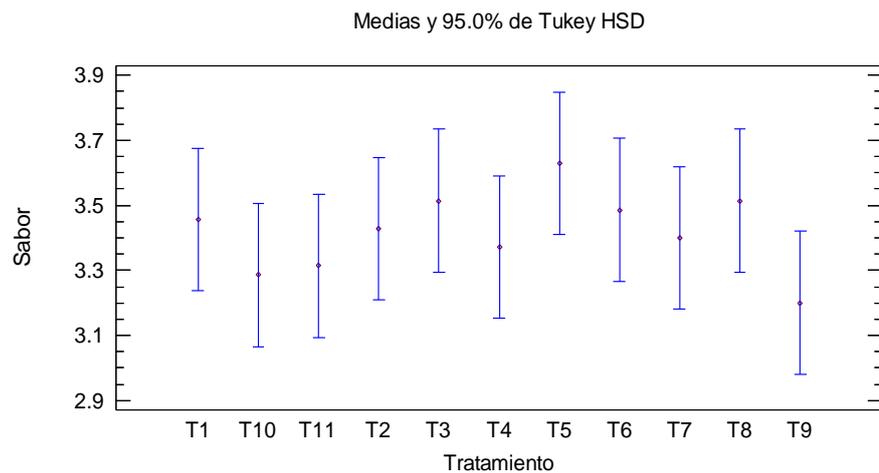


Gráfico 12. Gráfico de medias para el atributo de Sabor

En el gráfico 12, se observa que los arándanos recubiertos con el T5 (0.002 % p/v P y 0.2% p/v Q), T8 (0.2 %p/v P y 0.397% p/v Q) y T3 (0.06% p/v P y 0.34 %p/v Q) fueron los que obtuvieron una mayor puntuación respecto a su atributo de sabor, mientras que los arándanos recubiertos con T9 (0.20% p/v P y 0.20% p/v Q) fueron los que obtuvieron menor puntuación para este atributo.

4.2.6.3. Evaluación sensorial de arándanos con recubrimiento comestible a base de pectina y quitosano en la variación de Brillantez durante el almacenamiento.

En el gráfico 13 se observa el promedio del puntaje dado por los 35 panelistas para el atributo de Brillantez en las muestras de arándanos con las diversas formulaciones de RC durante los días de almacenamiento.

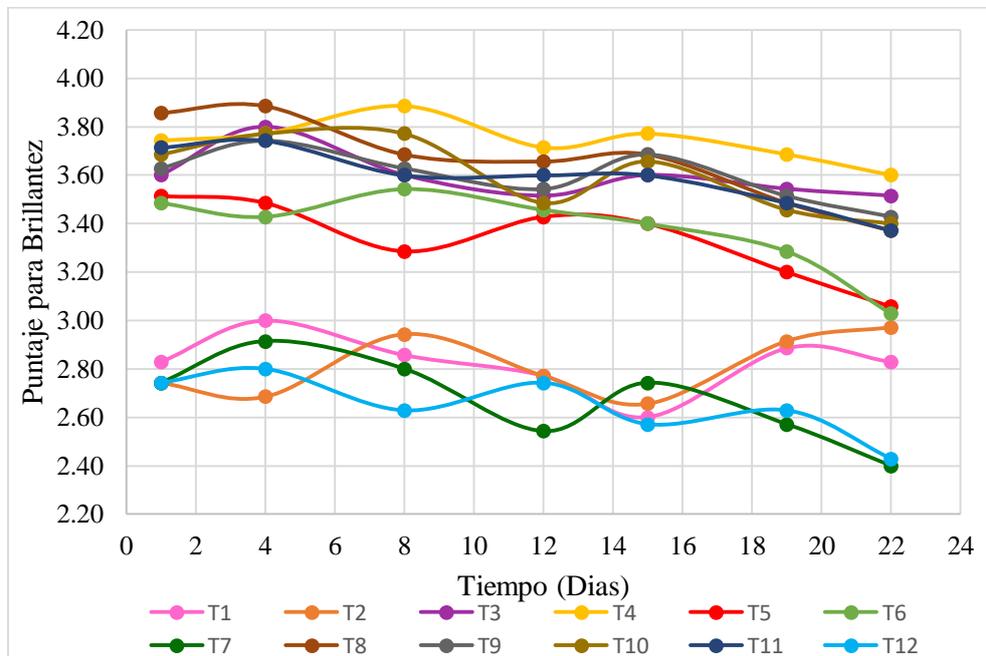


Gráfico 13. Efecto de los recubrimientos comestibles a base de pectina y quitosano sobre el puntaje para Brillantez en arándanos durante el almacenamiento

En el gráfico 13 se observa que la puntuación para el atributo de brillantez en los arándanos revestidos con los diferentes RC a base de pectina y quitosano tienen un comportamiento oscilante durante el tiempo de almacenamiento, esto puede deberse a los puntajes dados por los panelistas, y a la percepción de ellos hacia este atributo.

La tabla 32 contiene el análisis de varianza ANOVA para el atributo de Brillantez en arándanos revestidos con recubrimientos comestibles a base de pectina y quitosano durante los días de almacenamiento.

Tabla 32

Análisis de varianza para el atributo de Brillantez de los arándanos con recubrimiento comestible a base de pectina y quitosano durante el almacenamiento

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Tratamiento	10.6228	10	1.06228	95.09	0.0000
B: Tiempo de Almacenamiento	0.661517	6	0.110253	9.87	0.0000
RESIDUOS	0.670283	60	0.0111714		
TOTAL (CORREGIDO)	11.9546	76			

El análisis de varianza muestra que tanto los tratamientos con RC a base de pectina y quitosano, como el tiempo de almacenamiento tienen un efecto significativo sobre el atributo de brillantez con un nivel de confianza del 95%.

En la tabla 33 se muestra la prueba Tukey HSD entre los tratamientos para el atributo de Brillantez, esta prueba demostró que existió un efecto significativo denotado por la formación de subgrupos.

Tabla 33

Prueba Tukey HSD para la Brillantez de los arándanos recubiertos durante el almacenamiento

Tratamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
T7	7	2.67143	0.0399489	X
T2	7	2.81143	0.0399489	X
T1	7	2.82571	0.0399489	X
T5	7	3.34	0.0399489	X
T6	7	3.37714	0.0399489	X
T11	7	3.58714	0.0399489	X
T3	7	3.59429	0.0399489	X
T9	7	3.59571	0.0399489	X
T10	7	3.60571	0.0399489	X
T8	7	3.66429	0.0399489	X
T4	7	3.73857	0.0399489	X

De la tabla 33 se puede observar una mayor diferencia significativa entre T7 (0.2% p/v P y 0.002% p/v Q) , T2 (0.34% p/v P y 0.06% p/v Q) , T1 (0.06% p/v P y 0.06% p/v Q) con T11, T9, T10 (los tres con 0.2% p/v P y 0.2% Q), T3 (0.06 % p/v P y 0.34% p/v Q), T8 (0.2% p/v P y 0.397% p/v Q) y T4 (0.34% p/v P y 0.34% p/v Q), en donde se observa que los tratamientos que poseen una mayor concentración de pectina posee puntajes más bajos (indicando un aspecto opaco o poco brillante) mientras que los RC con mayor concentración de quitosano le proporcionaron a los arándanos una apariencia más brillante.

4.2.5.3.1. Evaluación Sensorial para la Brillantez de los arándanos recubiertos después de 15 días de almacenamiento.

En la tabla 34 se presenta el análisis de varianza ANOVA – simple para el atributo de Brillantez en arándanos recubiertos con cada tratamiento de RC. Donde se puede observar que el valor-P es menor a 0.05, indicando que existe diferencia significativa entre los tratamientos de RC aplicados en arándanos sobre el atributo de Brillantez para el día 15 de almacenamiento a un nivel del 95% de confianza.

Tabla 34

Análisis de varianza para Brillantez en arándanos con recubrimientos comestibles a base de pectina y quitosano después de 15 días de almacenamiento

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	71.3403	10	7.13403	19.95	0.0000
Intra grupos	133.714	374	0.357525		
Total (Corr.)	205.055	384			

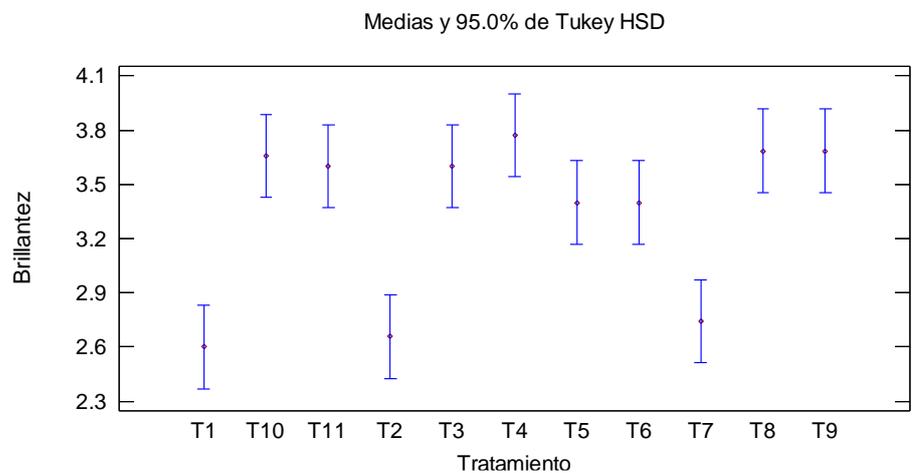


Gráfico 14. Gráfico de medias para el atributo de Brillantez

En el gráfico 14, se observa que hay una formación de dos grupos muy marcados, en donde el T4 (0.34% p/v P y 0.34% p/v Q), T8 (0.2% p/v P y 0.397% p/v Q), T9, T10, T11 (los tres con 0.2% p/v P y 0.2% Q) y T3 (0.06 % p/v P y 0.34% p/v Q) presentaron mayor puntaje en cuanto al atributo de brillantez, indicando así, que las formulaciones con mayor concentración de quitosano le proporcionan una apariencia más brillante a los arándanos en comparación a los tratamientos T7(0.2% p/v P y 0.002% p/v Q) , T2 (0.34% p/v P y 0.06% p/v Q) , T1 (0.06% p/v P y 0.06% p/v Q) quienes además de presentar menor concentración de quitosano, fueron los tratamientos que obtuvieron menor puntuación para el atributo de brillantez.

4.2.6.4. Evaluación sensorial de arándanos con recubrimiento comestible a base de pectina y quitosano en la variación de Aceptabilidad General durante el almacenamiento.

En el gráfico 15 se observa el promedio del puntaje dado por los 35 panelistas para el atributo de Aceptabilidad General en las muestras de arándanos con las diversas formulaciones de RC durante los días de almacenamiento.

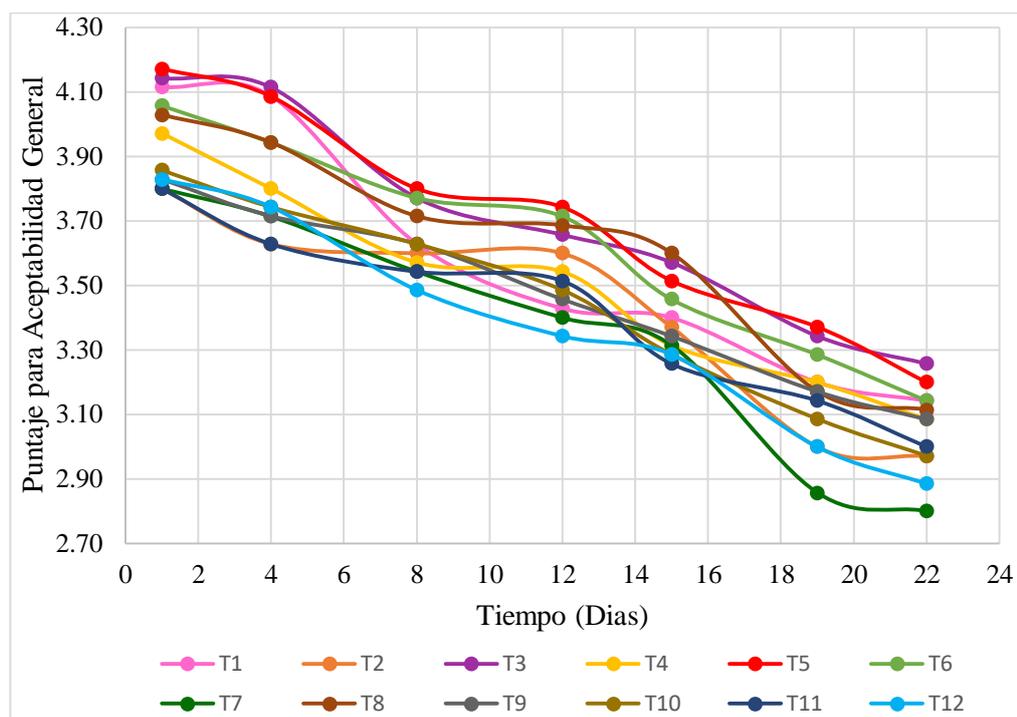


Gráfico 15. Efecto de recubrimientos comestibles a base de pectina y quitosano sobre el puntaje para Aceptabilidad General en arándanos durante el almacenamiento

En el gráfico anterior se observa que la puntuación para el atributo de Aceptabilidad General en los arándanos revestidos con los diferentes RC a base de pectina y quitosano tienen un comportamiento decreciente durante el tiempo de almacenamiento, esto puede deberse a la disminución de su calidad postcosecha.

La tabla 35 contiene el análisis de varianza ANOVA para la Aceptabilidad General en arándanos revestidos con recubrimientos comestibles a base de pectina y quitosano durante los días de almacenamiento. En donde se muestra que tanto los tratamientos con RC a base de pectina y quitosano, como el tiempo de almacenamiento tienen un efecto significativo sobre la aceptabilidad general con un nivel de confianza del 95%.

Tabla 35

Análisis de varianza para el atributo de Apariencia General de los arándanos con recubrimiento comestible a base de pectina y quitosano durante el almacenamiento

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Tratamientos	1.00829	10	0.100829	19.62	0.0000
B:Tiempo de Almacenamiento	7.33804	6	1.22301	237.95	0.0000
RESIDUOS	0.308384	60	0.00513974		
TOTAL (CORREGIDO)	8.65472	76			

En la tabla 36 se muestra la prueba Tukey HSD entre los tratamientos para la aceptabilidad general, esta prueba demostró que existió un efecto significativo denotado por la formación de subgrupos.

Tabla 36

Prueba de Tukey HSD para la Aceptabilidad General de los arándanos recubiertos durante el almacenamiento

Tratamientos	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
T7	7	3.34571	0.027097	X
T11	7	3.41143	0.027097	XX
T2	7	3.42429	0.027097	XX
T10	7	3.43857	0.027097	XX
T9	7	3.46143	0.027097	XXX
T4	7	3.49714	0.027097	XXX
T1	7	3.57143	0.027097	XXX
T8	7	3.60714	0.027097	XX
T6	7	3.62429	0.027097	XX
T3	7	3.69286	0.027097	X
T5	7	3.69714	0.027097	X

De la tabla 36 se puede observar una mayor diferencia significativa entre T7 (0.2% p/v P y 0.002% p/v Q) con T3 (0.06 % p/v P y 0.34% p/v Q) y T5 (0.002% p/v P y 0.2% p/v Q), siendo estos dos últimos los que obtuvieron una mayor aceptabilidad general durante el tiempo de almacenamiento, con una media de 3.69286 y 3.69714 respectivamente.

4.2.5.4.1. Evaluación Sensorial para la Aceptabilidad General de los arándanos recubiertos después de 15 días de almacenamiento.

En la tabla 37 se presenta el análisis de varianza ANOVA – simple para la Aceptabilidad General en arándanos revestidos con diversos tratamientos de RC. Donde se puede observar que el valor-P es mayor a 0.05, indicando que no existe diferencia significativa entre los tratamientos de RC aplicados en arándanos sobre aceptabilidad general para el día 15 de almacenamiento con un nivel del 95% de confianza, es decir todos los tratamientos de recubrimientos comestible aplicados en los arándanos tienen el mismo comportamiento en su aceptabilidad general.

Tabla 37

Análisis de varianza para Aceptabilidad General en arándanos con recubrimientos comestibles a base de pectina y quitosano después de 15 días de almacenamiento

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	4.82597	10	0.482597	1.44	0.1627
Intra grupos	125.771	374	0.336287		
Total (Corr.)	130.597	384			

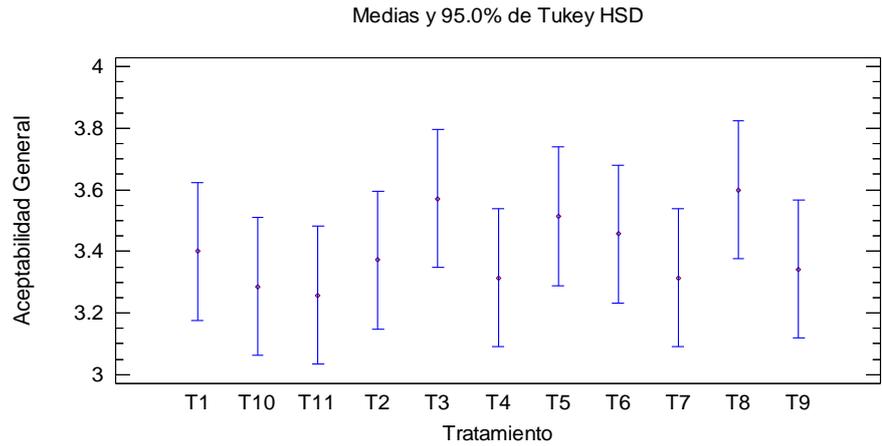


Gráfico 16. Gráficos de medias para la Aceptabilidad General

En el gráfico 16, se observa que los arándanos recubiertos con el T8 (0.2 % p/v P y 0.397% p/v Q), T3 (0.06% p/v P y 0.34 % p/v Q) y T5 (0.002 % p/v P y 0.2% p/v Q), fueron los que obtuvieron una mayor puntuación respecto a su aceptabilidad general, mientras que los arándanos recubiertos con T10 y T11 (los dos con 0.20% p/v P y 0.20% p/v Q) fueron los que obtuvieron menor puntuación para este análisis.

4.3. Evaluación del arándano con la formulación óptima de recubrimiento comestible a base de pectina y quitosano

4.3.1. Caracterización de la Materia prima

Tabla 38

Caracterización del arándano var. Biloxi

Características	Promedio \pm σ
Humedad (%)	84.66 \pm 0.25
Cenizas (%)	0.239 \pm 0.009
Sólidos solubles (°Brix)	12.29 \pm 0.10
Acidez (% ac. cítrico)	1.198 \pm 0.017
pH	2.945 \pm 0.023
Antocianinas (mg Cianidina 3- glucosido /100g)	166.15 \pm 0.65
Polifenoles Totales (mg ac. gálico / 100g)	508.35 \pm 6.50
Capacidad Antioxidante (μ molET/100g)	2415.61 \pm 27.15
Vitamina C (mg ac. ascórbico/100g)	8.253 \pm 1.064

El contenido de humedad y cenizas determinados fueron de 84.66 \pm 0.25 % y de 0.239 \pm 0.009 % respectivamente, valores que son muy cercanos al determinado por Cancho y Reyes (2016), quienes encontraron un valor de 84.517% de humedad y 0.12% de cenizas en arándanos de variedad Biloxi.

El valor de SST determinado en esta investigación fue de 12.29 \pm 0.10, este valor es superior al reportado por Arteaga, A y Arteaga, H (2016), quienes mencionan un valor mínimo de 10.90 \pm 0.1 °Brix para arándanos Biloxi. Para el contenido de pH se obtuvo un valor de 2.945 \pm 0.023, el cual está dentro de lo mencionado por Pinedo (2018), quien reporta un intervalo de 2.75 – 3 para arándanos var

Biloxi. En cuanto al contenido de acidez se obtuvo un valor de 1.198 ± 0.017 % (ac. cítrico), este valor es ligeramente superior al proporcionado por Pinedo (2018), quien da un rango de entre 0.8 – 1% (para arándano Biloxi), mientras que Gamboa y Silva (2018) mencionan un valor de 1.42 ± 0.035 % para esta misma variedad, siendo el valor encontrado en esta investigación un poco inferior a este último valor.

El contenido de Antocianinas fue de 166.15 ± 0.65 mg cianidina-3-glucosido /100g, siendo este valor superior a lo encontrado por Arteaga y Arteaga (2016), los cuales dan un valor de 89.62 ± 0.002 mg cianidina-3-glucosido/100 g en arándanos de var. Biloxi. Por otro, Price, Luque y Meza (2017), quienes estudiaron arándanos var. Biloxi cultivados en distintos microclimas, establecieron un valor de 136.90 ± 7.00 mg cianidina-3-glucosido/100g en arándanos cosechado en Huacho (Lima) y de 185.97 ± 5.11 mg cianidina-3-glucosido/100g para los arándanos cosechados en Coris (Ancash). Siendo el valor de antocianina determinado en esta investigación un poco menor que lo encontrado para arándanos Biloxi cosechados en Coris, esto podría deberse a la influencia del factor del lugar de cosecha.

El contenido de Polifenoles Totales fue de 508.35 ± 6.50 mg ácido gálico/100 g de muestra, este valor es inferior a lo reportado por (Rodarte *et al.*, 2008), quien indica un valor de 712 mg GAE/100g de fruta fresca; mientras que Moyer *et al.*, (2002) reportan un intervalo entre 171 – 868 mg ácido Galico/ 100 g de fruta fresca, estando el valor determinado en esta investigación dentro de este intervalo. Se debe tener en cuenta que los valores de Polifenoles Totales pueden estar influenciados a distintos factores como: lugar de cultivo, índice de madurez, almacenamiento, método de extracción y preparación de la muestra, entre otros.

En resultado obtenido para el valor de Capacidad Antioxidante fue de 2415.61 ± 27.15 $\mu\text{mol ET}/100\text{g}$ de muestra fresca; este valor es ligeramente superior al 1401 ± 1.22 $\mu\text{mol ET}/100\text{g}$ de muestra reportado por Lires, Docters y Horak (2017); por otro lado, Gamboa y Silva (2018) reportan un valor de 3098.11 ± 0.06 $\mu\text{mol ET}/100\text{g}$ de muestra para arándanos fresco var. Biloxi, siendo este último valor ligeramente superior a lo encontrado en esta investigación.

En cuanto a Vitamina C, se determinó un valor de 8.253 ± 1.064 mg ac. ascórbico /100g de muestra, el cual es menor a lo encontrado por Chu, Gao, Chen, Fang, y Zheng (2017) quienes establecieron una cantidad de ácido ascórbico en arándanos var. 'Britewell' de 16 mg/100 g y por Guerra (2005) que menciona un valor de 14 ± 0.04 mg/ 100g en arándano var. Elliot. Sin embargo, autores como Coronel, Perez y León (2019), encontraron un valor de 6.26 mg /100g de vitamina C en arándano var. Biloxi, siendo este último valor un poco inferior a lo encontrado en esta investigación.

4.3.2. Evaluación del Análisis Físicoquímicos

4.3.2.1. Evaluación del recubrimiento comestible óptimo a base de pectina y quitosano en la Pérdida de Peso durante el almacenamiento.

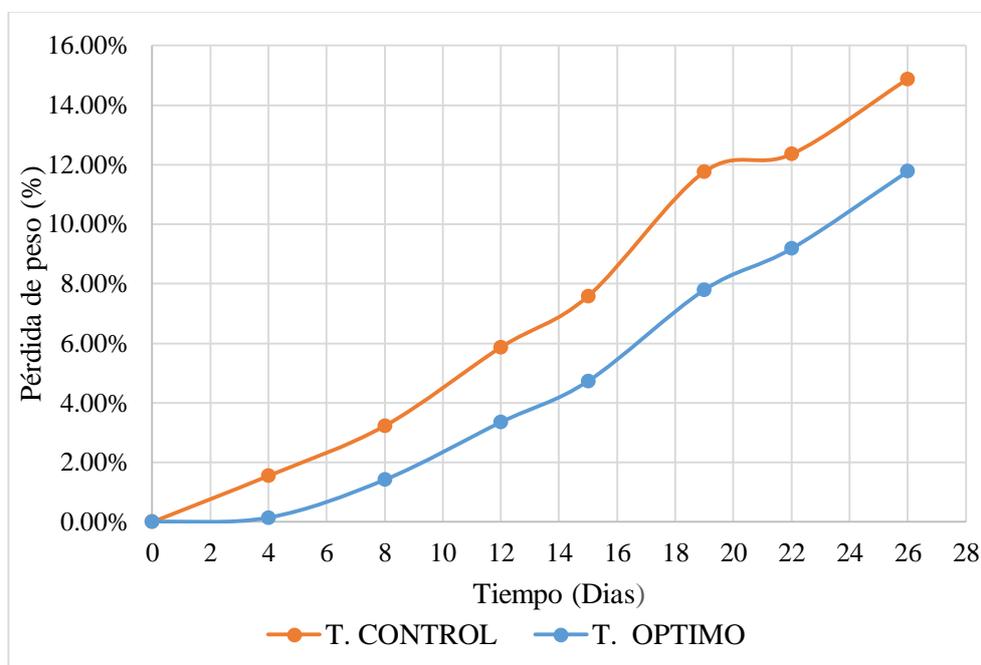


Gráfico 17. Efecto del recubrimiento comestible óptimo a base de pectina y quitosano sobre la Pérdida de peso en arándanos durante el almacenamiento

En el gráfico 17 se observa el comportamiento creciente del porcentaje de pérdida de peso, según Duan, Wu, Strik y Zhao (2011) este comportamiento se debe a la migración del agua de la fruta al medio ambiente (es decir a la pérdida de agua debido a la transpiración). Según Moggia *et al.* (2012), a causa del alto porcentaje de deshidratación en arándanos durante su postcosecha, las empresas que lo comercializan y exportan esta fruta se ven obligados a aumentar hasta un 10% a su peso inicial de cada clamshell.

Además, en el gráfico 17 también se observa que los arándanos revestidos con la formulación óptima presentaron una mayor mantención de su peso

durante el almacenamiento, lo cual puede deberse a la protección que le proporciona el recubrimiento a base de pectina y quitosano.

Investigaciones sobre distintos recubrimientos comestibles en arándanos afirman que estos revestimientos permiten reducir la pérdida de peso estas frutas. Vieira *et al.* (2016), quienes investigaron el efecto de los revestimientos a base de quitosano y quitosano + aloe vera en arándanos var. Duke producidos en Portugal y almacenados a 5°C, reportan que estos dos materiales tienen un gran efecto en la expansión de la vida útil de estas frutas, logrando reducir a solo 5% y 3.5% de pérdida de peso respectivamente a los 25 días de almacenamiento.

Por otro lado, Mannozi *et al.* (2018) quienes evaluaron arándanos tratados con revestimientos a base de quitosano enriquecidos con procianidina concluyen que este tipo de revestimiento permitieron disminuir la pérdida de peso hasta un promedio de 4.5% durante 14 días de almacenamiento a 4°C. Este último valor es muy semejando a lo encontrado en esta investigación en donde las muestras tratadas con el recubrimiento óptimo a base de pectina y quitosano presentaron una pérdida de peso de 4.73% a los 15 días de almacenamiento, mientras que las muestras control presentaron un 7.59 % de pérdida de peso; mientras que para el día 19 el tratamiento óptimo presentó un valor de 7.80 %, mientras que el control presentó un valor de 11.76 %.

4.3.2.2. Evaluación del recubrimiento comestible óptimo a base de pectina y quitosano en la variación de Firmeza durante el almacenamiento.

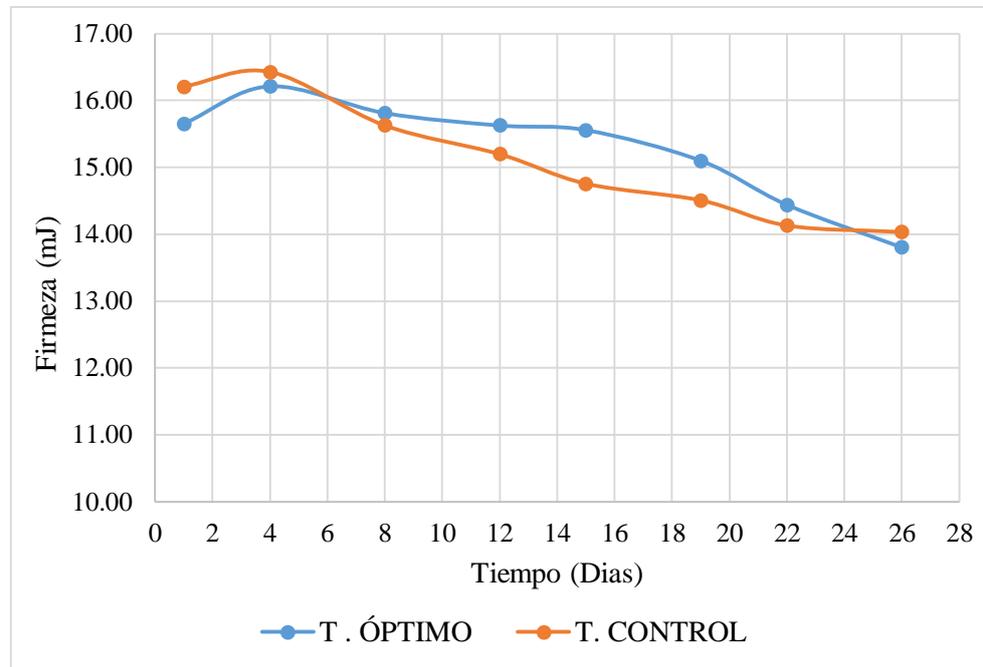


Gráfico 18. Efecto del recubrimiento comestible óptimo a base de pectina y quitosano sobre la firmeza en arándanos durante el almacenamiento

En el gráfico 18 se muestra un aumento de la firmeza en los primeros 4 días de almacenamiento, para luego tener un comportamiento decreciente de la firmeza en arándanos durante el resto del tiempo de almacenamiento, esto último coincide con lo mencionado por Li, Luo, y MacLean, (2011), quienes señalan que los arándanos generalmente están sujetos a la pérdida de firmeza durante la postcosecha, que posteriormente tiende a disminuir la calidad del fruto y la vida útil.

Además, en el gráfico 18 se puede evidenciar que las muestras con el recubrimiento óptimo mostraron una mayor conservación en su firmeza en comparación con las muestras control. Esto se debe según Duan, Wu, Strik,

y Zhao, (2011) a la presencia de un recubrimiento que otorga una mayor rigidez estructural a la superficie del arándano.

Mannozi, *et al.* (2017) nos reportan que sus muestras de arándanos recubiertas (con pectina, pectina + alginato, y alginato) presentaron una firmeza significativamente mayor en comparación con la muestra control durante los 10 primeros días de almacenamiento, para luego disminuir hasta alcanzar el mismo valor de las muestras control. Así mismo Mannozi, *et al.* (2018) nos mencionan que las muestras de arándano recubiertas con quitosano y quitosano con procianidina mostraron una firmeza mayor en comparación con la muestra control, inmediatamente después del recubrimiento a 0 días de almacenamiento.

Mannozi, *et al.* (2018) indican que la pérdida de firmeza en arándanos puede deberse al hidrólisis enzimática de la pared celular, así como a la pérdida de turgencia celular promovida por la transpiración, que provoca un posterior ablandamiento de los tejidos de fruta fresca. Por otro lado, Duan, Wu, Strik, Zhao, (2011) mencionan que ese ablandamiento de los arándanos significa una disminución de su calidad postcosecha; que comúnmente es debido al hidrólisis del almidón en azúcar y la degradación de la pectina en la pared celular del arándano asociada con su maduración. Mientras que la pérdida de agua puede conllevar al endurecimiento del fruto. Por ello se debe tener en cuenta que tanto el ablandamiento de la fruta como el endurecimiento afectan la firmeza del arándano.

En la investigación realizada por Chiabrando, y Giacalone (2015), mostraron que el uso de recubrimientos comestibles a base de alginato y alginato + quitosano en arándanos permitieron una mayor retención de la firmeza

durante todo el período de almacenamiento. Indicando que esta retención puede deberse a la degradación retardada de los componentes responsables de la rigidez estructural de la fruta, principalmente la pectina insoluble y la protopectina.

4.3.2.3. Evaluación del recubrimiento comestible óptimo a base de pectina y quitosano en el contenido de Sólidos Solubles Totales durante el almacenamiento.

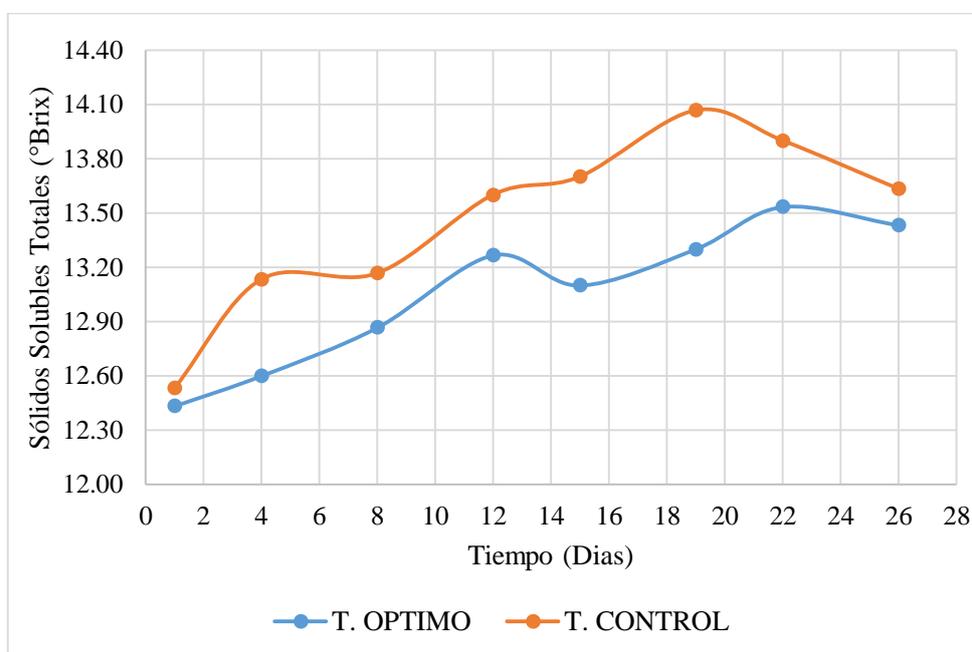


Gráfico 19. Efecto del recubrimiento comestible óptimo a base de pectina y quitosano sobre los Sólidos Solubles Totales en arándanos durante el tiempo

En el gráfico 19, se puede observar que las muestras de arándanos con el recubrimiento óptimo mostraron una mayor conservación de la cantidad de sólidos solubles comparado con las muestras de arándanos control, sin embargo, se evidencia un incremento ascendente para ambos tratamientos, según Mannozi *et al.* (2017) este incremento de SST puede deberse a los

procesos metabólicos y reacciones durante el almacenamiento postcosecha, en donde continúan convirtiéndose tanto el almidón y ácidos en azúcar. Por otro lado, Duan *et al.* (2011) atribuye el aumento de los SST al aumento de la pérdida de peso y por ende a la concentración de azúcares en los arándanos. Vieira *et al.* (2016) mencionan que los tratamientos con arándanos revestidos con quitosano y quitosano con aloe vera presentaron una menor variación de cantidad de SST en comparación con las muestras sin recubrimiento, siendo que a partir del día 15 los valores aumentan considerablemente en la fruta control, así mismo estos autores indican que esto no solo se deba al metabolismo de la fruta sino también a la pérdida de agua en la mismas, que causó el incremento en la concentración de azúcar.

Atencia, (2015) quien estudio los arándanos recubiertos con aloe vera (a 4°C), reporta que el contenido de SST aumenta durante el tiempo, mostrando un ligero retraso en este aumento en las muestras revestidas en comparación con los arándanos control; mostrando una valor de 14.3°Brix para las muestras control al día 15, mientras que para los arándanos revestidos con aloe vera al 30% se obtuvo un valor de 13.8 ° Brix para el mismo día, mostrando así que los revestimientos a base de aloe vera son una buena opción para retardar el proceso de senescencia de los arándanos. Rojas Grau (2006) menciona que los recubrimientos comestibles permiten crear una atmosfera modificada lo cual conlleva a retrasar el metabolismo de los SST por medio de la disminución de pérdida de agua y control del transporte de gases.

4.3.2.4. Evaluación del recubrimiento comestible óptimo a base de pectina y quitosano en el contenido de Acidez durante el almacenamiento.

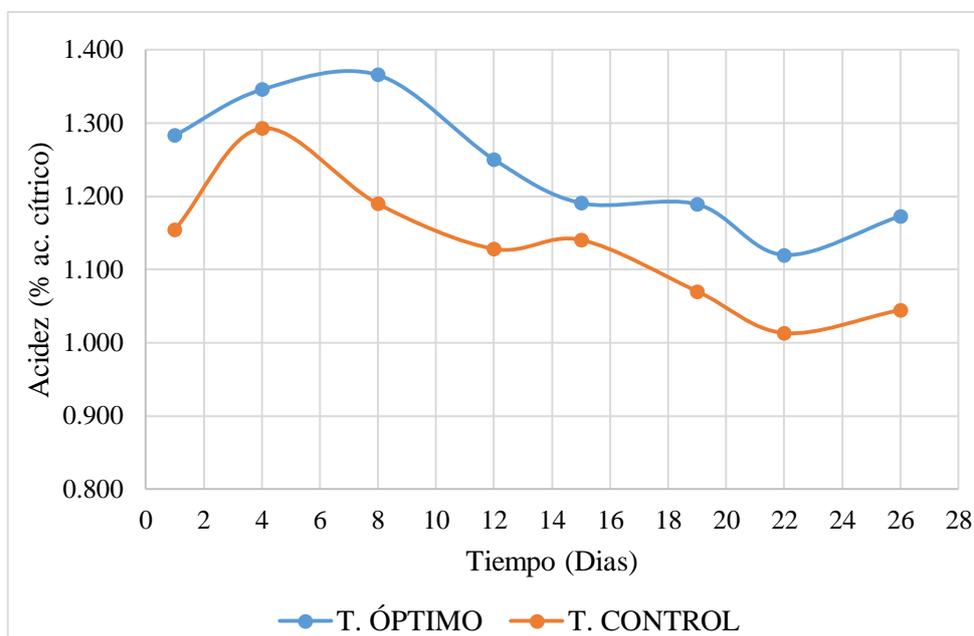


Gráfico 20. Efecto del recubrimiento comestible óptimo a base de pectina y quitosano sobre la Acidez en arándanos durante el almacenamiento

En el gráfico 20, se puede observar en general una tendencia decreciente para los valores de acidez en los arándanos durante el tiempo, pero también se observa que las muestras de arándanos con el recubrimiento óptimo mostraron una mayor conservación de porcentaje de acidez comparado con las muestras de arándanos control. Según Gol, Patel y Rao (2013) esta disminución probablemente se deba al uso de ácidos orgánicos (como el ácido cítrico) durante el proceso de respiración postcosecha.

Vieira *et al.* (2016), quienes evaluaron el efecto de los recubrimientos comestibles a base de quitosano y aloe vera en arándanos, reportan que los valores de la acidez titulable disminuyeron con el tiempo, así mismo señalan que las muestras de arándano sin revestimiento tuvieron valores de acidez titulable significativamente más bajos que los arándanos recubiertos con

quitosano y arándanos recubiertos con quitosano con aloe vera; por lo tanto, señalan que el recubrimiento permitió retener en contenido de acidez en arándanos. Así mismo Duan *et al.* (2011) en su estudio del efecto de los revestimientos comestibles (quitosano y caseinato de calcio) sobre la calidad de arándanos frescos en almacenamiento, señalan que el valor de la acidez titulable de los arándanos en disminuyeron significativamente durante el almacenamiento.

Atencia (2015), en su investigación sobre la aplicación del aloe vera como recubrimiento en arándanos (almacenados a 4°C), reporta que todos los tratamientos (control, aloe vera al 15%, 30% y 45%) mostraron un comportamiento decreciente en el porcentaje de acidez, esto debido a que los ácidos orgánicos son respirados o convertidos en azúcares disminuyendo su contenido a lo largo del tiempo. Sin embargo, los frutos control presentaron disminuciones mayores en comparación con los tratamientos de aloe vera, esto podría estar relacionado a que los frutos control presentan mayores tasas de respiración.

Serradilla *et al.* (2010), y Yaman y Bayoindirli (2002), indican que los recubrimientos comestibles logran producir una modificación en la atmósfera interna del fruto debido al control del intercambio gaseoso a través de la membrana que retrasa la respiración y las reacciones oxidativas (oxidación de ácidos orgánicos); retrasando así la senescencia de la fruta.

4.3.2.5. Evaluación del recubrimiento comestible óptimo a base de pectina y quitosano en el contenido de pH durante el almacenamiento.

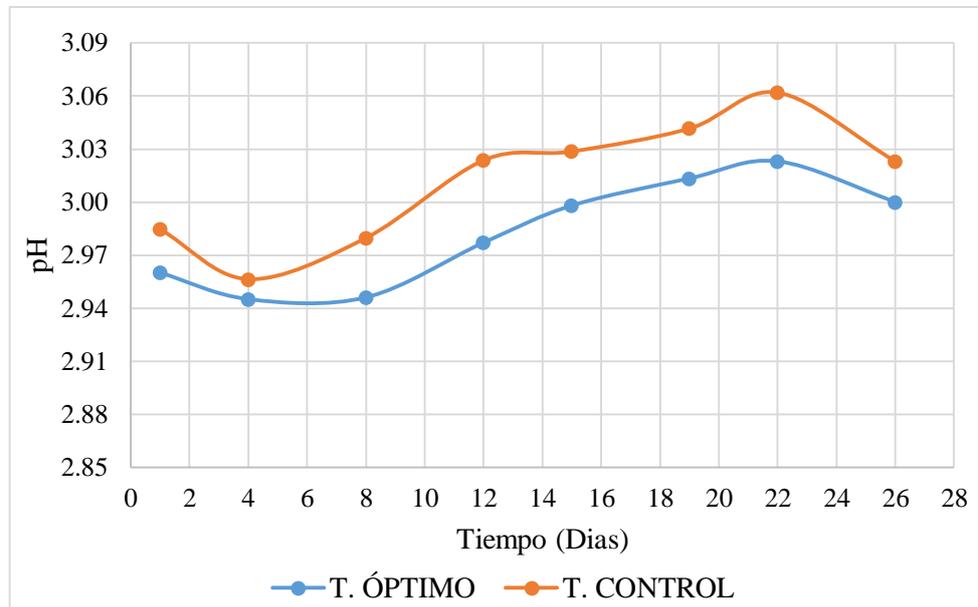


Gráfico 21. Efecto del recubrimiento comestible óptimo a base de pectina y quitosano sobre el pH en arándanos durante el almacenamiento

En el gráfico 21, se puede observar que las muestras de arándanos revestidos con la formulación óptima mostraron una mayor conservación de pH durante el tiempo comparado con las muestras de arándanos control, sin embargo, en general se evidencia un incremento ascendente para ambos tratamientos. Duan *et al.* (2011) menciona que este aumento se debe a la disminución del porcentaje de acidez, como respuesta a la conversión de los ácidos orgánicos en el proceso metabólico. Por otro lado, Soares *et al.*, (2013) mencionan que este incremento en el valor de pH puede también estar relacionado con el deterioro del arándano, formación de compuestos autólisis alcalinos (compuestos nitrogenados) y a la producción de metabolitos fúngicos. Mannozi *et al.*, (2017), quienes investigaron arándanos con recubrimiento comestible a base de alginato, alginato + pectina y pectina sola almacenados

a 4°C, reportan que el valor de pH tiende a aumentar durante el almacenamiento tanto en las muestras control como en las muestras revestidas, sin encontrar diferencia significativa entre los tratamientos.

Así mismo, Atencia, (2015) en su investigación sobre arándanos revestidos con aloe vera y conservados a 4°C, encontró un aumento en el valor del pH durante el tiempo de almacenamiento para todos sus tratamientos, pero a la vez señala que los arándanos revestidos con aloe vera al 30% presentaron un valor de pH de 3.55 al día 15, mientras que las muestras control presento un valor de 3.70, lo cual indica que los revestimientos permiten disminuir el incremento del valor de pH. Esto también concuerda con lo reportado por Vieira *et al.*, (2016), quienes mencionan que los arándanos revestidos con quitosano y quitosano con aloe vera, presentaron valores más bajos de pH durante el tiempo de almacenamiento en comparación con las muestras control.

Joo *et al.* (2011) señalan que el uso de recubrimientos comestibles está relacionado con la disminución de la senescencia del fruto, evitando que, durante la maduración, algunos fragmentos de pectinas se liberen desde la pared celular y se unan a los polifenoles, lo cual incrementa los valores de pH. Así mismo, Perkins *et al.* (2008), mencionan un incremento significativo del valor de pH después de 21 días de almacenamiento en refrigeración de 5 cultivos de arándanos, alcanzando valores de 3.4 en Cape Fear, 3.5 Bluecrop y hasta de 3.7 en O'Neal.

4.3.2.6. Evaluación del recubrimiento comestible óptimo a base de pectina y quitosano en el contenido de Polifenoles Totales durante el almacenamiento.

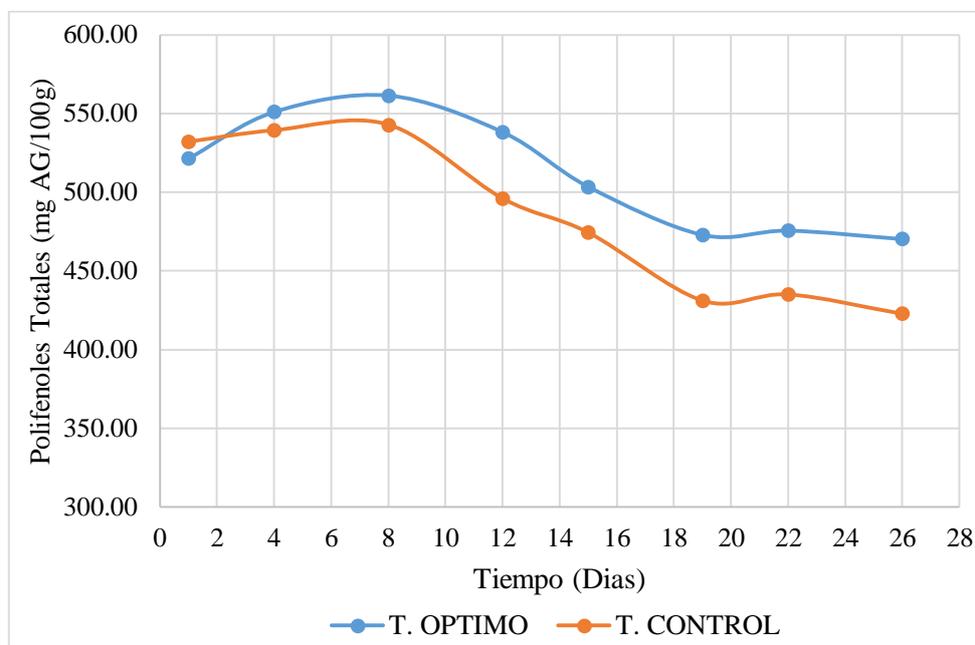


Gráfico 22. Efecto del recubrimiento comestible óptimo a base de pectina y quitosano sobre el contenido de Polifenoles Totales en arándanos durante el almacenamiento

En el gráfico 22 se observa el contenido de Polifenoles Totales (PT) en las muestras de arándano con recubrimiento comestible óptimo y muestra control (sin recubrimiento) durante el tiempo de almacenamiento, mostrando que las muestras revestidas con la formulación óptima presentaron una mayor conservación de PT en comparación con las muestras control. Sin embargo, ambos tratamientos en general tuvieron un comportamiento decreciente en el contenido de Polifenoles Totales al transcurrir el tiempo.

La muestra con recubrimiento óptimo presentó un contenido de PT inicial de 521.45 ± 6.17 mgAG/100g y al final del almacenamiento un valor de 470.31 ± 9.15 mgAG/100g; mientras que la fruta control (sin recubrimiento)

presento un valor inicial de desde 532.01 ± 12.04 mgAG/100g y al finalizar el almacenamiento se obtuvo un valor 422.89 ± 13.55 mgAG/100g. Según Verma y Joshi (2000) y Seymour, Taylor y Tucker (1993), la disminución del contenido de PT en arándanos se debe a la oxidación de los compuestos fenólicos, catalizada por la polifenoloxidasas y la peroxidasa durante el almacenamiento postcosecha.

Duan *et al.* (2011) en su investigación determinó que el contenido PT de todos los frutos 'Duke' disminuyó significativamente después de su almacenamiento en frío, lo que resultó en una pérdida del 27 - 49% dependiendo del tratamiento (frutas lavadas, sin lavar, Semperfresh™ sin lavar, Semperfresh™ lavado, con recubrimiento a base quitosano o con RC a base de caseinato de calcio).

Yang *et al.* (2014), en su investigación sobre la incorporación de extracto de hojas de arándano en revestimientos de quitosano para la preservación de la calidad de arándanos frescos después de la cosecha, determinaron que el contenido de PT en arándanos tratados con los distintos tratamientos disminuyó durante el tiempo de almacenamiento, sin embargo, las muestras revestidas con quitosano más extracto de hojas de arándano tuvieron un contenido de PT mayor que las muestras con quitosano solo; pero a su vez estas dos tuvieron mayor contenido de PT que la muestra control.

Chiabrando y Giacalone (2015), quienes estudiaron el efecto de recubrimientos comestibles (Alginato, quitosano y alginato + quitosano) en arándanos O'Neal almacenados a 0°C, mostraron que todos los tratamientos iniciaron con un valor de PT de 469.59 ± 10.81 mgAG/100g, este valor mostró una tendencia decreciente durante el tiempo de almacenamiento

(hasta los 30 días) para luego incrementar un poco su valor de PT hasta el día 45, culminando con valores de : alginato = 317.99 ± 16.47 mgAG/100g; alginato + quitosano = 355.35 ± 10.35 mgAG/100g, quitosano= 367.18 ± 10.98 mgAG/100g y control = 319.07 ± 12.25 mgAG/100g).

Wu *et al.* (2010) mencionan que el almacenamiento postcosecha afecta el contenido de polifenoles totales y las enzimas desempeñan un papel importante en el metabolismo fenólico. Por otro lado, algunos estudios previos señalan que el uso de recubrimiento a base de quitosano ayuda a disminuir la pérdida de compuestos fenólicos y la aparición de pardeamiento de la fruta (Campaniello, Bevilacqua, Sinigaglia, Corbo, 2008).

4.3.2.7. Evaluación del recubrimiento comestible óptimo a base de pectina y quitosano en el contenido de Capacidad Antioxidante durante el almacenamiento.

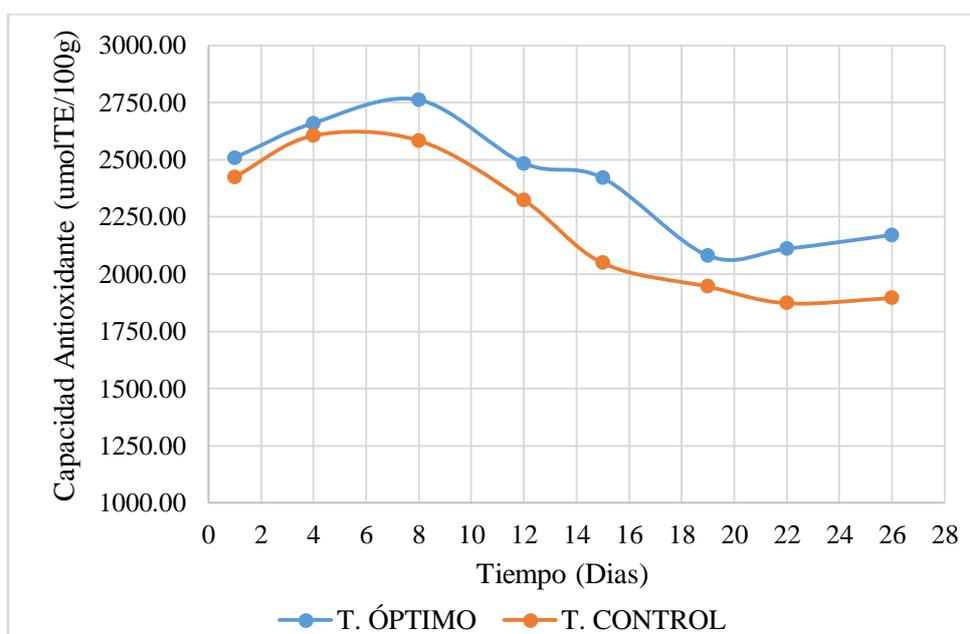


Gráfico 23. Efecto del recubrimiento comestible óptimo a base de pectina y quitosano sobre la capacidad antioxidante en arándanos durante el almacenamiento

En el grafico 23 se observa la variación del contenido de la capacidad antioxidante del arándano en las muestras con recubrimiento óptimo y muestras control (sin recubrimiento) durante el tiempo de almacenamiento a 4°C, en donde se observa que la muestra con tratamiento óptimo presento un comportamiento ascendente desde el inicio del almacenamiento hasta el día 8, mientras que el tratamiento control solo presento un comportamiento ascendente hasta el día 4, luego de estos días ambos tratamientos obtuvieron valores más bajos de capacidad antioxidante que el que poseían inicialmente. El arándano con RC óptimo presentó un valor de capacidad antioxidante inicial de 2508.25 ± 26.60 $\mu\text{mol TE}/100\text{g}$ y al final del almacenamiento un valor de 2171.78 ± 52.04 $\mu\text{mol TE}/100\text{g}$; mientras que la fruta control (sin recubrimiento) presento inicialmente un valor de 2425.26 ± 16.17 $\mu\text{mol TE}/100\text{g}$ para luego disminuir hasta 1896.55 ± 27.23 $\mu\text{mol TE}/100\text{g}$; disminuyendo en un 13.41% y 21.80% de su capacidad antioxidante durante todo el tiempo de almacenamiento respectivamente; indicando así que las muestras revestidas con la formulación optima conservaron un poco más su capacidad antioxidante.

Como se sabe el arándano se caracteriza por tener una gran actividad antioxidante, según Pellegrini *et al.* (2003) esto se debe a que esta fruta presenta un alto contenido en ácidos fenólicos y flavonoides, que generan una fuerte capacidad antioxidante en esta fruta. Sin embargo, esta capacidad antioxidante puede afectarse a causa de múltiples factores. Connor *et al.* (2002) mencionan que los principales factores que pueden afectar los niveles de compuestos fenólicos y actividad antioxidante en una fruta son: la madurez, las diferencias genéticas, las condiciones previas a la cosecha, el

procesamiento posterior a la cosecha y el almacenamiento postcosecha, este último factor también es reportado por Duan *et al.* (2011) como causante de la reducción de la capacidad antioxidante; estos últimos autores reportaron que en una investigación concluyeron el arándano var. “Duke” sin tratamiento de recubrimiento comestible sufrió una disminución del 22% de la actividad antioxidante, mientras que en las muestras recubiertas con quitosano soluble en ácido solo experimentaron una reducción de 4.3 % de su capacidad antioxidante, cabe mencionar que ambas muestras fueron almacenadas en refrigeración a 2°C.

En otra investigación, Mannozi *et al.* (2018), nos reportan que los arándanos recubiertos de quitosano más procianidinas mostraron una mayor actividad antioxidante ya a los 0 días (aproximadamente 12 mmol Trolox/g), en comparación con los de quitosano y las frutas control (aproximadamente 11.5 mmol Trolox/g y 11 mmol Trolox/g respectivamente); al final del almacenamiento durante 14 días a 4 °C, reportaron que la presencia de un recubrimiento a base de quitosano y quitosano más procianidinas permitían retrasar la pérdida de compuestos antioxidantes. Por otro lado, Chiabrando y Giacalone (2015) reportaron resultados similares con la aplicación de quitosano en arándanos durante un tiempo de 45 días de almacenamiento a 0 °C.

4.3.3. Evaluación del Análisis Sensorial

4.3.3.1. Evaluación del recubrimiento comestible óptimo en el parámetro de Firmeza durante el almacenamiento.

En el gráfico 24 se observa el promedio de los puntajes otorgados por los panelistas al parámetro de firmeza de las muestras de arándanos (recubiertas y no recubiertas) durante el tiempo de almacenamiento.

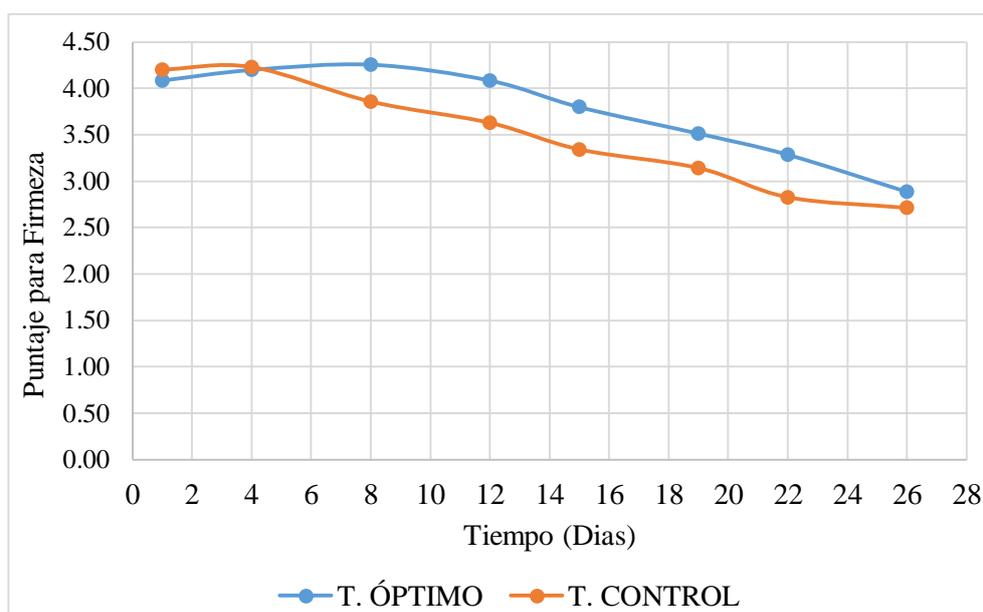


Gráfico 24. Efecto del recubrimiento comestible óptimo sobre el parámetro de Firmeza en arándanos durante el almacenamiento

En el gráfico 24 en primer lugar observamos que las muestras de arándano control al inicio de la evaluación sensorial obtuvieron puntajes ligeramente mayores que las muestras de arándanos con recubrimiento comestible óptimo, con 4.20 y 4.09 respectivamente; sin embargo, después del día 4 se evidencia que las muestras con recubrimiento comestible óptimo obtuvieron puntajes más altos que las muestras control durante el resto del almacenamiento. En general se observa que ambas muestras mostraron una tendencia negativa respecto al puntaje para firmeza durante su

almacenamiento, siendo sus puntajes para el día 26 de 2.89 (tratamiento óptimo) y 2.71 (tratamiento control). Para este atributo se consideró el 3 (ligeramente firme) como el puntaje mínimo aceptable, siendo el día 22 en donde el tratamiento óptimo aun poseía una firmeza aceptable con 3.29 de puntaje, mientras el tratamiento control obtuvo un puntaje de 2.83.

Esta tendencia negativa obtenida sensorialmente para el atributo de firmeza, se relaciona con la tendencia encontrada al evaluar las mismas muestras, pero haciendo uso del texturómetro (grafico 18).

De acuerdo a Mannozi *et al.* (2018), la reducción de la firmeza de los arándanos durante su almacenamiento se debe a la hidrólisis enzimática de la pared celular del fruto. Así mismo Chen *et al.* (2015) mencionan que las enzimas responsables de dicha hidrólisis son la poligalacturonasa, celulasa, β -galactosidasa, pectato liasas, pectina metil esterasa.

Cia, Aparecida, Florentino, y Oliveira, (2010), mencionan que el uso de recubrimientos comestibles a base de quitosano en frutas, permite crear una atmosfera modificada dentro del fruto que ayuda a reducir las alteraciones en los compuestos pécticos que constituyen la pared celular de la fruta, ayudando a mantener la firmeza de las frutas por un poco más tiempo, lo cual concuerda con lo encontrado en esta investigación.

4.3.3.2. Evaluación del recubrimiento comestible óptimo en el parámetro de Deshidratación Visual durante el almacenamiento.

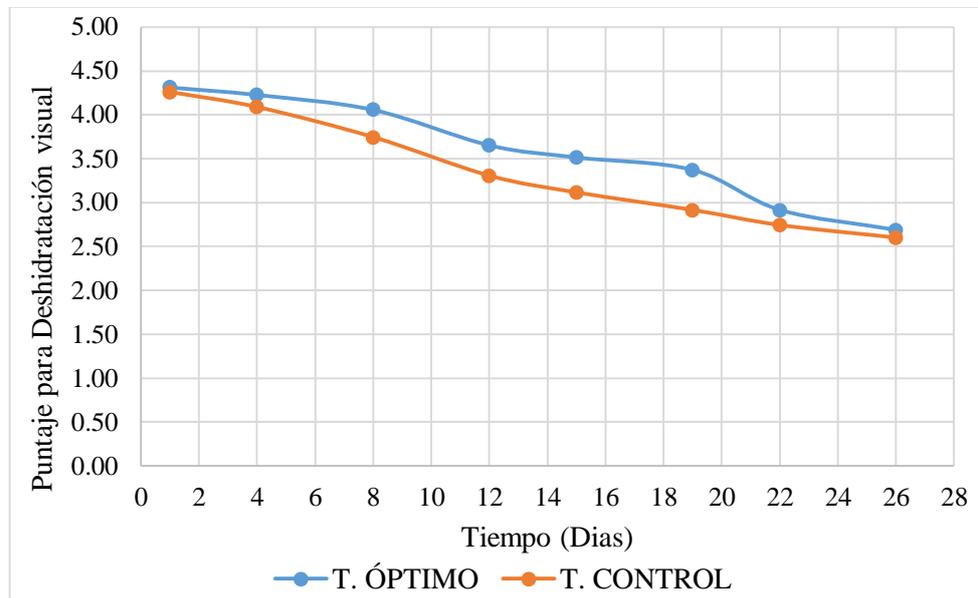


Gráfico 25. Efecto del recubrimiento comestible óptimo sobre el parámetro de Deshidratación Visual en arándanos durante el almacenamiento

En el gráfico 25, se muestra los promedios de los puntajes otorgados por los panelistas para las muestras de arándano (recubiertos y no recubiertos) durante el tiempo de almacenamiento, en donde se observan que las muestras de arándano con recubrimiento comestible tuvieron puntajes mayores en comparación con las muestras de arándano control. Cabe recalcar que la escala para la deshidratación visual, fue de 5 = “fruto sin deshidratación” y de 1 = “deshidratación severa” (ver Anexo 10). Además, en el grafico anterior podemos observar que ambos tratamientos inician en el día 1 con puntajes muy parecidos 4.31 (tratamiento óptimo) y 4.26 (tratamiento control) para luego mostrar una tendencia negativa hasta el final del tiempo de almacenamiento, llegando a obtener puntajes de 2.69 (tratamiento óptimo) y 2.60 (tratamiento control).

Para el atributo de deshidratación visual se consideró hasta el puntaje 3 (deshidratación leve) como la calidad mínima, considerando esto, el tratamiento con recubrimiento óptimo cumple con este puntaje hasta el día 19 (con un puntaje de 3.37), mientras que el tratamiento control cumple con esta característica solo hasta el día 15 (con un puntaje de 3.11).

De lo anterior podemos decir que el uso del recubrimiento comestible óptimo es una estrategia efectiva para la protección de la pérdida de peso desde la cosecha hasta el final de almacenamiento, proporcionado a que las muestras de arándano no obtengan síntomas muy significativos sobre la deshidratación visual como lo indica Defilippi *et al.* (2018).

4.3.3.3. Evaluación del recubrimiento comestible óptimo en el parámetro de Sabor durante el almacenamiento.

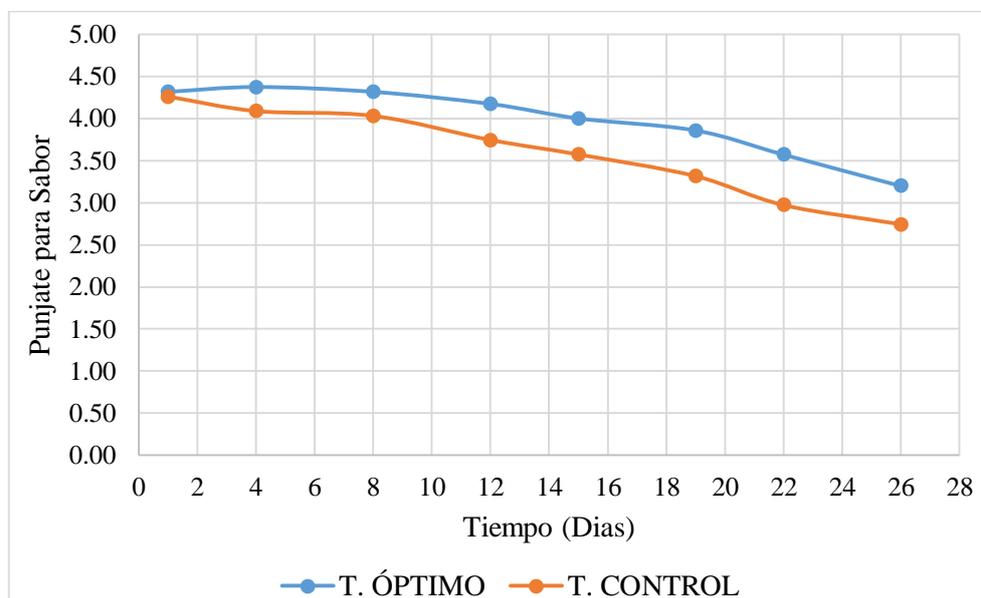


Gráfico 26. Efecto del recubrimiento comestible óptimo sobre el parámetro de Sabor en arándanos durante el almacenamiento

En el gráfico 26 se observa los promedios de los puntajes otorgados por los panelistas al parámetro de sabor para las muestras de arándanos (recubiertas y no recubiertas) durante el tiempo de almacenamiento.

En donde se puede observar que al inicio del almacenamiento (día 1), ambos tratamientos obtuvieron puntajes muy similares 4.31 (tratamiento óptimo) y 4.26 (tratamiento control); para luego descender sus puntajes hasta alcanzar puntajes de 3.20 y 2.74 para los tratamientos óptimos y control respectivamente en el día 26. Para el sabor se consideró el puntaje 3 (dulce) como puntaje mínimo aceptable, de lo cual se observa en el gráfico que después de los 26 días de almacenamiento el puntaje para el sabor de la muestra revestida con la formulación óptima aún está aceptable, mientras que la muestra control ya dejó de ser aceptable. Se debe considerar que, durante todo el tiempo de almacenamiento, las muestras con recubrimiento de arándanos obtuvieron puntajes más altos que las muestras de arándanos control, esto puede deberse a una menor disminución en el contenido de acidez en las muestras revestidas con la formulación óptima.

Según Guerreiro, Gago, Faleiro, Miguel, y Antunes, (2015), el análisis del sabor en alimentos donde se aplican otros tratamientos como los recubrimientos comestibles, son de suma importancia, debido a que los tratamientos y el tiempo de almacenamiento pueden cambiar la calidad del sabor de las frutas.

4.3.3.4. Evaluación del recubrimiento comestible óptimo en el parámetro de Brillantez durante el almacenamiento.

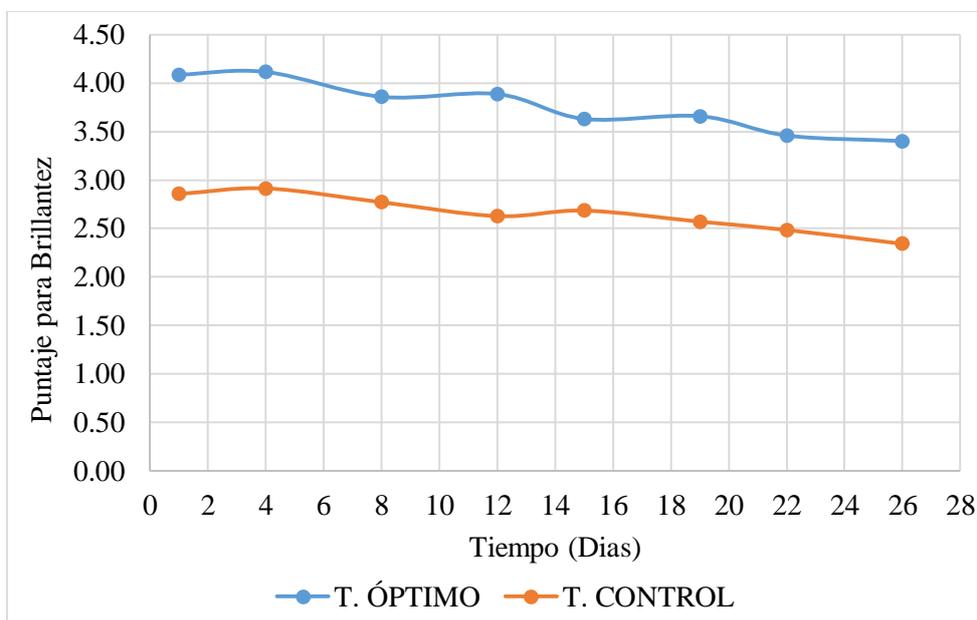


Gráfico 27. Efecto del recubrimiento comestible óptimo sobre el parámetro de Brillantez en arándanos durante el almacenamiento

En el gráfico 27 se observa los promedios de los puntajes otorgados por los panelistas al parámetro de brillantez para las muestras de arándanos (recubiertas y no recubiertas) durante el tiempo de almacenamiento.

En el gráfico anterior se puede observar que desde el inicio del almacenamiento (día 1), ambos tratamientos obtuvieron puntajes distintos 4.09 (tratamiento óptimo) y 2.86 (tratamiento control); esto puede deberse a que el recubrimiento óptimo tenía una mayor cantidad de quitosano, el cual le proporcionó una apariencia más brillante en comparación al tratamiento control que solo fue fruta lavada. En el gráfico 27 también se puede observar que el parámetro de brillantez fluctuó un poco, pero en general tuvo un comportamiento decreciente para ambos tratamientos, llegando hasta puntajes de 3.40 (tratamiento óptimo) y 2.34 (tratamiento control).

Según Abanto (2018), el uso de recubrimiento comestible además de servir para alargar la vida útil en las frutas, permite aporta brillo al fruto, confiriéndole así un aspecto más apetecible desde el punto de vista comercial.

4.3.4. Determinación de la vida útil

Durante el almacenamiento de las muestras de arándanos control y muestras de arándanos revestidas con la formulación óptima a base de pectina y quitosano se realizaron pruebas de aceptabilidad general con la finalidad de determinar el tiempo de vida útil comercial de cada muestra.

Como ya se ha ido observando con los demás parámetros sensoriales, la gráfica de vida útil basado en la aceptabilidad general tiene una relación negativa (tanto para la muestra revestida como la no revestida), indicando así que al transcurrir los días de almacenamiento, la aceptabilidad del arándano disminuye, lo cual es lógico.

En el grafico 28, se muestra la estimación de la vida útil realizada para la muestra control (arándano no recubierto), de lo cual se puede observar que, según los panelistas, el arándano control es aceptable hasta los 16 días de almacenamiento a 4°C.

Mientras que el grafico 29, se observa que la vida útil para los arándanos con el recubrimiento comestible óptimo (0.012% p/v de pectina y 0.36% p/v de quitosano), llego a tener una vida útil de 21 días de almacenamiento a 4°C. Es decir, el recubrimiento comestible le otorgo 5 días más vida útil a las muestras de arándanos, lo cual es beneficioso desde el punto de vista comercial.

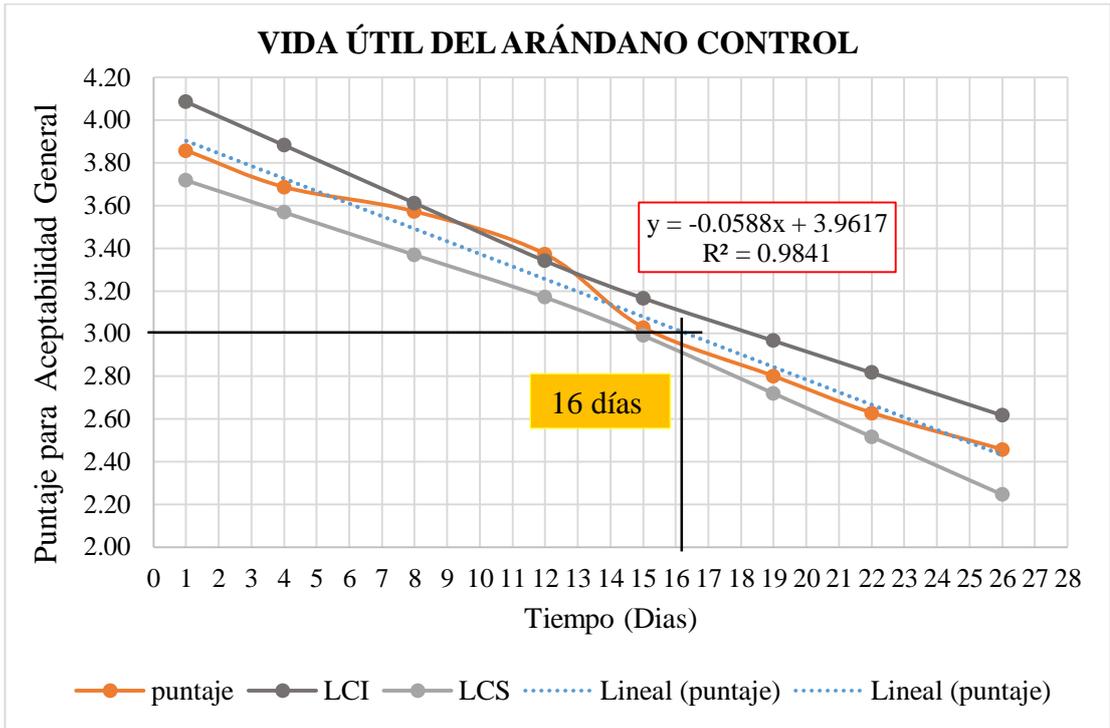


Gráfico 28. Vida útil de la muestra control de arándanos

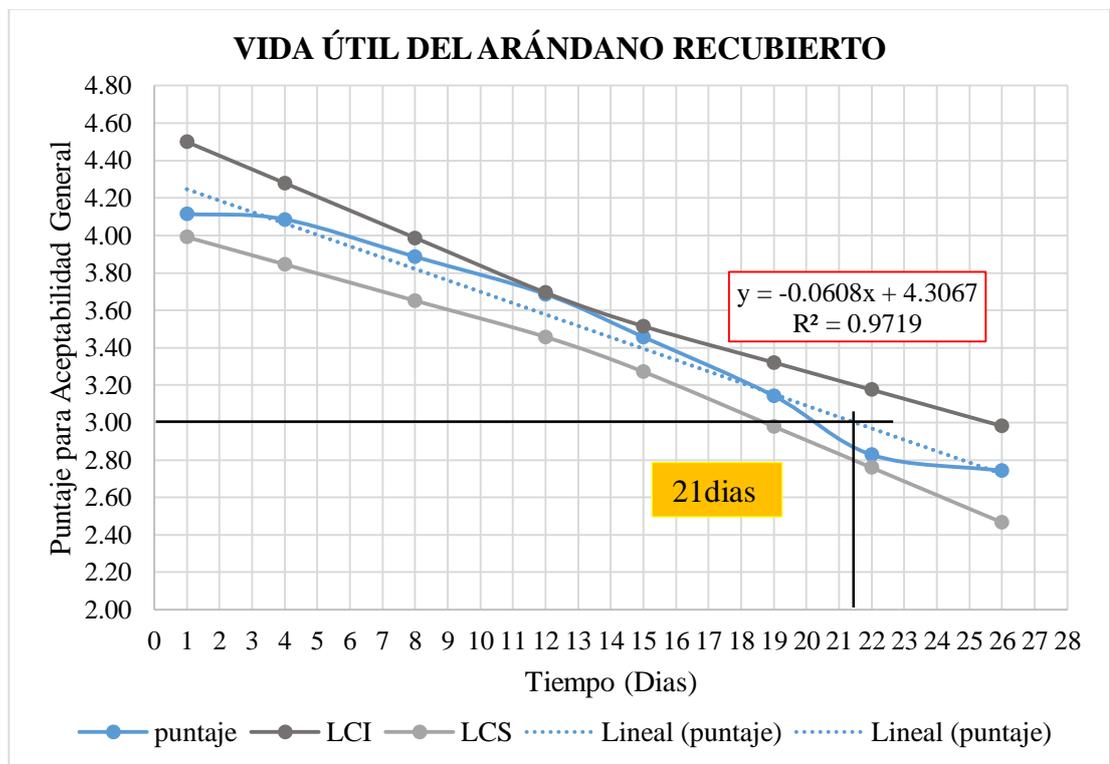


Gráfico 29. Vida útil de los arándanos con recubrimiento comestible óptimo a base de pectina y quitosano

V. CONCLUSIONES

- De los resultados de los 11 tratamientos realizados, el mejor fue el que tuvo una concentración de 0.06% p/v de pectina y 0.34% p/v de quitosano, el cual conservo mejor las características fisicoquímicas de los arándanos durante los 22 días de almacenamiento, no confirmándose la hipótesis formulada.
- Al evaluar los arándanos recubiertos con la formulación óptima se puede concluir que los cambios en la pérdida de peso, firmeza, contenido de sólidos solubles totales, acidez, pH, polifenoles totales y capacidad antioxidante fueron menores en comparación con la muestra de arándanos control almacenados a 4°C.
- Al evaluar los arándanos recubiertos con la formulación óptima se puede concluir que los cambios en las características sensoriales como la firmeza, nivel de deshidratación y sabor fueron menores en comparación con la muestra de arándanos control almacenados a 4°C.
- Al evaluar la vida útil de los arándanos recubiertos con la formulación óptima (0.363% p/v de quitosano y 0.012% p/v de pectina) basado en su aceptabilidad general se puede concluir que dicho recubrimiento comestible le otorgó mayor aceptabilidad en comparación a la muestra control durante el tiempo de almacenamiento, alargando su vida útil en 5 días.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar estudios de recubrimientos comestibles a base de quitosano, cera de abeja, glicerol y Tween 80 para alargar la vida útil de arándanos.
- Se recomienda realizar estudios evaluando el efecto de la técnica de conservación (uso de rayos gama, uso de irradiación UV-C, envasado con atmosfera controlada de 10 – 12% CO₂ y aproximadamente 10% O₂) en la vida útil de arándanos.
- Se recomienda realizar estudios evaluando el efecto de recubrimiento comestible propuesto en conjunto con los parámetros de temperatura (0 – 8°C) y humedad relativa (85-95%) en la vida útil de arándanos.
- Se recomienda realizar análisis microbiológico de mohos y levaduras al inicio y durante el almacenamiento del arándano con recubrimiento comestible, con la finalidad de ver su comportamiento en función del tiempo.

VII. REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

- Abdollahi, M., Rezaei, M. y Farzi, G. (2012). Improvement of active chitosan film properties with rosemary essential oil for food packaging. *International Journal of Food Science and Technology*, 47(4), 847-853.
- Abreu, G., Orlando A., Cuéllar, A., y Prieto, S. (2008). Fitoquímica del género *Vaccinium* (Ericaceae). *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 13(3)
- Aldaba, J., Concha, V., Enciso, V., y Carranza, J. (2016). Funcionalidad del arándano azul (*Vaccinium corymbosum* L.). *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*. Vol. 1; 423-428.
- Anticono, M., Frígola, A., y Esteve, J. (2016). Determinación de polifenoles totales en arándanos y productos derivados. *UCV – Scientia* 8(1).
- A.O.A.C. (1995). Association of official analytical chemist. Official methods of análisis.
- A.O.A.C. (1990). Official Methods of Analysis. 15a ed. Arlington, EE. UU.: AOAC.
- A.O.A.C. (2005). Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis.
- Amal, S. H., El-Mogy, M. M., Aboul-Anean, H. E., & Alsanius, B. W. (2010). Improving strawberry fruit storability by edible coating as a carrier of thymol or calcium chloride. *Journal of Horticultural Science and Ornamental Plants*, 2(3), 88e97.
- Arellanes, A., Jaraba, M., Mármol, Z., Páez, G., Aiello-Mazzarri, C., & Rincón, M. (2011). Pectin yield and characterization from 'Manzano' banana peels (*Musa AAB*). *Revista de la Facultad de Agronomía*, 28(4), 523-539.
- Arteaga, A., y Arteaga, H. (2016). Optimización de la capacidad antioxidante, contenido de antocianinas y capacidad de rehidratación en polvo de arándano (*Vaccinium*

corymbosum) microencapsulado con mezclas de hidrocoloides. *Scientia Agropecuaria*, 7(spe), 191-200.

ASOCIACIÓN DE EXPORTADORES [ADEX]. (2009). Ficha de Requisitos Técnicos de Acceso al Mercado de EEUU. Requisitos No Arancelarios para Arándano Fresco "*Vaccinium corymbosum*".

Atencia, S. (2015). "Aplicación de aloe vera como recubrimiento comestible en arándano (*vaccinium corymbosum* L.)" (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Huaraz. Perú.

Ayala, V. (2013). Efecto de un recubrimiento comestible a base de aginato de sodio y iones de calcio sobre la calidad de mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth). *Revista Scientia Agroalimentaria*, 1, 39-44.

Bai, J., Plotto, A. (2012). Coatings for fresh fruits and vegetables, In: Baldwin, E.A., Hagenmaier, R., Bai, J. (Eds.), *Edible Coatings and Films to Improve Food Quality*. second ed. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, pp. 185–242.

Badui D.S. (2013). *Química de alimentos*. 5ª ed. Ed. Pearson, México. 723 p.

Baldwin, E., Hagenmaier, R. y Bai, J. (2012). Edible coatings and films to improve food quality. *Food Technology*, 51(6), 56-64.

Bañados, P. (2007). Poda en verde en arándanos. *Revista Agronomía y Forestal*, 16-19.

Beaudry, R. (1992). Blueberry quality characteristics and how they can be optimized. *Annual Report of the Michigan State Horticultural Society*, 122, 140-145.

Benavides, L. (2012). Estudio de prefactibilidad para la producción y comercialización de arándanos (*Vaccinium corymbosum* L.) en condiciones de valles andinos. Lima, Perú: Sierra exportadora.

- Bosquez, M. E., Vernon, J. J., Pérez, L. y Guerrero, L. (2000). Películas y cubiertas comestibles para conservación en fresco de frutas y hortalizas. *Industria Alimentaria*, 22, 14-36.
- Bourtoom, T. (2008a). Edible films and coatings: characteristics and properties. *International Food Research Journal* 15(3):237-248.
- Bourtoom. (2008b). Factor Affecting the Properties of Edible Film Prepared from Mung Bean Proteins, *International Food Research Journal*.
- Buzeta, A. (1997). Chile: Berries para el 2000. Primera edición. Santiago de Chile, Chile: Fundación Chile.
- Camacho A., Giles, M., Ortegón, A., Palao, M., Serrano, B., y Velásquez O. (2009). Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos. Técnicas para el Análisis Microbiológico de Alimentos. 2ª edición Facultad de Química, UNAM. México DF, México.
- Canchos, C., y Reyes, J. (2016). Determinación de capacidad antioxidante y fenoles totales en zumo y cascara de *Vaccinium corymbosum* “arándanos” del valle de Cañete. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Lima, Perú.
- Carneiro-da-Cunha, M. G., Cerqueira, M. A., Souza, W. M. B., Souza, M. P., Teixeira J. A., Vicente, A. A. (2009). Physical properties of edible coatings and films made with a polysaccharide from *Anacardium occidentale* L. *Journal of Food Engineering*. 95, 379 – 385.
- Caro, Y. y Joas, J. (2005). Postharvest control of litchi pericarp browning (cv. Kwai Mi) by combined treatments of chitosan and organic acids. *Postharvest Biology Technology*, 38, 137-144.

- Castillo, C. (2008). Manual de Buenas Prácticas Agrarias Sostenibles de los Frutos Rojos. Fundación Doñana 21. Noviembre 2008. España.
- Cia P., Aparecida, B., Florentino P., y Oliveira, G. (2010). Quitosana no controle pós-colheita da podridão mole em caqui “rama forte”. *Bragantia Campinas*, 69(3),745-52.
- Chiabrando, V., Giacalone, G., y Rolle, L. (2009). Mechanical behaviour and quality traits of highbush blueberry during postharvest storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89, 989-992.
- Chiabrando, V., & Giacalone, G. (2015). Anthocyanins, phenolics and antioxidant capacity after fresh storage of blueberry treated with edible coatings. *International journal of food sciences and nutrition*, 66(3), 248-253.
- Chu, W., Gao, H., Chen, H., Fang, X., y Zheng, Y. (2017). Efectos de la cera cuticular sobre la calidad poscosecha de la fruta del arándano. *Food Chemistry*, (239), 68-74.
- Connor AM, Luby JJ, Hancock JF, Berkheimer S, Hanson EJ. 2002. Changes in fruit antioxidant activity among blueberry cultivars during cold-temperature storage. *Agric Food Chem* 50:893-898.
- Coria, L., Maihua, R.E.; Peralta, F.L., Tereschuk, M.L., González, M., Albarracín, P.M. (2005). Análisis de antocianinas en Arándanos del Noa (*Vaccinium corymbosum L.*). *Catedra de Química Orgánica*. pp 208- 219.
- Coronel, L., Pérez, J., y León, N. (2019). Influencia de diferentes agentes encapsulantes en la retención de vitamina C en el zumo de arándano (*Vaccinium corymbosum*) atomizado. *Agroind. sci.* 9(1): 47 – 52.

- Cote, S. (2011). Efecto de la intensidad de la radiación UV-C sobre la calidad sensorial, microbiológica y nutricional de frutos. Tesis para título de Magister en Tecnología e Higiene de los Alimentos. Universidad Nacional de La Plata. Buenos Aires-Argentina.
- Defilippi, B., Robledo, P., y Becerra, C. (2017). Variedades de arándanos. pp. 107–115. En Morales, C. (Ed.). Manual de manejo agronómico del arándano. Boletín INIA N° 06. Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP), Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Santiago de Chile, Chile.
- Djioua, T., Charles, F., Freire, M., Filgueiras, H., Ducamp-Collin, M. y Sallanon, H. (2010). Combined effects of postharvest heat treatment and chitosan coating on quality of fresh cut mangoes (*Mangifera indica* L.). *International Journal of Food Science and Technology*, 45(4), 849-855.
- Duan, J., Wu, R., Strik, B., y Zhao, Y. (2011). Efecto de los recubrimientos comestibles sobre la calidad de los arándanos frescos (Duke y Elliott) en condiciones de almacenamiento comercial. *Postharvest Biology and Technology*, (59), 71–79.
- Durango, A.; Soares, N. y Arteaga, M. (2011). Filmes y revestimientos comestibles como empaques activos biodegradables en la conservación de alimentos. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* 9(1): 122-128.
- Dutta, P.K., Tripathi, S., Mehrotra, G.K., Dutta, J. (2009). Perspectives for chitosan based antimicrobial films in food applications. *Food Chem.* 114 (4), 1173–1182.
- Ehlenfeldt, M., Meredith, F., y Ballington, J. (1994). Unique organic acid profile of rabbiteye vs. highbush blueberries. *HortScience*, 29(4), 321-323.
- Eroski, S. (2008). Frutas sabrosas, saludables, imprescindibles. Publicado en: <http://frutas.Consumer.es/document/arándano>.

- Falguera, V., Quintero, J. P., Jiménez, A., Muñoz, J. A. e Ibarz, A. (2011). Edible films and coatings: Structures, active functions and trends in their use. *Trends in Food Science & Technology*, 22, 292-303.
- Fiedler, I. (2015). “Caracterización fisico-química y sistema de producción del arándano (*Vaccinium myrtillus* L.) en Jalisco” (Tesis de pregrado). Universidad de Guadalajara. Jalisco. México.
- Flores-López, M.L., Cerqueira, M.A., Jasso de Rodríguez, D., Vicente, A.A. (2015). Perspectivas sobre la utilización de recubrimientos comestibles y revestimientos nano-laminados para la extensión del almacenamiento postcosecha de frutas y verduras. *Ingeniería de Alimentos Rev.* doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s12393-015-9135-x>.
- Galleta, G., Ballinger, W., Monroe, R., y Kushman, L. (1971). Relationships between fruit acidity and soluble solids levels of highbush blueberry clones and fruit keeping quality. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 86, 758-762.
- Gamboa, W., Silva, J. (2018). Determinación de la temperatura y concentración de la solución osmótica en la deshidratación del arándano (*Vaccinium corymbosum* L.). (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Santa, Nuevo Chimbote, Perú.
- García-Alonso, F.J. (2006). Evaluación in vitro e in vivo de la funcionalidad de un producto rico en antioxidantes. Tesis Dr. Universidad de Murcia, ES. 100 pp.
- García, J., y García, G. (2014). Orientaciones para el cultivo del arándano. Asturias, España: Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario.
- García, J., García, G. y Ciordia, M. (2018). El cultivo del arándano en el norte de España. Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA). Asturias, España. 188 pp.

- Gol, N., Patel, P., Rao, T. (2013). Improvement of quality and shelf-life of strawberries with edible coatings enriched with chitosan. *Postharvest Biol. Technol.* 85, 185–195.
- González, A., y Gloria, C. (2017). Variedades de arándanos. pp. 11–18. En Morales, C. (Ed.). Manual de manejo agronómico del arándano. Boletín INIA N° 06. Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP), Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Santiago de Chile, Chile.
- Gough, R. (1994). *The highbush blueberry and its management*. Nueva York, Estados Unidos: The Haworth Press, Inc.
- Guerra, C. (2005). Elaboración de láminas de fruta a partir de arándano (*Vaccinium corymbosum*) c.v. Elliot y manzana (*Malus pumila* Mill.) c.v. Liberty (tesis de pregrado). Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
- Guerreiro, A., Gago, C., Faleiro, M., Miguel, M., y Antunes, M. (2015). Raspberry fresh fruit quality as affected by pectin- and alginate-based edible coatings enriched with essential oils. *Scientia Horticulturae*, 194, 138–146.
- Häkkinen, S., y Törrönen, A. (2000). Content of flavonols and selected phenolic acids in strawberries and *Vaccinium* species: influence of cultivar, cultivation site and technique. *Food Res. Int.*, 33, 517–524.
- Han, C., Lederer, C., McDaniel, M. y Zhao, Y. (2004). Sensory evaluation of fresh strawberries (*Fragaria ananassa*) coated with chitosan based edible coatings. *Journal of Food Science*, 70, S172–8.
- Heinonen, I., Lehtonen, P., y Hopia, A. (1998). Antioxidant activity of berry and fruit wines and. *J Agric Food Chem.* (46), 25-31.

- Hollman, P., y Arts, I. (2000). Flavonols, flavones and flavanols: Nature, occurrence and dietary burden. *J Sci Food Agric*, 80, 1081-1093.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS [INIA] (2017). Manual de manejo agronómico del arándano. Santiago de Chile, Chile.
- INSTITUTO PARA LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN AGRICULTURA [INTAGRI] (2017). Variedades Comerciales de Arándanos en el Mundo. Serie Frutillas Núm. 15. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 4 p.
- Jara, G. (2012). Características de los arándanos cultivados en Perú (Magister en Ciencias). Santiago de Chile, Chile.
- Jin, P., Wang, C., y Zheng, Y. (2011). Effect of cultural system and storage temperature on antioxidant capacity and phenolic compounds in strawberries. *Food Chemistry*, 124, 262-270.
- Joo, M., Lewandowski, N., Auras, R., Harte, J., y Almenar, V. (2011). Comparative shelf life study of blackberry fruit in bio-based and petroleum-based containers under retail storage conditions. *Food Chem.*, 126(4), 1734-1740.
- Kader, A., y Ben-Yehoshua, S. (2000). Effects of superatmospheric oxygen levels on postharvest physiology and quality of fresh fruits and vegetables. *Post Biol Technol* 20:1-13.
- Kalt, W., McDonald, J., y Donner, H. (2000). Anthocyanins, phenolics, and antioxidant capacity of processed lowbush blueberry products. *Food Chemistry and Toxicology*, 65(3), 390-393.

- Khan, M. K. I., Cakmak, H., Tavman, S., Schutyser, M., y Schroen, K. (2013). Antibrowning and barrier properties of edible coatings prepared with electrospraying. *Innovative Food Science and Emerging Technology*, 25, 9–13.
- Kim, S.-K., & Rajapakse, N. (2005). Enzymatic production and biological activities of chitosan oligosaccharides (COS): A review. *Carbohydrate polymers*, 62(4), 357-368.
- Krochta, J. M., & Mulder-Johnston, D. (1997). Edible and biodegradable polymer films: challenges and opportunities. *Food technology (USA)*.
- Kroon, P., Clifford, M., Crozier, A., Day, A., Donovan, J., Manach, C., y Williamson, G. (2004). How should we assess the effects of exposure to dietary polyphenols in vitro? *The American Journal of Clinical Nutrition*, 80 (1), 15-21.
- Kuskoski, E. M., Asuero, A. G., Troncoso, A. M., Mancini-Filho, J., & Fett, R. (octubre/diciembre de 2005). Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *SciELO*, 25(4), 726.
- Li, C., Luo, J., & MacLean, D. (2011). A novel instrument to delineate varietal and harvest effects on blueberry fruit texture during storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(9), 1653-1658.
- Lin, D. y Zhao, Y. (2007). Innovations in the development and application of edible coatings for fresh and minimally processed fruits and vegetables. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 6(3), 60–75.
- Lizama, L. (1992). Madurez óptima y manejo de postcosecha de ciruelas japonesas. Santiago de Chile, Chile.
- López, C., y Denicola, A. (2013). Evaluating the antioxidant capacity of natural products: A review on chemical and cellular-based assays. *Analytica Chimica Acta*, 763(6), 1-10.

- Macheix, J., Fleuriet, A., y Billot, J. (1990). Fruit phenolics. Boca Ratón. Florida, Estados Unidos: CRC Press.
- Mannozi, C., Cecchini, J.P., Tylewicz, U., Siroli, L., Patrignani, F., Lanciotti, R., Rocculi, P., Dalla Rosa, M., Romani, S. (2017). Study on the efficacy of edible coatings on quality of blueberry fruits during shelf-life, *LWT - Food Science and Technology*.
- Mannozi, C., Tylewicz, U., Chinnici, F., Siroli, L., Rocculi, P., Dalla Rosa, M., Romani, S. (2018). Effects of chitosan-based coatings enriched with procyanidin by-product on quality of fresh blueberries during storage. *Food Chemistry*, (251), 18-24.
- Mantilla, N., Castell-Perez, M. E., Gomes, C., y Moreira, R. G. (2013). Multilayered antimicrobial edible coating and its effect on quality and shelf-life of fresh-cut pineapple (*Ananas comosus*). *LWT-Food Science and Technology*, 51, 37-43.
- Medel, F. (1982). Arbustos frutales. Universidad Austral de Chile. Santiago de Chile: Corporación de Fomento de la Producción. Valdivia. pp.30
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO [MINAGRI] (2016). El arándano en el Perú y el mundo. Producción, Comercio y Perspectivas 2016. Lima: Dirección General de Políticas Agrarias.
- Mitcham, E.J., C.H. Crisosto y A.A. Kader. (2007). Bayas (Berries): zarzamora (mora), arándano azul, arándano rojo, frambuesa. Recomendaciones para Mantener la calidad postcosecha. Recuperado de: http://postharvest.ucdavis.edu/frutasymelones/Bayas_Berries/; consulta: Noviembre de 2011.
- Mondragón, A., López, J., Ochoa, S. y Gutiérrez, M. (2012). Hongos asociados a la parte aérea del arándano en Los Reyes, Michoacán, México. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 144 (30).

- Muñoz. (2011). Recubrimientos comestibles para frutas y hortalizas. Recuperado el 24 de Mayo de 2018, de Recubrimientos-Comestibles-Para-Frutas-y- Hortalizas.
- Muñoz, S., y Moreira, I. (2002). Arándanos situación actual y perspectivas de negocio. Tierra Adentro. Santiago de Chile.
- Nandane, A. S., & Jain, R. K. (2011). Effect of composite edible coating on physicochemical properties of tomatoes stored at ambient conditions. *International Journal of Advanced Engineering Technology*, 2(4), 211e217.
- 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 Dr. Valencia, ES. Universidad Politécnica de Valencia. 208 p.
- Olivas, G., y Barbosa-Cánovas, G. (2005). Edible coatings for fresh-cut fruits. *Crit Rev Food Science*, 45, 657–670.
- Pascall, M. y Lin, S.-J. (2013). The application of edible polymeric films and coatings in the food industry. *Food, Processing and Technology*, 4(2), 1-2.
- Pastor, C. (2010). Recubrimientos comestibles a base de hidroxipropilmetilcelulosa: caracterización y aplicación. Tesis Dr. Valencia, ES. Universidad Politécnica de Valencia. 219 p.
- Pastor, C., Vargas, M., Gonzáles-Martínez, C. (2005). Recubrimientos comestibles: Aplicación a frutas y hortalizas. *Revista: Alimentación, Equipos y Tecnología* 197(24):130-135.p
- Pellegrini, N., Serafini, M., Colombi, B., Del Rio, D., Salvatore, S., Bianchi, M., & Brighenti, F. (2003). Total antioxidant capacity of plant foods, beverages and oils consumed in Italy assessed by three different in vitro assays. *The Journal of nutrition*, 133(9), 2812-2819.

- Pérez, R. (2013). Exactitud de las tablas de composición de alimentos en la determinación de nutrientes. *Sanidad Militar*, 69(2), 102-111.
- Perkins, P., Clark, J., Collins, J., y Magee, J. (2008). Southern highbush blueberry clones differ in postharvest fruit quality. *Fruit Varieties Journal*, 49 (1), 46-52.
- Pinedo, S. (2018). Caracterización fisicoquímica y organoléptica de variedades comerciales de arándanos y otras especies del genero *Vaccinium*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Amazonas, Amazonas, Perú.
- Price, D., Luque, E., Meza D., B. (2017). Efecto del refrigerado y congelado en el contenido de polifenoles totales, antocianinas y actividad antioxidante de arándanos (*Vaccinium Corymbosum*, Variedad “Biloxi”) cultivados en diferentes microclimas de Perú (tesis de pregrado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), Lima, Perú.
- Pino, C. (2007). Descripción del desarrollo vegetativo y de las características físicas y químicas de los frutos de cuatro clones de arándano alto (*Vaccinium corymbosum L.*). Tesis para grado de Licenciado en Agronomía. Universidad Austral de Chile. Valdivia-Chile.
- Pinheiro, A.C., Cerqueira, M.A., Souza, B.W.S., Martins, J.T., Teixeira, J.A., Vicente, A.A. (2010). Utilização de revestimentos/filmes edíveis para aplicações alimentares. *Boletim de Biotecnologia* 18–28.
- Quintero, C. J. P., Pascual, F. V. y Muñoz, H. A. J. (2010). Películas y recubrimientos comestibles: importancia y tendencias recientes en la cadena hortofrutícola. *Revista Tumbaga*, 5, 93-118.
- Ramos, M.; Bautista, S.; Barrera, L.; Bosquez, E.; Alia, I. y Estrada, M. (2010). Compuestos antimicrobianos adicionados en recubrimientos comestibles para uso en productos hortofrutícolas. *Revista Mexicana de Fitopatología* 28: 44-57.

- Retamales, J., y Hancock, J. (2012a). Blueberries. *Crop Production Science in Horticulture* 21. Bridgetown: Cabi.
- Retamales, J., y Hancock, J. (2012b). Blueberries. US, Cambridge, Massachusetts, Centre for Agricultural Bioscience International, 323 pp.
- Ribeiro, C., Vicente, A.A., Teixeira, A.J., Miranda, C. (2007). Optimization of edible coating composition to retard strawberry fruit senescence. *Postharvest Biol. Technol.* 44, 63–70.
- Robards, K., Prenzler, P., Tucker, G., Swatsitang, P., y Glover, W. (1990). Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits. *Food Chemistry*, 66(4), 401-436.
- Rojas-Graü, M. (2006). Recubrimientos comestibles y sustancias de origen natural en manzana fresca cortada: Una nueva estrategia de conservación. (Tesis Doctoral). Universidad de Lérida, España
- Rojas-Graü, M. A., Oms-Oliu, G., Soliva-Fortuny, R. y Martín-Belloso, O. (2009). The use of packaging techniques to maintain freshness in fresh-cut fruits and vegetables: a review. *International Journal of Food Science and Technology*, 4, 875–889.
- Rojas-Graü, M. A., Tapia, M. S., & Martín-Belloso, O. (2008). Using polysaccharide-based edible coatings to maintain quality of fresh-cut Fuji apples. *LWT-Food Science and Technology*, 41(1), 139-147.
- Ruíz, F. (2009). Aplicación de películas comestibles a base de quitosano y mucílago de nopal en fresa (*Fragaria ananassa*) almacenada en refrigeración. Recuperado el 25 de Mayo de 2018, de Colección de Tesis Digitales Univesidad de la Americas Puebla.

- Safner, R., J. Polashock, M. Ehlenfeldt and B. Vinyard. (2008). Instrumental and sensory quality characteristics of blueberry fruit from twelve cultivars. *Postharvest Biology and Technology* 49(1): 19–26.
- Santa Cruz, L. (2018). “Evaluación del tiempo de vida útil del arándano (*Vaccinium Corymbosum*) fresco variedad azul, almacenado en atmósfera modificada”. Tesis de pregrado. Universidad Señor de Sipán. Pimentel. Perú.
- Sapers G., Burgher A., Phillips J., Jones S., y Stone E. (1984). Color and composition of highbush blueberry cultivars. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 109 (1), 105-111.
- Serradilla, M., Lozano, B., Bernalte, M., Ayuso, L., López, D., Gonzáles, C. (2010). Physicochemical and bioactive properties evolution during ripening of Ambrunés sweet cherry cultivar. *L.W.T. – Food SC and Tech*, 44, 199-205.
- Shahidi, F., Arachchi, J. K. V., & Jeon, Y. J. (1999). Food applications of chitin and chitosans. *Trends in Food Science & Technology*, 10(2), 37-51.
- Shi, M.; Loftus, H.; McAinch, A.J.; Su. X.Q. (2016). Blueberry as a source of bioactive compounds for the treatment of obesity, type 2 diabetes and chronic inflammation. *Journal of Functional Foods* 30, US, pp. 16 – 29.
- Shoemaker, J. (1975). Blueberries. In: *Small fruit culture*. Westport, USA: The Avi Publishing.
- Sierra Exportadora. (2016). Arándano. Recuperado de: <https://www.sierraexportadora.gob.pe/arandano/>
- Sinelli, N., Spinardi, A., Di Egidio, V., Mignanib, I., y Casiraghia, E. (2008). Evaluation of quality and nutraceutical content of blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.) by near and mid-infrared spectroscopy. *Postharvest Biology and Technology*, 50, 31-36.

- Soares, N. M., Mendes, T. S., Vicente, A.A. (2013). Efecto de las soluciones a base de quitosano aplicadas como recubrimientos comestibles y acristalamiento de agua sobre la conservación del salmón congelado: un estudio a escala piloto. *J. Food Eng.* 119 (2), 316–323.
- Sossi, G., y Trincherro, G. (2004). Evaluación de cultivares de arándanos de comportamientos contrastantes durante la postcosecha, conservados en diferentes atmósferas controladas. Informe Conicet.
- Sousa-Gallagher, M. J., Tank, A., y Sousa, R. (2016). 14 - Emerging Technologies to Extend the Shelf Life and Stability of Fruits and Vegetables. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. Pp. 399-430
- Spencer, J., Abd El Mohsen, M., Minihane, A.-M., y Mathers, J. (2008). Biomarkers of the intake of dietary polyphenols: strengths, limitations. *British Journal of Nutrition*, 99, 12-22.
- Spiers, J.M., Stringer, S.J., Draper, A.D., & Gupton, C.L. (2002). Biloxi southern highbush blueberry. *Acta Horticulturae*, 274, 153-155.
- Sriamornsak, P., N. Wattanakorn, J. Nunthanid, S. Puttipitkhachorn. (2008). Mucoadhesion of pectin as evidence by wettability and chain interpenetration. *Carbohydrate Polymers* 74: 458-467.
- Tezotto-Uliana, J.V., Fargoni, G.P., Geerdink, G.M., Kluge, R.A. (2014). Chitosan applications pre- or post-harvest prolong raspberry shelf-life quality. *Postharvest Biol. Technol.* 91, 72–77.

- Treviño-Garza, M. Z., García, S., del Socorro Flores-González, M., & Arévalo-Niño, K. (2015). Edible active coatings based on pectin, pullulan, and chitosan increase quality and shelf life of strawberries (*Fragaria ananassa*). *Journal of food science*, 80(8).
- Tromp, J. (2005). Fruit ripening and quality. In: Tromp, J., Webster, A.D., Wethaim, S.J. (Eds.), *Fundamentals of Temperate Zone Tree Production*. Backuys Publishers, Leiden, 295-310.
- Trujillo, Y.; Perez, J. y Duran, O. (2012). "Empleo de recubrimientos comestibles con base en almidón de papa y yuca en la conservación del mango cv. Zapote". Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Universidad de Pamplona. Colombia.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE [USDA]. (2018). Informe básico: 09050, arándanos, crudo. Recuperado de: <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/09050?fgcd=&manu=&format=&count=&max=25&offset=&sort=default&order=asc&qlookup=blueberry&ds=&qt=&qp=&qa=&qn=&q=&ing=>
- Valencia-Chamorro, S.A., Palou, L., Delfio, M.A., y Pérez-Gago, M.B. (2011). Antimicrobial edible films and coatings for fresh and minimally processed fruits and vegetables: a review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 51 (9), 872–900.
- Vargas, A., Pérez, J., Zoffoli, J.P., y Pérez, A. (2001). Evolución de la textura de bayas de uva del CV Thompson Sedles, en: *Cien. Inv. Agr.*, Vol. 27, pp. 117-126.
- Vargas, M., Albors, A., Chiralt, A., Gonzalez-Martinez, C., (2006). Quality of cold-stored strawberries as affected by chitosan–oleic acid edible coatings. *Postharvest Biol. Technol.* 41, 164–171.

- Vargas, M.; Pastor, C.; Chiralt, A.; McClements, J. y González, Ch. (2008). Recent Advances in Edible Coatings for Fresh and Minimally Processed Fruits. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 48: 496-511.
- Vázquez, S., Guillén, R., Jaramillo, S., Jiménez, A., y Rodríguez, R. (2012). Funcionalidad de distintas variedades de arándanos. VII Congreso Español de Ingeniería de Alimentos. 07 – 09 noviembre 2012. Universidad de Castilla La Mancha. España.
- Velickova, E., Winkelhausen, E., Kuzmanova, S., Alves, V.D., Moldão-Martins, M. (2013). Impact of chitosan-beeswax edible coatings on the quality of fresh strawberries (*Fragaria ananassa* cv. *Camarosa*) under commercial storage conditions. *LWT Food Sci. Technol.* 52, 80–92.
- Verma, L.R., Joshi, V.K., 2000. *Postharvest Technology of Fruits and Vegetables: Handling, Processing, Fermentation, and Waste Management*. Indus Pub. Co., New Delhi, p.1222.
- Vieira J., Flores-López, M., Jasso de Rodríguez D., Sousa, M., Vicente, A., y Martins J. (2016). Efecto del recubrimiento de quitosano-aloe vera en la calidad poscosecha de la fruta de arándano (*Vaccinium corymbosum*). *Postharvest Biology and Technology*, (116), 88–97.
- Watada A, N Ko, D Minott. (1996). Factors affecting quality of fresh-cut horticultural products. *Postharvest Biol. Technol.* 9. p.115-125.
- Wu, R., Frei, B., Kennedy, J.A., Zhao, Y. (2010). Effects of refrigerated storage and processing technologies on the bioactive compounds and antioxidant capacities of ‘Marion’ and ‘Evergreen’ blackberries. *Lebensmittel-Wissenschaft Und-Technologie – Food Sci. Technol.* 43, 1253–1264.

- Yamam, O., y Bayoindirli, L. (2002). Effects of an edible coating and cold storage on Shelf-life and quality of cherries. *L.W.T. – Food Science and Technology*, 35(2), 146-150.
- Yang, Y., Campanella, O. H., Hamaker, B. R., Zhang, G., & Gu, Z. (2014). Rheological investigation of alginate chain interactions induced by concentrating calcium cations. *Food Hydrocolloids*, 30, 26-32.
- Yang, G., Yue, J., Gong, X., Qian, B., Wang, H., Deng, Y., y Zhao, Y. (2014). Blueberry leaf extracts incorporated chitosan coatings for preserving postharvest quality of fresh blueberries. *Postharvest Biology and Technology*, 92, 46-53.
- Yousuf, B., Qadri, O.S., y Srivastava, A.K. (2017). Recent developments in shelf-life extension of fresh-cut fruits and vegetables by application of different edible coatings: A review, *LWT - Food Science and Technology*.
- Zapata, L.M., Malleret, A.D., Quinteros, C.F., Lesa, C.E., Vuarant, C.O., Rivadeneira, M.F., y Gerard, J.A. (2010). Estudio sobre cambios de la firmeza de bayas de arándanos durante su maduración. *Ciencia, docencia y tecnología*, (41), 159-171.
- Zhong, Y., Song, X., & Li, Y. (2011). Antimicrobial, physical and mechanical properties of kudzu starch–chitosan composite films as a function of acid solvent types. *Carbohydrate Polymers*, 84(1), 335-342.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1: Resultados de los arándanos con los diversos tratamientos de recubrimientos comestibles durante el almacenamiento

Anexo 1.1. Pérdida de peso de los tratamientos durante el almacenamiento.

TRATAMIENTO	PÉRDIDA DE PESO (%)						
	0	4	8	12	15	19	22
T1	0.00 ± 0.00	2.69 ± 0.09	3.36 ± 0.22	5.13 ± 0.42	5.99 ± 0.40	8.67 ± 0.49	10.30 ± 0.40
T2	0.00 ± 0.00	2.09 ± 0.16	3.00 ± 0.24	5.15 ± 0.16	6.04 ± 0.16	8.77 ± 0.29	10.29 ± 0.41
T3	0.00 ± 0.00	2.09 ± 0.06	2.95 ± 0.07	4.98 ± 0.13	5.90 ± 0.15	8.73 ± 0.25	10.27 ± 0.24
T4	0.00 ± 0.00	3.11 ± 0.09	3.87 ± 0.11	5.80 ± 0.17	6.84 ± 0.17	9.73 ± 0.43	11.35 ± 0.33
T5	0.00 ± 0.00	2.05 ± 0.16	2.69 ± 0.05	4.40 ± 0.21	5.20 ± 0.17	7.80 ± 0.16	9.02 ± 0.18
T6	0.00 ± 0.00	2.36 ± 0.20	3.06 ± 0.16	4.78 ± 0.14	5.72 ± 0.20	8.33 ± 0.26	9.85 ± 0.35
T7	0.00 ± 0.00	2.66 ± 0.18	3.49 ± 0.19	5.35 ± 0.25	6.31 ± 0.25	9.00 ± 0.34	10.38 ± 0.34
T8	0.00 ± 0.00	2.15 ± 0.18	2.77 ± 0.10	4.60 ± 0.04	5.44 ± 0.08	8.05 ± 0.20	9.69 ± 0.05
T9	0.00 ± 0.00	2.58 ± 0.13	3.94 ± 0.24	6.77 ± 0.08	7.96 ± 0.13	11.31 ± 0.17	14.08 ± 0.83
T10	0.00 ± 0.00	2.52 ± 0.35	3.89 ± 0.37	6.83 ± 0.54	8.11 ± 0.54	11.32 ± 0.34	14.82 ± 0.02
T11	0.00 ± 0.00	2.45 ± 0.10	3.88 ± 0.05	6.85 ± 0.41	8.12 ± 0.34	11.52 ± 0.40	14.43 ± 0.44
T12	0.00 ± 0.00	3.69 ± 0.18	4.64 ± 0.05	6.71 ± 0.17	7.58 ± 0.13	10.81 ± 0.28	12.19 ± 0.25

Anexo 1.2. Sólidos solubles totales de los tratamientos durante el almacenamiento.

TRATAMIENTO	SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES (°BRIX)						
	1	4	8	12	15	19	22
T1	13.00 ± 0.20	13.83 ± 0.06	14.10 ± 0.10	14.37 ± 0.15	14.63 ± 0.06	15.17 ± 0.06	15.37 ± 0.12
T2	13.20 ± 0.20	13.67 ± 0.12	14.00 ± 0.20	14.40 ± 0.10	14.70 ± 0.10	15.10 ± 0.10	15.50 ± 0.10
T3	13.00 ± 0.20	13.60 ± 0.20	14.13 ± 0.12	14.20 ± 0.10	14.50 ± 0.10	15.00 ± 0.10	15.23 ± 0.06
T4	13.37 ± 0.15	13.80 ± 0.20	13.73 ± 0.12	14.50 ± 0.00	14.80 ± 0.10	15.20 ± 0.00	15.63 ± 0.06
T5	13.00 ± 0.00	13.30 ± 0.10	13.70 ± 0.10	13.80 ± 0.10	14.27 ± 0.06	14.70 ± 0.10	14.80 ± 0.10
T6	12.93 ± 0.12	13.73 ± 0.12	14.07 ± 0.12	13.93 ± 0.06	14.60 ± 0.10	14.90 ± 0.10	15.17 ± 0.15
T7	13.33 ± 0.23	13.63 ± 0.15	14.20 ± 0.17	14.47 ± 0.06	14.97 ± 0.21	15.17 ± 0.15	15.60 ± 0.10
T8	12.93 ± 0.23	13.57 ± 0.06	13.53 ± 0.06	14.10 ± 0.10	14.40 ± 0.10	14.60 ± 0.10	15.07 ± 0.15
T9	13.13 ± 0.12	13.90 ± 0.00	14.13 ± 0.15	14.73 ± 0.06	14.83 ± 0.06	15.33 ± 0.12	15.70 ± 0.10
T10	13.07 ± 0.12	13.87 ± 0.12	14.17 ± 0.12	14.63 ± 0.12	14.77 ± 0.06	15.30 ± 0.10	15.80 ± 0.10
T11	13.20 ± 0.20	13.93 ± 0.12	14.23 ± 0.06	14.70 ± 0.00	14.77 ± 0.12	15.33 ± 0.06	15.73 ± 0.06
T12	12.87 ± 0.25	13.60 ± 0.26	14.50 ± 0.17	14.90 ± 0.20	15.20 ± 0.17	15.27 ± 0.21	15.73 ± 0.15

Anexo 1.3. Acidez titulable de los tratamientos durante el almacenamiento.

TRATAMIENTO	ACIDEZ (% ac. cítrico)						
	1	4	8	12	15	19	22
T1	1.017 ± 0.0014	1.024 ± 0.0021	0.976 ± 0.0049	0.952 ± 0.0014	0.920 ± 0.0057	0.880 ± 0.0049	0.928 ± 0.0028
T2	1.074 ± 0.0049	1.024 ± 0.0057	1.008 ± 0.0049	0.969 ± 0.0049	0.888 ± 0.0035	0.890 ± 0.0042	0.896 ± 0.0021
T3	1.072 ± 0.0042	1.016 ± 0.0064	0.944 ± 0.0064	0.958 ± 0.0042	0.911 ± 0.0035	0.917 ± 0.0028	0.904 ± 0.0035
T4	1.120 ± 0.0021	1.088 ± 0.0049	0.992 ± 0.0057	0.949 ± 0.0021	0.896 ± 0.0049	0.889 ± 0.0057	0.944 ± 0.0014
T5	1.104 ± 0.0042	1.096 ± 0.0042	1.008 ± 0.0021	0.990 ± 0.0028	0.915 ± 0.0028	0.936 ± 0.0021	0.920 ± 0.0028
T6	1.080 ± 0.0071	1.040 ± 0.0057	1.024 ± 0.0042	0.976 ± 0.0049	0.940 ± 0.0042	0.944 ± 0.0057	0.944 ± 0.0035
T7	1.064 ± 0.0057	1.048 ± 0.0049	1.032 ± 0.0049	0.944 ± 0.0042	0.874 ± 0.0049	0.848 ± 0.0042	0.883 ± 0.0042
T8	1.085 ± 0.0085	1.008 ± 0.0078	0.984 ± 0.0035	0.975 ± 0.0035	0.952 ± 0.0042	0.907 ± 0.0035	0.931 ± 0.0028
T9	1.000 ± 0.0170	0.976 ± 0.0085	0.992 ± 0.0042	0.912 ± 0.0035	0.862 ± 0.0042	0.869 ± 0.0057	0.861 ± 0.0028
T10	1.088 ± 0.0042	1.008 ± 0.0035	0.960 ± 0.0014	0.920 ± 0.0021	0.853 ± 0.0028	0.875 ± 0.0035	0.846 ± 0.0035
T11	1.080 ± 0.0042	1.000 ± 0.0057	0.976 ± 0.0042	0.928 ± 0.0028	0.856 ± 0.0049	0.864 ± 0.0042	0.840 ± 0.0021
T12	1.079 ± 0.0028	0.999 ± 0.0071	0.985 ± 0.0049	0.910 ± 0.0042	0.859 ± 0.0035	0.860 ± 0.0049	0.861 ± 0.0028

Anexo 1.4. pH de los tratamientos durante el almacenamiento.

TRATAMIENTO	pH						
	1	4	8	12	15	19	22
T1	3.004 ± 0.005	3.057 ± 0.025	3.077 ± 0.011	3.081 ± 0.010	3.100 ± 0.019	3.118 ± 0.012	3.111 ± 0.011
T2	2.984 ± 0.015	3.034 ± 0.009	3.055 ± 0.015	3.080 ± 0.012	3.120 ± 0.014	3.129 ± 0.015	3.124 ± 0.025
T3	2.975 ± 0.004	3.025 ± 0.012	3.061 ± 0.019	3.076 ± 0.021	3.090 ± 0.010	3.104 ± 0.009	3.099 ± 0.014
T4	2.958 ± 0.010	3.004 ± 0.023	3.047 ± 0.021	3.077 ± 0.022	3.110 ± 0.013	3.125 ± 0.013	3.083 ± 0.021
T5	2.963 ± 0.006	2.978 ± 0.023	3.036 ± 0.011	3.047 ± 0.010	3.080 ± 0.018	3.084 ± 0.019	3.103 ± 0.010
T6	2.965 ± 0.014	3.015 ± 0.014	3.034 ± 0.005	3.061 ± 0.014	3.110 ± 0.016	3.109 ± 0.009	3.108 ± 0.008
T7	2.980 ± 0.012	3.030 ± 0.022	3.065 ± 0.014	3.088 ± 0.011	3.129 ± 0.009	3.122 ± 0.014	3.120 ± 0.021
T8	2.970 ± 0.010	3.020 ± 0.020	3.026 ± 0.013	3.070 ± 0.010	3.075 ± 0.012	3.109 ± 0.013	3.094 ± 0.014
T9	2.990 ± 0.020	3.040 ± 0.011	3.051 ± 0.016	3.099 ± 0.019	3.108 ± 0.009	3.132 ± 0.011	3.128 ± 0.015
T10	2.989 ± 0.020	3.039 ± 0.014	3.041 ± 0.009	3.100 ± 0.012	3.110 ± 0.014	3.135 ± 0.012	3.101 ± 0.012
T11	2.988 ± 0.010	3.038 ± 0.011	3.048 ± 0.021	3.102 ± 0.016	3.114 ± 0.012	3.134 ± 0.014	3.104 ± 0.011
T12	2.981 ± 0.020	3.033 ± 0.019	3.066 ± 0.023	3.109 ± 0.018	3.131 ± 0.017	3.130 ± 0.011	3.110 ± 0.018

ANEXO 2: Ficha para el análisis sensorial de los arándanos con los tratamientos de recubrimiento comestible de durante el almacenamiento

EVALUACIÓN SENSORIAL DE RECUBRIMIENTO COMESTIBLE EN ARÁNDANOS		
FECHA		
APELLIDOS Y NOMBRES		
INSTRUCCIONES	Frente a usted se presentan los diferentes análisis sensoriales de recubrimiento comestible en arándanos. Por favor, observe y asígnele a la fruta una sola puntuación para describir la característica de calidad, de acuerdo al puntaje/categoría.	
PUNTAJE	CATEGORÍA	
	BRILLANTEZ	FIRMEZA
5	Brillante	Firme
4	Moderadamente brillante	Moderadamente firme
3	Ligeramente brillante	Ligeramente firme
2	Moderadamente opaco	Moderadamente blando
1	Muy opaco	Muy blando
TRATAMIENTOS	CALIFICACIÓN PARA CADA ATRIBUTO	
	BRILLANTEZ	FIRMEZA
Tratamiento 01		
Tratamiento 02		
Tratamiento 03		
Tratamiento 04		
Tratamiento 05		
Tratamiento 06		
Tratamiento 07		
Tratamiento 08		
Tratamiento 09		
Tratamiento 10		
Tratamiento 11		
Tratamiento 12		

EVALUACIÓN SENSORIAL DE RECUBRIMIENTO COMESTIBLE EN ARÁNDANOS		
FECHA		
APELLIDOS Y NOMBRES		
INSTRUCCIONES	Frente a usted se presentan los diferentes análisis sensoriales de arándanos con recubrimiento comestible. Por favor, observe y asígnele a la fruta una sola puntuación para describir la característica de calidad, de acuerdo al puntaje/categoría.	
PUNTAJE	CATEGORÍA	
	SABOR	ACEPTABILIDAD GENERAL
5	Agridulce	Me gusta mucho
4	Dulce y ligeramente ácido	Me gusta
3	Dulce	No me gusta ni me disgusta
2	Insípido	Me disgusta
1	Fermentado/ Sabor extraño / Agrio o amargo	Me disgusta mucho
TRATAMIENTOS	CALIFICACIÓN PARA CADA ATRIBUTO	
	SABOR	ACEPTABILIDAD GENERAL
Tratamiento 01		
Tratamiento 02		
Tratamiento 03		
Tratamiento 04		
Tratamiento 05		
Tratamiento 06		
Tratamiento 07		
Tratamiento 08		
Tratamiento 09		
Tratamiento 10		
Tratamiento 11		
Tratamiento 12		

ANEXO 3: Resultados del análisis sensorial de los arándanos con los diversos tratamientos de recubrimiento comestible durante el almacenamiento.

Anexo 3.1. Análisis sensorial - Firmeza de los tratamientos durante el almacenamiento.

TRATAMIENTO	FIRMEZA						
	1	4	8	12	15	19	22
T1	4.29 ± 0.67	4.49 ± 0.51	4.17 ± 0.51	3.86 ± 0.69	3.43 ± 0.65	3.03 ± 0.62	2.86 ± 0.77
T2	4.26 ± 0.66	4.40 ± 0.50	4.20 ± 0.41	3.80 ± 0.76	3.37 ± 0.65	3.06 ± 0.68	2.86 ± 0.60
T3	4.23 ± 0.65	4.37 ± 0.49	4.34 ± 0.48	3.91 ± 0.82	3.63 ± 0.73	3.17 ± 0.86	2.89 ± 0.63
T4	4.09 ± 0.61	4.34 ± 0.48	4.00 ± 0.59	3.83 ± 0.66	3.31 ± 0.68	2.86 ± 0.69	2.74 ± 0.66
T5	4.46 ± 0.51	4.60 ± 0.50	4.14 ± 0.43	4.03 ± 0.86	3.49 ± 0.66	3.29 ± 0.71	2.89 ± 0.68
T6	4.34 ± 0.64	4.49 ± 0.51	4.17 ± 0.45	4.09 ± 0.85	3.54 ± 0.66	3.14 ± 0.65	2.80 ± 0.76
T7	4.14 ± 0.55	4.31 ± 0.47	4.14 ± 0.43	3.77 ± 0.73	3.26 ± 0.70	3.03 ± 0.66	2.60 ± 0.85
T8	4.40 ± 0.60	4.57 ± 0.50	4.20 ± 0.58	3.94 ± 0.80	3.71 ± 0.71	3.14 ± 0.73	2.91 ± 0.61
T9	4.06 ± 0.54	4.26 ± 0.51	4.03 ± 0.38	3.71 ± 0.62	3.14 ± 0.65	2.91 ± 0.66	2.69 ± 0.72
T10	4.00 ± 0.54	4.29 ± 0.46	4.06 ± 0.59	3.66 ± 0.76	3.23 ± 0.77	2.94 ± 0.68	2.66 ± 0.87
T11	4.03 ± 0.45	4.23 ± 0.49	4.09 ± 0.56	3.69 ± 0.68	3.20 ± 0.76	2.97 ± 0.71	2.63 ± 0.77
T12	4.11 ± 0.68	4.03 ± 0.71	3.86 ± 0.73	3.83 ± 0.89	3.17 ± 0.82	2.63 ± 0.73	2.46 ± 0.89

Anexo 3.2. Análisis sensorial - Sabor de los tratamientos durante el almacenamiento.

TRATAMIENTO	SABOR						
	1	4	8	12	15	19	22
T1	4.17 ± 0.75	4.37 ± 0.55	4.11 ± 0.68	3.86 ± 0.60	3.46 ± 0.61	3.51 ± 0.61	3.60 ± 0.65
T2	4.09 ± 0.70	4.14 ± 0.60	4.09 ± 0.66	3.74 ± 0.61	3.43 ± 0.50	3.46 ± 0.56	3.74 ± 1.09
T3	4.11 ± 0.68	4.23 ± 0.60	4.14 ± 0.73	3.83 ± 0.71	3.51 ± 0.61	3.31 ± 0.53	3.26 ± 1.04
T4	4.34 ± 0.73	4.43 ± 0.61	4.00 ± 0.69	3.86 ± 0.69	3.37 ± 0.60	3.57 ± 0.50	3.37 ± 0.60
T5	4.23 ± 0.69	4.46 ± 0.56	4.23 ± 0.65	3.91 ± 0.66	3.63 ± 0.49	3.49 ± 0.51	3.37 ± 0.55
T6	4.11 ± 0.68	4.37 ± 0.60	4.14 ± 0.60	3.83 ± 0.66	3.49 ± 0.61	3.40 ± 0.50	3.43 ± 1.14
T7	4.09 ± 0.61	4.20 ± 0.68	4.00 ± 0.64	3.80 ± 0.68	3.40 ± 0.60	3.31 ± 0.63	3.26 ± 0.61
T8	4.37 ± 0.73	4.60 ± 0.50	4.11 ± 0.68	3.97 ± 0.66	3.51 ± 0.51	3.51 ± 0.51	3.40 ± 0.77
T9	4.00 ± 0.73	4.11 ± 0.58	3.91 ± 0.61	3.69 ± 0.68	3.20 ± 0.53	3.37 ± 0.55	3.20 ± 0.72
T10	4.00 ± 0.69	4.09 ± 0.70	3.97 ± 0.66	3.66 ± 0.59	3.29 ± 0.62	3.46 ± 0.56	3.26 ± 0.74
T11	4.09 ± 0.66	4.17 ± 0.62	3.89 ± 0.72	3.71 ± 0.57	3.31 ± 0.53	3.40 ± 0.60	3.17 ± 0.62
T12	4.09 ± 0.78	4.09 ± 0.70	3.71 ± 0.75	3.66 ± 0.73	3.34 ± 0.68	2.86 ± 0.73	2.91 ± 0.74

Anexo 3.3. Análisis sensorial - Brillantez de los tratamientos durante el almacenamiento.

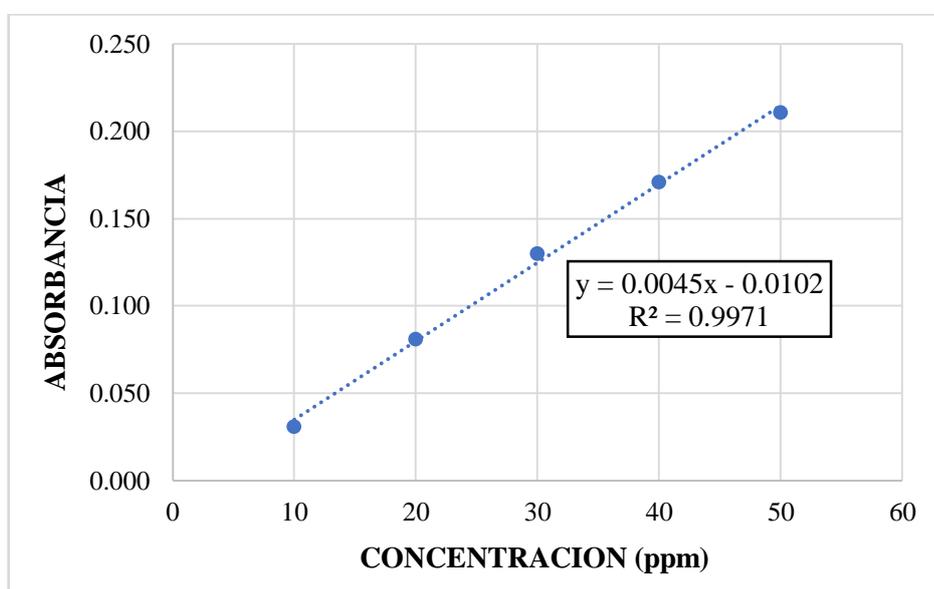
TRATAMIENTO	BRILLANTEZ						
	1	4	8	12	15	19	22
T1	2.83 ± 0.62	3.00 ± 0.69	2.86 ± 0.55	2.77 ± 0.65	2.60 ± 0.50	2.89 ± 0.63	2.83 ± 0.71
T2	2.74 ± 0.61	2.69 ± 0.68	2.94 ± 0.64	2.77 ± 0.55	2.66 ± 0.54	2.91 ± 0.56	2.97 ± 0.66
T3	3.60 ± 0.60	3.80 ± 0.68	3.60 ± 0.50	3.51 ± 0.51	3.60 ± 0.65	3.54 ± 0.66	3.51 ± 0.56
T4	3.74 ± 0.70	3.77 ± 0.69	3.89 ± 0.63	3.71 ± 0.79	3.77 ± 0.65	3.69 ± 0.58	3.60 ± 0.60
T5	3.51 ± 0.61	3.49 ± 0.51	3.29 ± 0.67	3.43 ± 0.50	3.40 ± 0.50	3.20 ± 0.58	3.06 ± 0.68
T6	3.49 ± 0.61	3.43 ± 0.56	3.54 ± 0.51	3.46 ± 0.51	3.40 ± 0.50	3.29 ± 0.57	3.03 ± 0.66
T7	2.74 ± 0.70	2.91 ± 0.51	2.80 ± 0.68	2.54 ± 0.51	2.74 ± 0.56	2.57 ± 0.50	2.40 ± 0.50
T8	3.86 ± 0.69	3.89 ± 0.40	3.69 ± 0.68	3.66 ± 0.64	3.69 ± 0.68	3.49 ± 0.66	3.37 ± 0.55
T9	3.63 ± 0.69	3.74 ± 0.51	3.63 ± 0.65	3.54 ± 0.61	3.69 ± 0.63	3.51 ± 0.56	3.43 ± 0.56
T10	3.69 ± 0.68	3.77 ± 0.55	3.77 ± 0.69	3.49 ± 0.56	3.66 ± 0.64	3.46 ± 0.56	3.40 ± 0.55
T11	3.71 ± 0.79	3.74 ± 0.66	3.60 ± 0.65	3.60 ± 0.50	3.60 ± 0.69	3.49 ± 0.61	3.37 ± 0.60
T12	2.74 ± 0.66	2.80 ± 0.68	2.63 ± 0.69	2.74 ± 0.74	2.57 ± 0.70	2.63 ± 0.65	2.43 ± 0.61

Anexo 3.4. Análisis sensorial – Aceptabilidad general de los tratamientos durante el almacenamiento.

TRATAMIENTO	ACEPTABILIDAD GENERAL						
	1	4	8	12	15	19	22
T1	4.11 ± 0.68	4.09 ± 0.70	3.63 ± 0.65	3.43 ± 0.56	3.40 ± 0.60	3.20 ± 0.68	3.14 ± 0.69
T2	3.80 ± 0.41	3.63 ± 0.49	3.60 ± 0.55	3.60 ± 0.55	3.37 ± 0.60	3.00 ± 0.73	2.97 ± 0.66
T3	4.14 ± 0.60	4.11 ± 0.68	3.77 ± 0.65	3.66 ± 0.48	3.57 ± 0.56	3.34 ± 0.64	3.26 ± 0.66
T4	3.97 ± 0.57	3.80 ± 0.58	3.57 ± 0.56	3.54 ± 0.51	3.31 ± 0.68	3.20 ± 0.72	3.09 ± 0.74
T5	4.17 ± 0.66	4.09 ± 0.70	3.80 ± 0.80	3.74 ± 0.66	3.51 ± 0.51	3.37 ± 0.60	3.20 ± 0.68
T6	4.06 ± 0.64	3.94 ± 0.64	3.77 ± 0.77	3.71 ± 0.57	3.46 ± 0.51	3.29 ± 0.71	3.14 ± 0.73
T7	3.80 ± 0.47	3.71 ± 0.62	3.54 ± 0.66	3.40 ± 0.50	3.31 ± 0.63	2.86 ± 0.69	2.80 ± 0.72
T8	4.03 ± 0.66	3.94 ± 0.73	3.71 ± 0.57	3.69 ± 0.63	3.60 ± 0.50	3.17 ± 0.75	3.11 ± 0.68
T9	3.83 ± 0.62	3.71 ± 0.67	3.63 ± 0.49	3.46 ± 0.51	3.34 ± 0.59	3.17 ± 0.79	3.09 ± 0.66
T10	3.86 ± 0.43	3.74 ± 0.56	3.63 ± 0.73	3.49 ± 0.70	3.29 ± 0.62	3.09 ± 0.66	2.97 ± 0.71
T11	3.80 ± 0.63	3.63 ± 0.73	3.54 ± 0.61	3.51 ± 0.56	3.26 ± 0.56	3.14 ± 0.77	3.00 ± 0.69
T12	3.83 ± 0.57	3.74 ± 0.51	3.49 ± 0.61	3.34 ± 0.64	3.29 ± 0.67	3.00 ± 0.69	2.89 ± 0.72

ANEXO 4: Curva de calibrado para la determinación del contenido de Vitamina C

Tubos	Concentración (ppm)	Absorbancias		
		L ₁	L ₂	L ₁ - L ₂
1	10	0.213	0.182	0.031
2	20	0.213	0.132	0.081
3	30	0.213	0.083	0.130
4	40	0.213	0.042	0.171
5	50	0.213	0.002	0.211



ANEXO 5: Determinación del contenido de antocianinas en arándanos (materia prima)

Muestra	pH = 1	pH = 4.5	pH = 1	pH = 4.5
	A Vis. Máx. (520)	A Vis. Máx. (400)	A Vis. Máx. (700)	A Vis. Máx. (700)
1	1.067	0.073	0.000	0.011
2	1.085	0.086	0.001	0.002
3	1.083	0.103	0.001	0.020

ANEXO 6: Resultados de los análisis fisicoquímicos en los arándanos recubiertos con la formulación óptima y tratamiento control durante el almacenamiento

Anexo 6.1. Pérdida de peso del tratamiento óptimo y control durante el almacenamiento.

Tratamiento	PÉRDIDA DE PESO (%)							
	0	4	8	12	15	19	22	26
T. Óptimo	0.00 ± 0.00	0.14 ± 0.08	1.42 ± 0.19	3.35 ± 0.26	4.73 ± 0.35	7.80 ± 0.35	9.18 ± 0.34	11.77 ± 0.75
Control	0.00 ± 0.00	1.55 ± 0.15	3.23 ± 0.24	5.87 ± 0.36	7.59 ± 0.42	11.76 ± 0.57	12.35 ± 0.56	14.88 ± 0.59

Anexo 6.2. Firmeza del tratamiento óptimo y control durante el almacenamiento.

Tratamiento	FIRMEZA (mJ)							
	1	4	8	12	15	19	22	26
T. Óptimo	15.65 ± 0.79	16.21 ± 0.99	15.81 ± 1.03	15.63 ± 1.10	15.56 ± 1.12	15.10 ± 1.07	14.44 ± 0.90	13.80 ± 1.06
Control	16.21 ± 0.76	16.43 ± 1.04	15.63 ± 1.08	15.20 ± 1.11	14.76 ± 1.27	14.51 ± 1.25	14.13 ± 1.17	14.03 ± 0.82

Anexo 6.3. Sólidos solubles totales del tratamiento óptimo y control durante el almacenamiento.

Tratamiento	SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES (°BRIX)							
	1	4	8	12	15	19	22	26
T. Óptimo	12.43 ± 0.06	12.60 ± 0.20	12.87 ± 0.12	13.27 ± 0.12	13.10 ± 0.10	13.30 ± 0.10	13.53 ± 0.12	13.43 ± 0.06
Control	12.53 ± 0.06	13.13 ± 0.15	13.17 ± 0.06	13.60 ± 0.10	13.70 ± 0.10	14.07 ± 0.15	13.90 ± 0.10	13.63 ± 0.06

Anexo 6.4. Acidez titulable del tratamiento óptimo y control durante el almacenamiento.

Tratamiento	ACIDEZ (% ácido cítrico)							
	1	4	8	12	15	19	22	26
T. Óptimo	1.283 ± 0.018	1.346 ± 0.020	1.366 ± 0.019	1.250 ± 0.017	1.191 ± 0.015	1.189 ± 0.014	1.120 ± 0.011	1.173 ± 0.013
Control	1.154 ± 0.012	1.293 ± 0.026	1.190 ± 0.021	1.128 ± 0.015	1.140 ± 0.014	1.070 ± 0.019	1.013 ± 0.010	1.044 ± 0.011

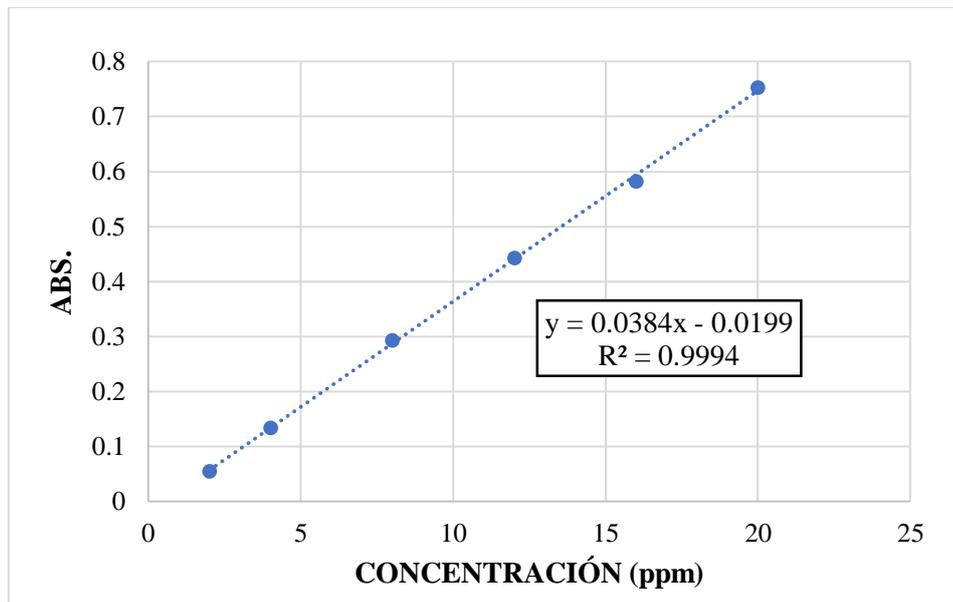
Anexo 6.5. pH del tratamiento óptimo y control durante el almacenamiento.

Tratamiento	pH							
	1	4	8	12	15	19	22	26
T. Óptimo	2.960 ± 0.023	2.945 ± 0.014	2.946 ± 0.016	2.977 ± 0.012	2.998 ± 0.015	3.013 ± 0.013	3.023 ± 0.022	3.000 ± 0.010
Control	2.985 ± 0.008	2.956 ± 0.011	2.980 ± 0.016	3.024 ± 0.017	3.029 ± 0.018	3.042 ± 0.016	3.062 ± 0.022	3.023 ± 0.014

ANEXO 7: Determinación del contenido de Polifenoles Totales del tratamiento óptimo y control durante el almacenamiento

Anexo 7.1. Curva de calibrado del contenido de polifenoles totales

Tubo	Concentración (ppm)	Absorbancia
1	2	0.0542
2	4	0.1338
3	8	0.2926
4	12	0.4430
5	16	0.5821
6	20	0.7529



Anexo 7.2. Cálculo para determinar polifenoles totales:

$$POLIFENOLES\ TOTALES\ (mg\ EAG/g) = \frac{\left(\frac{ABS. + Intercepto}{Pendiente}\right) * FD * \left(\frac{V\ ext.}{M}\right) * \left(\frac{3750}{900}\right)}{1000}$$

Donde:

ABS = Absorbancia de la muestra analizada

Intercepto = Intercepto obtenido de la curva de calibrado de PT

Pendiente = Pendiente obtenido de la curva de calibrado de PT

FD = Factor de dilución

V ext. = Volumen de extracción

M = peso de muestra

Ejemplo:

A continuación, se tiene el cálculo realizado para la muestra con recubrimiento óptimo durante el día 1 de almacenamiento (el cálculo es solo de una repetición de la muestra).

$$POLIFENOLES\ TOTALES\ \left(\frac{mg\ EAG}{100\ g}\right) = \left(\frac{\left(\frac{ABS. + Intercepto}{Pendiente}\right) * FD * \left(\frac{V\ ext.}{M}\right) * \left(\frac{3750}{900}\right)}{1000}\right) * 100$$

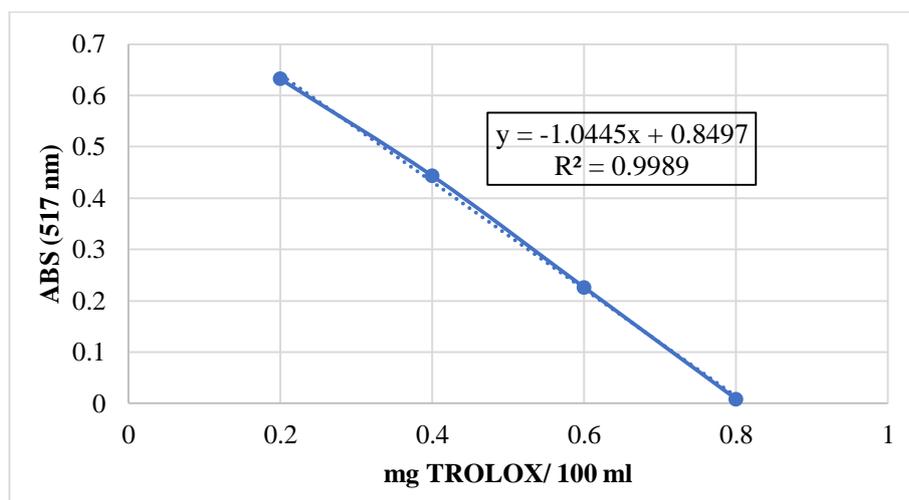
$$POLIFENOLES\ TOTALES\ \left(\frac{mg\ EAG}{100\ g}\right) = \left(\frac{\left(\frac{0.4629 + 0.0199}{0.0384}\right) * \left(\frac{20}{1}\right) * \left(\frac{25}{5}\right) * \left(\frac{3750}{900}\right)}{1000}\right) * 100$$

$$POLIFENOLES\ TOTALES\ \left(\frac{mg\ EAG}{100\ g}\right) = 523.87$$

ANEXO 8: Determinación del contenido de capacidad antioxidante del tratamiento óptimo y control durante el almacenamiento.

Anexo 8.1. Curva de calibrado de la capacidad antioxidante

(mg Trolox/100ml)	Absorbancia
0.2	0.63225
0.4	0.44336
0.6	0.22590
0.8	0.00840



Para realizar el cálculo para determinar el contenido de capacidad antioxidante, se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Actividad Antioxidante Total } (\mu\text{mol ET}/100\text{g}) = \frac{(\text{Factor Trolox}) * (\text{ABS objetivo})}{(\text{Masa objetiva}) * |\text{Pendiente Trolox}|}$$

ANEXO 9: Resultados del contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante del tratamiento óptimo y control durante el almacenamiento

Anexo 9.1. Resultados del contenido de polifenoles totales del tratamiento óptimo y control durante el almacenamiento

Tratamiento	POLIFENOLES TOTALES (mgAG/100g)							
	1	4	8	12	15	19	22	26
T. Óptimo	521.45 ±	551.00 ±	561.38 ±	538.16 ±	503.44 ±	472.95 ±	475.66 ±	470.31 ±
	6.17	6.34	9.58	10.36	5.58	14.31	8.06	9.15
Control	532.01 ±	539.24 ±	542.75 ±	495.95 ±	474.36 ±	431.24 ±	435.15 ±	422.89 ±
	12.04	13.10	8.87	6.11	8.67	7.30	12.11	13.55

Anexo 9.2. Resultados del contenido de capacidad antioxidante del tratamiento óptimo y control durante el almacenamiento

Tratamiento	CAPACIDAD ANTIOXIDANTE (µmol TE/100g)							
	1	4	8	12	15	19	22	26
T. Óptimo	2508.25 ±	2659.69 ±	2761.03 ±	2484.35 ±	2420.19 ±	2081.43 ±	2111.41 ±	2171.78 ±
	26.60	50.32	45.53	5.67	56.64	17.26	21.16	52.04
Control	2425.26 ±	2606.43 ±	2584.82 ±	2324.36 ±	2049.11 ±	1946.08 ±	1873.94 ±	1896.55 ±
	16.17	23.82	22.75	81.17	27.44	27.50	56.08	27.23

ANEXO 10: Ficha para el análisis sensorial del tratamiento óptimo y control durante el almacenamiento.

NOMBRE: _____

FECHA: / /

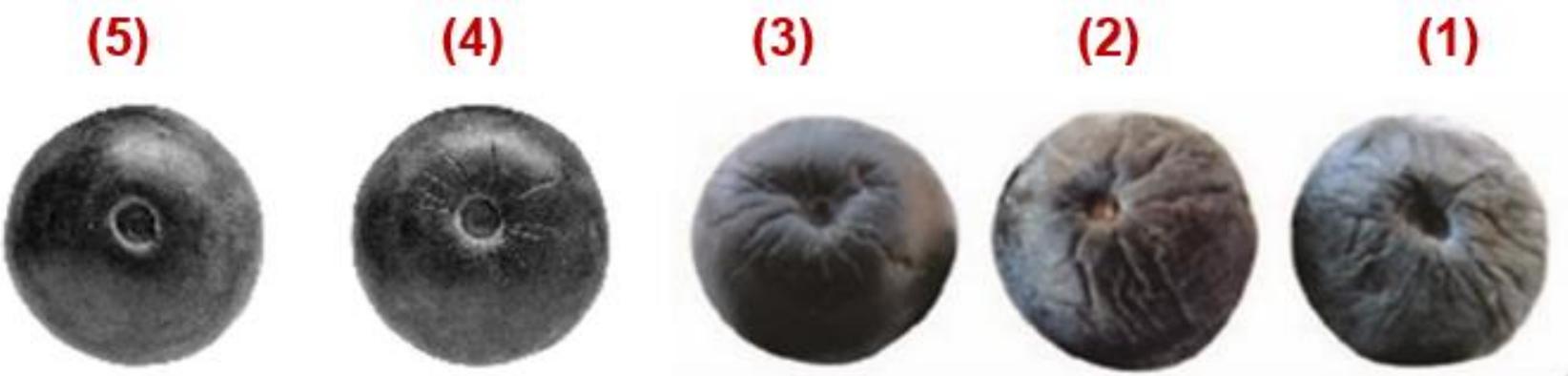
Frente a usted se presentan muestras de arándanos. Por favor, observe y asígnele a la fruta una sola puntuación para describir la característica de calidad, de acuerdo al puntaje/categoría.

PUNTAJE	CATEGORÍA				
	BRILLANTEZ	FIRMEZA	DESHIDRATAACION VISUAL	SABOR	ACEPTABILIDAD GENERAL
5	Brillante	Firme	Fruto sano	Agridulce	Me gusta mucho
4	Moderadamente brillante	Moderadamente firme	Deshidratación muy leve	Dulce y ligeramente ácido	Me gusta
3	Ligeramente brillante	Ligeramente firme	Deshidratación leve	Dulce	No me gusta ni me disgusta
2	Moderadamente opaco	Moderadamente blando	Deshidratación moderada	Insípido	Me disgusta
1	Muy opaco	Muy blando	Deshidratación severa	Fermentado/ Sabor extraño / Agrio o amargo	Me disgusta mucho
CÓDIGO	CALIFICACIÓN PARA CADA ATRIBUTO				
	BRILLANTEZ	TEXTURA	DESHIDRATAACION VISUAL	SABOR	ACEPTABILIDAD GENERAL

Comentario: _____

¡GRACIAS POR TU PARTICIPACIÓN!

La imagen a continuación es parte de la ficha para el análisis del nivel de deshidratación visual para el tratamiento óptimo y control durante el almacenamiento.



ANEXO 11: Resultados del análisis sensorial del tratamiento óptimo y control durante el almacenamiento.

Anexo 11.1. Análisis sensorial - Firmeza del tratamiento óptimo y control durante el almacenamiento.

Tratamiento	FIRMEZA							
	1	4	8	12	15	19	22	26
T. Óptimo	4.09 ± 0.56	4.20 ± 0.53	4.26 ± 0.51	4.09 ± 0.56	3.80 ± 0.58	3.51 ± 0.51	3.29 ± 0.57	2.89 ± 0.58
Control	4.20 ± 0.58	4.23 ± 0.60	3.86 ± 0.69	3.63 ± 0.69	3.34 ± 0.54	3.14 ± 0.65	2.83 ± 0.57	2.71 ± 0.57

Anexo 11.2. Análisis sensorial - Sabor del tratamiento óptimo y control durante el almacenamiento.

Tratamiento	SABOR							
	1	4	8	12	15	19	22	26
T. Óptimo	4.31 ± 0.53	4.37 ± 0.49	4.31 ± 0.58	4.17 ± 0.51	4.00 ± 0.58	3.86 ± 0.60	3.57 ± 0.56	3.20 ± 0.58
Control	4.26 ± 0.44	4.09 ± 0.51	4.03 ± 0.66	3.74 ± 0.56	3.57 ± 0.50	3.31 ± 0.53	2.97 ± 0.62	2.74 ± 0.66

Anexo 11.3. Análisis sensorial - Brillantez del tratamiento óptimo y control durante el almacenamiento.

Tratamiento	BRILLANTEZ							
	1	4	8	12	15	19	22	26
T. Óptimo	4.09 ± 0.45	4.11 ± 0.58	3.86 ± 0.49	3.89 ± 0.58	3.63 ± 0.60	3.66 ± 0.48	3.46 ± 0.56	3.40 ± 0.69
Control	2.86 ± 0.55	2.91 ± 0.51	2.77 ± 0.43	2.63 ± 0.49	2.69 ± 0.47	2.57 ± 0.50	2.49 ± 0.51	2.34 ± 0.54

Anexo 11.4. Análisis sensorial – Deshidratación visual del tratamiento óptimo y control durante el almacenamiento.

Tratamiento	DESHIDRATACIÓN VISUAL							
	1	4	8	12	15	19	22	26
T. Óptimo	4.31 ± 0.53	4.23 ± 0.60	4.06 ± 0.59	3.65 ± 0.59	3.51 ± 0.56	3.37 ± 0.65	2.91 ± 0.56	2.69 ± 0.68
Control	4.26 ± 0.56	4.09 ± 0.56	3.74 ± 0.44	3.30 ± 0.58	3.11 ± 0.68	2.91 ± 0.66	2.74 ± 0.66	2.60 ± 0.65

Anexo 11.5. Análisis sensorial – Aceptabilidad general del tratamiento óptimo y control durante el almacenamiento.

Tratamiento	ACEPTABILIDAD GENERAL							
	1	4	8	12	15	19	22	26
T. Óptimo	4.11 ± 0.58	4.09 ± 0.56	3.89 ± 0.58	3.69 ± 0.58	3.46 ± 0.56	3.14 ± 0.55	2.83 ± 0.57	2.74 ± 0.44
Control	3.86 ± 0.55	3.69 ± 0.47	3.57 ± 0.50	3.37 ± 0.49	3.03 ± 0.57	2.80 ± 0.63	2.63 ± 0.60	2.46 ± 0.66

ANEXO 12: Procedimiento para la elaboración de recubrimiento comestibles a base de pectina y quitosano



Pesar quitosano



Preparar agua destilada con ac. láctico
al 1% v/v



Diluir el quitosano



Pesar pectina



Diluir la pectina en agua destilada



Agitar las soluciones
de pectina y quitosano
en el shaker



Mezclar y añadir
glicerol y Tween 80



Mezclar en el
agitador mecánico



Envasar y
almacenar

ANEXO 13: Procedimiento para la aplicación de recubrimiento comestible a base de pectina y quitosano en arándanos.



Recepción de arándano var. Biloxi



Almacenamiento a 4°C



Selección



Lavado y Desinfección



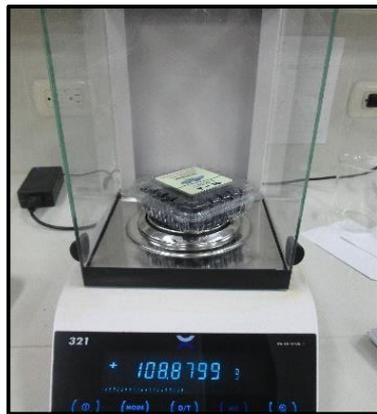
Oreado



Aplicación del Recubrimiento comestible



Oreado (secado) con ventiladores



Pesado



Almacenado a 4°C



ANEXO 14: Procedimientos de los diversos análisis realizados

Anexo 14.1. Determinación de contenido de cenizas



Incineración de las muestras de arándanos.



Colocar las muestras en la mufla.



Contenido de cenizas.

Anexo 14.2. Determinación de Pérdida de peso, sólidos solubles totales, pH y acidez titulable.



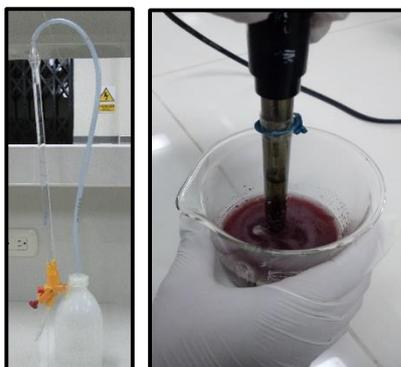
Medir la pérdida de peso



Medir el SST



Medir el pH



Medir Acidez (%) usando NaOH 0.1 N

Anexo 14.3. Determinación de la firmeza.



Anexo 14.4. Extracción de la muestra para Polifenoles totales y Capacidad antioxidante.



Triturar muestra
de arándano

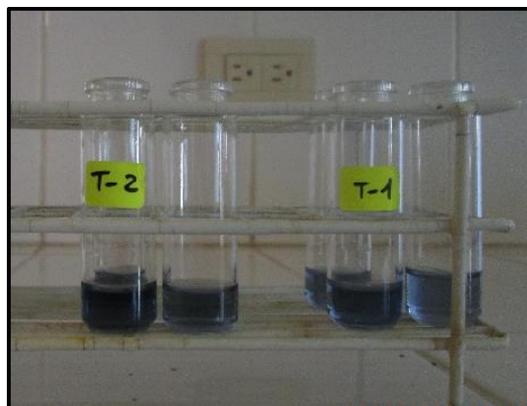


Pesar 5g de muestra
y añadir 25 ml de
metanol 80%



Centrifugar

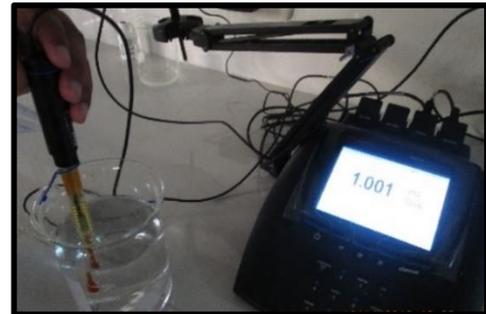
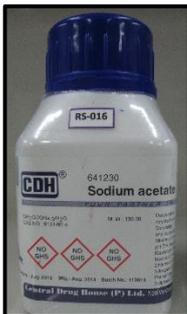
Anexo 14.5. Determinación de Polifenoles totales.



Anexo 14.6. Determinación de Capacidad antioxidante.

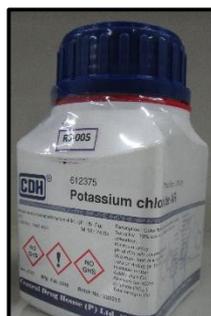


Anexo 14.7. Determinación de contenido de antocianinas



Pesar acetato de sodio.

Diluir en agua destilada y llevar el acetato de sodio a pH 1 añadiendo HCl



Pesar el cloruro de potasio.

Diluir en agua destilada y llevar el cloruro de potasio a pH 4.5 añadiendo HCl



Determinación de antocianinas en muestra de arándano

Anexo 14.8. Determinación de contenido de vitamina C



Ácido oxálico



Ácido ascórbico



2-6 Diclorofenol indofenol.



Soluciones para determinar el contenido de Vitamina C.

Anexo 14.9. Análisis sensorial de las muestras



Cabinas para la evaluación sensorial de arándanos con recubrimiento comestible.



Entregar y explicación de las fichas de evaluación y muestras de arándanos con recubrimiento comestible a los panelistas.



Evaluación sensorial de los arándanos con recubrimiento comestible.