

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE
INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



**EFFECTO DE RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES A BASE DE GEL
DE PENCA SÁBILA (*Aloe vera*) CON CERA DE ABEJA EN LA
CONSERVACION DE ARANDANOS (*Vaccinium corymbosum L.*)**

TESIS

Para optar el título profesional de:

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Presentado por la Bachiller:

VILMA VASQUEZ TANTALEAN

ASESOR:

Ing. M. Sc. Fanny Rimarachín Chávez

Cajamarca – Perú

- 2019 -



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
Norte de la Universidad Peruana
Fundada por Ley 14015 del 13 de febrero de 1962
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
Secretaría Académica



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Cajamarca, a los once días del mes de noviembre del Año dos mil diecinueve, se reunieron en el ambiente 2H – 204 de la Facultad de Ciencias Agrarias, los integrantes del Jurado designados por el Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias, según Resolución de Consejo de Facultad N° 475-2019-FCA-UNC, Fecha 20 de setiembre del 2019, con el objeto de Evaluar la sustentación de la Tesis titulada: “**EFFECTO DE RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES A BASE DE GEL DE PENCA SÁBILA (*Aloe vera*) CON CERA DE ABEJA EN LA CONSERVACIÓN DE ARANDANOS (*Vaccinium corymbosum L.*)**”, para optar el Título Profesional de **INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**, de la Bachiller: **VILMA VÁSQUEZ TANTALEÁN**.

A las ocho horas y diecisiete minutos y de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento respectivo, el Presidente del Jurado dio por iniciado el acto. Después de la exposición del trabajo de Tesis, la formulación de preguntas y de la deliberación del Jurado, el Presidente anunció la aprobación por unanimidad con el calificativo de dieciséis (16)

Por lo tanto, la graduanda queda expedita para que se le expida el **Título Profesional** correspondiente.

A las nueve horas y cincuenta minutos, el Presidente del Jurado dio por concluido el acto.

Cajamarca, 11 de noviembre de 2019.



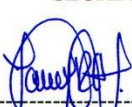
Dr. Segundo Berardo Escalante Zumaeta
PRESIDENTE



Ing. M.Sc. José Gerardo Salhuana Granados
SECRETARIO



Ing. Oscar Rogelio Sáenz Narro
VOCAL



Ing. M. Sc. Fanny Rimarachín Chávez
ASESOR

DEDICATORIA

Dedico esta tesis A mis padres Lucio y Brígida quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación. Con amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, por ser el pilar principal de este logro. Gracias a su apoyo incondicional, palabras de aliento para culminar esta etapa de mi formación profesional.

A mis hermanos por estar siempre presentes, acompañándome y por el apoyo moral, que me brindan a lo largo de esta etapa de nuestras vidas.

A mis amigos en especial a Rosa García, por apoyarme cuando más los necesito, por extender su mano en momentos difíciles y por el amor brindado cada día, de verdad mil gracias, siempre los llevo en mi corazón. Sigamos cosechando y compartiendo éxitos en nuestras vidas.

A todas aquellas personas que contribuyeron con su motivación y apoyo para culminar esta etapa de mi formación profesional

AGRADECIMIENTO

A Dios porque ha estado conmigo a cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza en aquellos momentos de dificultad.

A mis padres Lucio y Brígida, por ser los principales promotores de mis sueños, por confiar y creer en mis expectativas, por los consejos, valores y principios que me han inculcado. Gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que hoy soy, son los mejores padres.

Mi profundo agradecimiento A mi asesor de tesis: **Ing. Fanny Rimarachín Chávez** por haberme guiado, no solo en la elaboración de este trabajo de titulación, sino a lo largo de mi carrera universitaria y haberme brindado el apoyo para desarrollarme profesionalmente y seguir cultivando mis valores.

Al Ing. Max Sangay Terrones, por su apoyo incondicional para la realización de mi tesis.

No puedo dejar de agradecerte especialmente a ti Rosa García, mi compañera y amiga de Universidad, de tesis y ahora de corazón y vida.

A todos los docentes de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias por sus valiosas enseñanzas, conocimientos impartidos y experiencias compartidas en aulas.

A la Universidad Nacional de Cajamarca por ser la sede de todo el conocimiento adquirido en estos años.

Finalmente doy gracias a la vida por este nuevo triunfo, gracias a todas las personas que me apoyaron y creyeron en la realización de esta tesis.

¡Muchas gracias a todos!

INDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

INDICE GENERAL

INDICE DE TABLAS

INDICE DE FIGURAS

RESUMEN.....	14
ABSTRACT.....	15
.....	16
CAPITULO I	
INTRODUCCIÓN.....	16
1.1. Problema de investigación.....	17
1.1.1. Planteamiento del problema.....	18
1.2. Objetivos de la investigación.....	19
1.3. Hipótesis de la investigación.....	19
CAPITULO II	
.....	20
REVISIÓN DE LITERATURA.....	20
2.1. Antecedentes de la Investigación.....	20
2.2. Bases teóricas.....	23
2.2.1. Descripción del arándano.....	23
2.2.2. Variedades de arándano.....	25
2.2.3. Tipos de arándanos.....	26
2.2.3.1. Arándano negro/ arándano ujiginoso (<i>Vaccinium liginosum</i>).....	26
2.2.3.2. Arándano Azul (<i>Vaccinium corymbosum</i>).....	27
2.2.3.3. Arándano Rojo (<i>Vaccinium vitis - idea</i>).....	27
2.2.4. Calidad de fruto.....	27

2.2.4.1.	Índices de calidad y manejo postcosecha	28
2.2.4.2.	Características fisiológicas del fruto.....	29
2.2.4.3.	Fisiología de la maduración y deterioro del arándano	29
2.2.5.	Propiedades y aspectos nutricionales del fruto	31
2.2.6.	Características fisicoquímicas del arándano	32
2.2.6.1.	Relación sólidos solubles/acidez titulable	32
2.2.6.2.	Sólidos solubles.....	33
2.2.6.3.	Acidez titulable	33
2.2.6.4.	Antioxidantes en arándanos	34
2.2.6.5.	Compuestos fenólicos	34
2.2.7.	Producción del arándano	35
2.2.7.1.	Problemas del arándano en postcosecha.....	35
2.2.8.	Manejo del arándano en postcosecha.....	36
2.2.8.1.	Manejo de temperatura y humedad relativa	36
2.2.8.2.	Tratamientos a temperaturas controladas.....	36
2.2.8.3.	Uso de atmósferas controladas y modificadas	37
2.2.9.	La penca sábila (<i>Aloe vera</i>)	39
2.2.9.1.	Propiedades nutricionales.....	39
2.2.9.2.	Sábila como recubrimiento comestible.....	40
2.2.9.3.	Usos	40
2.2.9.4.	Beneficios	41
a)	Estimulante del crecimiento de los tejidos	41
b)	Regenerador Celular	41
c)	Antioxidante	41
d)	Propiedades antimicrobianas	42

2.2.10.	La cera de abeja.....	42
2.2.10.1.	Composición.....	42
2.2.11.	Recubrimientos comestibles.....	43
2.2.11.1.	Tipos de recubrimientos comestibles.....	44
1)	Hidrocoloides	44
A.	Polisacáridos.....	45
B.	Proteínas.....	45
2)	Lípidos.....	46
A.	Ceras y parafina.....	46
3)	Recubrimientos comestibles compuestos.....	46
2.2.11.2.	Principales propiedades de los recubrimientos comestibles.....	47
1.	Propiedades de barrera.....	47
2.	Propiedades mecánicas	48
3.	Propiedades físicas	48
4.	Propiedades de solubilidad	49
5.	Propiedades de espesor.....	49
6.	Transporte de aditivos	49
7.	Permeabilidad	49
CAPITULO III		
2.3.	Definición de términos.....	50
	53
	MATERIALES Y MÉTODOS.....	53
3.1.	Ubicación geográfica del trabajo de investigación.....	53
3.2.	Materiales e insumos	53
3.2.1.	Material biológico.....	53
3.2.2.	Materiales y equipos para el procesamiento	53

3.2.3.	Equipos y materiales para la evaluación sensorial	54
3.2.4.	Equipos y materiales de gabinete	54
3.2.5.	Otros materiales.....	54
3.3.	Metodología	55
3.3.1.	Operacionalización	55
3.3.2.	Diseño experimental	55
3.3.3.	Obtención y aplicación del gel de penca sábila (<i>Aloe vera</i>) como recubrimiento comestible	56
3.3.4.	Aplicación de recubrimientos comestibles	60
3.3.5.	Evaluación de atributos.....	64
3.3.5.1.	Análisis fisicoquímicos	64
3.3.5.2.	Evaluación sensorial	65
3.3.5.3.	Análisis microbiológico	65
3.3.5.4.	Tipo de diseño	65
3.3.5.5.	Análisis estadístico.....	66
CAPITULO IV	67
	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	67
4.1	Análisis fisicoquímico	68
4.1.1	Análisis de varianza (ANOVA) para los grados °Brix de las muestras de los arándanos con recubrimientos elaborados a base de gel de penca sábila con cera de abeja (Tratamientos).	68
4.1.2	Análisis de varianza (ANOVA) para el pH de las muestras de los arándanos con recubrimientos elaborados a base de gel de penca sábila con cera de abeja (Tratamientos).	70
4.1.3	Análisis de varianza (ANOVA) para la acidez titulable de las muestras de los arándanos con recubrimientos elaborados a base de gel de penca sábila con cera de abeja (Tratamientos).	72

4.1.4	Análisis de varianza (ANOVA) para la pérdida de peso (%pp) de las muestras de los arándanos con recubrimientos elaborados a base de gel de penca sábila con cera de abeja (Tratamientos).....	75
4.2	Evaluación sensorial	79
4.2.1	Análisis de varianza (ANOVA) para el color de las muestras de los arándanos con recubrimientos elaborados a base de gel de penca sábila con cera de abeja (Tratamientos).	79
4.2.2	Análisis de varianza (ANOVA) para el olor de las muestras de los arándanos con recubrimientos elaborados a base de gel de penca sábila con cera de abeja (Tratamientos).	81
4.2.3	Análisis de varianza (ANOVA) para la textura de las muestras de los arándanos con recubrimientos elaborados a base de gel de penca sábila con cera de abeja (Tratamientos).	83
4.2.4	Análisis de varianza (ANOVA) para el sabor de las muestras de los arándanos con recubrimientos elaborados a base de gel de penca sábila con cera de abeja (Tratamientos).	85
4.3	Análisis microbiológico	87
CAPITULO V	89
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	89
5.1	CONCLUSIONES	89
5.2	RECOMENDACIONES	90
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91
	ANEXOS.....	101
5.	Panel fotográfico	106

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición nutricional del arándano.	31
Tabla 2. Operacionalización de variables	55
Tabla 3. Factores, niveles y tratamientos en estudio.	56
Tabla 4. Tratamientos aplicados en el desarrollo de la investigación.	57
Tabla 5. Análisis de varianza (ANOVA) para los grados °Brix de las muestras de arándano recubierto con recubrimientos elaborados a base de sábila con cera de abeja (Tratamientos).	68
Tabla 6. Análisis de varianza (ANOVA) para el pH de las muestras de los arándanos con recubrimientos elaborados a base de gel de penca sábila con cera de abeja (Tratamientos).	70
Tabla 7. Análisis de varianza (ANOVA) para la acidez titulable (% ácido cítrico) de las muestras de los arándanos con recubrimientos elaborados a base de gel de penca sábila con cera de abeja (Tratamientos).	73
Tabla 8. Prueba de significación de tukey al 5 % de probabilidad para el efecto de la interacción en la acidez titulable (% ácido cítrico).	74
Tabla 9. Análisis de varianza (ANOVA) para el % porcentaje de pérdida de peso (%pp) de las muestras de los arándanos con recubrimientos elaborados a base de gel de penca sábila con cera de abeja (Tratamientos).	76
Tabla 10. Prueba de significación de Tukey al 5% de probabilidad del % porcentaje de pérdida de peso (%pp) de las muestras de los arándanos con recubrimientos elaborados a base de gel de penca sábila con cera de abeja (Tratamientos).	77
Tabla 11. Análisis de varianza (ANOVA) para el color de los arándanos con recubrimientos elaborados a base de gel de penca sábila con cera de abeja (Tratamientos).	79
Tabla 12. Prueba de significación de Tukey al 5% de probabilidad, para el color de los arándanos con recubrimientos elaborados a base de gel de penca sábila con cera de abeja (Tratamientos).	80
Tabla 13. Análisis de varianza (ANOVA) para el olor de los arándanos con recubrimientos elaborados a base de gel de penca sábila con cera de abeja (Tratamientos).	81

Tabla 14. Prueba de significación de Tukey al 5% de probabilidad, para el olor de los arándanos con recubrimientos elaboradas a base de gel de penca sábila con cera de abeja (Tratamientos).....	82
Tabla 15. Análisis de varianza (ANOVA) para para la textura de los arándanos con recubrimientos elaborados a base de gel de penca sábila con cera de abeja (Tratamientos).....	83
Tabla 16. Prueba de significación de Tukey al 5% de probabilidad, para la textura de los arándanos con recubrimientos elaborados a base de gel de penca sábila con cera de abeja (Tratamientos).....	84
Tabla 17. Análisis de varianza (ANOVA) para el sabor de los arándanos con recubrimientos elaborados a base de gel de penca sábila con cera de abeja (Tratamientos).....	85
Tabla 18. Prueba de significación de Tukey al 5% de probabilidad, para el sabor de los arándanos con recubrimientos elaborados a base de gel de penca sábila con cera de abeja (Tratamientos).....	86
Tabla 19. Resumen de datos de evaluación sensorial (color y olor).	101
Tabla 20. Resumen de datos de evaluación sensorial (textura y sabor).	102

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Frutos de Arándano "Blueberry" (<i>Vaccinium corymbosum</i> L.) variedad azul.	24
Figura 2. Diagrama de flujo para la obtención de recubrimiento comestible.	59
Figura 3. Diagrama de flujo para el recubrimiento del arándano.....	63
Figura 4. °Brix obtenidos con cada tratamiento (Recubrimientos a base de gel de penca sábila con cera de abeja).....	69
Figura 5. pH obtenidos con cada tratamiento (Recubrimientos a base de gel de Sábila con cera de abeja).....	71
Figura 6. Comportamiento de la acidez titulable en relación a las concentraciones de la sábila y cera de abeja.....	75
Figura 7. Comportamiento del % porcentaje de pérdida de peso (%pp) en relación a las concentraciones de gel de penca sábila con cera de abeja.	78
Figura 8. Puntaje obtenido para el color de los arándanos con recubrimientos elaborados a base de gel de penca sábila con cera de abeja (Tratamientos).	80
Figura 9. Puntaje obtenido para el olor de los arándanos con recubrimientos elaborados a base de gel de penca sábila con cera de abeja (Tratamientos).	82
Figura 10. Puntaje obtenido para la textura de los arándanos con recubrimientos elaborados a base de gel de penca sábila con cera de abeja (Tratamientos).	84
Figura 11. Puntaje obtenido para el sabor de los arándanos con recubrimientos elaborados a base de gel de penca sábila con cera de abeja (Tratamientos).	86
Figura 12. Puntaje obtenido para la evaluación sensorial de los arándanos con recubrimientos elaborados a base de gel de penca sábila con cera de abeja (Tratamientos).....	103
Figura 13. Resultado microbiológicos.....	104
Figura 14. Criterios microbiológicos para frutas y hortalizas frescas y semiprocesadas.....	105
Figura 15. Plantaciones de arándanos caserío aliso colorado.....	106
Figura 16. Frutos de arándanos caserío aliso colorado	106
Figura 17. Selección y clasificación de los arándanos.....	106
Figura 18. Lavado y desinfección de los arándanos.....	106

Figura 19. Secado de los arándanos.....	106
Figura 20. Lavado y desinfección del Aloe vera	106
Figura 21. Formulación y licuado del recubrimiento comestible.....	107
Figura 22. Cera abeja refinada	107
Figura 23. Mezclado y calentamiento del recubrimiento comestible	107
Figura 24. Enfriamiento del recubrimiento del comestible.....	107
Figura 25. Inmersión de los arándanos en los recubrimientos comestibles	107
Figura 26. Escurrido de los arándanos.....	107
Figura 27. Secado de los arándanos recubiertos con los diferentes tratamientos	108
Figura 28. Envasado de los arándanos recubiertos.....	108
Figura 29. Pesado y envasado de los arándanos recubiertos	108
Figura 30. Envasado de los arándanos recubierto.....	108
Figura 31. Almacenamiento.....	108
Figura 32. Medición del ° Brix.....	108
Figura 33. Medición del pH.....	109
Figura 34. Medición de acidez titulable (%ácido cítrico)	109
Figura 35. Muestras tituladas	109
Figura 36. Medición del peso	109
Figura 37. Cabinas para la evaluación sensorial	109
Figura 38. Muestras para la evaluación sensorial.....	109
Figura 39. Panelista	110
Figura 40. Panelista 2	110

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo general Determinar el efecto de recubrimientos comestibles a base de gel de penca sábila (*Aloe vera*) con cera de abeja en la conservación de arándanos (*Vaccinium corymbosum* L.). El estudio se realizó en el laboratorio de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de Cajamarca. Se elaboraron nueve recubrimientos a base de sábila en concentración de 0, 25 y 50 % más cera de abeja en concentraciones de 0, 1 y 2 %. Se utilizó el diseño completamente al azar (DCA), con arreglo factorial 3X3 y tres repeticiones, el análisis de los datos se realizó mediante el ANOVA y la prueba de Tukey al 0.05. Según los resultados, los sólidos solubles (°Brix) y pH, no fueron afectados por los recubrimientos, para la acidez titulable el mejor resultado fue 0.58 % y se encontró con el tratamiento T6 (25 % de gel de sábila y 1 % de cera de abeja), mientras que, para la pérdida de peso el mejor tratamiento fue T8 (50 % de gel de sábila con 1 % de cera de abeja), con el cual se obtuvo 12.07 % de pérdida durante 13 días a temperatura ambiente. El análisis sensorial determinó que el mejor tratamiento es T8 (50 % de gel de sábila con 1 % de cera de abeja), el cual obtuvo el puntaje más alto en todos los atributos evaluados.

Palabras claves: Arándanos, gel de sábila, cera de abeja, recubrimientos, conservación.

ABSTRACT

The present research had as a general objective to determine the effect of edible coatings based on aloe gel (Aloe Vera) with beeswax on the conservation of blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.). The study was carried out in the Food Industry Engineering Laboratory of the National University of Cajamarca. Nine Aloe Vera-based coatings were developed in concentrations of 0, 25 and 50 % plus beeswax in concentrations of 0, 1 and 2 %. For the installation of the experiment, design was the completely at random with factorial arrangement of 3x3, the analysis of the data was carried out by means of the ANOVA and the test of Tukey to 0.05. According to the results, the soluble solids (°Brix) and pH, were not affected by the coatings, for the titratable acidity the best result was 0.58 % and was found with the T6 treatment (25 % of aloe vera gel and 1 % of beeswax), while for weight loss the best treatment was T8 (50 % of aloe vera gel with 1 % of beeswax), with which 12.07 % of loss was obtained. during 13 days at room temperature. The sensory analysis determined that the best treatment is T8 (50 % of aloe vera gel with 1 % of beeswax), which obtained the highest score in all the evaluated attributes.

Keywords: blueberries, aloe gel, bee wax, coatings, conservation.

INTRODUCCIÓN

El arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) es una baya originaria de América del Norte, donde crece en forma silvestre, también se encuentra en el norte de Europa, Asia y América (Bañados 2009). Los frutos de esta especie tienen características físicas atractivas (antocianinas) y propiedades nutricionales, tales como antioxidantes, proteínas, minerales, vitaminas, entre otros. Sus beneficios para la salud han generado el mayor interés en estas frutas, por lo que es un producto muy atractivo para la industria de exportación (Benavides 2012).

Las frutas en su poscosecha continúan madurando y los procesos metabólicos siguen activos, lo que provoca un fuerte aumento de la tasa de respiración y la producción de etileno, lo que causa senescencia, enrojecimiento enzimático, pérdida de textura, pérdida de agua, mayor susceptibilidad al deterioro microbiano y la producción de olores y sabores indeseables (Olivas y Barbosa-Cánovas 2005).

La naturaleza altamente perecedera de estas frutas, en relación con el mal manejo posterior a la cosecha y el uso inapropiado de las tecnologías de acondicionamiento y almacenamiento, provoca pérdida de calidad durante su comercialización y distribución en los mercados. Como alternativa a la preservación de las propiedades de estas frutas están los recubrimientos comestibles, que consisten en una capa delgada formada en la superficie como una cubierta protectora (Del Valle *et al.* 2005).

Embuscado (2009) indica que, los recubrimientos están destinados a prolongar la vida útil del producto, se pueden consumir con la fruta o sin necesidad de retirarlos. Estos recubrimientos comestibles están hechos de una amplia variedad de proteínas, polisacáridos y lípidos como componentes únicos o combinados (Kester y Fennema 1986). También pueden ser elaborados con materiales biodegradables como almidones, ceras, gel, entre otras (García 2008).

El gel de penca sábila (*Aloe barbadensis* Miller), es una opción para recubrimientos comestibles, este gel está formado por el 99.5 % de agua y 0.5 % de materia sólida

que contiene una serie de compuestos, como vitaminas hidrosolubles y liposolubles, minerales, enzimas, polisacáridos, compuestos fenólicos y ácidos orgánicos, que permiten que actúe como un recubrimiento comestible al igual que la cera de abeja, quien posee propiedades como, hidrofobicidad, excelente resistente a la humedad, entre otros (Zhanga *et al.* 2014).

Teniendo en consideración las características del *Aloe vera* y la cera de abeja, que son productos naturales y pueden utilizarse como películas protectoras y recubrimientos comestibles en frutas, se planteó en esta investigación el objetivo de Determinar el efecto de recubrimientos comestibles a base de gel de penca sábila (*aloe vera*) con cera de abeja en la conservación de arándanos (*Vaccinium corymbosum* L.).

1.1. Problema de investigación

Según Atencia (2015), en la actualidad una de las frutas frescas que ha aumentado su demanda y consumo, es el arándano, por ser muy beneficioso para la salud. Su fruto es una baya esférica, para su comercio debe cumplir con ciertos atributos de calidad como: color, estado de la epidermis, tamaño y adecuada firmeza (Rubio 2013).

Los frutos del arándano son climatéricos, es decir, que siguen madurando después de la cosecha (Bourtoom 2008). Esto ocurre debido a que los tejidos de esta fruta están sujetos a continuos cambios después de la cosecha, ya sea a causas mecánicas, desordenes fisiológicos, ataque de insectos o microorganismos y al desconocimiento del uso de tratamientos postcosecha para su conservación (Atencia 2015).

Como alternativa a estos cambios, se usa un método de conservación tradicional, denominado recubrimientos comestibles (RC), debido a que proporcionan un reemplazo o fortificación de las capas naturales para prevenir la pérdida de humedad, mejora el brillo y textura de la corteza entre otros. Usando estos

recubrimientos se reduce la velocidad de deterioro de los frutos durante su almacenamiento (Bourtoom 2008).

Moncayo *et al.* (2016) reportan que la adición de ceras y lípidos mejoran las propiedades de barrera de películas elaboradas con proteínas. Una de las funciones de estas películas comestibles, es lograr la prolongación de la vida útil por la disminución de pérdida de peso, preservación de color, aroma, sabor y valor nutricional de los alimentos.

Martínez *et al.* (2003) y Cuatin y López (2015) indican que, la aplicación de *Aloe vera* y de cera de abeja como recubrimiento comestible en cereza dulce y en uchuva, brindan resultados bastante satisfactorios en relación a la conservación de las características sensoriales, el control de la actividad respiratoria, la pérdida de humedad.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, y sabiendo que en nuestra región existen muy pocas investigaciones acerca de la aplicación de los recubrimientos comestibles (RC) en frutos frescos, en este estudio se propuso el uso del gel de *Aloe vera* en combinación con la cera de abeja como recubrimiento comestible en arándanos como alternativa que contribuya a la conservación del fruto por un tiempo mayor, sabiendo que es una opción económica, además no se requiere de alta tecnología y mantienen inocuidad de los frutos. Por lo que en este trabajo se propuso el siguiente objetivo general: determinar el efecto de recubrimientos comestibles a base de gel de penca sábila (*Aloe vera*) con cera de abeja en la conservación de arándanos (*Vaccinium corymbosum* L.).

1.1.1. Planteamiento del problema

¿Cuál es el efecto de recubrimientos comestibles a base de gel de penca sábila (*Aloe vera*) con cera de abeja en la conservación de arándanos (*Vaccinium corymbosum* L.)?

1.2. Objetivos de la investigación

Objetivo General

Determinar el efecto de recubrimientos comestibles a base de gel de penca sábila (*Aloe vera*) con cera de abeja en la conservación de arándanos (*Vaccinium corymbosum* L.).

Objetivos Específicos

Determinar el efecto de recubrimientos comestibles a base de gel de penca sábila (*Aloe vera*) con cera de abeja en tres concentraciones diferentes, en las características fisicoquímica de los arándanos (*Vaccinium corymbosum* L.).

Determinar el efecto de recubrimientos comestibles a base de gel de penca sábila (*Aloe vera*) con cera de abeja en tres concentraciones diferentes, en la calidad sensorial de los arándanos (*Vaccinium corymbosum* L.).

Realizar un análisis microbiológico a la muestra que obtenga mayor aceptabilidad.

1.3. Hipótesis de la investigación

La aplicación de recubrimientos comestibles elaborados a base de gel de penca sábila (*Aloe vera*) con cera de abeja, conservan las características fisicoquímicas y organolépticas aceptables de los arándanos (*Vaccinium corymbosum* L.).

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes de la Investigación

Ramírez (2012) evaluó la aplicación de un recubrimiento comestible (RC) a base de un gel mucilaginoso de penca sábila (*Aloe Barbadensis* Miller) sobre la mora de Castilla para aumentar la vida útil en almacenamiento a temperatura de refrigeración, analizando su comportamiento físico químico, fisiológico, microbiológico y sensorial durante el período de almacenamiento. El gel mucilaginoso lo extrajo de las hojas de penca sábila y fue diluido al 50 % en agua destilada, agregó cera carnauba como fase oleosa, luego aplicó a los frutos por inmersión, luego fueron secados (a temperatura ambiente) y almacenados en refrigeración durante 10 días. Obteniendo como resultado que los frutos con RC mostraron una menor pérdida de peso (33 % menos) y tasa de respiración (47 % menos), y una disminución de los sólidos totales solubles (50 % menos), el pH (50 % menos) y la acidez titulable (50 % menos), conservando mejor estas propiedades a partir del día 3 hasta el día 10, en comparación de los frutos analizados como tratamientos de control (testigos).

Cano y Corales (2014) estudió el efecto de los recubrimientos comestibles a partir de gel de *Aloe vera* (AV) + Glicerol + CMC y gel de *Aloe vera* + Glicerol + Lecitina de soya, en fresas almacenadas y conservadas en refrigeración (5 ± 5 °C) durante 10 días. Utilizó un diseño multifactorial categórico de 2x4; dos niveles (2 y 5 % de glicerol) y cuatro factores (0.25 % CMC, 0.75 CMC, 1.5 % de Lecitina de Soya y 2% de lecitina de soya) formando 8 tratamientos con dos repeticiones. El cual evaluó el efecto sobre la acidez titulable, pérdida de peso, azúcares reductores, vitamina C, tasa de respiración, pH, °Brix, textura y color (luminosidad) en las fresas recubiertas. Donde obtuvo como resultado que, el mejor tratamiento fue el T8, debido a que logró minimizar la pérdida de peso en un 1.64%, acidez en un 0.06 %, vitamina C en un 0.97%, tasa de respiración en un 50% de m^3 de $\text{CO}_2/\text{Kg.h}$, textura en un 8.23 MJ, luminosidad en un 2.333 y azúcares reductores en un 48.68 % en la fresa.

López *et al.* (2015), en su investigación desarrolló y optimizó un recubrimiento comestible a base de concentrado de proteínas de lacto suero y cera de abeja. Utilizó la metodología de superficie de respuesta en un diseño experimental 3^2 , la formulación óptima fue con una concentración de 15 % de cera de abeja y 10 % de proteína de suero, esta reduce en un 35,49 % la pérdida de peso del fruto con respecto a la pérdida de peso de tratamientos testigo. El tratamiento optimo se caracterizó y evaluó sobre las propiedades fisicoquímicas de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en dos condiciones de almacenamiento: ambiente (17 ± 2 °C y HR: 69 %) y refrigeración (4 ± 2 °C y HR: 66 %). Los resultados para el día 15 de evaluación indicaron una disminución en el porcentaje de pérdida de peso, en almacenamiento ambiente y refrigeración (36.20 % y 41.50 % respectivamente). Los tratamientos testigo disminuyeron la acidez, en almacenamiento ambiente y refrigeración en un 3.88 % y 4.92 % respectivamente con respecto a tratamientos con recubrimiento.

Atencia (2015) evaluó tres formulaciones de penca sábila (*Aloe vera*) como recubrimiento comestible de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) conservados a temperatura ambiente (17 ± 2 °C) y en refrigeración (4 °C). En el cual se evaluaron variables físico químicas como: IM (Índice de madurez), % pp (porcentaje de pérdida de peso), ° Brix (Sólidos solubles), acidez (% de ácido cítrico) y pH, los días 0, 5, 9, 12 y 15). Luego de un análisis microbiológico, sensorial y estadístico (a los 15 días). Obtuvo como mejor resultado al tratamiento con 30 % de *Aloe vera* (T2) cuyos valores fueron: 27.05 °Brix /ácido cítrico (IM), 3.6 % (% pp), sólidos solubles de 13.8 ° Brix, acidez 0.50 % (ácido cítrico) y un pH de 3.55 con respecto al testigo (T0) con valores: 31.77 °Brix/ácido cítrico (IM), 4.4 % (% pp), sólidos solubles de 14.3 ° Brix, acidez 0.45 % (ácido cítrico) y un pH de 3.70.

Palomino (2016), realizó una investigación donde evaluó el gel de sábila (*Aloe vera*) como recubrimiento comestible y su aplicación en la conservación de carambola (*Averrhoa carambola* L.) entera y mínimamente procesada. En el cual optimizó las condiciones de almacenamiento de la carambola entera utilizando un diseño de superficie de respuesta con ajuste central compuesto por cuatro puntos axiales y

centrales para evaluar la rotación del sistema. Para el almacenamiento las muestras fueron tratadas con recubrimientos de 0%, 35%, 45% y 55% de sábila y conservadas a 5 °C, 10 °C y 15 °C. Obteniendo como condiciones óptimas de 5 °C y 36.74 % de sábila en el recubrimiento, con las siguientes características índice de daños (0.57), de pérdida de peso (53.74 %), desarrollo ligero de manchas, ligero pardeamiento, 90.8 °Hue tonalidad amarilla, firmeza de 4.64 Kg/cm², con una concentración de 4.99 °Brix, acidez 0.00159 expresado en ácido cítrico y pH 2.19.

Villegas (2016) en su trabajo de investigación, cuyo objetivo fue aplicar un recubrimiento a base de hidroxipropil metilcelulosa con la inclusión de cera de abejas en mora de castilla y evaluar su efecto en la conservación de esta fruta. Trabajó con un diseño multifactorial categórico y el análisis estadístico utilizado fue el LSD de Fisher con un nivel de confianza del 95%; determinándose propiedades fisiológicas tales como respiración y pérdida de peso, propiedades fisicoquímicas como pH, acidez titulable, sólidos solubles totales e índice de maduración durante un periodo de 15 días a una temperatura de 4°C. Los resultados indicaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos evaluados a partir del tercer día de almacenamiento tanto para los parámetros fisicoquímicos como fisiológicos. La acidez titulable tuvo un decrecimiento marcado en el tratamiento control (T5) con respecto a los tratamientos donde se aplicó los recubrimientos (T1, T2, T3, T4) donde el descenso de la acidez fue menor. Por otro lado, la pérdida de peso, los sólidos solubles totales, el pH, el índice de maduración y el índice de respiración incrementaron a medida que el tiempo de almacenamiento transcurrió, indicando que las moras tratadas con los recubrimientos tuvieron un incremento menor con respecto a las moras sin recubrimiento. En general, la aplicación de un recubrimiento comestible a base de hidroxipropil metilcelulosa y cera de abejas logró aumentar la vida útil de la mora de castilla.

Molocho y Orbegozo (2017) determinaron el efecto de un recubrimiento a base de sábila (*Aloe vera*) y aceite esencial de canela (*Cinnamomum verum*) en el tiempo de vida útil del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) roma. Donde utilizó la

metodología superficie respuesta (MRS) con el diseño estadístico D- optimal. Para la formulación del recubrimiento se trabajó con proporciones de 50 – 75% de *Aloe vera*, 50 – 25% Glicerol y 0.03 – 0.06 de aceite esencial de canela. Las muestras fueron almacenadas a 23 °C con humedad relativa de 48 a 55 % y analizadas durante 12 días. Donde obtuvo como resultado que las concentraciones optimas de *Aloe vera*, glicerol, aceite esencial de canela fueron 59.44%, 40.56% y 0.03% respectivamente, además registró una tasa de respiración máxima de 14.62 mg.CO₂/kg.hr y 10.38 % pérdida de peso; y respecto a las características fisicoquímicas un comportamiento semejante, 0.44% acidez y un pH entre 4.43 – 4.49. Estos resultados lograron extender el tiempo de vida útil del tomate roma afecto del recubrimiento es estudio de hasta 12 días, en comparación a los 6 días del tratamiento control (testigo).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Descripción del arándano

El arándano o “blueberry” es un frutal menor perteneciente al género *Vaccinium*, de la familia Ericaceae. Es nativo de Norteamérica y fue introducido en Chile a principios de la década de los ochenta. El fruto del arándano es una baya casi esférica de 7 a 15mm. De color azul claro a oscuro; que contiene pequeñas semillas y presenta un sabor agridulce muy característico (Vilches 2005).

Existen distintas especies de arándanos. La mayor extensión cubierta por este frutal corresponde al arándano de arbusto bajo, que crece de forma silvestre en regiones de Norteamérica, de donde es originario, ocupando zonas frías y con suelos ácidos (Castillo 2008).

Desde un punto de vista botánico, podemos decir que este arbusto se caracteriza por:

- Tener un sistema radicular de aspecto fibroso y superficial. En condiciones naturales, sus raíces están asociadas con hongos

micorrizas específicos, con los cuales mantiene una relación de mutuo beneficio (simbiótica). Entre las raíces y la parte aérea se encuentra la corona, que tiene la capacidad de emitir brotes. La altura alcanzada por esta planta oscila entre los 0.5 hasta los 2.5 m, dependiendo de la raíz (Castillo 2008).

- Las hojas son simples, de forma ovalada a lanceolada y caducas, adquiriendo una tonalidad rojiza en el otoño. A diferencia de otros frutales, las yemas vegetativas y las fructíferas se encuentran claramente separadas (Castillo 2008).
- Las flores poseen una corola blanca o rosada, y se reúnen en racimos (Castillo 2008).
- Su fruto es una baya casi esférica, puede variar en tamaño de 0.7 a 1.5cm de diámetro dependiendo de la especie. La epidermis del fruto está cubierta por secreciones cerosas. El fruto del arándano es de color azul, de ahí la denominación de "blueberry", en inglés (Castillo 2008).
- tiene un sabor particular difícilmente comparable: dulce y ligeramente ácido a la vez (Perkins *et al.*1995).



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

Fuente: Castillo 2008.

2.2.2. Variedades de arándano

El género *Vaccinium* está compuesto por más de 30 especies, pero solo un pequeño grupo tiene importancia comercial. Algunas especies que pertenecen a este grupo son “arándano alto” (*Vaccinium corymbosum* L.), “arándano ojo de conejo” (*Vaccinium virgatum* Ait., ex *V. ashei* Reade), “arándano bajo” (*Vaccinium angustifolium* Ait.), “arándano europeo” (*Vaccinium myrtillus* L.) y “arándana” (*Vaccinium macrocarpon*) (Pino 2007).

Los arándanos cultivados se diferencian básicamente en su comportamiento con respecto al frío, la necesidad 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). Las variedades comerciales son el resultado de programas de mejoras (Castillo 2008).

El “arándano alto” fue la primera especie que se introdujo al cultivo, y ha sido sometida a sucesivos procesos de selección por lo cual existen, actualmente, más de 50 variedades mejoradas, generadas principalmente en Estados Unidos (Pino 2007). Dentro de especie de “arándano alto” existen variedades con diferentes requerimientos de temperaturas: Northern highbush (temperaturas bajas) y Southern highbush (temperaturas altas) (Jara 2012).

- ✓ Arándano alto (*Northern highbush* blueberry): es la especie que la fruta de mejor calidad en cuanto a tamaño y sabor, debido a que fue sometido a un largo proceso de mejoramiento genético en su país de origen. Se desarrolla bien en regiones frías, con inviernos largos (Castillo 2008).
- ✓ Arándano alto de bajo requerimiento de frío (*Southern highbush* blueberry): son variedades resultantes de cruzamientos entre la especie anterior y especies nativas de zonas más cálidas. Tienen buena calidad de fruta y maduración temprana. Pueden alcanzar precios elevados en los mercados. En este grupo se incluyen cultivares como: O'Neal, Blueridge, Cape Fear, Sharpblue, Avonblue,

Georgiagem, Cooper y Gulf Coast. La principal característica de estas variedades es el bajo requerimiento de frío invernal, lográndose producciones muy tempranas y tardías en zonas como Florida, Carolina del Norte, y California (Castillo 2008).

- ✓ En cuanto a los cultivares de “arándano alto”, hay que distinguir entre los que tienen un alto requerimiento de frío invernal (más de mil horas) como Bluecrop, Blueray y Elliot y aquellos que poseen un bajo requerimiento de horas de frío, que son generalmente de maduración temprana. Dentro de estos últimos destaca el cultivar O’Neal (Castillo 2008).
- ✓ El “arándano ojo de conejo” es una especie que ha obtenido popularidad debido a que tolera suelos con pH más altos, posee mayor resistencia a la sequía, produce mayor cantidad de fruta, tiene mejor duración en postcosecha, pero presenta una menor calidad sensorial del fruto en relación con el “arándano alto” (Pino, 2007). Se adapta a regiones más cálidas que el arándano alto, tiene una mayor rusticidad, es más tolerante a la sequía y permite su cultivo en un rango más amplio de suelos (Castillo 2008).
- ✓ El “arándano bajo” se encuentra principalmente en estado silvestre. Presenta una alta capacidad para emitir brotes vegetativos que le permiten formar extensas colonias. Tiene importancia porque ha contribuido al mejoramiento genético para la selección de clones mejorados de “arándano alto”. Además, dado que estas colonias producen una gran cantidad de fruta que es comercializada, también tiene importancia económica en países como Canadá y Estados Unidos (Pino 2007).

2.2.3. Tipos de arándanos

2.2.3.1. Arándano negro/ arándano ujiginoso (*Vaccinium liginosum*)

Se encuentra en el hemisferio sur, muy abundante en regiones más frías de Europa, Asia y América, hasta más de 3000 metros en las montañas del sur

de estas regiones, se trata de un arbusto que difícilmente, llega a medio metro de altura, siendo 15 a 20 cm su altura habitual, crece en suelos ácidos, zonas pantanosas y bosques de coníferas sus frutos son negros con pulpa blanca y sus flores rosa pálido, florece en primavera (Duan *et al.* 2011).

2.2.3.2. Arándano Azul (*Vaccinium corymbosum*)

Se caracteriza por sus hojas caducas que adquieren un tono escarlata, al llegar el otoño, es un arbusto de aspecto vertical, que alcanza 1.8 metros de altura, con flores rocosas e inflorescencias péndulas de color rosa palo pálido, destaca por sus frutos de color negro azulado, bastante grandes y sabrosos, es la especie más ampliamente cultivada, el arándano azul, es la cuarta frutilla de interés económico en el mundo, debido al contenido de antioxidantes y a la resistencia del cultivo a diversas condiciones ambientales adversas, sus propiedades antioxidantes se atribuyen al contenido de flavonoides, antocianinas, polifenoles y ácido ascórbico (Duan *et al.* 2011).

2.2.3.3. Arándano Rojo (*Vaccinium vitis - idea*)

Es otro tipo de arándanos cuyos frutos suelen recoger de las plantas silvestres crece en la zona norte de América, Asia y en las montañas del hemisferio norte normalmente aparece formando un bulto por debajo de los árboles de 10 y 30 cm de altura, aunque es muy similar al ráspero se diferencian porque las flores son rosadas mientras que este arándano presenta tonos rosados y estambres incluidos dentro de la corola, los frutos son redondeados y rojizos que aparecen a finales de otoño, su sabor es muy ácido por lo que se utiliza fundamentalmente en la elaboración de compotas y mermeladas (Duan *et al.* 2011).

2.2.4. Calidad de fruto

La calidad está definida por una serie de factores que podemos agrupar en calidad visible, calidad organoléptica y calidad nutritiva. La calidad visible se refiere a la apariencia de la fruta, la cual en arándanos se define como un fruto de color azul

uniforme, presencia de cera en la superficie de la fruta (conocida como bloom), que el consumidor relaciona a una fruta fresca, ausencia de defectos como daño mecánico y pudriciones, forma y tamaño de la fruta, y fruta con firmeza adecuada. La calidad organoléptica está determinada por un contenido adecuado de azúcares, ácidos y compuestos volátiles responsables del aroma característico de la fruta. Por lo tanto, todas las operaciones de pre cosecha y postcosecha deben ir orientadas a maximizar la llegada de un producto de calidad hasta el consumidor. Los índices de calidad normalmente usados por la industria de fruta fresca son: color, tamaño, forma, ausencia de defectos, firmeza y sabor (Gonzales *et al.* 2017).

2.2.4.1. Índices de calidad y manejo postcosecha

Los tratamientos postcosecha implican la aplicación de un conjunto de técnicas inclinadas al mantenimiento de la calidad obtenida en el campo, para facilitar que los productos perecederos se encuentren disponibles al consumidor con su máximo grado de frescura, sabor y valor nutritivo, los principales tratamientos postcosecha aplicados a arándanos son la refrigeración y la aplicación de atmósferas modificadas o controladas, los frutos de arándanos por su alto contenido de agua y comúnmente piel delgada, son altamente susceptibles a daños mecánicos en postcosecha, asociado a los cambios fisiológicos por la maduración lo anterior afecta la vida postcosecha directamente a través de las pérdidas de agua y entrada de microorganismos patógenos que influyen en la calidad del producto fresco (Galleta *et al.* 1990).

El índice de cosecha del arándano azul se basa en el color de la superficie de la fruta que durante el proceso de maduración se torna rojizo-purpúreo para convertirse en azul cuando está completamente maduro, debido a la formación de antocianinas y fenoles el índice de calidad refiere a la apariencia (color, tamaño, forma y ausencia de defectos), firmeza, sabor (sólidos solubles totales, acidez titulable, contenido de almidón y compuestos volátiles aromáticos) y valor nutritivo (vitaminas A y C), el nivel de sólidos solubles no

puede ser considerado un parámetro indicador del estado óptimo de desarrollo a cosecha, dada su poca variación y diferenciación entre estados y durante la poscosecha, los arándanos azules se deben cosechar casi o totalmente maduros ya que el sabor no mejora tras la cosecha (Dinamarca 2006).

2.2.4.2. Características fisiológicas del fruto

Los arándanos presentan un comportamiento respiratorio climatérico, caracterizado por un alza respiratoria y de etileno durante la madurez. Sin embargo, a diferencia de otros frutos climatéricos, como la manzana, los arándanos deben cosecharse cercanos a la madurez de consumo, ya que los atributos organolépticos (sabor) no mejoran después de la cosecha. La epidermis (piel) de la fruta es delgada y muy susceptible al daño mecánico y a la pérdida de agua. Una característica morfológica que contribuye a disminuir la pérdida de agua es el contenido de cera de la cutícula ubicada sobre la epidermis. La mantención de esta cutícula durante la cadena productiva tiene un efecto cosmético, tanto al contribuir a la disminución de la deshidratación como al blooming de la fruta. En general los arándanos no muestran una gran producción de etileno, comparados con otros frutos. Sin embargo, la tasa de producción de esta hormona, así como la respuesta a ella, tiene relación con la variedad (Gonzales 2017).

2.2.4.3. Fisiología de la maduración y deterioro del arándano

Yommi y Godoy (2002), refieren cuando los frutos alcanzan la madurez fisiológica comienzan a sufrir numerosos cambios: color, firmeza y sabor relacionados con la maduración organoléptica que los hace finalmente más atractivos para el consumo. los arándanos son frutos climatéricos, es decir que cosechados a partir de la madurez fisiológica son capaces de adquirir características similares a los que maduraron unidos al arbusto sin embargo, una vez alcanzado el estado de máxima calidad sobreviene muy rápidamente el de sobre madurez asociado a un excesivo ablandamiento,

pérdida de sabor y color lo cual debe ser evitado, la velocidad con la que ocurre la pérdida de calidad posterior a la cosecha está relacionada fundamentalmente con la temperatura, y por ello, un adecuado manejo de la misma desde la cosecha en adelante contribuye notablemente con el mantenimiento de la calidad de la fruta a 4 y 5 °C USDA (2002).

Los arándanos tienen una tasa respiratoria considerada baja a moderada, pero la misma se eleva considerablemente a temperatura ambiente, cuanto mayor es la tasa respiratoria más rápido se producen los cambios involucrados en la maduración y en la pérdida de calidad.

Senser y Scherz (1999), en comparación con otros "Berries, los arándanos presentan menor tasa de deterioro son susceptibles a la deshidratación, siendo 3% el valor de pérdida de peso máximo admisible entre los procesos que ocurren durante la maduración, el más evidente es el cambio de color externo, desde el verde al rosa y finalmente al azul a medida que el color cambia, se produce un aumento en el contenido de sólidos solubles (azúcares) y una disminución de la acidez, también se observa un progresivo ablandamiento de la pulpa, lo cual constituye una de las principales causas de descarte, pero es dependiente de la variedad utilizada.

Los arándanos son altamente susceptibles al desarrollo de enfermedades durante la postcosecha, pudiéndose observar síntomas apenas transcurridas 12 horas de permanencia a temperatura ambiente principalmente si se encuentran húmedos se ha encontrado que las frutas más ácidas y por lo general menos maduras son menos susceptibles al desarrollo de las enfermedades causadas por *Alternaria sp* y *Botrytis sp* (Benavides 2012).

Yommi y Godoy (2002), los frutos climatéricos la intensidad respiratoria alcanza un mínimo (pre-climatérico) o madurez fisiológica, luego aumenta a un máximo (climatérico) donde alcanza la madurez de calidad y consumo, finalmente el descenso de la respiración (post-climaterio) indica la fase de senescencia y muerte celular contrario en frutos no climatéricos la respiración es decreciente y no se modifica significativamente durante la maduración.

2.2.5. Propiedades y aspectos nutricionales del fruto

Las propiedades nutricionales y nutraceuticas del arándano son constantemente investigadas y promovidas. Su consumo ha sido recomendado para todo tipo de personas, destacando su bajo aporte calórico, su contenido de fibra, su elevado aporte de potasio y por ser buena fuente de Vitamina A y C (Pino 2007).

El valor nutricional del arándano, según la estandarización de la Food and Drug Administración (FDA) de los Estados Unidos, lo resume como un alimento entre bajo y libre de grasas y sodio, libre de colesterol y rico en fibras y vitamina C. el consumo de esta fruta en porciones de alrededor de 142 g (5 onzas), aporta a la dieta alimenticia diaria lo que se expone en la Tabla 1.

Tabla 1. Composición nutricional del arándano.

Nutriente	Valor /100g
Agua (g)	87.4
Proteínas (g)	0.3
Fibras (g)	1.7
Calorías (kcal)	42
Vitaminas	
Vitamina A (UI)	30
Vitamina B1 (mg)	0.014
Vitamina B2 (mg)	0.0024
Vitamina B6 (mg)	0.012
Vitamina C (mg)	12
Ácido ascórbico (mg)	14
Acido nicotínico (mg)	0.2
Minerales	
Sodio (mg)	2
Potasio (mg)	72
Calcio (mg)	14
Magnesio (mg)	6
Manganeso (mg)	0.5
Hierro (mg)	0.5
Fósforo (mg)	10

Fuente: ADEX (2015).

2.2.6. Características fisicoquímicas del arándano

2.2.6.1. Relación sólidos solubles/acidez titulable

Galleta *et al.* (1990), cuando los frutos han alcanzado su madurez, el azúcar total y los sólidos solubles contenidos en ellos aumenta y la acidez titulable disminuye otros indicadores de la pérdida de acidez durante el desarrollo son incrementos en el pH de los frutos o en la relación sólidos solubles/acidez la mayor parte del azúcar está presente antes de que el color rojo se desarrolle en el fruto en cambio, el contenido de acidez titulable disminuye continuamente a medida que el desarrollo progresa los cambios en la acidez titulable son mayores que en otros constituyentes durante el desarrollo y por esto podría ser más útil como indicador de cosecha.

Mitcham, Crisosto y Kader (2003), establecieron que la relación entre el nivel de sólidos solubles y acidez titulable es un indicador simple de la calidad de la fruta ya que bajas relaciones ss. /at se asocian a una buena calidad de postcosecha y al contrario altos Índices se asocian con una mayor incidencia de hongos que causan pudrición durante el almacenamiento al respecto, señalan que los ácidos presentes en los frutos de arándanos son un mecanismo de resistencia a los organismos patógenos, por lo tanto ésta condición puede transformarse en un buen elemento para seleccionar cultivares con una alta calidad de almacenamiento con un elevado nivel de acidez además el cociente entre sólidos solubles y acidez titulable es útil si se considera que el sabor de las frutas no se determina por la cantidad efectiva de azúcares y ácidos presentes sino por la relación entre ellos de esta manera una mayor cantidad de ácido puede producir un sabor poco agradable a frutas que estén bajas de azúcar y un sabor agradable a aquellas que tengan mucho azúcar.

Perkins *et al.* (1995), señalan que los principales responsables en el incremento en la relación sólidos solubles/acidez titulable son aumentos en el contenido de glucosa y fructosa y una disminución del contenido de ácido cítrico cambios en

algunos otros ácidos orgánicos como el ácido málico y químico poseen poca influencia.

2.2.6.2. Sólidos solubles

Son aquellos componentes que son solubles en agua en el caso de algunos productos tales como el jugo de frutas los sólidos solubles están constituidos principalmente por azúcares tales como glucosa, fructosa y sacarosa y en menor grado por ácidos orgánicos y algunas proteínas el contenido de sólidos solubles se mide con un refractómetro, expresando su resultado en % °Brix en los frutos maduros, los sólidos solubles totales tienen importancia por estar formados de compuestos orgánicos que determinan el sabor, color y en general la calidad de las frutas en el caso de los arándanos estos sólidos solubles pueden variar entre 10 a 17% al momento de la cosecha (Galleta *et al.*1990).

2.2.6.3. Acidez titulable

En el caso de jugo de frutas la acidez titulable indica el porcentaje de ácidos orgánicos contenido en él se determina por titulación con una base fuerte de concentración conocida generalmente NaOH 0.1 N y se expresa en el % de ácido orgánico predominante cada fruta tiene un ácido orgánico predominante en general los más abundantes son el ácido cítrico y el ácido málico, los principales ácidos orgánicos presentes en arándanos son: el ácido cítrico, ácido málico, ácido químico y trazas de ácido succínico (Galleta *et al.* 1990).

El sabor de los arándanos depende, del balance entre el dulzor, la acidez y el aroma estos mismos autores señalan que en el pasado, los arándanos ácidos y aromáticos eran considerados de mayor calidad, sin embargo en la actualidad los arándanos para consumo fresco deberían ser seleccionados por poseer un nivel balanceado de sólidos solubles y acidez combinados con un agradable aroma y textura para arándanos señalan valores de acidez titulable que varían entre 0,40 y 1,31 % ácido cítrico (Sapers *et al.*1991).

2.2.6.4. Antioxidantes en arándanos

Los antioxidantes son sustancias que ayudan a neutralizar la acción de los radicales libres que son moléculas inestables las frutas y vegetales son fuentes naturales de antioxidantes y entre ellas los arándanos poseen uno de los más altos niveles de actividad antioxidante dentro de las sustancias con capacidad antioxidante que se pueden encontrar en arándano se pueden señalar betacaroteno, vitamina e, antocianinas, fenoles, ácido eleágico y ácido fólico (USDA, 2002).

El arándano se cultiva en todos los continentes, siendo su centro de producción los Estados Unidos y Canadá. El 60% de la producción se destina a la industria, en la elaboración de dulces, pasteles, helados y yogures; sin embargo, año tras año se descubren nuevos usos. En particular se ha puesto especial atención a los estudios sobre arándanos y su comportamiento durante el almacenamiento que muestran una relación positiva entre la actividad antioxidante y el contenido de antocianinas (Coria *et al.* 2008).

Las antocianinas, que le confieren el color azul al fruto, intervienen en el metabolismo celular humano disminuyendo la acción de los radicales libres, asociados al envejecimiento, cáncer, enfermedades cardíacas y Alzheimer (Coria *et al.* 2008)

2.2.6.5. Compuestos fenólicos

Por su metabolismo secundario las plantas sintetizan una serie de compuestos fenólicos que constituyen un grupo químico heterogéneo de más de 10.000 compuestos en concordancia con esta diversidad química estos compuestos cumplen en las plantas múltiples funciones algunos son indispensables para sus funciones fisiológicas y otros pueden ser útiles para defenderse ante situaciones adversas (Dinamarca 2006).

2.2.7. Producción del arándano

El nivel de producción mundial de arándanos ha ido incrementando desde el año 2000. Con un incremento de 37.82 % durante el periodo 2000-2008. Cabe recalcar que el crecimiento fue más significativo durante el periodo 2007-2008, con un incremento de 18.63 %, a pesar de que el país afrontó un fuerte nivel de recesión en todos los sectores de la economía estadounidense (Oficina Comercial Perú 2011).

Según la FAO, podemos comprobar que los EEUU ocupan el primer lugar de producción en el mundo. En el año 2008, los EEUU produjeron 199 000 mil toneladas de arándanos, un incremento de 20.47 % en comparación al año anterior seguidos por Canadá que produjo 94 000 toneladas (con un incremento de 22.16 %) (OCP 2011).

Estados Unidos como principal productor, consumidor, exportador e importador de arándanos del mundo, constituye un mercado de más de 262 millones de consumidores y se estima que su demanda anual es cercana a 250 000 toneladas (Pino 2007).

2.2.7.1. Problemas del arándano en postcosecha.

- Problemas fungosos

El principal problema fungoso en la postcosecha de arándanos es botritis. Si bien con un buen manejo de temperatura se puede reducir la incidencia de este hongo, no pueden frenar su desarrollo, ya que es capaz de desarrollarse incluso a 0 °C. El uso de alto CO₂ en manejos de AC o AM también son capaces de reducir el nivel de incidencia del patógeno, pero sin duda todas estas estrategias de postcosecha deben ser apoyadas por un buen manejo de la precosecha y cosecha (Gonzales 2017).

2.2.8. Manejo del arándano en postcosecha.

2.2.8.1. Manejo de temperatura y humedad relativa

Uno de los puntos más críticos para la prolongación de la vida de postcosecha de arándanos es la temperatura, la misma que tiene una relación directa con el metabolismo de la fruta y con la vida en postcosecha. Durante la cosecha los frutos se encuentran en general bajo condiciones de alta temperatura ambiente, lo que hace que se encuentran respirando a una alta tasa. En el proceso de respiración se consume oxígeno (O₂) y se produce dióxido de carbono (CO₂) para poder producir energía necesaria para mantener la vida. Producto del calor de respiración aumenta la temperatura se produce pérdida de agua en el proceso y además es posible observar en muchos casos una baja de la acidez, porque los ácidos son usados como sustratos preferenciales para el proceso de respiración (Gonzales *et al.*2017).

En general los arándanos son muy susceptibles a la pérdida de agua, lo que afecta de manera negativa a la apariencia de la fruta, ya que se observan “arrugamientos”. Por este motivo es crítico mantener la fruta a la temperatura y humedad recomendadas para disminuir así el déficit de presión de vapor y la deshidratación. Junto con el uso de baja temperatura, los arándanos deben almacenarse con una alta humedad relativa (95% a 0°C), condición que contribuirá a reducir la pérdida de agua de la fruta. Con un buen manejo de cosecha, rápido enfriamiento y almacenaje a 0°C, en condiciones de humedad relativa de entre 90 y 95%, los arándanos tienen una duración mínima de 14 días (Gonzales *et al.* 2017).

2.2.8.2. Tratamientos a temperaturas controladas

Después de cosechado el arándano, la fruta debe ser enfriada lo más rápido posible por lo que debe ir a cámara fría ya sea en el propio huerto o ser enviada rápidamente una vez logrado un volumen importante, las condiciones de temperatura óptima debe de ser de 0.5 – 1 °C, temperatura de congelación

debe ser de $-2.2\text{ }^{\circ}\text{C}$, Humedad relativa óptima 90-95 % y un tiempo de almacenamiento de 2-3 semanas (Mitcham, C y Kader, 2003).

El enfriamiento rápido de arándanos inmediatamente después de la cosecha es importante para conservar la calidad y ampliar su vida útil en el mercado. La fruta normalmente contiene una cantidad significativa de calor que debe ser eliminado mediante enfriamiento por aire forzado. Si el fruto permanece en el campo durante un periodo de tiempo prolongado, se debe evitar que el fruto cosechado este expuesto a la radiación solar. Es recomendable cubrir el fruto con lonas reflectantes, para beneficiar el mantenimiento de la calidad de la fruta, lo cual es evidente después del tiempo de almacenamiento. La temperatura de almacenamiento óptima para los arándanos es de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, lo que debería obtenerse poco después de la cosecha (Fourney 2009).

2.2.8.3. Uso de atmósferas controladas y modificadas

Teniendo como base de manejo de postcosecha en arándanos el uso de baja temperatura ($0\text{ }^{\circ}\text{C}$), se ha evaluado una serie de tecnologías para extender su vida de postcosecha. Las más utilizadas, atmósfera modificada (AM) y controlada (AC), se basan en la modificación de la composición de gases (O_2 y CO_2) durante almacenamiento y/o transporte. En ambas técnicas el principal efecto sobre la fisiología de la fruta es la disminución de la actividad metabólica así como el control de hongos. Dentro de los potenciales beneficios de estas tecnologías se pueden mencionar una reducción de la deshidratación (AM principalmente) y menor desarrollo de pudriciones, siempre y cuando se utilicen correctamente. Los niveles de gases logrados a través del uso de AM son dependientes de características de la fruta (tasa respiratoria, temperatura), de la cubierta o film (permeabilidad principalmente), y ambiente (temperatura). Al contrario, en AC los niveles de gases a utilizar son mantenidos y/o ajustados en forma automática durante todo el almacenamiento de la fruta, lo que lo independiza de los factores mencionados para AM. Una opción que es utilizada en AM para llegar en

forma más rápida a la concentración de gases final es realizar una inyección inicial, la que posteriormente se mantiene a través de la respiración de la fruta y características del film (atmósfera modificada activa). Para arándano, las concentraciones que han mostrado ventajas en la extensión de postcosecha son 2-5% de O₂ y 10-15% de CO₂ a 0 °C. Los efectos de alto CO₂ pasan básicamente por el control de patógenos como Botrytis, concentraciones mayores a un 10% han demostrado ser eficientes en el control de patógenos. Uno de los factores que determina qué concentraciones utilizar para alcanzar un máximo beneficio en postcosecha es la susceptibilidad de una determinada variedad a bajos niveles de O₂. Niveles bajos de O₂ (< 2%) o altos de CO₂ (25%) pueden desarrollar procesos metabólicos que resulten en el desarrollo de sabores o aromas extraños en la fruta, pardeamientos o decoloraciones y una mayor incidencia de pudriciones, que sin duda son causa de rechazo al momento de la venta. El desarrollo y severidad de los problemas antes mencionados están dados en parte por concentraciones de CO₂ y O₂ alcanzadas, tiempo de exposición a las mismas, y la susceptibilidad que pueda presentar la variedad. Uno de los factores primordiales para tener éxito con AM es la mantención de una temperatura apropiada durante toda la cadena, de lo contrario se acelerarán los procesos detrimentales ya mencionados. Defilippi *et. Al* (s.f).

La composición del aire que rodea al fruto con el fin de retrasar su deterioro generalmente se modifica, la atmósfera con un incremento en la concentración de CO₂ y un descenso de O₂, aunque también se trabaja a altas concentraciones de O₂ y ausencia de CO₂ y se modifican los niveles de nitrógeno, etileno y monóxido de carbono algunas ventajas de las atmósferas modificadas son la reducción de la tasa respiratoria, la disminución de los efectos del etileno en la senescencia, la retención de firmeza y la reducción del desarrollo de hongos, las atmósferas controladas tienen, además, propiedades fumígenas e insecticidas cuando se aplican a altos niveles de CO₂ (superiores al 50%) y muy bajos de O₂ (inferiores al 1%) como

desventaja cabe señalar el desarrollo de malos sabores y los desórdenes en la maduración por intolerancia a bajas concentraciones de O₂ y/o altas concentraciones de CO₂ las frutas presentan diferente tolerancia al O₂ y CO₂ según la especie y cultivar, de acuerdo con su tasa respiratoria y permeabilidad de la piel (Bourtoom, 2008).

2.2.9. La penca sábila (*Aloe vera*)

Sánchez (2006), es una planta con virtudes curativas, las que han sido utilizadas por un gran número de civilizaciones antiguas de algunas partes de Europa, la India y el Continente Africano desde hace más de 3000 años, técnicamente conocida como *Aloe vera*. Su nombre común Sábila, procede de la voz árabe "sabaira" que significa amargo y el género científico *Aloe* proviene de otra palabra árabe "Alloeb" que significa sustancia brillante amarga.

Las especies de Aloe son plantas herbáceas o leñosas, arbustivas a veces arborescentes, generalmente rizomatosas, con raíces tuberosas o con parte subterránea bulbosa, en algunos casos con crecimiento secundario en grosor tipo anómalo. Algunas especies son solitarias, otras se agrupan en formación.

Diversas civilizaciones han conocido las propiedades del Aloe a lo largo de la historia. Así, el dato más antiguo sobre el uso terapéutico procede de sumeria (Mesopotamia) en el siglo XVIII a.C., y utilizaba como laxante. Los efectos terapéuticos del gel de *Aloe vera*, tanto por aplicación tópica como la ingestión oral alivian las quemaduras, edemas e incisiones, se emplea contra la artritis, pero sobre todo su acción anti-inflamatoria ha sido una de las más estudiadas. (Reynolds y Dweck 1999)

2.2.9.1. Propiedades nutricionales.

En las hojas de la sábila se encuentra un gel la cual es la fuente natural de alrededor de 75 sustancias, las cuales están formadas por vitaminas (A, B1, B2, B6, B12, C, E), por minerales (calcio), aminoácidos para la construcción de proteínas, enzimas utilizadas en el sistema digestivo, azúcares (incluyendo

algunos polisacáridos importantes para el mejoramiento del sistema inmunológico) y agentes anti-inflamatorios y anti-microbianos (Ramirez *et al.* 2013).

Estas características permiten que la sábila sea considerada como un alimento funcional promotor de la salud ya que contribuyen a prevenir ciertas enfermedades crónicas no transmisibles; reducen el riesgo de algún tipo de anomalías de carácter fisiológico y, en general contribuyen al buen estado de salud del individuo que le permite prolongar o mejorar su calidad de vida (Palomino 2016).

2.2.9.2. Sábila como recubrimiento comestible

Castillo (2012) manifiesta que la parte más usada de la planta de la sábila es un gel mucilaginoso que se encuentra dentro de las pencas de éstas mismas y que tienen las propiedades de generar biofilms una vez que se secan. El gel de Aloe vera contiene alrededor de 98.5 % de agua, es rico en mucílagos. Los mucílagos se caracterizan por estar formados por ácidos galacturónicos, glucorónicos y unidos a azúcares como glucosa, galactosa y arabinosa. También están presentes otros polisacáridos con alto contenido en ácidos urónicos, fructosa y otros azúcares hidrolizables, además de compuestos fenólicos de gran poder antioxidante como las cromonas y las antroquinonas.

2.2.9.3. Usos

El gel extraído de las hojas con bajo contenido de antraquinonas, los hace ideal para la preparación de bebidas o alimentos sólidos que presentan propiedades benéficas debido a su buena acción reguladora del sistema digestivo, se debe aclarar que para esto se debe lavar exhaustivamente para reducir hasta los límites permitidos por la ley el contenido de antraquinonas tóxicas y laxantes que se encuentran en los productos terminados y aprovechar la gran cantidad de glucósidos medicinales presentes en este (glucomanano) (Alves *et al.* 2004).

El gel de *Aloe vera* puede ser usado como antiinflamatorio y como un poderoso cicatrizante del tejido epitelial, debido a la actividad de sus aminoácidos que estimulan la producción de nuevas células y la habilidad de sus enzimas para promover la regeneración de la piel, puede ser usado en el tratamiento de heridas, quemaduras e irritaciones en la piel en general, usando la planta como tal o algún preparado, tiene extensa aplicación en la industria cosmética donde es considerado como un emoliente efectivo, tanto para la piel como para el cabello, puede ser útil además, en el campo de la medicina veterinaria (Barahona, Flores y Rosero 2006).

2.2.9.4. Beneficios

a) Estimulante del crecimiento de los tejidos

En la composición química del gel de *Aloe vera*, se encuentra el fosfato de manosa, su principal función es que actúa como agente de crecimientos de los tejidos el ácido ascórbico se considera benéfico para el crecimiento ya que puede retrasar la formación de sustancias semejantes a la melanina, que inhiben el crecimiento (Anderson 1999).

b) Regenerador Celular

Los polisacáridos contenidos en el gel de aloe, entre los que se encuentran los glucomartanos, los cuales constituyen alrededor del 0.2 - 0.3 % del gel fresco y otros con elevados contenidos de galactosa, pentosa y ácidos urónicos, los hacen casi insustituibles como regeneradores titulares (Álvarez y Varón 2006).

c) Antioxidante

Se ha encontrado que algunos polisacáridos del gel de sábila poseen propiedades antioxidantes y efectos protectores en células de origen animal las propiedades antioxidantes dependen del grado de acetilación, el peso molecular, el tipo de azúcares y el enlace glucosídico de los polisacáridos presentes en el aloe vera (Álvarez y Varón 2006).

d) Propiedades antimicrobianas

Vega *et al.* (2010), los áloes muestran una actividad inhibitoria de algunos *Bacillus*, bloqueando la síntesis de los ácidos nucleicos en las bacterias, acción debida probablemente a las antraquinonas, el conjunto de antraquinonas (aloin, barbaloin y ácido aloético) produce un efecto antibiótico y antiviral.

La saponina y aloesina presentan un carácter antiséptico y unos amplios espectros antimicrobianos (bactericidas y antivírico) estos compuestos neutralizan el efecto de las toxinas microbianas. Se ha demostrado que desde el punto de vista biológico los taninos están relacionados con la resistencia de las plantas a las infecciones y se consideran potentes agentes antifúngicos (Álvarez y Varón 2006).

2.2.10. La cera de abeja

La cera de abejas es un producto obtenido de las colmenas, que se ha utilizado tradicionalmente para fabricar velas, como recubrimiento impermeabilizante, como agente moldeable en joyería, tablillas de escritura, esculturas y similares; y como espesante y vehículo de administración de cosméticos y colores y de remedios grasos en la farmacopea tradicional, “ceratos” (Gómez 2002).

2.2.10.1. Composición

Según Marconi (2016), la composición de la cera de abeja como toda sustancia natural es una mezcla de monoésteres lineales saturados o insaturados, hidrocarburos, ácidos grasos libres, alcoholes grasos libres y algunas pocas sustancias exógenas. Más de 300 compuestos diferentes han sido reportados y no todos han sido identificados, 111 de ellos son compuestos volátiles y por lo menos 48 compuestos son responsables del aroma de la cera. El comité de expertos de la FAO/OMS en aditivos alimentarios (JEFCA), postula que la cera de abejas contiene esencialmente cinco grupos principales de componentes, los cuales son:

1. Los ácidos grasos libres (aproximadamente 12 a 14 %), la mayoría de los cuales están saturados (alrededor del 85 %) y tienen una longitud de cadena carbonada de entre C24-C32.
2. Los alcoholes grasos libres primarios (1%), con una longitud de cadena de C28-C35.
3. Monoésteres de cera lineales y hidroximonoésteres (35-45%) con longitudes de cadena de C40-C48. Los ésteres se derivan casi exclusivamente del ácido palmítico, del ácido 15-hidroxipalmítico y del ácido oleico.
4. Ésteres de cera complejos (15-27%) que contienen ácido 15-hidroxipalmítico o dioles, vinculados a otra molécula de ácido graso a través de su grupo hidroxilo. Además de estos diésteres se encuentran triésteres y ésteres superiores.
5. Hidrocarburos de cadena lineal impares (12-16%) con una longitud de cadena predominante de C27-C33. Con el aumento de longitud de la cadena, aumenta la proporción de especies insaturados (por encima de C33 son siempre insaturados) y se han identificado alcadienos y alcatrienos en niveles muy bajos.

La cera de abejas es una cera comercial que ha sido ampliamente utilizada como aditivo de calidad en la fabricación de cosméticos debido a su alta hidrofobicidad y excelente resistencia a la humedad. La cera de abejas es un candidato favorable para la preparación de películas y recubrimientos comestibles con la combinación de polisacáridos o proteínas (López 2015).

2.2.11. Recubrimientos comestibles.

Los recubrimientos comestibles, son una capa delgada que se forma directamente sobre la superficie de los alimentos como una envoltura protectora. Estos se elaboran

a partir de una gran variedad de proteínas, polisacáridos y lípidos, ya sea como componentes únicos o combinados (Kester y Fennema 1986). El mecanismo por el cual conservan la calidad de frutas y vegetales es debido a que constituyen una barrera semipermeable a los gases y al vapor de agua que retrasa su deterioro, controlan la respiración y la senescencia de forma similar a las atmósferas modificadas, mejoran las propiedades sensoriales, ayudan a mantener la integridad estructural del producto que envuelven, a retener compuestos volátiles y también pueden actuar como vehículo de aditivos alimentarios (Tanada y Grosso 2005).

2.2.11.1. Tipos de recubrimientos comestibles.

Muños (2011), los componentes utilizados para la preparación de los recubrimientos comestibles se pueden clasificar en tres categorías: hidrocoloides (como las proteínas, polisacáridos y alginatos) los cuales debido a su naturaleza hidrofílicas, son muy sensibles al agua, lípidos (como los ácidos grasos, acilglicerol, ceras) y compuestos, las propiedades que ofrecen las películas comestibles dependen de los componentes de los cuales están elaborados, los cuales incluyen materiales que deben ser dispersados y disueltos en un solvente como el agua, alcohol, mezcla de agua y alcohol o una mezcla de otros solventes, plastificantes, agentes antimicrobianos, colores o sabores también pueden ser añadidos en este proceso. Las películas pueden estar compuestas por los siguientes componentes básicos: Proteínas (gelatina, caseína, entre otros) celulosa, almidón o materiales con base en dextrina, alginatos, gomas ceras, lípidos o derivados de los monoglicéridos o la mezcla de cualquiera de estos grupos.

1) Hidrocoloides

Los biopolímeros solubles en agua y de alto peso molecular son denominados comúnmente hidrocoloides. Los recubrimientos formulados con hidrocoloides tienen aplicaciones en los casos en los que el control de la migración del vapor de agua no es el objetivo ya que éstas son excelentes como barrera para la difusión del O₂, CO₂ y lípidos (Muños 2011).

A. Polisacáridos

Debido a la naturaleza hidrofílica de estos polímeros, no tienen buenas propiedades de barrera contra la humedad, sin embargo, ciertos polisacáridos cuando son utilizados en la forma de recubrimientos gelatinosos de alta humedad, que retardan la pérdida de humedad de algunos alimentos, durante periodos de almacenamiento cortos (Muños 2011).

Las películas de polisacáridos tienen buenas propiedades de barrera a los gases y pueden adherirse a superficies de frutas y vegetales (Bósquez 2007).

✓ **Almidón**

El almidón es uno de los materiales crudos más comúnmente empleados en la agricultura ya que es económico, fácilmente disponible y relativamente fácil de manipular, la amilosa es el compuesto responsable de la formación de recubrimientos en el almidón y su uso para tal fin se ha extendido en los últimos años, los recubrimientos elaborados con este material presentan baja permeabilidad al oxígeno (Muños 2011).

✓ **Mucílagos**

Rojas y Grau (2006) citado por Atencia 2015, los mucílagos son polisacáridos heterogéneos, formados por diferentes azúcares y en general ácidos urónicos. Se caracterizan por formar disoluciones coloidales viscosas: geles en agua, los mucílagos son constituyentes normales de las plantas investigaciones recientes han demostrado que el gel proveniente de la planta de sábila (*Aloe vera*) puede prolongar la conservación de productos frescos, de la planta de sábila se puede extraer un gel cristalino (mucílago) el cual está libre de aromas y sabores.

B. Proteínas

Baldwin, citado por Rojas (2006), menciona que las películas de proteína se adhieren fácilmente a superficies hidrofílicas pero la mayoría de los casos no

son resistentes a la difusión de agua. Una desventaja es su sensibilidad a los cambios de pH (logaritmo de la concentración de hidrogeniones) por que deben delimitarse a las condiciones óptimas de su formación.

2) Lípidos

Los compuestos lipídicos utilizados como revestimiento de protección consisten en monoglicéridos acetilados, cera natural y surfactantes, las sustancias lipídicas más eficaces son la cera de parafina y cera de abejas, la función principal de una capa de lípidos es bloquear el transporte de humedad debido a su baja polaridad relativa, por el contrario, la característica hidrófoba de los lípidos forma películas gruesas y frágiles, las películas de cera son, la mayor de las veces, más resistentes al paso de humedad que las de cualquier otro componente (Rojas-Grau 2006).

A. Ceras y parafina.

La cera de parafina se deriva de la fracción de destilados de petróleo crudo y se compone de una mezcla de hidrocarburos sólidos resultantes de la polimerización catalítica de etileno, la cera de parafina es permitida para su uso en frutas frescas, vegetales y queso, las ceras se utilizan como barrera al gas y la humedad (piel de las frutas frescas) y para mejorar la apariencia de la superficie de varios alimentos (por ejemplo, el brillo de dulces). Si se aplica como una capa gruesa, deben ser retirados antes del consumo (algunos quesos), cuando se utiliza en capas delgadas, se consideran comestibles (Ruiz, citado por Atencia 2015).

3) Recubrimientos comestibles compuestos

Son los que se componen de una bicapa sobre un polisacárido los recubrimientos emulsionados o conglomerados, se adhieren más fácilmente a los frutos porque son los que se componen de una mezcla homogénea, donde el lípido se dispersa sobre la fase hidrófila, haciendo que la manipulación sea menor, puesto que

solo se aplica una sola vez sobre el producto, de esta forma solo existe una etapa de secado después del recubrimiento (García 2008).

2.2.11.2. Principales propiedades de los recubrimientos comestibles.

Los recubrimientos comestibles aplicados en la cadena hortofrutícola producen una atmósfera modificada en la fruta, reducen el deterioro, retrasan la maduración de frutas climatéricas, reducen la pérdida de agua, retardan los cambios de color, mejoran la apariencia, disminuyen la pérdida de aromas, reducen el intercambio de humedad entre trozos de frutas, transportan compuestos antioxidantes y estabilizantes de la textura, imparten color y sabor y pudieran servir como transporte de otras sustancias, entre las principales propiedades de los recubrimientos comestibles se pueden destacar las siguientes:

1. Propiedades de barrera

Para muchas aplicaciones, la característica funcional más importante de los recubrimientos comestibles es la resistencia a la migración de humedad, la deshidratación superficial constituye uno de los principales problemas en el mantenimiento de la calidad de los productos hortofrutícolas, la naturaleza del recubrimiento comestible empleado desempeña aquí un papel muy importante: a mayor hidrofiliidad de los materiales utilizados, mayor permeabilidad al vapor de agua los recubrimientos elaborados a partir de polímeros naturales, tales como los polisacáridos (almidón y derivados de la celulosa, alginatos, pectinas, gelano, carragenano, entre otros), así como aquellos a base de proteínas, muestran una baja resistencia al agua y poseen pobres propiedades de barrera como consecuencia de su naturaleza hidrofílicas para mejorar las propiedades de barrera al vapor de agua de este tipo de recubrimientos se pueden incorporar lípidos, que emulsificados en la solución formadora de coberturas o formando una doble capa sobre el producto, pueden ayudar a prevenir reacciones degradativas de tejido como consecuencia de la pérdida de humedad, así como las reacciones respiratorias en los tejidos vegetales de esta manera se pueden formular coberturas comestibles combinando las ventajas de los componentes hidrocoloides y de los componentes lipídicos, éstos últimos como barrera al vapor

de agua y los primeros como barrera selectiva al oxígeno y al dióxido de carbono, además de proveer una matriz de soporte estructural (Bourtoom 2008).

Del Valle *et al.* (2005), por otro lado la habilidad de los RC para modificar el transporte de gases es importante para productos como frutas y vegetales frescos, los cuales son caracterizados por tener un metabolismo activo, los RC aplicados a productos que respiran deben permitir una correcta modificación del entorno gaseoso dentro del envase su uso sobre frutas permite la producción de una atmósfera modificada mediante un aislamiento del producto del ambiente que lo rodea, no obstante, aunque lo que se espera es una reducción de la transferencia de gases entre la fruta y el ambiente, recubrimientos extremadamente impermeables pueden inducir a la creación de condiciones de anaerobiosis que tienen como consecuencia una pérdida de los compuestos aromáticos típicos de la fruta y la presencia de aromas indeseables.

2. Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas de los RC dependen en gran medida de la composición y estructura de los ingredientes. Por lo tanto, la elección de las sustancias a emplear y/o aditivos activos a añadir están totalmente relacionadas con la función para la cual se desea utilizar la cobertura comestible, la naturaleza del alimento y el método de aplicación (Bourtoom 2008).

Cuando el material empleado para recubrir se coloca en la superficie de las frutas, se desarrollan dos fuerzas: cohesión de las moléculas dentro de la cobertura y adhesión entre el recubrimiento y la fruta, el grado de cohesión de los RC gobierna las propiedades de barrera y mecánicas de las coberturas, una alta capacidad de adhesión asegura una durabilidad larga del recubrimiento en la superficie de la fruta (Ruiz 2009).

3. Propiedades físicas

Entre las propiedades físicas más importantes para los recubrimientos comestibles se encuentran: color, opacidad aparente, transparencia, solubilidad,

permeabilidad al vapor de agua y a los gases (oxígeno, monóxido de carbono, etileno) y aquellas relacionadas con la resistencia mecánica (Bourtoom 2008).

4. Propiedades de solubilidad

La solubilidad es una medida de la integridad de los recubrimientos en medio acuoso, generalmente, mayor solubilidad indica menor resistencia al agua, esta propiedad afecta la futura aplicación de los recubrimientos (Bourtoom 2008).

5. Propiedades de espesor

Quintero y Muñoz (2010), atribuyen el efecto del espesor a cambios en la estructura del recubrimiento ocasionados por el hinchamiento que provoca el agua en el polímero.

La mayoría de los recubrimientos comestibles son de naturaleza hidrofílica se ha encontrado una relación dependiente positiva entre la permeabilidad al vapor del agua y el espesor de los recubrimientos, se considera que a medida que el espesor de los recubrimientos aumenta, se incrementa la resistencia a la transferencia de masa a través de ella, en consecuencia, la presión parcial de vapor del agua de equilibrio en la superficie inferior de la cubierta se incrementa (Bourtoom 2008).

6. Transporte de aditivos

Bourtoom (2008), un uso potencial de los RC en fruta lo constituye la retención y el transporte de aditivos, tales como antioxidantes, antimicrobianos, estabilizantes de la textura, colorantes, saborizantes, compuestos bioactivos o funcionales, entre otros, que podrían conferir un beneficio añadido al recubrimiento por ejemplo, el enriquecimiento de los Re con aditivos funcionales permite mejorar aspectos de calidad, tanto nutricionales como estéticos, sin destruir la integridad del alimento.

7. Permeabilidad

Bourtoom (2008), en los recubrimientos comestibles durante el transporte de gas pueden ocurrir dos mecanismos: difusión capilar y difusión activa la

primera de estas ocurre en materiales que son porosos o que presentan imperfecciones y la difusión activa incluye la solubilización del gas en la cubierta, difusión a través de la cubierta y finalmente el paso al otro lado de la cubierta, la velocidad de difusión aumenta con el tamaño y el número de cavidades, causadas por la presencia de sustancias como los plastificantes por lo tanto, la difusión activa dependerá del tamaño y polaridad del penetrante, de la cristalinidad, de los enlaces y movimiento de las cadenas del polímero.

2.3. Definición de términos

Acidez titulable: La acidez libre (acidez titulable) representa a los ácidos orgánicos presentes que se encuentran libres y se mide neutralizando los jugos o extractos de frutas con una base fuerte, el pH aumenta durante la neutralización y la acidez titulable se calcula a partir de la cantidad de base necesaria para alcanzar el pH del punto final de la prueba (Godoy 2004).

Antioxidantes: Un antioxidante es una molécula capaz de retardar o prevenir la oxidación de otras moléculas (Llacuna 2011).

Atmósfera controlada: Técnica de conservación en la que se interviene modificando la composición gaseosa de la atmósfera en una cámara en frigoconservación, en la que se realiza un control de regulación de las variables físicas del ambiente (temperatura, humedad y circulación del aire) (García 2010).

Atmósfera modificada: Implica la eliminación del aire del interior del envase y su sustitución por un gas o mezcla de gases, generalmente CO₂, O₂ y N, en materiales con barrera a la difusión de los gases (García 2010).

° **BRIX:** Son una unidad de cantidad (símbolo °Bx) y sirven para determinar el cociente total de materia seca (generalmente azúcares) disuelta en un líquido.

Una solución de 25 °Bx contiene 25 g de sólido disuelto por 100 g de disolución total (Godoy 2004).

Características Fisicoquímicas: son las propiedades que describen el comportamiento de una sustancia cuando experimenta cambios en su composición (Godoy 2004).

Escala hedónica: Es usado para medir a que nivel de placer que es capaz de llegar y manifestar al consumir un determinado alimento lo que se determina a partir de la apreciación de como agrada o desagrada este a una muestra poblacional de potenciales consumidores (Anzaldúa-Morales 2005).

Evaluación sensorial: Es el método experimental mediante el cual los jueces perciben y califican, caracterizando y/o mensurando las propiedades sensoriales de las muestras adecuadamente presentadas (Anzaldúa-Morales 2005).

Glicerol: Glicerol o glicerina es un alcohol con tres grupos hidroxilos. Es un plastificante hidrófilo que también actúa como agente humectante y cuando se añade en el nivel correcto con respecto al contenido de biopolímero puede reducir las fuerzas intermoleculares y aumentar la movilidad de las cadenas de polímero, un proceso general utilizado para mejorar las propiedades mecánicas de películas comestibles (Piedrahita 2016).

Madurez comercial: Es el estado de desarrollo en que la fruta se encuentra apta para su consumo u otro fin comercial. La madurez hortícola puede coincidir o no con la madurez fisiológica (Martínez 2003).

Madurez fisiológica: Una fruta se encuentra fisiológicamente madura cuando ha logrado un estado de desarrollo en el cual ésta puede continuar madurando normalmente para consumo aun después de cosechada (Martínez 2003).

Películas comestibles: Es una matriz preformada, delgada, obtenida por moldeo, cuyo espesor es mayor al de los RC que posteriormente será utilizada en forma de recubrimiento del alimento o estará ubicada entre los componentes del mismo. Dichas soluciones formadoras de PC o RC pueden estar conformadas por un polisacárido, un compuesto de naturaleza proteica, lipídica o por una mezcla de los mismos (Krochta *et al.* 1994).

pH: Abreviatura de Potencial Hidrógeno o potencial de hidrogeniones, es un parámetro usado en química para medir el grado de acidez o alcalinidad de las sustancias (Godoy 2004).

Recubrimiento comestible: se puede definir como una matriz transparente continua, comestible y delgada, que se estructura alrededor de un alimento generalmente mediante la inmersión del mismo en una solución formadora del recubrimiento con el fin de preservar su calidad y servir de empaque (Del-Valle *et al.* 2005).

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación geográfica del trabajo de investigación

CAPÍTULO III

El presente trabajo de investigación se realizó en la UNC en la ciudad de Cajamarca en las instalaciones del laboratorio de control de calidad de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias. Esta institución se ubica a 3.5 km de la ciudad de Cajamarca (78° 3' de longitud y 7° 10' latitud sur), y a 2750 msnm.

3.2. Materiales e insumos

3.2.1. Material biológico

Para la ejecución del presente trabajo de tesis se utilizó arándano azul procedente del caserío de Aliso Colorado, ubicado en la provincia de Cajamarca departamento de Cajamarca. Para la obtención del recubrimiento comestible se empleó el gel de penca sábila o *Aloe vera* proveniente del distrito de Magdalena provincia de Cajamarca y cera de abeja refinada blanca, obtenida de la ciudad de Lima.

- Arándanos (*Vaccinium corymbosum* L.)
- Gel de penca sábila (*Aloe vera*)
- Cera de abeja refinada

3.2.2. Materiales y equipos para el procesamiento

- | | |
|-----------------------------|-----------------------------------|
| ➤ Alcohol de 96 ° | ➤ Cocina eléctrica |
| ➤ Hipoclorito de sodio | ➤ Equipo de titulación |
| ➤ Agua destilada | ➤ Cronometro |
| ➤ Hidróxido de sodio (NaOH) | ➤ pHmetro |
| ➤ O.IN | ➤ Refractómetro |
| ➤ Fenolftaleína | ➤ Licuadora |
| ➤ Glicerol | ➤ Matraz volumétrico de 500ml |
| ➤ Polisorbato 80 | ➤ Vasos de precipitación de 500ml |
| ➤ Balanza analítica | ➤ Vasos de precipitación de 100ml |

- Probeta de 500ml
- Pipetas PYREX (1 y 10ml)
- Bureta de 50rnl
- Agitador
- Termómetro
- Fuetes
- Envases rectangulares plástico polietileno tereftalato (PET) perforados transparentes de 100 g y 500 g
- Coladores
- Cucharas
- Papel toalla

3.2.3. Equipos y materiales para la evaluación sensorial

- Agua de mesa embotellada
- Cabinas de evaluación sensorial
- Fichas de evaluación sensorial
- Lápiz
- Vasos descartables
- Servilletas

3.2.4. Equipos y materiales de gabinete

- Libreta de apuntes
- Lapiceros y lápices
- Laptop
- Cámara fotográfica
- Papel bond

3.2.5. Otros materiales

- Papel absorbente
- Cuchillos
- Jarras graduadas 1lt.
- Tina 50lt.
- Guantes quirúrgicos
- Mandil

3.3. Metodología

3.3.1. Operacionalización

En la tabla 2, se detalla la Operacionalización de variables.

Tabla 2. Operacionalización de variables

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
INDEPENDIENTE	Gel de sábila (<i>Aloe vera</i>)	Concentraciones % (0, 25 y 50)
Recubrimiento comestible	cera de abeja	Concentraciones % (0, 1 y 2) % Pérdida de peso
	Calidad fisicoquímica	pH ° Brix Acidez
DEPENDIENTE	Conservación de arándanos	Color olor Sabor textura
	Calidad organoléptica	

3.3.2. Diseño experimental

Se empleó el diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial 3 x 3 y tres repeticiones. Los tratamientos en estudio fueron el resultado de combinar tres concentraciones de gel de penca sábila (0 %, 25% y 50 %) con tres concentraciones de cera de abeja (0 %, 1% y 2 %), como resultado de estas combinaciones se obtuvieron 9 tratamientos, a los cuales se les estudio. (Tabla 3).

Tabla 3. Factores, niveles y tratamientos en estudio.

Factores	Niveles	Combinaciones	Tratamientos
Mucilago de sábila	0 %	0 % de gel de penca sábila con 0 % de cera de abeja	T1
		0 % de gel de penca sábila con 1 % de cera de abeja	T2
	25 %	0 % de gel de penca sábila con 2 % de cera de abeja	T3
		25 % de gel de penca sábila con 0 % de cera de abeja	T4
	50 %	25 % de gel de penca sábila con 1 % de cera de abeja	T5
		25 % de gel de penca sábila con 2 % de cera de abeja	T6
Cera de abeja	1 %	50 % de gel de penca sábila con 0 % de cera de abeja	T7
	2 %	50 % de gel de penca sábila con 1 % de cera de abeja	T8
		50 % de gel de penca sábila con 2 % de cera de abeja	T9

3.3.3. Obtención y aplicación del gel de penca sábila (*Aloe vera*) como recubrimiento comestible

Se elaboraron diferentes tipos de recubrimientos comestibles se emplearon diferentes concentraciones de gel de penca sábila (0 %, 25 %, y 50 %) con diferentes cantidades de cera de abeja (0 %, 1 % y 2 %), adicional a ello se agregó 0.75 % glicerol y 0.1 % Tween 80. Una vez incorporado todos los compuestos se obtuvo el recubrimiento comestible final a utilizar en los frutos de arándanos. Se elaboró nueve formulaciones (tratamientos), en donde los factores de estudio fueron a diferentes concentraciones de gel de penca sábila (*Aloe vera*) con diferentes concentraciones de cera de abeja. Asimismo, el tratamiento T1 (Testigo) no se le aplica ningún recubrimiento, con el fin de poder comparar y establecer el recubrimiento que mejor conserve las características fisicoquímicas y organolépticas de los arándanos como se indica en el diseño experimental. (Tabla 4).

Tabla 4. *Tratamientos aplicados en el desarrollo de la investigación.*

Tratamientos	Gel de Aloe vera (%)	Cera de abeja (%)	Glicerol (%)	Tween 80 (%)
T1	0	0	0	0
T2	0	1	0.75	0.1
T3	0	2	0.75	0.1
T4	25	0	0.75	0.1
T5	25	1	0.75	0.1
T6	25	2	0.75	0.1
T7	50	0	0.75	0.1
T8	50	1	0.75	0.1
T9	50	2	0.75	0.1

El proceso de preparación del recubrimiento comestible (RC) gel de *aloe vera* se realizó teniendo en cuenta las pautas mencionadas por (Navarro 2013). En la figura 2 se observa el diagrama de flujo y a continuación se describen las etapas.

a) Recepción del Aloe vera

Se recolectó las plantas con aspecto sano, frescas y maduras.

b) Selección

Las hojas se seleccionaron de forma homogénea y representativa en cuanto a forma, peso, tamaño y color desechándose aquellas que presentaron daños u otras alteraciones.

c) Lavado y desinfección

Se procedió al lavado con la finalidad de eliminar aquellas impurezas, en seguida se colocó las hojas de aloe vera en una solución de hipoclorito de sodio a 50ppm durante 5 minutos con el fin de disminuir la carga microbiana seguido de un inmediato enjuague.

d) Secado

Se realizó con toallas absorbentes, para tener un mejor manejo en la extracción del gel.

e) Extracción del gel de *Aloe vera*

La extracción del gel se realizó de manera manual haciendo el uso del cuchillo y realizando un corte alrededor del borde de la hoja que permitió la obtención del gel se continuó cortando la pulpa obtenida, en pequeños trozos para facilitar el posterior licuado.

f) Licuado y tamizado

En seguida se procedió a licuar el gel de *Aloe vera* obtenido por un tiempo de dos minutos con el fin de romper y uniformizar el gel de *Aloe vera*. Luego se procedió a tamizar para eliminar residuos, que hubiese quedado en el proceso de extracción.

g) Formulación y mezclado

En esta etapa fueron formulados 9 tratamientos o recubrimientos comestibles de acuerdo al diseño experimental: se procedió a preparar 1500 ml. de solución, que contienen las diferentes concentraciones del gel de penca sábila *Aloe vera* 0 %, 25% y 50% con cera de abeja refinada 0%, 1% y 2%, luego se adiciona 0.75% de glicerol como plastificante y 0.1% de Tween 80.

h) Calentamiento y enfriamiento

En esta etapa los diferentes tratamientos se calentaron por encima del punto de fusión de la cera, 90 °C durante cinco minutos, luego se procede al enfriamiento hasta alcanzar 25 °C (Restrepo y Aristizábal 2010).

i) Recubrimiento

Se tiene los recubrimientos comestibles para ser aplicados por inmersión a las bayas de arándano formando una capa delgada sobre el fruto que le otorgue protección y buena apariencia a la fruta.

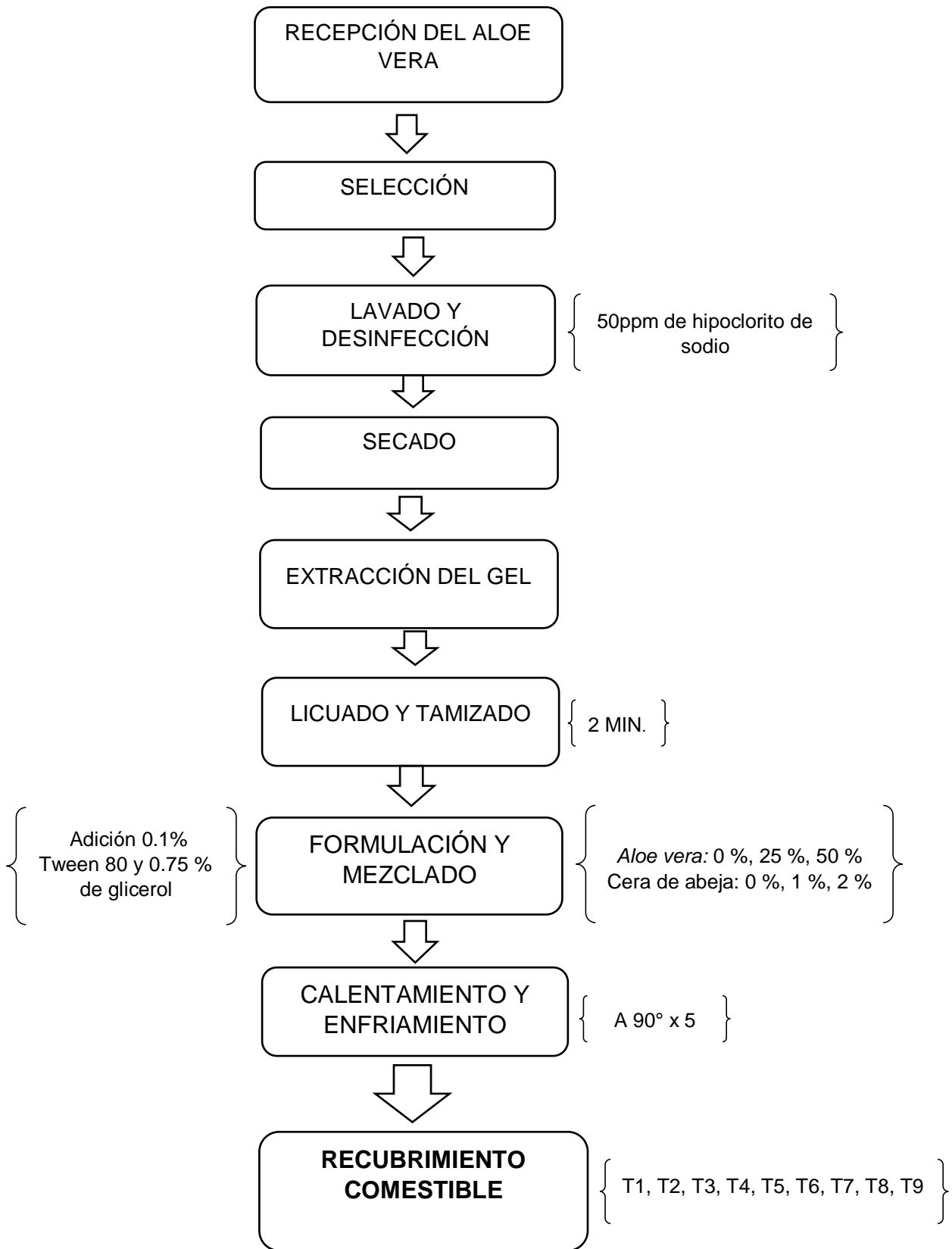


Figura 2. Diagrama de flujo para la obtención de recubrimiento comestible.
Fuente: Adaptado de (Navarro 2013)

3.3.4. Aplicación de recubrimientos comestibles

El recubrimiento del arándano se realizó teniendo en cuenta las pautas mencionadas por (Navarro 2013). En la figura 3 se observa el diagrama de flujo y a continuación se describe cada una de las etapas.

a) Recepción de arándanos

Las bayas fueron recepcionadas en bandejas plásticas con una capacidad de 2kg. El arándano fue recibido teniendo cuidado de no proporcionarle daño físico o mecánico (Godoy 2004).

b) Selección y clasificación

El arándano fue seleccionado manualmente para eliminar aquellas bayas con presencia de daños físicos e infección por hongos. Posteriormente las bayas se clasificaron basadas en sus atributos de calidad (tamaño y color), se consideraron bayas de tamaño uniforme y de color azul intenso en 90-100% del fruto (Godoy, 2004).

c) Pesado

Se pesó aproximadamente 500 g de fruto para cada tratamiento registrando el valor previo a su almacenamiento a temperatura ambiente (Godoy 2004).

d) Lavado y desinfección

Se efectuó esta operación con el fin de retirar impurezas de la fruta, tierra, microorganismos, seguida de la desinfección por inmersión de las bayas en la solución de hipoclorito de sodio (50ppm) por un lapso de 5 minutos con el inmediato enjuague de la fruta para quitarle el excedente de la solución (Navarro 2013).

e) Secado

Operación que se realizó a temperatura ambiente por el lapso de cuatro horas para eliminar el agua presente en las bayas y permitir la adherencia del recubrimiento comestible a los frutos (Navarro 2013).

f) Inmersión

Después de tener preparada la emulsión del recubrimiento comestible, se sumergieron manualmente los frutos por el método de inmersión durante 30 segundos en las respectivas soluciones verificando que cubra la totalidad de la fruta, igual procedimiento se realizó para los frutos testigo, en este caso los arándanos se sumergieron en agua destilada durante el mismo tiempo (Restrepo y Aristizábal 2010).

g) Escurrido y secado

En esta operación se deja escurrir el resto de recubrimiento comestible haciendo el uso de un colador procurando que el escurrido sea por completo por el espacio de 1 hora para luego secar a temperatura ambiente y un ventilador durante ocho horas ya que el recubrimiento comestible al ser aplicado el método de inmersión, en el alimento produce un exceso de humedad que puede provocar posibles daños; pero sí después de este proceso se aplica un secado total en el producto, mejora y garantiza la calidad del mismo (García 2008). El mismo procedimiento se realiza para el tratamiento T1 (testigo).

h) Envasado y almacenamiento

Los arándanos recubiertos se envasaron en envases rectangulares plástico polietileno tereftalato (PET) perforados transparentes de 100 gr Y 500 gr con el fin de que el aire circule previamente pesadas, en seguida se prosiguió con el pesado del envase con la fruta para determinar los pesos iniciales con los que estamos iniciando, para evaluar posteriormente las pérdidas postcosecha, luego se

almacenaron a temperatura ambiente (18 – 19 °C), igual procedimiento se realizó para los frutos testigo (Navarro 2013).

i) Evaluación

En esta etapa se realizó la evaluación fisicoquímica y evaluación sensorial. Para la evaluación fisicoquímica se trituró los frutos de arándano para obtener una muestra homogénea y medir los parámetros haciendo uso de diferentes equipos y materiales (pHmetro, Refractómetro, NaOH, fenolftaleína.) mientras que para la evaluación sensorial se presentó las muestras debidamente rotuladas y con el apoyo de un grupo de panelistas nos dieron a conocer su percepción.

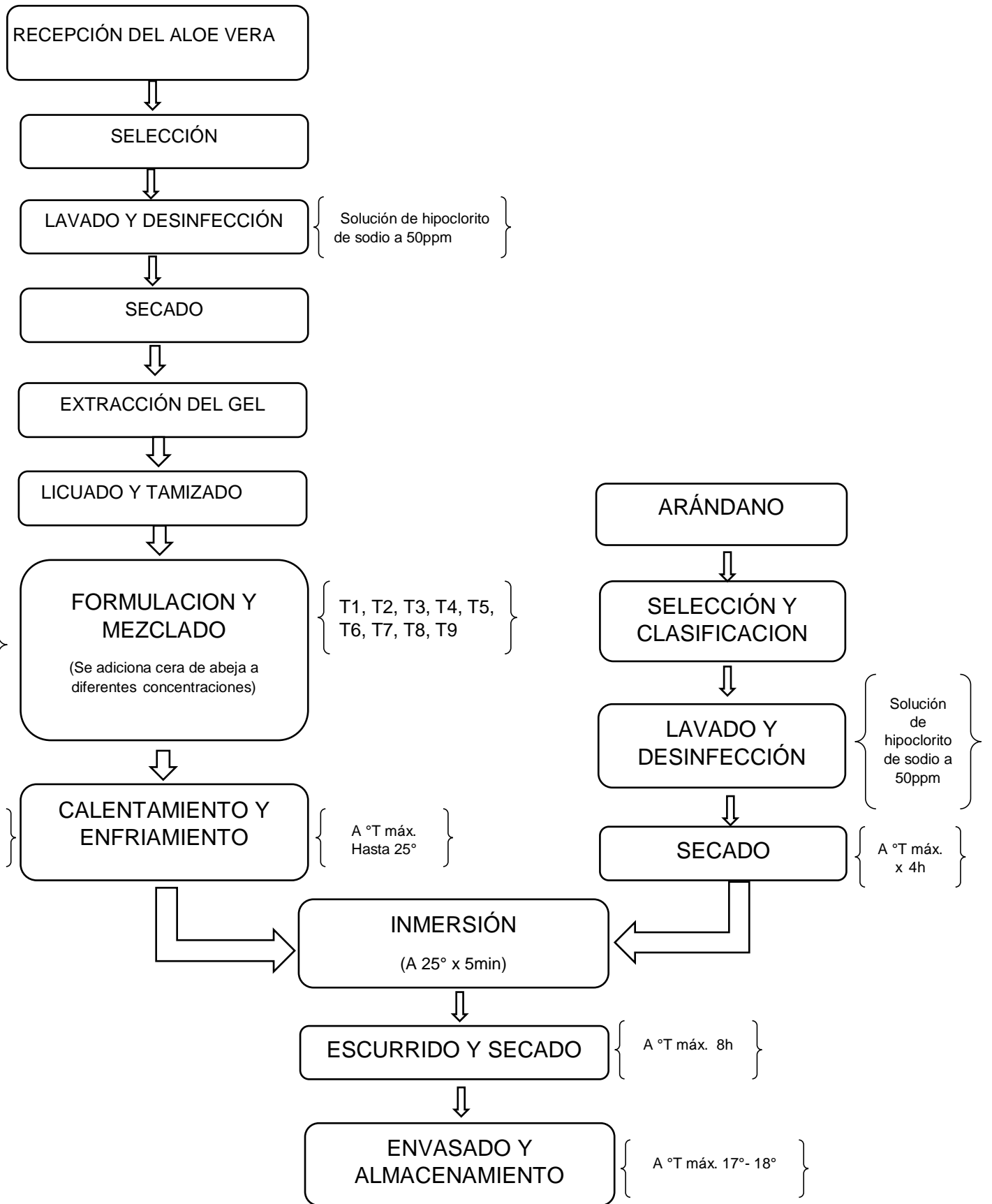


Figura 3. Diagrama de flujo para el recubrimiento del arándano.
Fuente: adaptado (Navarro 2013).

3.3.5. Evaluación de atributos

3.3.5.1. Análisis fisicoquímicos

- a) **Sólidos solubles (°Brix):** Este parámetro se determinó haciendo uso de un refractómetro de mano, primero se trituró los arándanos con ayuda de un mortero, una vez obtenido el jugo se filtró, mediante la aplicación de una a dos gotas del jugo extraído en el equipo y seguidamente se realizó la lectura (Godoy 2004).
- b) **pH:** Para la medición de éste parámetro se trituró 8 a 10 arándanos con ayuda de un mortero, una vez obtenido el jugo se filtró para lograr una mezcla homogénea, haciendo uso de un pH-metro introduciendo el electrodo del equipo en la muestra y realizar una lectura directa (Godoy 2004).
- c) **Acidez titulable (%ácido cítrico):** Se pesó 10g de jugo de arándano homogenizado, se afora con agua destilada hasta llegar a los 100 ml, luego agregamos 3 gotas de fenolftaleína y titulamos utilizando hidróxido de sodio (NaOH) (0.1N). Con el equipo de titulación hasta lograr el viraje del color de la solución a un rosado persistente, y se registró el volumen de hidróxido de sodio gastado. La acidez titulable se expresó en porcentaje (%) de ácido cítrico (Godoy 2004).

Se calculó el porcentaje de acidez con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ acidez} = \frac{A^* \times N \text{ del NaOH} \times \text{gasto (ml) de NaOH} \times 100}{\text{volumen del jugo de arándano (ml)}}$$

A*) Peso en gramos de un mili equivalente de ácido cítrico.

- d) **Porcentaje de pérdida de peso (%PP):** La pérdida de humedad de las bayas de arándano envasado se determinó por gravimetría mediante la diferencia entre pesos. Se tomó el peso inicial (Pi) menos el peso del fruto al final (Pf) del almacenamiento y los resultados se

expresaron como porcentaje de pérdida de peso (%PP) mediante la siguiente ecuación (Godoy 2004).

$$\%PP = \frac{(P_i - P_f)}{P_i} * 100$$

3.3.5.2. Evaluación sensorial

La evaluación sensorial de las muestras de arándano recubiertas con los diferentes tratamientos, se realizó por un panel de degustadores semientrenados constituidos por 30 personas de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias de la Facultad Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca. Se evaluó diferentes atributos tales como el color, olor, textura y sabor, para ello se usó la prueba afectiva escalar en base a una escala hedónica. Esta escala que va desde 1 a 5, donde 1 es malo 5 es muy bueno. La evaluación sensorial se realizó el día 13 post tratamiento. A los resultados obtenidos se hizo el análisis de varianza y en los casos en donde se encontró diferencias significativas entre tratamientos, se realizó la prueba de rango múltiple de Tukey al 5% (Anzaldúa-Morales 2005).

3.3.5.3. Análisis microbiológico

El análisis microbiológico se realizó a la muestra con mayor aceptabilidad según los panelistas semientrenados en la evaluación sensorial a los 13 días de almacenamiento a temperatura ambiente. Dicho análisis se realizó en el Laboratorio Regional Del Norte "LABRENOR". Los cultivos realizados son: Numeración coliformes Totales Ufc/g, Numeración mesófilos Ufc/g, salmonella sp/25 g, Numeración Hongos y Levaduras.

3.3.5.4. Tipo de diseño

Para llevar a cabo el trabajo de investigación, se empleó el diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial 3x3 con tres repeticiones por cada tratamiento.

3.3.5.5. Análisis estadístico

Los datos recolectados de cada variable evaluada se ordenaron en una hoja de cálculo de Excel, para luego ser procesados con el paquete estadístico infostat. Primero se realizó el análisis de varianza, el cual permitió identificar significación estadística en las interacciones y en los efectos independientes de cada factor en estudio (gel de Aloe vera y cera de abeja), en los casos en donde se encontraron se realizará la prueba de rango múltiple de Tukey al 5%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

PARÁMETROS EVALUADOS	TRATAMIENTOS								
	T1 (testigo)	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
Evaluación fisicoquímica	CAPITULO IV								
°Brix	15.67	14.67	15.33	15.33	14.33	15	15.33	14.67	15
pH	3.33	3.27	3.23	3.20	3.20	3.33	3.23	3.23	3.27
Acides titulable	0.51	0.45	0.45	0.25	0.58	0.45	0.45	0.45	0.45
Pérdida de peso %	13.5	13.67	12.63	13.4	13.1	12.77	13.43	12.07	14
Evaluación sensorial	T1 (testigo)	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
Color	3.37	3.5	3.3	3.5	3.5	3.57	3.43	4.2	3.43
Olor	3.2	3.33	3.4	3.33	3.33	3.43	3.1	4.37	3.37
Textura	3.23	3.27	3.2	3.27	3.93	3.33	3.17	4.17	3.2
Sabor	3.13	3.27	3.23	3.2	3.3	3.27	3.33	3.97	3.1
Análisis microbiológico	T8								
Arándanos con recubrimiento comestible a base de gel de aloe vera y cera de abeja a los 13 días post tratamiento	Numeración de coliformes totales Ufc/g					01 x 10²			
	Numeración mesófilos Ufc/g					01 x 10²			
	Salmonella sp/25g					Ausente			
	Numeración de Hongos y Levaduras					02 x 10¹			

4.1 Análisis fisicoquímico

4.1.1 Análisis de varianza (ANOVA) para los grados °Brix de las muestras de los arándanos con recubrimientos elaborados a base de gel de penca sábila con cera de abeja (Tratamientos).

En Tabla 5, se observa los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para los °Brix de las muestras de los arándanos recubierto con diferentes concentraciones de gel de penca sábila en combinación con cera de abeja, los cuales indican que no existe significación estadística para la interacción (S*C), dado que, el valor de significación (p-valor=0.9957) es mayor al 0.05 (5%), de igual manera para los factores independientes de cada factor. Esto indica que el °Brix de las muestras de los arándanos, no se encuentran afectados por la acción conjunta de los factores, es decir, que la concentración de azúcares se debe al propio fruto.

Tabla 5. Análisis de varianza (ANOVA) para los grados °Brix de las muestras de arándano recubierto con recubrimientos elaborados a base de sábila con cera de abeja (Tratamientos).

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculado	P - valor
Sábila (S)	0.52	2	0.26	0.32 ns	0.7315
Cera (C)	3.63	2	1.81	2.23 ns	0.1367
S*C	0.15	4	0.04	0.05 ns	0.9957
Error	14.67	18	0.81		
Total	18.96	26			

No significativo (ns)

CV = 6 %

El coeficiente de variación 6 % (CV) indica la variabilidad de los resultados para los °Brix, es decir, que se encontraron diferentes resultados en las repeticiones de los tratamientos (recubrimientos a base de gel de penca sábila con cera de abeja).

En la Figura 4, se observa que los °Brix obtenidos con cada tratamiento. El mayor resultado fue 15.67 °Brix y se obtuvo con el T1 testigo, seguido del resultado obtenido con el T3 (2 % de cera de abeja con 0 % de gel de penca sábila), T4 (2 % de cera de abeja con 25 % de gel de penca sábila) y T7 (0 % de cera de abeja con 50 % de gel de penca sábila), cuyo resultado fue de 15.33 °Brix. La concentración de Brix se atribuye a la pérdida de humedad (deshidratación) y la subsecuente concentración de los azúcares como lo señala (Joo *et al.* 2011).

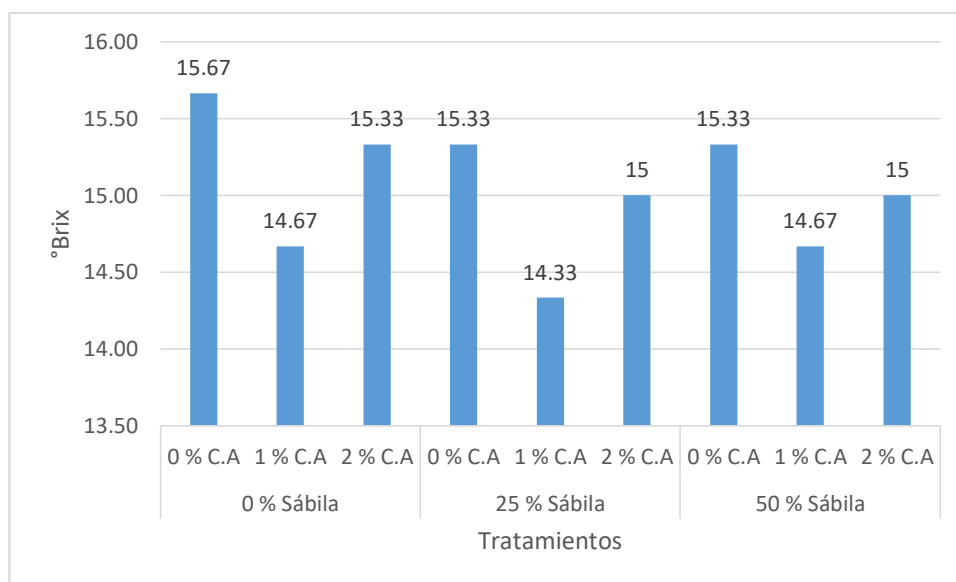


Figura 4. °Brix obtenidos con cada tratamiento (Recubrimientos a base de gel de penca sábila con cera de abeja).

En la Figura 4, se evidencia que los °Brix del T5 (1% de cera de abeja con 25% de gel de penca sábila) es 14.33, el cual se asemeja a los 14.17 °Brix iniciales (0 días), además presentó un contenido de sólidos solubles que se encuentra dentro del rango que oscila entre 10 y 15 °Brix, descrito para el fruto maduro (Buzeta 1997).

Los menores resultados se obtuvieron en relación a la sábila, es decir, con los tratamientos T5 (25 % de gel de penca sábila con 1 % cera de abeja) y T8 (50 % de gel de penca sábila con 1 % cera de abeja), se obtuvo 14.33 y 14.67 °Brix, respectivamente a los 13 días de almacenamiento a temperatura ambiente; este ligero retraso indica que el tratamiento T5 (25% de gel de penca sábila con 1% de

cera de abeja) sería una buena opción para retrasar el proceso de senescencia de la fruta al crear una atmósfera modificada retrasando el metabolismo de los sólidos solubles totales por medio de la disminución en pérdida de agua y control del transporte de gases (Rojas-Grau, MA.2006).

4.1.2 Análisis de varianza (ANOVA) para el pH de las muestras de los arándanos con recubrimientos elaborados a base de gel de penca sábila con cera de abeja (Tratamientos).

En Tabla 6, se observa los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para el pH de las muestras de los arándanos recubiertos con diferentes concentraciones de gel de penca sábila y cera de abeja a (13) trece días de almacenamiento a temperatura ambiente, los cuales indican que no existe significación estadística para la interacción (S*C), dado que, el valor de significación (p-valor=0.6592) es mayor al 0.05 (5%), de igual manera para los efectos independientes de cada factor. Esto indica que el pH de las muestras de los arándanos, no se encuentra afectado por la acción conjunta de los factores, es decir, que la variación del pH se debe a factores como la madurez, condiciones agronómicas y operaciones postcosecha a las que han sido sometidos.

Tabla 6. Análisis de varianza (ANOVA) para el pH de las muestras de los arándanos con recubrimientos elaborados a base de gel de penca sábila con cera de abeja (Tratamientos).

Fuente de variación	Suma de cuadrados	de Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculado	P valor
Sábila (S)	0.01	2	0.0033	0.18 ns	0.8337
Cera (C)	0.01	2	0.0044	0.24 ns	0.7854
S*C	0.04	4	0.010	0.61 ns	0.6592
Error	0.33	18	0.020		
Total	0.39	26			

No significativo (ns)

CV = 4.14 %

El coeficiente de variación 4.14 % (CV) indica la variabilidad de los resultados para el pH, es decir, que se encontraron diferentes resultados en los tratamientos.

En la Figura 5, se observa el pH obtenido con cada tratamiento. El mayor resultado fue 3.33 y se obtuvo con el T1 testigo y el tratamiento T6 (2 % de cera de abeja con 25 % de gel de penca sábila), seguido del tratamiento T2 (1% de cera de abeja con 0 % de gel de penca sábila) y T9 (2 % de cera de abeja con 50 % de gel de penca sábila), cuyo pH fue 3.27, respectivamente. El menor pH fue 3.20, el cual se obtuvo con T4 (0 % de cera de abeja con 25 % de gel de penca sábila) y el tratamiento T5 (1 % de cera de abeja con 25 % de gel de penca sábila). Según el análisis de varianza, los resultados encontrados son estadísticamente iguales, sin embargo, el pH puede variar debido al tipo de fruto.

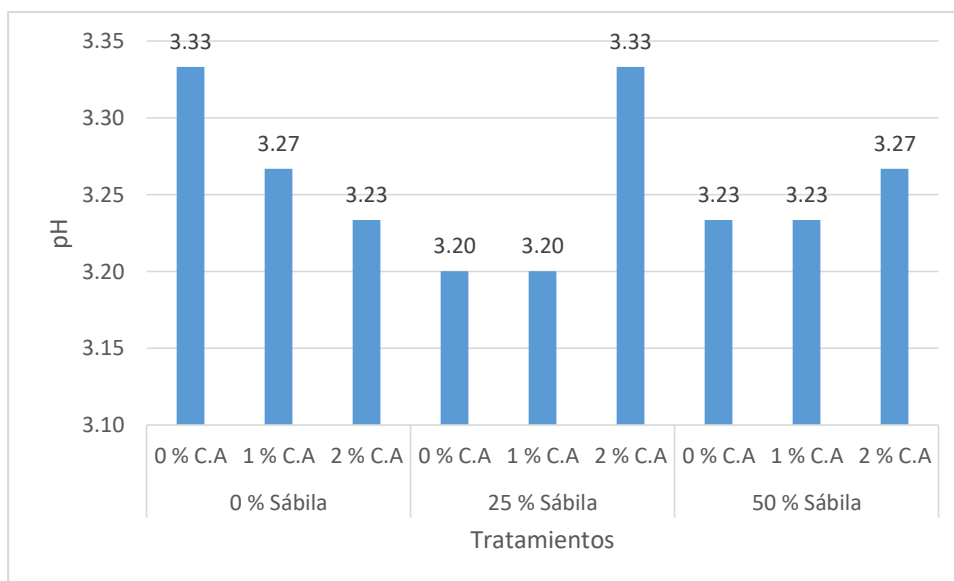


Figura 5. pH obtenidos con cada tratamiento (Recubrimientos a base de gel de Sábila con cera de abeja).

En los arándanos del tratamiento T1 (testigo) se observó mayor pH, esto implica un mayor deterioro de los frutos como indica Gonzales (2011), quien estudió la conservación de mora, uvilla y frutilla mediante la Utilización de aceite esencial de canela. Restrepo y Aristizábal (2010), argumenta que un aumento en los valores de

pH durante el almacenamiento demuestra el proceso de senescencia del producto debido a la modificación del contenido de ácidos orgánicos es de gran importancia a nivel bioquímico ya que el pH condiciona la actividad de un gran número de enzimas responsables de los sucesos claves como el ablandamiento, color, entre otros asociados a la maduración, lo cual incrementa los valores de pH.

Joo *et al.* (2011), señala que el uso de recubrimientos comestibles está relacionado con la disminución de la senescencia del fruto, evitando que durante la maduración de algunos fragmentos de pectinas se liberen desde la pared celular y se unan a los polifenoles, lo cual se evidencia en los tratamientos T4 (25 % de gel de penca sábila con 0 % de cera de abeja) y T5 (25 % de gel de penca sábila con 1 % de cera de abeja) que conservan el 3.20 pH inicial (0 días) y 3.20 pH a los (13) trece días de almacenamiento a temperatura ambiente, siendo los mejores tratamientos por su eficiencia para mantener el pH bajo. Al respecto se debe indicar que el pH durante el almacenamiento demuestra la senescencia del fruto; además los resultados del pH concuerda con los valores reportados por Galleta *et al.* (1990) que describen un rango entre 3.0 y 3.4.

4.1.3 Análisis de varianza (ANOVA) para la acidez titulable de las muestras de los arándanos con recubrimientos elaborados a base de gel de penca sábila con cera de abeja (Tratamientos).

En Tabla 7, se observa los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para el porcentaje de acidez titulable de las muestras de los arándanos recubierto con diferentes concentraciones de gel de penca sábila con cera de abeja, los cuales indican que existe significación estadística para la interacción (S*C), dado que, el valor de significación (p-valor=0.0464) es menor al 0.05 (5%). Esto indica que la acidez de las muestras de los arándanos, se encuentran afectadas significativamente por la acción conjunta de los factores, es decir, que los recubrimientos está afectado la acidez titulable.

Tabla 7. Análisis de varianza (ANOVA) para la acidez titulable (% ácido cítrico) de las muestras de los arándanos con recubrimientos elaborados a base de gel de penca sábila con cera de abeja (Tratamientos).

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculado	P valor
Sábila (S)	0.01	2	0.0040	1.5	0.2497
Cera (C)	0.01	2	0.0040	1.5	0.2497
S*C	0.03	4	0.0100	3	0.0464
Error	0.05	18	0.0027		
Total	0.1	26			

CV = 10.98 %

El coeficiente de variación 10.98 % (CV) indica la variabilidad de los resultados para la acidez titulable, es decir, que se encontraron diferentes resultados en las repeticiones de los tratamientos.

En la Tabla 8, la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad para el efecto de la interacción en la acidez titulable (% de ácido cítrico) indicó que, los mejores resultados significativamente diferentes al resto se obtuvieron con el tratamiento T5 (25 % de gel de penca sábila con 1 % de cera de abeja) y con el T1 (testigo), cuyos resultados fueron 0.58 y 0.51 % de ácido cítrico de las muestras, respectivamente. Con el resto de tratamientos (T2, T3, T4, T6, T7, T8, T9), se obtuvo 0.45 % de ácido cítrico en las muestras de los arándanos. Estos resultados indican que la variación de acidez titulable no solo se debe al fruto, si no también que está afectado por la acción de la sábila y la cera de abeja.

Tabla 8. Prueba de significación de tukey al 5 % de probabilidad para el efecto de la interacción en la acidez titulable (% ácido cítrico).

Sábila (%)	Cera de abeja (%)	Acidez (%)	Agrupación por Tukey al 5 %
25	1	0.58	A
0	0	0.51	A
50	0	0.45	B
50	1	0.45	B
50	2	0.45	B
25	2	0.45	B
0	2	0.45	B
25	0	0.45	B
0	1	0.45	B

En la Prueba de Tukey, se observa que los tratamientos que conforman el grupo A, presentaron disminuciones mayores del porcentaje de acidez en comparación al tratamiento T5 (25 % de gel de penca sábila con 1 % de cera de abeja), Con respecto al T1 (testigo) el resultado puede estar relacionado a que presentan mayores tasas de respiración, mientras el tratamiento T5 (25 % de gel de penca sábila con 1 % de cera de abeja) puede producir una modificación en la atmosfera interna del fruto por el control del intercambio gaseoso a través de la membrana que retrasa la respiración y las reacciones oxidativas como indica Serradilla *et al.* (2010), quien argumenta que el recubrimiento comestible retrasa la senescencia de la fruta, retrasando la oxidación de los ácidos orgánicos, sustratos de las reacciones enzimáticas de la respiración, pero estadísticamente entre estos tratamientos no existe diferencias significativas.

En la figura 6, se evidencia que la acidez de los tratamientos T6 (25 % gel de penca sábila con 2 % cera de abeja) y T9 (50 % gel de penca sábila con 2 % cera de abeja) se mantiene constante. El comportamiento de la acidez que se encuentra con la sábila y 1 % de cera es variado, probablemente se debe a los frutos que

aparentemente presentaron la misma madurez, o por la influencia de factores externos.

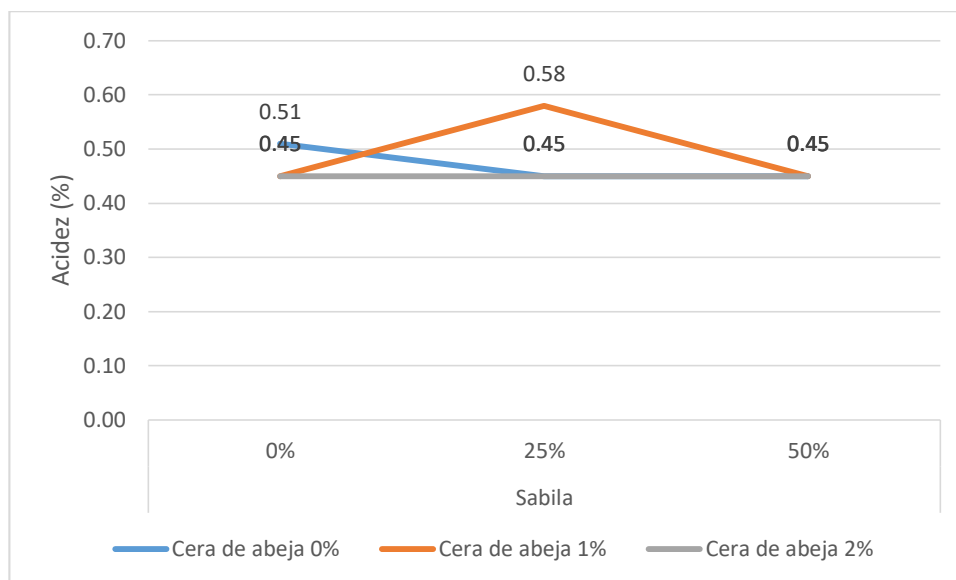


Figura 6. Comportamiento de la acidez titulable en relación a las concentraciones de la sábila y cera de abeja.

Todos los tratamientos mostraron un comportamiento decreciente con respecto al porcentaje de acidez (% ácido cítrico) ya que los ácidos orgánicos son respirados o convertidos en azúcares disminuyendo su contenido a lo largo del tiempo de conservación; para el tratamiento T5 (25 % de gel de penca sábila con 1 % de cera de abeja) reporta 0.58% de ácido cítrico en comparación al T1 (testigo) que registro 0.51% de ácido cítrico al día 13 de conservación a temperatura ambiente, comportamiento inverso al pH como lo señala Gonzales (2011), Tanada y Grosso (2005), reporta similar comportamiento inverso del % de acidez respecto al pH en fresas con recubrimiento comestible y sin el recubrimiento comestible en almacenamiento a temperatura de refrigeración.

4.1.4 Análisis de varianza (ANOVA) para la pérdida de peso (%pp) de las muestras de los arándanos con recubrimientos elaborados a base de gel de penca sábila con cera de abeja (Tratamientos).

En Tabla 9, se observa los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para la pérdida peso (%pp) de las muestras de los arándanos recubierto con diferentes

concentraciones de gel de penca sábila con cera de abeja, los cuales indican que existe significación estadística para la interacción (S*C), dado que, el valor de significación (p-valor=0.0038) es menor al 0.05 (5%). Evidenciándose la influencia de los recubrimientos comestibles en la pérdida de peso (%pp) de las muestras de los arándanos. De igual manera, Ni *et al.* (2004) mencionan que el *Aloe vera*, siendo su composición básicamente polisacáridos, fue efectivo frente a la pérdida de humedad.

Tabla 9. Análisis de varianza (ANOVA) para el % porcentaje de pérdida de peso (%pp) de las muestras de los arándanos con recubrimientos elaborados a base de gel de penca sábila con cera de abeja (Tratamientos).

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculado	P - valor
Sábila (S)	0.14	2	0.07	0.23	0.8006
Cera (C)	1.15	2	0.57	1.81	0.1926
S*C	7.23	4	1.81	5.69	0.0038
Error	5.71	18	0.32		
Total	14.23	26			

CV = 4.28 %

El coeficiente de variación 4.28 % (CV) indica la variabilidad de los resultados para la pérdida de peso (%pp), es decir, que se encontraron diferentes resultados en las repeticiones de los tratamientos.

Al realizar la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad (Tabla 10 y Figura 7) para la interacción de los factores (Sábila*Cera de abeja), se observa que los pesos obtenidos de las muestras de los arándanos bajo el efecto de los diferentes recubrimientos (Tratamientos) almacenados durante 13 días a temperatura ambiente, son significativamente diferentes. La mayor pérdida de peso (%pp) se encontró con el tratamiento T9 (50 % de gel de penca sábila con 2 % de cera de abeja), con la cual se obtuvo 14.00 % de pérdida de peso. Seguido se encuentra el resultado obtenido con el tratamiento T3 (0 % de gel de penca sábila con 2 % cera), con el cual se obtuvo

12.63 % de pérdida de peso. Para el tratamiento T1 (testigo), se registra una pérdida de peso de 13.50 %, estos resultados muestran que el % porcentaje de pérdida de peso (%pp) incrementa en función del tiempo de almacenamiento, esto muestra claramente el deterioro de la calidad durante la conservación postcosecha de frutas y hortalizas, dado que produce una acción de deshidratación, esto permitiendo que los frutos sufran ataques microbianos.

Finalmente, El menor porcentaje de pérdida peso (%pp) se obtuvo con el tratamiento T8 (50 % de gel de penca sábila con 1 % de cera de abeja), cuyo resultado fue 12.07 % este resultado demuestra que el tratamiento influye disminuyendo la pérdida de agua en la frutas, logrando aminorar las pérdidas de peso en los arándanos.

Por lo expuesto, estas pérdidas de peso en el fruto se deben a que posiblemente al intercambio de gases durante el proceso de respiración y transpiración que disminuyen el contenido de agua (Gómez *et al.* 2002). Con respecto a este punto, es necesario indicar que uno de los principales propósitos de la aplicación de un recubrimiento sobre la superficie de los arándanos es precisamente retardar la migración de humedad y la pérdida de compuestos volátiles.

Tabla 10. Prueba de significación de Tukey al 5% de probabilidad del % porcentaje de pérdida de peso (%pp) de las muestras de los arándanos con recubrimientos elaborados a base de gel de penca sábila con cera de abeja (Tratamientos).

Sábila (%)	Cera de abeja (%)	Pérdida de peso (%)	Agrupación por Tukey al 5 %	
50	1	12.07	A	
0	2	12.63	A	B
25	2	12.77	A	B
25	1	13.1	A	B
25	0	13.4	A	B
50	0	13.43	A	B
0	0	13.5	A	B
0	1	13.67	A	B
50	2	14		B

En la figura 7, se observa la pérdida de peso en función de las concentraciones de gel de penca sábila con cera de abeja. Los tratamientos T5 (25 % de sábila con 1 % cera de abeja) y T8 (50 % de sábila con 1 % de cera de abeja), produce un efecto decreciente, sin embargo, el gel de penca sábila con cera abeja a una concentración de 2% la pérdida de peso tiene un comportamiento creciente, mientras que, con el T1 (testigo) el % porcentaje de pérdida de peso es mayor (13.50 %). Estos resultados permiten inferir que la cera de abeja a concentraciones mayores de 1 %, el % de pérdida de peso de los frutos de los arándanos es afectado.

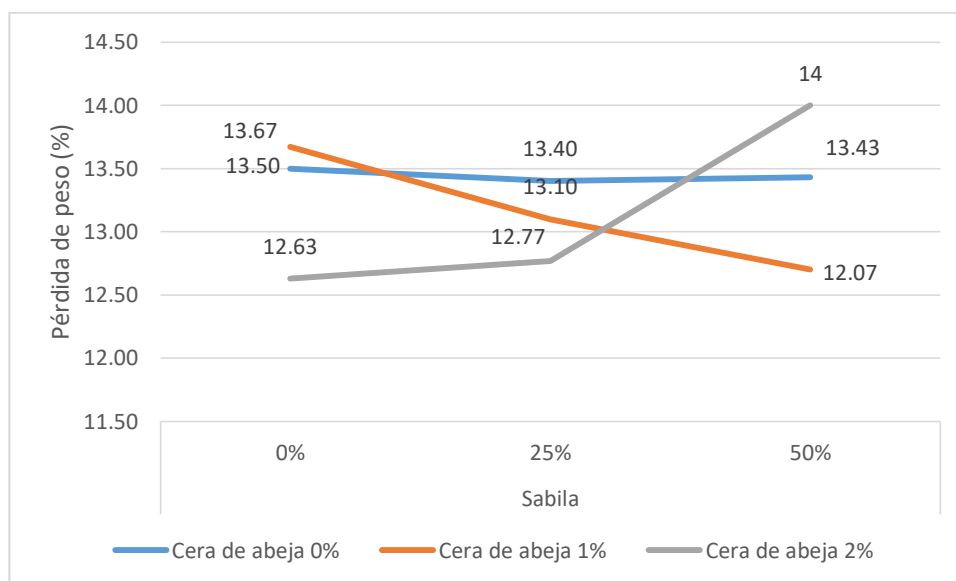


Figura 7. Comportamiento del % porcentaje de pérdida de peso (%pp) en relación a las concentraciones de gel de penca sábila con cera de abeja.

Los frutos del tratamiento T8 (50 % de gel de penca sábila con 1 % de cera de abeja) se observa una significativa disminución de la pérdida de peso (%pp), la acción de barrera que ejerce este recubrimiento comestible sobre el transporte de masa permite un efecto semi permeable frente al paso del dióxido de carbono y a la humedad (Hoa y Ducamp 2008). Según los resultados obtenidos el recubrimiento si afecta esta característica. Controlando la causa principal de deterioro, la cual no genera solo pérdidas cuantitativas de agua, sino también en apariencia (arrugamiento), textura y calidad nutricional.

4.2 Evaluación sensorial

4.2.1 Análisis de varianza (ANOVA) para el color de las muestras de los arándanos con recubrimientos elaborados a base de gel de penca sábila con cera de abeja (Tratamientos).

En Tabla 11, se observa los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para el color, los cuales indican que existe significación estadística para las muestras con respecto a su color, dado que el valor de significación (p -valor = 0.005) es menor al 0.05 (5 %). Este resultado indica que los panelistas evaluadores presentaron mayor predilección por el color de uno o más muestras de arándanos.

Tabla 11. Análisis de varianza (ANOVA) para para el color de los arándanos con recubrimientos elaborados a base de gel de penca sábila con cera de abeja (Tratamientos).

Fuente de variación	de Grados de libertad	Suma de cuadrados	de Cuadrado medio	F calculado	P - valor
Tratamientos	8	1.165	0.14557	2.8	0.005
Error	261	13.571	0.052		
Total	269	14.736			

CV = 12.22 %

Al realizar la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad (Tabla 12 y Figura 9) para el color de las muestras de arándanos con recubrimientos a base de gel de penca sábila con cera de abeja (Tratamientos), se observa que las muestras de arándanos recubiertas con el T8 (50 % de gel de penca sábila con 1 % de cera de abeja) y T6 (25 % de gel de penca sábila con 2 % de cera de abeja) obtuvieron la mayor aceptabilidad, siendo el tratamiento T8 (4.2), el resultado estadísticamente superior al resto. Las muestras recubiertas con los tratamientos T3 hasta el T6, obtuvieron puntajes estadísticamente iguales.

Tabla 12. Prueba de significación de Tukey al 5% de probabilidad, para el color de los arándanos con recubrimientos elaborados a base de gel de penca sábila con cera de abeja (Tratamientos).

Tratamientos	Puntaje	Agrupación por Tukey al 5 %
T8	4.2	A
T6	3.57	A B
T5	3.5	B
T4	3.5	B
T2	3.5	B
T9	3.43	B
T7	3.43	B
T1	3.37	B
T3	3.3	B

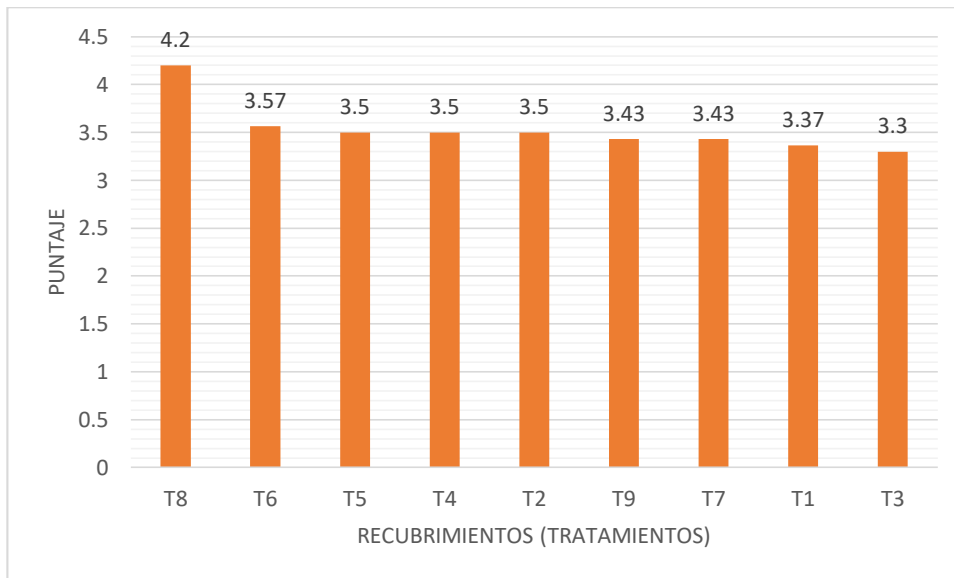


Figura 8. Puntaje obtenido para el color de los arándanos con recubrimientos elaborados a base de gel de penca sábila con cera de abeja (Tratamientos).

Según los resultados obtenidos, se concluye que la muestra de arándanos con mayor preferencia para los panelistas semientrenados respecto a su color fue el tratamiento T8 (50 % de gel de penca sábila con 1 % de cera de abeja), lo cual indica que el

tratamiento fue mejor que el T1 (testigo) que obtuvo un promedio de (3.37) que lo cataloga como regular.

4.2.2 Análisis de varianza (ANOVA) para el olor de las muestras de los arándanos con recubrimientos elaborados a base de gel de penca sábila con cera de abeja (Tratamientos).

En Tabla 13, se observa los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para el color, los cuales indican que existe significación estadística para las muestras con respecto a su olor, dado que el valor de significación (p-valor = 0.000) es menor al 0.05 (5 %). Este resultado indica que los panelistas evaluadores presentaron mayor predilección por el olor de uno o más muestras de arándanos.

Tabla 13. Análisis de varianza (ANOVA) para el olor de los arándanos con recubrimientos elaborados a base de gel de penca sábila con cera de abeja (Tratamientos).

Fuente de variación	de Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	P - valor
Tratamientos	8	1.396	0.17454	3.68	0.0000
Error	291	13.785	0.04737		
Total	299	15.181			

CV = 11.82 %

Al realizar la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad (Tabla 14 y Figura 9) para el olor de las muestras de arándano recubiertas con recubrimientos a base de sábila con cera de abeja (Tratamientos), se observa que la muestra de los arándanos con el tratamiento T8 obtuvo el mayor puntaje de aceptación (4.36), siendo este resultado estadísticamente superior al resto. Las muestras recubiertas con los tratamientos T7 hasta el T6, obtuvieron puntajes estadísticamente iguales, los cuales oscilan entre 3.1 y 3.43.

Tabla 14. Prueba de significación de Tukey al 5% de probabilidad, para el olor de los arándanos con recubrimientos elaboradas a base de gel de penca sábila con cera de abeja (Tratamientos).

Tratamientos	Puntaje	Agrupación Tukey al 5 %	por
T8	4.37	A	
T6	3.43		B
T3	3.4		B
T9	3.37		B
T5	3.33		B
T4	3.33		B
T2	3.33		B
T1	3.2		B
T7	3.1		B



Figura 9. Puntaje obtenido para el olor de los arándanos con recubrimientos elaborados a base de gel de penca sábila con cera de abeja (Tratamientos).

Según los resultados obtenidos, se concluye que la muestra de arándano con mayor preferencia para los panelistas semientrenados respecto a su olor fue el tratamiento T8 (50g de gel de penca sábila con 1 g de cera de abeja) lo cual indica que el

tratamiento fue bueno en comparación al T1 (testigo) que obtuvo un promedio de (3.1) que lo cataloga como regular.

4.2.3 Análisis de varianza (ANOVA) para la textura de las muestras de los arándanos con recubrimientos elaborados a base de gel de penca sábila con cera de abeja (Tratamientos).

En Tabla 15, se observa los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para la textura, los cuales indican que existe significación estadística para las muestras con respecto a la textura, dado que el valor de significación (p-valor = 0.000) es menor al 0.05 (5 %). Este resultado indica que los panelistas evaluadores presentaron mayor predilección por la textura de uno o más muestras de los arándanos.

Tabla 15. Análisis de varianza (ANOVA) para para la textura de los arándanos con recubrimientos elaborados a base de gel de penca sábila con cera de abeja (Tratamientos).

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	P - valor
Tratamientos	8	1.796	0.22454	4.15	0.0000
Error	261	14.119	0.0541		
Total	269	15.916			

CV = 12.77 %

Al realizar la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad (Tabla 16 y Figura 10) para la textura de las muestras de los arándanos con recubrimientos a base de gel de penca sábila con cera de abeja (Tratamientos), se observa que las muestras de los arándanos con los tratamientos T8 (50 % de gel de penca sábila con 1 % de cera de abeja) y T5 (25 % de gel de penca sábila con 1 % de cera de abeja) obtuvieron los mayores puntajes de aceptación (4.17 y 3.93, respectivamente), siendo estos resultados estadísticamente superiores al resto. Las muestras con los tratamientos T7 hasta el T6, obtuvieron puntajes estadísticamente iguales, los cuales oscilaron entre 3.17 y 3.33

Tabla 16. Prueba de significación de Tukey al 5% de probabilidad, para la textura de los arándanos con recubrimientos elaborados a base de gel de penca sábila con cera de abeja (Tratamientos).

Tratamientos	Puntaje	Agrupación Tukey al 5 %	por
T8	4.17	A	
T5	3.93	A	
T6	3.33		B
T4	3.27		B
T2	3.27		B
T1	3.23		B
T9	3.2		B
T3	3.2		B
T7	3.17		B



Figura 10. Puntaje obtenido para la textura de los arándanos con recubrimientos elaborados a base de gel de penca sábila con cera de abeja (Tratamientos).

Según los resultados obtenidos, se concluye que la muestra de los arándanos con mayor preferencia para los panelistas semientrenados respecto a su textura fueron los tratamientos T8 (50 % de mucilago de sábila con 1 % de cera de abeja) y T5 (25 % de mucilago de sábila con 1 % de cera de abeja), lo cual indica que los tratamiento fueron buenos en comparación al T1 (testigo) que obtuvo un promedio de (3.23) que lo cataloga como regular.

4.2.4 Análisis de varianza (ANOVA) para el sabor de las muestras de los arándanos con recubrimientos elaborados a base de gel de penca sábila con cera de abeja (Tratamientos).

En Tabla 17, se observa los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para el sabor, los cuales indican que existe significación estadística para las muestras con respecto a su sabor, dado que el valor de significación (p-valor = 0.032) es menor al 0.05 (5 %). Este resultado indica que los panelistas evaluadores presentaron mayor predilección por el sabor de uno o más muestras de los arándanos.

Tabla 17. Análisis de varianza (ANOVA) para el sabor de los arándanos con recubrimientos elaborados a base de gel de penca sábila con cera de abeja (Tratamientos).

Fuente de variación	de Grados de libertad	Suma de cuadrados	de Cuadrado medio	F calculado	P - valor
Tratamientos	8	1.142	0.14274	2.15	0.032
Error	261	17.317	0.06635		
Total	269	18.459			

CV = 14.31 %

Al realizar la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad (Tabla 18 y Figura 11) el sabor, se observa que el puntaje obtenidos de las muestras de los arándanos bajo el efecto de los diferentes tratamientos, son significativamente diferentes. Con los tratamientos que van desde T8 (50 % de gel de penca sábila con 1 % de cera de abeja) hasta el T2 (0 % de gel de penca sábila con 1 % de cera de abeja), se obtuvieron puntajes

que oscilaron entre 3.97 y 3.27, no existe diferencias significativas entre estos resultados, sin embargo, por la diferencia numérica es el T8 el que obtuvo mayor puntaje. Con el T9 (50 % de gel de penca sábila con 2 % de cera de abeja), se obtuvo 3.1 siendo este puntaje el menor.

Tabla 18. Prueba de significación de Tukey al 5% de probabilidad, para el sabor de los arándanos con recubrimientos elaborados a base de gel de penca sábila con cera de abeja (Tratamientos).

Tratamientos	Puntaje	Agrupación Tukey al 5 %	por
T8	3.97	A	
T7	3.33	A	B
T5	3.3	A	B
T6	3.27	A	B
T2	3.27	A	B
T3	3.23		B
T4	3.2		B
T1	3.13		B
T9	3.1		B

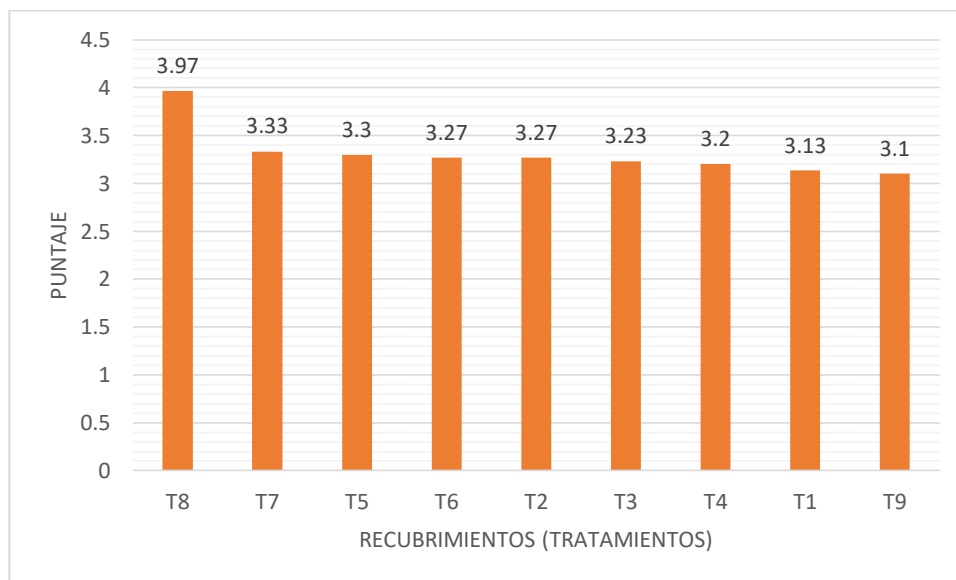


Figura 11. Puntaje obtenido para el sabor de los arándanos con recubrimientos elaborados a base de gel de penca sábila con cera de abeja (Tratamientos).

Según los resultados obtenidos, se concluye que la muestra de los arándanos con mayor preferencia para los panelistas semientrenados respecto a su sabor fue el tratamiento T8 (50 % de gel de penca sábila con 1 % de cera de abeja), lo cual indica que el tratamiento fue bueno en comparación al T1 (testigo) que obtuvo un promedio de (3.13) que lo cataloga como regular.

El que los tratamientos no hayan sido calificados como muy buenos o buenos en la mayoría de las características evaluadas (color, olor, textura y sabor) pudo a ver sido influenciado por factores psicológicos como : estímulo lógico, personalidad y actitud como menciona Carpenter *et al.*(2002), si los jueces conocen algo acerca del objetivo, o reciben alguna pista sobre la identidad del producto, esto puede afectar a sus medidas o conclusiones sensoriales (estímulo) , cuando los jueces creen que existe relación lógica entre dos o más atributos del producto (lógico), las medidas están en gran parte influenciadas por la personalidad , actitudes y creencias , los efectos sobre la percepción pueden estar relacionados con la inexperiencia y las ideas preconcebidas de cada persona.

4.3 Análisis microbiológico

La actividad microbiológica es una de las principales causas del deterioro de los alimentos, lo cual conlleva a la pérdida de calidad de los mismos. En este sentido, se cuenta con la premisa de que a medida que el fruto madura, se produce un aumento progresivo de la presencia de microorganismos, sobre todo mohos y levaduras (Fleet, 1999). Debido a ello, existe un creciente interés en el uso de compuestos antibacterianos naturales como medio de conservación de alimentos (Acosta, 2014). En anexos la figura 13 muestra el conteo de unidades formadoras de colonias (UFC) luego del análisis microbiológico realizado a los arándanos (Tratamiento 8). Los resultados mostraron que la aplicación de los recubrimientos comestibles a los frutos de arándanos se encuentra dentro de los límites establecidos por el MINSA. Los que determinan que es un alimento inocuo y seguro para el consumo humano (ver resultados Anexos figura 13). Appendini y Hotchkiss (2002), quienes mencionan que los recubrimientos, además de actuar como barrera de gases, pueden servir para

mejorar la seguridad de los alimentos mediante la inhibición en el crecimiento de microorganismo, dándole paso al concepto de envasado inteligente. En este sentido, otras investigaciones referentes al recubrimiento en zanahorias (Durango *et al.*, 2006), fresas (Mali y Grossmann, 2003) y frambuesas (Han *et al.*, 2005) demuestran indudablemente método es viable en el control del crecimiento microbiano.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

CAPITULO V

- El recubrimiento aplicado en arándanos con base en gel de sábila (*Aloe vera*) con cera de abeja logra retardar el tiempo de maduración en los arándanos, conservándolo y manteniendo a la fruta en buen estado a lo largo del tiempo de almacenamiento. Este recubrimiento logra obtener mejores resultados en cuanto a parámetros fisicoquímicos como: Pérdida de peso (%pp), contenido de Sólidos Solubles (°Brix), Acidez Titulable (% de ácido cítrico) y pH se mantengan en rangos considerables de una fruta madura y no sobre madura en comparación a los valores del fruto testigo (T1), donde sobresale como el mejor tratamiento T8 (50 % de gel de penca sábila con 1% de cera de abeja) que reporto los siguientes valores: pérdida de peso 12.07 %, Sólidos solubles 14.67 °Brix, acidez 0.45 % de ácido cítrico y pH 3.23 en comparación a los valores del fruto testigo (T1), cuyos valores reportados fueron: pérdida de peso 13.50 %, sólidos solubles 15.67 °Brix, acidez 0.51% de ácido cítrico, y pH 3.33
- Los resultados del análisis sensorial mostraron que la aplicación de los recubrimientos comestibles a los frutos de arándanos mejoró la percepción de los atributos evaluados (color, olor, textura y sabor), donde sobresale como mejor tratamiento T8 (50 % de gel de penca sábila con 1 % de cera de abeja el cual obtuvo el puntaje más alto en los atributos evaluados, por lo que se concluye que el tratamiento fue el mejor en función al análisis sensorial.
- Los resultados mostraron que la aplicación de los recubrimientos comestibles a los frutos de arándanos se encuentra dentro de los límites establecidos por el MINSA. Los que determinan que es un alimento inocuo y seguro para el consumo humano. Se concluye que este recubrimiento además de actuar como barrera de gases, pueden servir para mejorar la seguridad de los alimentos mediante la inhibición en el crecimiento de microorganismos.

5.2 RECOMENDACIONES

- Realizar estudios enfocados en conocer las características proximales, fisicoquímicas y organolépticas de los arándanos cultivados en la provincia de Cajamarca.
- Se recomienda realizar otros estudios similares a diferentes temperaturas de refrigeración y así hacer la comparación con los estudios realizados a temperatura ambiente.
- Se recomienda realizar otros estudios con esta metodología para evaluar la estabilidad y el comportamiento de vitaminas y antioxidantes presentes en los arándanos.
- Realizar estudios donde se evalúe el efecto antimicrobiano de los recubrimientos comestibles a base de gel de penca sábila con cera de abeja en las diferentes frutas y hortalizas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, S. (2014). Propiedades de films de almidón de yuca y gelatina. Incorporación de aceites esenciales con efecto antifúngico (tesis de doctorado). Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.
- ADEX 2015. Perú Exporta – Boletín Semanal N°127. Del 19 al 25 de junio del 2015.
- Álvarez, K. y J. Varón, 2006. Obtención de algunos parámetros de referencia del suelo y del mucílago del *Aloe vera* cultivado en el corregimiento de Colombia municipio de Pereira Risarald. (Tesis de Ingeniero en Tecnología Química). Facultad de Tecnología Química: Universidad Tecnológica de Pereira.
- Alves, D., L. Pérez, A. Estepa y V. Micol. 2004. Membrane related effects underlying the biological activity of the anthraquinones emodin and barbaloin. *Biochem. Pharmacol*66:549-561.
- Ana María Piedrahita, Claudia P. Villegas (2016). Efecto de la aplicación de un cubrimiento comestible en la conservación de las características sensoriales y tiempo de almacenamiento de la mora de castilla (*rubus glaucus benth.*) sin espinas poscosecha.
- Anderson, B. 1999. Cytogenic Evaluation of MI V2 Generation from Experimental. Tetraploids in *Aloe Vera* L: *Revista Científica UDO Agrícola* 1: 29-31.
- Anzaldúa-Morales A. 2005. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Editorial Acribia. Zaragoza, España.
- Appendini, P. y Hotchkiss, J. H. (2002). Review of antimicrobial food packaging. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 3(2), 113-126.
- Atencia J, SE. 2015. Aplicación de *Aloe vera* como recubrimiento comestible de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) (en línea). Tesis Ing. en Industrias Alimentarias. UNASAM, Huaraz, Perú. 145p. Consultado el 04 de abril de 2019. Disponible en:

<http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/1695/FIIA%20SALLY%20ELIZABETH%20ATENCIA%20JARA.pdf//sequence=1&isAllowey>

Bañados, M.P. 2009. Expanding blueberry production into non-traditional production areas: northern Chile and Argentina, Mexico and Spain. Proc. IXth IS on Vaccinium. Eds.: K.E. Hummer et al. Acta Hort. 810. ISHS

Barahona, E., J. Flores y Y. Rosero. 2006. Estudio de factibilidad para la creación de una empresa exportadora de pulpa de Aloe Vera en la provincia de Imbabura hacia el mercado Español. (Tesis de Maestría en Negocios y Comercio Internacional). Facultad de Negocios Internacionales: PUCE-SI Ibarra- Ecuador.

Benavides, L. 2012. Estudio de pre factibilidad para la producción y comercialización de arándanos (*Vaccinium corymbosum* L.). En condiciones de valles andinos del Perú (en línea). Consultado el 06 de abril de 2019. Disponible en: <http://www.pronatur.com.pe>.

Bósquez, E. 2007. Elaboración de recubrimientos comestibles formulados con goma de mezquite y cera de candelilla para reducir la cinética de deterioro en fresco del limón persa (*citrus latifolio* Tanaka). (Tesis Doctor en Ciencias Biologicas). Facultad de Biología: Universidad Autonoma Metropolitana.

Bourtoom, T. 2008. Edible films and coatings: characteristics and properties. Rev. international Food Research Journal 15: 237-248.

Buzeta, A. 1997. Berries para el 2000. Departamento Agroindustrial. Fundación Chile, 135.

Cano,AJ y Corales, FE. 2014. Efecto de recubrimientos comestibles a base de gel de mucilago de penca de sábila (*Aloe Barbadensis miller*) en la vida útil de la fresa (*Fragaria ananassa*). Tesis Ing. Agroindustrial. UNS, Nuevo Chimbote, Perú. 244 p. Consultado el 04 de abril de 2019. Disponible en:<http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/1956/27279.pdf//sequence=1&isAllowed=y>

- Carpenter, R., D. Lyon y T. Hasdel. 2002. *Análisis Sensorial en el Desarrollo y Control de la Calidad de los Alimentos*. Zaragoza-España: Acribia S.A.
- Castillo, C. 2008. Manual de Buenas Prácticas Agrarias Sostenibles de los Frutos Rojos. Fundación Doñana 21. Noviembre 2008. España.
- Colima, J. 2010. Arándano: Perfil Comercial. Secretaría de Desarrollo Rural. Dirección de Comercialización y Planeación. Estado de Colima-México.
- Coria, L; Peralta, F; Albarracín, P. 2008. Análisis de Antocianinas en Arándanos del NOA. Universidad Nacional de Tucumán. Tucumán-Argentina.
- Cuatin R, LY y López E, DF. 2015. Evaluación de un recubrimiento comestible a base de proteínas de suero y cera de abeja sobre la calidad fisicoquímica y organoléptica (en línea). Tesis Ing. Agroindustrial. UNEDAR, Nariño, Colombia. 118p. Consultado el 04 de abril de 2019. Disponible en: <http://biblioteca.udenar.edu.co:8085/atenea/biblioteca/90641.pdf>
- Del Valle, G; González, A; Báez, R. 2005. Antocianinas en uva (*Vitis vinifera* L.) y su relación con el color. *Revista Fitotecnia Mexicana* Vol. 28, número 004, pp. 359-368.
- Del-Valle, V., Hernández-Muñoz, P., Guarda, A., Galotto M., J. (2005). Development of a cactus-mucilage edible coating (*Opuntia ficus indica*) and its application to extend strawberry (*Fragaria ananassa*) shelf life. *Food Chemistry*. 91, 751 – 756.
- Dinamarca, P. 2006. El negocio de los arándanos. *Revista del Campo*. Diario el Mercurio. http://www.diarioelmercurio.com/2006/05/29/revista_delcampo/entrevista/noticias/impresion785772C5-d414-472C-A56A5656DCAE6539.html (Accesado 10 de julio, 2014).
- Duan, J., R. Wu, B. Strik y Y. Zhao. 2011. Effect of edible coatings on the quality of fresh blueberries (*Duke and Elliott*) under commercial storage conditions. *Postharvest biology and technology* 59 (1): 71-79.

- Durango, A. M., Soares, N. F. F. y Andrade, N. J. (2006). Microbiological evaluation of an edible antimicrobial coating on minimally processed carrots. *Food Control*, 17(5), 336-341.
- Embuscado M, HK. 2009. Películas y recubrimientos para aplicaciones de alimentos comestibles. *Rev. Springer*, 387 – 410.
- Fleet, G. H. (1999). Microorganisms in food ecosystems. *International Journal of Food Microbiology*, 50(1), -117.
- Galleta, G., W. Ballinger, R. Monroe y L. Kushman.1990. Relationships between fruit acidity and soluble solids levels of highbush blueberry clones and fruit keeping quality. *J. Amer. SocoHort. Sei* 96 (6): 758-762.
- Garcia, M. 2008. Películas y cubiertas de quitosano en la conservación de vegetales. *Ciencia y Tecnología De Alimentos*, 2(18), 71-76.
- Godoy, A. 2004. Conservación de dos variedades de arándano alto en condiciones de frío convencional. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar de Plata. Buenos Aires – Argentina.
- Gómez, A. 2002. La cera de abeja control y factores de calidad. IV jornada de Malagueña de apicultura. Consultado el 22 de abril del 2019. Disponible en: <http://www.mieldemalaga.com/asociacion/jornadas/ponencias/texto04-4.pdf>
- Gómez, S., Jurado, G. y Arcila Pulgarín, M. (2002). Comportamiento físico, químico y organoléptico de frutos de plátano dominico-hartón sometidos a diferentes sistemas de almacenamiento y tipos de empaques en el Quindío. *Memorias XV Reunión Internacional ACORBAT. Cartagena de Indias, Colombia*. 517-522 p.
- Gonzales, A; Riquelme, J; France, A; Uribe, H; Robledo, P. 2017. Manual de manejo agronómico del arándano. Edit. Morales, G. Edic. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Fidel Oteiza 1956. Boletín N°6. Consultado el 22 de abril del 2019. Disponible en: <https://www.indap.gob.cl/docs/default-source/default-document-library/manual-arandanos.pdf//sfvrsn=0>

- González, M. 2011. Conservación de mora, uvilla y frutilla mediante la utilización de aceite esencial de canela (*Cinnamomum zeynalicum*). Departamento de química: Escuela Superior Técnica de Chimborazo. <http://www.hdl.handle.netJ1234567891737> (accesado el 20 de junio, 2014).
- Guillermo García (2010). Métodos alternativos de conservación de alimentos, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Han, C., Lederer, C., McDaniel, M. y Zhao, Y. (2005). Sensory evaluation of fresh strawberries (*Fragaria ananassa*) coated with chitosan- based edible coatings. *Journal of Food Science*, 70(3), S172-S178.
- Hoa, T. y M. Ducamp. 2008. Efectos de diferentes revestimientos sobre los cambios bioquímicos de mangos (Gato Roa/oc) en almacenamiento. *Postcosecha Bio/ Technology* 48(1): 150-152.
- Jara, G. 2012. Características de los arándanos cultivados en Perú. Licenciada en Ciencias Biológicas. Magister en Ciencias. Santiago-Chile.
- Joo, M., N. Lewandowski, R. Auras, J. Harte y V. Almenar. 2011. Comparative shelf life study of blackberry fruit in bio-based and petroleum-based containers under retail storage conditions. *Food Chem.*, 15 (Junio): 126(4): 1734-1740.
- Kester, J. y Fennema, O. 1986. Edible films and coatings: A review. *Food Technology*. 40: 47 - 59.
- Krochta, J. M., Baldwin, E. A., Nisperos-Carriedo, M. (1994). *Edible coatings and films to improve food quality*. Florida, Unite states of America: CRC Press.
- Laura Llacuna, Nuria Mach (2011). Papel de los antioxidantes en la prevención del cáncer.
- López, DF; Cuatin, R; Andrade, JC; Osorio; O. 2015. Evaluación de un recubrimiento comestible a base de proteínas de suero y cera de abeja sobre la calidad fisicoquímica y organoléptica. *Acta Agron.* 65 (4): 326-333.

- Mali, S. y Grossmann, M. (2003). Effects of yam starch films on storability and quality of fresh strawberries (*Fragaria ananassa*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(24), 7005-7011.
- Marconi, C. 2016. Proyecto de mejora de las economías regionales y desarrollo local-
Gía de buenas prácticas de producción de cera de abeja. Edic. INTI. España.
Consultado el 22 de Abril del 2019. Disponible en:
<https://inti.gob.ar/ue/pdf/publicaciones/cuadernillo34.pdf>
- Martín, O; Soliva, R y Oliu, G. 2007. Avances en la mejora de la calidad comercial de los frutos frescos cortados: aspectos físico-químicos y microbiológicos. V congreso Iberoamericano de Tecnología postcosecha y agroexportaciones. 862 – 868p.
- Martínez, D; Gullen, J; Valverde, JM; Maria, Serrano; Zapata, P; Bailen, Gloria; Castillo, S, Valera, D. S.F. Aloe vera como recubrimiento comestible en frutas y Hortalizas. Consultado el 22 de abril del 2019. Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/237759886_Aloe_vera_GEL_COMO_RECUBRIMIENTO_COMESTIBLE_EN_FRUTAS_Y_HORTALIZAS
- Martinez, R; Serrano, M; Valero y Castillo, S. 2003. Modified atmosphere packaging mantains quality of table grapes. *Rev Journal of Food Science* 68:1838-1843.
- Mitcham, E, C. Crisosto y A. Kader. 2003. Bushberry:Arándano,Frambuesa. Recomendaciones para mantener la calidad postcosecha. Departamento de Pomología: Universidad de california.<http://rics.ucdavis.edu/postharvest2/produce/producefact/fruit/Bery.html>> (accesado el 14 abril, 2014).
- Molocho, LV y Orbegoso, LC. 2017. Evaluación del efecto de un recubrimiento a base de sábila (Aloe vera) y aceite esencial de canela (*Cinnamomum verum*) en el tiempo de vida útil del tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) roma. Lambayeque – 2016. Tesis Ing. Agroindustrial y Comercio Exterior. USS, Lambayeque, Perú. 131p. Consultado el 04 de abril de 2019. Disponible en:
<http://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/uss/3943/Informe%20de%20T>

esis%20%20Moloch%20L.%20y%20Orbegoso%20L..pdf?sequence=1&isAllowed=y

Moncayo, DC; Buitrago, G; Algecira, NA. 2016. Pellicular comestibles a base de un biopolímero tipo dextrana. *Agronomía Colombiana*. 34 (1): 107-109.

Muños, P. 2011. Recubrimientos comestibles para frutas y hortalizas. <http://es.scrib.com/doc/38566614/Recubrimientos-Comestibles> (accesado el 28 de Mayo, 2014).

Navarro, M. 2013. Efecto de los Tratamientos de gel de aloe aplicados en pre- o Post recolección sobre la calidad de frutos de hueso y uva de mesa. (Tesis de Doctor en Ingeniera Agrónoma). Escuela Politécnica Superior de Orihuela: Universidad Miguel Hernández de Elche.

Ni, Y., Turner, D., Yates, K. M. y Tizard, I. (2004). Isolation and characterization of structural components of Aloe vera L. leaf pulp. *International Immunopharmacology*, 4(14), 1745-1755. número 004, pp. 359-368.

Olivas G, Barbosa-Cánovas G. 2005. Edible Coatings for Fresh-Cut Fruits. *Critical Reviews In Food Science And Nutrition* 45:657-670.

Palomino, E. 2016. Evaluación del gel de sábila (Aloe vera) como recubrimiento comestible y su aplicación en la conservación de carambola (*Averrhoa carambola* L.) entera y mínimamente procesada (en línea). Tesis Ing. Agroindustrial. UNA, Puno, Perú. 120p. Consultado el 04 de abril de 2019. Disponible en: http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3551/Eduardo_Palomino_Jennifer_Estefany.PDF?sequence=1&isAllowed=y

Perkins, P., J. Clark, T. Collins y J. Magee. 1995. Southern highbush blueberry clones differ in postharvest fruit quality. *Fruit Varieties Journal* 49 (1): 46-52.

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.

Quintero, J. y J. Muñoz. 2010. Películas y recubrimientos comestibles: Importancia y tendencias recientes en la cadena hortofrutícola. Revista Tumbaga 5:93-118.

Ramírez J., Aristizábal I. y Restrepo J. (2012). Conservación de Mora de Castilla (*Rubus Glaucus Benth*) mediante la aplicación de un recubrimiento comestible de gel de mucílago de Penca de Sábila (*Aloe Barbadensis Miller*). Tesis de la Universidad Nacional De Colombia.

Ramírez, JD. 2013. Conservación de mora de castilla mediante la aplicación de un recubrimiento comestible de gel de mucilago de penca de sábila. Ciencia Farmacéuticas y Alimentarias. 20 (3): 172 – 183. Consultado el 30 de 01 del 2019. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0121-40042013000300003&script=sci_abstract&lng=es

Restrepo, J y Aristizábal, I. 2010. Conservación de fresa (*fragaria x ananassa duch cv. camarosa*) mediante la aplicación de recubrimientos comestibles de gel mucilaginoso de penca sábila (*aloe barbadensis miller*) y cera de carnaúba. Rev. Vitae edición Agosto. 17(3). 252-263 pg.

Reynolds, T; Dweck, AC.1999. Aloe vera leaf gel: a review update. Journal of Ethnopharmacology 68: 3-37.

Rivera, D.; Gardea, A.; Martínez, M.; González-Aguilar, G. 2007. Efectos Bioquímicos Postcosecha de la irradiación UV-C en frutas y hortalizas. Revista Fitotecnia Mexicana. Vol-30 pp. 361-372.

Rojas-Graü, MA. 2006. Recubrimiento y sustancias de origen natural en manzana fresca cortada: Una nueva estrategia de conservación.” Tesis de doctorado. Departamento de Tecnología de Alimentos. Universidad de Lleida. España.

Rubio, E. 2013. Explotación de frutos en la producción integrada en el término municipal de Murillo de Rio Leza (La Rioja). Tesis Ing. Agroindustrial.

Universidad de La Rioja, Mexico, Consultado el 23 de abril del 2019.
Disponibile en: https://biblioteca.unirioja.es/tfe_e/R000001724.pdf

Sapers, G., R. Miller, F. Douglas y K. Hicks. 1991. Uptake and Fate of Ascorbic Acid-2 Phosphate in Infiltrated Fruit and Vegetable Tissue. *Journal of Food Science* 56 (2): 419-422.

Scheihing, P. 2005. Elaboración de Vino de Arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) como materia prima para la Producción de Vinagre. Tesis para Licenciado en Ciencia de Alimentos. Universidad Austral de Chile. Valdivia-Chile.

Senser, F. YH. Scherz, 1999. Tablas de Composición de Alimentos. El pequeño "Souci Fachmann-Kraut". Zaragoza-España: Acribia, S.A.

Serradilla, M., B. Lozano, M. Bernalte, L. Ayuso, D. López y C. González. 2010. Physicochemical and bioactive properties evolution during ripening of Ambrunés sweet cherry cultivar. *LWT - Food SC and Tech* 44: 199 - 205.

Tanada, SP y Grosso, C. 2005. Effect of edible wheat gluten-based films and coatings on refrigerated strawberry (*Fragaria anassa* quaility) *Postharvest Biology and Technology*. 36:199 -208.

United States Department of Agriculture (USDA).2002.Blueberries, Raw.<<http://www.nidetec.com/sites/nidetec/documentos/el%20cultivo%20de%20ar%C3%A1ndano.pdf>>Accesado el15 de Agosto, 2014).

Vilches, FA. 2005. Formulación y elaboración de un "Snack" de arándano con incorporación de fibra dietética. Tesis para optar el Titulo de Ing. Agrónomo. Universidad de Chile Facultad de Ciencias Agronómicas Escuela de Agronomía. Santiago-Chile. Consultado el 22 de abril de 2019. Disponible en: http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2005/vilches_f/sources/vilches_f.pdf

Villegas, C. 2016. Aplicación y efecto de un recubrimiento comestible sobre la vida útil de la mora de castilla (*Rubus glauscus* Benth). *Rev. Ciencia Farmacéuticas y Alimentarias*. 23 (3): 202 – 209. Consultado el 30 de 01 del

2019. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/vitae/v23n3/0121-4004-vitae-23-03-00202.pdf>

Vinifera L.) y su relación con el color. Revista Fitotecnia Mexicana Vol. 28,

Xahil S. Martínez Salazar (2003). Evaluación y efecto de un polímero comercial en el mantenimiento de la calidad de guayaba almacenada en refrigeración.

Yommi, A. y C. Godoy. 2002. Arándanos Fisiología y Tecnología de Postcosecha. Saludables.

<http://www.directomed.com/articulotlapuntessaludableslarándanos>
(Accesado el 13 de agosto, 2014).

Zhanga, W; Xiaoa, H y Qianba, L. 2014. Beeswax-chitosan emulsion coated paper with enhanced water vapor barrier efficiency. Rev. Applied Surface Science 300: 80 – 85.

ANEXOS

1. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL

Tabla 19. Resumen de datos de evaluación sensorial (color y olor).

PANELISTAS	COLOR									OLOR								
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	3	3	2	3	3	3	3
2	4	4	4	5	4	4	4	5	5	3	3	3	4	3	4	3	3	3
3	4	4	4	3	3	4	3	4	4	3	2	4	3	4	4	3	3	3
4	4	4	4	4	3	4	4	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	4
5	2	4	4	3	4	3	2	3	4	3	3	2	2	2	2	1	3	4
6	3	3	4	3	3	3	4	4	4	4	3	3	3	2	4	3	4	3
7	5	5	5	4	5	4	4	4	5	4	3	4	4	4	4	3	3	4
8	4	4	4	3	2	4	4	4	4	4	4	4	3	2	4	3	4	4
9	2	3	3	4	4	5	4	5	4	2	3	4	4	4	3	3	4	4
10	3	3	3	2	4	5	5	4	3	4	4	3	4	4	5	4	4	3
11	4	4	4	4	4	4	3	5	3	4	4	4	3	4	3	3	4	4
12	3	3	2	3	3	4	3	4	1	3	3	4	4	4	3	3	3	2
13	3	3	4	4	3	4	3	4	2	5	5	4	3	4	3	3	4	2
14	2	3	2	3	4	5	4	5	3	1	3	4	3	4	1	4	5	2
15	3	3	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
16	3	4	4	3	4	3	4	5	4	2	3	3	3	3	4	3	4	4
17	4	4	4	3	3	3	3	4	4	2	2	3	2	2	3	2	3	4
18	4	3	4	3	3	2	4	4	4	3	3	4	3	4	3	3	3	4
19	3	4	5	4	3	3	3	3	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4
20	3	3	4	3	4	3	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3
21	5	4	4	5	4	4	4	4	5	4	5	4	3	3	4	3	3	3
22	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
23	3	3	4	5	4	3	3	3	3	3	3	4	5	5	3	3	3	5
24	4	3	3	4	4	3	4	4	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4
25	3	3	3	1	2	2	2	2	2	3	3	3	2	3	4	4	4	4
26	3	2	3	3	3	3	3	4	3	3	3	2	4	4	3	3	2	2
27	3	3	4	4	4	4	3	4	3	3	3	4	4	5	4	4	4	3
28	2	3	2	4	3	4	3	4	4	2	3	3	4	2	4	3	2	3
29	3	3	4	3	2	2	2	3	4	4	3	3	3	2	3	3	3	3
30	4	5	3	3	4	3	2	3	4	3	4	3	3	4	3	2	3	3
	3.37	3.50	3.67	3.50	3.50	3.57	3.43	3.87	3.43	3.20	3.33	3.43	3.33	3.33	3.40	3.10	3.43	3.37

Tabla 20. Resumen de datos de evaluación sensorial (textura y sabor).

PANELISTAS	TEXTURA									SABOR								
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
1	3	4	3	4	3	3	4	4	4	2	5	5	4	3	5	4	5	4
2	3	3	4	4	4	4	4	5	5	3	3	4	4	4	4	4	5	5
3	3	3	2	3	4	4	3	4	4	5	4	5	2	1	4	3	2	3
4	3	3	3	3	2	2	3	2	3	4	5	3	4	5	4	3	3	4
5	3	5	4	3	4	3	1	2	3	3	5	4	3	4	3	1	2	3
6	4	4	3	3	4	2	3	4	2	4	3	3	3	4	4	3	3	3
7	4	3	5	3	3	3	4	4	4	4	3	5	3	3	3	4	4	4
8	3	3	3	3	3	4	4	3	3	4	5	3	3	1	3	2	3	4
9	2	3	3	3	4	3	3	3	4	3	3	3	3	2	1	2	4	4
10	4	3	3	3	4	5	5	5	3	3	2	2	4	5	5	4	4	3
11	4	4	3	3	5	3	3	3	5	5	4	3	3	4	3	3	3	4
12	2	3	3	3	3	3	2	4	1	4	5	4	3	5	2	4	4	1
13	2	3	3	4	3	3	3	5	2	4	5	3	3	5	3	4	4	4
14	3	3	4	3	4	1	4	3	2	3	1	4	4	5	2	4	3	3
15	3	4	4	3	4	3	3	4	2	3	4	2	3	5	2	3	4	4
16	3	4	4	4	4	3	4	4	4	3	4	4	4	3	3	4	3	5
17	2	2	3	3	3	3	3	4	4	3	3	4	3	4	3	3	4	4
18	3	3	4	3	3	3	2	2	4	2	3	4	4	4	3	4	2	4
19	3	3	4	5	3	3	2	2	2	3	3	4	4	3	3	3	3	2
20	4	3	3	3	4	4	4	4	3	3	3	2	3	3	3	4	4	2
21	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	5	3	3
22	4	5	4	4	4	4	4	4	2	5	4	4	4	4	4	3	4	2
23	4	3	4	5	5	2	3	3	3	2	4	3	4	5	4	4	4	4
24	5	3	2	2	3	4	3	3	2	4	4	2	4	3	3	3	2	2
25	3	3	3	2	4	4	4	4	3	4	3	3	3	4	3	4	5	4
26	3	2	3	2	2	3	3	4	4	3	2	4	2	3	3	3	3	3
27	3	2	4	4	4	3	4	4	3	4	3	3	4	4	3	4	2	2
28	2	3	3	3	2	4	3	2	3	3	4	3	4	4	4	3	2	3
29	4	2	2	4	3	3	2	2	4	4	2	2	2	2	3	3	3	3
30	4	5	3	3	4	3	1	4	4	5	5	5	4	5	4	2	4	4
	3.23	3.27	3.33	3.27	3.53	3.20	3.17	3.50	3.20	3.53	3.60	3.43	3.40	3.70	3.27	3.33	3.37	3.33

2. Ficha de evaluación sensorial

FICHA DE EVALUACION SENSORIAL

FECHA:

INSTRUCCIONES: Frente a usted se presenta 09 muestras de frutos de arándanos. Por favor observe y pruebe cada uno de ellos. Indique la calificación de acuerdo en que le gusta o le disgusta cada atributo de las muestras, marcando con un aspa la respuesta de su preferencia.

Nota: Recuerde tomar agua entre cada muestra.

ATRIBUTO	CALIFICACIÓN	MUESTRAS								
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
COLOR	Muy bueno									
	Bueno									
	Regular									
	Malo									
	Muy malo									
OLOR	Muy bueno									
	Bueno									
	Regular									
	Malo									
	Muy malo									
TEXTURA	Muy bueno									
	Bueno									
	Regular									
	Malo									
	Muy malo									
SABOR	Muy bueno									
	Bueno									
	Regular									
	Malo									
	Muy malo									

COMENTARIOS:.....

¡GRACIAS POR SU COLABORACIÓN!

Figura 12. Puntaje obtenido para la evaluación sensorial de los arándanos con recubrimientos elaborados a base de gel de penca sábila con cera de abeja (Tratamientos).

3. Resultados microbiológicos



N° Referencia de Laboratorio V 21/06
Propietario: VILMA VÁSQUEZ TANTALEAN
Dirección: Jr. Los Naranjos N° 772 - Cajamarca
Muestra Recibida: Arándanos (Cultivos Microbiológicos)
Remitente: _____
Fecha: 04/06/2019 Fecha de Recibido: 30/05/2019

RESULTADOS

MUESTRA: Fruto Arándanos

EXAMENES SOLICITADOS:

- Numeración Coliformes Totales: Ufc/g.
- Numeración Mesófilos: Ufc/g.
- Samonella sp. /25 g
- Numeración de Hongos y Levaduras

CULTIVOS REALIZADOS	RESULTADO
Numeración Coliformes Totales: Ufc/g.	01 x 10 ²
Numeración Mesófilos: Ufc/g.	01 x 10 ²
Samonella sp. /25 g	Ausente
Numeración de Hongos y Levaduras	02 x 10 ¹

Referencia:

Los Arándanos: Con recubrimiento comestible a base de gel de Aloe Vera y cera de Abeja.
13 días post tratamiento: Análisis de laboratorio.

LABRENOR

Dr. David Alvarez Contreras
DIRECTOR

Figura 13. Resultado microbiológicos

4. Criterios microbiológicos para frutas y hortalizas frescas y semiprocesadas.

NTS N° 071 - MINSADIGESA-V.01
 NORMA SANITARIA QUE ESTABLECE LOS CRITERIOS MICROBIOLÓGICOS DE CALIDAD SANITARIA E INOCUIDAD
 PARA LOS ALIMENTOS Y BEBIDAS DE CONSUMO HUMANO

Agente microbiano	Categoría	Clase	n	c	Limite por g	
					m	M
<i>Escherichia coli</i>	5	3	5	2	10 ²	10 ³
<i>Salmonella sp.</i>	10	2	5	0	Ausencia /25 g	----
XIV.2 Frutas y hortalizas frescas semiprocesadas (lavadas, desinfectadas, peladas, cortadas y/o precocidas) refrigeradas y/o congeladas.						
Agente microbiano	Categoría	Clase	n	c	Limite por g	
					m	M
Aerobios mesófilos	1	3	5	3	10 ⁴	10 ⁶
<i>Escherichia coli</i>	5	3	5	2	10	10 ²
<i>Salmonella sp.</i>	10	2	5	0	Ausencia /25 g	----
<i>Listeria monocytogenes</i> (*)	10	2	5	0	Ausencia /25 g	----
(*) Solo para frutas y hortalizas de tierra (a excepción de las precocidas).						
XIV.3 Frutas y hortalizas desecadas, deshidratadas o liofilizadas.						
Agente microbiano	Categoría	Clase	n	c	Limite por g	
					m	M
Mohos	2	3	5	2	10 ²	10 ³
Levaduras	2	3	5	2	10 ²	10 ³
<i>Escherichia coli</i>	5	3	5	2	10	5 x 10 ²
<i>Salmonella sp.</i>	10	2	5	0	Ausencia /25 g	---
XIV.4 Frutas y hortalizas en vinagre, aceite o salmuera o fermentadas.						
Agente microbiano	Categoría	Clase	n	c	Limite por g	
					m	M
Levaduras	3	3	5	1	10 ³	10 ⁴
XIV.5 Frutos secos (dátiles, tamarindo, otros) y semillas (castañas, maní, pecanas, nuez, almendras, otros).						
Agente microbiano	Categoría	Clase	n	c	Limite por g	
					m	M
Mohos	3	3	5	1	10 ²	10 ³
Levaduras	3	3	5	1	10 ²	10 ³
<i>Escherichia coli</i>	5	3	5	2	10	10 ²
XIV.6 Mermelada, jaleas y similares.						
Agente microbiano	Categoría	Clase	n	c	Limite por g	
					m	M
Mohos	3	3	5	1	10 ²	10 ³
Levaduras	3	3	5	1	10 ²	10 ³
XV. ALIMENTOS ELABORADOS						
XV.1. Alimentos preparados sin tratamiento térmico (ensaladas crudas, mayonesas, salsa de papa huancaína, ocopa, aderezos, postres, jugos, yogurt de fabricación casera, otros). Alimentos preparados que llevan ingredientes con y sin tratamiento térmico (ensaladas mixtas, palta rellena, sándwich, cebiche, postres, refrescos, otros).						
Agente microbiano	Categoría	Clase	n	c	Limite por g ó mL	
					m	M
Aerobios mesófilos (*)	2	3	5	2	10 ⁵	10 ⁶
Coliformes	5	3	5	2	10 ²	10 ³
<i>Staphylococcus aureus</i>	7	3	5	2	10	10 ²
<i>Escherichia coli</i>	5	3	5	2	10	10 ²
<i>Salmonella sp.</i>	10	2	5	0	Ausencia /25 g	----
(*) No procede para el caso de yogurt de fabricación casera.						



HERNANDEZ C



C. Reyes J.

Figura 14. Criterios microbiológicos para frutas y hortalizas frescas y semiprocesadas.

5. Panel fotográfico



Figura 15. Plantaciones de arándanos caserío aliso colorado



Figura 16. Frutos de arándanos caserío aliso colorado



Figura 17. Selección y clasificación de los arándanos



Figura 18. Lavado y desinfección de los arándanos



Figura 19. Secado de los arándanos



Figura 20. Lavado y desinfección del Aloe vera



Figura 21. Formulación y licuado del recubrimiento comestible



Figura 22. Cera abeja refinada



Figura 23. Mezclado y calentamiento del recubrimiento comestible



Figura 24. Enfriamiento del recubrimiento del comestible



Figura 25. Inmersión de los arándanos en los recubrimientos comestibles



Figura 26. Escurrido de los arándanos



Figura 27. Secado de los arándanos recubiertos con los diferentes tratamientos



Figura 28. Envasado de los arándanos recubiertos



Figura 29. Pesado y envasado de los arándanos recubiertos



Figura 30. Envasado de los arándanos recubierto



Figura 31. Almacenamiento



Figura 32. Medición del ° Brix



Figura 33. Medición del pH

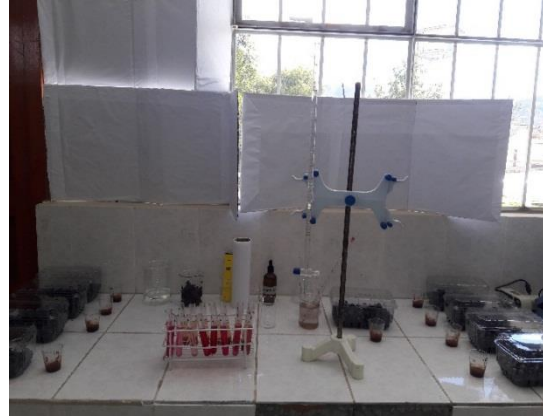


Figura 34. Medición de acidez titulable (%ácido cítrico)

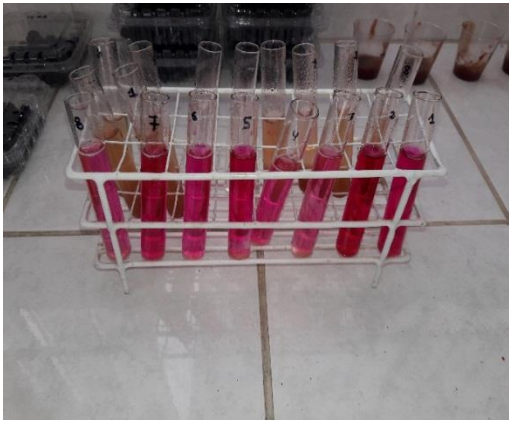


Figura 35. Muestras tituladas



Figura 36. Medición del peso



Figura 37. Cabinas para la evaluación sensorial



Figura 38. Muestras para la evaluación sensorial



Figura 39. Panelista



Figura 40. Panelista 2