



Evaluación del efecto del aloe vera a diferentes concentraciones en arándano (*Vaccinium corymbosum*) conservados a dos temperaturas

Novillo Cruz, Eddie Camilo

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario

Ing. Larrea Cedeño, Gabriel Alejandro

12 de marzo del 2022



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Certificación

Certifico que el trabajo de titulación: **“Evaluación del efecto del aloe vera a diferentes concentraciones en arándano (*Vaccinium corymbosum*) conservados a dos temperaturas”** fue realizado por el señor **Novillo Cruz, Eddie Camilo**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 12 de marzo de 2022



Firmado digitalmente por
**GABRIEL
ALEJANDRO LARREA
CEDENO**

.....
Larrea Cedeño, Gabriel Alejandro

C. C.: 1709635039



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Responsabilidad de Autoría

Yo, **Novillo Cruz, Eddie Camilo**, con cédula de ciudadanía No. 1717968489 declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: : "**Evaluación del efecto del aloe vera a diferentes concentraciones en arándano (*Vaccinium corymbosum*) conservados a dos temperaturas**" es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 12 de marzo de 2022

.....
Novillo Cruz, Eddie Camilo

C.C.: 1717968489



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Autorización de Publicación

Yo/ nosotros **Novillo Cruz, Eddie Camilo**, con cédula de ciudadanía No. 1717968489, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Título: "Evaluación del efecto del aloe vera a diferentes concentraciones en arándano (*Vaccinium corymbosum*) conservados a dos temperaturas"** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, 12 de marzo del 2022

Novillo Cruz, Eddie Camilo

C.C.: 1717968489

Reporte verificación de similitud de contenidos



Camilo Novillo Proyecto tesis fin copyleaks.docx

Scanned on: 14:32 March 11, 2022 UTC



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text

Identical Words	600
Words with Minor Changes	0
Paraphrased Words	201
Omitted Words	7

Creado electrónicamente por:
GABRIEL
ALEJANDRO LARREA
CEDEÑO

Ing. Gabriel Larrea Cedeño. Mgs.

1709635039



Website | Education | Businesses

Dedicatoria

Dedico la culminación de mi proyecto de tesis y formación académica en la Carrera de Ingeniería Agropecuaria a:

Mis padres Eddie y María Cristina, quienes me brindaron siempre su amor, apoyo incondicional y me dieron las herramientas necesarias para salir adelante, con este logro demuestro mi amor y gratitud eterna hacia ustedes.

Mis abuelos Edgar, Martha y Nora, agradezco por poder contar con ustedes siempre desde que tengo memoria, han sido un inmenso apoyo durante toda mi vida. A mi abuelo Vicente que en paz descanse, admiración infinita y sentimiento de identificación por también ser Ingeniero Agrónomo.

Mi familia, que siempre me ha apoyado y hemos compartido una vida juntos; penas y alegrías, pero siempre nos hemos mantenido unidos

Mi compañera de carrera, aventuras y vida, Amy, quien con amor y paciencia me ha brindado su apoyo y compañía en esta trayectoria.

Agradecimientos

Agradezco por la culminación de mi proyecto de tesis y formación académica en la Carrera de Ingeniería Agropecuaria a:

Dios, porque ha estado conmigo en cada paso que doy, llenándome de luz y bendiciones, aún más en los momentos de dificultad.

A mis padres, Eddie y María Cristina, por ser los principales motores de mi vida y apoyarme en todo momento. Gracias a los consejos, valores y principios que me han inculcado, hoy me siento capaz de enfrentar al mundo.

Mi profundo agradecimiento a mi tutor de tesis: Ing. Gabriel Larrea, por haberme guiado en cada proceso durante la elaboración de este trabajo de titulación.

A todos mis docentes, por sus valiosas enseñanzas, conocimientos y experiencias impartidas que me ayudaron a desarrollarme profesionalmente, en especial a los Ingenieros Norman Soria, Elizabeth Urbano, quienes recuerdo con mucho amor por brindarme consejos y sabiduría impartidas dentro y fuera de las aulas.

A mi querida alma máter, el Instituto Agropecuario Superior Andino IASA I, donde compartí el mejor tiempo de mi vida, me formé como persona y como profesional; agradecido con todos los trabajadores que siempre recordaré por su hermoso carisma, son el motor de nuestra hacienda.

Índice de Contenidos

Carátula.....	1
Certificación.....	2
Responsabilidad de Autoría.....	3
Autorización de Publicación.....	4
Reporte verificación de similitud de contenidos.....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimientos.....	7
Índice de Contenidos.....	8
Índice de tablas.....	12
Índice de figuras.....	15
Resumen.....	16
Abstract.....	18
Capítulo I.....	19
Introducción.....	19
Antecedentes.....	19
Justificación.....	20
Objetivos.....	21
Objetivo general.....	21
Objetivos específicos.....	21
Hipótesis.....	21
Hipótesis nula.....	21
Hipótesis de investigación.....	21
Capítulo II.....	22

Revisión de literatura.....	22
El cultivo de arándano	22
Taxonomía	23
Morfología del arándano.....	23
Variedades	26
Composición nutricional.....	27
Usos	28
Recubrimientos comestibles	28
Tipos de recubrimientos comestibles.....	30
Hidrocoloides.....	30
Polisacáridos.....	30
Lípidos.....	31
Ceras y parafinas.....	31
Recubrimientos comestibles compuestos.....	31
Composición de los recubrimientos comestibles	32
Aloe vera.....	33
Propiedades nutricionales y medicinales del aloe vera.....	33
Recubrimiento comestible de aloe vera.....	34
Capítulo III.....	36
Metodología	36
Área de estudio.....	36
Materiales y equipos	36
Materia prima.....	36
Metodología	38

	10
Selección de los arándanos.....	38
Preparación del recubrimiento comestible de aloe vera	38
Recubrimiento de los frutos	39
Análisis fisicoquímicos	40
Porcentaje de pérdida de peso (%PP)	40
Sólidos Solubles (° Brix)	41
pH.....	41
Acidez titulable (% ácido cítrico)	41
Calibre.....	41
Textura.....	41
Evaluación de la vida útil	42
Tipo de diseño	43
Análisis estadístico.....	43
Capítulo IV.....	44
Resultados y Discusión.....	44
Temperatura Refrigeración	44
Análisis fisicoquímico (7°C).....	44
Porcentaje de pérdida de peso (%PP)	44
Acidez titulable (% ácido cítrico)	45
pH.....	46
Textura.....	47
Sólidos Solubles (°Brix)	49
Incidencia de Mohos (<i>Botrytis cinérea</i>).....	50
Índice de madurez (IM).....	51

	11
Calibre.....	52
Determinación de la vida útil.....	53
Temperatura ambiente.....	54
Análisis fisicoquímico (17 ± 2 °C).....	54
Porcentaje de pérdida de peso (%PP).....	54
Acidez titulable (% ácido cítrico).....	56
pH.....	57
Textura.....	58
Sólidos Solubles (°Brix).....	59
Incidencia de Mohos (<i>Botrytis cinérea</i>).....	60
Índice de madurez (IM).....	61
Calibre.....	62
Determinación de Vida útil.....	63
Discusión.....	65
Capítulo V.....	68
Conclusiones y recomendaciones.....	68
Conclusiones.....	68
Recomendaciones.....	68
Bibliografía.....	70

Índice de tablas

Tabla 1 Clasificación taxonómica de la <i>Vaccinium corymbosum</i>	23
Tabla 2 Variedades de arándano azul con poco requerimiento de horas frío-adaptadas en Perú	27
Tabla 3 Composición nutricional en 100g de arándanos frescos	28
Tabla 4 Formulaciones y cantidades para la elaboración del recubrimiento comestible de aloe vera	39
Tabla 5 Análisis de varianza (ANOVA) para la pérdida de peso (%PP)	44
Tabla 6 Media \pm D.E de la pérdida de peso (%pp) en los tratamientos con aloe vera	45
Tabla 7 Análisis de varianza (ANOVA) para la acidez (% de ácido cítrico) en los tratamientos con aloe vera	45
Tabla 8 Media \pm D.E de la acidez en los tratamientos con aloe vera	46
Tabla 9 Análisis de varianza (ANOVA) para el pH en los tratamientos durante los días de observación	46
Tabla 10 Media \pm D.E del pH en los tratamientos recubiertos con cuatro concentraciones de aloe vera	47
Tabla 11 Análisis de varianza (ANOVA) para la textura en los tratamientos durante los días de observación	47
Tabla 12 Media \pm D.E de la textura en los tratamientos recubiertos con aloe vera	48
Tabla 13 Análisis de varianza (ANOVA) para los sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix) en los tratamientos con aloe vera	49
Tabla 14 Media \pm D.E de los sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix) en los tratamientos recubiertos con aloe vera	49

Tabla 15 Análisis de varianza (ANOVA) para la incidencia de mohos (%) en los tratamientos durante los días de observación.....	50
Tabla 16 Media \pm D.E de la incidencia de mohos (%) en los tratamientos recubiertos con aloe vera	50
Tabla 17 Análisis de varianza (ANOVA) para el IM en los tratamientos durante los días de observación	51
Tabla 18 Media \pm D.E del (IM) en los tratamientos recubiertos con cuatro concentraciones de aloe vera	51
Tabla 19 Análisis de varianza (ANOVA) para el calibre (mm) en los tratamientos durante los días de observación	52
Tabla 20 Media \pm D.E del calibre (mm) en los tratamientos recubiertos aloe vera	53
Tabla 21 Tiempo máximo de vida útil (días) de los arándanos tratados con el recubrimiento de aloe vera	53
Tabla 22 Análisis de varianza (ANOVA) para la pérdida de peso (%PP)	55
Tabla 23 Media \pm D.E de la pérdida de peso (%pp) en los tratamientos recubiertos con aloe vera	55
Tabla 24 Análisis de varianza (ANOVA) para la acidez (% de ácido cítrico) en los tratamientos con aloe vera	56
Tabla 25 Media \pm D.E de la acidez (% ácido cítrico) en los tratamientos con aloe vera.....	56
Tabla 26 Análisis de varianza (ANOVA) para el pH en los tratamientos durante los días de observación.....	57
Tabla 27 Media \pm D.E del pH en los tratamientos recubiertos con cuatro concentraciones de aloe vera	58

Tabla 28 Análisis de varianza (ANOVA) para la textura en los tratamientos durante los días de observación	58
Tabla 29 Media \pm D.E de la textura en los tratamientos recubiertos con aloe vera	59
Tabla 30 Análisis de varianza (ANOVA) para los sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix) en los tratamientos con aloe vera	59
Tabla 31 Análisis de varianza (ANOVA) para la incidencia de mohos (%) en los tratamientos con aloe vera	60
Tabla 32 Media \pm D.E de la incidencia de mohos (%) en los tratamientos recubiertos con aloe vera	61
Tabla 33 Análisis de varianza (ANOVA) para el índice de madurez (IM) en los tratamientos recubiertos con aloe vera	61
Tabla 34 Media \pm D.E del índice de madurez (IM) en los tratamientos recubiertos con aloe vera	62
Tabla 35 Análisis de varianza (ANOVA) para el calibre (mm) en los tratamientos con aloe vera	62
Tabla 36 Media \pm D.E del calibre (mm) en los tratamientos recubiertos con aloe vera	63
Tabla 37 Tiempo máximo de vida útil (días) de los arándanos tratados con el recubrimiento de aloe vera	64

Índice de figuras

Figura 1 Planta de <i>Vaccinium corymbosum</i>	24
Figura 2 Hojas de <i>Vaccinium corymbosum</i>	24
Figura 3 Inflorescencias de <i>Vaccinium corymbosum</i>	25
Figura 4 Cuaja de <i>Vaccinium corymbosum</i>	25
Figura 5 Arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> L.).....	26
Figura 6 Mapa satelital de la Ubicación Geográfica del IASA I	36
Figura 7 Diagrama de flujo del proceso de elaboración del recubrimiento comestible	40
Figura 8 Vida útil de los arándanos recubiertos con diferentes concentraciones de aloe vera... 54	
Figura 9 Vida útil de los arándanos recubiertos con diferentes concentraciones de aloe vera conservados a temperatura ambiente	64

Resumen

La producción de arándano en Ecuador es de data reciente y el nicho de consumo ha tenido un auge considerable. Debido a que es un fruto climatérico, el deterioro y maduración son directamente afectados por los daños ocasionados desde el momento de la cosecha, transporte, temperatura de conservación e incidencia de patógenos. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del aloe vera en la prolongación de la vida útil del arándano (*Vaccinium corymbosum*) conservados a dos temperaturas. Se elaboraron tres recubrimientos comestibles a base de aloe vera en concentración de 15, 30 y 45 % más agua destilada en concentración de 85, 70 y 55 %; aplicando en los arándanos por inmersión y almacenándolos por quince días a dos temperaturas: refrigeración (7°C) y ambiente (17°C). Las variables estudiadas fueron pérdida de peso (%), acidez (% ácido cítrico), sólidos solubles (°Brix), índice de madurez (IM), pH, textura (escala deshidratación), calibre (mm), incidencia de mohos (%); los datos fueron tomados en los días 1, 5, 10 y 15. Se utilizaron dos diseños experimentales (DCA) independientes para cada temperatura con tres repeticiones por cada tratamiento, el análisis de datos se realizó en R Studio mediante el ANOVA y la prueba de Tukey con 95 % de confiabilidad, la vida útil se determinó en base a la pérdida de peso fue evaluada mediante la ecuación $\ln A = \ln A_0 \pm kt$. Se concluye que en las dos temperaturas (7 y 17°C) el tratamiento T2 presentó mejores resultados respecto al control T0, aumentando la vida útil 14 y 8 días respectivamente. Se logró retrasar la senescencia del fruto, presentando diferencias significativas en la pérdida de peso, sólidos solubles, acidez, índice de madurez, calibre e incidencia de mohos para los arándanos conservados a 7°C y para los conservados a 17°C se encontraron diferencias significativas en los sólidos solubles, la incidencia de mohos y el calibre. Se concluye que a 7°C los recubrimientos presentan mejores resultados y el factor de aceleración Q_{10} es del 3%.

Palabras clave: arándano, vida útil, aloe vera, recubrimiento comestible.

Abstract

Blueberry production in Ecuador is of recent date and the consumption niche has had a considerable boom. Because it is a climacteric fruit, deterioration and ripening are directly affected by damage from the time of harvest, transportation, storage temperature and incidence of pathogens, marking its shelf life. The objective of the present work was to evaluate the effect of aloe vera on the shelf-life extension of blueberries (*Vaccinium corymbosum*) preserved at two temperatures. Three edible coatings were prepared based on aloe vera at the concentrations of 15, 30 and 45 % plus distilled water at concentrations of 85, 70 and 55 %, applied to the blueberries by immersion and stored for 15 days at two temperatures: refrigerated (7°C) and environment (17°C). The studied variables were weight loss (%), acidity (% citric acid), soluble solids (°Brix), maturity index (IM), pH, texture (dehydration scale), size (mm), percentage of fruit spoiled by molds); the data were taken on days 1, 5, 10 and 15. Two independent experimental designs (DCA) were used for each temperature with three replicates for each treatment, data analysis was performed in R studio using ANOVA and Tukey'S test with 95% reliability, shelf life based on weight loss was evaluated by the equation $\ln A = \ln A_0 \pm kt$. Among the results, at the two temperatures (7 and 17°C), the T2 treatment showed favorable results with respect to the T0 control, increasing the shelf life by 14 and 8 days, respectively. It was possible to delay fruit senescence by means of the edible coating, showing significant differences in weight loss, soluble solids, acidity, maturity index, caliber, and incidence of molds for blueberries stored at 7°C and for those stored at 17°C, significant differences were found in soluble solids, incidence of molds and caliber. In conclusion, the coatings stored at 7°C showed better results and deceleration factor Q_{10} is 3%.

Keywords: blueberry, shelf life, aloe vera, edible coating.

Capítulo I

Introducción

Antecedentes

El arándano o blueberry es una planta recientemente domesticada y en los últimos años la superficie cultivada de esta especie se ha extendido notablemente como resultado de la alta demanda del fruto por sus excelentes propiedades organolépticas y nutritivas, con altos contenidos de antioxidantes y vitaminas. Es una planta que está caracterizada por tener una alta vida productiva de alrededor de 20 años o más con buen manejo y bajo condiciones óptimas de clima y suelo. La familia de este cultivo tiene algunas variedades cultivables conocidas, entre ellas el arándano highbush, lowbush y arándano ojo de conejo, siendo la primera la predominante en la mayoría de las zonas productoras (Galarza, 2019).

Actualmente dentro del mercado de las bayas, el arándano es un fruto que toma cada vez mayor importancia en el mercado debido a una mayor demanda de alimentos que ayudan a combatir el envejecimiento de las células, lo cual según investigaciones el arándano brinda ese requerimiento gracias al alto contenido de antioxidantes (335 mg/100g) y su contenido de vitamina C (8mg/100g) (Romero, 2015).

Hoy por hoy, el cultivo de arándano se encuentra extendido en países como China, Japón, Chile, Nueva Zelanda, Argentina y México. A nivel mundial la superficie ha aumentado 15.000 hectáreas aproximadamente en tan solo 4 años (de 2010 a 2014) (Intagri, 2017)

En los andes ecuatorianos no existe una representativa producción y exportación de frutas, tanto de ciclo corto como perennes, debido principalmente a la falta de tecnificación necesaria (ESPAC, 2016), así como el volumen para poder ser competitivos con otros países, lo cual demerita en tener frutas con precios no competitivos y parámetros de calidad no aceptables en el mercado internacional (Trademap, 2018).

La producción de arándano en la región interandina ecuatoriana asegura ser una alternativa técnicamente viable, así como una necesidad que podría cumplir con las necesidades económicas de los agricultores, produciendo uno de los alimentos actualmente conocidos como muy saludables para los consumidores (Galarza, 2019)

Justificación

El cultivo de arándanos es relativamente nuevo en el mundo con casi cien años de manejo agronómico y comercio. El desarrollo de nuevos cultivares y el interés por su consumo ha hecho que los cultivos crezcan exponencialmente en los últimos 15 años combinado con nuevas áreas de cultivo. También significa asumir nuevas formas de producción aprendiendo constantemente para ser más eficientes y rentables (Olivares, 2017).

La producción de arándanos podría ser una potencial actividad fructífera en la sierra ecuatoriana dadas las condiciones agronómicas requeridas para su cultivo lo que daría crédito sustancial a los agricultores que realizan labores para poder acceder a la ventana de exportación ya que a que los países de cuatro estaciones no tienen variedades que produzcan todo el año. En Ecuador los arándanos son desconocidos en el mercado sin embargo existe un nicho de mercado con una necesidad insatisfecha. Cabe destacar los beneficios para la salud humana que tienen los arándanos como ayuda con la circulación, problemas de bilis, problemas de visión, próstata y lo más importante es beneficioso para el antienviejamiento. (Avidox, 2015).

Actualmente se observa con mayor frecuencia la aplicación de recubrimientos comestibles (RC) en diversos productos del sector agroalimentario, se observa de manera más frecuente como ocurre con la sustitución de polímeros en los empaques de fresas, aguacate, plátano, frambuesa, mora, PMP y medicamentos (Assis & Pessoa, 2004), las BP se han obtenido a partir de una variedad de materias primas cada una con diferentes propiedades mecánicas. (Ramos, 2014).

Objetivos

Objetivo general

Evaluar el efecto del aloe vera a diferentes concentraciones en arándano (*Vaccinium corymbosum*) conservados a dos temperaturas.

Objetivos específicos

Formular el recubrimiento comestible de aloe vera y comparar los niveles de aplicación a diferentes concentraciones en arándanos.

Evaluar el efecto del recubrimiento expuesto a temperatura de refrigeración (7°C) y temperatura ambiente (17±2°C) en las variables de respuesta.

Determinar la vida útil de los tratamientos conservados a dos temperaturas.

Hipótesis

Hipótesis nula

El recubrimiento comestible de aloe vera a diferentes concentraciones no genera una prolongación de la vida útil del arándano y reduce el ataque de patógenos.

Hipótesis de investigación

El recubrimiento comestible de aloe vera a diferentes concentraciones genera una prolongación de la vida útil del arándano y reduce el ataque de patógenos.

Capítulo II

Revisión de literatura

El cultivo de arándano

Origen

El arándano o “blueberry” es un fruto del género *Vaccinium* de la familia *Ericaceae* originario de América del Norte (Vilches, 2005). Es un pequeño arbusto de 0,2 - 0,4 m de altura, su nombre científico es *Vaccinium corymbosum*. Los arándanos son un grupo de frutas conocidas internacionalmente con el nombre comercial berries (ADEX, 2009).

El fruto es una baya esférica que debe cumplir con varios atributos de calidad tales como: color de azul claro a negro azulado, epidermis provista de secreción cerosa denominada “pruina”, calibre mínimo de 0.7 a 1.5 cm y suficiente firmeza, además de presentar una cicatriz pequeña y seca después de desprender el pedúnculo al cosechar (Stückrath & Petzold, 2007)

El arándano alto es un arbusto perenne, longevo, de hoja caduca con madera leñosa que alcanza una altura de 3 a 5 m en estado adulto, y sus tallos pueden tener una actividad productiva de 4 a 5 años (Olivares, 2017).

Las hojas son alternas, cortamente pediculados de borde entero o cerrado. Sus flores se presentan en racimos o terminales de color blanco que aparecen en forma basipetala en las ramas de año anterior. El arándano se considera dentro del grupo de berries. Los berries son frutos de sabores acidulados caracterizados por su breve tiempo de conservación una vez cosechados.

A este subgrupo pertenecen la frutilla (strawberry), la frambuesa (raspberry), los arándanos (blueberry), la grosella (boisonberry) y la mora o zarzamora (blackberry). Es por ello que el arándano se considera una baya o 6 “Berry”, siendo un fruto carnoso simple, cuya pared del ovario madura en un pericarpio comestible. La baya del arándano es casi esférica, que

dependiendo de la especie y cultivar puede variar entre 0,7-1,8 cm de diámetro, un peso promedio de 1.9 gr por baya su color puede estar entre un color azul metálico claro a bien oscuro. La piel del fruto del blueberry es tersa y su pulpa es jugosa y aromática de sabor agridulce (Olivares, 2017).

Taxonomía

La clasificación taxonómica del arándano, según ADEX (2009) se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1

Clasificación taxonómica de la Vaccinium corymbosum

TAXON	NOMBRE
Clase	Dicotiledónea
Reino	Vegetal
Orden	Ericales
Familia	Ericaceae
Género	Vaccinium
Especie	<i>Vaccinium corymbosum L</i>

Nota. Esta tabla muestra los taxones junto con el nombre a los que pertenece el arándano. Obtenido de (Olivares, 2017).

Morfología del arándano

Se trata de un arbusto caduco, que puede ser de porte erecto o rastrero y de altura variable según la especie que se trate.

Figura 1

Planta de Vaccinium corymbosum



Nota. Obtenido de (Infoagro, 2016)

La raíz presenta un sistema radicular compuesto por numerosas raíces, en su mayoría superficiales. Dichas raíces son generalmente fibrosas, finas y carentes de pelos absorbentes. En condiciones naturales, las raíces están asociadas con micorrizas formando simbiosis.

Presentan hojas simples, alternas, con forma elíptico-lanceoladas, márgenes dentados y peciolo corto. Son de color verde cuya intensidad varía dependiendo de la especie. En otoño, adquieren un tono rojizo típico en la especie.

Figura 2

Hojas de Vaccinium corymbosum



Nota. Obtenido de (Infoagro, 2016)

Presentan inflorescencias en racimos de 6-10 flores por yema. Las flores individuales son pequeñas, axilares, con el cáliz compuesto de 4-5 sépalos obtusos y la corola blanca formada por 4-5 pétalos fusionados dando lugar a una forma acampanada. El pistilo es simple, de ovario ínfero y estambres en grupos de 8-10

Figura 3

Inflorescencias de Vaccinium corymbosum



Nota. Obtenido de (Infoagro, 2016).

El fruto se trata de una falsa baya de forma esférica, color azul, rojo o negro en su madurez según la especie. La epidermis del fruto está cubierta de secreciones cerosas. El tamaño de éste está relacionado con el grosor de la rama y la posición en la misma, siendo de menor diámetro aquellos que se encuentran más distales de ésta.

Figura 4

Cuaja de Vaccinium corymbosum



Nota. Obtenido de (Infoagro, 2016)

Variedades

El arándano es un fruto arbustivo de tamaño pequeño, perteneciente al género *Vaccinium*, familia Ericaceae, que se desarrolla naturalmente en Norteamérica (Muñoz, 2008; Hancock y Draper, 2009). Existen 3 especies que tienen importancia económica: *Vaccinium angustifolium* Alton (arándano bajo o "lowbush") *Vaccinium ashei* Reade (arándano ojo de conejo o "rabbiteye") *Vaccinium corymbosum* L. (arándano alto o "highbush")

Figura 5

Arándano (*Vaccinium corymbosum* L.)



Nota. Obtenido de (Infoagro, 2016)

Tabla 2

Variedades de arándano azul con poco requerimiento de horas frío-adaptadas en Perú

Variedades	Requerimiento (HF)	Crecimiento	Calibre de fruta y productividad	Observaciones
O'Neal	500	Erecto con baja emisión de cañas desde la corona	Medio Poco productiva	
Misty	150	Erecto, buen Bloom, muy firme y con excelente vida de post cosecha. Frutos con excelente sabor y firmeza	Medio a pequeño Poco productiva	Variedad muy susceptible a hongos del suelo.
Biloxi (2008)	150	Arbustivo	Medio a pequeño	Muy rústico
Star (1998)	400	Erecto alta emisión de retoños Vigor medio, fruta muy firme, excelente vida de poscosecha	Grande (14-20 mm)	Susceptibles a enfermedades
Jewel (2001)	200	Semi erecto, muy vigoroso, fruta algo blanda	Buen calibre, productivo Cosecha larga	

Nota. Adaptado de (Atencia, 2015). Esta tabla muestra una descripción de las variedades más reconocidas en el Ecuador.

Composición nutricional

En cuanto a los valores nutricionales que posee el arándano, estos pueden ser mejores o iguales que la papa. Contiene vitamina A y C, potasio, fósforo, y bajo contenido de carbohidratos. La composición nutritiva en 100 gr. de arándano en fresco propuesta por ADEX (2009) se presenta en la Tabla 3.

Tabla 3*Composición nutricional en 100g de arándanos frescos*

Composición nutricional	Arándano
Energía (Kcal)	42
Agua (g)	87.4
Proteína (g)	0.3
Fibras (g)	1.7
Vitamina A (UI)	30
Vitamina C (mg)	12
Potasio (mg)	72
Calcio (mg)	14
Fósforo (mg)	10

Nota. Esta tabla muestra los valores de cada uno de los elementos nutricionales más importantes que se encuentran en el arándano. Adaptado de ADEX (2009).

Usos

El arándano, al ser un alimento de alto valor nutritivo se lo puede utilizar como:

Alimento: al ser una fuente de carbohidratos, fósforo, potasio, se lo consume en fresco, congelados, desecados, prensados en zumo o gelatina, mermeladas.

Medicinal: previene enfermedades degenerativas, posee un alto contenido de antioxidantes combatiendo el envejecimiento prematuro.

Recubrimientos comestibles

El recubrimiento comestible (RC) se puede definir como una matriz delgada y continua, estructurada alrededor del alimento generalmente sumergiendo el alimento en una solución formadora del recubrimiento. Los recubrimientos comestibles además de actuar como barrera de gases también pueden mejorar la seguridad alimentaria al inhibir o retardar el crecimiento de

microorganismos lo que supone un nuevo paso adelante en el concepto de envasado inteligente (Quintero & Muñoz, 2010)

Los requerimientos alimentarios proporcionan una barrera protectora entre el producto y el entorno que lo rodea regulando el intercambio de gases (O₂, CO₂, etileno, compuestos aromáticos). También brindan soporte estructural a los alimentos contribuyendo a preservar la textura de los alimentos limitando la pérdida de humedad y el escape de líquidos de los productos frescos (Montero y otros, 2009).

Los recubrimientos comestibles (RC) han sido desarrollados con diferentes materiales como: proteínas, almidones hidrolizados, lípidos, gomas, pectinas, polisacáridos, carragenano, carboximetilcelulosa y alginatos entre otros los recubrimientos que se complementan con ingredientes lipídicos para aumentar la barrera al vapor de agua y agentes plastificantes como el glicerol, que contribuye a mejorar las características elásticas y de permeabilidad de esa delgada capa sobre la superficie externa de los trozos de frutas u hortalizas frescas cortadas (Quintero & Muñoz, 2010).

La aplicación de recubrimientos a frutas y hortalizas tiene como finalidad mejorar el aspecto, restaurar la capa cerosa natural que la fruta ha perdido durante el lavado y manipulación poscosecha, así como evitar la pérdida de agua durante el proceso de secado y almacenamiento prolongado evitando alteraciones fisiológicas que permitan la entrada de hongos causantes de podredumbres. Sin embargo, el uso inadecuado de requerimientos puede causar que la fruta pierda sabor al crear compuestos volátiles propios del metabolismo de productos hortofrutícolas (Montero *et al.* 2009).

Tipos de recubrimientos comestibles

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).

Polisacáridos

Debido a la naturaleza hidrofilia 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)-Las películas de proteínas poseen mayor resistencia al vapor de agua que el resto de los hidrocoloides solubles en agua, son susceptibles al cambio de pH, pueden proporcionar un valor nutricional agregado al producto, son buenas formadoras de películas y se adhieren a superficies hidrofílicas (Solano y otros, 2020).

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).

Mucilagos. Los mucílagos son polisacáridos heterogéneos, formados por diferentes azúcares y en general ácidos urónicos, son caracterizados por formar disoluciones coloidales viscosas, son constituyentes normales de las plantas. El gel proveniente de la planta de sábila (Aloe vera) puede prolongar la conservación de productos frescos, de esta especie se puede extraer un gel cristalino el cual está libre de aromas y sabores (Rojas, 2006).

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, 2006).

Ceras y parafinas.

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 y para mejorar la apariencia de la superficie de varios alimentos. Si se aplica como una capa gruesa, deben ser retirados antes del consumo, cuando se utiliza en capas delgadas, se consideran comestibles (Ruiz, 2009).

Recubrimientos comestibles compuestos

Están compuestos 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).

Composición de los recubrimientos comestibles

Los RC pueden ser elaborados a partir de una gran variedad de polisacáridos, proteínas y lípidos, solos o en combinaciones que logren aprovechar las ventajas de cada grupo, dichas formulaciones pueden incluir, conjuntamente plastificantes y emulsificantes que se utilizan de diversa naturaleza química con la finalidad de ayudar a mejorar las propiedades finales de la película o recubrimiento. Las mismas presentan bondades como comestibilidad, dureza, transparencia, buenas propiedades de barreras contra el oxígeno y vapor de agua (Ribeiro et al., 2007).

Los polisacáridos y las proteínas son polímeros que forman redes moleculares cohesionadas por una alta interacción entre sus moléculas, estas les confiere buenas propiedades mecánicas y de barrera a gases (O₂ y CO₂), por lo cual retardan respiración y envejecimiento de muchas frutas y hortalizas (Eric, 2009). Los polisacáridos son los hidrocoloides más utilizados en la industria alimenticia, ya que forman parte de la mayoría de las formulaciones que actualmente existen en el mercado. Sin embargo; una desventaja que presentan es que son hidrónimicos y, por lo tanto, constituyen una pobre barrera a la pérdida de humedad. Los utilizados en la formación de recubrimientos comestibles son: las pectinas de alto y bajo metoxilo, la celulosa y sus derivados, el alginato, el quitosano, la dextrina, el carragenato, y las goma arábica, entre otros (Krochta y otros, 1994).

Aloe vera

El aloe vera es una planta curativa utilizada por un gran número de civilizaciones antiguas en partes de Europa, India y el continente africano durante más de 3000 años, se conoce técnicamente como Aloe Vera. Su nombre común es Sábila que proviene de la palabra árabe "sabaira" que significa amargo y el género científico Aloe proviene de otra palabra árabe "Alloeb" que significa sustancia amarga brillante (Sánchez & Reyes, 2006)

Es una planta herbácea o leñosa, arbustiva a veces arborescentes, generalmente rizomatosas con raíces tuberosas o con parte subterránea bulbosa, a veces 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, el dato más antiguo sobre el uso terapéutico procede de Mesopotamia, en el siglo XVIII a.C., y se 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 antiinflamatoria ha sido una de las más estudiadas (Reynolds & Dweck, 1999).

Propiedades nutricionales y medicinales del aloe vera

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), 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 antiinflamatorios y antimicrobianos (Ramirez J., 2012).

Estas características permiten que el aloe sea considerado un alimento funcional promotor de la salud ya que ayuda a prevenir una serie de enfermedades crónicas no

transmisibles; reducen el riesgo de algún tipo de anomalía de carácter fisiológico y en general contribuyen al buen estado de salud del individuo permitiéndole prolongar o mejorar su calidad de vida (Palomino, 2016).

Recubrimiento comestible de aloe vera

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 antraquinonas.

Capítulo III

Metodología

Área de estudio

El estudio se realizó en el campus de la Carrera Agropecuaria IASA I, Hacienda El Prado, ubicado en la parroquia San Fernando, Cantón Rumiñahui, provincia de Pichincha (Figura 1).

Geográficamente se localiza a $78^{\circ} 24' 44''$ LO, $0^{\circ} 23' 20''$ LS y 2748 m de altitud. La temperatura media anual es de 14°C , y la precipitación anual de 1300 mm (Arce, 2009). Laboratorios de poscosecha y agroindustria a cargo del Ing. Gabriel Larrea.

Figura 6

Mapa satelital de la Ubicación Geográfica del IASA I



Nota. Adaptado de (Google, 2021)

Materiales y equipos

Materia prima

Para el trabajo de investigación se contactó a la empresa Bloom Berries, productores de arándano variedad Biloxi, caracterizada por un calibre comercial óptimo y su acidez. El cultivo se localiza en la ciudad de Atuntaqui, donde los arándanos cosechados pasan por un proceso de selección y envasado. Bloom Berries se distribuyen en los principales supermercados como

Megamaxi. Las hojas de aloe vera fueron adquiridas en el supermercado mencionado, con un peso aproximado de 500 g.

- Arándanos variedad Biloxi
- Aloe vera (500g)

Insumos

- Hipoclorito de sodio 50 ppm
- Ácido ascórbico
- Agua destilada
- Soluciones buffer para pH metro
- Hidróxido de sodio 0.1 N

Equipos y materiales

- Balanza analítica
- Equipo de titulación
- pH metro
- Brixómetro
- Gramera 200g
- Refrigerador
- Vasos de precipitación 200 mL
- Frascos de vidrio 1 L
- Micropipeta 0-50 uL
- Bandejas de aluminio
- Probeta graduada 50 mL
- Termohigrómetro

Otros

- Medias nylon
- Licuadora
- Libro de campo
- Cuchillo
- Cajas PET

Metodología**Selección de los arándanos**

Se contactó a la empresa Bloomberries, quienes producen arándano variedad biloxi, caracterizada por un calibre comercial óptimo y su acidez. Se distribuyen en distintas cadenas de supermercados entre ellas Megamaxi.

Para el efecto del ensayo se adquirieron 3 kg de arándanos y se volvieron a clasificar descartando los arándanos que presentaban daños debido al transporte y daños pronunciados debido a la cosecha. Descartando un total de 149g. Para estimar el número de arándanos se tomó una muestra de 120 arándanos de distinto calibre y se pesaron, obteniendo un promedio de 1,75 g por unidad de arándano. Con lo cual se calculó ingresaron 1714 arándanos y fueron descartados 85, para finalmente utilizar 1629 arándanos.

Preparación del recubrimiento comestible de aloe vera

El recubrimiento seleccionado de acuerdo con los resultados revisados en la literatura, se formularon 3 diferentes dosis para aplicar a los arándanos. Se tuvo en cuenta para los tratamientos respectivos:

(T1 = 15% aloe vera y 85% de agua destilada)

(T2 = 30% aloe vera y 70% de agua destilada)

(T3 = 45% aloe vera y 55% de agua destilada)

Se pesaron en una balanza analítica las hojas de aloe vera de 500g, de las cuales se extraerá el mucílago. Se utilizaron frascos de vidrio de 1 litro para conservar el recubrimiento dosificado en cada tratamiento, el será ajustado a 3.6 con la ayuda de ácido ascórbico.

Recubrimiento de los frutos

Se realizaron el recubrimiento de los frutos por el método de inmersión, los frutos de arándano se sumergieron en cada una de las soluciones de aloe vera correspondiente a los tratamientos de: (15%); (30%); (45%), por un tiempo de 10 a 15 minutos.

Luego se procedió a colocar en la estufa a 20°C para fijar el recubrimiento. Posteriormente cuales fueron colocados en envases de plástico PET y almacenados a temperatura de refrigeración (7°C) y temperatura ambiente (17±2°C) para evaluar su evolución durante quince días, tomando registro de los cambios en sus características fisicoquímicas y sensoriales a los días 1, 5, 10 y 15.

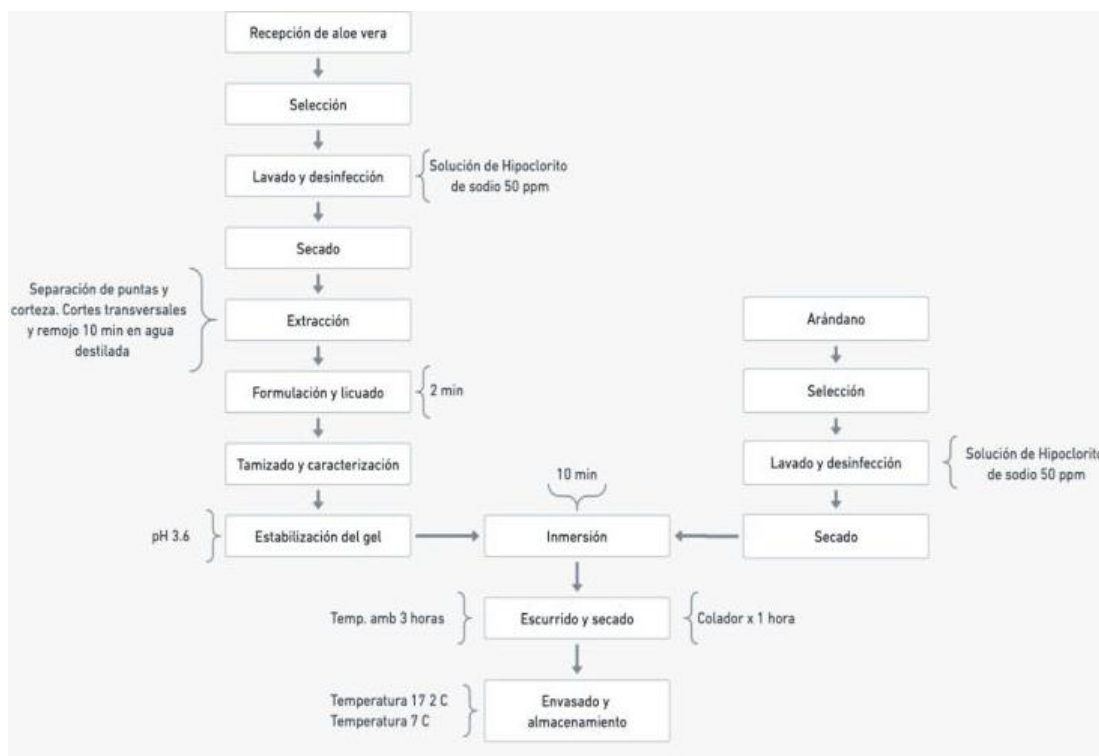
Tabla 4

Formulaciones y cantidades para la elaboración del recubrimiento comestible de aloe vera

	Tratamiento	Aloe vera (%)	Agua destilada (d)	Tiempo (min)
Recubrimiento	T0	0%	100%	10
	T1	15%	85%	10
	T2	30%	70%	10
	T3	45%	55%	10

Figura 7

Diagrama de flujo del proceso de elaboración del recubrimiento comestible



Nota. Esta figura explica el proceso para la elaboración del recubrimiento desde la recepción del aloe vera y los arándanos hasta el envasado y almacenamiento de los recubrimientos Adaptado de (Atencia, 2015).

Análisis fisicoquímicos

Porcentaje de pérdida de peso (%PP)

La medición del porcentaje de pérdida de peso en los arándanos se midió por gravimetría mediante la diferencia de pérdida de peso. Se tomó el peso inicial (P_i) menos el peso final (P_f) del fruto y los resultados fueron expresados como porcentaje de pérdida de peso (%PP), mediante la fórmula empleada por (Godoy, 2004)) y citada por (Vasquez, 2019).

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

Sólidos Solubles (° Brix)

Para la medición de esta variable, se utilizó un refractómetro de mano, tomando un arándano de cada tratamiento y repetición, el cual fue triturado dentro de una media nylon y una vez obtenida la gota necesaria en el equipo se procedió a dar lectura.

pH

Se pesaron 25 g de arándanos y se aforó con 250 ml de agua destilada, homogeneizando el jugo en la licuadora. Posteriormente se filtró con la ayuda de una media nylon en un vaso de precipitación y se procedió a tomar lectura del pH haciendo uso de un pH metro, se introdujo el electrodo en el jugo obtenido.

Acidez titulable (% ácido cítrico)

Con el jugo de arándanos obtenido para la medición del pH, se tomó 25 ml de para ser colocado en un nuevo vaso de precipitación y se tituló con hidróxido de sodio (NaOH) (0,1 N) hasta lograr el viraje del color de la solución a un verde persistente. Finalmente se registró el volumen de hidróxido utilizado. La acidez titulable fue expresada en porcentaje (%) de ácido cítrico con la fórmula empleada por (Godoy, 2004)

$$\% \text{ acidez} = \frac{\text{Volumen obtenido de NaOH (ml)} * \text{N del NaOH} * \text{peso molecular del ácido cítrico}}{\text{Volumen de jugo de arándano (ml)}}$$

Calibre

Para la medición de esta variable se utilizó un pie de rey, el cual fue empleado para tomar las medidas (mm) de la evolución del tamaño de los arándanos a lo largo de los días transcurridos. Se utilizaron 10 arándanos por repetición para la obtención de los datos.

Textura

La variable de textura fue medida visualmente mediante una escala de deshidratación de 0 a 3 (0 sin lesiones ni daños, 1 ligeramente deshidratado en la zona del pedúnculo, 2 medianamente deshidratado en general, 3 rugosidad pronunciada debido a la deshidratación)

propuesta por Reyes (2019) en su estudio para el control de calidad de arándanos frescos para exportación.

Mohos

La incidencia de mohos se calculó por la relación entre el número de arándanos infectados y el número total de arándanos. Se utilizaron 10 arándanos por cada repetición para el seguimiento de pudriciones durante el ensayo. La fórmula empleada fue propuesta por (Atencia, 2015).

$$\% \text{ incidencia Mohos} = \frac{\# \text{ arándanos infectados}}{\# \text{ total de arándanos}}$$

Finalmente se identificó mediante la descripción fitopatológica correspondiente a signos de daños en los arándanos, que el hongo evidenciado fue *Botrytis cinerea*.

Índice de madurez (IM)

El índice de madurez (IM) se obtuvo mediante la relación entre los sólidos solubles (°Brix) y la acidez titulable (% ácido cítrico).

Evaluación de la vida útil

Para la determinación del tiempo de vida útil en función de la pérdida de peso como variable de mayor importancia, se empleó la fórmula propuesta por (Labuza T. , 1982) (1982) la cual representa una ecuación cinética de primer orden.

$$\text{Ecuación: } A = A_0 e^{kt}$$

Donde:

A: calidad al tiempo t

A₀: calidad al tiempo inicial

k: constante de la reacción

Linealizando la ecuación se tiene:

$$\ln A = \ln A_0 \pm kt$$

El tiempo de vida útil podría obtenerse despejando t:

$$t = \frac{(\ln A - \ln A_0)}{k}$$

Tipo de diseño

Para llevar a cabo el trabajo de investigación, se empleó un diseño completamente al azar (DCA) con tres repeticiones por cada tratamiento, para cada temperatura.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos de cada variable fueron tabulados en una hoja de cálculo de Excel, la vida útil fue calculada en base a la variable del porcentaje de pérdida de peso. A continuación, los datos fueron procesados en el software estadístico R Studio. En primer lugar, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) que permitió identificar si existe diferencias significativas en las interacciones y en los efectos independientes de los tratamientos, en caso de encontrar significancia estadística se realizó una prueba de rango múltiple de Tukey al 5%.

Capítulo IV

Resultados y Discusión

Temperatura Refrigeración

Análisis fisicoquímico (7°C)

Porcentaje de pérdida de peso (%PP)

La pérdida de peso aumenta en función del tiempo, generando un aspecto deshidratado, lo cual también incrementa la susceptibilidad a sufrir ataques microbianos. Los procesos de transpiración se reducen debido a la acción barrera que ejerce el recubrimiento.

Tabla 5

Análisis de varianza (ANOVA) para la pérdida de peso (%PP)

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Tratamiento	3	23,24	7,75	2,85	0,0490
Día	3	1605,76	535,25	196,91	<0,0001
Tratamiento:Día	9	30,4	3,4	1,330	0,2610
Error	32	81,2	2,5		

En la Tabla 5, se observa que los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para la pérdida de peso (% pp) de las muestras de arándanos recubiertas con diferentes concentraciones de aloe vera, indican que apenas existen diferencias significativas para los tratamientos (p-valor = 0,049) evidenciando la influencia del recubrimiento comestible en la pérdida de peso (% pp).

Sin embargo, el día tiene una mayor significancia estadística, resultado de la influencia del tiempo en la degradación de la calidad de los frutos.

Los residuos obtenidos en el ANOVA cumplen homocedasticidad mas no con la normalidad, por lo que es necesario realizar una prueba de varianza no paramétrica como Kruskall-Wallis. La gráfica de residuos muestra una variación constante de los datos (Anexos).

Tabla 6

Media \pm D.E de la pérdida de peso (%pp) en los tratamientos con aloe vera

Tratamiento	n	Medias	D.E.	Tukey 5%
T2	12	6,49 \pm	0,48	A
T3	12	7,01 \pm	0,48	A B
T1	12	7,02 \pm	0,48	A B
T0	12	8,37 \pm	0,48	B

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). T1 (15% aloe vera y 85% de agua d), T2 (30% aloe vera y 70% de agua d), T3 (45% aloe vera y 55% de agua d).

En la Tabla 6, se observa que los arándanos recubiertos con el tratamiento T2 (30% aloe vera y 70% agua destilada) presentaron una menor pérdida de peso con el resto de los tratamientos, conservando el 93,51% de su peso inicial.

Acidez titulable (% ácido cítrico)

La acidez tiende a disminuir con el pasar de los días debido a que los ácidos orgánicos son respirados, es decir, convertidos en azúcar, lo manifiesta (Atencia, 2015), contrario a lo que sucede con los grados brix, los cuales tienen aumentar con el paso del tiempo.

Por lo que se consideró como mejor tratamiento al que pierda menos acidez al final de los quince días.

Tabla 7

Análisis de varianza (ANOVA) para la acidez (% de ácido cítrico) en los tratamientos con aloe vera

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	0,08	3	0,03	3,22	0,0322
Día	8,07	3	2,69	327,26	<0,0001
Tratamiento:Día	0,064	9	0,0072	0,840	0,5852
Error	0,273	32	0,0085		

Se verificó que se cumplen los supuestos del ANOVA: normalidad, homocedasticidad e independencia por lo que se procedió a realizar una prueba de comparación de medias de Tukey al 5%. Al menos uno tratamiento difiere de los otros (p -valor = 0,0322) mientras que la interacción de los tratamientos no es significativa en los días transcurridos.

Tabla 8

Media \pm D.E de la acidez en los tratamientos con aloe vera

Tratamiento	n	Medias	\pm	D.E.	Tukey al 5 %	
T3	12	1,27	\pm	0,03	A	
T2	12	1,26	\pm	0,03	A	B
T1	12	1,21	\pm	0,03	A	B
T0	12	1,17	\pm	0,03	B	

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). T1 (15% aloe vera y 85% de agua d), T2 (30% aloe vera y 70% de agua d), T3 (45% aloe vera y 55% de agua d).

En la tabla 8, se observa que la acidez (% ácido cítrico) mostró diferencias significativas entre los tratamientos ($F=3,22$; p -valor=0,0322).

Los arándanos recubiertos con el tratamiento T3 (45% aloe vera y 55% agua destilada) presentaron una menor disminución de la acidez con 1,27% a diferencia del tratamiento T0 1,17%. El tratamiento T2 y T1 no son significativamente diferentes

pH

Tabla 9

Análisis de varianza (ANOVA) para el pH en los tratamientos durante los días de observación

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	0,08	3	0,03	2,72	0,0568
Día	1,47	3	0,49	50,38	<0,0001
Tratamiento:Día	0,0988	9	0,0110	1,171	0,3457
Error	0,40	32	0,01		

Los residuos obtenidos en el ANOVA cumplen los supuestos. La gráfica de residuos muestra una distribución normal y varianza constante de los datos (Anexos).

Al verificar los supuestos de ANOVA, se encontró que los residuos no tienen una distribución normal (p -valor = 0,0003), cumple con la homocedasticidad (p -valor = 0,087) y cumple con la independencia (p -valor = 0,412). Al no cumplir uno de los supuestos, se descarta la comparación de rangos múltiples de Tukey al 5% ya que el efecto de los recubrimientos de aloe vera no inciden significativamente en el incremento del pH durante los días de exposición.

Tabla 10

Media \pm D.E del pH en los tratamientos recubiertos con cuatro concentraciones de aloe vera

Tratamiento	n	Media s	\pm	D.E.
T3	12	3,52	\pm	0,03
T0	12	3,50	\pm	0,03
T1	12	3,43	\pm	0,03
T2	12	3,43	\pm	0,03

Nota. T1 (15% aloe vera y 85% de agua d), T2 (30% aloe vera y 70% de agua d), T3 (45% aloe vera y 55% de agua d)

Los arándanos recubiertos con cuatro diferentes concentraciones de aloe vera no presentaron diferencias significativas entre sí, de manera que se acepta la hipótesis nula, el pH de los tratamientos son iguales entre sí.

Textura

Tabla 11

Análisis de varianza (ANOVA) para la textura en los tratamientos durante los días de observación

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	0,01	3	0,004	0,179	0,90978
Día	36,57	3	12,190	530,383	<0,0001
Tratamiento:Día	0,73	9	0,081	3,522	0,00394
Error	0,74	32	0,023		

En la Tabla 11, los tratamientos con diferentes concentraciones de aloe vera no presentaron diferencias significativas ($F = 0,179$; $p = 0,90978$) contrario a los días que influyen

totalmente en la deshidratación de los arándanos, por lo que la interacción tratamiento*día sí presentó diferencias significativas entre tratamientos por días ($F = 3,522$; $p = 0,00394$), evidenciando que el efecto de los tratamientos en los arándanos logró reducir la transpiración y con ello la deshidratación del fruto.

Sin embargo, al no obtener un valor significativo en el tratamiento, se omitió realizar la prueba de rangos múltiples de Tukey. Los residuos obtenidos en el ANOVA cumplen los supuestos. La gráfica de residuos muestra una distribución normal y varianza constante de los datos (Anexos).

Tabla 12

Media \pm D.E de la textura en los tratamientos recubiertos con aloe vera

Tratamiento	n	Medias	\pm	D.E.
T3	12	1,67	\pm	0,09
T2	12	1,67	\pm	0,09
T1	12	1,67	\pm	0,09
T0	12	1,50	\pm	0,09

Nota. T1 (15% aloe vera y 85% de agua d), T2 (30% aloe vera y 70% de agua d), T3 (45% aloe vera y 55% de agua d)

En la Tabla 12, se muestran las medias para cada tratamiento al final de los quince días, evidenciando que los tratamientos T1, T2 y T3 presentaron una media homogénea y fue el tratamiento control T0 quien presentó una mayor deshidratación. La acción barrera de los recubrimientos redujo la deshidratación ocasionada por la temperatura.

Sólidos Solubles (°Brix)

Tabla 13

Análisis de varianza (ANOVA) para los sólidos solubles (° Brix) en los tratamientos con aloe vera

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	9,92	3	3,31	12,580	0,0010
Día	113,21	3	37,74	143,536	<0,0001
Tratamiento:Día	12,11	9	1,35	5,117	0,000258
Error	8,41	32	0,26		

Los residuos obtenidos en el ANOVA cumplen los supuestos. La gráfica de residuos muestra una distribución normal y varianza constante de los datos (Anexos).

En la Tabla 13, los tratamientos con diferentes concentraciones de aloe vera presentaron diferencias significativas ($F = 12,580$; $p = 0,0010$) y aún más significancia presentó la interacción entre el tratamiento y el día ($F=5,117$; $p=0,000258$), lo que demuestra que al menos uno de los tratamientos varía del resto.

Tabla 14

Media \pm D.E de los sólidos solubles (° Brix) en los tratamientos recubiertos con aloe vera

Tratamiento	n	Medias	\pm	D.E.	Tukey al 5%	
T1	12	10,49	\pm	0,20	A	
T2	12	10,53	\pm	0,20	A	B
T3	12	11,28	\pm	0,20	B	C
T0	12	11,53	\pm	0,20		C

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). T1 (15% aloe vera y 85% de agua d), T2 (30% aloe vera y 70% de agua d), T3 (45% aloe vera y 55% de agua d).

En la Tabla 14, se observa que el aumento de los sólidos solubles en el tratamiento T1 fue el mejor al cabo de quince días apenas aumentando a 10,49 °Brix, seguido por el tratamiento T2 con una mínima variación, 10,53 ° Brix.

Lo cual demuestra que en todos los tratamientos recubiertos con aloe vera aumentaron mínimamente los ° Brix en comparación al tratamiento control T0.

Incidencia de Mohos (*Botrytis cinérea*)

Tabla 15

Análisis de varianza (ANOVA) para la incidencia de mohos (%) en los tratamientos durante los días de observación

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	426,49	3	142,16	4,88	0,0054
Día	12371,10	3	4123,70	141,64	<0,0001
Tratamiento:Día	700,01	9	78	5,029	0,000297
Error	1193,69	9	29,11		

Los residuos obtenidos en el ANOVA cumplen los supuestos. La gráfica de residuos muestra que se cumple una distribución normal de los residuos, así como su varianza es constante (Anexos).

En la Tabla 15, los tratamientos con diferentes concentraciones de aloe vera presentaron diferencias significativas ($F = 4,88$; $p = 0,0054$) y aún más significancia presentó la interacción entre el tratamiento y el tiempo (día) ($F=5,029$; $p=0,000297$), lo que demuestra que al menos uno de los tratamientos varía del resto.

Tabla 16

Media \pm D.E de la incidencia de mohos (%) en los tratamientos recubiertos con aloe vera

Tratamiento	n	Medias	\pm	D.E.	Tukey al 5%	
T2	12	10,16	\pm	1,56	A	
T3	12	13,28	\pm	1,56	A	B
T1	12	14,33	\pm	1,56	A	B
T0	12	18,49	\pm	1,56	B	

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). T1 (15% aloe vera y 85% de agua d), T2 (30% aloe vera y 70% de agua d), T3 (45% aloe vera y 55% de agua d).

Los arándanos recubiertos con el tratamiento T2 (30% aloe vera y 70% agua destilada) presentaron un mayor control en la incidencia de Botrytis cinérea, reduciendo en un 8% el ataque del patógeno en comparación al testigo T0 (Tabla 16).

Índice de madurez (IM)

Tabla 17

Análisis de varianza (ANOVA) para el IM en los tratamientos durante los días de observación

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	64,29	3	21,43	4,90	0,0053
Día	2059,53	3	686,51	157,09	<0,0001
Tratamiento:Día	87,8	9	9,8	3,412	0,0048
Error	179,18	32	4,37		

Los residuos obtenidos en el ANOVA con la homocedasticidad, pero no con la normalidad, por lo que es necesario realizar una prueba de varianza no paramétrica como Kruskal-Wallis. La gráfica de residuos muestra que los residuos tienen una distribución normal (Anexos).

En la tabla 17, los tratamientos con diferentes concentraciones de aloe vera presentaron diferencias significativas ($F = 4,90$; $p = 0,0053$) y aún más significancia presentó la interacción entre el tratamiento y el tiempo (día) ($F = 3,412$; $p = 0,0048$), lo que demuestra que al menos uno de los tratamientos ayuda a retrasar la maduración del fruto.

Tabla 18

Media \pm D.E del (IM) en los tratamientos recubiertos con cuatro concentraciones de aloe vera

Tratamiento	n	Medias	\pm	D.E.	Tukey al 5%
T2	12	10,07	\pm	0,60	A
T1	12	10,61	\pm	0,60	A
T3	12	10,77	\pm	0,60	A
T0	12	11,16	\pm	0,60	B

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). T1 (15% aloe vera y 85% de agua d), T2 (30% aloe vera y 70% de agua d), T3 (45% aloe vera y 55% de agua d).

Los arándanos recubiertos con los tratamientos T1, T2 y T3 retrasaron significativamente la maduración de los frutos al cabo de quince días, demostrando la eficacia del recubrimiento para conservar en el tiempo las cualidades del arándano (Tabla 18).

Calibre

Tabla 19

Análisis de varianza (ANOVA) para el calibre (mm) en los tratamientos durante los días de observación

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	4,55	3	1,52	5,65	0,0025
Día	6,22	3	2,07	7,72	0,0003
Tratamiento:Día	1,031	9	0,1145	0,368	0,9422
Error	9,970	32	0,3116		

Los residuos obtenidos en el ANOVA no cumplieron con los supuestos, por lo que es necesario realizar una prueba de varianza no paramétrica como Kruskal-Wallis. La gráfica de residuos muestra que se cumple la hipótesis alternativa en ambos casos (Anexos).

En la tabla 19, los tratamientos con diferentes concentraciones de aloe vera presentaron diferencias significativas ($F = 5,65$; $p = 0,0025$) y aún más significativo el efecto de los días transcurridos ($F = 0,068$; $p = 0,0003$), sin embargo, no es significativa la interacción Tratamiento: Día lo que demuestra que la disminución del calibre en los arándanos no se ve afectada por los recubrimientos.

A continuación, en la tabla 20 se observa la comparación entre los tratamientos a un nivel de confiabilidad del 95%, aplicando una prueba de comparación de rangos múltiples de Tukey al 5%

Tabla 20

Media \pm D.E del calibre (mm) en los tratamientos recubiertos aloe vera

Tratamiento	n	Medias	\pm	D.E.	Tukey al 5%	
T3	12	16,51	\pm	0,15	A	
T2	12	16,40	\pm	0,15	A	
T0	12	15,97	\pm	0,15	A	B
T1	12	15,76	\pm	0,15	B	

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). T1 (15% aloe vera y 85% de agua d), T2 (30% aloe vera y 70% de agua d), T3 (45% aloe vera y 55% de agua d).

Los arándanos recubiertos con los tratamientos T3, T2 retrasaron significativamente la disminución del calibre de los frutos al cabo de quince días, demostrando la eficacia del recubrimiento para conservar la humedad y reducir el intercambio gaseoso (Tabla 20).

Determinación de la vida útil

La vida útil se determinó en base a la pérdida de peso (%pp), utilizando la fórmula de (Labuza T. , 1982). Se evidenció que el efecto de los recubrimientos alarga la vida útil del arándano.

Tabla 21

Tiempo máximo de vida útil (días) de los arándanos tratados con el recubrimiento de aloe vera

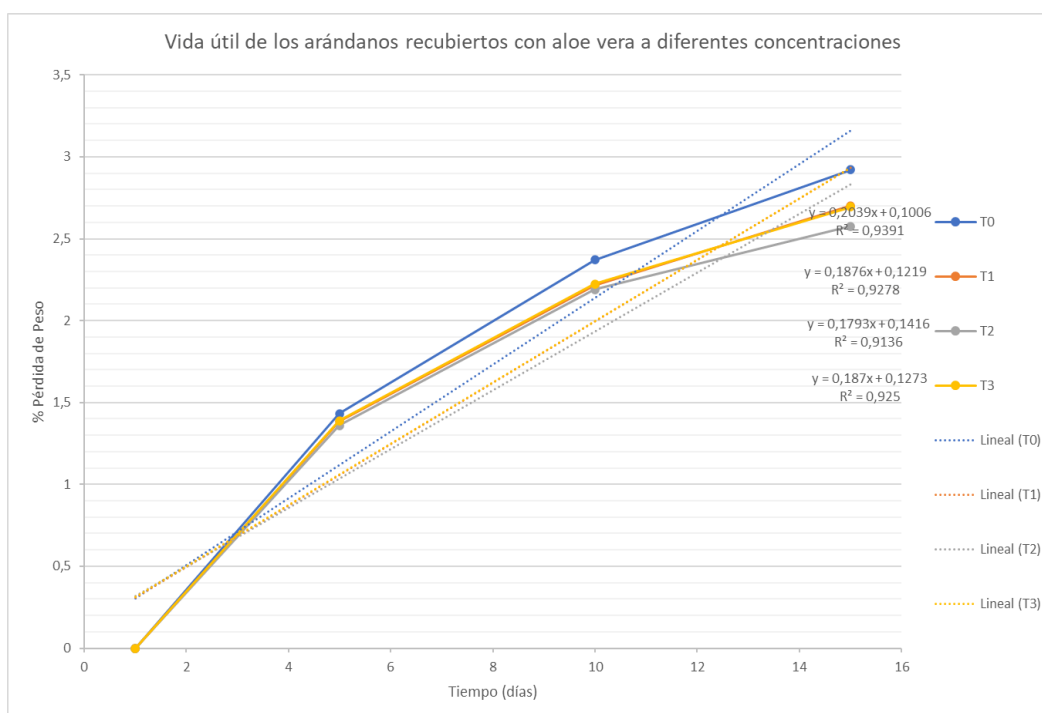
Límite de aceptación	Tiempo máximo de vida útil (días)			
	T0	T1	T2	T3
Tiempo máximo de vida útil (días)	12,4	13,4	13,9	13,4

Nota. T1 (15% aloe vera y 85% de agua d), T2 (30% aloe vera y 70% de agua d), T3 (45% aloe vera y 55% de agua d).

En la tabla 20, se observa que el tratamiento T2 (30% aloe vera y 70% agua destilada) presenta un tiempo de vida útil máximo de 14 días a comparación del tratamiento control T0 que apenas es de 12 días. Esto demuestra que los arándanos recubiertos a base de aloe vera logran aumentar la vida útil de los arándanos dos días más (Figura 7).

Figura 8

Vida útil de los arándanos recubiertos con diferentes concentraciones de aloe vera



En la figura 7, el tratamiento T2 alcanzó una vida útil de 14 días bajo el modelo matemático $y = 0,1793x + 0,1416$. Para contrastar la velocidad de deterioro cuando la temperatura varía 10°C, se utilizó la relación del factor de aceleración Q_{10} propuesta por (Labuza, 1985) para el tratamiento T2 el cual indica que para el intervalo 17 - 7°C la velocidad de deterioro aumenta 0,571 veces, dato menor que el tratamiento T0 que maduró 0,583 veces más rápido.

Temperatura ambiente

Análisis fisicoquímico (17 ± 2 °C)

Porcentaje de pérdida de peso (%PP)

La pérdida de peso aumenta en función del tiempo, generando un aspecto deshidratado, lo cual también incrementa la susceptibilidad a sufrir ataques microbianos. Los procesos de transpiración se reducen debido a la acción barrera que ejerce el recubrimiento.

Tabla 22

Análisis de varianza (ANOVA) para la pérdida de peso (%PP)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	57,05	3	19,02	1,05	0,3869
Día	2866,48	2	1433,24	78,77	<0,0001
Tratamiento:Día	29,5	6	4,9	0,229	0,936
Error	516,3	24	21,5		

Los residuos obtenidos en el ANOVA no cumplieron la homocedasticidad, por lo que es necesario realizar una prueba de varianza no paramétrica como Kruskal-Wallis. La gráfica de residuos muestra que los residuos tienen una distribución normal (Anexos).

En la Tabla 22, se observa que los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para la pérdida de peso (%pp) de las muestras de arándanos recubiertas con diferentes concentraciones de aloe vera, no existen diferencias significativas para los tratamientos (F = 1,05; p = 0,3869) ni en la interacción Tratamiento:Día, únicamente los días tienen efecto sobre la pérdida de peso en los arándanos.

Tabla 23

Media \pm D.E de la pérdida de peso (%pp) en los tratamientos recubiertos con aloe vera

Tratamiento	n	Medias	\pm	E.E.
T2	9	10,39	\pm	1,42
T1	9	10,98	\pm	1,42
T3	9	11,83	\pm	1,42
T0	9	13,72	\pm	1,42

Nota. T1 (15% aloe vera y 85% de agua d), T2 (30% aloe vera y 70% de agua d), T3 (45% aloe vera y 55% de agua d).

En la Tabla 23, se observa que los tratamientos T2 y T1 presentaron una menor pérdida de peso al cabo de 10 días conservando el 89,61 y 89,02% respectivamente de su peso inicial a diferencia del testigo que conservó el 86,28%, es decir, que la acción barrera de los recubrimientos cumplió con reducir la transpiración de los arándanos.

Acidez titulable (% ácido cítrico)

La acidez tiende a disminuir con el pasar de los días debido a que los ácidos orgánicos son respirados, es decir, convertidos en azúcar. Por lo que se consideró como mejor tratamiento al que pierda menos acidez al final de los 10 días.

Tabla 24

Análisis de varianza (ANOVA) para la acidez (% de ácido cítrico) en los tratamientos con aloe vera

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	0,10	3	0,03	0,97	0,4192
Día	3,75	2	1,87	53,97	<0,0001
Tratamiento:Día	0,167	6	0,0279	0,766	0,603
Error	1,04	24	0,0364		

Los residuos obtenidos en el ANOVA no cumplieron la distribución normal, por lo que es necesario realizar una prueba de varianza no paramétrica como Kruskal-Wallis. La gráfica de residuos muestra que los residuos tienen una varianza constante (Anexos).

En la tabla 24, no existe diferencia significativa para los tratamientos ni la interacción Tratamiento:Día, únicamente los días tiene difieren en la disminución de acidez, consecuente de estar expuestos a una mayor temperatura, mayor respiración e incremento del pH, ocasionando un efecto directo en la acidez debido a que los ácidos orgánicos son convertidos en azúcar. Por tanto, no fue necesario realizar la prueba de rangos múltiples de Tukey.

Tabla 25

Media \pm D.E de la acidez (% ácido cítrico) en los tratamientos con aloe vera

Tratamiento	n	Medias	\pm	D.E.
T3	9	1,46	\pm	0,06
T1	9	1,42	\pm	0,06
T2	9	1,37	\pm	0,06
T0	9	1,32	\pm	0,06

Nota. T1 (15% aloe vera y 85% de agua d), T2 (30% aloe vera y 70% de agua d), T3 (45% aloe vera y 55% de agua d).

En la tabla 25, se observa que la disminución de acidez (% ácido cítrico) en el tratamiento T3 (1,46 % ácido cítrico) fue la mejor respuesta a esta variable en comparación a los demás tratamientos.

A pesar de no presentar diferencias significativas en el ANOVA, se evidencia la diferencia de concentración entre las medias de los tratamientos. Por lo que al día 7, los arándanos que no fueron recubiertos presentan una acidez más pronunciada en el sabor del fruto.

pH

Tabla 26

Análisis de varianza (ANOVA) para el pH en los tratamientos durante los días de observación

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	0,83	3	0,28	5,13	0,0055
Día	3,53	2	1,77	32,80	<0,0001
Tratamiento:Día	0,046	6	0,0076	0,117	0,9934
Error	1,61	24	0,05		

Los residuos obtenidos en el ANOVA no cumplieron la distribución normal, por lo que es necesario realizar una prueba de varianza no paramétrica como Kruskal-Wallis. La gráfica de residuos muestra que los residuos tienen una varianza constante (Anexos).

En la tabla 26, al menos uno de los tratamientos difiere de los otros ($F = 5,13$; $0,0055$), aún mayor significancia presentaron los días, los cuales tienen un mayor efecto debido a que el tiempo transcurrido provoca que el pH incrementa debido a la interacción con la atmósfera y los procesos que conlleva. Sin embargo, la interacción entre el día y el tratamiento no tiene efecto en la variación del pH.

Tabla 27

Media \pm D.E del pH en los tratamientos recubiertos con cuatro concentraciones de aloe vera

Tratamiento	n	Medias	\pm	D.E.	Test de Tukey al 5%
T2	9	3,58	\pm	0,08	A
T3	9	3,86	\pm	0,08	A B
T1	9	3,88	\pm	0,08	B
T0	9	3,98	\pm	0,08	B

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). T1 (15% aloe vera y 85% de agua d), T2 (30% aloe vera y 70% de agua d), T3 (45% aloe vera y 55% de agua d).

Los arándanos recubiertos con el tratamiento T2 (3,58) presentaron un pH significativamente inferior a los demás tratamientos T3, T1 y T0 respectivamente (Tabla 27).

Textura

Tabla 28

Análisis de varianza (ANOVA) para la textura en los tratamientos durante los días de observación

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	0,00	3	0,00	sd	sd
Día	24,00	2	12,00	sd	sd
Tratamiento:Día	0,06	6	0,01	sd	Sd
Error	0,00	24	0,00		

Los residuos obtenidos en el ANOVA cumplieron los supuestos. La gráfica de residuos muestra una distribución normal de los residuos con una varianza constante, sin embargo, el programa no reflejó un p-valor (Anexos).

En la Tabla 28, no se encontró diferencia significativa para ninguna fuente de variación. Los datos de las medias para todos los tratamientos fueron homogéneos, evidenciando que los recubrimientos no tienen ningún efecto barrera contra la deshidratación de los frutos a temperatura ambiente y no fue posible obtener más datos a partir del día 10 debido a la incidencia de *Botrytis cinérea* en los tratamientos.

Tabla 29

Media \pm D.E de la textura en los tratamientos recubiertos con aloe vera

Tratamiento	n	Medias	\pm	D.E.
T3	12	1,67	\pm	0,09
T2	12	1,67	\pm	0,09
T1	12	1,67	\pm	0,09
T0	12	1,50	\pm	0,09

Nota. T1 (15% aloe vera y 85% de agua d), T2 (30% aloe vera y 70% de agua d), T3 (45% aloe vera y 55% de agua d).

En la Tabla 29, se observa que los tratamientos con aloe vera T3, T2 y T1 tuvieron una mayor deshidratación en comparación al testigo. Por lo que la acción barrera del recubrimiento influyó negativamente acelerando la deshidratación. Sin embargo, ningún tratamiento fue útil a partir del décimo día debido a la alta incidencia de *Botrytis cinérea* a temperatura ambiente.

Sólidos Solubles ($^{\circ}$ Brix)

Tabla 30

Análisis de varianza (ANOVA) para los sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix) en los tratamientos con aloe vera

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	12,91	3	4,30	4,11	0,0148
Día	7,87	2	3,94	3,76	0,0348
Tratamiento:Día	12,11	6	2,05	2,507	0,05008
Error	19,288	24	0,804		

Los residuos obtenidos en el ANOVA cumplieron los supuestos. La gráfica de residuos muestra una distribución normal de los residuos con una varianza constante (Anexos).

En la Tabla 30, los tratamientos con diferentes concentraciones de aloe vera presentaron diferencias significativas ($F = 4,11$; $p = 0,0148$) y aún más significancia presentó la interacción entre el tratamiento y el día ($F = 2,507$; $p = 0,05008$), lo que demuestra que al menos uno de los tratamientos varía del resto.

Tabla 31

Media \pm D.E de los sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix) en los tratamientos recubiertos con aloe vera

Tratamiento	n	Medias	\pm	D.E.	Tukey al 5%	
T2	9	10,73	\pm	0,34	A	
T1	9	11,14	\pm	0,34	A	B
T3	9	11,83	\pm	0,34	A	B
T0	9	12,27	\pm	0,34	B	

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). T1 (15% aloe vera y 85% de agua d), T2 (30% aloe vera y 70% de agua d), T3 (45% aloe vera y 55% de agua d).

En la Tabla 31, se observa que el aumento de los sólidos solubles en el tratamiento T2 fue el mejor al cabo de diez días apenas aumentando a 10,73 $^{\circ}$ Brix, seguido por el tratamiento T1 con 10,53 $^{\circ}$ Brix. Lo cual demuestra que todos los tratamientos recubiertos con aloe vera retrasan la senescencia del fruto.

Incidencia de Mohos (*Botrytis cinérea*)

Tabla 32

Análisis de varianza (ANOVA) para la incidencia de mohos (%) en los tratamientos con aloe vera

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	578,02	3	192,67	4,10	0,0150
Día	26593,26	2	13296,63	282,89	<0,0001
Tratamiento:Día	388	6	65	1,518	0,2148
Error	1022,01	24	43		

Los residuos obtenidos en el ANOVA no cumplieron con la homocedasticidad, por lo que es necesario realizar una prueba de varianza no paramétrica como Kruskal-Wallis. La gráfica de residuos muestra una distribución normal y la varianza de los datos. (Anexos).

En la Tabla 32, los tratamientos con diferentes concentraciones de aloe vera presentaron diferencias significativas ($F = 4,10$; $p = 0,0150$) y aún más significancia presentaron días ($F = 282,89$; $p < 0,0001$), lo que demuestra que al menos uno de los tratamientos varía del

resto. Sin embargo, la interacción entre el tratamiento y el tiempo (día) no tiene efectos significativos en la incidencia de mohos (%).

Tabla 33

Media \pm D.E de la incidencia de mohos (%) en los tratamientos recubiertos con aloe vera.

Tratamiento	n	Medias	\pm	D.E.	Tukey al 5%
T2	9	17,01	\pm	2,29	A
T3	9	20,14	\pm	2,29	A B
T1	9	23,61	\pm	2,29	A B
T0	9	27,78	\pm	2,29	B

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). T1 (15% aloe vera y 85% de agua d), T2 (30% aloe vera y 70% de agua d), T3 (45% aloe vera y 55% de agua d).

Los arándanos recubiertos con el tratamiento T2 (30% aloe vera y 70% agua destilada) presentaron un mayor control en la incidencia de *Botrytis cinérea*, reduciendo en un 10% el ataque del patógeno en comparación al testigo T0 (Tabla 33).

Índice de madurez (IM)

Tabla 34

Análisis de varianza (ANOVA) para el índice de madurez (IM) en los tratamientos recubiertos con aloe vera

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	23,36	3	7,79	2,50	0,0786
Día	227,51	2	113,75	36,49	<0,0001
Tratamiento:Día	21,76	6	3,63	1,213	0,3339
Error	71,77	24	2,99		

Los residuos obtenidos en el ANOVA no cumplieron con la homocedasticidad, por lo que es necesario realizar una prueba de varianza no paramétrica como Kruskal-Wallis. La gráfica de residuos muestra una distribución normal y la varianza de los datos. (Anexos).

En la tabla 34, los tratamientos con diferentes concentraciones de aloe vera no presentaron diferencias significativas ($F = 2,50$; $p = 0,0753$) de igual manera la interacción entre

el tratamiento y el día; únicamente los días tienen efecto significativo ($F = 36,49$; $p = <0,0001$), lo cual demuestra que los recubrimientos no tuvieron efecto en el aumento del índice de madurez.

Tabla 35

Media \pm D.E del índice de madurez (IM) en los tratamientos recubiertos con aloe vera

Tratamiento	n	Medias	\pm	D.E.
T1	9	8,26	\pm	0,59
T2	9	8,36	\pm	0,59
T3	9	9,10	\pm	0,59
T0	9	10,28	\pm	0,59

Nota. T1 (15% aloe vera y 85% de agua d), T2 (30% aloe vera y 70% de agua d), T3 (45% aloe vera y 55% de agua d).

El efecto de los recubrimientos de aloe vera aplicados en los arándanos no tuvo ningún efecto en el aumento del índice de madurez, debido a que los recubrimientos por sí solos no pueden sustituir el mantener la temperatura y humedad relativa (Tabla 35).

Calibre

Tabla 36

Análisis de varianza (ANOVA) para el calibre (mm) en los tratamientos con aloe vera

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	4,74	3	1,58	6,75	0,0013
Día	83,94	2	41,97	179,36	<0,0001
Tratamiento:Día	7,02	6	1,17	4,904	<0,0001
Error	9,970	24	0,3116		

Los residuos obtenidos en el ANOVA no cumplieron con normalidad e independencia, por lo que es necesario realizar una prueba de varianza no paramétrica como Kruskal-Wallis. La gráfica de residuos muestra este hecho (Anexos).

En la tabla 34, los tratamientos con diferentes concentraciones de aloe vera presentaron diferencias significativas ($F = 6,75$; $p = 0,0013$) y aún más significativo el efecto de la

interacción entre el tratamiento y el día ($F = 4,904$; $p < 0,0001$). Al menos uno de los tratamientos difiere del resto.

Tabla 37

Media \pm D.E del calibre (mm) en los tratamientos recubiertos con aloe vera

Tratamiento	n	Medias	\pm	D.E.	Tukey al 5%	
T2	9	12,53	\pm	0,16	A	
T1	9	12,13	\pm	0,16	A	B
T3	9	11,70	\pm	0,16	B	
T0	9	11,63	\pm	0,16	B	

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). T1 (15% aloe vera y 85% de agua d), T2 (30% aloe vera y 70% de agua d), T3 (45% aloe vera y 55% de agua d).

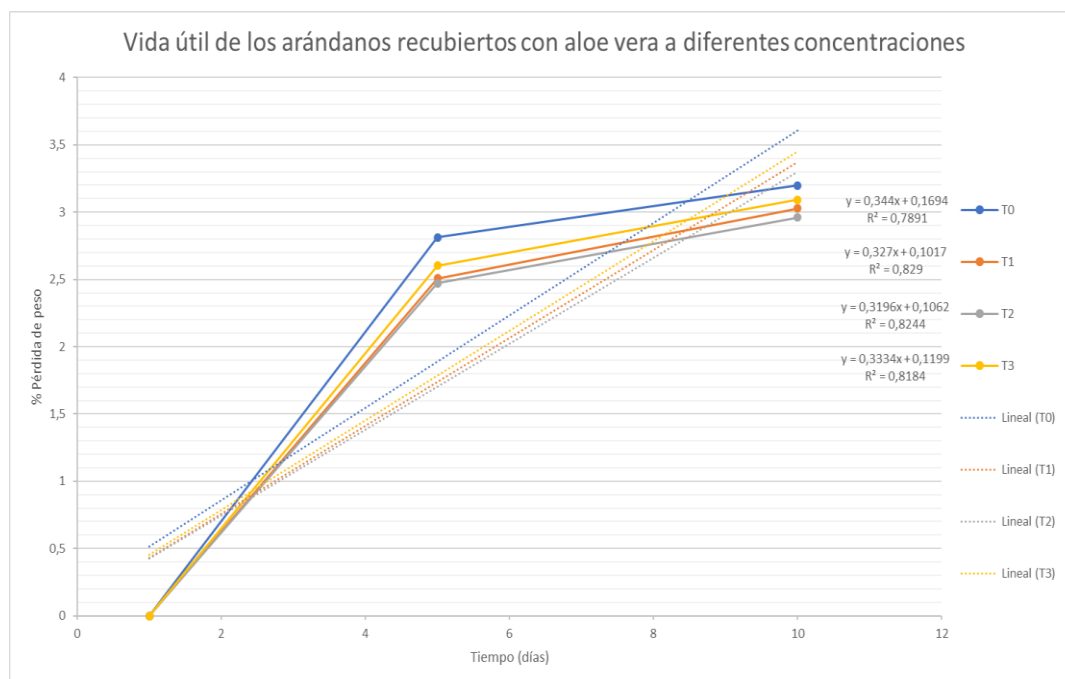
Los arándanos recubiertos con el tratamiento T2 presentó la mayor conservación de su aspecto inicial, el cual se ve afectado con el pasar de los días debido a que la evolución de la textura y la pérdida de peso reducen el calibre del fruto, ablandando y endureciéndose similar al aspecto de una pasa (Tabla 37).

Determinación de Vida útil

La vida útil se determinó en base a la pérdida de peso (%pp), utilizando la fórmula de (Labuza T. , 1982). Se evidenció que el efecto de los recubrimientos alarga la vida útil del arándano.

Figura 9

Vida útil de los arándanos recubiertos con diferentes concentraciones de aloe vera conservados a temperatura ambiente



En la figura 10, el tratamiento T2 alcanzó una vida útil de 8 días bajo el modelo matemático $y = 0,3196x + 0,1062$. Para contrastar la velocidad de deterioro cuando la temperatura varía 10°C , se utilizó la relación del factor de aceleración Q_{10} propuesta por (Labuza, 1985) para el tratamiento T2 el cual indica que para el intervalo $17 - 7^{\circ}\text{C}$ la velocidad de deterioro aumenta 0,571 veces, dato menor que el tratamiento T0 que maduró 0,583 veces más rápido (Tabla 20).

Tabla 38

Tiempo máximo de vida útil (días) de los arándanos tratados con el recubrimiento de aloe vera

Límite de aceptación	Tiempo máximo de vida útil (días)			
	T0	T1	T2	T3
Tratamientos	T0	T1	T2	T3
Tiempo máximo de vida útil (días)	7,18	7,76	7,94	7,56

Nota. T1 (15% aloe vera y 85% de agua d), T2 (30% aloe vera y 70% de agua d), T3 (45% aloe vera y 55% de agua d)

En la tabla 36, se observa que los tratamientos T2, T1 y T3 tienen un tiempo de vida útil máximo de 8 días, a diferencia del tratamiento control T0. El efecto de los recubrimientos comestibles aumentó la vida útil en un día en comparación al testigo a temperatura ambiente.

Discusión

Dentro de las variables estudiadas en el proceso de investigación, se evidencio que los recubrimientos comestibles a base de aloe vera si contribuyen a conservar la mayoría de las propiedades fisicoquímicas del arándano. Sin embargo, cabe destacar que esta mención hace referencia a la temperatura de refrigeración de 7°C. (Atencia, 2015) reporta resultados similares a una temperatura de 4°C, de modo que el tratamiento con 30% de aloe vera fue significativamente mejor ayudando a retrasar la senescencia del fruto.

Es importante mencionar que los recubrimientos comestibles por si solos no pueden sustituir el mantener la temperatura y la humedad relativa interna, es decir una atmósfera modificada, por lo que sería necesario agregar encerados como en el caso de (Vasquez, 2019), quien reformuló el recubrimiento destacando el mejor tratamiento (50% de mucílago de sábila con 1% de cera de abeja) logrando mejorar aspectos como textura y reducir significativamente la pérdida de peso en comparación al testigo.

De acuerdo con (Olivares, 2017) la madurez fisiológica de los arándanos al momento de la cosecha puede variar entre frutos, consecuentemente se reflejaron valores atípicos en los análisis de residuos, tal como lo manifiesta (Atencia, 2015) al no poder continuar con el ensayo de temperatura ambiente a partir del séptimo día debido a la incidencia de patógenos en los tratamientos.

Pese a una nueva selección y descarte de los frutos previo al inicio del ensayo, (Vasquez, 2019) recomienda que esta post selección debe ser rigurosa y descartar los arándanos

necesarios con el fin de no generar un sesgo estadístico con el objetivo de reducir e sesgo estadístico reflejado en los resultados.

Finalmente, el efecto de los recubrimientos de aloe vera en las dos temperaturas (refrigeración y ambiente) presentó resultados distintos en cuanto a la vida útil. Mediante la ecuación de (Labuza T. , 1982) se determinó que a temperatura refrigeración (7°C) sin recubrimiento los arándanos duran 12 días, dato que se encuentra el en rango de 7 a 14 días reportado en (SAIA, 2021) y presenta un factor Q10 de 0,583, sin embargo, los arándanos recubiertos con 30% de aloe vera y 70% de agua destilada logran alcanzar una vida útil de 14 días, similar a (Atencia, 2015) ; el factor Q10 fue de 0,571 demostrando que se disminuyó la senescencia del fruto.

No se reportan datos acerca del factor de aceleración Q10 de la vida útil en cuanto a la pérdida de peso para discutir, aunque otros estudios en arándanos como (Mego, 2018) determinó la vida útil del arándano en un rango de 15 a 20 días para conservar la mayoría de las características sabor, color, olor, contenido de vitamina C; recalando que los días alcanzados se lograron con atmósferas modificadas a 5°C.

Capítulo V

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

El recubrimiento comestible se formuló de forma que se cumpla la ortogonalidad en los datos. A concentraciones de (0, 15,30 y 45 % de aloe vera y 100, 85, 70, 55 % agua destilada) la comparación entre las diferentes concentraciones reflejó que el tratamiento T2 (30% aloe vera y 70% agua destilada) ayuda a retrasar la senescencia del fruto un 3%, manteniéndolo en rangos considerables de una fruta madura.

El tratamiento (T2) a temperatura de 17 ± 2 °C logró mejores resultados en cuanto a las variables fisicoquímicas como: Pérdida de peso (10,39 %), Acidez Titulable (1,46 % ácido cítrico), contenido de Sólidos Solubles (10,73 ° Brix) y pH (3,58). En comparación al testigo T0 (13,72%), (1,32%), (12,27° Brix) y (3,98) respectivamente. De igual manera a temperatura de 7°C el tratamiento T2 presentó mejores resultados en conjunto para Pérdida de peso (6,49 %), Acidez Titulable (1,26 % ácido cítrico), contenido de Sólidos Solubles (10,53 ° Brix) y pH (3,13). En comparación al testigo T0 (8,37 %), (1,17%), (11,53 ° Brix) y (3,50) respectivamente.

Se determinó que el tratamiento T2 logró aumentar la vida útil dos días más que el testigo, aun cuando los arándanos llegan aceptables al día 14, no se descarta la incidencia de moho. En cuanto a la temperatura ambiente de 17 ± 2 °C, el mejor tratamiento correspondió de igual manera al T2 (30% aloe vera y 70% agua destilada) y logró aumentar la vida útil un día, sin embargo, a partir el octavo día la susceptibilidad al ataque por *Botrytis cinérea* aumenta considerablemente.

Recomendaciones

Para un futuro ensayo, se recomienda tomar en cuenta la adición de un encerado a la formulación de manera que sirva como suplemento y potencie las propiedades antimicrobianas.

Se recomienda tomar datos más seguidos, por ejemplo, cada tres días, al menos para el efecto de la temperatura ambiente para que la incidencia de mohos no afecte a la obtención de resultados.

Se recomienda realizar un mayor número de repeticiones con el fin de obtener más datos ya que la prueba de Tukey es más exigente en comparación a las otras pruebas de rango múltiple como LSD (mínima diferencia significativa).

Se recomienda trabajar cautelosamente en el área del ensayo, debido a que el ingreso del exterior y la manipulación de instrumentos sin la debida precaución puede contribuir al ataque de patógenos en el área de estudio.

Finalmente, se recomienda trabajar con el recubrimiento a una temperatura de 7°C, ya que se evidenció un aumento de la vida útil hasta en 8 días, lo que justifica la inversión empleada para formular el recubrimiento.

Bibliografía

- Assis, O., & Pessoa, J. (2004). Preparation of thin films of chitosan for use as edible coatings to inhibit fungal growth on sliced fruits. *Brazilian Journal of Food Technology*.
- Atencia, E. (2015). Aplicación de Aloe Vera como recubrimiento comestible en arándanos (*Vaccinium corymbosum*). *acultad de Ingeniería de Industrias Alimentarias - Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo*.
- Avidox. (2015). *Todo para tu salud, Información nutricosmética*.
<http://www.avidox.com/belleza/arandano-negro.html>
- Bósquez, L. (2007). Elaboracion de recubrimientos comestibles formulados con mezquite y cera de candelilla para producir cinpetica de deterioro fresco en limón persa. Universidad Autónoma Metropolitana.
- Galarza, M. (2019). Estudio de la factibilidad para la creación de la empresa "Arandeanblue", productora y comercializadora de arándano, ubicada en el sector de Chaquibamba, provincia de Pichincha. *Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE*.
- Garcia, M. (2008). *Películas y cubiertas de quitosano en la conservación de vegetales*.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81318808009>
- Godoy, a. (2004). Conservación de dos variedades de arándano alto en condiciones de frío convencional. *Universidad Nacional de Mar de Plata*.
- Google. (2021). *Google Maps*.
[https://www.google.com.ec/maps/place/IASA+\(Carrera+Agropecuaria+Universidad+de+las+Fuerzas+Armadas+\)/@-0.3856423,-78.4185909,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x91d5bb2c607a54a7:0x41f3cfca99f509d5!8m2!3d-0.3856423!4d-78.4164022?hl=es](https://www.google.com.ec/maps/place/IASA+(Carrera+Agropecuaria+Universidad+de+las+Fuerzas+Armadas+)/@-0.3856423,-78.4185909,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x91d5bb2c607a54a7:0x41f3cfca99f509d5!8m2!3d-0.3856423!4d-78.4164022?hl=es)

Infoagro. (2016). *InfoAgro*.

https://www.infoagro.com/noticias/2016/el_arandano_peruano_accede_al_mercado_chino.asp

Intagri. (2017). Cultivo de arándano. *INTAGRI*, 10.

Krochta, M., Baldwin, E., & Nisperos, M. (1994).). Edible coatings and films to improve food quality. Florida, United States of America: CRC Press. *CRC Press*.

Labuza. (1985). Scientific investigation of shelf life in shelf life dating of foods. *Food and Nutrition Press*.

Labuza, T. (1982). Theory and applications of Arrhenius kinetics to the prediction of nutrient losses in foods. *Food Technology*.

Mego, L. (2018). Evaluación del tiempo de vida útil del arándano (*Vaccinium corymbosum*) fresco variedad azul, almacenado en atmósfera modificada. *Universidad Señor de Sipán*.

Montero, M., Rojas, M., Soliva, R., & Belloso, M. (2009). Tendencias en el procesado mínimo de frutas y hortalizas frescas. Horticultura internacional extra Postcosecha. *Levante Agrícola*, 361: 260-266.

Muños, P. (2011). Scrib. *Recubrimientos comestibles para frutas y hortalizas*.
<http://es.scrib.com/doc/38566614/>.

Olivares, R. (2017). Sistemas de producción, plantación y poda de arándanos. 79.

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. *UNA*, 120.

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

- Ramirez J., A. I. (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*). *Ciencias Farmacéuticas y Alimentarias*, 20 (3):172-183.
- Ramos, J. (2014). Obtención, caracterización y aplicación de películas biodegradables en aguacate y manzana mínimamente procesados. (Tesis de licenciatura).
- Reynolds, T., & Dweck, A. (1999). Aloe vera leaf gel: a review update. *Journal of Thnopharmacology*, 68: 3-37.
- Rojas, M. (2006). Recubrimiento y sustancias de origen natural en manzana fresca cortada: Una nueva estrategia de conservación. *Universidad de Lleida, España*.
- Romero, C. (2015). Evaluación de la retención de vitamina C y su capacidad antioxidante empleando agentes encapsulantes en el zumo de arándano (*vaccinium corymbosum*) atomizado. *Universidad Señor de Sipan*.
- Ruiz, F. (2009). Aplicación de películas comestibles a base de quitosano y mucílago de nopal en fresa (*Fragaria ananassa*) almacenada en refrigeración. *Universidad de las Américas Puebla*.
- SAIA. (2021). SAIA. <https://saia.es/cuanto-duran-los-alimentos-en-la-nevera/>
- Sánchez, K., & Reyes, A. (2006). Una metodología para el estudio del aloe vera. Agente inhibidor de la corrosión. *Revista de educación Laurus*.
- Solano, L., Beltrán, L., & Jiménez, C. (2020). Películas y recubrimientos comestibles funcionalizados. *ScieELO*.
- Stückrath, R., & Petzold, G. (2007). Formulación de una Pasta Gelificada a Partir del Descarte de Arándanos (*Vaccinium corymbosum*). *Research Gate*, 53-63.

Trademap. (2018). *Trademap*. Estadísticas del comercio para el desarrollo internacional de las empresas. Cálculos del ITC basados en estadísticas de UNCOMTRADE y del ITC.:

https://www.trademap.org/Country_SelProduct_TS.aspx?nvpm=3

Vasquez. (2019). 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.).

Universidad Nacional de Cajamarca, 60-100.

Enlace de carpeta drive

<https://drive.google.com/drive/folders/1UjhUGdGeRTh4YibNxAmy5TEcaCJnEhfl>