

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



TESIS

**EFFECTO DE RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES A BASE DE PROTEÍNA DE
SOYA Y ALMIDÓN DE YUCA EN LA CONSERVACIÓN DE SAÚCO**
(Sambucus peruviana H.B.K.).

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Presentado por el Bachiller:

ROSA MARDELID GARCÍA CHALÁN

Asesor:

Ing. Mg. MAX EDWIN SANGAY TERRONES

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 dieciséis días del mes de diciembre del Año dos mil 2019, se reunieron en el ambiente 2C – 211 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° 476-2019-FCA-UNC, Fecha 20 de setiembre del 2019, con el objeto de Evaluar la sustentación de la Tesis titulada: **“EFECTO DE RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES A BASE DE PROTEÍNA DE SOYA Y ALMIDÓN DE YUCA EN LA CONSERVACIÓN DE SAUCO (*Sambucus peruviana* H.B.K)”**, para optar el Título Profesional de **INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**, de la Bachiller: **ROSA MARDELID GARCÍA CHALÁN**.

A las ocho horas y dos 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, el graduando queda expedita para que se le expida el **Título Profesional** correspondiente.

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

Cajamarca, 16 de diciembre de 2019.

Dr. Segundo Berardo Escalante Zumaeta
PRESIDENTE

Ing. M.Sc. Jesús Hipólito De la Cruz Rojas
SECRETARIO

Ing. M. Sc. Fanny Lucila Rimarachín Chávez
VOCAL

Ing. Max Edwin Sangay Terrones
ASESOR

DEDICATORIA

Dedico sobre todo a Dios, por darme la oportunidad de vivir y por iluminar cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente, por haber puesto en mi camino aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mis padres Dolores y Amado, por sus consejos, su comprensión y apoyo incondicional durante la culminación de mi carrera, gracias por estar siempre dispuestos a brindarme su apoyo constante.

A mis hermanos que siempre estuvieron brindándome su apoyo.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mis padres (Dolores y Amado), por el constante aliento a seguir adelante con mis propósitos, por la confianza y comprensión que me brindan.

Mi eterna gratitud a mi Alma Mater, la Universidad Nacional de Cajamarca, en cuyas aulas guardo mis más secretos recuerdos y fue testigo de mi formación profesional.

*A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, en especial al **Ing. Mg. Max Edwin Sangay Terrones** por haberme apoyado y brindado su asesoramiento en la planificación y ejecución del presente trabajo de investigación.*

A mis amigas, especialmente a Vilma, Doris, Rosa y Elsy por su apoyo incondicional durante mi formación como profesional y ejecución del presente trabajo de investigación.

INDICE GENERAL

| | PÁG. |
|--|----------|
| DEDICATORIA | |
| AGRADECIMIENTO | |
| INDICE GENERAL | |
| INDICE DE TABLAS | |
| INDICE DE FIGURAS | |
| RESUMEN | |
| ABSTRACT | |
| | |
| CAPÍTULO I | 1 |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1 Problema de Investigación | 2 |
| 1.2 Objetivo de la investigación | 3 |
| 1.3 Hipótesis de la investigación | 3 |
| | |
| CAPÍTULO II | 4 |
| REVISIÓN DE LITERATURA | 4 |
| 2.1 Antecedentes de la investigación | 4 |
| 2.2 Bases teóricas..... | 8 |
| 2.2.1 Descripción del saúco..... | 8 |
| 2.2.1.1 Descripción de la familia Caprifoliácea | 8 |
| 2.2.1.2 Descripción de la especie | 8 |
| 2.2.1.3 Características del fruto de saúco..... | 9 |
| 2.2.1.4 Composición Nutricional del Fruto | 11 |
| 2.2.1.5 Características fisicoquímicas del fruto según el estado de madurez | 12 |
| 2.2.1.6 Propiedades o beneficios del fruto..... | 13 |
| 2.2.1.7 Usos y consumo del fruto..... | 13 |
| 2.2.2 Películas y recubrimientos comestibles | 14 |
| 2.2.2.1 Concepto..... | 14 |
| 2.2.2.2 Importancia y funciones | 14 |
| 2.2.2.3 Componentes de los recubrimientos comestibles..... | 15 |

| | |
|--|-----------|
| 2.2.2.4 Principales propiedades recubrimientos comestibles | 18 |
| 2.2.2.5 Procesos de preparación de recubrimientos comestibles | 22 |
| 2.2.2.6 Factores que afectan a la calidad de los frutos con recubrimientos comestibles compuestos. | 23 |
| 2.2.3 Almidón de yuca..... | 24 |
| 2.2.4 Proteína de soya | 25 |
| 2.3 Definición de términos | 25 |
| CAPÍTULO III | 28 |
| MATERIALES Y METODOS..... | 28 |
| 3.1 Ubicación geográfica del trabajo de investigación..... | 28 |
| 3.2 Materiales..... | 28 |
| 3.2.1 Material biológico..... | 28 |
| 3.2.2 Insumos y reactivos..... | 28 |
| 3.2.3 Materiales y equipos de laboratorio..... | 29 |
| 3.2.4 Equipos y materiales para evaluación sensorial..... | 29 |
| 3.2.5 Material de gabinete | 30 |
| 3.3 Metodología..... | 31 |
| 3.3.1 Variables de la investigación | 31 |
| 3.3.2 Diseño experimental..... | 31 |
| 3.3.3 Diagrama de flujo de acondicionamiento de la fruta y aplicación del recubrimiento comestible..... | 32 |
| 3.3.4 Diagrama de flujo de preparación de los recubrimientos comestibles..... | 34 |
| 3.3.5 Trabajo de laboratorio | 36 |
| 3.3.5.1 Análisis fisicoquímico..... | 36 |
| 3.3.5.2 Análisis sensorial | 37 |
| 3.3.5.3 Análisis microbiológico..... | 37 |
| 3.3.5.4 Tipo de diseño | 38 |
| 3.3.6 Trabajo de gabinete | 39 |
| 3.3.6.1 Análisis estadístico | 39 |

| | |
|---|-----------|
| CAPITULO IV..... | 40 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 40 |
| 4.1 Descripción de la obtención de la materia prima | 40 |
| 4.2 Evaluación de las características fisicoquímicas..... | 40 |
| 4.2.1 Resultados finales de los Sólidos Solubles (°Brix) del saúco recubierto con diferentes concentraciones de proteína de soya y almidón de yuca..... | 40 |
| 4.2.1.1 Análisis de varianza (ANOVA) para los Sólidos Solubles (°Brix) del saúco recubierto con diferentes concentraciones de proteína de soya y almidón de yuca. | 41 |
| 4.2.2 Resultados finales del pH del sauco recubierto con diferentes concentraciones de proteína de soya y almidón de yuca. | 45 |
| 4.2.2.1 Análisis de varianza (ANOVA) para el pH del saúco recubierto con diferentes concentraciones de proteína de soya y almidón de yuca. | 45 |
| 4.2.3 Resultados finales de la acidez titulable (%ácido cítrico) del saúco recubierto con diferentes concentraciones de proteína de soya y almidón de yuca | 49 |
| 4.2.3.1 Análisis de varianza (ANOVA) para la acidez titulable (%ácido cítrico) del sauco recubierto con diferentes concentraciones de proteína de soya y almidón de yuca. | 49 |
| 4.2.4 Resultados finales del porcentaje de pérdida de peso (% PP) del saúco recubierto con diferentes concentraciones de proteína de soya y almidón de yuca..... | 52 |
| 4.2.4.1 Análisis de varianza (ANOVA) para el porcentaje de pérdida de peso (% PP) del saúco recubierto con diferentes concentraciones de proteína de soya y almidón de yuca. .. | 52 |
| 4.3 Evaluación Sensorial..... | 58 |
| 4.3.1 Análisis de varianza (ANOVA) para el color del sauco recubierto con diferentes concentraciones de proteína de soya y almidón de yuca..... | 58 |
| 4.3.2 Análisis de varianza (ANOVA) para el olor del saúco recubierto con diferentes concentraciones de proteína de soya y almidón de yuca..... | 61 |

| | | |
|---|---|-----------|
| 4.3.3 | Análisis de varianza (ANOVA) para la textura del saúco recubierto con diferentes concentraciones de proteína de soya y almidón de yuca..... | 63 |
| 4.3.4 | Análisis de varianza (ANOVA) para el sabor del saúco recubierto con diferentes concentraciones de proteína de soya y almidón de yuca..... | 65 |
| 4.4 | Evaluación microbiológica | 67 |
| CAPÍTULO V..... | | 69 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | | 70 |
| 5.1 | CONCLUSIONES..... | 70 |
| 5.2 | RECOMENDACIONES | 71 |
| CAPÍTULO VI..... | | 72 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | | 72 |
| CAPÍTULO VII..... | | 84 |
| ANEXOS | | 84 |
| 1. | Resumen de datos para muestras con recubrimiento de proteína de soya y almidón de yuca..... | 84 |
| 2. | Ficha de evaluación sensorial..... | 86 |
| 3. | Informe de análisis microbiológico | 87 |
| 4. | MINSA 2008 - Norma Sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano..... | 88 |
| 5. | Imágenes del desarrollo del trabajo de investigación..... | 89 |

INDICE DE TABLAS

| | | |
|------------------|--|----|
| Tabla 1. | <i>Composición Nutricional del Fruto de Saúco (Sambucus Peruviana H.B.K).....</i> | 12 |
| Tabla 2. | <i>Usos posibles de películas y recubrimientos comestibles.</i> | 15 |
| Tabla 3. | <i>Descripción de variables dependientes e independientes.....</i> | 31 |
| Tabla 4. | <i>Factores, niveles y tratamientos en estudio.....</i> | 31 |
| Tabla 5. | <i>Tratamientos aplicados en el desarrollo de la investigación.....</i> | 36 |
| Tabla 6. | <i>Análisis de varianza para una factorial de dos factores en un diseño completamente al azar (DCA).</i> | 38 |
| Tabla 7. | <i>Resultados finales de los sólidos solubles (°Brix) del saúco.</i> | 40 |
| Tabla 8. | <i>Análisis de varianza (ANOVA) para los sólidos solubles (°Brix) del saúco recubierto con diferentes concentraciones de proteína de soya y almidón de yuca.</i> | 41 |
| Tabla 9. | <i>Análisis de varianza (ANOVA) para los efectos simples de los factores en estudio (Proteína de soya y almidón de yuca) en los sólidos solubles (°Brix) del saúco.</i> | 42 |
| Tabla 10. | <i>Prueba de significación de Tukey al 5% de probabilidad para la interacción de los factores proteína de soya y almidón de yuca (PS*AY) en los sólidos solubles (°Brix) del saúco.</i> | 43 |
| Tabla 11. | <i>Resultados finales del pH del saúco.....</i> | 45 |
| Tabla 12. | <i>Análisis de varianza (ANOVA) para el pH del saúco recubierto con diferentes concentraciones de proteína de soya y almidón de yuca.....</i> | 46 |
| Tabla 13. | <i>Análisis de varianza (ANOVA) para los efectos simples de los factores en estudio (Proteína de soya y almidón de yuca) en el pH del saúco.....</i> | 46 |
| Tabla 14. | <i>Prueba de significación de Tukey al 5% de probabilidad para la interacción de los factores proteína de soya y almidón de yuca (PS*AY) en el pH del saúco.....</i> | 47 |
| Tabla 15. | <i>Resultados finales de la acidez titulable (%ácido cítrico) del saúco.</i> | 49 |
| Tabla 16. | <i>Análisis de varianza (ANOVA) para la acidez titulable (% ácido cítrico) del saúco recubierto con diferentes concentraciones de proteína de soya y almidón de yuca.</i> | 50 |

| | |
|---|----|
| Tabla 17. Resultados finales del porcentaje de pérdida de peso (% PP) del saúco. | 52 |
| Tabla 18. Análisis de varianza (ANOVA) para el porcentaje de pérdida de peso (%PP) del saúco recubierto con diferentes concentraciones de proteína de soya y almidón de yuca. | 53 |
| Tabla 19. Prueba de significación de Tukey al 5% de probabilidad, para el factor proteína de soya (PS), en el porcentaje de pérdida de peso (%PP) del saúco. | 54 |
| Tabla 20. Prueba de significación de Tukey al 5% de probabilidad, para el factor almidón de yuca (AY), en el porcentaje de pérdida de peso (%PP) del saúco. | 55 |
| Tabla 21. Análisis de varianza (ANOVA) para el color del sauco recubierto con diferentes concentraciones de proteína de soya y almidón de yuca. | 59 |
| Tabla 22. Prueba de significación de Tukey al 5% de probabilidad, para el color del sauco recubierto con diferentes concentraciones de proteína de soya y almidón de yuca. | 59 |
| Tabla 23. Análisis de varianza (ANOVA) para el olor del saúco recubierto con diferentes concentraciones de proteína de soya y almidón de yuca. | 61 |
| Tabla 24. Prueba de significación de Tukey al 5% de probabilidad, para el olor del saúco recubierto con diferentes concentraciones de proteína de soya y almidón de yuca. | 62 |
| Tabla 25. Análisis de varianza (ANOVA) para la textura del saúco recubierto con diferentes concentraciones de proteína de soya y almidón de yuca. | 63 |
| Tabla 26. Prueba de significación de Tukey al 5% de probabilidad, para la textura del saúco recubierto con diferentes concentraciones de proteína de soya y almidón de yuca. | 64 |
| Tabla 27. Análisis de varianza (ANOVA) para el sabor del saúco recubierto con diferentes concentraciones de proteína de soya y almidón de yuca. | 66 |

| | |
|--|----|
| Tabla 28. Prueba de significación de Tukey al 5% de probabilidad, para el sabor del sauco recubierto con diferentes concentraciones de proteína de soya y almidón de yuca. | 66 |
| Tabla 29. Análisis microbiológico del tratamiento T7(1.5 % de proteína de soya y 0 % de almidón de yuca). | 68 |
| Tabla 30. Resultados de evaluación sensorial (color y olor) asignados por los jueces. | 84 |
| Tabla 31. Resultados de evaluación sensorial (textura y sabor) asignados por los jueces..... | 85 |

INDICE DE FIGURAS

| | | |
|-------------------|---|----|
| Figura 1. | <i>Partes del racimo de Sambucus peruviana H.B.K.</i> | 9 |
| Figura 2. | <i>Estructura física de la baya de Sambucus peruviana H.B.K.</i> | 10 |
| Figura 3. | <i>Factores que afectan a la calidad de los frutos con recubrimientos comestibles.</i> | 23 |
| Figura 4. | <i>Acondicionamiento de la fruta y aplicación del recubrimiento comestible.</i> | 32 |
| Figura 5. | <i>Elaboración de los recubrimientos comestibles.</i> | 34 |
| Figura 6. | <i>Interacción de los niveles de los factores (Proteína de soya y almidón de yuca) en los sólidos solubles (°Brix) del saúco.</i> | 44 |
| Figura 7. | <i>Interacción de los niveles de los factores (Proteína de soya y almidón de) en el pH del saúco.</i> | 48 |
| Figura 8. | <i>Promedio de la acidez titulable (% ácido cítrico) obtenidos del saúco recubierto con diferentes concentraciones de proteína de soya y almidón de yuca.</i> | 51 |
| Figura 9. | <i>Porcentaje de pérdida peso (%PP) del saúco en función de las diferentes concentraciones de proteína de soya.</i> | 55 |
| Figura 10. | <i>Porcentaje de pérdida de peso (%PP) del saúco en función a las diferentes concentraciones de almidón de yuca.</i> | 56 |
| Figura 11. | <i>Puntaje obtenido para el color del sauco recubierto con diferentes concentraciones de proteína de soya y almidón de yuca.</i> | 60 |
| Figura 12. | <i>Puntaje obtenido para el olor del saúco recubierto con diferentes concentraciones de proteína de soya y almidón de yuca.</i> | 62 |
| Figura 13. | <i>Puntaje obtenido para la textura del saúco recubierto con diferentes concentraciones de proteína de soya y almidón de yuca.</i> | 64 |
| Figura 14. | <i>Puntaje obtenido para el sabor del sauco recubierto con diferentes concentraciones de proteína de soya y almidón de yuca.</i> | 67 |
| Figura 15. | <i>Ficha de evaluación sensorial.</i> | 86 |
| Figura 16. | <i>Resultados del análisis microbiológico.</i> | 87 |
| Figura 17. | <i>Criterios microbiológicos para frutas y hortalizas frescas y semiprocesadas.</i> | 88 |
| Figura 18. | <i>Selección y clasificación de la materia prima.</i> | 89 |
| Figura 19. | <i>Lavado y desinfección de la materia prima.</i> | 89 |

| | |
|---|----|
| Figura 20. Oreado de la materia prima..... | 89 |
| Figura 21. Insumos para la preparación de los recubrimientos comestibles. . | 89 |
| Figura 22. Medición de los insumos para la elaboración de los recubrimientos comestibles. | 89 |
| Figura 23. Preparación de los recubrimientos comestibles. | 89 |
| Figura 24. Enfriamiento de los recubrimientos comestibles. | 90 |
| Figura 25. Inmersión de la materia prima en los recubrimientos comestibles. | 90 |
| Figura 26. Secado de la materia prima con recubrimientos comestibles..... | 90 |
| Figura 27. Empacado de la materia prima con recubrimientos comestibles... | 90 |
| Figura 28. Pesado de la materia prima de acuerdo a las cantidades por cada tratamiento. | 90 |
| Figura 29. Rotulado de los envases de acuerdo a cada tratamiento con sus respectivas repeticiones. | 90 |
| Figura 30. Almacenado de las muestras a temperatura ambiente. | 91 |
| Figura 31. Muestra con tratamiento T1 (Testigo) con diez días de evaluación. | 91 |
| Figura 32. Muestra con tratamiento T2 (0 g de proteína de soya más 1 g de almidón de yuca) con diez días de evaluación. | 91 |
| Figura 33. Muestra con tratamiento T3 (0 g de proteína de soya más 1.5 g de almidón de yuca) con diez días de evaluación. | 91 |
| Figura 34. Muestra con tratamiento T4 (1 g de proteína de soya más 0 g de almidón de yuca) con diez días de evaluación. | 91 |
| Figura 35. Muestra con tratamiento T5 (1 g de proteína de soya más 1 g de almidón de yuca) con diez días de evaluación. | 91 |
| Figura 36. Muestra con tratamiento T6 (1 g de proteína de soya más 1.5 g de almidón de yuca) con diez días de evaluación. | 92 |
| Figura 37. Muestra con tratamiento T7 (1.5 g de proteína de soya más 0 g de almidón de yuca) con diez días de evaluación. | 92 |
| Figura 38. Muestra con tratamiento T8 (1.5 g de proteína de soya más 1 g de almidón de yuca) con diez días de evaluación. | 92 |
| Figura 39. Muestra con tratamiento T9 (1.5 g de proteína de soya más 1.5 g de almidón de yuca) con diez días de evaluación. | 92 |
| Figura 40. Preparación de las muestras..... | 92 |
| Figura 41. Triturado de las muestras..... | 92 |

| | |
|---|----|
| Figura 42. Filtrado del zumo de las muestras..... | 93 |
| Figura 43. Zumo de las muestras con los 09 tratamientos | 93 |
| Figura 44. Medición de los sólidos solubles (°Brix). | 93 |
| Figura 45. Medición del pH de las 09 muestras. | 93 |
| Figura 46. Medición del pH de las muestras. | 93 |
| Figura 47. Titulación. | 93 |
| Figura 48. Muestras tituladas. | 94 |
| Figura 49. Preparación de las muestras para la evaluación sensorial..... | 94 |
| Figura 50. Acondicionamiento para realizar la evaluación sensorial. | 94 |
| Figura 51. Panelistas..... | 94 |

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo general determinar el efecto del recubrimiento comestible a base de proteína de soya y almidón de yuca, en la conservación de saúco (*Sambucus peruviana* H.B.K.). El estudio se realizó en el laboratorio de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, aplicando recubrimientos comestibles elaborados en diferentes concentraciones (0, 1 y 1.5 %) de proteína de soya combinándolos con almidón de yuca en las mismas proporciones (0, 1 y 1.5 %), producto de la combinación resulto nueve tratamientos, que fueron aplicados a las muestras de sauco para ser evaluadas por 10 días, realizando evaluaciones cada 2 días. Se utilizó el diseño estadístico completamente al azar con arreglo factorial de 3x3, con tres repeticiones. Los datos recolectados se analizaron con el análisis de varianza (ANOVA), en los casos donde se encontró significación en la interacción de factores se realizó el análisis de varianza (ANOVA) para efectos simples y la prueba de Tukey al 5 %. Los resultados indicaron que el recubrimiento comestible elaborado con 1.5 % proteína de soya y 0 % almidón de yuca, tiene efecto significativo en el retraso de los °Brix, pH y % pérdida de peso y según el análisis sensorial se determinó que las muestras con el recubrimiento elaborado con 1.5% proteína de soya y 0 % almidón de yuca presentaron mayor aceptabilidad por parte de los panelistas.

Palabras claves: Proteína de soya, almidón de yuca, recubrimiento comestible, calidad fisicoquímica, calidad organoléptica.

ABSTRACT

The present research had as a general objective to determine the effect of the edible coating based on soy protein and cassava starch on the conservation of elderberry (*Sambucus peruviana* H.B.K.). The study was carried out in the Laboratory of Food Industry Engineering of the National University of Cajamarca, applying edible coatings made in different concentrations (0, 1 and 1.5%) of soy protein combined with cassava starch in the same proportions (0, 1 and 1.5%), the product of the combination resulted in nine treatments, which were applied to the elder samples to be evaluated for 10 days, making evaluations every 2 days. The completely randomized statistical design was used with a 3x3 factorial arrangement, with three repetitions. The collected data were analyzed with the analysis of variance (ANOVA), in cases where significance was found in the interaction of factors the analysis of variance (ANOVA) was performed for simple effects and the Tukey test at 5%. The results indicated that the edible coating made with 1.5% soy protein and 0% cassava starch has a significant effect on the delay of ° Brix, pH and % weight loss and according to the sensory analysis it was determined that the samples with the coating Made with 1.5% soy protein and 0% cassava starch, they showed greater acceptability by the panelists.

Keywords: *Sambucus peruviana* H.B.K., Soy protein, cassava starch, edible coating, physicochemical quality, organoleptic quality.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Actualmente, las formulaciones basadas en compuestos naturales se han desarrollado para extender la vida útil y mantener la calidad de frutas y verduras frescas o mínimamente procesadas. Estas formulaciones se conocen como recubrimientos comestibles (Ramos *et al.* 2018).

Los recubrimientos se han desarrollado con el fin de extender la vida útil de los productos alimenticios, para usarse como soporte de agentes antimicrobianos, antioxidantes o nutrientes, para retardar el proceso de la deshidratación. Están compuestos principalmente por polisacáridos, proteínas, lípidos y resinas. Son extraídas de fuentes naturales tales como el trigo, el maíz, la papa y la yuca, obteniendo, con este último, películas con buenas propiedades de flexibilidad y permeabilidad al vapor de agua. La proteína de soya ha sido estudiada por su excelente capacidad para formar películas y por sus buenas propiedades de barrera de lípidos y oxígeno a humedades relativamente bajas (Saavedra y Algecira 2010).

Los recubrimientos comestibles empleados para los alimentos, deben poseer propiedades mecánicas que garanticen la adecuada adhesividad a los alimentos y manipuleo de ellos, sin deterioro de los mismos, y, además, deben ser totalmente neutras con respecto al color, tacto y olor del alimento (Famá *et al.* 2004).

El propósito de esta investigación es determinar los efectos de recubrimientos comestibles a base de proteína de soya y almidón de yuca en la calidad fisicoquímica y organoléptica del saúco (*Sambucus peruviana* H.B.K) almacenado bajo condiciones ambientales, dado que estos frutos son muy inestables para el manejo posterior a la cosecha y son altamente perecederos, el transporte y la comercialización son difíciles, causando una pérdida económica y poco aprovechamiento en estado fresco lo que involucraría desperdiciar antocianinas que son antioxidantes poderosos que contiene la fruta.

1.1 Problema de Investigación

En la región de Cajamarca existe una gran variedad de frutos andinos que son producidos y comercializados en plazas de mercados y supermercados locales, pero aún no existe un aprovechamiento total. El saúco (*Sambucus peruviana* H.B.K), es una de las tantas especies vegetales que no son debidamente aprovechadas, debido a que los frutos son bastantes lábiles al manipuleo post cosecha y son altamente perecibles, es dificultoso su transporte y comercialización, generándose una pérdida económica y con ello se estaría desaprovechando las antocianinas que son poderosos antioxidantes que contiene el fruto (Dourojeanni citado por Rosales 2015) y su estabilidad de esta se ve afectada por factores tales como pH, temperatura, luz, oxígeno, solventes, presencia de enzimas, flavonoides, proteínas e iones metálicos (Owusu 2005; Castañeda *et al.* 2009; Olaya *et al.* 2009).

Por ello uno de los métodos de conservación de alimentos en estado fresco es el uso de los recubrimientos comestibles, que es una capa continua y fina de materiales naturales y no tóxicos como lípidos, proteínas y polisacáridos que se aplican a la superficie del alimento para protegerlo de agresiones externas, pérdida de propiedades y degradación (Osés 2006); esta alternativa alarga la vida útil de las frutas y hortalizas durante su distribución y almacenamiento y que además permite la incorporación de antimicrobianos naturales, estos recubrimientos actúan como barrera frente al transporte de gases (vapor de agua y O₂), además, como los recubrimientos se producen a partir de compuestos naturales biodegradables, cumplen con las exigencias solicitadas por los consumidores, cada vez más preocupados por su salud y el medio ambiente, inclinándose más hacia la compra de productos libres de químicos (Pastor 2010).

Saavedra y Algecira (2010) indica que los recubrimientos comestibles formulados con una mezcla de proteína de soya y almidón de yuca, han mostrado retardar la pérdida de peso en fresas durante su almacenamiento e impiden la deshidratación de la fruta, debido al carácter anfifílico y emulgente de la proteína, además conservan los atributos sensoriales como color, aroma, acidez y textura.

Este tipo de recubrimiento (proteína de soya y almidón de yuca) no ha sido aplicado en la conservación del saúco en estado fresco, en tal sentido a través de esta investigación se intentó obtener resultados satisfactorios acerca de los efectos en la calidad fisicoquímica y calidad organoléptica del saúco almacenado bajo condiciones ambientales.

1.1.1 Formulación del problema

¿Cuál es el efecto de los recubrimientos comestibles a base de proteína de soya y almidón de yuca, en la conservación de saúco (*Sambucus peruviana* H.B.K.)?

1.2 Objetivo de la investigación

Objetivo general

Determinar el efecto del recubrimiento comestible a base de proteína de soya y almidón de yuca, en la conservación de saúco (*Sambucus peruviana* H.B.K.).

Objetivos específicos

Evaluar el efecto de las diferentes concentraciones del recubrimiento comestible de proteína de soya y almidón de yuca para preservar la calidad fisicoquímica del saúco (*Sambucus peruviana* H.B.K.).

Evaluar el efecto de las diferentes concentraciones del recubrimiento comestible de proteína de soya y almidón de yuca, para preservar la calidad organoléptica del saúco (*Sambucus peruviana* H.B.K.).

Realizar un análisis microbiológico de la muestra que obtenga mejores resultados.

1.3 Hipótesis de la investigación

La aplicación de recubrimientos comestibles elaborados a base de proteína de soya y almidón de yuca conservan la calidad fisicoquímica y organoléptica del saúco (*Sambucus peruviana* H.B.K.).

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Antecedentes de la investigación

Figuroa (2013) evaluó el efecto de recubrimientos comestibles a base de almidones modificados de yuca en la conservación del mango (*Mangífera indica*) variedad *Tommy atkins*. Para tal fin se formularon películas de almidón nativo y oxidado de yuca (15%), con glicerol como plastificante (10%) y un compuesto lipídico (3%). Durante la experiencia se determinó la tasa de respiración, pérdida de peso, acidez titulable, sólidos solubles totales (SST) y pH del mango, durante 16 días de almacenamiento a temperatura de $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$. El uso de recubrimientos logró disminuir significativamente ($p < 0.05$) el índice de respiración y transpiración de los frutos. El almacenamiento del mango tratado con almidones oxidados de yuca (AQL), resultó ser el mejor tratamiento ($p < 0.05$) en la retención de las propiedades fisicoquímicas evaluadas.

Honorio (2018) evaluó el efecto de recubrimientos comestibles a base de almidón de papa y yuca para preservar la calidad del mango (*Mangífera Indica L.*). Para el desarrollo de la fase experimental de esta investigación utilizo mango de la variedad Kent, y se les aplicó recubrimientos elaborados a diferentes concentraciones de almidón (3%, 4%, 5%) cuyo tiempo de inmersión fue de 23, 30 y 38 minutos respectivamente; almacenadas a temperatura ambiente ($20 \pm 2^{\circ}\text{C}$). Las muestras obtenidas fueron evaluadas por 21 días, realizando evaluaciones cada 7 días, donde se analizó los parámetros: acidez, pH, grados brix, peso, color y finalmente la evaluación sensorial, obteniendo como resultados que el tratamiento más aceptable para los panelistas fue el recubrimiento a base de almidón de yuca al 3 %, seguido del recubrimiento a base de almidón de papa al 5 %; además se determinó que ambos recubrimientos protegen al fruto por un periodo de tiempo de 15 días, reduciendo la pérdida de peso, sólidos solubles totales, acidez, pH y color, preservando de esta manera la calidad del mango.

Barco *et al.* (2011) evaluó el efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de almidón modificado de yuca (*Manihot esculenta Crantz*) sobre el tomate (*Solanum lycopersicum*). Se usaron tomates larga vida

provenientes del Municipio de El Tambo (Cauca), seleccionados y cubiertos con solución de almidón de yuca, ácido cítrico, glicerina, extracto de ajo, aceite esencial de canela y sal, por inmersión, se evaluó durante 22 días cada 2 días y a la misma hora. Se usó un diseño completamente al azar y asignando los tratamientos al azar, para las variables de respuesta pérdida de peso, tasa de respiración, firmeza y grados Brix a 18°C y 77 % de humedad relativa. Se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) en el resultado de las variables de respuesta. El tratamiento T4 (4 % almidón de yuca) fue el adecuado, seguido por T3 (3 % almidón de yuca), presentando retraso en la maduración y manteniendo las condiciones de calidad del tomate por un periodo de 4 días y con un 4.64 % de pérdida de peso y firmeza entre 2.54 y 8.91 Newton hasta el día 22. El recubrimiento con un 4 % de almidón (T4) fue el más efectivo en la conservación de tomate de mesa.

Castro *et al.* (2016) evaluaron películas de quitosano, almidón de yuca-ácido salicílico o almidón de yuca-cinamaldehído-timol a mango *Tommy Atkins* cortado, el dosificado para elaborar el recubrimiento de quitosano fue mediante una solución de quitosano al 1% en solución de ácido acético al 1 %. A la solución se añadió 1 % de Tween 20, 0.5 % de glicerol y 0.5% de glucosa. La solución fue posteriormente homogenizada mediante un ultraturrax (Politron, Suiza) a 11000 rpm por 4 minutos. El recubrimiento de almidón fue preparado de acuerdo a Santacruz *et al.* (2015). Una solución de almidón de yuca al 0.5 % fue calentada a 90°C en donde permaneció por 5 minutos. Enseguida se añadió 1% de Tween 20, 0.5 % de glicerol y 2 mmol/L de ácido salicílico. Una vez que la solución alcanzó la temperatura ambiente se añadió 0.5 % de glucosa, 0.15 % de cinamaldehído y 0.15 % de timol. Los mangos seleccionados fueron lavados, pelados manualmente y cortados en rodajas de 8 x 1,5 cm. Las rodajas se sumergieron en las soluciones de recubrimiento correspondiente, luego de lo cual se secaron a temperatura ambiente (aprox. 25 °C). Posteriormente las rodajas de mango (aprox. 100 g) fueron colocadas en bandejas de poliuretano y cubiertas con film adherente para alimentos previo a su almacenamiento en refrigeración a 8°C y 90 % de humedad relativa. Se analizó la pérdida de peso, sólidos solubles, acidez titulable, textura instrumental, color y análisis microbiológico del mango. Los resultados mostraron que la mayor y menor

acidez titulable se obtuvo para las frutas recubiertas con quitosano y almidón-ácido salicílico, respectivamente. En cuanto a textura instrumental la fruta recubierta con quitosano tuvo una mayor fuerza de penetración que la fruta tratada con almidón y el control. A nivel microbiológico todas las películas inhibieron el desarrollo de hongos y levaduras mientras el control presentó un incremento durante el almacenamiento.

Saavedra y Algecira (2010) evaluaron las diferentes proporciones de almidón de yuca y proteína aislada de soya, se elaboraron películas comestibles por el método de casting, las cuales se caracterizaron a través de pruebas mecánicas, térmicas y morfológicas. Se evaluó el desempeño de las películas como recubrimiento sobre las fresas variedad ventana mediante la determinación de propiedades sensoriales y fisicoquímicas: color, apariencia, aroma, sabor, textura, pH, acidez titulable y sólidos solubles totales a temperaturas ambiente y de refrigeración. Los diferentes tipos de películas mantuvieron la composición de 2 g de material hidrocoloide (almidón y proteína), 2 g glicerol ,0.4 g Aceite y 0.4g Tween 60 por cada 100 g de solución. En las formulaciones que contenían proteína se observó una mayor elasticidad, eventos térmicos a temperatura más baja comparados con los de las mezclas, una superficie más homogénea, permitiendo mejorar algunas propiedades del fruto durante su almacenamiento como la pérdida de peso. Las propiedades sensoriales se evaluaron utilizando las pruebas de Kruskal Wallis y Friedman, obteniendo en la primera diferencia no significativas ($p > 0.05$) entre los tratamientos evaluados y diferencias significativas en la segunda, observando un desempeño favorable en los recubrimientos comestibles.

Pauta (2018) desarrollaron cinco formulaciones de recubrimientos comestibles a base de mezclas de almidón de yuca y goma de gelano en proporción 80:20 con y sin 25 % (respecto al polímero) de aceite esencial de tomillo (*Thymus zygis*), incorporado mediante emulsificación directa o encapsulación previa en liposomas de lecitina. Se han caracterizado la estabilidad y tamaño de partícula de las dispersiones y su comportamiento reológico, así como las propiedades de barrera al vapor de agua y al oxígeno de los films aislados. En su aplicación en manzanas, se ha cuantificado la densidad superficial de sólidos en la superficie

de la manzana, la velocidad de pérdida peso de los frutos y su tasa respiratoria, así como la firmeza de las frutas después de dos semanas de almacenamiento. El aceite esencial, emulsionado, y sobre todo encapsulado en lecitina, redujo la capacidad de adsorción de agua y permeabilidad al vapor de agua de los films, que presentaron muy baja permeabilidad al oxígeno. No obstante, estos efectos no se reflejaron de forma notable en su aplicación en manzanas. Los recubrimientos tuvieron una efectividad limitada en cuanto al control de la pérdida de peso y la tasa de respiración, aunque se observó una ligeramente mejor preservación de la firmeza en las frutas recubiertas con las formulaciones con menor ángulo de contacto y menor permeabilidad al vapor de agua, como la mezcla almidón-gelano y aceite esencial encapsulado en lecitina.

Castillo (2018) la papaya tiene elevada demanda en el mundo; sin embargo, la producción y la exportación se afectan por microorganismos fitopatógenos y pérdidas post cosecha, cercanas al 25-40 % en la cadena de suministro, sobre todo, en transporte y en almacenamiento, debido a un deficiente manejo. La aplicación de recubrimientos comestibles permite mejorar el brillo y la textura de la corteza, reducir el deterioro de la calidad fisicoquímica y organoléptica, la pérdida de peso por deshidratación y el intercambio de gases. Por lo anterior, durante trece días, en papayas recubiertas con almidón de yuca modificado variedad SM 707-17 (4 %), proteína aislada de soya (2 %) y aceite esencial de orégano (250ppm y 500ppm), se evaluó el efecto sobre pérdida de peso, de color, de firmeza, de sólidos solubles, de respiración, de pH, de acidez titulable y de crecimiento del *Fusarium spp.*, a condiciones ambientales, mediante un diseño completamente al azar con dos factores, tiempo y tratamientos. El experimento, se hizo por triplicado. Los resultados indicaron que la utilización de almidón, por sí solo o combinado con aceite esencial de orégano (250 ppm) y proteína aislada, lograron reducir la pérdida de peso, controlar la respiración al reducir el porcentaje de CO₂ y retardar el desarrollo del color amarillo y rojo en las papayas frente al control, además de retrasar el crecimiento del hongo *Fusarium solani*; también, se encontró que los recubrimientos no incidieron sobre características fisicoquímicas, como el pH, la acidez titulable, los sólidos solubles y la firmeza de los frutos.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Descripción del saúco

2.2.1.1 Descripción de la familia Caprifoliácea

La familia Caprifoliácea presenta hábitos o portes característicos conformados por árboles y arbustos, incluyéndose algunos trepadores. Las hojas son opuestas, simples o imparipendadas, deciduas o siempre verdes, foliolos aserrados, estipuladas o éstas reducidas a glándulas nectaríferas; flores pequeñas, bisexuales dispuestas en amplias inflorescencias terminales o axilares, generalmente en panículas o cimas; frutos en forma de baya, drupa o cápsula; albumen carnoso; y semillas de uno a numerosos (Ayala 2003). A nivel mundial, se encuentra un total de 18 géneros comprendida entre 400 – 500 especies, distribuidas principalmente en los países templados del hemisferio norte, encontrándose también en Nueva Zelanda y los Andes (Brako y Zarucchi 1993).

2.2.1.2 Descripción de la especie

La especie *Sambucus peruviana* H.B.K. está representada por árboles o arbustos, normalmente de 3 a 6 metros de altura, llegando a alcanzar los 12 metros cuando se encuentra en buenas condiciones, presenta un diámetro máximo de 40 cm, copa globosa, frondoso, fuste recto y robusto, a veces se encuentra torcido, follaje siempre verde claro y con flores blancas, sus tallos tiernos son poco resistentes debido a una medula esponjosa; a medida que la planta envejece, el fuste se endurece de tal manera que constituye una madera más fuerte y utilizada en construcciones rurales (Pretell *et al.* 1985). La corteza externa es áspera, suavemente agrietada, las grietas son de 2 - 4 mm de profundidad, menos agrietada hasta lisas en árboles jóvenes de color cenizo. Mientras, la corteza interna es de color blanquecino, quebradiza, delgada de 2 - 4 mm de espesor (Hinostroza *et al.* 1988).

a. Ramas terminales: Cilíndricas angulosas, a veces huecas, color marrón claro, robustas, aprox. 0.8 - 1 cm diámetro, poseen cicatrices que las circundan en los nudos; son glabras, a veces lenticeladas (Reynel y León 1990).

- b. Hojas:** Compuestas de 7 - 9 foliolos, imparipendadas, opuestas, decusadas 20 - 30 cm en promedio, ápice agudo; base asiforme; con borde finamente aserrado, de 4 - 16 cm de largo y 3 - 7 cm de ancho; nervaduras primarias y secundarias, bien marcadas (Galindo 2003).
- c. Flores:** Actinomorfas, aprox. 8 mm diámetro; cáliz verde, gamosépalo, cortamente dentado; corola con 5 pétalos libres redondeados, blancos; 5 estambres, alternos con pétalos, aproximadamente 4 mm de longitud. Pistilo con ovario supero, globoso; estilo corto; estigma capitado y carnosos (Reynel y León 1990).
- d. Inflorescencias:** Cimas umbeliformes terminales con una longitud de 15 cm a más (Reynel y León 1990).
- e. Frutos:** Bayas trilobulares de 7 a 12 mm de diámetro, 4 a 6 semillas, embriones pequeños, carnosos y jugosos, sabor dulce, comestibles, agrupados en racimos de color morado, intenso a negro cuando son maduros (Galindo 2003).

2.2.1.3 Características del fruto de saúco

El fruto de saúco está constituido por bayas que en conjunto forman el racimo.

- a. El racimo:** Se encuentra constituido por las bayas y el raspón o escobajo, además consta de un vástago principal donde se asientan las bayas (Figura 1).



Figura 1. Partes del racimo de *Sambucus peruviana* H.B.K.

Fuente: Adaptado de Fallardi 1998.

Se calculó el promedio estimado del número de frutos por racimos en árboles de saúco en plena fructificación, determinando 420,06 bayas por racimo con un peso de 184 g; teniendo como extremos a 208,33 y 160 g (Tello 1984).

- b. Las bayas:** Son de forma redonda u ovalada, su color característico es rojo-azulado oscuro, presenta de 200 a 400 por racimo, siendo su diámetro variable entre 0,8 a 1cm, el peso oscila entre 0,4 a 0,7 g; y son débiles a la acción mecánica (Honda citado por Arana 1984; Cahuana 1991). La baya de saúco se encuentra constituida por una película u hollejo, pulpa y semillas. Además, presenta una estructura similar a la baya de uva (Figura 2); (Cahuana 1991).

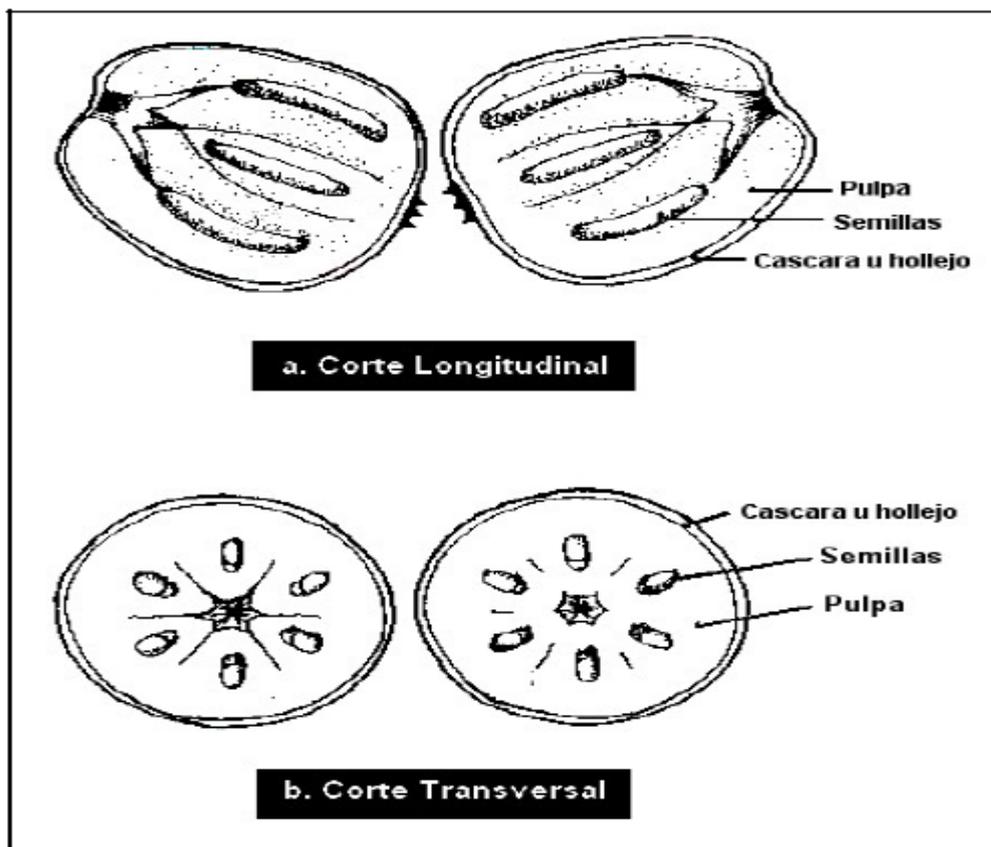


Figura 2. Estructura física de la baya de *Sambucus peruviana* H.B.K. (Fuente: Cahuana 1991)

- **Piel u Hollejo:** Es una membrana fina que rodea al fruto. Se encuentra recubierta por una capa cerosa que protege a las células de la piel contra la acción de la humedad atmosférica e impide la

penetración de gérmenes patógenos en el interior de los frutos. En el hollejo se encuentran sustancias aromáticas, y el color del fruto se debe a la presencia de la cianidina, los cuales son pigmentos naturales que están presentes en las células de la piel, cuya cantidad e intensidad de color desempeñan un papel importante (Cahuana 1991).

- **Pulpa:** Constituye la mayor parte del fruto. Es de color verde transparente brillante, muy jugoso y agridulce. En ella se encuentran alojadas las semillas y es la parte del fruto que contiene la mayor cantidad de agua, ácidos, compuestos nitrogenados, azúcares y sales minerales (Cahuana 1991).
- **Semillas:** En los frutos de saúco normalmente desarrollados existen pepitas o semillas cuyo número oscila de 4 a 6. Son de color crema, forma alargada y ligeramente arqueadas. Tiene sabor amargo y astringente. Las semillas se encuentran comúnmente cubiertas por una gruesa capa incolora y transparente de naturaleza coloidal (Cahuana 1991).

2.2.1.4 Composición Nutricional del Fruto

El Saúco (*Sambucus peruviana* L.) es un fruto de origen andino con grandes propiedades beneficiosas para el organismo, se dice que es un buen laxante, posee propiedades curativas, además, se considera un antioxidante natural muy poderoso. Se caracteriza por ser un fruto jugoso con un bajo contenido en azúcar y un sabor ligeramente ácido, en su composición presenta gran cantidad de calcio y fósforo, lo que le hace especialmente atractivo para determinadas dietas. Tampoco hay que olvidar que es uno de los frutos que contienen betacarotenos, antocianósidos, ácido málico, pectina, vitamina A (Romera 2001, citado por Paucar 2014).

Tabla 1. Composición Nutricional del Fruto de Saúco (*Sambucus Peruviana* H.B.K)

| COMPONENTES | VALOR (100%) |
|--------------------|---------------------|
| pH | 4.0 |
| Humedad | 91.5 |
| Materia seca | 8.5 |
| Proteína | 1.5 |
| Fibra | 1.7 |
| Grasa | 0.3 |
| Ceniza | 0.9 |
| Nifex | 4.2 |
| Otros (mg) | |
| Calcio | 30.6 |
| Fósforo | 23.0 |
| Hierro | 2.0 |
| Vitaminas C | 17.8 |

Fuente: (Perú Acorde 2000)

2.2.1.5 Características fisicoquímicas del fruto según el estado de madurez

En un inicio los frutos son de coloración verdosa, luego cambian de tonalidad a marrón verdoso y en su madurez presentan una tonalidad de morado intenso, pulpa color guinda, semillas pequeñas e infértiles en su mayoría. En los meses de febrero y marzo, se desarrolla habitualmente este periodo, alcanzando las bayas el contenido máximo de azúcar y menor contenido de ácidos. El progreso de la maduración de las bayas es conocido exteriormente por su coloración y por la facilidad en el desprendimiento de los frutos del escobajo (Lovera 2007).

Los frutos de saúco tienen valores de °Brix entre 2.3 y 3.2 (estado verde), 4.7 y 5.4 (estado pintón), 6.5 y 7.2 (estado maduro). En cuanto a la acidez, los frutos presentan rangos de acuerdo al estado de madurez: verde (1.93-1.75), pintón (1.64-1.42) y maduro (1.37-0.92). El pH de las bayas de sauco se encuentra de 1.6 a 2.2 (estado verde), de 2.4 a 3.0 (estado pintón) y de 3.2 a 3.8 (estado maduro) (Lovera 2007).

2.2.1.6 Propiedades o beneficios del fruto

Según Paucar (2014) las bayas de saúco aportan las vitaminas A, B1, B2, B3, B6, B9, B12 y C. Respecto a los minerales proporciona Calcio, Hierro, Magnesio, Potasio, Fósforo, Sodio y Zinc.

- Las bayas de saúco tienen propiedades antioxidantes. Elimina los radicales libres.
- Las bayas de saúco tienen propiedades astringentes.
- Las bayas de saúco reducen o eliminan la fiebre.
- Las bayas de saúco tienen propiedades diuréticas.
- Las bayas de saúco eliminan toxinas por medio de la orina y sudoración.
- Las bayas de saúco previenen la formación de cálculos renales.
- Las bayas de saúco previenen y alivian los estados catarrales y los estados gripales.
- Las bayas de saúco tienen propiedades antiinflamatorias. Alivian los dolores musculares.
- Las bayas de saúco estimulan el sistema inmunológico.
- Las bayas de saúco previenen y alivian las enfermedades del aparato respiratorio. Alivian los dolores de garganta, la excesiva mucosidad nasal, etc.
- Las bayas de saúco eliminan el colesterol.
- Las bayas de saúco tienen propiedades cardiovasculares.
- Las bayas de saúco tienen propiedades calmantes. Alivian los estados de ansiedad y de nerviosismo.

2.2.1.7 Usos y consumo del fruto

El fruto es de carácter nutricional puede consumirse en jaleas, mermeladas y vinos) y de carácter forestal (Centro Ideas 2002). En los últimos años, debido a la expansión de la medicina alternativa, el sauco ha sido una de las frutas predilectas por los entendidos en la materia. Por Otro lado; el sauco se consume como néctar, mermelada, yogurt, helado, en extracto, fruta fresca, pulpa congelada o como ingredientes en exquisitos potajes de la floreciente gastronomía Novo andina (Romera citado por Paucar 2014).

2.2.2 Películas y recubrimientos comestibles

2.2.2.1 Concepto

Un recubrimiento comestible es una película que envuelve al alimento y que puede ser consumida como parte del mismo (Pastor *et al.* 2005), y cuya función es mantener la calidad de los productos recubiertos que permitan evitar la ganancia o pérdida de humedad, provocar una modificación de la textura, turgencia; retardar cambios químicos que pueden afectar el color, aroma o valor nutricional del alimento; actuar como barrera al intercambio de gases que puede influir en gran medida en la estabilidad de los alimentos sensibles a la oxidación de lípidos, vitaminas y pigmentos; mejorar la estabilidad microbiológica y aumentar la integridad mecánica en el caso de las frutas y hortalizas (Debeaufort 1998).

2.2.2.2 Importancia y funciones

Las películas o recubrimientos comestibles pueden cumplir muchos de los requisitos involucrados en la comercialización de alimentos entre los que destacan el valor nutricional, la sanidad, alta calidad, estabilidad y economía, al realizar una o más de las funciones indicadas en la Tabla 2 (Kester y Fennema 1986).

Pueden emplearse como barrera a gases y vapor de agua, para este propósito se aplican sobre la superficie del alimento como es el caso en el recubrimiento de frutas y hortalizas frescas, en donde la función primordial es la de restringir la pérdida de humedad de la fruta hacia el ambiente y reducir la absorción de oxígeno por la fruta para disminuir la tasa de la actividad respiratoria (Hagenmaier y Baker 1996).

Tabla 2. Usos posibles de películas y recubrimientos comestibles.

| Función / Aplicación | Tipo adecuado de película |
|--|-----------------------------------|
| Retardar migración de humedad | Lípido, compuesto |
| Retardar migración de gas | Hidrocoloide, lípido, o compuesto |
| Retardar migración de aceite y grasa | Hidrocoloide |
| Retardar migración de soluto | Hidrocoloide, lípido, o compuesto |
| Mejorar la integridad estructural o propiedades de manejo. | Hidrocoloide, lípido, o compuesto |
| Retener compuestos volátiles del sabor | Hidrocoloide, lípido, o compuesto |
| Vehículo de aditivos alimentarios | Hidrocoloide, lípido, o compuesto |

Fuente: Greener y Fennema (1994).

2.2.2.3 Componentes de los recubrimientos comestibles

Las películas y recubrimientos comestibles se elaboran con biopolímeros naturales de alto peso molecular que proporcionan una matriz macromolecular con resistencia cohesiva alta. Los tipos de macromoléculas que se emplean para este propósito son hidrocoloides (proteínas, polisacáridos) los cuales, debido a su naturaleza hidrofílica, son muy sensibles al agua (Gennadios y Weller 1990).

Otros componentes mayoritarios en la formulación lo constituyen los lípidos y resinas; pero las formulaciones pueden incluir plastificantes, emulsificantes, agentes de superficie activa (surfactantes), agentes de liberación específica de compuestos, lubricantes, etc., por lo que realmente se trata de formulaciones multicomponentes (Baldwin y Col 1995).

a. Lípidos: Los recubrimientos a base de lípidos son muy eficientes para reducir la deshidratación de los productos debido a su baja polaridad presentan una escasa permeabilidad al vapor de agua (Kester y Fennema 1986). La pérdida de humedad en frutas y vegetales frescos disminuye la firmeza y el peso de los productos afectando su calidad y como consecuencia ocurren pérdidas económicas durante su comercialización (Avena-Bustillos *et al.* 1994). Estos recubrimientos presentan algunas limitaciones tales como, propiedades mecánicas

pobres y en ocasiones mala apariencia (García *et al.* 2000); es por eso que los lípidos son mezclados con otras sustancias como polisacáridos, ya que estas combinaciones proporcionan al recubrimiento mayor estabilidad (Koelsch 1994; Martín-Belloso *et al.* 2005).

b. Proteínas: Los recubrimientos hechos a base de proteínas presentan mejores propiedades de barrera a los gases, sin embargo, la resistencia que presenta al vapor de agua es menor debido a su naturaleza hidrofílica (Pérez *et al.* 2002). Proteínas de origen animal y vegetal tales como el colágeno, la gelatina, las proteínas miofibrilares de pescado, la queratina, las proteínas del huevo, la caseína, las proteínas del aislado de suero de leche, la zeína de maíz, el gluten de trigo, la proteína de soya, la proteína de cacahuete, entre otras pueden emplearse para elaborar películas y/o recubrimientos comestibles (Quintero 2006) las películas y recubrimientos elaborados a partir de proteínas presentan buenas propiedades de barrera frente al O₂ y CO₂, pero no frente al agua (Cha y Chinann 2004).

c. Polisacáridos: Los polisacáridos solubles en agua son cadenas largas de polímeros ampliamente utilizados en la industria alimentaria. Estos compuestos son no tóxicos y se encuentran ampliamente distribuidos (Cha y Chinnan 2004). Debido a su naturaleza hidrofílica, las películas elaboradas a partir de polisacáridos ofrecen buenas propiedades de barrera frente a los gases (CO₂) y (O₂) dentro de ciertas condiciones, sin embargo su funcionalidad como barrera contra la pérdida de humedad es pobre debido a su naturaleza hidrofílica (Pastor 2010). Una variedad de polisacáridos y sus derivados han sido probados para ser usados potencialmente en películas o recubrimientos comestibles. Estos incluyen alginatos, pectinas, carragenina, gomas (por ejemplo, agar de algas marinas), quitosano, almidón, derivados de celulosa, mucílagos y mezclas (Kester y Fennema 1986 y Ruiz 2009). Entre las ventajas potenciales de los recubrimientos a base de polisacáridos se pueden mencionar que no son grasosos, son películas de bajas calorías y pueden emplearse para extender la vida de anaquel de frutas y hortalizas sin alto riesgo de desarrollar condiciones de anaerobiosis, por lo que su aplicación en la agricultura se ha vuelto popular debido a sus

propiedades para modificar la atmósfera interna de una manera similar a las atmósferas controladas (Bósquez 2003).

d. Mezclas o sistemas multicomponentes: Las películas comestibles deben ser heterogéneas por naturaleza. Se pueden hacer mezclas de polisacáridos, proteínas y/o lípidos. Al mezclar los componentes se tiene la habilidad de utilizar las distintas características funcionales para cada clase de formación de la película (Bósquez 2003).

Según Guilbert (1986) define los sistemas multicomponentes como dos o más componentes que se mezclan con el propósito de complementarse y aumentar su capacidad. Las combinaciones que se hicieron primero, fueron de materiales altamente poliméricos, ejemplos: almidón con alginatos, gomas con almidón y pectinas con gelatinas (Bósquez 2003).

e. Otros componentes (aditivos): La influencia de otros componentes llamados aditivos dependerá de su concentración, estructura química, grado de dispersión en el recubrimiento y grado de interacción con el polímero. Si se obtiene una adecuada homogeneización del sistema es posible garantizar la uniformidad en el tamaño y distribución de las partículas de la fase dispersa, lo que repercutirá en la funcionalidad de barrera contra la transferencia de masa de la cubierta formada (Bósquez 2008).

Los aditivos sirven para impartir propiedades mecánicas, nutricionales y organolépticas a los recubrimientos, se utilizan diversos aditivos, como agentes antimicrobianos, ácidos orgánicos, antioxidantes, colorantes, saborizantes y otros componentes nutritivos. (Guilbert 1986). Los aditivos pueden ser:

➤ **Plastificantes:** Son moléculas pequeñas de bajo peso molecular, de baja volatilidad y con una naturaleza química similar a la del polímero formador de recubrimiento. Se usan para mejorar la flexibilidad, fuerza y resistencia de los recubrimientos. Es de relevada importancia que el plastificante permanezca en la matriz del recubrimiento, pues influye en la estabilidad física y mecánica de éste. Sin embargo, un exceso de plastificante puede tener efectos negativos sobre las propiedades de barrera de las películas. Entre los plastificantes más frecuentes se

encuentran los polioles (sorbitol, glicerol, polietilenglicoles y los derivados del glicerol), azúcares y ácidos grasos. Los polioles son particularmente efectivos como plastificantes, siendo el glicerol el más comúnmente empleado en las formulaciones de películas de proteínas (Cho y Rhee 2002).

➤ **Emulsificantes:** Son sustancias que se añaden para prevenir la fractura de las películas sobre el alimento. Reducen la actividad de agua (Aw) de las películas, así como la velocidad de pérdida de humedad en el producto. Aquí se incluyen grasas, aceites, emulsificantes y polietilenglicol (Baldwin, citado por Trejo 2010).

➤ **Antioxidantes:** Un antioxidante es una molécula capaz de retardar o prevenir la oxidación de otras moléculas, prolongando la fase de iniciación de auto oxidación e inhibiendo la fase de propagación de la auto oxidación. Los antioxidantes desempeñan un papel fundamental garantizando que los alimentos mantengan su sabor y color y puedan consumirse durante más tiempo. Los principales antioxidantes utilizados para los alimentos son: Ácido ascórbico, ascorbato sódico, ascorbato cálcico, palmitato de ascorbilo, glutathione, melatonina, tocoferoles, tocotrienoles, carotenoides y polifenoles (Quezada, citado por Honorio 2018).

➤ **Antimicrobianos:** Según Ramos-García *et al.* (2010), menciona que entre los aditivos naturales están los aceites esenciales, los cuales son extraídos de diferentes plantas y presentan inhibición contra hongos y bacterias. En la industria alimentaria hay distintos tipos de sustancias con propiedades antimicrobianas: aceites esenciales, ácidos orgánicos y sus sales, bacteriocina.

2.2.2.4 Principales propiedades recubrimientos comestibles

De acuerdo a Olivas y Barbosa-Cánovas (2005) los recubrimientos comestibles 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 pueden destacar las siguientes:

a. Propiedades de barrera: La naturaleza del recubrimiento comestible empleado desempeña aquí un papel muy importante: a mayor hidrofobicidad de los materiales utilizados, mayor permeabilidad al vapor de agua (Martín-Belloso *et al.* 2005). 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 hidrofílica (Rojas y Graü 2006).

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 del tejido como consecuencia de la pérdida de humedad, así como las reacciones respiratorias en los tejidos vegetales (García *et al.* 2000; Yang y Paulson 2000)

Por otro lado, la habilidad de los recubrimientos comestibles 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 recubrimientos comestibles aplicados a productos que respiran deben permitir una correcta modificación del entorno gaseoso dentro del envase (Gorris 1992). Su uso sobre frutas permite la producción de una atmósfera modificada mediante un aislamiento del producto del ambiente que lo rodea (Olivas y Barbosa-Cánovas 2005).

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 (Rojas-Graü 2006).

- b. Propiedades mecánicas:** La propiedad mecánica de los recubrimientos comestibles tienen un gran impacto en la estabilidad y flexibilidad a cambios de temperatura, y físicos en los ingredientes. Las propiedades mecánicas que mayormente se determinan son la fuerza y el porcentaje de elongación al quiebre, el cual representa la habilidad de la película a estriarse. Las propiedades mecánicas de los recubrimientos comestibles 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 (Rojas-Graü 2006).
- c. Propiedades físicas:** 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 (Robledo citado por Morales 2011).
- d. Propiedades de solubilidad:** La solubilidad es la medida o magnitud que indica la cantidad máxima de soluto que puede disolverse en una cantidad determinada de solvente, a una temperatura dada. Esta propiedad es de gran importancia para determinar la funcionalidad de la película comestible (Miramont 2012).
- a. Propiedades de espesor:** La mayoría de los recubrimientos comestibles son de naturaleza hidrofílica y según (Park y Chinnan 1995) se ha encontrado una relación dependiente positiva entre la permeabilidad al vapor del agua y el espesor de los recubrimientos. Consideran 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. Otros autores atribuyen el efecto del espesor a cambios en la estructura del recubrimiento ocasionados por el hinchamiento que provoca el agua en el polímero.

b. Transporte de aditivos: Un uso potencial de los recubrimientos comestibles en frutas 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 recubrimientos comestibles con aditivos funcionales permite mejorar aspectos de calidad, tanto nutricionales como estéticos, sin destruir la integridad del alimento (Rojas-Graü 2006).

c. Permeabilidad: 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 (Yu 2004).

Los plastificantes y otros aditivos reducen la fuerza de cohesiva entre las cadenas del polímero, causando una movilidad de la cadena y, por lo tanto, un incremento en la permeabilidad debido a la interposición del plastificante con las cadenas del polímero. La presencia de insaturaciones, en el polímero, favorece la rotación de las cadenas y aumenta la difusividad, sin embargo, la introducción de grupos metil reduce la flexibilidad de la cadena, reduciendo la difusión (Guzmán citado por Morales 2011).

d. Propiedades antimicrobianas: Muchos antimicrobianos se proponen para ser utilizados en la formulación de películas y recubrimientos comestibles con el fin de inhibir la flora de deterioro y para disminuir el riesgo de agentes patógenos. Habitualmente se utilizan compuestos generalmente reconocidos como seguros (GRAS) y existe una tendencia a seleccionar los antimicrobianos de fuentes naturales con el fin de satisfacer la demanda de los consumidores por alimentos saludables

que sean libres de aditivos químicos. Los antimicrobianos más comúnmente utilizados son los ácidos orgánicos, el polisacárido quitosano, algunos polipéptidos como la nisina, el sistema de la lactoperoxidasa y algunos extractos de plantas y sus aceites esenciales, entre otros. (Campos *et al.* 2011).

Para la selección de un antimicrobiano, debe ser considerada la eficacia contra el tipo de microorganismo de interés y las posibles interacciones entre los antimicrobianos y otros componentes de los alimentos presentes. Estas interacciones pueden modificar la actividad antimicrobiana y las características de la matriz siendo estos factores importantes para el desarrollo de las películas y recubrimientos a base de biopolímeros (Campos *et al.* 2011). En el desarrollo de matrices comestibles con actividad antimicrobiana, los aceites esenciales de hierbas y especias han sido ampliamente utilizados. Sin embargo, algunas desventajas son su inestabilidad química y reducida solubilidad en agua.

2.2.2.5 Procesos de preparación de recubrimientos comestibles

El modo de aplicación de un recubrimiento comestible depende en gran medida del tipo de producto que se desea cubrir. Para la aplicación directa se han desarrollado diversos métodos como la inmersión, el pulverizado o la aplicación en forma de espuma, entre otros métodos (Donhowe & Fennema 1994; Cutter & Sumner 2002; Tharanathan 2003).

- a. Inmersión:** Es la técnica que proporciona mejores resultados en el caso de productos que requieran una capa uniforme en una superficie irregular. Esta técnica es la más utilizada en el recubrimiento de frutas, vegetales y productos cárnicos. Tras sumergir el alimento, el exceso de envuelta se elimina normalmente por goteo y la solución restante se solidifica sobre el producto. (Donhowe & Fennema 1994; Grant & Burns 1994; Cutter & Sumner 2002).
- b. Aspersión:** La aplicación de cubiertas por aspersión es el método convencional usado generalmente en la industria de pastas, panadería, frutería y dulcería, etc. Es uno de los métodos que más se emplean en la industria alimentaria. Debido a la alta presión aplicada en este método

(0,41-0,55 MPa), se requiere un menor gasto de solución formadora de película para obtener recubrimientos uniformes (García 2009).

c. Frotaciones: El método de frotación utiliza aire comprimido (menor de 5psi o 35Kpa), éste es aplicado generalmente en líneas de empaque que poseen rodillos en movimiento para lograr una dispersión uniforme (Tharanathan 2003). El exceso de cubierta es removido con cepillos colocados por debajo de los rodillos. La cubierta espumosa contiene un poco de agua para facilitar el proceso de secado (Pérez y Báez 2003)

2.2.2.6 Factores que afectan a la calidad de los frutos con recubrimientos comestibles compuestos.

Según Gilbert (1986), menciona que las propiedades del recubrimiento, las características del fruto, la técnica de aplicación y secado del recubrimiento, y las condiciones de almacenamiento condicionan la calidad del fruto con recubrimientos comestibles compuestos. La figura 3 muestra los principales factores que intervienen en la calidad final de los frutos con recubrimientos comestibles compuestos.

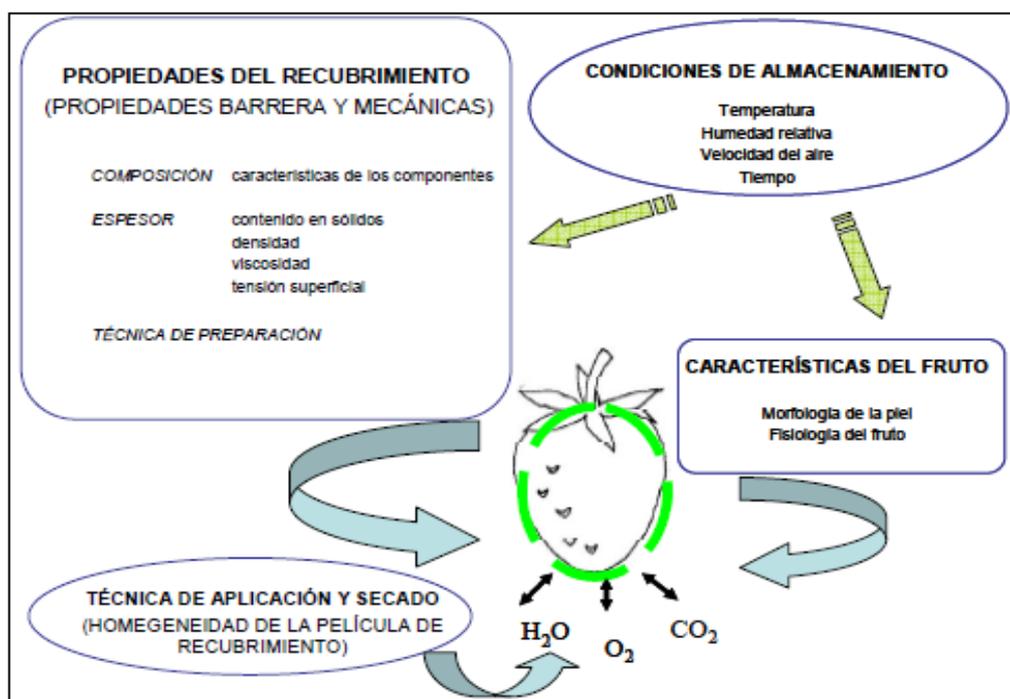


Figura 3. Factores que afectan a la calidad de los frutos con recubrimientos comestibles.

El potencial de los recubrimientos para proteger al fruto del deterioro depende de sus propiedades barrera y mecánicas. Las propiedades barreras, que se determinan en películas aisladas preformadas en placa, incluyen la permeabilidad al vapor de agua, a los gases, a compuestos volátiles y solutos. La permeabilidad al vapor de agua y a los gases (CO₂ y O₂) son las propiedades de mayor interés para el recubrimiento de frutas. Las propiedades mecánicas determinan la habilidad del recubrimiento para formar una capa continua con buena integridad física en torno al fruto (Gilbert 1986).

Las propiedades barreras y mecánicas de los recubrimientos dependen de factores intrínsecos del propio recubrimiento, como son la composición, el espesor y la técnica de preparación de los mismos, y de otros factores como las condiciones de secado y de almacenamiento. Sin embargo, en la calidad final del fruto recubierto no solo intervienen las propiedades barreras y mecánicas del recubrimiento. Otros factores, como la técnica de aplicación y la morfología de la piel del fruto, que condicionan la distribución del recubrimiento en la superficie del fruto, la fisiología del fruto y las condiciones de almacenamiento, determinan la calidad final del fruto recubierto (Navarro 2007).

2.2.3 Almidón de yuca

La fécula de mandioca, principal derivado industrial, se emplea como aglutinante para la fabricación de alimentos. Los gránulos de almidón de mandioca tienen una forma cónica-truncada. Presenta muy bajo contenido de lípidos y de fósforo. El contenido de amilosa se encuentra en un rango de 20-27% similar al de otros almidones; aproximadamente el 40 % del total de amilosa es soluble. Entre los diferentes almidones de tubérculos, la mandioca presenta la más baja temperatura de gelatinización, inferior a la mayoría de los almidones de cereales y otros almidones de tubérculos y raíces, va desde los 50-73°C. El almidón de mandioca presenta alta viscosidad comparando con otros almidones de tubérculos y de cereales. En lo que respecta al poder de hinchamiento de los granos, su valor es medio comparado con almidón de papa y cereales. La solubilidad es más alta (25 al 40%) que la de almidones de tubérculos y esta

propiedad puede ser atribuida en parte al alto poder de hinchamiento sufrido en la gelatinización. La alta claridad de estos almidones hace que sea muy útil en la industria alimenticia y también en la textil. El almidón de mandioca tiene fuerzas asociativas más débiles comparadas a las de los cereales y esto hace que tenga mayor claridad. Otra propiedad muy importante en aplicaciones alimenticias es la estabilidad que es definida por la retrogradación de las moléculas de almidón; en este sentido, el almidón de mandioca tiene una buena estabilidad comparada con almidones de cereales. La digestibilidad es alta y mayor al 60% (Moorthy citado por Miramont 2012).

2.2.4 Proteína de soja

Es un compuesto de soja purificada. Se ha estudiado su uso para la formación de bolsas solubles para salsas. Presenta baja permeabilidad a los gases y al vapor de agua (Rojas-Graû 2006). Han estudiado el potencial de la proteína de soja para la formación de películas comestibles. Generalmente se utilizan aislados de proteína de soja, con más del 90% de proteína; obtenidos por extracciones ácidas y alcalinas, que posteriormente se solubilizan en soluciones acuosas alcalinas para formar las películas cuando se elimina el disolvente por secado (Rhim *et al.* 2000). Las películas de proteína de soja requieren de la adición de plastificantes para darles textura y flexibilidad, siendo el glicerol y el sorbitol los más usados. (Rhim *et al.* 2002 y Kim *et al.* 2003).

Las películas de proteínas de soja tienen una elevada cantidad de aminoácidos polares (25%), lo que limita la formación de la película a valores de pH ligeramente ácidos; las condiciones recomendables, para promover las reacciones de intercambio de puentes de disulfuro que favorezcan la formación de la película, son valores de pH 7 y 10 y temperaturas mayores a 70 °C (Cuq *et al.* 1998; Rhim *et al.* 2000).

2.3 Definición de términos

Aceite esencial: son una mezcla de componentes volátiles, producto del metabolismo secundario de las plantas. Las esencias son mezclas complejas en cuya composición se encuentran los hidrocarburos como terpenos, alcoholes, ésteres, aldehídos y compuestos fenólicos, los cuales son los responsables del aroma que caracteriza a los aceites esenciales (Bakkali *et al.* 2008).

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 (Domene y Segura 2014).

Almidón de yuca: Es un polisacárido natural, obtenido de la raíz de la yuca, extremadamente versátil y alcanza una eficiencia incomparable en todas sus aplicaciones entre ellas las películas biodegradables (Moorthy citado por Miramont 2012).

Calidad Fisicoquímica: Son las propiedades que describen el comportamiento de una sustancia cuando experimenta cambios en su composición. (Cheftel 1980).

Calidad organoléptica: Es el conjunto de las propiedades de un producto que actúan de estímulo de diversos receptores sensoriales del organismo afectados antes, durante y después de un eventual consumo (Echeverría *et al.* 2008).

Color: Es la impresión que produce en la vista los rayos de la luz reflejada por un cuerpo, convirtiéndose así en un atributo del mismo y por ende es una propiedad sensorial (Ureña y Arrigo 1999).

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 (Ureña y Arrigo 1999).

Evaluación sensorial: Es el método experimental mediante el cual se da la caracterización y análisis de aceptación o rechazo de un alimento por parte del catador o consumidor, de acuerdo a las sensaciones experimentadas desde el mismo momento que lo observa y después que lo consume (Hernández 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).

Grados brix: Son una unidad de cantidad (símbolo °Brix) y sirven para determinar el cociente total de materia seca (generalmente azúcares) disuelta en un líquido (Domene y Segura 2014).

Inmersión: Es la acción de introducir el fruto en un líquido. Esta técnica es la más utilizada en el recubrimiento de frutas, vegetales y productos cárnicos. Tras sumergir el alimento, el exceso de envuelta se elimina normalmente por goteo y la solución restante se solidifica sobre el producto (Cutter y Sumner 2002).

Peso: Es un atributo de importancia en la determinación de la calidad del alimento. La apreciación del mayor o menor peso puede notar un determinado grado de deterioro, de madurez, o una alteración entre otras características inherentes al alimento (Ureña y Arrigo 1999).

pH: Es una medida de la acidez o alcalinidad de una solución (Domene y Segura 2014).

Proteína de soya: Se suele considerar proteína de soya a la proteína de almacenaje contenida en partículas discretas llamadas cuerpos proteicos, que se estiman contienen al menos el 75-80% del total de proteínas de la soja. (Rojas-Graû 2006).

Recubrimiento Comestible: Es una película que envuelve al alimento y que puede ser consumida como parte del mismo (Pastor *et al.* 2005).

Tween 60: El polisorbato 60 o monoestearato de polioxietileno sorbitano, conocido comercialmente como tween, es un tensoactivo tipo polisorbato cuya estabilidad y relativa ausencia de toxicidad permiten que sea usado como un aditivo alimentario aprobado por la Unión Europea, para uso en Alimentos e identificada como E 435. (Vega 2009).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y METODOS

3.1 Ubicación geográfica del trabajo de investigación

El presente trabajo de investigación se realizó en el laboratorio de Control de Calidad de la E.A.P de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca (Distrito, Provincia, y Departamento de Cajamarca). 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

3.2.1 Material biológico

Para la ejecución del presente trabajo de investigación se utilizó frutos de saúco procedente del Centro Poblado de Combayo, Distrito Encañada y Provincia Cajamarca, para la obtención de los recubrimientos comestibles se utilizó proteína de soya comercial y almidón comercial de yuca color blanco, en presentación de 0.5 kg ambos insumos los cuales fueron obtenidos en la ciudad de Chiclayo.

- Frutos de Saúco (*Sambucus peruviana* H.B.K.)
- Proteína de soya
- Almidón de yuca

3.2.2 Insumos y reactivos

- Aceite esencial de romero
- Glicerol
- Tween 60
- Hidróxido de sodio (0.1N).
- Fenolftaleína.
- Hipoclorito de sodio
- Agua destilada.

3.2.3 Materiales y equipos de laboratorio

- Probetas de 100 ml
- Bureta de 500 ml
- Vasos de precipitación de 100 ml
- Matraz Erlenmeyer.
- Pipetas PYREX (1 y 10 ml)
- Agitador.
- Pinzas.
- Vaso de Precipitación
- Mortero.
- Utensilios varios
- Bandejas
- Empaque para frutas: envases rectangulares plástico polietileno tereftalato (PET) perforados transparentes de 100 gr y 250 gr.
- Ollas.
- Cocina.
- Recipientes.
- Alcohol 96°.
- Papel toalla.
- Cronómetro digital.
- Termómetro.
- Refractómetro.
- pH – metro
- Balanza analítica
- Cocina eléctrica
- Cocina industrial

3.2.4 Equipos y materiales para evaluación sensorial

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

3.2.5 Material de gabinete

- Libreta de apuntes.
- Lapiceros y/o lápices.
- Internet
- Computadora.
- Memoria USB
- Cámara
- Papel Bond
- Libros

3.3 Metodología

3.3.1 Variables de la investigación

Tabla 3. Descripción de variables dependientes e independientes

| VARIABLES | DIMENSIONES | INDICADORES |
|---|--------------------------|---|
| INDEPENDIENTE Recubrimientos comestibles | Proteína de soya | Concentraciones (0 %, 1 % y 1.5 %) |
| | Almidón de yuca | Concentraciones (0 %, 1 % y 1.5 %) |
| DEPENDIENTE Calidad | Calidad físicoquímica | Pérdida de peso pH Sólidos solubles Acidez titulable |
| | Calidad organoléptica | Evaluación sensorial (color, olor, textura y sabor) |

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 proteína de soya (0 %, 1% y 1.5%) y tres concentraciones de almidón de yuca (0%, 1% y 1.5%), como resultado de estas combinaciones fueron 9 tratamientos, a los cuales se les estudió (Tabla 4).

Tabla 4. Factores, niveles y tratamientos en estudio.

| Factores | Niveles | Combinaciones | Tratamientos |
|---------------------|---------|--|--------------|
| Proteína de soya | 0 % | 0 % de proteína de soya más 0 % de almidón de yuca | T1 |
| | | 0 % de proteína de soya más 1 % de almidón de yuca | T2 |
| | | 0 % de proteína de soya más 1.5 % de almidón de yuca | T3 |
| | 1.5 % | 1 % de proteína de soya más 0 % de almidón de yuca | T4 |
| | | 1 % de proteína de soya más 1 % de almidón de yuca | T5 |
| | | 1 % de proteína de soya más 1.5 % de almidón de yuca | T6 |
| Almidón de yuca | 0 % | 1.5 % de proteína de soya más 0 % de almidón de yuca | T7 |
| | 1 % | 1.5 % de proteína de soya más 1 % de almidón de yuca | T8 |
| | 1.5 % | 1.5 % de proteína de soya más 1.5 % de almidón de yuca | T9 |

3.3.3 Diagrama de flujo de acondicionamiento de la fruta y aplicación del recubrimiento comestible

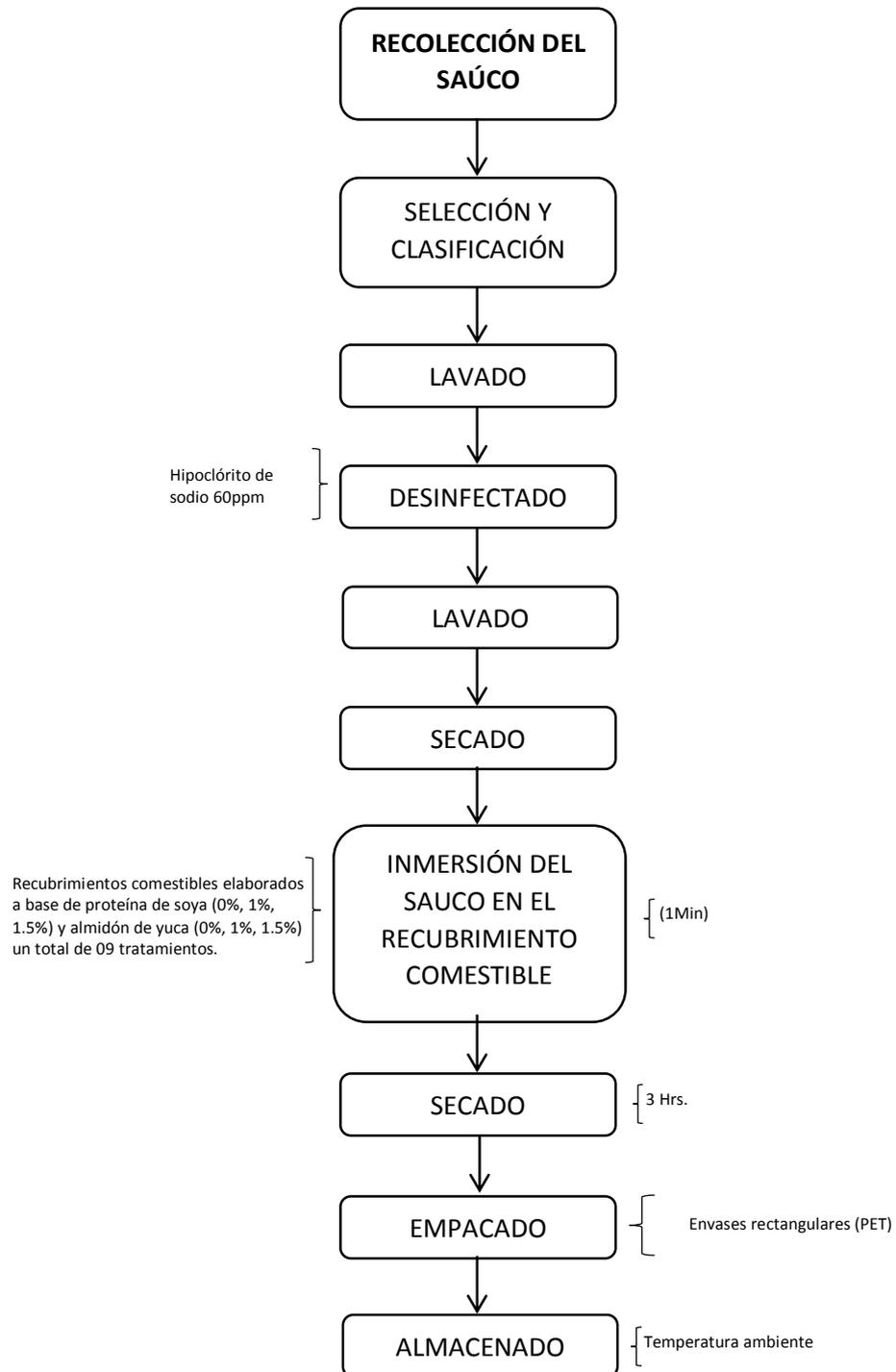


Figura 4. Acondicionamiento de la fruta y aplicación del recubrimiento comestible.

Fuente: Adaptado de Saavedra y Algecira.

- a. **Selección y clasificación:** En esta etapa se seleccionó y clasificó los frutos que se encontraron en óptimas condiciones, de color y tamaño uniforme.
- b. **Lavado:** El lavado se realizó con agua corriente.
- c. **Desinfectado:** Se realizó el desinfectado con una solución de hipoclorito de sodio en agua a 60ppm.
- d. **Lavado:** Se realizó un nuevo lavado con agua para retirar los restos de hipoclorito de sodio.
- e. **Secado:** En esta etapa se dejó que la fruta se seque por un periodo aproximado de 30 minutos.
- f. **Inmersión del saúco en el recubrimiento:** En esta etapa el saúco se sumerge por un periodo de aproximadamente 1 minuto a los recubrimientos comestibles elaborados a diferentes concentraciones de la proteína de soya y almidón de yuca, cuya temperatura debe estar a 20° C.
- g. **Secado:** Pasado el minuto de haber sido inmerso el saúco en los recubrimientos se retiró del mismo y se procedió a dejar secar sobre rejillas, por un periodo de 3 horas aproximadamente.
- h. **Empacado:** Una vez secado el saúco se procedió a empacar por separado según las concentraciones en envases rectangulares plástico polietileno tereftalato (PET) perforados transparentes de 100 gr y 250 gr.
- i. **Almacenado:** Una vez empacados los frutos de saúco de acuerdo a los tratamientos, se almacenaron en un estante a temperatura ambiente.

3.3.4 Diagrama de flujo de preparación de los recubrimientos comestibles.

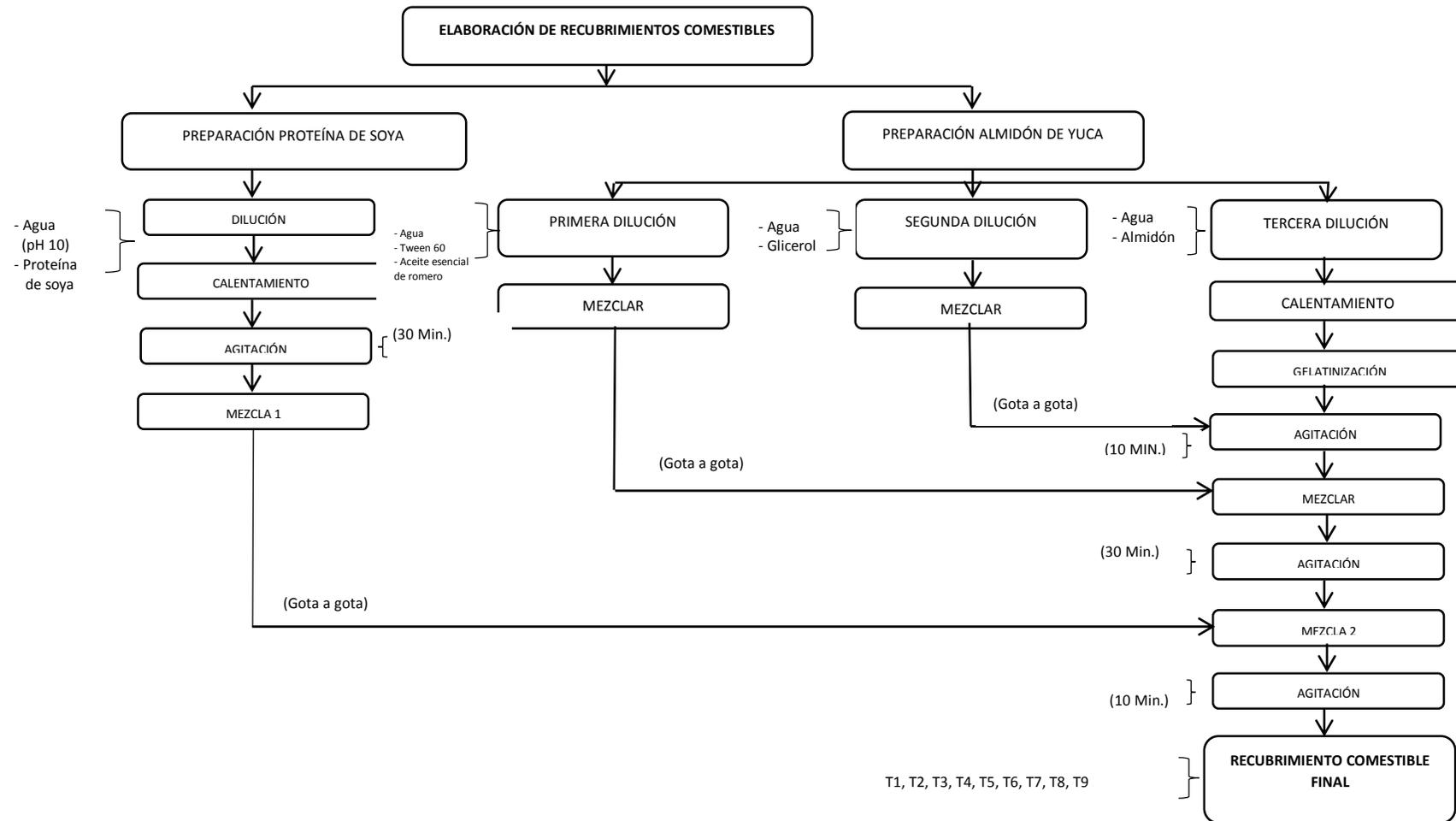


Figura 5. Elaboración de los recubrimientos comestibles.

Fuente: Adaptado de Saavedra y Algecira.

Se elaboró nueve tipos de recubrimientos, las cuales fueron preparadas a base de proteína de soya (0%, 1%, y 1.5%) con almidón de yuca (0 %, 1% y 1.5%), adicional a ello, se agregó 2 % glicerol, 0.4 % Aceite esencial de romero y 0.4 % Tween 60.

a. Recubrimiento de proteína de soya

- **Dilución:** En esta etapa el agua a utilizar se llevó a pH 10 empleando una solución de hidróxido de sodio (0.1N) y posteriormente se diluyó la proteína de soya.
- **Calentamiento:** En esta etapa se llevó a calentamiento para que la proteína se disuelva en su totalidad.
- **Agitación:** Se agitó constantemente por un periodo de 30 minutos.
- **Mezcla 1:** Se mantuvo en reposo hasta su posterior uso.

b. Recubrimiento de almidón de yuca

El total de agua a utilizar se dividió en tres fracciones:

- **Primera dilución:** En esta dilución fue el agua, el emulsificante tween 60 y el aceite esencial de romero con el fin de formar la emulsión.
 - **Mezclar:** Se mezclaron uniformemente los dos compuestos.
- **Segunda dilución:** En esta parte se diluyó el plastificante (glicerol), que proporcionó al recubrimiento un buen comportamiento mecánico en términos de flexibilidad y resistencia a la ruptura, reduciendo la fragilidad.
 - **Mezclar:** Se mezcló uniformemente los dos compuestos.
- **Tercera dilución:** En esta etapa diluyó el agua y el almidón de yuca.
 - **Calentamiento:** Posteriormente se llevará a calentamiento agitando constantemente.
 - **Gelatinización:** Una vez llegado a determinada temperatura (70 °C) la mezcla se gelatinizó y se siguió agitando, apartarlo del fuego.
 - **Agitación:** se agitarlo durante 10 minutos y a la vez se agregó gota a gota la mezcla de la primera dilución.
 - **Mezcla:** Se continuó agitando y se incorporó la mezcla de la segunda dilución (gota a gota).
 - **Agitación:** Esta mezcla se agitó durante 30 minutos.
 - **Mezcla 2:** En esta mezcla se incorporó la mezcla 1 (proteína de soya), igual que en las anteriores mezclas se incorporó gota a gota.

- o **Agitación:** Se agito constantemente durante 10 minutos hasta su homogenización.
- o **Recubrimientos comestibles final:** una vez incorporado todos los compuestos se obtuvo el recubrimiento comestible final a utilizar en el fruto del sauco.

Se elaboró nueve formulaciones (tratamientos), en donde los factores de estudio fueron diferentes concentraciones de proteína de soya y almidón de yuca. Asimismo, se preparó una muestra patrón a la cual no se le aplica ningún recubrimiento, siendo este el tratamiento T1 (Testigo) con el fin de poder comparar y establecer el recubrimiento que mejor conserve las características fisicoquímicas y organolépticas del sauco (Tabla 5).

Tabla 5. *Tratamientos aplicados en el desarrollo de la investigación*

| Tratamientos | Proteína de soya (%) | Almidón de yuca (%) | Glicerol (%) | Aceite esencial de romero (%) | Tween 60 (%) |
|--------------|----------------------|---------------------|--------------|-------------------------------|--------------|
| T1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 | 0 | 1 | 2 | 0.4 | 0.4 |
| T3 | 0 | 1.5 | 2 | 0.4 | 0.4 |
| T4 | 1 | 0 | 2 | 0.4 | 0.4 |
| T5 | 1 | 1 | 2 | 0.4 | 0.4 |
| T6 | 1 | 1.5 | 2 | 0.4 | 0.4 |
| T7 | 1.5 | 0 | 2 | 0.4 | 0.4 |
| T8 | 1.5 | 1 | 2 | 0.4 | 0.4 |
| T9 | 1.5 | 1.5 | 2 | 0.4 | 0.4 |

3.3.5 Trabajo de laboratorio

3.3.5.1 Análisis fisicoquímico

a. **pH:** Para la medición de este parámetro se trituró un aproximado de 10 g de fruto de sauco con ayuda de un mortero, una vez obtenido el jugo se filtró, seguidamente se realizó la medición haciendo uso de un pH-metro introduciendo el electrodo del equipo en la muestra adecuada en un vaso de precipitación.

- b. Grados Brix:** Para establecer el valor de Sólidos solubles como °Brix se extrajo el jugo de la fruta en forma manual, del cual se tomó una gota para efectuar las mediciones con el refractómetro.
- c. Acidez titulable:** Se trituró fruto de saúco con ayuda de un mortero, se pesó 10g de muestra para diluirla en 100ml de agua destilada, luego agregamos 3 gotas de fenolftaleína y titulamos utilizando hidróxido de sodio (NaOH) (0.1N). Los resultados se expresaron como % de ácido cítrico.
- d. Pérdida de peso:** Las pérdidas de peso se determinaron 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:

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

3.3.5.2 Análisis sensorial

La evaluación de las características organolépticas de las muestras de saúco 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 10 post tratamiento. Por tratarse de datos experimentales provenientes de datos discretos, éstos serán transformados con la función $Y = \arccos \sqrt[3]{P}$, para cumplir con los requisitos del análisis de varianza (ANOVA) (Steel y Torrie 1985) y en los casos en donde se encontró diferencias significativas entre tratamientos, se realizó la prueba de rango múltiple de Tukey al 5%.

3.3.5.3 Análisis microbiológico

El análisis microbiológico se realizó a la muestra que tuvo mayor aceptación por parte de los panelistas semientrenados en la evaluación sensorial, dicho análisis se ejecutó en el Laboratorio Regional del Norte "LABRENOR".

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 (Tabla 6).

Tabla 6. Análisis de varianza para una factorial de dos factores en un diseño completamente al azar (DCA).

| Fuentes de variación | Suma de Cuadrados | Grados de libertad | Cuadrado medio | Fc |
|----------------------|---|--------------------|------------------------------|---------------------------------|
| Tratamientos | $\frac{\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b Y_{ij}^2}{n} - \frac{Y^2 \dots}{abn}$ | (t-1) | $\frac{SC_{trat.}}{(t-1)}$ | $\frac{CM_{trat.}}{CM_{error}}$ |
| A | $\frac{\sum_{i=1}^a Y_i^2 \dots}{bn} - \frac{Y^2 \dots}{abn}$ | (a-1) | $\frac{SC_A}{(a-1)}$ | $\frac{CM_{(A)}}{CM_{error}}$ |
| B | $\frac{\sum_{j=1}^b Y_j^2 \dots}{an} - \frac{Y^2 \dots}{abn}$ | (b-1) | $\frac{SC_B}{(b-1)}$ | $\frac{CM_{(B)}}{CM_{error}}$ |
| AB | $SC_{trat.} - SC_{(A)} - SC_{(B)}$ | (a-1)(b-1) | $\frac{SC_{AB}}{(a-1)(b-1)}$ | $\frac{CM_{(AB)}}{CM_{error}}$ |
| Error | $\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y_{ijk}^2 - \frac{\sum \sum Y_{ij}^2}{n}$ | ab(r-1) | $\frac{SC_{error}}{ab(r-1)}$ | |
| Total | $\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y_{ijk}^2 - \frac{Y^2 \dots}{abn}$ | (abr)-1 | | |

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Variable de respuesta observada o medida en la ijk - énsima unidad experimental.

μ = Media general.

α_i = Efecto del i -énimo nivel del factor "A".

β_j = Efecto del j - énsimo nivel del factor "B".

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción entre el i - énsimo nivel del factor "A" y el j - énsimo nivel del factor "B".

ε_{ijk} = Error experimental asociado a la ijk - énsima unidad experimental.

3.3.6 Trabajo de gabinete

3.3.6.1 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. En primer lugar, 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 (proteína de soya y almidón de yuca), en los casos en donde se encontraron interacción se realizó el análisis de varianza (ANOVA) para efectos simples y la prueba de rango múltiple de Tukey al 5%.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Descripción de la obtención de la materia prima

La Saúco se adquirió del Centro Poblado de Combayo, Distrito Encañada, Provincia y Departamento de Cajamarca. Este fruto es muy lábil a la manipulación, debido a esta característica se recolectó en bandejas rectangulares para evitar que el fruto se lesione, posteriormente se transportó al laboratorio de Control de Calidad de la E.A.P de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca (Distrito, Provincia, y Departamento de Cajamarca) donde fue ejecutado la investigación para obtener los resultados que se discutirán más adelante.

4.2 Evaluación de las características fisicoquímicas.

4.2.1 Resultados finales de los Sólidos Solubles (°Brix) del saúco recubierto con diferentes concentraciones de proteína de soya y almidón de yuca.

Tabla 7. Resultados finales de los sólidos solubles (°Brix) del saúco.

| Proteína de soya | 0 % | | | 1 % | | | 1.5 % | | |
|-------------------------|------------|------------|--------------|------------|------------|--------------|--------------|------------|--------------|
| Almidón de yuca | 0 % | 1 % | 1.5 % | 0 % | 1 % | 1.5 % | 0 % | 1 % | 1.5 % |
| I | 4.00 | 5.00 | 4.20 | 4.50 | 5.00 | 5.00 | 5.80 | 5.00 | 5.00 |
| II | 4.50 | 5.20 | 3.90 | 5.00 | 4.50 | 5.00 | 5.20 | 4.00 | 4.00 |
| III | 4.00 | 5.00 | 4.00 | 4.00 | 5.00 | 4.50 | 4.80 | 5.00 | 4.00 |
| Total | 12.50 | 15.20 | 12.10 | 13.50 | 14.50 | 14.50 | 15.80 | 14.00 | 13.00 |
| Promedio | 4.17 | 5.07 | 4.03 | 4.50 | 4.83 | 4.83 | 5.27 | 4.67 | 4.33 |

4.2.1.1 Análisis de varianza (ANOVA) para los Sólidos Solubles (°Brix) del saúco recubierto con diferentes concentraciones de proteína de soya y almidón de yuca.

En Tabla 8, se observa los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para los Sólidos Solubles (°Brix) de las muestras de saúco recubierto con diferentes concentraciones de proteína de soya y almidón de yuca almacenados durante 10 días a temperatura ambiente, los cuales indican que existe significación estadística para la interacción entre Proteína de soya * Almidón de yuca (PS*AY), dado que, el valor de significación (p-valor=0.0219) es menor al 0.05 (5%). Esto indica que los sólidos solubles (°Brix) de las muestras de saúco se encuentran afectadas por el efecto conjunto de los factores.

El coeficiente de variación 8.72 % (CV), indica la variabilidad del material experimental para la variable evaluada. Esta variabilidad posiblemente se atribuya al estado de madurez del saúco, es decir, que su madurez no fue homogénea o que estos no respondieron de la misma forma a los diferentes tratamientos. Como producto de dicha evaluación se encontró que los sólidos solubles (°Brix) del saúco con los tratamientos fue variado.

Tabla 8. Análisis de varianza (ANOVA) para los sólidos solubles (°Brix) del saúco recubierto con diferentes concentraciones de proteína de soya y almidón de yuca.

| Fuente de variación | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrado medio | F calculado | P - valor |
|-----------------------|-------------------|--------------------|----------------|-------------|-----------|
| Tratamientos | 3.98 | 8 | 0.50 | 3.06* | 0.0234 |
| Proteína de Soya (PS) | 0.65 | 2 | 0.32 | 1.99 ns | 0.1652 |
| Almidón de Yuca (AY) | 0.89 | 2 | 0.45 | 2.74 ns | 0.0917 |
| PS*AY | 2.44 | 4 | 0.61 | 3.75 ** | 0.0219 |
| Error | 2.93 | 18 | 0.16 | | |
| Total | 6.92 | 26 | | | |

CV = 8.72 %

En la Tabla 9, al realizar el análisis de varianza para los efectos simples de los factores en estudio, se encontró significación estadística entre la proteína de soya (PS) en concentraciones de 0 y 1.5 % con el almidón de yuca (AY),

respectivamente, dado que el valor de significación para ambos casos es menor al 0.05 %. De igual forma, se encontró significación entre el almidón de yuca (AY) en concentración del 0 % con la proteína de soya. Estos resultados indican que los sólidos solubles (°Brix) están afectados significativamente por la interacción de la proteína de soya en concentración de 1.5 % con almidón de yuca al 0 %.

Tabla 9. Análisis de varianza (ANOVA) para los efectos simples de los factores en estudio (Proteína de soya y almidón de yuca) en los sólidos solubles (°Brix) del saúco.

| Comparación de tratamientos (FV) | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F calculado | P - valor |
|----------------------------------|--------------------|-------------------|----------------|-------------|-----------|
| PS (0 %) con AY | 2 | 1.7689 | 0.88445 | 5.5278* | 0.0134 |
| PS (1 %) con AY | 2 | 0.2222 | 0.1111 | 0.6944 | 0.5123 |
| PS (1.5 %) con AY | 2 | 1.3422 | 0.6711 | 4.1944* | 0.0320 |
| AY (0 %) con PS | 2 | 1.9089 | 0.95445 | 5.9653** | 0.0103 |
| AY (1 %) con PS | 2 | 0.2222 | 0.1111 | 0.6944 | 0.5123 |
| AY (1.5 %) con PS | 2 | 0.9800 | 0.4900 | 3.0625 | 0.0717 |
| Error | 18 | | 0.16 | | |

Al realizar la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad (Tabla 10) para el efecto de la interacción de los factores (PS*AY), se observa que se han formado dos grupos (A y B). El grupo A, conformado por las medias de los tratamientos que van desde el T7 (1.5 % proteína de soya y 0 % almidón de yuca) hasta el T1 (0 % proteína de soya y 0 % almidón de yuca), cuyos promedios de °Brix oscilan entre 5.27 y 4.17 respectivamente, no existe diferencias significativas entre las medias de estos tratamientos. El Grupo B, está conformado por las medias de los tratamientos que van desde el T2 (0 % proteína de soya y 1 % almidón de yuca) hasta el T3 (0 % proteína de soya y 1.5 % almidón de yuca), cuyos promedios oscilan entre 5.03 y 4.03, y no existe diferencias entre ellos.

Tabla 10. Prueba de significación de Tukey al 5% de probabilidad para la interacción de los factores proteína de soya y almidón de yuca (PS*AY) en los sólidos solubles (°Brix) del saúco.

| Tratamientos (Proteína de Soya más almidón de yuca) | Prom. °Brix | Significación al 5 % | |
|---|-------------|----------------------|---|
| T7 | 5.27 | A | |
| T2 | 5.03 | A | B |
| T6 | 4.83 | A | B |
| T5 | 4.83 | A | B |
| T8 | 4.67 | A | B |
| T4 | 4.50 | A | B |
| T9 | 4.33 | A | B |
| T1 | 4.17 | A | B |
| T3 | 4.03 | | B |

La Figura 6, muestra la interacción de los niveles de cada factor (proteína de soya y almidón de yuca), y se observa que los °Brix aumentan con la proteína de soya, es decir, que con el recubrimiento que no presentó proteína de soya ni almidón de yuca (T1) se obtuvo 4.17 °Brix, con el recubrimiento conformado por 1 % de proteína de soya y 0 % almidón de yuca (T4) se obtuvo 4.50 °Brix y con el recubrimiento conformado por 1.5 % proteína de soya y 0 % almidón de yuca (T7) se obtuvo 5.27 °Brix. El almidón de yuca en 1 %, presenta una relación inversamente proporcional con la proteína de soya, es decir que el mayor resultado se encontró con el recubrimiento conformado por 0 % proteína de soya y 1% almidón de yuca (T2) 5.03 °Brix, pero a medida que la concentración de proteína de soya incrementaba los °Brix descendieron obteniendo un 4.67 con el recubrimiento conformado por 1.5 % proteína de soya y 1 % almidón de yuca (T8).

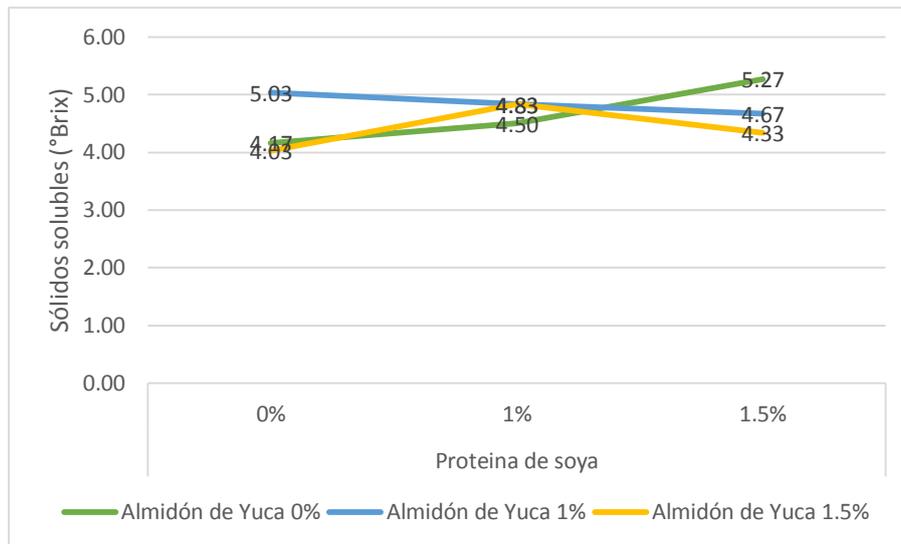


Figura 6. Interacción de los niveles de los factores (Proteína de soya y almidón de yuca) en los sólidos solubles (°Brix) del saúco.

Las muestras inician en el día 0 con un contenido de Sólidos Solubles (°Brix) aproximadamente 6 °Brix y terminan luego de 10 días de almacenamiento con un valor de 4 a 5 °Brix. Un descenso en el contenido de sólidos solubles lo encontraron (Castro *et al.* 2016) en mango cortado recubierto a base de almidón de yuca, ácido salicílico y aceites esenciales. La reducción de los sólidos solubles es probablemente debido al proceso respiratorio que implica un mayor consumo de sustrato orgánico, es decir, azúcares (Kader 2002).

El mismo resultado encontraron (Restrepo y Aristizábal 2010) en la 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 donde advierte un descenso importante en los °Brix, que marca una diferencia estadísticamente significativa con respecto a los 0 y 5 días de almacenamiento, lo que posiblemente encuentre explicación en el proceso normal de senescencia de los frutos (Ferreira da Mota *et al.* 2003), porque los azúcares resultantes de la hidrólisis de la sacarosa se utilizan como sustrato en reacciones metabólicas de respiración (García *et al.* 1999).

Se determinó que con el T7 (1.5 % proteína de soya y 0 % almidón de yuca), las muestras de saúco obtuvieron la mayor cantidad de °Brix (5.27), se podría decir que dicho tratamiento causa menor oxidación de los azúcares, debido a que su

respiración es menor a comparación de los otros tratamientos lo que conllevaría a un tiempo de vida útil relativamente mayor de los frutos de saúco, además comparándolo con la medida inicial (6 °Brix) sería el que más se asemeja a un fruto fresco ya que según Lovera (2007) en el estado de plena madurez del fruto de saúco, los sólidos solubles totales, están comprendidos entre 6.5 y 7.2 °Brix.

4.2.2 Resultados finales del pH del sauco recubierto con diferentes concentraciones de proteína de soya y almidón de yuca.

Tabla 11. Resultados finales del pH del saúco.

| Proteína de soya | 0 % | | | 1 % | | | 1.5 % | | |
|-------------------------|------------|------------|--------------|------------|------------|--------------|--------------|------------|--------------|
| Almidón de yuca | 0 % | 1 % | 1.5 % | 0 % | 1 % | 1.5 % | 0 % | 1 % | 1.5 % |
| I | 3.90 | 4.00 | 4.10 | 4.20 | 4.00 | 3.90 | 3.90 | 4.10 | 3.80 |
| II | 3.80 | 3.90 | 4.00 | 4.10 | 4.00 | 4.00 | 3.90 | 4.00 | 3.90 |
| III | 3.50 | 3.80 | 4.00 | 4.20 | 4.00 | 3.90 | 3.80 | 4.00 | 3.80 |
| Total | 11.20 | 11.70 | 12.10 | 12.50 | 12.00 | 11.80 | 11.60 | 12.10 | 11.50 |
| Promedio | 3.73 | 3.90 | 4.03 | 4.17 | 4.00 | 3.93 | 3.87 | 4.03 | 3.83 |

4.2.2.1 Análisis de varianza (ANOVA) para el pH del saúco recubierto con diferentes concentraciones de proteína de soya y almidón de yuca.

En Tabla 12, se observa los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para el pH de las muestras de saúco recubierto con diferentes concentraciones de proteína de soya y almidón de yuca almacenados durante 10 días a temperatura ambiente, los cuales indican que existe significación estadística para la interacción entre la Proteína de soya * Almidón de yuca (PS*AY), dado que, el valor de significación (p-valor=0.0019) es menor al 0.05 (5%). Esto indica que el pH de las muestras de sauco se encuentra afectadas por el efecto conjunto de los factores.

El coeficiente de variación 2.48 % (CV), indica la variabilidad del material experimental para la variable evaluada. Esta variabilidad posiblemente se atribuya al estado de madurez del saúco, es decir, que su madurez no fue homogénea o que estos no respondieron de la misma forma a los diferentes tratamientos. Como producto de dicha evaluación se encontró que el pH del sauco con los tratamientos fue variado.

Tabla 12. Análisis de varianza (ANOVA) para el pH del saúco recubierto con diferentes concentraciones de proteína de soya y almidón de yuca.

| Fuente de variación | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrado medio | F calculado | P - valor |
|-----------------------|-------------------|--------------------|----------------|-------------|-----------|
| Tratamientos | 0.43 | 8 | 0.05 | 5.37 ** | 0.001 |
| Proteína de Soya (PS) | 0.15 | 2 | 0.07 | 7.65 ** | 0.0039 |
| Almidón de Yuca (AY) | 0.03 | 2 | 0.02 | 1.65 ns | 0.2191 |
| PS*AY | 0.25 | 4 | 0.06 | 6.62 ** | 0.0019 |
| Error | 0.17 | 18 | 0.01 | | |
| Total | 0.61 | 26 | | | |

CV = 2.48 %

En la Tabla 13, al realizar el análisis de varianza para los efectos simples de los factores en estudio, se encontró significación estadística entre la proteína de soya (PS) en concentraciones de 0 y 1 % con el almidón de yuca (AY), respectivamente, dado que el valor de significación para ambos casos es menor al 0.05 %. De igual forma, se encontró significación entre el almidón de yuca (AY) en concentración del 0 % con la proteína de soya. Estos resultados indican que pH está afectado significativamente por la interacción de la proteína de soya en concentración de 1 % con almidón de yuca al 0 %.

Tabla 13. Análisis de varianza (ANOVA) para los efectos simples de los factores en estudio (Proteína de soya y almidón de yuca) en el pH del saúco.

| Comparación de tratamientos (FV) | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F calculado | P - valor |
|----------------------------------|--------------------|-------------------|----------------|-------------|-----------|
| PS (0 %) con AY | 2 | 0.1356 | 0.0678 | 6.7800** | 0.0064 |
| PS (1 %) con AY | 2 | 0.0822 | 0.0411 | 4.1100* | 0.0339 |
| PS (1.5 %) con AY | 2 | 0.0689 | 0.0345 | 3.4450 | 0.0541 |
| AY (0 %) con PS | 2 | 0.2956 | 0.1478 | 14.7800** | 0.0002 |
| AY (1 %) con PS | 2 | 0.0467 | 0.0234 | 2.3350 | 0.1254 |
| AY (1.5 %) con PS | 2 | 0.0600 | 0.03 | 3.0000 | 0.0751 |
| Error | 18 | | 0.01 | | |

Al realizar la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad (Tabla 14) para el efecto de la interacción de los factores (PS*AY), se observa que se han formado tres grupos (A, B y C). El grupo A, conformado por las medias de los tratamientos que van desde el T4 (1% proteína de soya y 0% almidón de yuca) hasta el T2

(0% proteína de soya y 1% de almidón de yuca), cuyos pH oscilan entre 4.17 y 3.9, no existe diferencias significativas entre las medias de estos tratamientos. El Grupo B, está conformado por los las medias de los tratamientos que van desde el T5 (1% proteína de soya y 1% almidón de yuca) hasta el T9 (1.5% proteína de soya y 1.5% almidón de yuca), cuyos promedios oscilan entre 4.07 y 3.83, y no existe diferencias entre ellos. Finalmente se encuentra el grupo C, que está conformado por las medias de los tratamientos que van desde el T6 hasta el T1, no existe diferencias significativas entre estos resultados. Concluyendo, se determina que el pH obtenidos con el T4, es significativamente diferente y superior al pH obtenido con el T1.

Tabla 14. Prueba de significación de Tukey al 5% de probabilidad para la interacción de los factores proteína de soya y almidón de yuca (PS*AY) en el pH del saúco.

| Tratamientos (Proteína de Soya más almidón de yuca) | pH | Significación al 5 % | | |
|---|------|----------------------|---|---|
| T4 | 4.17 | A | | |
| T5 | 4.07 | A | B | |
| T8 | 4.03 | A | B | |
| T3 | 4.03 | A | B | |
| T6 | 3.93 | A | B | C |
| T2 | 3.90 | A | B | C |
| T7 | 3.87 | | B | C |
| T9 | 3.83 | | B | C |
| T1 | 3.73 | | | C |

La Figura 7, Muestra la interacción de los niveles de cada factor (proteína de soya y almidón de yuca) para el pH de las muestras de saúco. Con la proteína de soya 0 % y 0 % almidón de yuca (T1) se obtuvo el pH más bajo (3.73), a medida que se incrementó la concentración de proteína de soya en 1 % y 0 % almidón de yuca (T4) el pH se elevó (4.17), pero al seguir incrementando la proteína de soya a 1.5 % y 0 % almidón de yuca (T7) el pH descendió a 3.87, en cambio con el almidón de yuca a 1.5 % el pH baja a medida que se incrementan las concentraciones de la proteína de soya, es decir con el recubrimiento con 0 % proteína de soya y 1.5 % almidón de yuca (T3) se obtuvo un pH de 4.03, y con el recubrimiento conformado por 1.5 % proteína de soya y 1.5 % almidón de yuca (T9) se obtuvo un pH de 3.83.

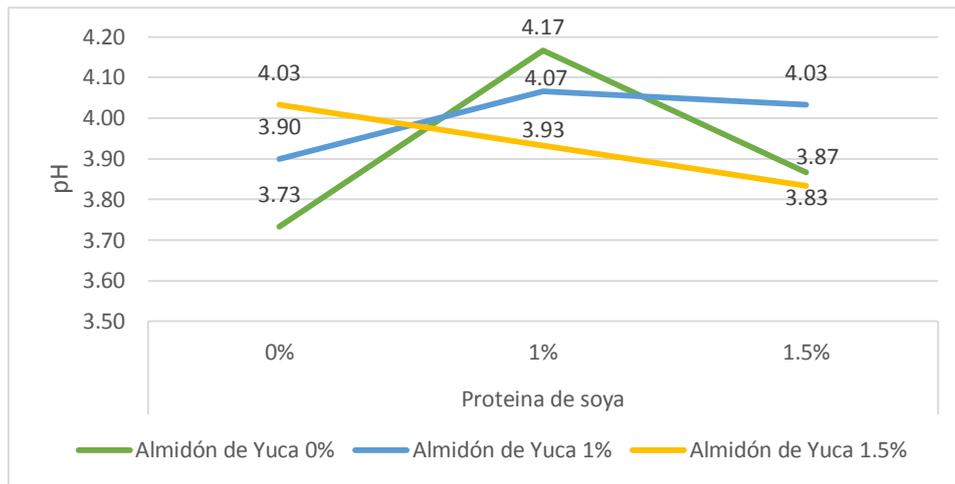


Figura 7. Interacción de los niveles de los factores (Proteína de soya y almidón de) en el pH del saúco.

Con la aplicación de los recubrimientos a base de almidón de yuca y proteína de soya, los frutos presentaron un mayor aumento en el valor de pH hasta el final del período de almacenamiento, contrario, al comportamiento mostrado por el fruto del sauco sin recubrir donde la variación en el valor de pH fue menos evidente de 3.53 hasta 3.73. Resultados que difieren son los presentados según Castillo (2018) en la investigación de efecto de recubrimientos de almidón modificado de yuca, proteína aislada de soya y aceite esencial de orégano aplicados a la papaya en el que reportan que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($p > 0,05$), pero sí entre el tiempo de seguimiento, indicando que el tiempo influyó en los cambios de pH en las papayas, las diferencias indican un aumento de los valores, a causa de la disminución en el contenido de ácidos orgánicos, que son convertidos en azúcares, a medida que avanza la maduración (Hernández *et al.* 2010).

Otros resultados similares fueron reportados por Andrade *et al.* (2014), sin diferencias significativas, al utilizar almidón de yuca y cera de laurel en combinación con aceite de oliva, en frutos de tomate de árbol, lo que demuestra que los recubrimientos, a partir de almidón, no inciden sobre esta variable.

Se determinó que probablemente presentaron un leve incremento en el valor de pH hasta el final del período de almacenamiento a consecuencia del stress al cual se somete el fruto, ya que una vez arrancado de la planta, durante los primeros días se ve obligado a gastar parte de sus ácidos orgánicos como parte

de sus procesos metabólicos. Inicialmente los frutos presentaron una media de 3.53 en el valor del pH, el cual aumentó a 3.73 (T1) al final del período de almacenamiento. Este resultado del valor de pH (T1) es el que se asemeja a un fruto maduro de saúco ya que es considerado muy ácido por oscilar su pH entre 3,2-3,8 (Lovera 2007), seguido de los tratamientos T9 y T7 que presentan resultados próximos al rango de un fruto fresco de saúco.

4.2.3 Resultados finales de la acidez titulable (%ácido cítrico) del saúco recubierto con diferentes concentraciones de proteína de soya y almidón de yuca.

Tabla 15. Resultados finales de la acidez titulable (%ácido cítrico) del saúco.

| Proteína de soya | 0 % | | | 1 % | | | 1.5 % | | |
|------------------|------|------|-------|------|------|-------|-------|------|-------|
| | 0 % | 1 % | 1.5 % | 0 % | 1 % | 1.5 % | 0 % | 1 % | 1.5 % |
| I | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 0.96 |
| II | 1.02 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 1.02 | 0.96 | 0.96 | 1.02 | 0.96 |
| III | 0.96 | 1.02 | 0.96 | 0.96 | 0.96 | 1.02 | 0.96 | 0.96 | 0.96 |
| Total | 2.94 | 2.94 | 2.88 | 2.88 | 2.94 | 2.94 | 2.88 | 2.94 | 2.88 |
| Promedio | 0.98 | 0.98 | 0.96 | 0.96 | 0.98 | 0.98 | 0.96 | 0.98 | 0.96 |

4.2.3.1 Análisis de varianza (ANOVA) para la acidez titulable (%ácido cítrico) del saúco recubierto con diferentes concentraciones de proteína de soya y almidón de yuca.

En Tabla 16, se observa los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para la acidez titulable (% ácido cítrico) del saúco recubierto con diferentes concentraciones de proteína de soya y almidón de yuca almacenados durante 10 días a temperatura ambiente, los cuales indican que no existe significación estadística para la proteína de soya (PS) y para el almidón de yuca (AY), dado que, el valor de significación para ambos casos es mayor al 0.05 (5%). Estos resultados indican que los factores en estudio no afectan al contenido de acidez titulable de las muestras de saúco.

Para la interacción de los factores proteína de soya y almidón de yuca (PS*AY), se observa que no existe significación estadística, dado que, el valor de significación (p -valor = 0.7361) es mayor al 0.05 (5%). Este resultado indica, que la acidez titulable (%ácido cítrico) no está afectada por el efecto conjunto de los factores, es decir que, que los recubrimientos no alteran el resultado de acidez titulable (%ácido cítrico).

Tabla 16. Análisis de varianza (ANOVA) para la acidez titulable (% ácido cítrico) del saúco recubierto con diferentes concentraciones de proteína de soya y almidón de yuca.

| Fuente de variación | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrado medio | F calculado | P - valor |
|-----------------------|-------------------|--------------------|----------------|-------------|-----------|
| Tratamientos | 0.003 | 8 | 0.00033 | 0.5 ns | 0.8405 |
| Proteína de Soya (PS) | 0.00027 | 2 | 0.00013 | 0.2 | 0.8205 |
| Almidón de Yuca (AY) | 0.0011 | 2 | 0.00053 | 0.8 | 0.4647 |
| PS*AY | 0.0013 | 4 | 0.00033 | 0.5 | 0.7361 |
| Error | 0.01 | 18 | 0.00067 | | |
| Total | 0.01 | 26 | | | |

CV = 2.66 %

El coeficiente de variación 2.66 % (CV) indica la variabilidad del material experimental para la variable evaluada. Esta variabilidad posiblemente se atribuya al estado de madurez del saúco, es decir, que su madurez no fue homogénea o que estos no respondieron de la misma forma a los diferentes tratamientos. Como producto de dicha evaluación se encontró que la acidez titulable (% ácido cítrico) del sauco con los tratamientos fue variado.

En la Figura 8, se observa el promedio de acidez titulable (%ácido cítrico) de los tratamientos de saúco recubierto con diferentes concentraciones de proteína de soya y almidón de yuca. Con los tratamientos T1 (0 % de proteína de soya y 0 % de almidón de yuca) , T2 (0 % de proteína de soya y 1 % de almidón de yuca), T5 (1 % de proteína de soya y 1 % de almidón de yuca), T6 (1 % de proteína de soya y 1.5 % de almidón de yuca) y T8 (1.5 % de proteína de soya y 1 % de almidón de yuca), se obtuvo acidez promedio de 0.98 % ácido cítrico, respectivamente, con los tratamientos T3 (0 % de proteína de soya y 1.5 % de

almidón de yuca), T4 (1 % de proteína de soya y 0 % de almidón de yuca), T7 (1.5 % de proteína de soya y 0 % de almidón de yuca) y T9 (1.5 % de proteína de soya y 1.5 % de almidón de yuca), se obtuvo una acidez de promedio de 0.96% ácido cítrico, respectivamente. Según el análisis de varianza no existe diferencias significativas entre los resultados que se obtuvieron con los nueve tratamientos.

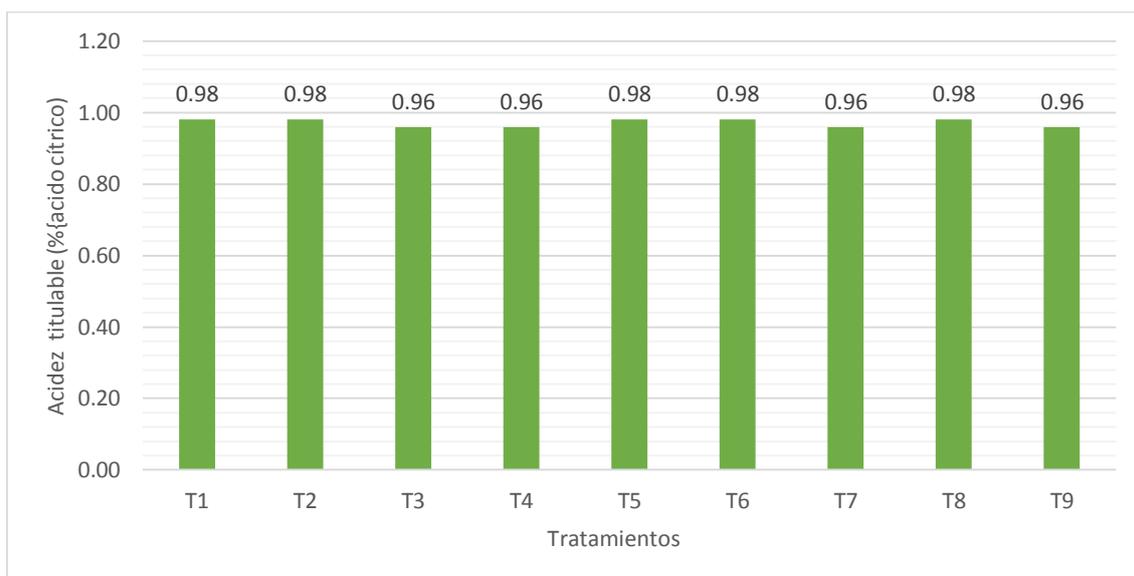


Figura 8. Promedio de la acidez titulable (% ácido cítrico) obtenidos del saúco recubierto con diferentes concentraciones de proteína de soya y almidón de yuca.

Se concluye según los resultados obtenidos que con respecto a la acidez titulable (% ácido cítrico) los 9 tratamientos se encuentran dentro de los rangos que caracteriza a los frutos maduros 1.37 % - 0.92 % ácido cítrico según lo indica Lovera (2007). La disminución de la acidez titulable puede deberse a la reducción de la actividad metabólica, porque los ácidos orgánicos usados como sustrato para la respiración, se agotaron durante este periodo (Miranda *et al.* 2014). Los mismos resultados fueron reportados por castillo *et. al.* (2018) que estudiaron efecto de recubrimientos de almidón modificado de yuca, proteína aislada de soya y aceite esencial de orégano aplicados a la papaya y Saavedra y Algecira (2010) que estudiaron evaluación de películas comestibles de almidón de yuca y proteína aislada de soya en la conservación de fresas cuya variación puede ser ocasionada por el stress al cual se ve sometido el fruto una vez cosechado y puesto el recubrimiento sobre él.

4.2.4 Resultados finales del porcentaje de pérdida de peso (% PP) del saúco recubierto con diferentes concentraciones de proteína de soya y almidón de yuca.

Tabla 17. Resultados finales del porcentaje de pérdida de peso (% PP) del saúco.

| Proteína de soya | 0 g | | | 1 % | | | 1.5 % | | |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 0 % | 1 % | 1.5 % | 0 % | 1 % | 1.5 % | 0 % | 1 % | 1.5 % |
| I | 13.20 | 13.40 | 12.60 | 12.60 | 12.40 | 13.40 | 13.20 | 12.60 | 14.60 |
| II | 12.40 | 14.00 | 13.00 | 12.00 | 12.00 | 13.80 | 11.40 | 13.20 | 14.80 |
| III | 13.40 | 13.60 | 12.20 | 13.00 | 12.60 | 13.80 | 13.00 | 14.00 | 15.40 |
| Total | 39.00 | 41.00 | 37.80 | 37.60 | 37.00 | 41.00 | 37.60 | 39.80 | 44.80 |
| Promedio | 13.00 | 13.67 | 12.60 | 12.53 | 12.33 | 13.67 | 12.53 | 13.27 | 14.93 |

4.2.4.1 Análisis de varianza (ANOVA) para el porcentaje de pérdida de peso (% PP) del saúco recubierto con diferentes concentraciones de proteína de soya y almidón de yuca.

En Tabla 18, se observa los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para el porcentaje de pérdida de peso del saúco (%PP) recubierto con diferentes concentraciones de proteína de soya y almidón de yuca almacenados durante 10 días a temperatura ambiente, los cuales indican que existe significación estadística para la proteína de soya (PS), dado que, el valor de significación (p-valor = 0.028) es menor al 0.05 (5 %). Este resultado indica que, el porcentaje de pérdida de peso (%PP) que se obtuvieron con las diferentes concentraciones de la proteína de soya, son estadísticamente diferentes.

Para el almidón de yuca (AY), existe alta significación estadística, dado que, el valor de significación (p-valor = 0.0001) es menor al 0.05 (5 %). Este resultado indica que, el porcentaje de pérdida de peso (%PP) con las diferentes concentraciones de almidón de yuca, son estadísticamente diferentes, es decir, que el recubrimiento con proteína de soya tiene efecto significativo en el porcentaje de pérdida de peso (%PP) de las muestras de sauco.

Para la interacción de los factores proteína de soya y almidón de yuca (PS*AY), se observa que no existe significación estadística, dado que, el valor de significación (p -valor = 0.1094) es mayor al 0.05 (5 %). Este resultado indica que, el porcentaje de pérdida de peso (%PP) de las muestras de saúco, no se encontró afectado por el efecto conjunto de los factores en estudio (Proteína de soya y almidón de yuca).

Tabla 18. Análisis de varianza (ANOVA) para el porcentaje de pérdida de peso (%PP) del saúco recubierto con diferentes concentraciones de proteína de soya y almidón de yuca.

| Fuente de variación | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrado medio | F calculado | P - valor |
|-----------------------|-------------------|--------------------|----------------|-------------|-----------|
| Tratamientos | 16.43 | 8 | 2.05 | 7.18 ** | 0.0003 |
| Proteína de Soya (PS) | 2.51 | 2 | 1.25 | 4.39 * | 0.028 |
| Almidón de Yuca (AY) | 11.4 | 2 | 5.7 | 19.93 ** | 0.0001 |
| PS*AY | 2.52 | 4 | 0.63 | 2.2 ns | 0.1094 |
| Error | 5.15 | 18 | 0.29 | | |
| Total | 21.58 | 26 | | | |

CV = 4.06 %

El coeficiente de variación 4.06 % (CV) indica la variabilidad del material experimental para la variable evaluada. Esta variabilidad posiblemente se atribuya al estado de madurez del saúco, es decir, que su madurez no fue homogénea o que estos no respondieron de la misma forma a los diferentes tratamientos. Como producto de dicha evaluación se encontró que el porcentaje de pérdida de peso (%PP) del sauco con los tratamientos fue variado.

En el tratamiento T7 (1.5 % proteína de soya y 0 % almidón de yuca) se observó un efecto positivo, disminuyendo el porcentaje de pérdida de peso (%PP) comparado con la muestra testigo (T1). El recubrimiento que presentó mayor protección para el porcentaje de pérdida de peso (%PP) fue el que contenía únicamente como material hidrocoloide la proteína de soya. Según resultados obtenidos por Saavedra y Algecira (2010) indican que los recubrimientos que contenían proteína de soya se observan que el porcentaje de pérdida de peso (%PP) es mayor cuando las fresas no se almacenan en temperaturas de refrigeración, ya que en esta temperatura se logra disminuir los procesos

metabólicos y de respiración, por lo que recomiendan que para mantener el menor porcentaje de pérdida de peso almacenen en refrigeración.

Se infiere, por lo tanto, que el recubrimiento comestible a base de proteína de soya (1.5 %) proporcionaron una barrera protectora que restringió la transferencia de agua, es decir la transpiración y, de esta manera, se retrasó la deshidratación de los frutos durante el almacenamiento, reduciendo la pérdida de peso, incidiendo que la proporción de aceite usado en la formulación, al permitir la difusión de gases y aumentar la traspiración del fruto, lo que causa una disminución significativa del peso.

Al realizar la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad (Tabla 19 y Figura 9) para el factor proteína de soya (PS), se observa que el porcentaje de pérdida de peso (%PP) de las muestras de sauco con 1 % de proteína de soya es de 13.58% y con 0 % proteína de soya fue 13.09 %, estos resultados son estadísticamente iguales. Con proteína de soya en 1.5 %, el porcentaje de pérdida de peso (%PP) fue de 12.84%. Según estos resultados el mayor porcentaje de pérdida de peso (%PP) fue con la proteína de soya en 1 %, siendo este resultado significativamente diferente y superior al obtenido con 1.5 % de proteína de soya. Esto indica que, a concentraciones de 1.5 % de proteína de soya se encuentra menores porcentajes de pérdida de peso (%PP) y mantienen la calidad del producto.

Tabla 19. Prueba de significación de Tukey al 5% de probabilidad, para el factor proteína de soya (PS), en el porcentaje de pérdida de peso (%PP) del saúco.

| Proteína de soya (%) | Prom. Porcentaje de pérdida de Peso (%) | Significación al 5% |
|----------------------|---|---------------------|
| 1 | 13.58 | A |
| 0 | 13.09 | A B |
| 1.5 | 12.84 | B |

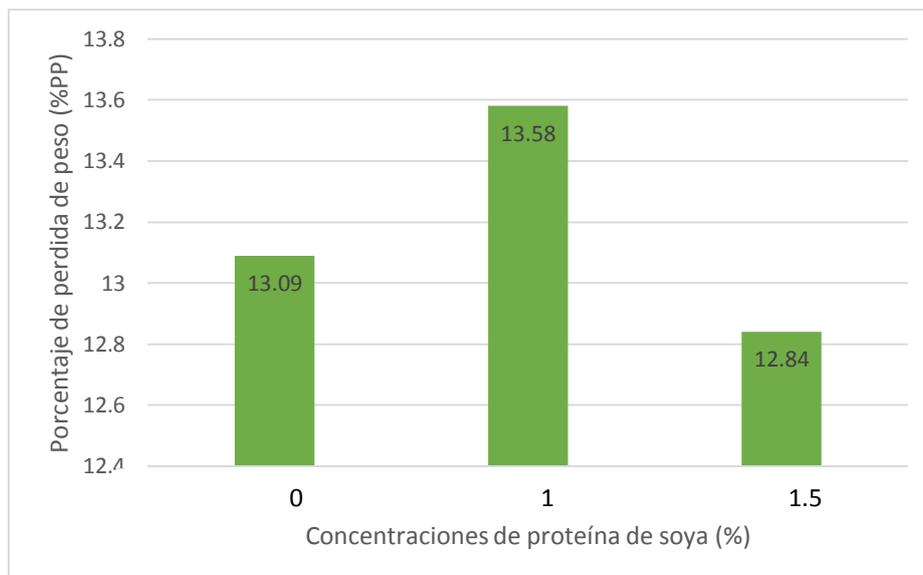


Figura 9. Porcentaje de pérdida peso (%PP) del saúco en función de las diferentes concentraciones de proteína de soya.

Al realizar la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad (Tabla 20 y Figura 10) para el factor almidón de yuca (AY), se observa que con 1.5 % el porcentaje de pérdida de peso (%PP) es de 14.09%, siendo este resultado estadísticamente diferente y superior al resto. Con 1 % y 0 % de almidón de yuca, el porcentaje de pérdida de peso (%PP) fue de 12.73% y 12.69%, respectivamente. Estos resultados indican que, a concentraciones menores de 1.5 % de almidón de yuca se encuentra menores porcentajes de pérdida de peso (%PP), es decir, que bajo estas concentraciones el peso del producto se mantiene por más tiempo.

Tabla 20. Prueba de significación de Tukey al 5% de probabilidad, para el factor almidón de yuca (AY), en el porcentaje de pérdida de peso (%PP) del saúco.

| Almidón de yuca (%) | Prom. Porcentaje de pérdida de Peso (%) | Significación al 5% |
|---------------------|---|---------------------|
| 1.5 | 14.09 | A |
| 1 | 12.73 | B |
| 0 | 12.69 | B |

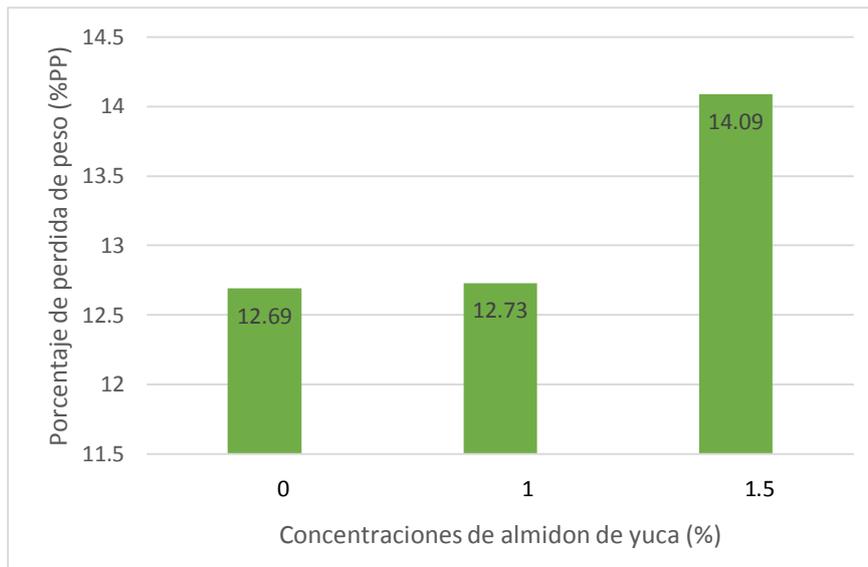


Figura 10. Porcentaje de pérdida de peso (%PP) del saúco en función a las diferentes concentraciones de almidón de yuca.

Los resultados concuerdan con los presentados por Saavedra y Algecira (2010) en la aplicación de recubrimientos comestibles de proteína de soya y almidón de yuca en fresas estos indican que el recubrimiento elaborado con almidón de yuca presentó un efecto negativo en la pérdida de peso del fruto durante su almacenamiento.

El mismo resultado manifiestan Catillo *et al.* 2018 en su estudio de evaluación de efecto de recubrimientos de almidón modificado de yuca, proteína aislada de soya y aceite esencial de orégano aplicados a la papaya mostrando que el tratamiento que mejor conserva el peso es el elaborado a base de 2% de proteína aislada de soya, lo anterior, se puede deber, a las interacciones específicas del aceite con el almidón, las cuales, quizás, no fueron lo suficientemente fuertes para interferir en la barrera a vapor de agua de este material, debido a su carácter hidrofílico; comportamiento contrario a la proteína de soya, que es afílica, característica que le permitió unirse mejor al aceite e interferir en la barrera a vapor de agua.

Según Trujillo (2014) las películas de almidón presentan buenas propiedades de permeabilidad a los gases (CO_2 y O_2); sin embargo, la propiedad de permeabilidad al vapor de agua es alta, esto se debe al carácter hidrofílico que tienen estas películas una estrategia consiste en utilizar un agente lipídico, el cual, por su

estructura molecular, actúa favorablemente en la disminución del carácter hidrofílico final de la película.

Bertuzzi *et al.* 2007, encontraron que el proceso de absorción de vapor es de tipo exotérmico y que el transporte de vapor de agua se facilita en ambientes con humedad relativa superiores al 50%. Por lo tanto, se podría decir que los factores que posiblemente están haciendo variar la efectividad del almidón de yuca en la conservación del peso podría ser por un control inadecuado de la temperatura y la humedad relativa en el entorno de almacenamiento, una elevada temperatura aumenta la velocidad de respiración generando aumento en la producción del gas etileno, lo que conlleva a modificaciones en las propiedades organolépticas de las frutas y hortalizas debidas a un proceso de maduración acelerado (León 2008).

La aplicación del almidón como recubrimiento comestible requiere principalmente la transformación de la estructura semicristalina en una matriz homogénea amorfa, de esta forma se obtiene un material manejable que permita el moldeo de una película o recubrimiento (*Dias et al.* 2010). Las desventajas de los almidones nativos pueden superarse mediante transformaciones fisicoquímicas que permitan obtener un material más atractivo y versátil para la industria.

El almidón nativo posee un alto nivel de retrogradación, es propenso a la descomposición térmica y presenta alto grado de dilución en presencia de agua debido a su carácter hidrofílico (*Vieira et al.* 2011), por esta razón, en algunas ocasiones, la aplicación industrial del almidón requiere que su estructura sea previamente modificada con el fin de potencializar su función o hacerlo compatible con otros compuestos (*Shrestha y Halley* 2014).

El proceso de modificación enzimática permite disminuir el tamaño de las moléculas del almidón, lo que tiene un impacto directo en la viscosidad de las emulsiones y genera pastas traslucidas, estables a cambios térmicos o de pH y de alta consistencia (*Enríquez et al.* 2013). Durante la hidrólisis los enlaces glucosídicos se rompen generando cadenas más cortas y recombinación de los

grupos hidroxilos. Entonces se podría decir que un almidón modificado de yuca puede tener mayor impacto en la conservación del peso de sauco.

Al analizar la naturaleza y propiedades de estas dos macromoléculas (proteína de soya y almidón de yuca) y su interacción con el componente lipídico de los recubrimientos puede explicarse por qué el recubrimiento de proteína presentó la mejor opción para disminuir la pérdida de peso. La proteína de soya debido a su carácter anfifílico y emulgente produjo una película más resistente a la difusión del agua originando una mejor barrera de protección evitando así la deshidratación. En los recubrimientos que contenían proteína se observa que la pérdida de peso es mayor cuando las fresas no se almacenan en temperaturas de refrigeración, ya que en esta temperatura se logra disminuir los procesos metabólicos y de respiración. (Saavedra y Algecira 2010).

Según los resultados obtenidos se podría concluir que probablemente el almidón de yuca debido a su carácter hidrofílico a mayor concentración mayor porcentaje de pérdida de peso (%PP), es decir el recubrimiento a base de almidón de yuca no es favorable para reducir la pérdida de peso en frutos de sauco.

4.3 Evaluación Sensorial

4.3.1 Análisis de varianza (ANOVA) para el color del sauco recubierto con diferentes concentraciones de proteína de soya y almidón de yuca.

En Tabla 21, se observa los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para el color del sauco recubierto con diferentes concentraciones de proteína de soya y almidón de yuca almacenados durante 10 días a temperatura ambiente, los cuales indican que existe significación estadística para las muestras con respecto a su color, 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 color de uno o más muestras de sauco.

Tabla 21. Análisis de varianza (ANOVA) para el color del sauco recubierto con diferentes concentraciones de proteína de soya y almidón de yuca.

| Fuente de variación | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrado medio | F calculado | P - valor |
|---------------------|-------------------|--------------------|----------------|-------------|-----------|
| Tratamientos | 6.943 | 8 | 0.86787 | 17.56 | 0.000 |
| Error | 12.900 | 261 | 0.04943 | | |
| Total | 19.843 | 269 | | | |

CV = 13.15 %

Al realizar la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad (Tabla 22 y Figura 12) para el color de las muestras de sauco recubiertas con proteína de soya y almidón de yuca, se observa que la muestra de sauco recubiertas con el T7 (1.5 % de proteína de soya más 0 % de almidón de yuca) obtuvo el mayor puntaje de aceptación (4.17), siendo este resultado estadísticamente superior al resto. Con las muestras recubiertas con los tratamientos T6 (1 % de proteína de soya y 1.5 % de almidón de yuca), T2 (0 % de proteína de soya y 1 % de almidón de yuca) y T1 (testigo) se obtuvieron puntajes de aceptación de 3.37, 3.27 y 3, respectivamente, los cuales son estadísticamente iguales. Con la muestra recubierta con el T8 (1.5 % de proteína de soya y 1 % de almidón de yuca), se obtuvo el menor puntaje (2.33).

Tabla 22. Prueba de significación de Tukey al 5% de probabilidad, para el color del sauco recubierto con diferentes concentraciones de proteína de soya y almidón de yuca.

| Tratamientos | Puntaje | Prueba de Tukey 5 % | | | | |
|--------------|---------|---------------------|---|---|---|---|
| T7 | 4.17 | A | | | | |
| T6 | 3.37 | | B | | | |
| T2 | 3.27 | | B | C | | |
| T1 | 3.00 | | B | C | D | |
| T5 | 2.70 | | | C | D | E |
| T3 | 2.60 | | | | D | E |
| T9 | 2.53 | | | | D | E |
| T4 | 2.43 | | | | D | E |
| T8 | 2.33 | | | | | E |

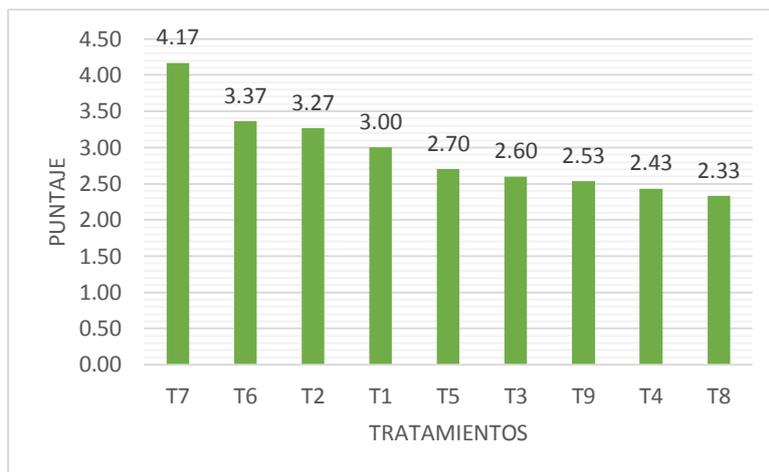


Figura 11. Puntaje obtenido para el color del sauco recubierto con diferentes concentraciones de proteína de soya y almidón de yuca.

Se puede deducir que las calificaciones otorgadas por los panelistas están asociadas al desorden fisiológico que afectaron al fruto durante el almacenamiento, el color es característico de cada fruto, sin embargo, un pardeamiento visible generado por acción enzimática al contacto directo con oxígeno, se asocia con baja calidad del producto.

Según (Giovannoni 2004; Seymour *et al.* 2013; Dos Santos *et al.* 2015) la modificación del color se da a través de la alteración en el contenido de clorofilas, carotenoides y la acumulación de los flavonoides. Los pigmentos son esenciales para que los frutos sean atractivos, se acumulan comúnmente en la cutícula durante el proceso de maduración, aunque muchos frutos climatéricos también acumulan pigmentos en el tejido de la pulpa durante la maduración postcosecha, a diferencia de los frutos no climatéricos (Bouzayen *et al.* 2010). Los pigmentos más importantes son los carotenoides y las antocianinas (Bartley y Scolnik, 1995). Los cambios de temperatura también juegan un papel importante, se ha observado que ambientes con temperaturas bajas favorecen la acumulación de antocianinas, mientras que climas cálidos disminuyen la síntesis de estos compuestos (Leng *et al.* 2000; Li *et al.* 2004; Mori *et al.* 2005).

Según los resultados obtenidos, se concluye que la muestra de sauco con mayor preferencia para los panelistas semientrenados, respecto a su color fue el tratamiento T7 (1.5 % de proteína de soya y 0 % de almidón de yuca) que evaluaron la aceptabilidad para el atributo color del fruto del sauco.

4.3.2 Análisis de varianza (ANOVA) para el olor del saúco recubierto con diferentes concentraciones de proteína de soya y almidón de yuca.

En la Tabla 23, se observa los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para el olor del saúco recubierto con diferentes concentraciones de proteína de soya y almidón de yuca almacenados durante 10 días a temperatura ambiente, 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 saúco.

Tabla 23. Análisis de varianza (ANOVA) para el olor del saúco recubierto con diferentes concentraciones de proteína de soya y almidón de yuca.

| Fuente de variación | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrado medio | F calculado | P - valor |
|---------------------|-------------------|--------------------|----------------|-------------|-----------|
| Tratamientos | 6.963 | 8 | 0.87032 | 16.33 ** | 0.0000 |
| Error | 13.914 | 261 | 0.05331 | | |
| Total | 20.877 | 269 | | | |

CV = 14.44 %

Al realizar la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad (Tabla 24 y Figura 12) para el olor de las muestras de saúco recubiertas con proteína de soya y almidón de yuca, se observa que las muestras de saúco recubiertas con el T7 y T6 obtuvieron los mayores puntajes de aceptación (3.70 y 3.37, respectivamente), estos resultados son significativamente diferentes y superior al resto. Con las muestras recubiertas con los tratamientos T1 (testigo), T2 (0 % de proteína de soya y 1 % de almidón de yuca), T5 (1 % de proteína de soya y 1 % de almidón de yuca), T8 (1.5 % de proteína de soya y 1 % de almidón de yuca), T3 (0 % de proteína de soya y 1.5 % de almidón de yuca) y T4 (1 % de proteína de soya y 0 % de almidón de yuca) se obtuvo puntajes de aceptación de 2.70, 2.67, 2.50, 2.33, 2.20 y 2.13, respectivamente, los cuales son estadísticamente iguales. Con la muestra recubierta con el T9 (1.5 % de proteína de soya y 1.5 % de almidón de yuca), se obtuvo el menor puntaje (2.10).

Tabla 24. Prueba de significación de Tukey al 5% de probabilidad, para el olor del saúco recubierto con diferentes concentraciones de proteína de soya y almidón de yuca.

| Muestras | Puntaje | Significación al 5% | |
|----------|---------|---------------------|---|
| T7 | 3.70 | A | |
| T6 | 3.37 | A | |
| T1 | 2.70 | B | |
| T2 | 2.67 | B | C |
| T5 | 2.50 | B | C |
| T8 | 2.33 | B | C |
| T3 | 2.20 | B | C |
| T4 | 2.13 | B | C |
| T9 | 2.10 | | C |

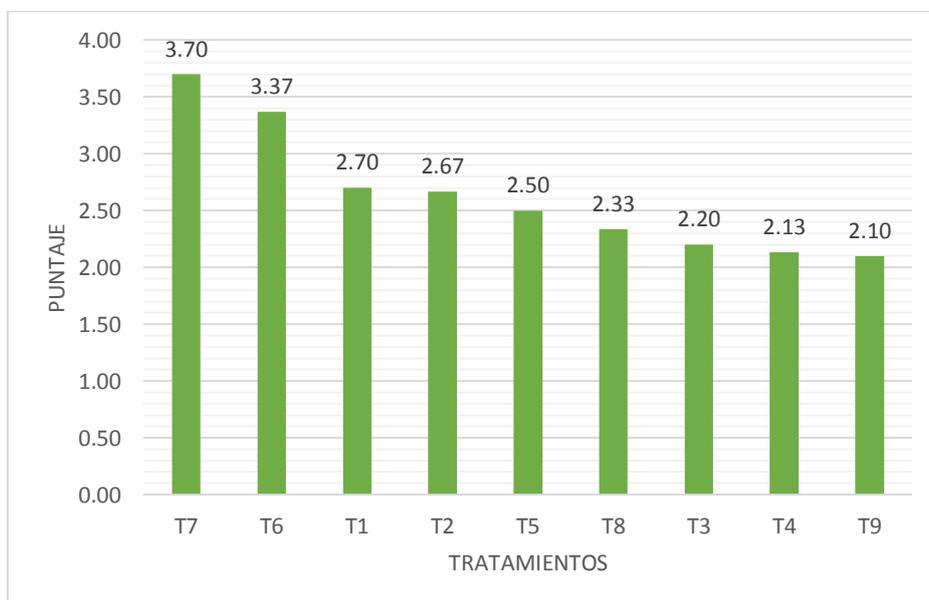


Figura 12. Puntaje obtenido para el olor del saúco recubierto con diferentes concentraciones de proteína de soya y almidón de yuca.

Según Bouzayen *et al.* 2010 indica que el aroma es una mezcla compleja de un amplio rango de compuestos. Los compuestos volátiles del aroma contribuyen decisivamente a la calidad sensorial de los frutos. Las clases más importantes de compuestos que confieren olor son los monoterpenos, sesquiterpenos y compuestos derivados de lípidos, azúcares y aminoácidos, por lo que un desorden fisiológico de estos compuestos conlleva a que los frutos de las muestras hayan adquirido un olor agradable o desagradable frente a los panelistas semientrenados y por ende estos hayan calificado con mayor o menor puntaje.

Según los resultados obtenidos, se concluye que la muestra de saúco con mayor preferencia para los panelistas semientrenados respecto a su olor, fueron las muestras recubiertas con el T7 (1.5 % de proteína de soya y 0 % de almidón de yuca) y T6 (1 % de proteína de soya y 1.5 % de almidón de yuca) que evaluaron la aceptabilidad para el atributo olor del fruto del saúco.

4.3.3 Análisis de varianza (ANOVA) para la textura del saúco recubierto con diferentes concentraciones de proteína de soya y almidón de yuca.

En la Tabla 25, se observa los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para la textura del saúco recubierto con diferentes concentraciones de proteína de soya y almidón de yuca almacenados durante 10 días a temperatura ambiente, los cuales indican que existe significación estadística para las muestras con respecto a su 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 saúco.

Tabla 25. Análisis de varianza (ANOVA) para la textura del saúco recubierto con diferentes concentraciones de proteína de soya y almidón de yuca.

| Fuente de variación | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrado medio | F calculado | P - valor |
|---------------------|-------------------|--------------------|----------------|-------------|-----------|
| Tratamientos | 5.841 | 8 | 0.73009 | 11.85 ** | 0.0000 |
| Error | 16.083 | 261 | 0.06162 | | |
| Total | 21.924 | 269 | | | |

CV = 15.30 %

Al realizar la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad (Tabla 26 y Figura 13) para la textura de las muestras de saúco recubiertas con proteína de soya y almidón de yuca, se observa que la muestra recubiertas con el T7 (1.5 % de proteína de soya y 0 % de almidón de yuca) y el T6 (1 % de proteína de soya y 1.5 % de almidón de yuca) obtuvieron un puntaje de aceptación de 3.50 y 3.33, respectivamente, siendo estos resultados significativamente diferentes y superior al resto. Con las muestras recubiertas con los tratamientos T2 (0 % de proteína de soya y 1 % de almidón de yuca) y T1 (testigo), se obtuvieron puntajes de 3.27 y 2.67, respectivamente, estos resultados son estadísticamente iguales.

Con la muestra recubierta con el T8 (1.5 % de proteína de soya y 1 % de almidón de yuca), se obtuvo 2.20 siendo este resultado el puntaje menor.

Tabla 26. Prueba de significación de Tukey al 5% de probabilidad, para la textura del saúco recubierto con diferentes concentraciones de proteína de soya y almidón de yuca.

| Muestras | Puntaje | Significación al 5% | | |
|----------|---------|---------------------|---|---|
| T7 | 3.50 | A | | |
| T6 | 3.33 | A | | |
| T2 | 3.27 | A | B | |
| T1 | 2.67 | | B | C |
| T5 | 2.47 | | | C |
| T3 | 2.40 | | | C |
| T4 | 2.37 | | | C |
| T9 | 2.23 | | | C |
| T8 | 2.20 | | | C |

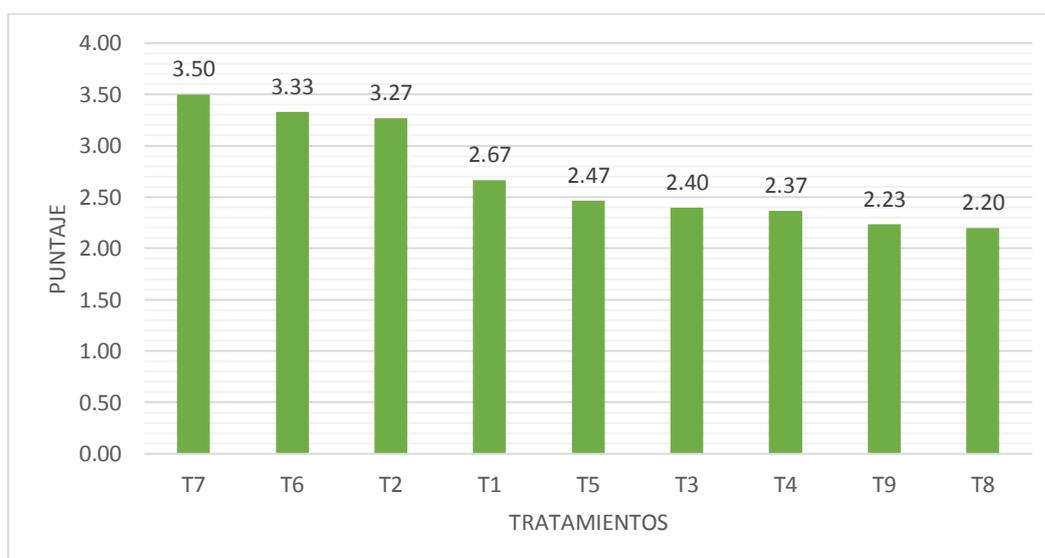


Figura 13. Puntaje obtenido para la textura del saúco recubierto con diferentes concentraciones de proteína de soya y almidón de yuca.

Ruíz 2005, indica que la textura está relacionada con la estructura física del tejido y su estabilidad al tacto, un tejido muy blando podría significar daños mecánicos, así como un tejido excesivamente rígido indicaría pérdida de jugosidad. La migración de vapor de agua entre el alimento y los alrededores determinará las características de fibrosidad del tejido vegetal incidiendo sobre la textura esperada.

Se puede deducir que las calificaciones otorgadas por los panelistas están asociadas al desorden fisiológico que afectaron al fruto durante el almacenamiento, según Giovannoni 2004; Seymour *et al.* 2013; Dos Santos *et al.* 2015) indican que la modificación de la textura se da vía alteración del turgor celular y de la estructura de la pared celular y por el metabolismo.

Bapat *et al.* 2010 indica que uno de los principales factores asociado con el deterioro postcosecha de los frutos es la velocidad de ablandamiento, que provoca una vida de anaquel más corta, reduciendo los tiempos de transporte y distribución y aumenta las pérdidas postcosecha. El ablandamiento de los frutos es causado por el efecto acumulativo de una serie de modificaciones que ocurren en las redes de polímeros que constituyen la pared celular primaria. El ablandamiento del fruto es un proceso complejo que involucra la relajación de la pared celular mediada por expansinas, despolimerización de hemicelulosas y despolimerización de poliuronidos por la poligalacturonasa u otras enzimas hidrolíticas (Brummell *et al.* 1999; Payasi *et al.* 2009); lo cual contribuye a una pérdida de firmeza y cambios en calidad de la textura (Brummell y Harpster 2001).

Según los resultados obtenidos, se concluye que las muestra con mayores preferencias para los panelistas semientrenado respecto a su textura, fueron aquellas que recubrieron con el T7 (1.5 % de proteína de soya y 0 % de almidón de yuca) y con el T6 (1 % de proteína de soya y 1.5 % de almidón de yuca) que evaluaron la aceptabilidad para el atributo de textura del fruto del saúco.

4.3.4 Análisis de varianza (ANOVA) para el sabor del saúco recubierto con diferentes concentraciones de proteína de soya y almidón de yuca.

En la Tabla 27, se observa los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para el sabor del saúco recubierto con diferentes concentraciones de proteína de soya y almidón de yuca almacenados durante 10 días a temperatura ambiente, los cuales indican que existe significación estadística para las muestras con respecto a su sabor, 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 sabor de uno o más muestras de saúco.

Tabla 27. Análisis de varianza (ANOVA) para el sabor del saúco recubierto con diferentes concentraciones de proteína de soya y almidón de yuca.

| Fuente de variación | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrado medio | F calculado | P - valor |
|---------------------|-------------------|--------------------|----------------|-------------|-----------|
| Tratamientos | 10.50 | 8 | 1.3130 | 18.31 | 0.0000 |
| Error | 18.71 | 261 | 0.0717 | | |
| Total | 29.22 | 269 | | | |

CV = 17.41 %

Al realizar la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad (Tabla 28 y Figura 14) para el sabor de las muestras de saúco recubiertas con proteína de soya y almidón de yuca almacenados durante 10 días a temperatura ambiente, se observa que la muestra de saúco recubiertas con el T7 (1.5 % de proteína de soya y 0 % de almidón de yuca) y el T6 (1 % de proteína de soya y 1.5 % de almidón de yuca) obtuvieron un puntaje de aceptación de 3.80 y 3.37, respectivamente, siendo estos resultados significativamente diferentes y superiores al resto. Con las muestras recubiertas con los tratamientos T2 (0 % de proteína de soya y 1 % de almidón de yuca), T1 (testigo), T8 (1.5 % de proteína de soya y 1 % de almidón de yuca), T5 (1 % de proteína de soya y 1 % de almidón de yuca) y T3 (0 % de proteína de soya y 1.5 % de almidón de yuca) se obtuvieron puntajes de 2.67, 2.40, 2.07, 2.07 y 2.03, respectivamente, siendo estos estadísticamente iguales. Con la muestra recubierta con el T9 (1.5 % de proteína de soya y 1.5 % de almidón de yuca), se obtuvo el menor puntaje (1.90).

Tabla 28. Prueba de significación de Tukey al 5% de probabilidad, para el sabor del sauco recubierto con diferentes concentraciones de proteína de soya y almidón de yuca.

| Muestras | Puntaje | Significación al 5 % |
|----------|---------|----------------------|
| T7 | 3.80 | A |
| T6 | 3.37 | A |
| T2 | 2.67 | B |
| T1 | 2.40 | B C |
| T8 | 2.07 | B C |
| T5 | 2.07 | B C |
| T3 | 2.03 | B C |
| T4 | 1.97 | C |
| T9 | 1.90 | C |

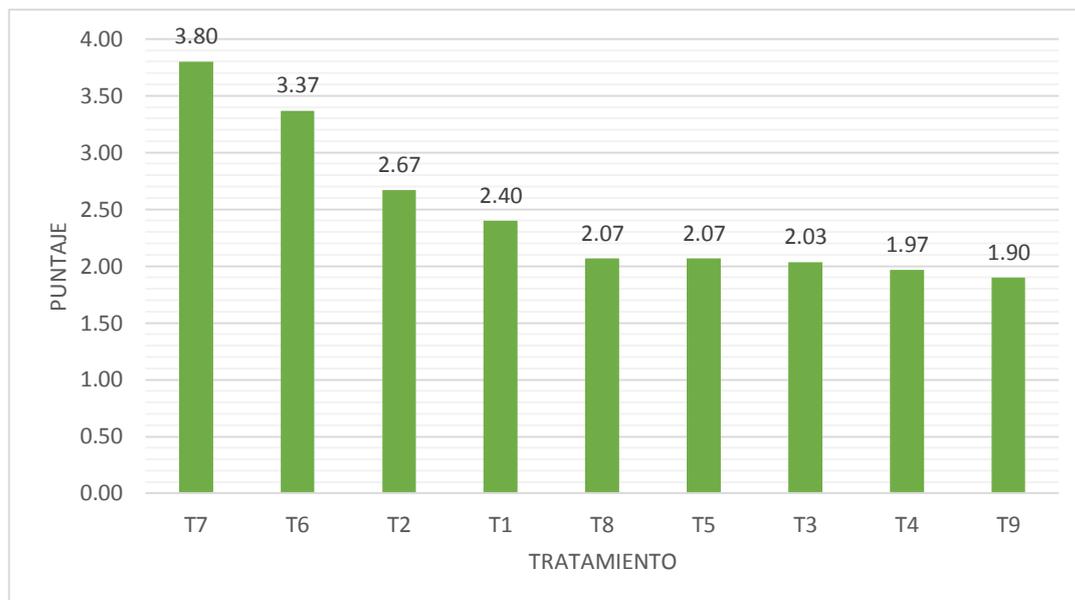


Figura 14. Puntaje obtenido para el sabor del saucón recubierto con diferentes concentraciones de proteína de soya y almidón de yuca.

Se puede deducir que las calificaciones otorgadas por los panelistas están asociadas al desorden fisiológico que afectaron al fruto durante el almacenamiento el sabor, se ve influenciado por diversos factores, como la concentración de azúcares, nivel de acidez y el desarrollo de compuestos aromáticos.

según (Giovannoni 2004; Seymour *et al.* 2013; Dos Santos *et al.* 2015) indica que la modificación de azúcares, ácidos orgánicos y compuestos volátiles afectan la calidad nutricional, el sabor y el aroma del fruto. Estos factores que influyen en la aceptación o rechazo del fruto por parte del consumidor.

A partir de los resultados obtenidos, se concluye que la muestra con mayor preferencia para los panelistas semientrenados respecto a su sabor fueron aquellas recubiertas con el T7 (1.5 % de proteína de soya y 0 % de almidón de yuca) y con el T6 (1 % de proteína de soya y 1.5 % de almidón de yuca) que evaluaron la aceptabilidad para el atributo sabor del fruto del saucón.

4.4 Evaluación microbiológica

En Tabla 29, se observa los resultados del análisis microbiológico realizado a la muestra de saucón recubiertos con el T7 (1.5 % de proteína de soya y 0 % de almidón de yuca), muestra que tuvo mayor aceptabilidad en la evaluación

sensorial, el análisis se realizó a los 10 días post tratamiento (aplicación de los recubrimientos) almacenado a temperatura ambiente, los resultados obtenidos muestran ausencia de agentes microbianos según se encuentran establecidos por el MINSA (2008) para frutas y hortalizas frescas semiprocesadas.

Tabla 29. Análisis microbiológico del tratamiento T7(1.5 % de proteína de soya y 0 % de almidón de yuca).

| CULTIVOS REALIZADOS | RESULTADO |
|---|-----------|
| Numeración de Coliformes Totales: Ufc/g | Ausente |
| Salmonella sp. /25 g | Ausente |
| Numeración de Hongos y levaduras | Ausente |

Los aceites esenciales han mostrado una actividad fungicida contra patógenos postcosecha en un amplio intervalo de hongos (Daferera *et al.* 2000) y a la vez su actividad bactericida también ha sido reportada, esta actividad podría estar relacionada a la respectiva composición de aceites volátiles de cada planta, a la configuración estructural de los componentes constituyentes de los aceites, a sus grupos funcionales y a posibles interacciones sinérgicas entre sus componentes (Dorman y Deans 2000). La hidrofobicidad de los aceites esenciales les permite incorporarse a los lípidos de la membrana bacteriana, ocasionando trastornos en su estructura y permeabilidad, dando lugar a la fuga de iones y otros compuestos (Bosquez *et al.* 2009).

En estudios realizados por Ponce *et al.* (2008), se demostró el efecto inhibitorio de cubiertas comestibles con quitosano y romero (*Rosmarinus officinalis L.*) al 1%, sobre el crecimiento de *L. monocytogenes* en la superficie de calabazas (*Cucurbita moschata Dutch*). Asimismo, este recubrimiento logró inhibir 5 mm más el halo de crecimiento de esta bacteria en comparación con el resto de otras cubiertas probadas como fueron las combinaciones de quitosano y olivo (*Olea europea L*) y quitosano y chile (*Capsicum annum L.*)

Se concluiría diciendo que posiblemente la adición del aceite esencial de romero en la elaboración de los recubrimientos comestibles tuvo un efecto benéfico ya que no se encontró agentes microbianos en las muestras analizadas.

Según nuestros resultados, se evidenciaron que los recubrimientos elaborados a base de proteína de soya con almidón de yuca conservan la calidad fisicoquímica y organoléptica del saúco (*Sambucus peruviana* H.B.K.) por lo tanto, se acepta la Hipótesis planteada en este trabajo de investigación.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Los resultados del análisis fisicoquímico indicaron que la aplicación del tratamiento T7 (1.5 % proteína de soya y 0% almidón de yuca) almacenados a temperatura ambiente durante 10 días es el que mantiene las características fisicoquímicas como son los sólidos solubles (°Brix), pH y conservación del peso del sauco.
- El análisis sensorial realizado indicó que la aplicación de los recubrimientos comestibles mejoró la percepción de los atributos evaluados (color, olor, textura y sabor) por los jueces, teniendo mayor aceptabilidad las muestras de saúco recubiertas con el tratamiento T7 (1.5 % proteína de soya y 0 % almidón de yuca), por lo que se concluye que este tratamiento mantuvo su calidad organoléptica.
- El análisis microbiológico se realizó a la muestra que obtuvo mayor aceptabilidad en la evaluación sensorial T7 (1.5 % proteína de soya y 0 % almidón de yuca), obteniendo como resultado ausencia de coliformes totales, salmonella, hongos y levaduras, producto que estaría apto para el consumo.

5.2 RECOMENDACIONES

La investigación realizada permite hacer las siguientes recomendaciones, debido a que según el análisis realizado de los resultados aún hay aspectos que son necesarios investigar.

- Estudiar sus propiedades reológicas de las soluciones de los recubrimientos comestibles antes de su aplicación en frutos.
- Realizar esta investigación a diferentes temperaturas de refrigeración para determinar si influye favorablemente en las características fisicoquímicas y características organolépticas de las frutas.
- Mejorar los recubrimientos comestibles con la adición o incremento de sustancias (plastificante, lípidos, emulsificantes) que permitan regular su cohesión, permeabilidad, control de microorganismos y su posible consecuencia negativa sobre las preferencias del consumidor.
- Aplicar recubrimientos a base de proteína de soya y almidón de yuca en diferentes variedades de frutos para evaluar su respectivo efecto sobre ellos.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ammayappan, L; Jeyakodi-Moses, J. 2009. Study of antimicrobial activity of Aloe vera, chitosan, and curcumin on cotton, wool, and rabbit hair. *Fiber and Polymers* 10 (2):161-166 pg.
- Andrade, J; Acosta, DL; Bucheli MA; Osorio O. 2014. Desarrollo de un recubrimiento comestible compuesto para la conservación del tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* S.). *Información tecnológica (Chile)*. 25(6):57-66 pg.
- Arana, A. 1984. Estudio morfológico y análisis bromatológico de diez especies de frutales nativos. Tesis Ing. Forestal. Cajamarca, Perú. Universidad Nacional de Cajamarca. 48 pg.
- Avena, RJ; Krochta, JM; Salveit, ME; Rojas, RJ; Saucedo, JA. 1994. Optimization of edible coating formulations on zucchini to reduce water loss. *Journal Food Engineering* 21:197-214 pg.
- Ayala, F. 2003. *Taxonomía Vegetal. Gymnospermae y Angiospermae de la Amazonía Peruana*. Iquitos.
- Bakkali, F; Averbeck, S; Averbeck, D; Idaomar, M. 2008. Biological effects of essential oils- A review. *Food and Chemical Toxicology* 46:446-475 pg.
- Bapat, VA; Trivedi, PK; Ghosh, A; Sane, VA; Ganapathi, T; Nath, P. 2010. Ripening of fleshy fruit: molecular insight and the role of ethylene. *Biotechnol. Adv.* 28(1):94-107 pg.
- Barco, PL; Burbano, AC; Mosquera, SA; Villada, HS; Navia, DP. 2011. Efecto del recubrimiento a base de almidón de yuca modificado sobre la maduración del tomate. *Lasallista de Investigación*. 8(2): 96 -103 pg.
- Bartley, GE; Scolnik, PA. 1995. Plant carotenoids: pigments for photoprotection, visual attraction, and human health. *The Plant. Cell*. 7(7):1027-1038 pg.

- Bermúdez, S; Rozo, P. 2003. Preparación de películas para alimentos a partir de concentrados proteicos de haba (*Vicia faba*). Revista colombiana de química. 32, 1.
- Bertuzzi, M. A., Castro Vidaurre, E. F., Armada, M., & Gottifredi, J. C. (2007). Water vapor permeability of edible starch-based films. Journal of Food Engineering, 80(3), 972–978 pg. Consultado diciembre 2019. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0260877406005632?via%3Dihub>
- Bósquez, E. 2003. 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 latifolia Tanaka*). Tesis de doctorado. Universidad Autónoma Metropolitana campus Iztapalapa. México.
- Bósquez, E. 2008. Desarrollo de recubrimientos comestibles formulados con goma de mezquite y cera de candelilla para la conservación de frutas. Rev. Mundo alimentario edición julio - agosto 2008. 28-31 pg.
- Bosquez–Molina, E; Bautista–Baños, S; Morales–López J. 2009. Aceites esenciales: bioconservadores con alto potencial en la industria alimentaria. Industria Alimentaria 31:12–24 pg.
- Bouzayen, M; Latché, A; Nath, P; Pech, JC. 2010. Mechanism of fruit ripening. In: plant developmental biology-biotechnological perspectives. Pua, EC y Davey, MR (Eds.). Springer-Verlag. Berlin, Germany. Vol. 1. 319-339 pg.
- Brako, L y Zarucchi, J. 1993. Catálogo de los Angiospermas y Gymnospermas del Perú.
- Brummell, DA; Harpster, MH. 2001. Cell wall metabolism in fruit softening and quality and its manipulation in transgenic plants. In: plant cell walls. Carpita, NC; Campbell, M; Tierney, M. (Eds.). 1a ed. Springer Science. Netherlands. 311-340 pg.

- Brummell, DA; Harpster, MH; Civello, PM; Palys, JM; Bennett, AB; Dunsmuir, P. 1999. Modification of expansin protein abundance in tomato fruit alters softening and cell wall polymer metabolism during ripening. *The Plant Cell*. 11(11):2203-2216 pg.
- Cahuana, J. 1991. Elaboración de una bebida alcohólica a partir de Sauco (*Sambucus peruviana H.B.K.*). Tesis Ing. Alimentario. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 171 pg.
- Campos, C; Gerschenson, LN; Flores, S. 2011. Development of Edible Films and coatings with Antimicrobial Activity. *Food Bioprocess Technol.* 4:849–875 pg.
- Castañeda, A; Galán, A, Pacheco, M; Rodríguez, J; Páez, M. 2009. Evaluación del contenido de metales y su efecto en la estabilidad de antocianinas. *Journal of Food*.
- Castillo, DA; Salazar, K; Mosquera, SA; Rengifo, E. 2018. Efecto de Recubrimientos de Almidón Modificado de Yuca, Proteína Aislada de Soya y Aceite Esencial de Orégano Aplicados a la Papaya. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*. 21 (1): 71 – 80pg.
- Castro, M; Rivadeneira, C; Santacruz, S. 2016. Recubrimientos comestibles a base de almidón de yuca, ácido salicílico y aceites esenciales. para la conservación de mango cortado. *Revista de la Universidad del Zulia 3a época Ciencias Exactas, Naturales y de la Salud*. 7(18): 55 – 68 pg.
- Centro IDEAS. 2002. Propagación y Bondades del Sauco. Perú – Cajamarca Edición 1,000 ejemplares. 6 pg.
- Cha, DS, Chinnan, MS. 2004. Bipolymer-based antimicrobial packaging: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 44: 223-237pg.
- Cheftel, JC. 1980. Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos. España.
- Cuq, B; Gontard, N; Guilbert, S. 1998. Proteins as agricultural polymers for packaging production. *Cereal chemistry*. 75(1):1-9 pg.

- Cutter, CN; Sumner, SS. 2002. Aplicación de recubrimientos comestibles en alimentos musculares.
- Daferera D; Ziogas B; Polissiou M. 2000. GC–MS analysis of essential oils from some Greek aromatic plants and their fungitoxicity on *Penicillium digitatum*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48:2576–2581 pg.
- Debeaufort, F; Quezada-Gallo, JA; Voilley, A. 1998. Edible Films and Coatings: Tomorrow's Packagings: A Review. *Critical Rev. Food Sci.* 38(4):299-313pg.
- Donhowe, IG; Fennema, O. (1994). Películas y revestimientos comestibles: características.
- Dorman, H y Deans, S. 2000. Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. *Journal of Applied Microbiology* 88:308–316 pg.
- Dos Santos, RS; Arge, LWP; Costa, SI; Machado, ND; de Mello- Farias, PC; Rombaldi, CV; de Oliveira, AC. 2015. Genetic regulation and the impact of omics in fruit ripening. *Plant Omics.* 8(2):78-88 pg.
- Echeverria, G; Graell, J; López, L; Lara, I. 2008. Distribución/alimentación: La calidad organoléptica de la fruta. *Horticultura Internacional.*61(1). 26 – 36 pg.
- Falguera, V; Quintero P; Jiménez A; Muñoz Ja; Ibarz A. 2011. Edible films and coatings: Structures, active function and trends in their use. *Trends in Food Science & Technology* 22: 292-303 pg.
- Famá, L; Flores, S; Rojas, AM; Goyanes, S; Gerschenson, L. 2004. Comportamiento mecánico dinámico de películas comestibles a bajas temperaturas: Influencia del contenido de sorbato y grado de acidez. *Revista SAM* 1(1):157-162 pg.
- Ferreira da Mota, W; Chamhum-Salomão, LC; Cecon, RP; Finger, FL. 2003. Waxes and plastic film in relation to the shelf life of yellow passion fruit. *Scientia Agricola.* Jan-Feb: 60(1): 51-57 pg.

- Figuroa, JA; Jairo G; Salcedo, JG; Narváez, GJ. 2013. Efecto del recubrimiento comestible a base de almidón nativo y oxidado de yuca sobre la calidad de mango (*Tommy Atkins*). *Temas Agrario*. 18 (2): 94 – 105 pg.
- Galindo, M. 2003. Dendrología y propagación vegetativa de Sauco (*Sambucus peruviana H.B.K*) con muestras tomadas a tres niveles de la rama. Tesis Ing. Forestal, Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina. 99 pg.
- García, C; Zafrilla, P; Romero, F; Abellán, P; Artés, F; Tomás-Barberán, FA. 1999. Color stability of strawberry jam is affected by cultivar and storage temperature. *J Food Sci. Mar*: 64 (2): 243-247 pg.
- García, M; Martino, M; Zaritzky, N. 2000. Lipid addition to improve barrier properties of edible starchbased films and coatings. *Journal of Food Science* 65:941- 947 pg.
- García, MA; Martino, MN; Zaritzky, NE. 2000. Lipid addition to improve barrier properties of edible starch-based films and coatings. *J. Food Sci.* 65: 941-947pg.
- Gennadios, A y Weller, CL.1990. Edible Films and Coatings from Wheat and Corn Proteins. *Food Technol.* 44:63-67 pg.
- Gil - Albert, F. 1991. Tratado de arboricultura frutal. Madrid, España. Tomo III. Mundi- Prensa. 134 pg.
- Giovannoni, JJ. 2004. Genetic regulation of fruit development and ripening. *The plant cell.* 16(1). 170-180 pg.
- Gontard, N; Guilbert, S; Cuq, JL. Edible wheat gluten films: influence of the main processes variables on films properties using response surface methodology. *Journal of Food Science*, 1992. v.57, n.1, p. 190-195 pg.
- Grant, LA; Burns J. 1994. Aplicación de revestimientos. En: *Revestimientos y películas comestibles para mejorar la calidad de los alimentos*.
- Guilbert, S; Gontard, N; Gorris, LGM. 1996. Prolongation of the shelf-life of perishable food products using biodegradable films and coatings. *LWT- Food Science and Technology*, 29, 10-17pg.

- Hagenmaier, RD; Baker, RA. 1996. Edible Coatings from Candelilla Wax Microemulsions. *J. Food Sci.* 61:562-565pg.
- Hernández MS; Barrera, J; Melgarejo, LM. 2010. Fisiología postcosecha. En: Experimentos en fisiología vegetal. Ed. Universidad Nacional de Colombia (Colombia).167-186 pg.
- Hinostroza, C; Arizapana, P; Quispe, T. 1988. Estudio biométrico de las fibras leñosas de *Salix Humboldtiana Willd* y *Sambucus peruviana H.B.K.* del valle del Mantaro. Huancayo, Perú. 45 pg.
- Honorio, JL. 2018. Efecto de recubrimiento comestible con almidón de papa y yuca para preservar la calidad del mango (*Mangifera Indica L*). Tesis Ing. en industrias alimentarias, Cajamarca, Perú, Universidad Nacional de Cajamarca. 101 pg.
- Horneffer, V; Foster, TJ y Velikov, KP. 2007. Fast characterization of industrial soy protein isolates by direct analysis with matrix-assisted laser desorption ionization time-of-flight mass spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55 (26):10505–10508 pg.
- IDMA (Instituto de Desarrollo y Medio Ambiente). 2000. El saúco y sus bondades. Abancay, Perú. Programa de Desarrollo Rural Sostenible.
- Kader, A. 2002. Post-harvest technology of horticultural crops. Oakland, University of California.
- Kester, J; Fennema, O. 1989. Resistance of lipid films to water vapor transmission. *Journal of the American oil Chemists' Society* 66(8):1139-1146 pg.
- Kester, JJ. y Fennema, OR. 1986. Edible Films and Coatings. A Review. *Food Technol.* 40: 47-59 pg.
- Kim, KM; Marx, DB; Weller, CL; Hanna, MA.2003. Influence of sorghum wax, glycerin and sorbitol on physical properties of soy protein isolate films. *Journal of the American oil chemists' society.* 80(1): 71-76 pg.
- Koelsch, C. 1994. Edible water vapour barriers properties and promise. *Trends in Food Science and Technology* 51:76-81pg.

- L'hocine, L; Boye JI; Arcand, Y. 2006. Composition and functional properties of soy protein isolates prepared using alternative defatting and extraction procedures. *Journal of Food Science* 71 (3): 137–C145 pg.
- Leng, P; Itamura, H; Yamamura, H; Deng, XM. 2000. Anthocyanin accumulation in apple and peach shoots during cold acclimation. *Sci. Hortic.* 83(1):43-50 pg.
- León, C. 2008. Recubrimientos comestibles a base de almidón con potencial aplicación en conservación de frutas. Monografía. Universidad nacional abierta y a distancia.
- Lovera, JC. 2007. Análisis comparativo de las propiedades físicas y químicas del fruto de sauco (*Sambucus peruviana* H.B.K.) evaluadas en dos rangos altitudinales en la parte alta de la cuenca del río Llaucano Cajamarca - Perú. [Tesis de pregrado]. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima.
- Martin-Belloso, O; Soliva-Fortuny, R; Baldwin, A. 2005. Conservación mediante recubrimientos comestibles. In: Nuevas tecnologías de conservación de productos vegetales frescos cortados. González-Aguilar, G; Gardea, A.; Cuamea-Navarro, F. Editores. Centro de Investigaciones en Alimentación y Desarrollo A.C. Hermosillo, Sonora, México. 558 pg.
- Martínez-González, ME; Balois-Morales, R; Alia-Tejacal, I; Cortes-Cruz, MA; Palomino-Hermosillo, YA; López-Gúzman, GG. 2017. Poscosecha de frutos: maduración y cambios bioquímicos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, núm. 19, noviembre-diciembre, 2017. 4075-4087 pg.
- Matissek, R; Schnepel, F; Steiner, G. 1992. Análisis de los alimentos (Fundamentos Métodos - Aplicación). Zaragoza, España. Acribia. 2 ed. 460 pg.
- Means, GE. y Feeney RE. 1998. Chemical modifications of proteins: a review. *Journal of Food Biochemistry* 22(5): 399 – 426 pg.
- MINSA. 2008. Norma Sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo

- humano. Diario Oficial de la República del Perú. Resolución Ministerial N° 591: Ministerio de Salud. Lima, 27 de agosto 2008. 20 pg.
- Miramont, S. 2012. Recubrimientos elaborados a partir de biopolímeros para el soporte de sustancias con actividad antimicrobiana: carvacrol y sorbatos. [Tesis de maestría en tecnología de alimentos]. UTN. BA Escuela de Post Grado. Buenos Aires 2007.
- Mori, K; Sugaya, S; Gemma, H. 2005. Decreased anthocyanin biosynthesis in grape berries grown under elevated night temperature condition. *Sci. Hortic.* 105(3):319-330 pg.
- Navarro, MLL. 2007. Efecto de la composición de recubrimientos comestibles a base de hidroxipropilmetilcelulosa y cera de abeja en la calidad de ciruelas, naranjas y mandarinas, tesis doctoral. Valencia. Universidad Politécnica de Valencia. 208pg.
- Nisperos CM. 1994. Edible coatings and films based on polysaccharides. Protein-based films and coatings. Eds.J.M Krochta; E.A.Baldwin , M.O. Technomic Publishing Co., Inc Lancaster, U.S.A., 305-335 pg.
- Olaya, C; Castaño, M; Garzón, G. 2009. Stability of anthocyanins from *Rubus glaucus* Benth and *Solanum betaceum* Cav. dark-red strain as affected by temperature, storage time and water activity. *Acta Biológica Colombiana*.
- Olivas, GI; Barbosa-Cánovas, GV. 2005. Edible coating for fresh-cut fruits. *Crit. Rev. Food Sci. Nutri.* 45: 657-670 pg.
- Oses, J. 2006. Desarrollo, caracterización y aplicaciones alimentarias de recubrimientos comestibles basados en proteínas de leche, almidón y goma de mezquite. Universidad Pública de Navarra.
- Owusu, A; Chemistry Postharvest 2005). *Introduction to Food Chemistry*. Primera Edición. Editorial CRC Press. United States of America.
- Park, HJ. 1999. Development of Advanced Edible Coatings for Fruits. *Trends Food Sci. Technol.* 10: 254-260 pg.

- Pastor, C. 2010. Recubrimientos comestibles a base de hidroxipropil metilcelulosa: caracterización y aplicación. Tesis doctoral. Departamento de Tecnología de Alimentos. Valencia, España. Universidad Politécnica de Valencia.
- Pastor, C; Vargas, M; González-Martínez, C. 2005. Recubrimientos comestibles: Aplicación a frutas y hortalizas. Revista Alimentación, Equipos y Tecnología 197(24):130-135 pg.
- Paucar, MJ. (2014). Influencia de la adición del sauco (*Sambucus peruviana l.*) en las características fisicoquímicas y organolépticas del yogurt natural. Tesis Ing. Agroindustrial, Huancavelica, Perú, Universidad Nacional De Huancavelica.
- Pauta, D. (2018). Recubrimientos Comestibles a Base de Almidón y Goma de Gelano para la Conservación Postcosecha de Manzana. Trabajo Fin de Máster Universitario en Ciencia e Ingeniería de los Alimentos. Valencia, España, Instituto de Ingeniería de Alimentos para el Desarrollo. Universidad Politécnica de Valencia. 2 pg.
- Payasi, A; Mishra, NN; Chaves, ALS; Singh, R. 2009. Biochemistry of fruit softening: an overview. *Physiol. Mol. Biol. Plants*. 15(2):103-113 pg.
- Pérez-Gago, M y Krochta, J. 2002. Drying temperature effect on water vapour permeability and mechanical properties of whey protein-lipid emulsion films. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 49:2308-2312 pg.
- PERÚ ACORDE 2000. Sauco "Estudio económico Productivo del Perú". Lima-Perú. Lamina 81-A.
- Piedrahita, AN; Villegas, CP. 2016. Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible en la conservación de las características sensoriales y tiempo de almacenamiento de la mora de castilla (*rubus glaucus benth.*) sin espinas postcosecha.
- Ponce A; Roura S; del Valle C; Moreira M. 2008. Antimicrobial and antioxidant activities of edible coatings enriched with natural plant extracts: *In vitro* and *in vivo* studies. *Postharvest Biology and Technology* 49:294–300 pg.

- Pretell, C; Ocaña, V; Jon, R; Barahona, Ch. 1985. Apuntes sobre algunas especies forestales nativas de la sierra peruana, FAO / Holanda / INFUR, Lima, Perú. 120 pg.
- Quintero, B. 2006. "Incorporación de la pediocina producida por *Pediococcus parvulus* MXVK133 en películas y recubrimientos comestibles. Tesis doctoral. División de ciencias biológicas y de la salud." Universidad Autónoma Metropolitana, unidad Iztapalapa, México.
- Quintero, C; Falguera, V; Muñoz, A. 2010. Películas y recubrimientos comestibles: Importancia y tendencias recientes en la cadena hortofrutícola. Revista Tumbaga 1(5):93-118 pg.
- Ramos-García, ML; Bautista-Baños, S; Barrera-Necha, L. 2010. Compuestos antimicrobianos adicionados en recubrimientos comestibles para uso en productos hortofrutícolas. Revista Mexicana de Fitopatología. 28 (1): 44 – 57 pg.
- Ramos-García, ML; Romero-Bastida, C; Bautista-Baños, S. 2018. Almidón modificado: Propiedades y usos como recubrimientos comestibles para la conservación de frutas y hortalizas frescas. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha.19 (1): 30 – 44 pg.
- 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.
- Reynel, C; León, J. 1990. Árboles y arbustos andinos para agroforestería y conservación de suelos. Lima, Perú. Ministerio de Agricultura 1 F AO. Tomo 1 y 11. 405 pg.
- Rhim, JW; Genanadios, A; Handa, A; Weller, CL; Hanna, MA.2000. Solubility, tensite, and color properties o modified soy protein isolate films. Journal of Agricultural and food chesmistry. 48(10): 4937-4941 pg.
- Rhim, JW; Genanadios, A; Handa, A; Weller, CL; Hanna, MA.2002. Sodium dodecyl sufate treatment improves properties of cast films from soy protein isolate. Industrial crops and products. 15(3): 199-205 pg.

- Ribeiro, C; Vicente, A; Teixeira, J; Miranda C. 2017. Optimization of edible coating composition to retard strawberry fruit senescence. *Postharvest Biology and Technology*. 44,63-70 pg.
- 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.
- Rosales, JL. 2015. Influencia de la temperatura y velocidad de aire en la cinética de degradación de las antocianinas del sauco (*Sambucus peruviana H.B.K.*) durante el secado por convección. Tesis Ing. En Industrias Alimentarias, Huancayo, Perú, Universidad Nacional del Centro del Perú. 2 pg.
- Ruiz, F. 2009. Aplicación de películas comestibles a base de quitosano y murcilago de nopal en fresa (*fragaria ananassa*) almacenada en refrigeración. Tesis profesional. Departamento de ingeniería química y alimentos. Universidad de las Américas Puebla.
- Ruiz, G. 2005. Polímeros Biodegradables a partir de almidón de yuca. Eafit, 15–22 pg. Consultado diciembre 2019. Disponible en https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/7364/Gladys_RuizAviles_2005.pdf?sequence=2
- Saavedra, N; Algecira, NA. 2010. Evaluación de películas comestibles de almidón de yuca y proteína aislada de soya en la conservación de fresas. NOVA - Publicación Científica en Ciencias Biomédicas - ISSN: 1794-2470. 8(14): 171 – 182 pg.
- Seymour, GB; Ostergaard, L; Chapman, NH; Knapp, S; Martin, C. 2013. Fruit development and ripening. *Ann. Rev. Plant Biol.* 64: 219-241 pg.
- Singh, P; Kumar, R; Sabapathy SN; Bawa, AS. 2008. Functional and edible uses of soy protein products. *Comprehensive reviews Food Science and Food Safety* 7: 14 – 28 pg.

- Tello, L. 1984. Aspectos silviculturales del *Sambucus peruviana* H.B.K (valle del Mantaro) (microficha). Tesis Ing. Forestal. Huancayo, Perú. Universidad Nacional del Centro del Perú. 97 pg.
- Tharanathan, RN. 2003. Películas biodegradables y revestimientos compuestos: pasado, presente y futuro Tendencias en Ciencia y Tecnología de Alimentos.
- Trejo A. 2010. Aplicación de recubrimientos comestibles.
- Trujillo, CT. 2014. Obtención de películas biodegradables a partir de almidón de yuca (*manihot esculenta crantz*) doblemente modificado para uso en empaque de alimentos. Tesis Ing. Agroindustrial, Puerto Maldonado, Perú, Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios.
- Yang, L; Paulson, AT. 2000. Mechanical and water vapor barrier properties of edible gellan films. Food Res. Int. 33: 563-570 pg.
- Yu, PA. 2004. Efecto de la mezcla de plastificantes en las propiedades físicas, mecánicas y de transporte de películas de quitosano. Tesis profesional. Departamento de ingeniería química y alimentos. Universidad de las América, Puebla.

CAPÍTULO VII

ANEXOS

1. Resumen de datos para muestras con recubrimiento de proteína de soya y almidón de yuca.

Tabla 30. Resultados de evaluación sensorial (color y olor) asignados por los jueces.

| PANELISTAS | COLOR | | | | | | | | | OLOR | | | | | | | | |
|------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 | T9 | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 | T9 |
| 1 | 3 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 | 5 | 3 | 4 | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| 2 | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 2 | 2 |
| 3 | 3 | 4 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 2 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 2 | 3 |
| 4 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 1 | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 |
| 5 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 3 | 2 |
| 6 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 5 | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 4 | 2 | 1 |
| 7 | 4 | 2 | 2 | 1 | 1 | 4 | 4 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 2 | 1 |
| 8 | 2 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 5 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 2 | 2 |
| 9 | 3 | 4 | 3 | 2 | 3 | 4 | 5 | 3 | 3 | 3 | 4 | 2 | 2 | 2 | 3 | 5 | 3 | 4 |
| 10 | 3 | 4 | 3 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 1 | 3 | 3 | 2 | 2 |
| 11 | 3 | 4 | 2 | 1 | 2 | 3 | 5 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 12 | 3 | 4 | 3 | 2 | 3 | 3 | 4 | 2 | 3 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 1 |
| 13 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 5 | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 4 | 4 | 2 | 2 |
| 14 | 5 | 4 | 3 | 2 | 2 | 4 | 5 | 3 | 2 | 4 | 3 | 3 | 2 | 2 | 4 | 4 | 3 | 2 |
| 15 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 2 | 1 | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 4 | 2 | 2 |
| 16 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 5 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 5 | 3 | 3 |
| 17 | 3 | 4 | 3 | 2 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 |
| 18 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 1 | 2 | 2 | 3 | 1 | 2 | 1 |
| 19 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 4 | 4 | 3 | 2 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 4 | 3 | 3 | 2 |
| 20 | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 2 | 1 | 3 | 2 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 |
| 21 | 3 | 2 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 4 | 2 | 2 |
| 22 | 4 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 4 | 3 | 3 | 2 | 2 |
| 23 | 2 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 4 | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 4 | 2 | 2 |
| 24 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 3 | 4 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | 5 | 4 | 3 | 2 | 2 |
| 25 | 3 | 3 | 5 | 3 | 3 | 4 | 2 | 3 | 4 | 2 | 3 | 4 | 2 | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 |
| 26 | 3 | 4 | 3 | 2 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 4 | 2 | 1 |
| 27 | 3 | 3 | 2 | 3 | 4 | 3 | 4 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 3 | 3 |
| 28 | 4 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 | 3 | 2 | 4 | 3 | 4 | 3 | 2 |
| 29 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 5 | 2 | 2 | 4 | 3 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 2 |
| 30 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 4 | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 1 | 1 |
| | 3.00 | 3.27 | 2.60 | 2.43 | 2.70 | 3.37 | 4.17 | 2.33 | 2.53 | 2.70 | 2.67 | 2.20 | 2.13 | 2.50 | 3.37 | 3.70 | 2.33 | 2.10 |

Tabla 31. Resultados de evaluación sensorial (textura y sabor) asignados por los jueces.

| PANELISTAS | TEXTURA | | | | | | | | | SABOR | | | | | | | | |
|------------|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 | T9 | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 | T9 |
| 1 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 |
| 2 | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 2 | 2 | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 2 | 2 |
| 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 4 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 1 | 2 | 2 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 4 | 2 | 3 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 3 | 5 | 1 | 2 |
| 5 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 4 | 4 | 3 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 4 | 3 | 2 | 2 |
| 6 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 3 | 4 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 4 | 3 | 2 | 3 |
| 7 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 2 | 2 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 5 | 5 | 3 | 3 |
| 8 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 |
| 9 | 4 | 4 | 3 | 2 | 2 | 4 | 4 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | 4 | 2 | 2 |
| 10 | 3 | 4 | 3 | 2 | 1 | 3 | 4 | 2 | 2 | 2 | 3 | 1 | 2 | 1 | 3 | 4 | 2 | 1 |
| 11 | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 4 | 4 | 1 | 2 |
| 12 | 2 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 |
| 13 | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 1 | 3 | 5 | 2 | 2 |
| 14 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 5 | 3 | 2 | 5 | 3 | 3 | 4 | 3 | 4 | 5 | 3 | 2 |
| 15 | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 | 3 | 4 | 1 | 1 | 5 | 4 | 3 | 3 | 3 | 5 | 5 | 2 | 2 |
| 16 | 3 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 | 4 | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | 2 | 1 | 3 | 4 | 2 | 2 |
| 17 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | 4 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 2 | 2 |
| 18 | 2 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 3 | 1 | 2 | 1 |
| 19 | 3 | 4 | 3 | 3 | 2 | 5 | 4 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 1 | 1 | 3 | 4 | 2 | 1 |
| 20 | 2 | 3 | 2 | 1 | 2 | 4 | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 4 | 1 | 2 |
| 21 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 2 | 3 | 3 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 4 | 2 | 2 |
| 22 | 3 | 4 | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 4 | 3 | 2 | 2 |
| 23 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 4 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 3 | 4 | 2 | 1 |
| 24 | 2 | 2 | 3 | 3 | 5 | 4 | 3 | 3 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 5 | 3 | 4 | 2 | 1 |
| 25 | 2 | 3 | 4 | 2 | 4 | 3 | 2 | 3 | 3 | 2 | 3 | 4 | 1 | 3 | 3 | 1 | 3 | 2 |
| 26 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 2 | 2 |
| 27 | 3 | 4 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | 4 | 3 | 3 |
| 28 | 3 | 4 | 3 | 2 | 3 | 3 | 4 | 3 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 4 | 5 | 2 | 1 |
| 29 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 1 | 1 | 3 | 3 | 5 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 2 |
| 30 | 3 | 3 | 2 | 3 | 1 | 4 | 3 | 2 | 1 | 3 | 4 | 4 | 2 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 |
| | 2.67 | 3.27 | 2.40 | 2.37 | 2.47 | 3.33 | 3.50 | 2.20 | 2.23 | 2.40 | 2.67 | 2.03 | 1.97 | 2.07 | 3.37 | 3.80 | 2.07 | 1.90 |

2. Ficha de evaluación sensorial

FICHA DE EVALUACION SENSORIAL

FECHA:

INSTRUCCIONES: Frente a usted se presenta 09 muestras de frutos de sauco. 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 15. Ficha de evaluación sensorial.

3. Informe de análisis microbiológico



LABORATORIO REGIONAL DEL NORTE

Carretera Baños del Inca, Km. 6 /Telefax: +51-76-34 8035

e-mail: labrenor@speedy.com.pe y labrenor@hotmail.com

Cajamarca – Perú

N° Referencia de Laboratorio V 36/05

Propietario: ROSA GARCIA CHALÁN

Dirección: Jr. La Justicia N° 122 - Cajamarca

Muestra Recibida: Sauco (Cultivos Microbiológicos)

Remitente: _____

Fecha: 04/06/2019 Fecha de Recibido: 30/05/2019

RESULTADOS

MUESTRA: Fruto Sauco

EXAMENES SOLICITADOS:

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

| CULTIVOS REALIZADOS | RESULTADO |
|---------------------------------------|-----------|
| Numeración Coliformes Totales: Ufc/g. | Ausente |
| Samonella sp. /25 g | Ausente |
| Numeración de Hongos y Levaduras | Ausente |

Referencia:

El Sauco: Con recubrimiento comestible a bases de proteína de Soya y almidón de yuca.
10 días post tratamiento. Análisis de laboratorio.

LABRENOR

Dr. David Álvarez Contreras
DIRECTOR

Figura 16. Resultados del análisis microbiológico

4. MINSA 2008 - Norma Sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano.

NTS N° 071 - MINSA/DIGESA-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 semiprocadas (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 o 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 17. Criterios microbiológicos para frutas y hortalizas frescas y semiprocadas.

5. Imágenes del desarrollo del trabajo de investigación



Figura 18. Selección y clasificación de la materia prima.



Figura 19. Lavado y desinfección de la materia prima.



Figura 20. Oreado de la materia prima.



Figura 21. Insumos para la preparación de los recubrimientos comestibles.



Figura 22. Medición de los insumos para la elaboración de los recubrimientos comestibles.



Figura 23. Preparación de los recubrimientos comestibles.



Figura 24. Enfriamiento de los recubrimientos comestibles.



Figura 25. Inmersión de la materia prima en los recubrimientos comestibles.



Figura 26. Secado de la materia prima con recubrimientos comestibles.



Figura 27. Empacado de la materia prima con recubrimientos comestibles.



Figura 28. Pesado de la materia prima de acuerdo a las cantidades por cada tratamiento.



Figura 29. Rotulado de los envases de acuerdo a cada tratamiento con sus respectivas repeticiones.



Figura 30. Almacenado de las muestras a temperatura ambiente.



Figura 31. Muestra con tratamiento T1 (Testigo) con diez días de evaluación.



Figura 32. Muestra con tratamiento T2 (0 g de proteína de soya más 1 g de almidón de yuca) con diez días de evaluación.



Figura 33. Muestra con tratamiento T3 (0 g de proteína de soya más 1.5 g de almidón de yuca) con diez días de evaluación.



Figura 34. Muestra con tratamiento T4 (1 g de proteína de soya más 0 g de almidón de yuca) con diez días de evaluación.



Figura 35. Muestra con tratamiento T5 (1 g de proteína de soya más 1 g de almidón de yuca) con diez días de evaluación.



Figura 36. Muestra con tratamiento T6 (1 g de proteína de soya más 1.5 g de almidón de yuca) con diez días de evaluación.



Figura 37. Muestra con tratamiento T7 (1.5 g de proteína de soya más 0 g de almidón de yuca) con diez días de evaluación.



Figura 38. Muestra con tratamiento T8 (1.5 g de proteína de soya más 1 g de almidón de yuca) con diez días de evaluación.



Figura 39. Muestra con tratamiento T9 (1.5 g de proteína de soya más 1.5 g de almidón de yuca) con diez días de evaluación.



Figura 40. Preparación de las muestras



Figura 41. Triturado de las muestras.



Figura 42. Filtrado del zumo de las muestras.



Figura 43. Zumo de las muestras con los 09 tratamientos



Figura 44. Medición de los sólidos solubles (°Brix).



Figura 45. Medición del pH de las 09 muestras.



Figura 46. Medición del pH de las muestras.



Figura 47. Titulación.



Figura 48. Muestras tituladas.



Figura 49. Preparación de las muestras para la evaluación sensorial.



Figura 50. Acondicionamiento para realizar la evaluación sensorial.



Figura 51. Panelistas.