

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS**



**EFECTO DE LA BIOPELÍCULA DE ALMIDÓN DE
ÑAME (*Dioscorea trifida*) EN LA CONSERVACIÓN DE
FRUTOS DE AGUAYMANTO (*Physalis peruviana* L)**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

Autores: Bach. Blanca Maricielo Hilatoma Quevedo

Bach. Elmer Lenin Núñez Rojas

Asesor: M. Sc. Luis Alberto Núñez Alejos

JAÉN – PERÚ, AGOSTO, 2021

FORMATO 03: ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día viernes 30 de Julio del año 2021, siendo las 16:00 horas, se reunieron los integrantes del Jurado:

- **Presidente** : Mag. Hans Himbler Minchán Velayarce
- **Secretario** : Mg. Polito Michael Huayama Sopa
- **Vocal** : Mg.Sc. James Tirado Lara

para evaluar la Sustentación de:

- () Trabajo de
Investigación (X) Tesis
() Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado: "EFECTO DE LA BIOPELÍCULA DE ALMIDÓN DE ÑAME (*Dioscorea trifida*) EN LA CONSERVACIÓN DE FRUTOS DE AGUAYMANTO (*Physalis peruviana* L)", presentado por los Bachilleres Blanca Maricelo Hilatoma Quevedo y Elmer Lenin Núñez Rojas, de la Carrera Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de Jaén.

Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

- (X) Aprobar () Desaprobar (X) Unanimidad () Mayoría

Con la siguiente mención:

- | | | |
|-----------------------|------------|-----|
| a) Excelente | 18, 19, 20 | () |
| b) Muy bueno | 16, 17 | () |
| c) Bueno | 14, 15 | () |
| d) Regular | 13 | () |
| e) Desaprobado | 12 ó menos | () |
- CATORCE

Siendo las 17:28 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.

Jaén, 30 de julio de 2021



HANS HIMBLER MINCHAN VELAYARCE
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
REG. CIP. 184957

Mag. Hans Himbler Minchán Velayarce
Presidente Jurado Evaluador



Mg. Polito Michael Huayama Sopa
Secretario Jurado Evaluador



Mg.Sc. James Tirado Lara
Vocal Jurado Evaluador

ÍNDICE

| | |
|---|------|
| ÍNDICE DE TABLAS..... | iv |
| ÍNDICE DE FIGURAS | v |
| ÍNDICE DE ANEXOS | viii |
| RESUMEN | ix |
| ABSTRACT | x |
| I. INTRODUCCIÓN | 11 |
| II. OBJETIVOS | 14 |
| 2.1. Objetivo general..... | 14 |
| 2.2. Objetivos específicos | 14 |
| III. MATERIALES Y MÉTODOS | 15 |
| 3.1. Lugar de ejecución..... | 15 |
| 3.2. Materia prima..... | 15 |
| 3.3. Equipos y materiales..... | 15 |
| 3.3.1. Equipos | 15 |
| 3.3.2. Materiales..... | 16 |
| 3.4. Métodos | 18 |
| 3.4.1.Obtención de almidón de ñame | 18 |
| 3.4.2.Elaboración de la biopelícula..... | 21 |
| 3.4.3.Formación de la biopelícula..... | 21 |
| 3.4.4.Caracterización de la biopelícula..... | 21 |
| 3.4.5.Aplicación de la biopelícula a base de almidón ñame | 23 |
| 3.5. Diseño experimental | 27 |
| 3.6. Análisis estadístico | 28 |
| IV. RESULTADOS | 29 |
| 4.1. Caracterización de la biopelícula..... | 29 |
| a) Determinación del espesor..... | 29 |
| b) Determinación de humedad | 29 |
| c) Determinación de la solubilidad | 30 |
| 4.2. Evaluación de la mejor concentración de almidón de ñame..... | 31 |
| 4.3. Determinación de las características fisicoquímicas y microbiológicas de los frutos de aguaymanto con biopelícula durante su tiempo de almacenamiento . | 33 |

| | |
|--|----|
| 4.3.1. Análisis fisicoquímico | 33 |
| 4.3.3. Análisis microbiológico | 41 |
| V. DISCUSIONES | 43 |
| VI. CONCLUSIONES | 44 |
| VII. RECOMENDACIONES | 46 |
| VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 47 |
| DEDICATORIA..... | 49 |
| AGRADECIMIENTO | 50 |
| ANEXOS..... | 51 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|--------------------------------------|
| Tabla 1. Concentraciones de la biopelícula de almidón de ñame..... | 21 |
| Tabla 2. Análisis sensorial de aceptabilidad de los frutos de aguaymanto al término de almacenamiento utilizando la Prueba de Friedman..... | ¡Error! Marcador no definido. |
| Tabla 3. Análisis de Varianza de la pérdida de peso | 34 |
| Tabla 4. Comparaciones en pareja de Tukey | 35 |
| Tabla 5. Análisis de Varianza de la acidez titulable..... | 36 |
| Tabla 6. Comparaciones en pareja de Tukey | 37 |
| Tabla 7. Prueba de Kruskal-Wallis de Sólidos Solubles Totales | 38 |
| Tabla 8. Prueba de Kruskal-Wallis del pH..... | 39 |
| Tabla 9. Prueba de Kruskal-Wallis del índice de madurez | 41 |
| Tabla 10. Análisis microbiológico en aguaymanto con biopelícula en sus diferentes concentraciones después de 20 días de almacenamiento | 41 |
| Tabla 11. Análisis sensorial de los frutos frescos de aguaymanto | 69 |
| Tabla 12. Estadística descriptiva para la intensidad de color | 69 |
| Tabla 13. Prueba de Friedman para el análisis sensorial de la intensidad de color..... | 69 |
| Tabla 14. Estadística descriptiva para la intensidad de aroma | 69 |
| Tabla 15. Prueba de Friedman para el análisis sensorial de la intensidad de aroma | 70 |
| Tabla 16. Estadística descriptiva para la rugosidad de textura..... | 70 |
| Tabla 17. Prueba de Friedman para el análisis sensorial de la rugosidad de textura | 70 |
| Tabla 18. Estadística descriptiva para la apariencia rugosa | 71 |
| Tabla 19. Prueba de Friedman para el análisis sensorial de la apariencia rugosa | 71 |

| | |
|--|----|
| Tabla 20. Estadística descriptiva para el sabor dulce | 72 |
| Tabla 21. Prueba de Friedman para el análisis sensorial del sabor dulce | 72 |
| Tabla 22. Estadística descriptiva para el grado de aceptabilidad | 72 |
| Tabla 23. Prueba de Friedman para el análisis sensorial del grado de aceptabilidad.... | 73 |
| Tabla 24. Análisis de Varianza de la pérdida de peso | 75 |
| Tabla 25. Análisis de Varianza de la acidez titulable..... | 77 |
| Tabla 26. Estadística descriptiva para Sólidos Solubles Totales..... | 79 |
| Tabla 27. Prueba de Kruskal-Wallis para el análisis de Sólidos Solubles Totales..... | 79 |
| Tabla 28. Estadística descriptiva para pH | 80 |
| Tabla 29. Prueba de Kruskal-Wallis para el análisis de pH | 80 |
| Tabla 30. Estadística descriptiva para el índice de madurez | 81 |
| Tabla 31. Prueba de Kruskal-Wallis para el análisis del índice de madurez..... | 81 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Flujograma para la obtención de almidón de ñame | 20 |
| Figura 2. Espesor de la biopelícula a diferentes concentraciones de almidón de ñame | 29 |
| Figura 3. Porcentaje de humedad de la biopelícula..... | 30 |
| Figura 4. Porcentaje de la solubilidad de la biopelícula..... | 30 |
| Figura 5. Diagrama de barras del analisis sensorial de las características sensoriales de los frutos de aguaymanto al término de almacenamiento | 31 |
| Figura 6. Pérdida de peso en gramos hasta los 18 días de almacenamiento | 34 |
| Figura 7. Acidez titulable evaluados en el día 0..... | 35 |
| Figura 8. Acidez titulable evaluados a los 20 días de almacenamiento | 36 |
| Figura 9. Sólidos Solubles Totales hasta los 20 días de almacenamiento..... | 38 |
| Figura 10. pH hasta los 20 días de almacenamiento | 39 |
| Figura 11. Índice de madurez evaluados en el día 0 | 40 |
| Figura 12. Índice de madurez evaluados a los 20 días de almacenamiento | 40 |
| Figura 13. Recolección de tubérculos | 51 |
| Figura 14. Recolección de tallos de ñame | 51 |
| Figura 15. Recolección de hojas de ñame | 51 |
| Figura 16. Recolección de muestras | 51 |

| | |
|--|----|
| Figura 17. Selección de frutos | 52 |
| Figura 18. Selección de tallos..... | 52 |
| Figura 19. Acondicionamiento de los tallos | 52 |
| Figura 20. Acondicionamiento de las hojas | 52 |
| Figura 21. Presando de las muestras..... | 52 |
| Figura 22. Pesado del ñame..... | 54 |
| Figura 23. Filtrado | 54 |
| Figura 24. Mezcla de agua y ñame rayado | 54 |
| Figura 25. Almidón reposado | 54 |
| Figura 26. Pulverización del almidón de ñame | 55 |
| Figura 27. Pesado de los insumos | 55 |
| Figura 28. Homogenizado en baño maría de la biopelícula | 55 |
| Figura 29. Acondicionamiento de los moldes | 56 |
| Figura 30. Moldes servidos | 56 |
| Figura 31. Secado de las biopelículas..... | 56 |
| Figura 32. Desmoldado de las biopelículas..... | 56 |
| Figura 33. Pesado de los frutos de aguaymanto | 57 |
| Figura 34. Acondicionado de los frutos de aguaymanto | 57 |
| Figura 35. Muestras de la biopelícula líquida | 57 |
| Figura 36. Secado de los frutos con la biopelícula..... | 57 |
| Figura 37. Muestras de las biopelículas secas | 58 |
| Figura 38. Determinación de la humedad..... | 58 |
| Figura 39. Determinación de la solubilidad | 58 |
| Figura 40. Determinación del espesor | 58 |
| Figura 41. Triturado de la muestra | 59 |
| Figura 42. Determinación del °Brix | 59 |
| Figura 43. Determinación de la acidez titulable | 59 |
| Figura 44. Determinación del pH | 59 |
| Figura 45. Muestras de frutos de aguaymantos recubiertos con la biopelícula..... | 60 |
| Figura 46. Preparación de las muestras | 60 |
| Figura 47. Muestras trituradas | 60 |
| Figura 48. Determinación del °Brix | 60 |
| Figura 49. Determinación de pH | 61 |

| | |
|--|----|
| Figura 50. Determinación de acidez titulable..... | 61 |
| Figura 51. Resultados de la acidez titulable | 61 |
| Figura 52. Determinación de la pérdida de peso | 61 |
| Figura 53. Muestras a evaluar | 64 |
| Figura 54. Panelista registrando en la ficha de evaluación | 64 |
| Figura 55. Pesado del agar Czapek-Dox | 65 |
| Figura 56. Preparación del medio de cultivo..... | 65 |
| Figura 57. Autoclavado del medio de cultivo | 65 |
| Figura 58. Resultados del análisis microbiológico de mohos y levaduras | 65 |
| Figura 59. Aguaymanto con pérdida de peso - C1 | 67 |
| Figura 60. Aguaymanto con pérdida de peso - C2 | 67 |
| Figura 61. Aguaymanto con pérdida de peso - C3 | 67 |
| Figura 62. Aguaymanto con pérdida de peso - C4 | 67 |
| Figura 63. Aguaymanto con pérdida de peso - Testigos | 68 |
| Figura 64. Gráfica de probilidad para determinar la normalidad de los residuos del modelo – pérdida de peso | 74 |
| Figura 65. Prueba de igual de varianzas – pérdida de peso (18 días de almacenamiento) | 75 |
| Figura 66. Gráfica de probilidad para determinar la normalidad de los residuos del modelo – acidez titulable..... | 76 |
| Figura 67. Prueba de igual de varianzas – acidez titulable (20 días de almacenamiento) | 77 |
| Figura 68. Gráfica de probilidad para determinar la normalidad de los residuos del modelo – Sólidos Solubles Totales | 78 |
| Figura 69. Prueba de igual de varianzas –Sólidos Solubles Totales (20 días de almacenamiento) | 78 |
| Figura 70. Gráfica de probilidad para determinar la normalidad de los residuos del modelo – pH..... | 79 |
| Figura 71. Prueba de igual de varianzas – pH (20 días de almacenamiento)..... | 80 |
| Figura 72. Gráfica de probilidad para determinar la normalidad de los residuos del modelo – Índice de madurez..... | 81 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|---|----|
| Anexo 1. Fotografías de la recolección y preparación de la muestra de ñame para su identificación botánica. | 51 |
| Anexo 2. Certificado de la identificación botánica del ñame blanco (<i>Dioscorea trifida</i>)..... | 53 |
| Anexo 3. Fotografías del proceso para la obtención de almidón de ñame | 54 |
| Anexo 4. Fotografías del proceso para la elaboración de la biopelícula a base de almidón de ñame..... | 55 |
| Anexo 5. Fotografías de los frutos frescos de aguaymanto recubiertos con la biopelícula | 57 |
| Anexo 6. Fotografías de los análisis fisicoquímicos a la biopelícula a base de almidón de ñame..... | 58 |
| Anexo 7. Fotografías de los análisis fisicoquímicos de los frutos frescos de aguaymanto sin la biopelícula..... | 59 |
| Anexo 8. Fotografías de los análisis fisicoquímicos de los frutos frescos de aguaymanto recubiertos con la biopelícula | 60 |
| Anexo 9. Ficha de evaluación de análisis sensorial | 64 |
| Anexo 10. Puntaje asignado por los panelistas a los atributos de la ficha de análisis sensorial..... | 63 |
| Anexo 11. Fotografías realizando el análisis sensorial | 64 |
| Anexo 12. Fotografías de los análisis microbiológicos a los frutos recubiertos con biopelícula a base de almidón de ñame | 65 |
| Anexo 13. Norma Sanitaria del MINSA RM 591, alimentos y bebidas de consumo humano, grupo XIV..... | 66 |
| Anexo 14. Fotografías de los frutos de aguaymanto con pérdida de peso | 67 |
| Anexo 15. Resultados del análisis estadístico para determinar la mejor concentración de almidón de ñame | 68 |
| Anexo 16. Resultados del análisis estadístico (paramétricas-análisis de varianza) para determinar las características fisicoquímicas de los frutos de aguaymanto con biopelícula durante su tiempo de almacenamiento..... | 73 |
| Anexo 17. Resultados del análisis estadístico (no paramétrica Kruskal-Wallis) para determinar las características fisicoquímicas de los frutos de aguaymanto con biopelícula durante su tiempo de almacenamiento..... | 78 |

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de la biopelícula de almidón de ñame (*Dioscorea trifida*) en la conservación de frutos de aguaymanto (*Physalis peruviana* L). Para la caracterización de la biopelícula se elaboraron cuatro concentraciones de almidón de ñame (C1:2%, C2:3%, C3:4% y C4:5%), sumergiendo los aguaymantos frescos en las diferentes concentraciones y almacenados durante 18 días a temperatura de refrigeración convencional de 4 °C. Durante este periodo se evaluaron las características fisicoquímicas para determinar si hay diferencia significativa entre las concentraciones, utilizando un ANOVA, Prueba de Tukey ($p < 0.05$) y la Prueba de Kruskal-Wallis; los resultados del análisis sensorial se evaluaron mediante la Prueba de Friedman. Además, se realizó un análisis microbiológico al final del tiempo de almacenamiento. La biopelícula de la concentración C4 compuesta por 5% presentó mejores resultados en cuanto a las características sensoriales, fisicoquímicas (3.98 gramos de pérdida de peso, 1.9656 de acidez titulable, 23 de °Brix, 4 de pH y 11.701 de índice de madurez) y microbiológicamente es confiable para su aplicación, ya que, se encuentra dentro del límite permisible de mohos y levaduras (9.6×10^2).

Palabras clave: Aguaymanto, almidón, biopelícula, conservación y ñame.

ABSTRACT

The objective of the research was to evaluate the effect of the yam starch biofilm (*Dioscorea trifida*) on the conservation of aguaymanto (*Physalis peruviana* L) fruits. For the characterization of the biofilm, four concentrations of yam starch were elaborated (C1:2%, C2:3%, C3:4% and C4:5%), immersing the fresh aguaymantos in the different concentrations and stored for 18 days at conventional refrigeration temperature of 4 °C. During this period, the physicochemical characteristics were evaluated to determine if there is a significant difference between the concentrations, using an ANOVA, Tukey's Test ($p < 0.05$) and the Kruskal-Wallis Test; the results of the sensory analysis were evaluated using the Friedman test. In addition, a microbiological analysis was performed at the end of the storage time. The biofilm of the C4 concentration composed of 5% presented better results in terms of the sensory, physicochemical characteristics (3.98 grams of weight loss, 1.9656 of titratable acidity, 23 ° Brix, 4 of pH and 11.701 of maturity index) and Microbiologically it is reliable for its application, since it is within the permissible limit for molds and yeasts (9.6×10^2).

Keywords: Aguaymanto, starch, biofilm, conservation and yam.

I. INTRODUCCIÓN

El aguaymanto (*Physalis peruviana* L), es considerado uno de los cinco mejores alimentos producidos en el Perú para la salud, debido a que contiene mayor cantidad de nutrientes tales como fibra, proteínas (1.90%), sales minerales (hierro, fósforo y potasio), pro-vitamina A, ácido ascórbico (vitamina C), vitamina del complejo B y carbohidratos que son los compuestos presentes en mayor proporción en la pulpa (Fischer y Martínez, 2000).

El consumidor hoy en día busca que la Industria Alimentaria proponga métodos de conservación que disminuya el uso de aditivos alimentarios artificiales y a su vez que los frutos de aguaymanto conserven sus características sensoriales y fisicoquímicas en fresco o deshidratado, debido a que la seguridad alimentaria y nutricional ha evolucionado y marca un factor importante para el consumidor (Cortes, 2018).

Han surgido estudios sobre tecnologías para la conservación de frutas, utilizando biopelículas o películas comestibles que sirven para mejorar las propiedades sensoriales del fruto y prolongar la vida útil, actuando como barrera de protección contra la humedad y gases de O₂ y CO₂. Sin embargo, la limitante en la utilización de estas y el motivo a diversas investigaciones es que no todos los tipos de biopelículas a base de proteínas, polisacáridos, lípidos y mezclas de estos compuestos se aplican a todas las frutas, debido a diferentes factores como: tipo de material utilizado en la formulación, condiciones de formación de la biopelícula, tipo de plastificante, naturaleza del disolvente, velocidad de evaporación del disolvente, espesor y estructura de la fruta (Vázquez y Guerrero, 2013).

Las biopelículas elaboradas a base de polisacáridos (celulosa, alginato, gelatina, goma arábica, pectina de bajo metoxilo, quitosano, almidón, almidón modificado, entre otros) poseen propiedades de adherencia a los frutos, lo cual permite que sean más efectivos. El almidón modificado permite mejorar las propiedades mecánicas y de permeabilidad de vapor de agua de las biopelículas, así como extender la vida útil de las frutas y hortalizas, disminuyendo la respiración de los frutos, conservando sus características nutricionales, reduciendo la pérdida de peso y manteniendo la firmeza al término del almacenamiento (Ramos et al., 2018).

Angel (2015), en su investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto del recubrimiento comestible funcional a base de goma guar sobre las características de calidad postcosecha de la guayaba (*Psidium guajava*), para la caracterización de la película comestible se evaluaron cuatro formulaciones (A, B, C y D) a base de lípidos (aceite de oliva); concluyendo que la formulación que presentó mejores resultados en cuanto a la solubilidad y humedad fue 1.5% goma guar, 30% glicerol y 10% aceite de oliva, agregándole como agente antimicrobiano sorbato de potasio al 0.5% y el uso del recubrimiento comestible permitió duplicar la vida en anaquel de frutos de guayaba almacenados a temperatura ambiente.

Pauta (2018), desarrolló el trabajo de investigación cuyo objetivo fue evaluar el efecto del recubrimiento comestible a base de almidón y goma de gelano para la conservación postcosecha de la manzana; realizándose 5 formulaciones de recubrimiento a base de almidón de yuca y goma 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 liposoma de lecitina en su aplicación en manzanas; concluyendo que 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, presentando muy baja permeabilidad al oxígeno, estos efectos no se reflejaron de forma notable en su aplicación en manzanas.

Valle *et al.* (2008), respecto a su trabajo de investigación cuyo objetivo fue desarrollar un recubrimiento comestible a base de goma arábica (GA), carboximetilcelulosa (CMC) y glicerol (GL) como plastificante, para valorar su potencial de uso en sistemas de conservación de frutos en atmósfera modificada, mediante la evaluación de sus propiedades mecánicas, barrera a gases y de transmisión de luz; para la formulación del recubrimiento se realizaron diferentes porcentajes de concentraciones de GA (20 y 30%), CMC (0.25, 0.50 y 0.75%) y GL (5, 10 y 15%). En conclusión, la combinación de GA en proporción de 30%, CMC en un rango de 0.25 a 0.50% y GL en un rango de 5 a 10%, presentó un potencial adecuado para uso en conservación de frutos mediante sistema de atmósfera modificada.

La alternativa más viable para solucionar esta problemática constituye el desarrollo de materiales biodegradables con propiedades funcionales como envase y que ofrezcan costos competitivos a los materiales de envases plásticos actuales (Bósquez, 2003). En comparación a los plásticos, conserva propiedades de barrera a los gases y por ende pueden sustituirlos (Amarante y Banks, 2001). La utilización de plásticos para la elaboración de recubrimientos es un tema de suma importancia, ya que, estos no son biodegradables y eco-amigables con el ambiente, debido a que son agentes contaminantes, lo que ha incentivado a desarrollar tecnologías basados en recubrimientos o biopelículas (Risch, 2000).

El propósito principal de este proyecto de investigación fue evaluar el efecto que tiene la biopelícula de almidón de ñame en la conservación de frutos de aguaymanto sobre sus características sensoriales (intensidad de color, intensidad de aroma, rugosidad de textura, apariencia rugosa, sabor dulce y grado de aceptabilidad) y fisicoquímicas (°Brix, pH, acidez titulable, pérdida de peso e índice de madurez), disminuyendo los daños mecánicos y físicos. Comprobándose la hipótesis general, que la biopelícula comestible a base de almidón de ñame (*Dioscorea trifida*) prolonga el periodo de conservación de los frutos de aguaymanto (*Physalis peruviana* L).

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de la biopelícula de almidón de ñame (*Dioscorea trifida*) en la conservación de frutos de aguaymanto (*Physalis peruviana* L).

2.2. Objetivos específicos

- a. Caracterizar la biopelícula a diferentes concentraciones de almidón de ñame (C1:2%, C2:3%, C3:4% y C4:5%).
- b. Determinar la mejor concentración de almidón de ñame para prolongar la vida útil de los frutos de aguaymanto, aplicados con biopelícula.
- c. Determinar las características sensoriales, fisicoquímicas y microbiológicas de los frutos de aguaymanto recubiertos por la biopelícula a base de almidón de ñame.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

La etapa experimental de la ejecución de la tesis se desarrolló en el laboratorio del Taller de Tecnología de Alimentos de la Universidad Nacional de Jaén donde se elaboró y caracterizó la biopelícula de almidón de ñame, para su posterior aplicación en los frutos de aguaymanto, además en dicho laboratorio se realizó el análisis sensorial, fisicoquímico y microbiológico a los frutos recubiertos; y en el laboratorio de Industrias Alimentarias del I.E.S.T.P. “Santa María de Nieva - Fe y Alegría 74” se elaboró el almidón de ñame.

3.2. Materia prima

Se trabajó con 15 kg de aguaymanto Golden Berry con cáliz, obtenidos de la Finca del señor Vilman Fernández Guiop a 2950 msnm, ubicados en el distrito de Jalca Grande, provincia de Chachapoyas, región Amazonas. En la cosecha de los frutos se tomó un cuarto de hectárea de su finca recolectándose en forma de zigzag.

Posteriormente, se retiró el cáliz de los frutos de aguaymanto en estado de madurez fisiológica (pintón) de 10 a 14 °Brix, quedando 8 kg.

De los 8 kg de aguaymanto sin cáliz se seleccionaron 600 frutos al azar. Teniendo en cuenta que por cada concentración (C1:2%, C2:3%, C3:4% y C4:5%) y testigos se utilizaron 115 aguaymantos para realizar los análisis sensoriales, fisicoquímicos y microbiológicos.

3.3. Equipos y materiales

3.3.1. Equipos

- Estufa de secado. Enxin Instrument. Modelo ODHG – 9053
- Desecador
- Autoclave de laboratorio. Sterilizer SA-232. GEMMYCO

- Agitador magnético. VELP Scientifica
- Balanza analítica. SHS Inside Super Hybrid Sensor AND. HR – 250 AZ
- Balanza gramera. KES MH – Series - MH 240 - 240g x 0.01g
- Cocina por inducción. MS Makrosonic
- Refrigeradora. Marca Bosch. Modelo ECO-TT461
- Licuadora. Marca Oster

3.3.2. Materiales

3.3.2.1. Materiales de laboratorio

- Refractómetro portátil de 0 a 30 °Brix. Marca HANNA
- pH-metro de mesa digital. Metrohm 913
- Termómetro digital
- Micrómetro digital Mitutoyo
- Micropipeta Dragon Lab de 100 – 1000 μ l
- Varilla de agitación de vidrio
- Vasos de precipitación de 100 y 250 ml
- Probetas de 10, 50, 100 y 500 ml
- Pipetas de 5, 10, 20 y 25 ml
- Tubos de ensayo
- Gradillas para tubos de ensayo
- Puntillas para micropipeta 100 – 1000 μ l
- Propipeta de goma
- Buretra de 25 ml
- Fiola de 100 ml
- Matraz Erlenmeyer de 250 ml
- Cronómetro
- Papel filtro
- Crisoles
- Embudo de vidrio
- Mortero de vidrio
- Piseta
- Espátulas
- Placas petri

- Mecheros
- Trípode para mechero
- Luna de reloj
- Soporte universal
- Pinza doble para bureta
- Cuchillos de acero inoxidable
- Tabla de picar
- Balde de plástico
- Bandejas de plásticos
- Tela organza
- Colador de plástico

3.3.2.2. Reactivos

- Agua destilada
- Hidróxido de Sodio (NaOH) a 0,0958 N
- Fenolftaleína
- Agar Czapek-Dox

3.3.2.3. Aditivos alimentarios

- Almidón de ñame
- Goma arábica
- Carboximetilcelulosa (CMC)
- Sorbato de potasio
- Glicerol

3.4. Métodos

3.4.1. Obtención de almidón de ñame

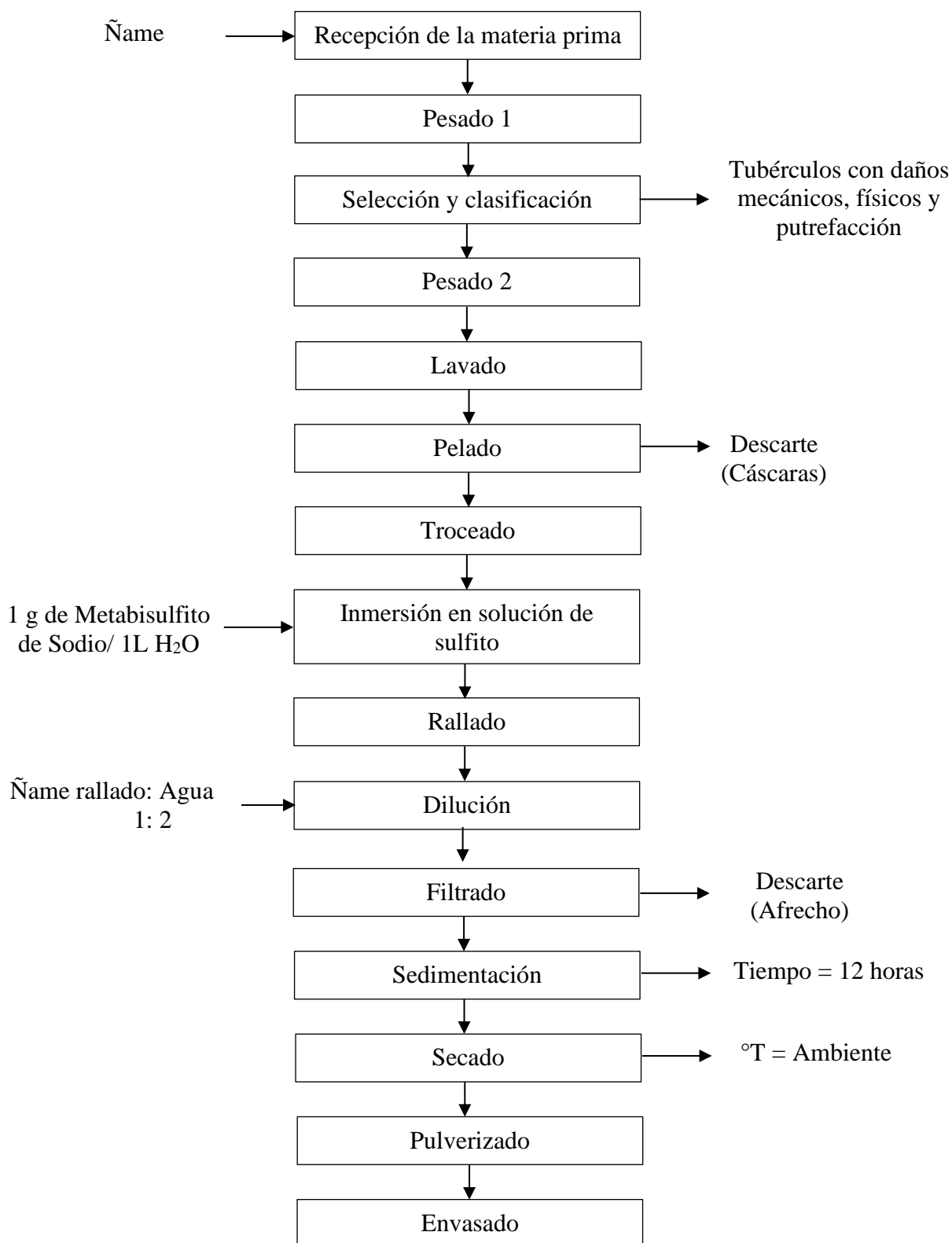
Para la obtención de almidón de ñame se realizaron los siguientes procedimientos:

- a) **Recepción de la materia prima:** Se recolectó la materia prima en estado de madurez comercial (en su máximo desarrollo del color, sabor y aroma) de la comunidad nativa Hebrón, del distrito de Nieva, provincia de Condorcanqui, región de Amazonas.
- b) **Pesado 1:** Se pesó 12 kg de ñame que entró al proceso en una balanza de plataforma de capacidad de 200 kg.
- c) **Selección y clasificación:** Se separaron los ñames que presentaron daños físicos, mecánicos y putrefacción, luego se clasificaron en función a su grado de madurez del tubérculo.
- d) **Pesado 2:** Se pesaron en una balanza de plataforma 10 kg de ñame que estuvieron en óptimas condiciones en la selección.
- e) **Lavado:** La materia prima fue lavada con agua potable y restregada con una escobilla de mano, con la finalidad de retirar la tierra o cualquier sustancia adherida a la materia prima.
- f) **Pelado:** Se realizó de forma manual, usando un cuchillo de acero inoxidable para retirar la cáscara.
- g) **Troceado:** Se cortaron los ñames pelados en cuatro partes.
- h) **Inmersión en solución de sulfito:** Se sumergieron los ñames ya trozados en una solución líquida de Metabisulfito de Sodio (1g/1L de H₂O), para evitar el pardeamiento enzimático.
- i) **Rallado:** Se realizó el rallado de los ñames con ayuda de un rallador manual de material metálico.
- j) **Dilución:** Se adicionó a los 8 kg de ñame rallado 16 L de agua potable en un balde de plástico de 30 L de capacidad, procediendo luego a homogenizar la mezcla.

- k) Filtrado:** Se filtró con una tela organza la mezcla del ñame rallado y el agua potable, depositando el contenido en un balde de plástico de capacidad de 20 L, con la finalidad de separar los sólidos del líquido. Después de realizar esta operación se obtuvo 16 L de la mezcla.
- l) Sedimentación:** El líquido obtenido se dejó sedimentar en un recipiente de plástico por un tiempo de 12 horas a temperatura ambiente hasta que se forme una capa firme de almidón en la superficie inferior del recipiente, eliminándose el líquido sobrenadante. Después, se adicionó nuevamente agua potable al ñame sedimentado en relación 1:1 respecto al volumen, para eliminar la suciedad del almidón, dejándolo reposar por 4 horas y eliminando el agua restante.
- m) Secado:** El almidón obtenido se colocó a secarse al ambiente durante 10 horas. En una mesa se colocó una bandeja de acero inoxidable cubierta con una tela organza, para evitar la contaminación del exterior.
- n) Pulverizado:** El almidón de ñame seco pasó por una pulverizadora eléctrica, tamizando todo el producto en el mismo equipo.
- o) Envasado:** Finalmente, se envasó 200 gramos del producto en un envase de plástico con tapa rosca de una capacidad de 250 gramos.

Figura 1

Flujograma para la obtención de almidón de ñame



3.4.2. Elaboración de la biopelícula

Basándose en la investigación de (Valle et al., 2008) para la preparación de la biopelícula se mezclaron 2.5% de goma arábica, 1.25% de CMC y almidón de ñame (2%, 3%, 4% y 5%), añadiendo a la mezcla 200 ml de agua destilada y filtrándolo con un colador de metal de tamiz de 10 micras. Posteriormente, se llevó la mezcla a baño maría a una temperatura de 85 a 90°C por 15 a 20 min., adicionando 15% de glicerol a una temperatura de 70°C. Finalmente se añadió sorbato de potasio y se homogenizó durante un tiempo de 3 min; la agitación se mantuvo constante hasta lograr una mezcla homogénea y sin grumos.

Tabla 1

Concentraciones de la biopelícula de almidón de ñame

| Concentraciones en % | | | | |
|----------------------|---|---|---|---|
| Almidón de ñame | 2 | 3 | 4 | 5 |

3.4.3. Formación de la biopelícula

Basándose en la investigación de Angel (2015) para la formación de la biopelícula de almidón de ñame se colocaron 20 ml de solución preparada en cajas petri de vidrio de 10 cm de diámetro. Luego las biopelículas se secaron en una estufa a una temperatura de 50 a 60°C durante 4 a 5 horas aproximadamente. Después del secado, se colocaron las biopelículas sobre unas bandejas de metal y fueron almacenadas en un desecador para su posterior caracterización.

3.4.4. Caracterización de la biopelícula

Para determinar las propiedades de las biopelículas resultantes se evaluaron su caracterización en base a los siguientes parámetros:

a) Espesor

Para la medición del espesor se empleó un micrómetro digital Mitutoyo; las lecturas se realizaron en tres diferentes puntos de la biopelícula y se consideraron el promedio, realizándose tres repeticiones por muestra. Se tuvo como referencia un grosor no menor a 0.10 mm empleado por Angel (2015) como investigación referencial.

b) Contenido de humedad

Para la determinación del contenido de humedad de las biopelículas se realizaron tres repeticiones para cada concentración (C1:2%, C2:3%, C3:4% y C4:5%), empleando la metodología de (Mei y Zhao, 2003). Las muestras fueron divididas en cuadros de 2 cm por 2 cm, estas piezas fueron colocadas en lunas de reloj las cuales se pesaron previamente.

Luego se pesaron las lunas de reloj con las biopelículas cortadas, colocándolas estas en una estufa de laboratorio por 24 horas a 100°C. Finalizado este tiempo las muestras resultantes se pusieron en un desecador y se pesaron en una balanza analítica.

El contenido de humedad se determinó empleando la siguiente ecuación (1), considerándose el peso inicial de la biopelícula y el peso después del secado, expresándose el resultado como porcentaje.

$$\text{Humedad}(\%) = \frac{(\text{peso seco inicial} - \text{peso seco final})}{(\text{peso seco inicial})} \times 100 \quad \dots 1$$

c) Medición de la solubilidad

La solubilidad se define para conocer el porcentaje de masa seca de la biopelícula que es solubilizada, empleando agua destilada en condiciones estandarizadas (Miramont, 2012, como cita Arevalo *et al.*, 2018).

Utilizando las muestras de la determinación de humedad y aplicando la metodología de (Romero *et al.*, 2005), se tomaron los cortes de cada muestra de la biopelícula de almidón de ñame, realizándose tres repeticiones para cada una. Luego se colocaron en un vaso de precipitación de 250 ml con 60 ml de agua destilada, con una agitación constante a 25°C y 400 rpm durante 10 minutos; utilizando papel filtro se vaciaron las muestras por medio de un embudo. Posteriormente, las muestras se secaron en una estufa de laboratorio a 50°C por 24 horas, realizando el pesado en una balanza analítica.

Para calcular los porcentajes de solubilidad se empleó la siguiente ecuación (2):

$$\text{Solubilidad}(\%) = \frac{(\text{peso seco inicial} - \text{peso seco final})}{(\text{peso seco inicial})} \times 100 \quad \dots 2$$

3.4.5. Aplicación de la biopelícula a base de almidón ñame

De los 8 kg de aguaymanto Golden Berry, sin cáliz en estado de madurez fisiológica (pintones) entre los 10 a 14 °Brix, se seleccionaron al azar 600 frutos de aguaymanto. Teniendo en cuenta que por cada concentración (C1:2%, C2:3%, C3:4% y C4:5%) y testigos se utilizaron 115 aguaymantos para realizar los análisis sensoriales, fisicoquímicos y microbiológicos.

Los frutos se lavaron y se procedió a secar. Después, se aplicó la biopelícula a diferentes concentraciones de almidón de ñame (C1:2%, C2:3%, C3:4% y C4:5%) en los frutos frescos de aguaymanto, sumergiendo cada fruto en las formulaciones por 1 min. Posteriormente, las muestras se secaron a temperatura ambiente por 24 horas y fueron almacenadas a refrigeración convencional a una temperatura de 4°C.

Además, se evaluaron los siguientes indicadores tales como el análisis sensorial, fisicoquímico y microbiológico para determinar el efecto de las biopelículas y por ende su tiempo de vida útil en el fruto.

3.4.5.1. Análisis sensorial de aceptabilidad de los frutos de aguaymanto con biopelícula

A los 20 días de almacenamiento se realizó el análisis sensorial de aceptabilidad a los frutos de aguaymanto Golden Berry, estos fueron evaluados por 30 panelistas no entrenados, 50% de mujeres y 50% de varones, pertenecientes a la comunidad educativa (estudiantes y docentes) de la Universidad Nacional de Jaén, cuyo rango de edades están entre los 20 a 60 años; la evaluación sensorial se realizó en el laboratorio del Taller de Tecnología de Alimentos de la Universidad Nacional de Jaén.

Para la ejecución de la evaluación del análisis sensorial se adecuo un área en el laboratorio del Taller de Tecnología de Alimentos de la Universidad Nacional de Jaén, cuyo espacio fue de color blanco con adecuada iluminación. Las muestras a evaluar se colocaron en unos recipientes de tecnopor, los cuales estuvieron rotulados con las diferentes concentraciones de almidón de ñame C1:2%, C2:3%, C3:4% y C4:5%.

A cada panelista no entrenado se le dio una ficha de evaluación de análisis sensorial (anexo 9), cuya escala de puntuación fue 0 la calificación más baja y 5 la calificación más alta, para evaluar los diferentes atributos como: intensidad de color, intensidad de aroma, rugosidad de textura, apariencia rugosa, sabor dulce y grado de aceptabilidad) de los frutos de aguaymanto con pérdida de peso.

3.4.5.2. Análisis fisicoquímico

a) Pérdida de peso

Aplicando la metodología de (Mannheim y Soffer, 1996), se realizó el seguimiento de la pérdida de peso cada tres días en el fruto con y sin biopelícula (testigos), tres frutos de cada grupo durante su almacenamiento por 18 días, utilizando una balanza gramera. Los resultados se expresaron como porcentaje de peso perdido en base al peso inicial del fruto, considerándose como pérdida de peso durante cada periodo de almacenamiento.

b) Determinación de Sólidos Solubles Totales (S.S.T.) (AOAC Official Method 932.12)

Para la medición de Sólidos Solubles Totales se empleó el Método Refractométrico, en la cual se tomaron 5 muestras de cada grupo de control (frutos con y sin biopelícula) y la evaluación se realizó cada cinco días durante un periodo de almacenamiento de 20 días.

- Las muestras se trituraron en un mortero hasta obtener una consistencia pastosa y homogénea.
- Se procedió a filtrar el jugo del fruto de aguaymanto, con una tela organza.
- Para la medición del °Brix se utilizó un refractómetro portátil.
- Luego, se colocó una a dos gotas de muestra en el prisma del refractómetro portátil, cerrando la tapa para que se esparza homogéneamente.
- Después, se direccionó el refractómetro bajo la luz solar para visualizar la escala a través del ocular.
- Se anotó la medida del °Brix observado.
- Finalmente, los resultados de cada grupo se expresaron como el promedio.

c) Determinación del pH (AOAC Official Method 981.12)

Se analizó el pH empleando el Método del Potenciómetro, tomando un aproximado de 10 gramos en frutos de los diferentes grupos de control (frutos con y sin biopelícula), la evaluación se realizó cada cinco días durante 20 días.

- Las muestras se trituraron empleando un mortero y pilón de cerámica.
- Se procedió a filtrar el jugo del fruto de aguaymanto con la ayuda de un embudo, papel filtro y un matraz Erlenmeyer.
- Se colocó la muestra en un vaso de precipitación.
- Luego, se introdujo el electrodo del pH-metro en la muestra a medir.
- Después, se esperó 1 minuto hasta que la lectura se estabilizará.
- Finalmente, se anotó el valor observado.

d) Determinación de acidez titulable (AOAC Official Method 942.15)

Para la determinación de la acidez titulable se empleó el Método de Titulación Ácido Base, tomando 10 ml de muestra de cada grupo de control, la evaluación se realizó al inicio y final del periodo de almacenamiento, expresándose el resultado como el promedio.

- Se trituró en un mortero los frutos de aguaymanto, luego se filtró en una tela organza.
- Se midió 10 ml de la muestra y se introdujo el líquido en una fiola de 100 ml.
- Después, se enrazó con agua destilada la fiola hasta los 100 ml, agitándolo constantemente.
- Seguidamente, con una pipeta se sacó de la fiola 25 ml de la disolución, colocándolo en un matraz Erlenmeyer de 100 ml, añadiéndole 25 ml de agua destilada a dicho matraz.
- Se agregó 5 gotas de fenolftaleína a las 5 repeticiones en los matraces de Erlenmeyer.
- Finalmente, se realizó una titulación rápida con NaOH al 0.0958 N.

- El porcentaje de acidez se determinó con la ecuación (3):

$$\% \text{ Acidez} = \frac{V \times N \times \text{Meq}}{\text{alícuota valorada}} \times 100 \quad \dots 3$$

Donde:

V: Volumen de NaOH gastado en ml.

N: Normalidad del NaOH.

Meq: Miliequivalente del ácido cítrico que se encuentra en mayor proporción de la muestra (0.064 para ácido cítrico).

Alícuota valorada: Peso en gramos o volumen de la muestra en ml.

e) Índice de madurez

El índice de madurez determina el grado de maduración de los frutos como resultante de la relación entre los sólidos solubles totales (°Brix) y el porcentaje de acidez de los frutos (Duque, 2005, como se citó en Velásquez y Velásquez, 2017). Un fruto tropical como el aguaymanto en su óptimo estado de madurez muestra la mayor cantidad de carbohidratos y a su vez presenta menor concentración de acidez, es decir, el índice de madurez tiene una relación directa con la cantidad de azúcares en el fruto, mientras que con la acidez va disminuyendo.

Para la determinación del índice de madurez en el fruto de aguaymanto se tomaron en cuenta el °Brix y el pH, realizándose la evaluación al inicio y final del periodo de almacenamiento.

El índice de madurez se determinó con la ecuación (4):

$$\text{Índice de madurez} = \frac{\text{°Brix}}{\text{Acidez}} \quad \dots 4$$

3.4.5.3. Análisis microbiológico de mohos y levaduras (3M™ Petrifilm™)

a) Técnica de recuento en placa por siembra

Dicha técnica se utilizó para el recuento de mohos y levaduras en los frutos de aguaymanto con y sin biopelícula (testigos) almacenados por 20 días a temperatura de refrigeración. A continuación, se detalla el procedimiento:

a.1) Preparación del Agar

- Para la preparación del agar se utilizó un vaso de precipitación de 100 ml añadiendo 50 ml de agua destilada, éste fue llevado al agitador magnético a una temperatura de 70°C, agregando lentamente 2.5 g de Agar Czapek-Dox para evitar la formación de grumos, hasta que llegue a los 100°C.
- Posteriormente, se llevó a autoclavar el Agar Czapek-Dox preparado a una temperatura de 120°C x 60 min.

a.2) Siembra en placa:

- Para la siembra en placa se añadió 15 ml de agar Czapek-Dox preparado, dejando enfriar por 10 min.
- Luego, el fruto de aguaymanto se partió por la mitad utilizando un bisturí estéril y con ayuda de un asa bacteriológica se realizó la siembra en zigzag, dejándolo por un tiempo de 72 horas a temperatura ambiente para su posterior recuento.

3.5. Diseño experimental

El diseño experimental que corresponde es un DCA (Diseño Completamente al Azar), aplicando al ensayo 5 repeticiones. Teniendo como variables de estudio las que se mencionan a continuación:

a) Variable independiente

- Concentraciones de almidón de ñame (C1:2%, C2:3%, C3:4% y C4:5%).

b) Variable dependiente

- Tiempo de vida útil de los frutos de aguaymanto recubiertos.
- Características sensoriales de los frutos recubiertos al término de su almacenamiento.
- Características fisicoquímicas de los frutos recubiertos al término de su almacenamiento.

3.6. Análisis estadístico

Para analizar las características fisicoquímicas tales como °Brix, pH, acidez, índice de madurez y pérdida de peso se utilizó el método del ANOVA para determinar si al menos una de las cuatro concentraciones es diferente, Prueba de Tukey ($p < 0.05$) para realizar comparaciones entre las muestras y determinar si hay diferencias sigüientes entre las concentraciones y la Prueba de Kruskal-Wallis para determinar si cualquiera de las diferencias entre las medianas es estadísticamente significativa entre las concentraciones de almidón de ñame (C1:2%, C2:3%, C3:4% y C4:5%).

Para evaluar los resultados del análisis sensorial se utilizó la Prueba de Friedman.

Se empleó el software estadístico Minitab versión 18 para los respectivos análisis mencionados anteriormente.

IV. RESULTADOS

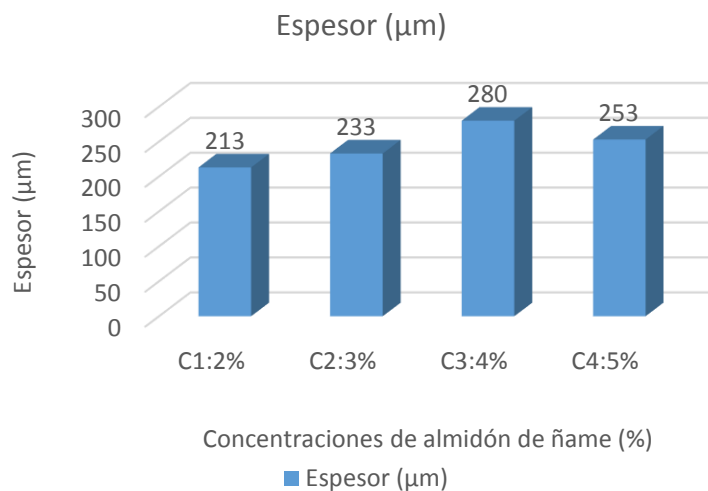
4.1. Caracterización de la biopelícula

a) Determinación del espesor

En la figura 2 se puede observar los resultados del espesor de las biopelículas a diferentes concentraciones de almidón de ñame (C1:2%, C2:3%, C3:4% y C4:5%), presentando en μm el promedio de las tres repeticiones realizadas en cada una de ellas. Basándose en la investigación referencial de Angel (2015), las cuatro concentraciones mostraron un grosor no menor a 0.10 mm.

Figura 2

Espesor de la biopelícula a diferentes concentraciones de almidón de ñame

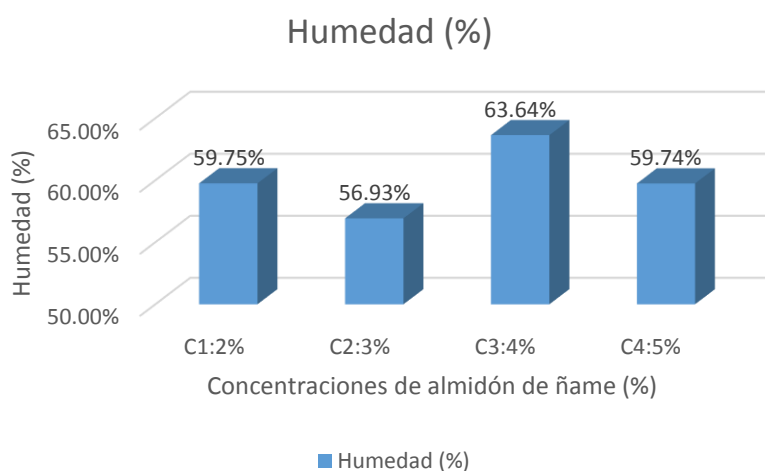


b) Determinación de humedad

En la figura 3 se puede observar los resultados obtenidos de la determinación de humedad expresados en porcentaje. La concentración C1:2% tuvo 59.75% de humedad, C2:3% tuvo 56.93% de humedad, C3:4% tuvo 63.64% de humedad y C4:5% tuvo 59.74% de humedad.

Figura 3

Porcentaje de humedad de la biopelícula

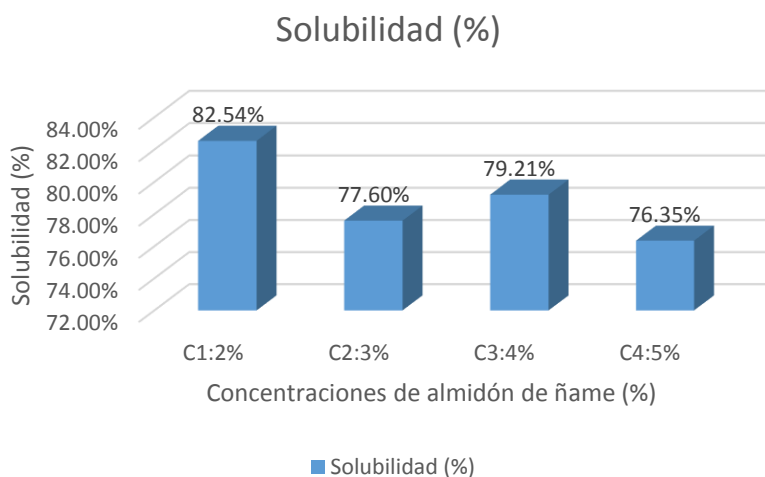


c) Determinación de la solubilidad

En la figura 4 se puede observar los resultados obtenidos de la determinación de solubilidad expresados en porcentaje. La concentración C1:2% tuvo 82.54% de solubilidad, C2:3% tuvo 77.60% de solubilidad, C3:4% tuvo 79.21% de solubilidad y C4:5% tuvo 76.35% de solubilidad.

Figura 4

Porcentaje de solubilidad de la biopelícula



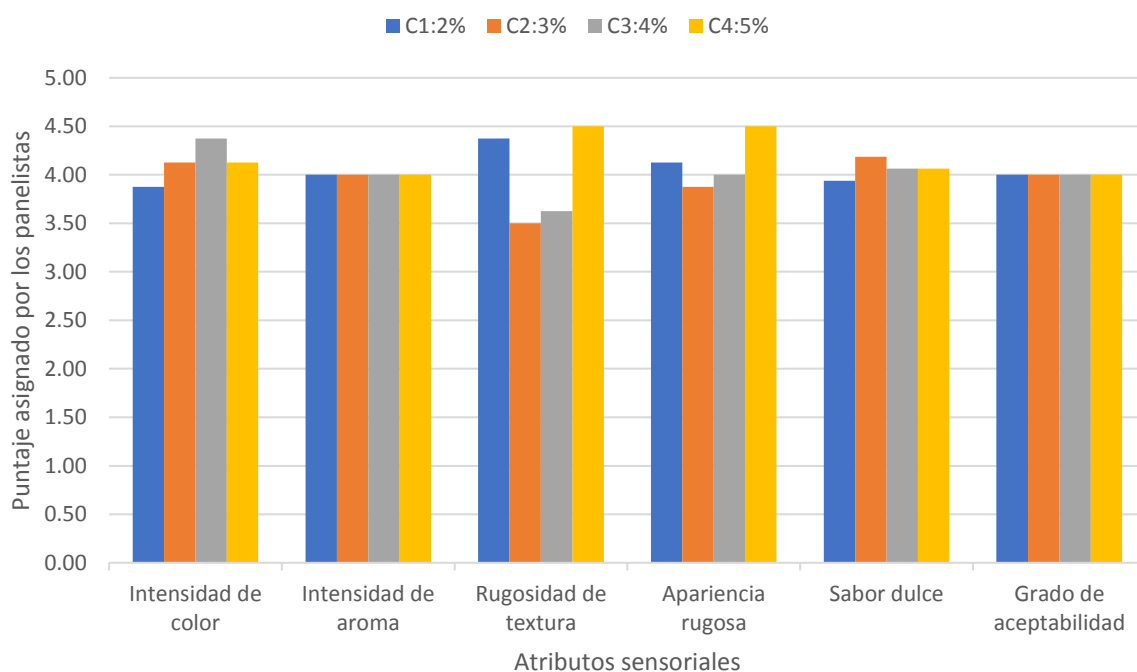
4.2. Evaluación de la mejor concentración de almidón de ñame

Según la figura 5, se muestra el diagrama de barras del análisis sensorial en los frutos de aguaymanto recubierto con biopelícula de almidón de ñame al término de su tiempo de almacenamiento. Observándose que la concentración cuatro comparte con las demás concentraciones atributos sensoriales iguales (intensidad de aroma, sabor dulce y grado de aceptabilidad), pero se diferencia en dos parámetros en específico tales como rugosidad de textura y apariencia rugosa. Es decir, la concentración C4:5% en general tiene mayor grado de aceptabilidad.

Los datos obtenidos del análisis estadístico de las características sensoriales de los frutos de aguaymanto recubiertos con biopelícula se encuentran detallado en el anexo 15.

Figura 5

Diagrama de barras del análisis sensorial de aceptabilidad de los frutos de aguaymanto al término de almacenamiento



Según la tabla 2, se muestra la interpretación análisis sensorial en los frutos de aguaymanto recubierto con biopelícula de almidón de ñame al término de su tiempo de almacenamiento utilizando la Prueba de Friedman, donde la concentración cuatro comparte con las demás concentraciones atributos sensoriales iguales, pero se diferencia en dos parámetros en específico tales como rugosidad de textura y apariencia rugosa.

Tabla 2

Análisis sensorial de aceptabilidad de los frutos de aguaymanto al término de almacenamiento, utilizando la Prueba de Friedman

| Parámetro | Prueba de Friedman | | Interpretación |
|------------------------|--------------------|-------|--|
| | χ^2 | P | |
| Intensidad de color | 10.93 | 0.012 | La mayor aceptación respecto al parámetro de intensidad de color lo obtuvo la concentración 3. |
| Intensidad de aroma | 0.18 | 0.981 | Las cuatro concentraciones respecto al parámetro de intensidad de aroma tienen la misma aceptación, por lo tanto, no hay diferencia significativa entre estas. |
| Rugosidad de textura | 16.66 | 0.001 | La mayor aceptación respecto al parámetro de rugosidad de textura lo obtuvo la concentración 4. |
| Apariencia rugosa | 8.19 | 0.042 | La mayor aceptación respecto al parámetro de apariencia rugosa lo obtuvo la concentración 4. |
| Sabor dulce | 3.06 | 0.382 | Las cuatro concentraciones respecto al parámetro de sabor dulce tienen la misma aceptación, por lo tanto, no hay diferencia significativa entre estas. |
| Grado de aceptabilidad | 1.72 | 0.633 | Las cuatro concentraciones respecto al parámetro de aceptabilidad tienen la misma aceptación, por lo tanto, no hay diferencia significativa entre estas. |

$p \leq 0.05$ (se rechaza la hipótesis nula y se determina que no todas las medianas de población son iguales, es decir hay diferencias significativas entre estas).

$p > 0.05$ (no cuenta con suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula, que las medianas de población son todas diferentes, es decir no hay diferencias significativas entre estas).

4.3. Determinación de las características fisicoquímicas y microbiológicas de los frutos de aguaymanto con biopelícula durante su tiempo de almacenamiento

4.3.1. Análisis fisicoquímico

Antes de iniciar con el Análisis de Varianza, se tiene que realizar la verificación de los supuestos del modelo, para ello se realiza la prueba de normalidad de los residuos, considerando las siguientes hipótesis:

H_0 : Los residuos del modelo siguen una distribución normal.

H_1 : Los residuos del modelo no siguen una distribución normal.

Luego de realizado la prueba, usando la normalidad de los residuos si el valor p es mayor a 0.05 se acepta la hipótesis nula, ya que, los residuos del modelo siguen una distribución normal, a un nivel de significancia del 5%.

El siguiente requisito para proceder a usar pruebas paramétricas tipo ANOVA, se debe de determinar si las varianzas son homogéneas, hallándose que el valor p es mayor a 0.05, aceptándose la hipótesis nula que considera que las varianzas son homogéneas. Es por ello que se aplicó el Análisis de Varianza en los parámetros de pérdida y acidez titulable.

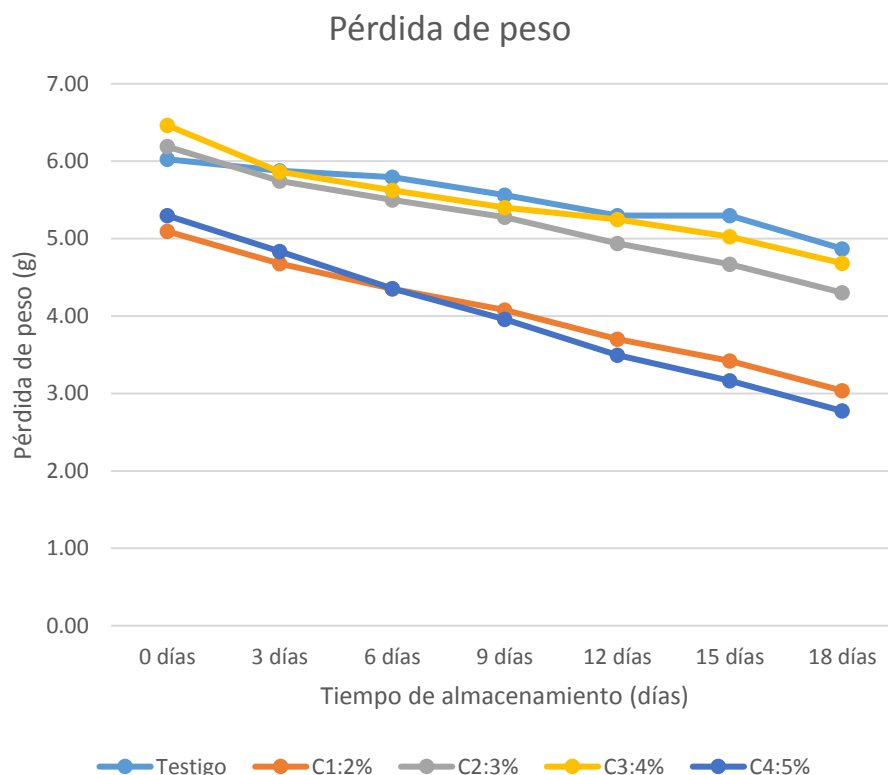
Los gráficos de la normalidad de residuos e igualdad de varianzas de dichos parámetros se encuentran desde la figura 64 a la 67.

a) Pérdida de peso

En la figura 6 se muestra los resultados de la pérdida de peso en las cuatro concentraciones de almidón de ñame (C1:2%, C2:3%, C3:4% y C4:5%), desde el día 0 hasta los 18 días de almacenamiento. Observándose que los frutos recubiertos con biopelícula y los testigos (sin biopelícula) a diferentes concentraciones tienen una curva decreciente, siendo la concentración C1:2% y C4:5% las que muestran mayor pérdida de peso. Para determinar la mejor concentración de almidón de ñame en los frutos de aguaymanto, se parte del efecto observado en la pérdida de peso que causa la biopelícula en el fruto.

Figura 6

Pérdida de peso en gramos hasta los 18 días de almacenamiento



En la tabla 3 se muestra la interpretación de la pérdida de peso a diferentes concentraciones. Además, se aplicó la comparación de Tukey en la tabla 4.

Los datos obtenidos del análisis estadístico de la pérdida de peso se encuentran detallados en la tabla 24.

Tabla 3

Análisis de Varianza de la pérdida de peso

| Parámetro | Análisis de varianza | | Interpretación |
|-----------------|----------------------|-------|--|
| | F | P | |
| Pérdida de peso | 8.97 | 0.001 | En cuanto a la pérdida de peso al menos una de las concentraciones es diferente. |

$P < 0.01^{**}$ (altamente significativo a un 1%).

$P < 0.05^{*}$ (diferencias significativas a un 5 %).

En la tabla 4, se muestra la agrupación de la información utilizando el método de Tukey y un nivel de confianza del 95%. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes, siendo la concentración C1:2% y C4:5%, las que perdieron mayor peso.

Tabla 4

Comparaciones en pareja de Tukey

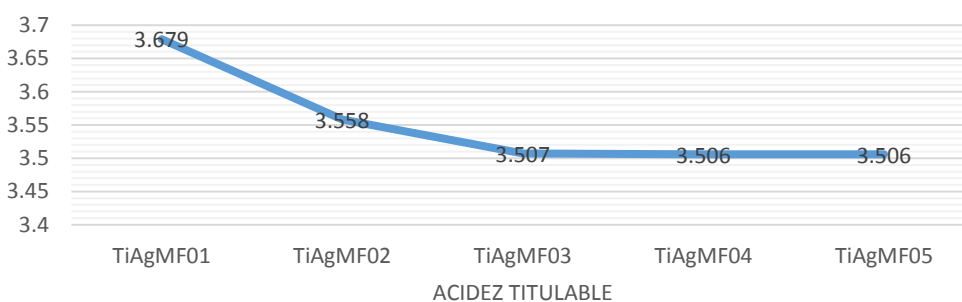
| Concentraciones | N | Media | Agrupación |
|-----------------|---|-------|------------|
| C3 | 5 | 4.486 | A |
| C2 | 5 | 4.302 | A |
| C1 | 5 | 3.036 | B |
| C4 | 5 | 2.774 | B |

b) Acidez titulable

En la figura 7 se muestra los resultados de la acidez titulable de los frutos de aguaymanto frescos, evaluados en el día 0. Observándose que la acidez titulable en las cinco repeticiones guarda similitud, ya que, pertenece a la misma muestra.

Figura 7

Acidez titulable evaluados en el día 0

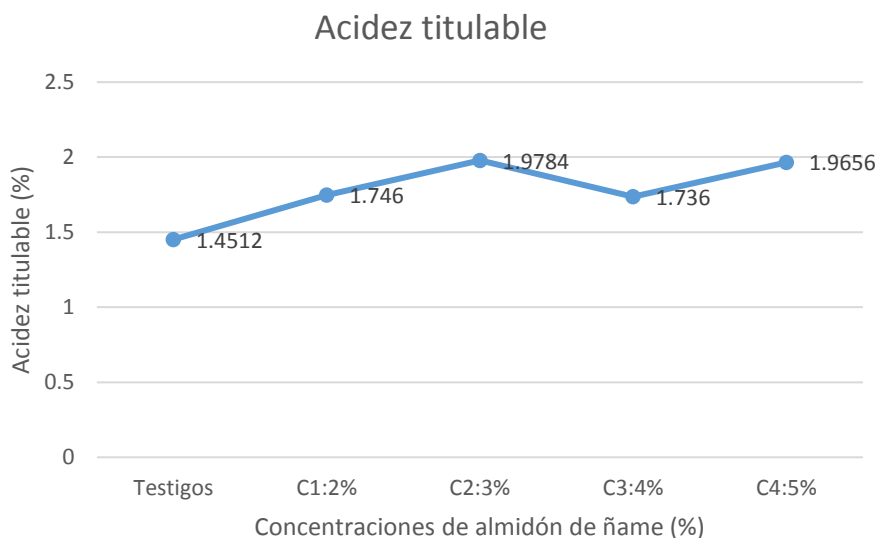


Nota. La titulación del aguaymanto en madurez fisiológica se codifico como TiAgMF.

Respecto a la figura 8 se muestra los resultados de la acidez titulable de los frutos de aguaymanto recubierto con biopelícula de almidón de ñame a diferentes concentraciones (C1:2%, C2:3%, C3:4% y C4:5%), evaluados al término de almacenamiento de los 20 días. Observándose que la concentración C2 (1.9784%) y C4 (1.9656%) tienen mayor concentración de ácido cítrico, respecto a las otras.

Figura 8

Acidez titulable evaluados a los 20 días de almacenamiento



En la tabla 5 se muestra la interpretación de la acidez titulable a diferentes concentraciones. Además, se aplicó la comparación de Tukey en la tabla 6.

Los datos obtenidos del análisis estadístico de la acidez titulable se encuentran detallado en la tabla 25.

Tabla 5

Análisis de Varianza de la acidez titulable

| Parámetro | Análisis de varianza | | Interpretación |
|------------------|----------------------|-------|---|
| | F | P | |
| Acidez titulable | 86.82 | 0.000 | En cuanto a la acidez titulable al menos una de las concentraciones es diferente. |

$P < 0.01^{**}$ (altamente significativo a un 1%).

$P < 0.05^{*}$ (diferencias significativas a un 5 %).

En la tabla 6, se muestra la agrupación de la información utilizando el método de Tukey y un nivel de confianza del 95%. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes, siendo la concentración C2:3% y C4:5% las que presentaron mayor concentración de ácido cítrico.

Tabla 6*Comparaciones en pareja de Tukey*

| Concentraciones | N | Media | Agrupación |
|------------------------|----------|--------------|-------------------|
| C2 | 5 | 1.9784 | A |
| C4 | 5 | 1.9656 | A |
| C1 | 5 | 1.746 | B |
| C3 | 5 | 1.736 | B |

En cuanto a los parámetros de pH, °Brix e índice de madurez no se aplicó el ANOVA, ya que, la prueba de normalidad de los residuos valor p es menor a 0.05, aceptándose la Hipótesis alternativa, y rechazando la Hipótesis nula, por lo que se considera que los residuos no tienen una distribución normal.

H₀: Los residuos tienen distribución normal.

H₁: Los residuos no tienen distribución normal.

Es por ello que se aplicó la Prueba de Kruskal Wallis para determinar las diferencias significativas mínima entre concentraciones.

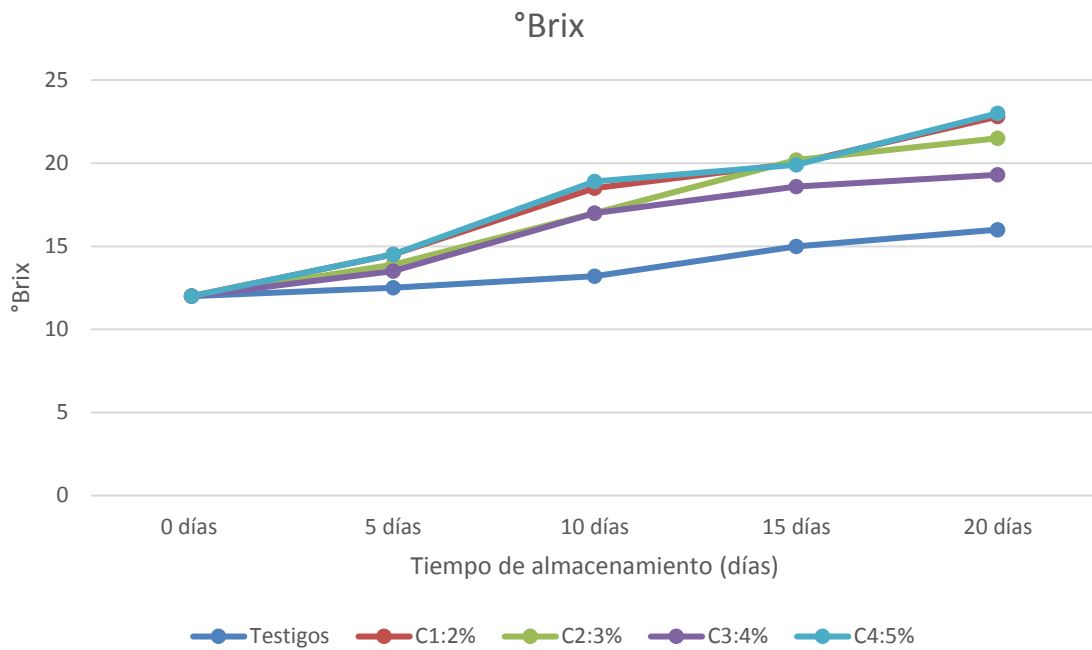
La gráfica de normalidad de residuos e igualdad de varianzas de dichos parámetros se encuentran desde la figura 68 a la 72.

c) Determinación de Sólidos Solubles Totales (S.S.T.)

En la figura 9 se muestra los resultados de los Sólidos Solubles Totales de los frutos de aguaymanto recubiertos con biopelícula de almidón de ñame a diferentes concentraciones (C1:2%, C2:3%, C3:4% y C4:5%), evaluados desde el día 0 hasta los 20 días de almacenamiento. Observándose que los frutos recubiertos con biopelícula y los testigos (sin biopelícula) a distintas concentraciones tienen una curva creciente, siendo la concentración C4:5% la que presentó mayor cantidad de azúcares.

Figura 9

Sólidos Solubles Totales hasta los 20 días de almacenamiento



En la tabla 7 se muestra la interpretación de los datos obtenidos en la determinación de los Sólidos Solubles Totales.

Los datos obtenidos del análisis estadístico de los Sólidos Solubles Totales se encuentran detallados en las tablas 26 y 27.

Tabla 7

Prueba de Kruskal-Wallis de Sólidos Solubles Totales

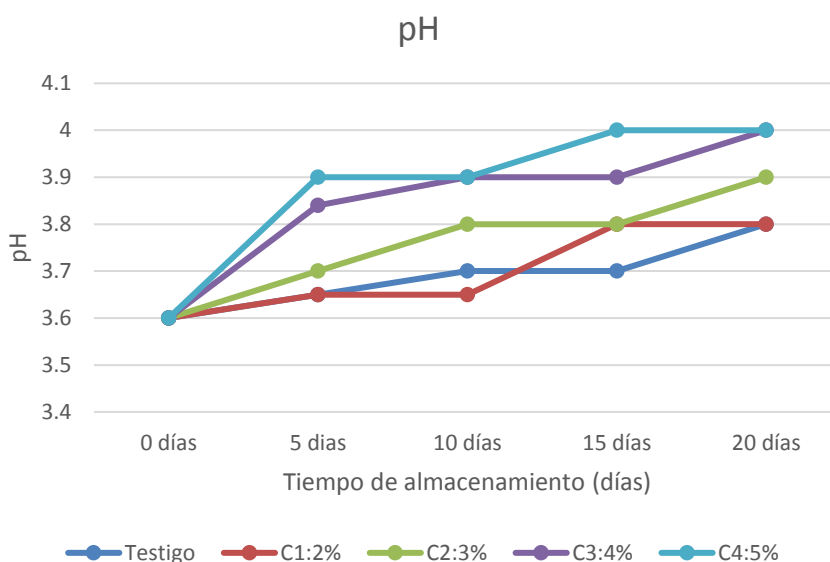
| Parámetro | Kruskal-Wallis | | Observación |
|-----------|----------------|-------|--|
| | H | P | |
| °Brix | 14.22 | 0.003 | En cuanto a los Sólidos Solubles Totales al menos una de las concentraciones es diferente. |

d) Determinación del pH

En la figura 10 se muestra los resultados del pH de los frutos de aguaymanto recubiertos con biopelícula de almidón de ñame a diferentes concentraciones (C1:2%, C2:3%, C3:4% y C4:5%), evaluados desde el día 0 hasta los 20 días de almacenamiento. Observándose que los frutos recubiertos con biopelícula y los testigos (sin biopelícula) a distintas concentraciones tienen una curva creciente, siendo la concentración C3:4% y C4:5% las que presentaron menor pH en la escala de acidez.

Figura 10

pH hasta los 20 días de almacenamiento



En la tabla 8 se muestra la interpretación de los datos obtenidos en la determinación del pH.

Los datos obtenidos del análisis estadístico del pH se encuentran detallados en las tablas 28 y 29. La concentración 3 y 4 mostraron menor pH en la escala de acidez.

Tabla 8

Prueba de Kruskal-Wallis del pH

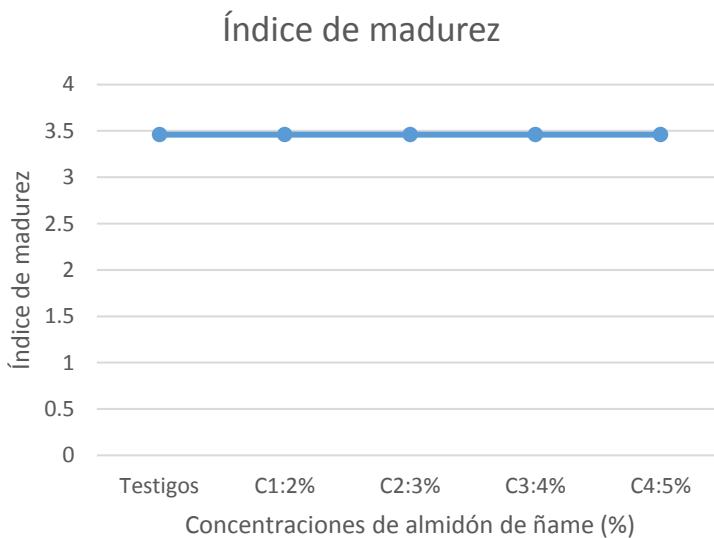
| Parámetro | Kruskal-Wallis | | Observación |
|-----------|----------------|-------|---|
| | H | P | |
| pH | 10.87 | 0.012 | En cuanto a la acidez al menos una de las concentraciones es diferente. |

e) Índice de madurez

En la figura 11 se muestra los resultados del índice de los frutos de aguaymanto frescos, evaluados en el día 0. Observándose que el índice de madurez en las cinco repeticiones es igual, ya que, pertenece a la misma muestra.

Figura 11

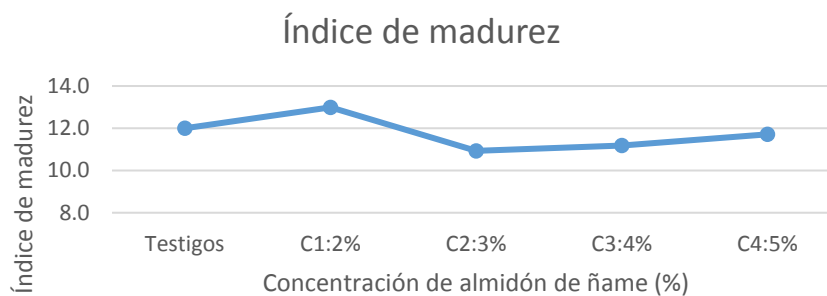
Índice de madurez evaluados en el día 0



Respecto a la figura 12 se muestra los resultados del índice de madurez de los frutos de aguaymanto recubiertos con biopelícula de almidón de ñame a diferentes concentraciones (C1:2%, C2:3%, C3:4% y C4:5%), evaluados al término de almacenamiento de los 20 días. Observándose que la concentración C1 tiene mayor índice de acidez respecto a las otras.

Figura 12

Índice de madurez evaluados a los 20 días de almacenamiento



En la tabla 9 se muestra la interpretación de los datos obtenidos en la determinación del índice de madurez.

Los datos obtenidos del análisis estadístico del índice de madurez se encuentran detallados en las tablas 30 y 31.

Tabla 9

Prueba de Kruskal-Wallis del índice de madurez

| Parámetro | Kruskal-Wallis | | Observación |
|-------------------|----------------|-------|--|
| | H | P | |
| Índice de madurez | 12.71 | 0.005 | En cuanto al índice de madurez al menos una de las concentraciones es diferente. |

4.3.3. Análisis microbiológico

Los resultados obtenidos se contrastaron según la RM N°591-2008/MINSA, el aguaymanto deshidratado se encuentra en el grupo XIV de frutas, hortalizas, frutos frescos y otros vegetales.

Tabla 10

Análisis microbiológico en aguaymanto con biopelícula en sus diferentes concentraciones después de 20 días de almacenamiento

| Agente microbiano | Categoría | Clase | n | c | Limite por g. | | Resultado | | | | |
|-------------------|-----------|-------|---|---|-----------------|-----------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|
| | | | | | m | M | Testigos | C ₁ | C ₂ | C ₃ | C ₄ |
| | | | | | | | | | | | |
| Mohos | 2 | 3 | 5 | 2 | 10 ² | 10 ³ | Presencia | Ausencia | Ausencia | Ausencia | Ausencia |
| Levaduras | 2 | 3 | 5 | 2 | 10 ² | 10 ³ | 1.4x10 ⁴ | 1x10 ¹ | 8.9x10 ² | 1x10 ¹ | 9.6x10 ² |

Testigos: Aguaymanto sin biopelícula.

C₁ (ñame 2%): Aguaymanto con biopelícula.

C₂ (ñame 3%): Aguaymanto con biopelícula.

C₃ (ñame 4%): Aguaymanto con biopelícula.

C₄ (ñame 5%): Aguaymanto con biopelícula.

Se determinó que el análisis microbiológico de sembrado en placas para mohos y levaduras realizado a los frutos de aguaymanto con efecto de pérdida de peso al día 20 del proceso de experimentación guarda concordancia con la RM N°591-2008/MINSA, siendo esta presente norma la que establece las condiciones microbiológicas de calidad sanitaria e inocuidad que deben cumplir los alimentos destinados al consumo humano. Al comparar los resultados de este análisis con los límites mínimos (mohos y levaduras de 10^2 por gramo) y máximos (mohos y levaduras de 10^3 por gramo) que permite la norma se observó que todas las concentraciones se encuentran dentro de los rangos permisibles establecidos, como se observa en el anexo 13.

V. DISCUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en el numeral 4.1 referente a la caracterización de la biopelícula a base de almidón de ñame (*D. trifida*), mostraron variaciones mínimas en los parámetros evaluados en las cuatro concentraciones (C1:2%, C2:3%, C3:4% y C4:5%), espesor (C1 – 210 μm , C2 – 230 μm , C3 – 280 μm y C4 – 250 μm), humedad (C1 – 59.75%, C2 – 56.93%, C3 – 63.64% y C4 – 59.74%) y solubilidad (C1 – 82.54%, C2 – 77.60%, C3 – 79.21% y C4 – 76.35%), dichos parámetros evaluados concuerdan con la investigación de Angel (2015) donde refiere que el espesor no debe ser menor a 0.10 mm y a mayor humedad mayor solubilidad.

La biopelícula a base de almidón de ñame permite la pérdida de humedad, ya que, el ñame es un polisacárido, generando como efecto que los frutos de aguaymanto pierdan peso, mostrando mejores resultados las concentraciones C1:2% y C4:5%, lo que coincide con la investigación de (Krochta y De Mulder, 1997) donde afirma que el tipo de biopelículas a base de polisacáridos presentan una débil barrera de pérdida de humedad.

El efecto de acuerdo a los resultados obtenidos en el numeral 4.3.2 concerniente al análisis fisicoquímico de los frutos de aguaymanto recubiertos con biopelícula a base de almidón de ñame evaluados al término de su proceso de aplicación fue que la concentración cuatro obtuvo mejores resultados tales como 3.98 gramos de pérdida de peso, 1.9656 de acidez titulable, 23 de °Brix, 4 de pH y 11.701 de índice de madurez. Dichos resultados coinciden con la investigación de (Drake *et al.*, 1988) donde menciona que la biopelícula a base de polisacáridos no impide suficientemente la transmisión de vapor de agua, causando una variación notable en sus características fisicoquímicas de los frutos.

La concentración cuatro de la biopelícula a base de almidón de ñame microbiológicamente es confiable para su aplicación, concordando con la RM N°591-2008/MINSA que establece los criterios microbiológicos aceptables para alimentos inocuos.

VI. CONCLUSIONES

En esta investigación se llegó a las siguientes conclusiones:

- La concentración que obtuvo mejores resultados de las cuatro muestras procesadas fue la C4, elaborándose una biopelícula con 2.5% goma arábica, 1.25% CMC, 15% glicerol, 0.05% sorbato de potasio y 5% de almidón de ñame; presentando los siguientes parámetros: 250 μm de espesor, 59.74% de humedad y 76.35% de solubilidad. Dicha concentración causó un efecto más notable en los frutos recubiertos con la biopelícula.
- En la evaluación de las características sensoriales y fisicoquímicas se tuvieron en cuenta las muestras testigos (frutos sin biopelícula) para realizar las comparaciones y determinar el compartimiento de los frutos de aguaymanto recubiertos con biopelícula de almidón de ñame, determinándose que la biopelícula de almidón de ñame conserva los atributos sensoriales del fruto de aguaymanto a los 20 días de almacenamiento y los frutos sin biopelícula se deterioran a los 12 días de almacenamiento.
- Para determinación de la mejor concentración de almidón de ñame en la biopelícula se evaluó las características sensoriales en la muestra testigos (frutos de aguaymanto recubierto con biopelícula de almidón de ñame), a diferentes concentraciones (C1:2%, C2:3%, C3:4% y C4:5%), al término de su tiempo de almacenamiento (20 días); determinándose con la Prueba de Friedman que la concentración C4 comparte con las demás concentraciones atributos sensoriales iguales (intensidad de aroma, sabor dulce y grado de aceptabilidad), pero se diferencia en dos parámetros en específico tales como rugosidad de textura y apariencia rugosa. Es decir, la concentración C4:5% en general tiene mayor grado de aceptabilidad.

- El efecto que causó la biopelícula a base de almidón de ñame a diferentes concentraciones (C1:2%, C2:3%, C3:4% y C4:5%) respecto a las características fisicoquímicas en los frutos de aguaymanto al término de los 20 días de almacenamiento, fue que la concentración cuatro obtuvo mejores resultados tales como 3.98 gramos de pérdida de peso, 1.9656 de acidez titulable, 23 de °Brix, 4 de pH y 11.701 de índice de madurez.
- La biopelícula de la concentración C4 con 5% de almidón de ñame microbiológicamente es confiable para la aplicación en frutos de aguaymantos, ya que, se encuentra dentro del límite permisible de mohos (ausencia) y levaduras (9.6×10^2).

VII. RECOMENDACIONES

- Para la caracterización de la biopelícula se recomienda realizar el servido en moldes con bajo rango de diferencia de diámetro, para evitar una variación del espesor en algunas muestras al momento de realizar la medición.
- Se recomienda realizar mayor investigación sobre los efectos de biopelículas a base de polisacáridos aplicados en frutos de aguaymanto, para poder abrir nuevas líneas de investigación en los métodos de conservación en frutas de potencial agroindustrial.
- Se recomienda para la aplicación de la biopelícula en los frutos de aguaymanto a nivel industrial, utilizar máquina de aspersion

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arevalo, V., Azucena, G. & Láñez, S. (2018) *Formulación y caracterización de una biopelícula comestible elaborada a partir de almidón de sorgo (Sorghum bicolor L. Moench) y yuca (Manihot esculenta)* (Tesis de pregrado). Universidad De El Salvador, San Salvador, Salvador.
- Amarante, C. & Banks, N. (2001). Postharvest physiology and quality of coated fruits and vegetables. *Horticultural*, 26, 161-237.
- Angel, N. (2015). *Efecto de un recubrimiento comestible funcional a base de goma guar sobre la calidad postcosecha de la guayaba* (Tesis de pregrado). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Coahuila, México.
- 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 doctoral). Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa, México.
- Cortes, K. (2018). *Aditivos Alimentarios* (Tesis de pregrado). Universidad Autónoma Agraria Antonio Navarro, Coahuila, México.
- Drake, S., Kupferman, E. & Fellman, J. (1988). Calidad de la cereza dulce (*Prunus avium* L) según la influencia de los recubrimientos de cera y la temperatura de almacenamiento. *Revista de Ciencia Alimentaria*, 25(1), 124 - 126.
- Fischer, G. & Martínez, O. (2000). Calidad y madurez de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en relación con la coloración del fruto. *Agronomía colombiana*, 16(1-3), 35.
- Krochta, J. & De Mulder, C. (1997). Polímero comestible y biodegradable - Películas: retos y oportunidades. *Tecnología de alimentos*, 51 (2), 61 - 74.
- Mannheim, C. & Soffer, T. (1996). Permeabilidad de diferentes recubrimientos de cera y su efecto sobre la calidad de los cítricos. *J. Agric. Química de alimentos*, 44(1), 919-923.
- Mei, Y. & Zhao, Y. (2003). Barrera y propiedades mecánicas de comestibles a base de proteínas de la leche películas que contienen nutraceuticos. *Revista de química agrícola y alimentaria*, 51(1), 1914 - 1918.
- Pauta, D. (2018). *Recubrimientos comestibles a base de almidón y goma gelano para la conservación postcosecha de la manzana* (Tesis de maestría). Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.
- Ramos, M., Romero, C. & Bautista, S. (2018, 30 de junio). Almidón modificado: Propiedades y usos como recubrimientos comestibles para la conservación de frutas y hortalizas frescas. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, Recuperado de <https://www.redalyc.org/jatsRepo/813/81355612003/81355612003.pdf>.

- Risch, S. (2000, 20 de abril). *New developments in packaging materials*. *SciELO*. Obtenido de <https://pubs.acs.org/isbn/9780841236172>
- Romero, C., Zamudio, P. & Bello, L. (2005). Antimicrobianos en películas de almidón de plátano: efecto sobre la actividad antibacteriana, microestructura, propiedades mecánicas y barrera. *Polímeros de carbohidratos*, 60(1), 235 - 244.
- Valle, S., López, O., Reyes, M.,Castillo J. & Santos, A. (2008). *Recubrimiento comestible basado en goma arábica y carboximetilcelulosa para conservar frutas en atmósfera modificada*. *SciELO*. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027-152X2008000300002
- Vázquez, M., & Guerrero, J. (2013). Recubrimientos de frutas con biopelículas. *Temas selectos de Ingeniería de Alimentos*, 7(2), 14-5.
- Velásquez, E., & Velásquez, K. (2017). *Evaluación de las características fisicoquímicas del aguaymanto (Physalis peruviana L.) de la zona andina y selva en diferentes estados de madurez* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú.

DEDICATORIA

A Dios por permitirme lograr este objetivo propuesto en mi vida.

A mis padres Amelia y Juan por guiarme y apoyarme incondicionalmente para lograr mis metas.

A mis hermanos Jhon, Grease y Luana para que éste logro les sirva de ejemplo, que todo sacrificio y esfuerzo tiene su recompensa.

A mi abuela Blanca le dedicó en especial éste logro, por todo el amor y cuidados que me brindó desde niña y por ser el motor y motivo para seguir luchando por mis metas.

A toda mi familia por su estima y consideración hacia mi persona.

A mis amigos/as y a todas las personas que me brindaron su apoyo.

Blanca Maricielo Hilatoma Quevedo

A Dios por darme la vida y la fuerza para lograr cada meta que me he propuesto y me propondré. A mi padre por su apoyo a lo largo de mi formación profesional, a mi madre por su apoyo, amor incondicional y consejos que no permitieron que tomara malas decisiones. Se lo dedico también a todas las personas que con su apoyo desinteresado contribuyeron al logro de esta investigación, Dios los bendiga.

Elmer Lenin Núñez Rojas

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por la vida y por permitirnos lograr esta meta propuesta.

A nuestro asesor M. Sc. Luis Alberto Núñez Alejos por brindarnos sus conocimientos, apoyo y recomendaciones en la realización del presente trabajo de investigación.

Además, agradecer al M. Sc. Adán Díaz Ruiz por compartir sus conocimientos y brindarnos su ayuda durante la ejecución de la tesis, asimismo por permitirnos hacer uso del laboratorio del Taller de Alimentos.

A la Universidad Nacional de Jaén nuestra alma mater por formarnos profesionalmente y brindarnos sus instalaciones para cumplir este logro anhelado.

Al I.E.S.T.P. “Santa María De Nieva – Fe y Alegría 74” por permitirnos hacer uso de los laboratorios de Industrias Alimentarias. Y asimismo agradecer a la Hermana directora de dicha institución y a todo el equipo que labora en él, por animarnos y apoyarnos constantemente.

Gracias a todas las personas que nos brindaron su apoyo desinteresadamente y contribuyeron en la realización del presente trabajo de investigación.

ANEXOS

ANEXO 1. Fotografías de la recolección y preparación de la muestra de ñame para su identificación botánica.

Figura 13

Recolección de tubérculos de ñame



Figura 14

Recolección de tallos de ñame



Figura 15

Recolección de hojas de ñame



Figura 16

Recolección de muestras



Figura 17

Selección de los frutos



Figura 18

Selección de tallos



Figura 19

Acondicionamiento de los tallos



Figura 20

Acondicionamiento de las hojas



Figura 21

Prensado de las muestras



ANEXO 2. Certificado de la identificación botánica del ñame blanco (*Dioscorea trifida*).

JOSÉ RICARDO CAMPOS DE LA CRUZ
CONSULTOR BOTÁNICO
C. B. P. N° 3796
Tel: 017512863 RPM 963689079
Email: jocamde@gmail.com



CERTIFICACIÓN DE IDENTIFICACION BOTÁNICA

JOSÉ RICARDO CAMPOS DE LA CRUZ. BIÓLOGO COLEGIADO- N° 3796 – INSCRITO CON EL N° 36 EN EL REGISTRO DE PROFESIONALES QUE REALIZAN CERTIFICACIÓN DE IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA DE ESPECÍMENES Y PRODUCTOS DE FLORA - RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 0311-2013- MINAGRI-DGFFS-DGEFFS.

CERTIFICA:

Que, los Bachilleres **BLANCA MARICIELO HILATOMA QUEVEDO** y **ELMER LENIN NÚÑEZ ROJAS**, egresados de la Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de Jaén, con fines de investigación, para desarrollar una tesis, han solicitado la identificación y certificación botánica de una planta colectada en la Comunidad Nativa de Hebrón, provincia de Condorcanqui, departamento de Amazonas, donde es conocida con el nombre vulgar de “yampf” o “ñame blanco”, la muestra ha sido identificada como *Dioscorea trifida* L. f. Y según el Sistema de clasificación APG, sistema moderno de clasificación de las angiospermas publicado en 1998 por el Grupo para la Filogenia de las Angiospermas, revisado por APG II (2003), APG III (2009) y APG IV (2016) comparado con el Sistema Integrado de Clasificación de las Angiospermas de Arthur Cronquist. (1981), ocupa las siguientes categorías taxonómicas.

| Categorías | SISTEMA APG-2016 | SISTEMA CRONQUIST 1981 |
|------------|--------------------------------|--------------------------------|
| REINO | Plantae | Plantae |
| DIVISIÓN | Angiospermae | Magnoliophyta |
| CLASE | Equisetopsida | Liliopsida |
| SUBCLASE | Magnoliidae | Lilidae |
| SUPERORDEN | Lilianae | |
| ORDEN | Dioscoreales | Liliales |
| FAMILIA | <i>Dioscoreaceae</i> | <i>Dioscoreaceae</i> |
| GENERO | <i>Dioscorea</i> | <i>Dioscorea</i> |
| Especie | <i>Dioscorea trifida</i> L. f. | <i>Dioscorea trifida</i> L. f. |

Se expide la presente certificación para fines de investigación científica.

Lima, 15 de setiembre del 2019



 José Ricardo Campos de La Cruz
 BIÓLOGO
 C.B.P. 3796

Jr. Sánchez Silva 156 – 2do. Piso- Urbanización Santa Luzmila – Lima 07

ANEXO 3. Fotografías del proceso para la obtención de almidón de ñame.

Figura 22

Pesado del ñame



Figura 23

Filtrado



Figura 24

Mezcla de agua y ñame rallado



Figura 25

Almidón reposado



Figura 26

Pulverización del almidón de ñame



ANEXO 4. Fotografías del proceso para la elaboración de la biopelícula a base de almidón de ñame.

Figura 27

Pesado de insumos



Figura 28

Homogenizado en baño maría de la biopelícula



Figura 29

Acondicionamiento de los moldes

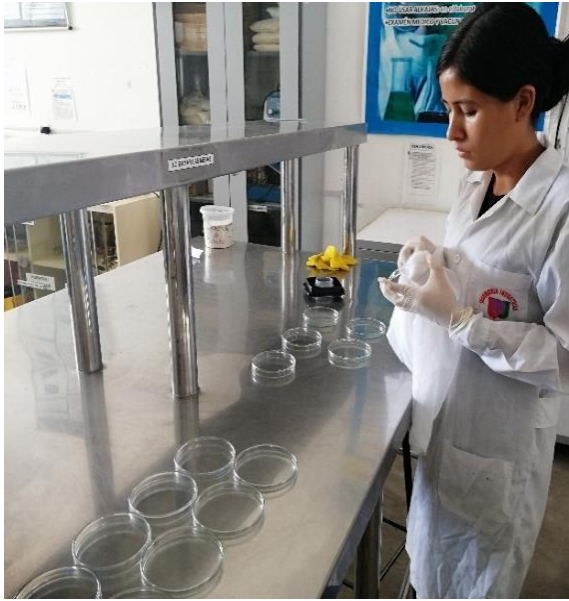


Figura 30

Moldes servidos



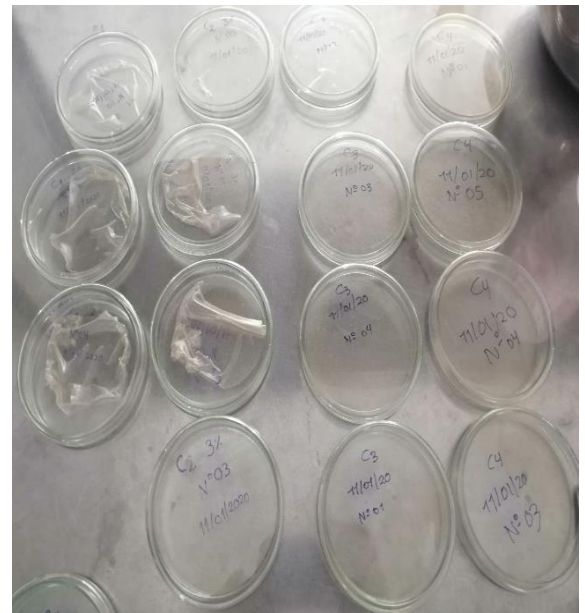
Figura 31

Secado de las biopelículas



Figura 32

Desmoldado de las biopelículas



ANEXO 5. Fotografías de los frutos frescos de aguaymanto recubiertos con la biopelícula.

Figura 33

Pesado de los frutos de aguaymanto



Figura 34

Acondicionado de los frutos de aguaymanto



Figura 35

Muestras de la biopelícula líquida



Figura 36

Secado de los frutos con biopelícula



ANEXO 6. Fotografías de los análisis fisicoquímicos a la biopelícula a base de almidón de ñame.

Figura 37

Muestras de las biopelículas secas

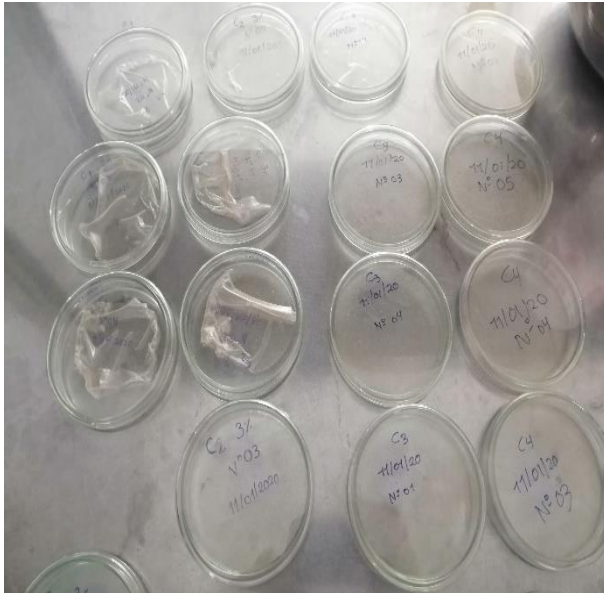


Figura 38

Determinación de la humedad



Figura 39

Determinación de la solubilidad



Figura 40

Determinación del espesor



ANEXO 7. Fotografías de los análisis fisicoquímicos de los frutos frescos de aguaymanto sin la biopelícula.

Figura 41

Triturado de la muestra



Figura 42

Determinación del °Brix



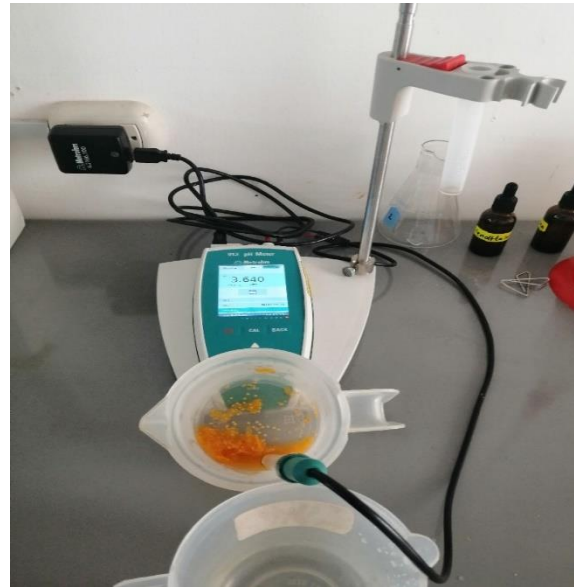
Figura 43

Determinación de la acidez titulable



Figura 44

Determinación del pH



ANEXO 8. Fotografías de los análisis fisicoquímicos de los frutos frescos de aguaymanto recubiertos con la biopelícula.

Figura 45

Muestras de frutos de aguaymantos recubiertos



Figura 46

Preparación de las muestras



Figura 47

Muestras trituradas



Figura 48

Determinación del °Brix

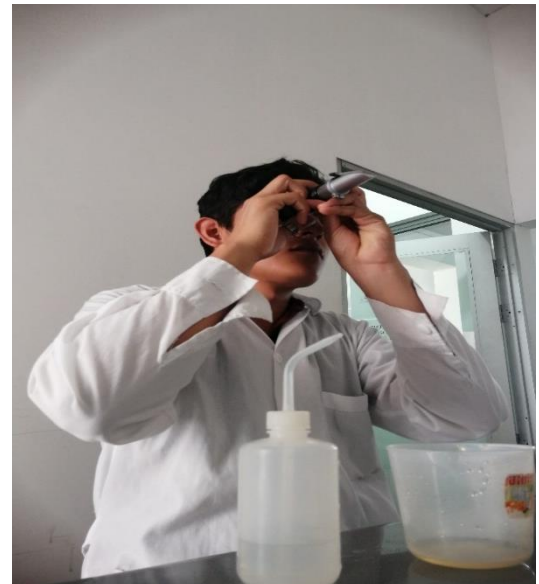


Figura 49

Determinación del pH



Figura 50

Determinación de la acidez titulable



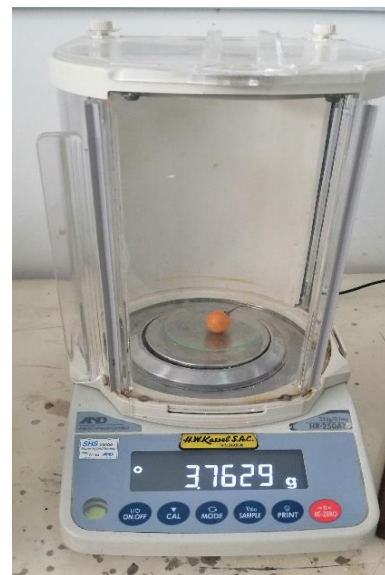
Figura 51

Resultados de la acidez titulable



Figura 52

Determinación de la pérdida de peso



ANEXO 9. Ficha de evaluación de análisis sensorial.

Ficha de análisis sensorial de la tesis: Efecto de la biopelícula de almidón de ñame (*Dioscorea trifida*) en la conservación de aguaymanto (*Physalis peruviana L.*).

NOMBRES Y APELLIDOS:

FECHA:

A continuación se mostrará la ficha de análisis sensorial para evaluar las muestras por concentraciones y testigos. Señale sobre la escala de puntuación según lo que usted crea conveniente, siendo (0) la calificación más baja y cinco (5) la más alta.

*RUGOSIDAD DE TEXTURA: Evaluar según el nivel de deshidratación

| ASPECTOS | ANÁLISIS SENSORIAL | | | | |
|------------------------|--------------------|----|----|----|----|
| | PUNTAJE | | | | |
| | TESTIGOS | C1 | C2 | C3 | C4 |
| INTENSIDAD DE COLOR | | | | | |
| INTENSIDAD DE AROMA | | | | | |
| RUGOSIDAD DE TEXTURA | | | | | |
| APARIENCIA RUGOSA | | | | | |
| SABOR DULCE | | | | | |
| GRADO DE ACEPTABILIDAD | | | | | |

CALIFICACIÓN:

| | |
|----------------------------|---|
| ME GUSTA MUCHO | 5 |
| ME GUSTA MODERADAMENTE | 4 |
| ME GUSTA POCO | 3 |
| NO ME GUSTA NI ME DISGUSTA | 2 |
| ME DISGUSTA POCO | 1 |
| ME DISGUSTA MUCHO | 0 |

ANEXO 10. Puntaje asignado por los panelistas a los atributos de la ficha de análisis sensorial.



Ficha de análisis sensorial de la tesis: Efecto de la biopelícula de almidón de ñame (*Dioscorea trifida*) en la conservación de aguaymanto (*Physalis peruviana L.*).

NOMBRES Y APELLIDOS: *Joselin Cabrera*

FECHA: *13-02-2020*

A continuación se mostrará la ficha de análisis sensorial para evaluar las muestras por concentraciones y testigos. Señale sobre la escala de puntuación según lo que usted crea conveniente, siendo (0) la calificación más baja y cinco (5) la más alta.

*RUGOSIDAD DE TEXTURA: Evaluar según el nivel de deshidratación

| ASPECTOS | ANÁLISIS SENSORIAL | | | | |
|------------------------|--------------------|----|----|----|----|
| | PUNTAJE | | | | |
| | TESTIGOS | C1 | C2 | C3 | C4 |
| INTENSIDAD DE COLOR | | 3 | 4 | 5 | 4 |
| INTENSIDAD DE AROMA | | 4 | 3 | 4 | 4 |
| RUGOSIDAD DE TEXTURA | | 4 | 4 | 4 | 5 |
| APARIENCIA RUGOSA | | 4 | 5 | 4 | 5 |
| SABOR DULCE | | 4 | 5 | 5 | 4 |
| GRADO DE ACEPTABILIDAD | | 4 | 4 | 3 | 5 |

CALIFICACIÓN:

| | |
|----------------------------|---|
| ME GUSTA MUCHO | 5 |
| ME GUSTA MODERADAMENTE | 4 |
| ME GUSTA POCO | 3 |
| NO ME GUSTA NI ME DISGUSTA | 2 |
| ME DISGUSTA POCO | 1 |
| ME DISGUSTA MUCHO | 0 |

Nota. La ficha de análisis sensorial de productos terminados es proporcionada por la Ing. Betty Salazar Tenicela.

ANEXO 11. Fotografías realizando el análisis sensorial.

Figura 53

Muestras a evaluar



Figura 54

Panelista registrando en la ficha de evaluación



ANEXO 12. Fotografías de los análisis microbiológicos a los frutos recubiertos con biopelícula a base de almidón de ñame.

Figura 55

Pesado del agar Czapek-Dox



Figura 56

Preparación del medio de cultivo

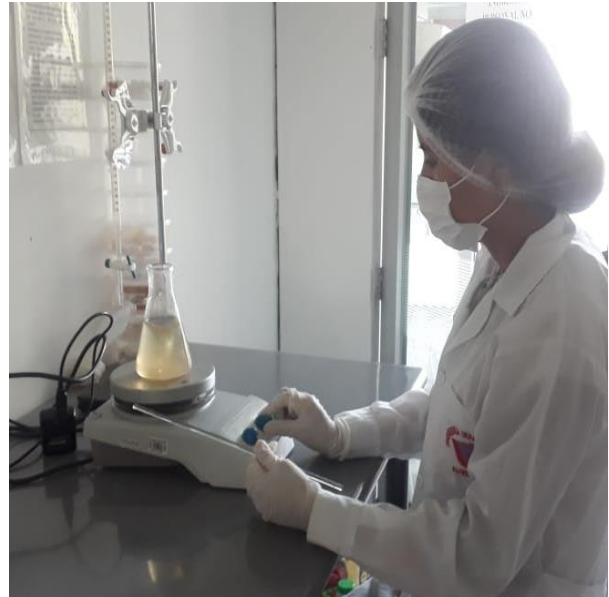


Figura 57

Autoclavado del medio de cultivo



Figura 58

Resultados del análisis microbiológico de mohos y levaduras



ANEXO 13. Norma Sanitaria del MINSA RM 591, alimentos y bebidas de consumo humano, grupo XIV.

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 | Límite 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 | Límite 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 | Límite 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 | --- |

ANEXO 14. Fotografías de los frutos de aguaymanto con pérdida de peso.

Figura 59

Aguaymanto con pérdida de peso - C1



Figura 60

Aguaymanto con pérdida de peso - C2



Figura 61

Aguaymanto con con pérdida de peso - C3



Figura 62

Aguaymanto con pérdida de peso - C4



Figura 63

Aguaymanto con pérdida de peso - Testigos



ANEXO 15. Resultados del análisis descriptivo y estadístico para determinar la mejor concentración de almidón de ñame

Tabla 11

Análisis sensorial de los frutos frescos de aguaymanto

| Atributos sensoriales | Características iniciales de los frutos de aguaymanto sin biopelícula |
|------------------------------|--|
| Color | Amarillo claro, brillante y con líneas blancas. |
| Olor | Olor a cítrico, característico a la fruta y tonos florales. |
| Sabor | Agridulce característico y sabor a ciruela. |
| Textura | Firme y liso. |

Prueba de Friedman: Calificación vs. Tratamiento; Panelistas

Método

Tratamiento = Producto

Bloque = Panelistas no entrenados

Tabla 12*Estadística descriptiva para la intensidad de color*

| Concentraciones | N | Mediana | Suma de clasificaciones |
|-----------------|-----|---------|-------------------------|
| C1 | 30 | 3.875 | 62.5 |
| C2 | 30 | 4.125 | 71.5 |
| C3 | 30 | 4.375 | 88.5 |
| C4 | 30 | 4.125 | 77.5 |
| General | 120 | 4.125 | |

Tabla 13*Prueba de Friedman para el análisis sensorial de la intensidad de color*

| Método | GL | Chi-cuadrada | Valor p |
|--------------------------|----|--------------|---------|
| No ajustado para empates | 3 | 7.14 | 0.068 |
| Ajustado para empates | 3 | 10.93 | 0.012 |

Hipótesis a contrastar:

H₀: Todas las medianas son iguales.

H₁: No todas las medianas son iguales.

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Como el valor p (0.012) es menor a 0.05, se acepta la hipótesis alterna y se determina que no todas las medianas de población son iguales, es decir hay diferencias significativas entre estas al 5%.

Tabla 14*Estadística descriptiva para la intensidad de aroma*

| Concentraciones | N | Mediana | Suma de clasificaciones |
|-----------------|-----|---------|-------------------------|
| C1 | 30 | 4 | 75.5 |
| C2 | 30 | 4 | 75.5 |
| C3 | 30 | 4 | 76 |
| C4 | 30 | 4 | 73 |
| General | 120 | 4 | |

Tabla 15*Prueba de Friedman para el análisis sensorial de la intensidad de aroma*

| Método | GL | Chi-cuadrada | Valor p |
|--------------------------|-----------|---------------------|----------------|
| No ajustado para empates | 3 | 0.11 | 0.991 |
| Ajustado para empates | 3 | 0.18 | 0.981 |

Hipótesis a contrastar:

H₀: Todas las medianas son iguales.H₁: No todas las medianas son iguales.Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Como el valor p (0.981) es mayor a 0.05, se acepta la hipótesis nula y se determina que todas las medianas de población son iguales, es decir no hay diferencias significativas entre estas al 5%.

Tabla 16*Estadística descriptiva para la rugosidad de textura*

| Concentraciones | N | Mediana | Suma de clasificaciones |
|------------------------|----------|----------------|--------------------------------|
| C1 | 30 | 4.375 | 86.5 |
| C2 | 30 | 3.5 | 63 |
| C3 | 30 | 3.625 | 62 |
| C4 | 30 | 4.5 | 88.5 |
| General | 120 | 4 | |

Tabla 17*Prueba de Friedman para el análisis sensorial de la rugosidad de textura*

| Método | GL | Chi-cuadrada | Valor p |
|--------------------------|-----------|---------------------|----------------|
| No ajustado para empates | 3 | 12.55 | 0.006 |
| Ajustado para empates | 3 | 16.66 | 0.001 |

Hipótesis a contrastar:

H₀: Todas las medianas son iguales.H₁: No todas las medianas son iguales.

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Como el valor p (0.001) es menor a 0.05, se acepta la hipótesis alterna y se determina que no todas las medianas de población son iguales, es decir hay diferencias significativas entre estas al 5%.

Tabla 18

Estadística descriptiva para la apariencia rugosa

| Concentraciones | N | Mediana | Suma de clasificaciones |
|------------------------|----------|----------------|--------------------------------|
| C1 | 30 | 4.125 | 82 |
| C2 | 30 | 3.875 | 65.5 |
| C3 | 30 | 4 | 68 |
| C4 | 30 | 4.5 | 84.5 |
| General | 120 | 4.125 | |

Tabla 19

Prueba de Friedman para el análisis sensorial de la apariencia rugosa

| Método | GL | Chi-cuadrada | Valor p |
|--------------------------|-----------|---------------------|----------------|
| No ajustado para empates | 3 | 5.57 | 0.135 |
| Ajustado para empates | 3 | 8.19 | 0.042 |

Hipótesis a contrastar:

H₀: Todas las medianas son iguales.

H₁: No todas las medianas son iguales.

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Como el valor p (0.042) es menor a 0.05, se acepta la hipótesis alterna y se determina que no todas las medianas de población son iguales, es decir hay diferencias significativas entre estas al 5%.

Tabla 20*Estadística descriptiva para el sabor dulce*

| Producto | N | Mediana | Suma de clasificaciones |
|-----------------|----------|----------------|--------------------------------|
| C1 | 30 | 3.9375 | 73.5 |
| C2 | 30 | 4.1875 | 84.5 |
| C3 | 30 | 4.0625 | 71.5 |
| C4 | 30 | 4.0625 | 70.5 |
| General | 120 | 4.0625 | |

Tabla 21*Prueba de Friedman para el análisis sensorial del sabor dulce*

| Método | GL | Chi-cuadrada | Valor p |
|--------------------------|-----------|---------------------|----------------|
| No ajustado para empates | 3 | 2.5 | 0.475 |
| Ajustado para empates | 3 | 3.06 | 0.382 |

Hipótesis a contrastar:

H₀: Todas las medianas son iguales.H₁: No todas las medianas son iguales.Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Como el valor p (0.382) es mayor a 0.05, se acepta la hipótesis nula y se determina que todas las medianas de población son iguales, es decir no hay diferencias significativas entre estas al 5%.

Tabla 22*Estadística descriptiva para el grado de aceptabilidad*

| Concentraciones | N | Mediana | Suma de clasificaciones |
|------------------------|----------|----------------|--------------------------------|
| C1 | 30 | 4 | 77 |
| C2 | 30 | 4 | 76 |
| C3 | 30 | 4 | 68.5 |
| C4 | 30 | 4 | 78.5 |
| General | 120 | 4 | |

Tabla 23

Prueba de Friedman para el análisis sensorial del grado de aceptabilidad

| Método | GL | Chi-cuadrada | Valor p |
|--------------------------|-----------|---------------------|----------------|
| No ajustado para empates | 3 | 1.19 | 0.755 |
| Ajustado para empates | 3 | 1.72 | 0.633 |

Hipótesis a contrastar:

H₀: Todas las medianas son iguales.

H₁: No todas las medianas son iguales.

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

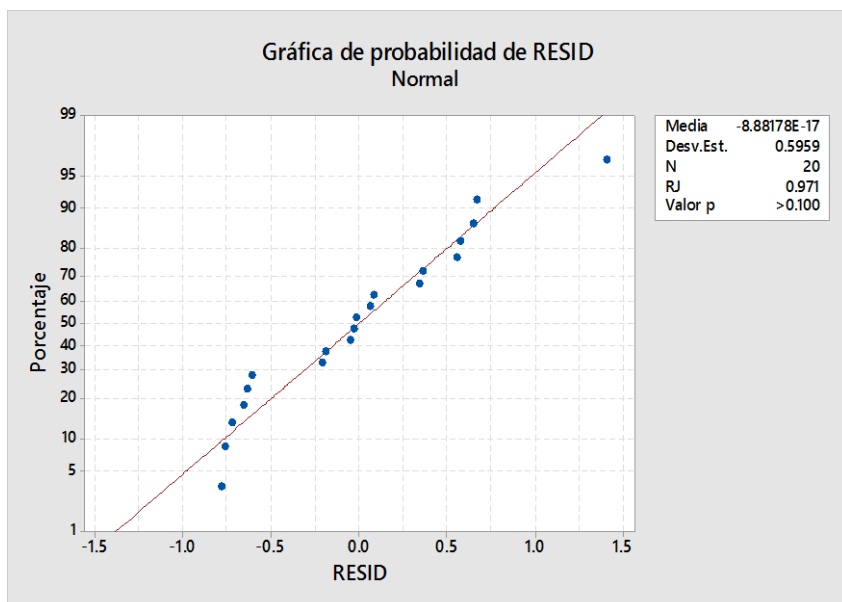
Como el valor p (0.633) es mayor a 0.05, se acepta la hipótesis nula y se determina que todas las medianas de población son iguales, es decir no hay diferencias significativas entre estas al 5%.

ANEXO 16. Resultados del análisis estadístico (paramétricas-análisis de varianza) para determinar las características fisicoquímicas de los frutos de aguaymanto con biopelícula durante su tiempo de almacenamiento.

En la figura 64 se muestra la gráfica de probabilidad para determinar la normalidad de los residuos del modelo en el parámetro de pérdida de peso en los frutos de aguaymanto recubiertos con biopelícula de almidón de ñame al término de su tiempo de almacenamiento. Según la prueba Ryan - Joiner el valor p es mayor a 0.05 por lo que se acepta la hipótesis nula, ya que, los residuos del modelo siguen una distribución normal en cuanto a la pérdida de peso, a un nivel de significancia del 5%.

Figura 64

Gráfica de probabilidad para determinar la normalidad de los residuos del modelo – pérdida de peso



Hipótesis a contrastar:

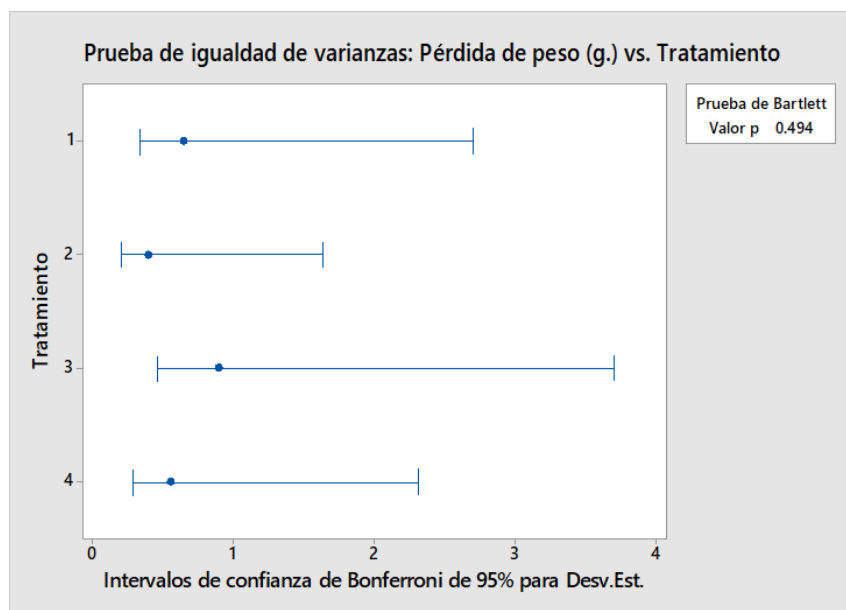
H_0 : Los residuos del modelo siguen una distribución normal.

H_1 : Los residuos del modelo no siguen una distribución normal.

En la figura 65 se muestra la gráfica de la prueba de igual de varianzas en el parámetro de pérdida de peso en los frutos de aguaymanto recubiertos con biopelícula de almidón de ñame al término de su tiempo de almacenamiento. Según la prueba de Bartlett el valor p (0.494) es mayor a 0.05 por lo que se acepta la hipótesis nula, que las varianzas de la pérdida de peso por tratamiento son iguales o no existen diferencias significativas, a un nivel de significancia del 5%.

Figura 65

Prueba de igual de varianzas – pérdida de peso (18 días de almacenamiento)



Hipótesis a contrastar:

H₀: Las varianzas de la pérdida de peso por tratamiento son iguales.

H₁: Las varianzas de la pérdida de peso por tratamiento son diferente o por lo menos una es diferente.

Tabla 24

Análisis de Varianza de la pérdida de peso

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---------------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| Concentración | 3 | 11.342 | 3.7806 | 8.97 | 0.001 |
| Error | 16 | 6.747 | 0.4217 | | |
| Total | 19 | 18.089 | | | |

Hipótesis a contrastar:

H₀: Todas las medias son iguales.

H₁: No todas las medias son iguales.

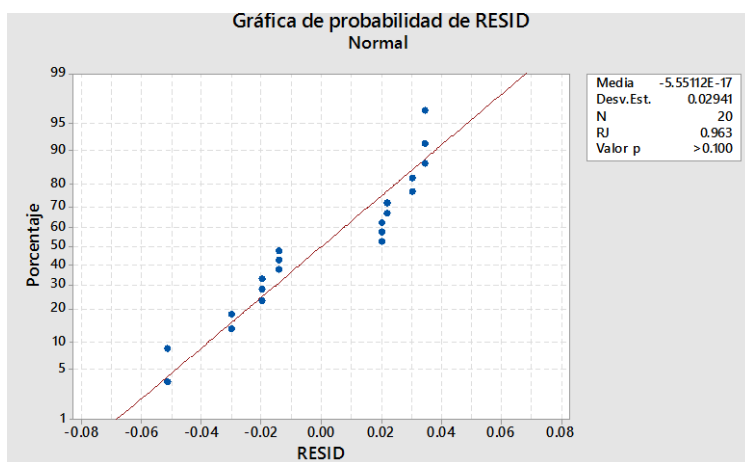
Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Como el valor p (0.001) es menor a 0.05, se acepta la hipótesis alterna y se determina que no todas las medias son iguales, a un nivel de significancia del 5%.

En la figura 66 se muestra la gráfica de probabilidad para determinar la normalidad de los residuos del modelo en el parámetro de acidez titulable en los frutos de aguaymanto recubiertos con biopelícula de almidón de ñame al término de los 20 días de almacenamiento. Según la prueba Ryan-Joiner el valor p (0.100) es mayor a 0.05 por lo que se acepta la hipótesis nula, determinando que los residuos del modelo siguen una distribución normal en cuanto a la acidez titulable, a un nivel de significancia del 5%.

Figura 66

Gráfica de probabilidad para determinar la normalidad de los residuos del modelo – acidez titulable



Hipótesis a contrastar:

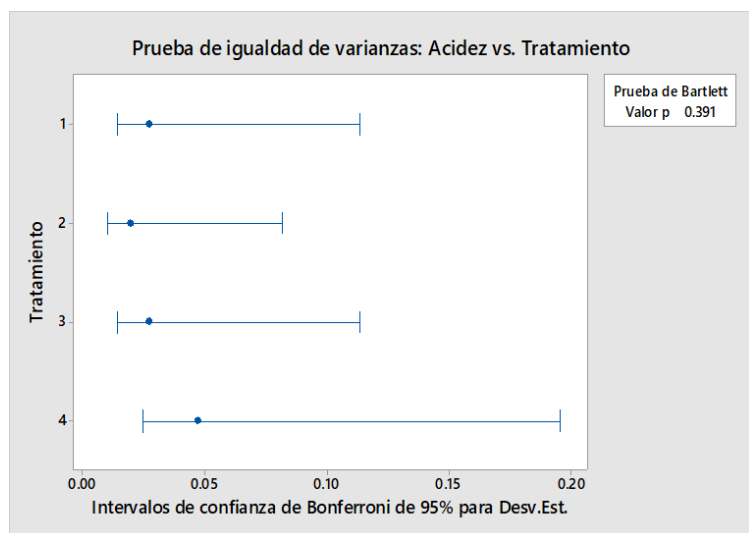
H₀: Los residuos del modelo siguen una distribución normal.

H₁: Los residuos del modelo no siguen una distribución normal.

En la figura 67 se muestra la grafica de la prueba de igual de varianzas en el parámetro de acidez titulable en los frutos de aguaymanto recubiertos con biopelícula de almidón de ñame al término de los 20 días de almacenamiento. Según la prueba de Bartlett el valor p (0.391) es mayor a 0.05 por lo que se acepta la hipótesis nula, determinando que las varianzas de la pérdida de peso por tratamiento son iguales o no existen diferencias significativas, a un nivel de significancia del 5%.

Figura 67

Prueba de igual de varianzas – acidez titulable (20 días de almacenamiento)



Hipótesis a contrastar:

H₀: Las varianzas de la pérdida de peso por tratamiento son iguales.

H₁: Las varianzas de la pérdida de peso por tratamiento son diferente o por lo menos una es diferente.

Tabla 25

Análisis de Varianza de la acidez titulable

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---------------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| Concentración | 3 | 0.26746 | 0.089155 | 86.82 | 0.000 |
| Error | 16 | 0.01643 | 0.001027 | | |
| Total | 19 | 0.28389 | | | |

Hipótesis a contrastar:

H₀: Todas las medias son iguales.

H₁: No todas las medias son iguales.

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Como el valor p (0.000) es menor a 0.05, se acepta la hipótesis alterna y se determina que no todas las medias son iguales, a un nivel de significancia del 5%.

ANEXO 17. Resultados del análisis estadístico (no paramétrica Kruskal-Wallis) para determinar las características fisicoquímicas de los frutos de aguaymanto con biopelícula durante su tiempo de almacenamiento.

Figura 68

Gráfica de probabilidad para determinar la normalidad de los residuos del modelo – Sólidos Solubles Totales

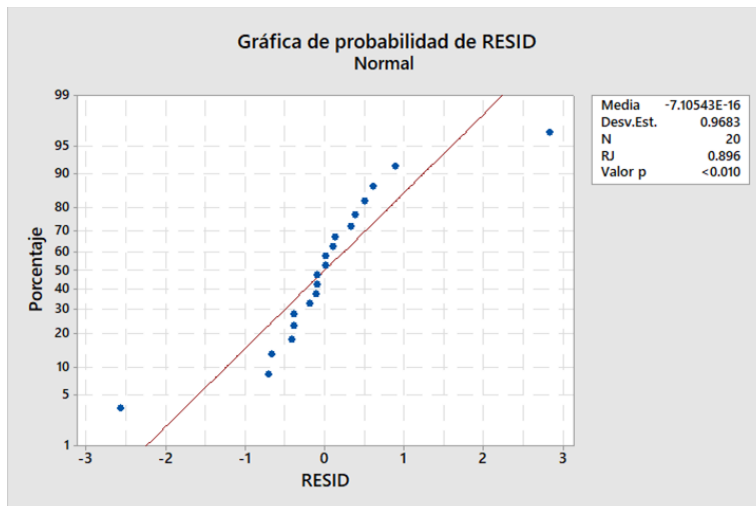


Figura 69

Prueba de igual de varianzas – Sólidos Solubles Totales (20 días de almacenamiento)

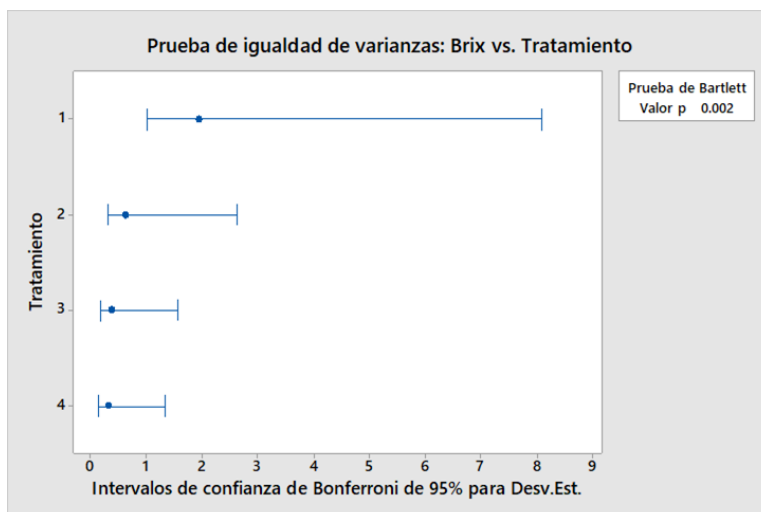


Tabla 26*Estadística descriptiva para Sólidos Solubles Totales*

| Concentraciones | N | Mediana | Clasificación de medias | Valor Z |
|-----------------|----|---------|-------------------------|---------|
| 1 | 5 | 22.8 | 13.5 | 1.31 |
| 2 | 5 | 21.5 | 9.3 | -0.52 |
| 3 | 5 | 19.3 | 3 | -3.27 |
| 4 | 5 | 23 | 16.2 | 2.49 |
| General | 20 | | 10.5 | |

Tabla 27*Prueba de Kruskal-Wallis para el análisis de Sólidos Solubles Totales*

| Método | GL | Valor H | Valor p |
|--------------------------|----|---------|---------|
| No ajustado para empates | 3 | 14.17 | 0.003 |
| Ajustado para empates | 3 | 14.22 | 0.003 |

Hipótesis a contrastar:

H_0 : Todas las medianas son iguales.

H_1 : Al menos una mediana es diferente.

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Según la prueba Kruskal-Wallis el valor p (0.003) es menor a 0.05, por lo que se acepta la hipótesis alterna y se determina que no todas las medianas de población son iguales, es decir hay diferencias significativas entre estas al 5%.

Figura 70

Gráfica de probabilidad para determinar la normalidad de los residuos del modelo – pH

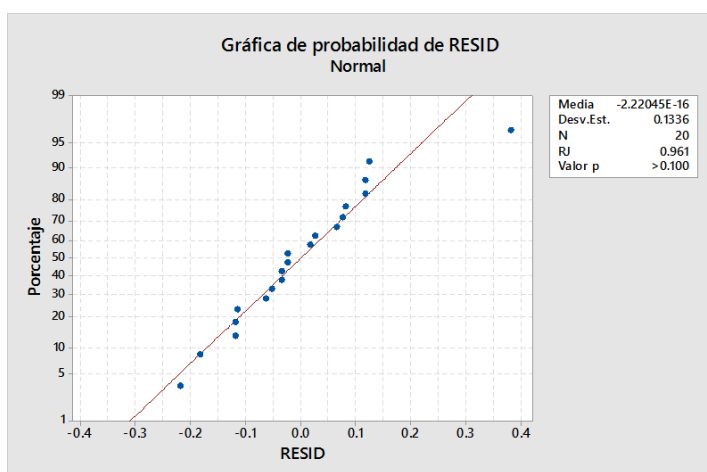


Figura 71

Prueba de igualdad de varianzas – pH (20 días de almacenamiento)

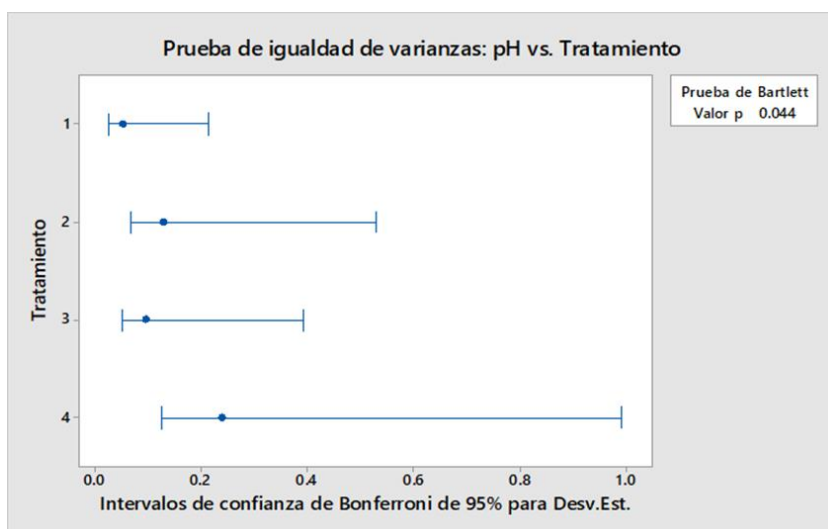


Tabla 28

Estadística descriptiva para pH

| Concentraciones | N | Mediana | Clasificación de medias | Valor Z |
|-----------------|----|---------|-------------------------|---------|
| C1 | 5 | 3.8 | 4.6 | -2.57 |
| C2 | 5 | 3.9 | 8.2 | -1 |
| C3 | 5 | 4 | 14.4 | 1.7 |
| C4 | 5 | 4 | 14.8 | 1.88 |
| General | 20 | | 10.5 | |

Tabla 29

Prueba de Kruskal-Wallis para el análisis de pH

| Método | GL | Valor H | Valor p |
|--------------------------|----|---------|---------|
| No ajustado para empates | 3 | 10.54 | 0.014 |
| Ajustado para empates | 3 | 10.87 | 0.012 |

Hipótesis a contrastar:

H₀: Todas las medianas son iguales.

H₁: Al menos una mediana es diferente.

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Según la prueba Kruskal-Wallis el valor p (0.012) es menor a 0.05, por lo que se acepta la hipótesis alterna y se concluye que no todas las medianas de población son iguales, es decir hay diferencias significativas entre estas al 5%.

Figura 72

Gráfica de probabilidad para determinar la normalidad de los residuos del modelo – Índice de madurez

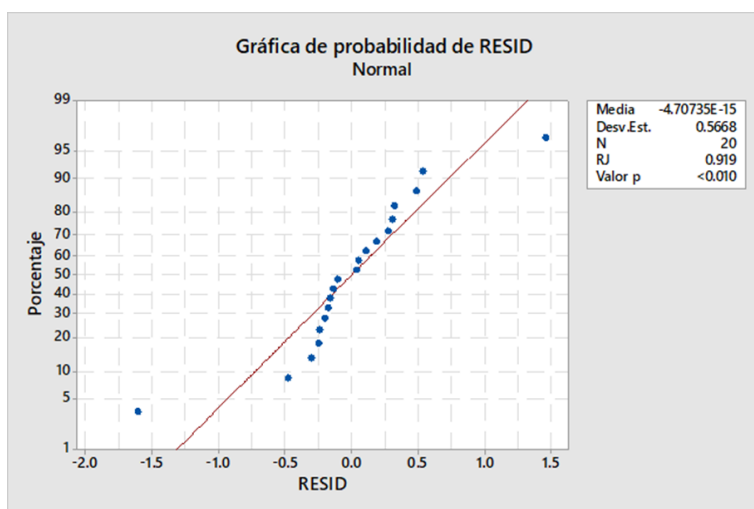


Tabla 30

Estadística descriptiva para el índice de madurez

| Concentraciones | N | Mediana | Clasificación de medias | Valor Z |
|-----------------|----|---------|-------------------------|---------|
| C1 | 5 | 13.02 | 16.6 | 2.66 |
| C2 | 5 | 10.79 | 4.8 | -2.49 |
| C3 | 5 | 11.07 | 7.2 | -1.44 |
| C4 | 5 | 11.75 | 13.4 | 1.27 |
| General | 20 | | 10.5 | |

Tabla 31

Prueba de Kruskal-Wallis para el análisis del índice de madurez

| GL | Valor H | Valor p |
|----|---------|---------|
| 3 | 12.71 | 0.005 |

Hipótesis a contrastar:

H₀: Todas las medianas son iguales.

H_1 : Al menos una mediana es diferente.

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Según la prueba Kruskal-Wallis el valor p (0.005) es menor a 0.05, por lo que se acepta la hipótesis alterna y se concluye que no todas las medianas de población son iguales, es decir hay diferencias significativas entre estas al 5%.