

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS**



**EFFECTO DE LA DOSIS DE IRRADIACIÓN UV-C Y TIEMPO DE
ALMACENAMIENTO A 1 °C SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS
FISICOQUÍMICAS, RECUENTO DE MOHOS Y LEVADURAS Y
ACEPTABILIDAD GENERAL DE BAYAS DE SAUCO (*Sambucus
peruviana* L.)**

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

VICTOR ALONSO HERRERA MESTANZA

TRUJILLO, PERÚ

2013

La presente tesis ha sido aprobada por el siguiente jurado:

Dr. Carlos Lescano Anadón
PRESIDENTE

Ms. Gabriela Barraza Jáuregui
SECRETARIA

Ing. Ms. Elena Urraca Vergara
VOCAL

Ing. Ms. Luis Márquez Villacorta
ASESOR

DEDICATORIA

A Dios por estar siempre conmigo en cada momento de mi vida, por haberme dado la fuerza necesaria para poder hacer de este un logro importante en mi carrera profesional, por ser un amigo incondicional y haberme guiado en cada paso durante todo este tiempo.

A mi familia, por el eterno cariño y infinito agradecimiento por haberme inculcado valores y brindarme toda mi formación profesional.

AGRADECIMIENTO

Al Ing. Luis Márquez Villacorta quien se caracteriza por demostrar un gran cariño hacia la docencia, enseñando siempre con gran dedicación y enorme entrega, a él que me guió desde el inicio de este largo proceso con mucho respeto y cariño, aportando sus conocimientos, orientaciones y consejos con gran sentido del humor, que me dio y alentó a tener confianza en mí y en mis habilidades para realizar un trabajo independiente.

A mis padres: Brenda y Fredy, por su apoyo y cariño incondicional en todo momento, por enseñarme que lo máspreciado es el respeto sobre los demás y hacerme hoy la persona que soy.

A mis hermanos: Yanitza y Freddy, quienes siempre han estado acompañando y apoyando en todas mis decisiones, a ser coherente con lo que se piensa y actuando con honestidad en el día a día.

Al Dr. Carlos Lescano Anadón, Ing. Gabriela Barraza Jáuregui e Ing. Elena Urraca Vergara por todos sus aportes, conocimientos, enseñanzas y el apoyo durante los momentos más importantes y decisivos, gracias por haber contribuido en mi formación académica.

A mis amigos: William, Sumiko y Oriana por su colaboración en la realización de este trabajo de investigación.

A todos ellos muchas gracias...

Víctor H.

ÍNDICE GENERAL

| | Pág. |
|--|----------|
| Carátula | i |
| Aprobación por el Jurado de Tesis | ii |
| Dedicatoria | iii |
| Agradecimiento..... | iv |
| Índice General | v |
| Índice de Cuadros..... | viii |
| Índice de Figuras | xi |
| Índice de Anexos | xiii |
| Resumen | xv |
| Abstract | xvi |
| | |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA..... | 5 |
| 2.1. Sauco..... | 5 |
| 2.1.1. Generalidades..... | 5 |
| 2.1.2. Clasificación Taxonómica del Suco..... | 6 |
| 2.1.3. Adaptación | 6 |
| 2.1.4. Descripción | 6 |
| 2.1.5. Valor nutricional de las bayas de sauco..... | 7 |
| 2.1.6. Formas de utilización | 8 |
| 2.2. Antioxidantes..... | 10 |
| 2.3. Antocianinas..... | 10 |
| 2.4. Tratamientos a bajas temperatura | 11 |
| 2.5. Tratamientos con irradiación ultravioleta (UV) | 12 |
| 2.5.1. Características de la irradiación ultravioleta..... | 12 |
| 2.5.2. Efecto hórmico de la irradiación UV-C | 16 |
| 2.6. Ventajas de la aplicación de irradiación UV-C a nivel industrial...17 | |
| 2.7. Efecto de la irradiación UV-C en la conservación de frutas | 18 |

| | |
|---|-----------|
| 2.7.1. Firmeza | 19 |
| 2.7.2. Color | 20 |
| 2.7.3. Sabor | 20 |
| 2.8. Aceptabilidad general | 21 |
| 2.8.1. Definición | 21 |
| 2.8.2. Tipos de pruebas | 21 |
| 2.8.2.1. Pruebas afectivas | 21 |
| III. MATERIALES Y MÉTODOS | 23 |
| 3.1. Lugar, Materia Prima e Instrumentos | 23 |
| 3.1.1. Lugar de ejecución | 23 |
| 3.1.2. Materia prima e insumos | 23 |
| 3.1.3. Equipos e instrumentos de laboratorio | 23 |
| 3.2. Método experimental | 25 |
| 3.2.1. Esquema experimental para la evaluación de bayas de sauco fresco con irradiación UV-C en refrigeración | 25 |
| 3.3. Métodos de análisis | 29 |
| 3.3.1. Pérdida de peso | 29 |
| 3.3.2. Sólidos solubles | 30 |
| 3.3.3. Firmeza | 30 |
| 3.3.4. Acidez titulable | 30 |
| 3.3.5. Color | 31 |
| 3.3.6. Determinación del contenido de antocianinas totales | 31 |
| 3.3.7. Recuento de mohos y levaduras | 32 |
| 3.3.8. Evaluación sensorial de aceptabilidad general | 33 |
| 3.3.9. Métodos estadísticos | 35 |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES | 36 |
| 4.1. Efecto de la dosis de irradiación UV-C y tiempo de almacenamiento sobre la pérdida de peso | 36 |
| 4.2. Efecto de la dosis de irradiación UV-C y tiempo de almacenamiento sobre el contenido de sólidos solubles | 40 |

| | | |
|--------------|--|-----------|
| 4.3. | Efecto de la dosis de irradiación UV-C y tiempo de almacenamiento sobre sobre la Firmeza | 45 |
| 4.4. | Efecto de la dosis de irradiación UV-C y tiempo de almacenamiento sobre la Acidez Titulable | 50 |
| 4.5. | Efecto de la dosis de irradiación UV-C y tiempo de almacenamiento sobre el color..... | 55 |
| 4.6. | Efecto de la dosis de irradiación UV-C y tiempo de almacenamiento sobre el contenido de antocianinas totales | 60 |
| 4.7. | Efecto de la dosis de irradiación UV-C y tiempo de almacenamiento sobre el contenido de mohos y levaduras..... | 64 |
| 4.8. | Efecto de dosis de irradiación UV-C, temperatura y tiempo de almacenamiento sobre la aceptabilidad general | 70 |
| V. | CONCLUSIONES | 73 |
| VI. | RECOMENDACIONES | 74 |
| VII. | BIBLIOGRAFÍA | 75 |
| VIII. | ANEXOS | 88 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | | |
|------------|---|----|
| Cuadro 1. | Composición nutricional de bayas de sauco..... | 9 |
| Cuadro 2. | Regiones del espectro UV y longitud de onda | 13 |
| Cuadro 3. | Prueba de Levene modificada para la pérdida de peso de bayas de sauco irradiadas con luz UV-C..... | 39 |
| Cuadro 4. | Prueba de homogeneidad Análisis de varianza de la pérdida de peso en bayas de sauco irradiadas con luz UV-C | 39 |
| Cuadro 5. | Prueba de Duncan para la pérdida de peso de bayas de sauco irradiadas con luz UV-C | 40 |
| Cuadro 6. | Prueba de Levene modificada para el contenido de sólidos solubles en bayas de sauco irradiadas con luz UV-C..... | 43 |
| Cuadro 7. | Análisis de varianza del contenido de sólidos solubles en bayas de sauco irradiadas con luz UV-C..... | 44 |
| Cuadro 8. | Prueba de Duncan para la pérdida de peso de bayas de sauco irradiadas con luz UV-C | 45 |
| Cuadro 9. | Prueba de Levene para la firmeza en bayas de sauco irradiadas con luz UV-C..... | 49 |
| Cuadro 10. | Análisis de varianza de la firmeza en bayas de sauco irradiadas con luz UV-C..... | 49 |
| Cuadro 11. | Prueba de Duncan para la prueba de firmeza en bayas de sauco irradiadas con luz UV-C | 50 |
| Cuadro 12. | Prueba de Levene para la acidez titulable en bayas de sauco irradiadas con luz UV-C..... | 53 |

| | |
|---|----|
| Cuadro 13. Análisis de varianza de la acidez titulable en bayas de sauco irradiadas con luz UV-C..... | 54 |
| Cuadro 14. Prueba de Duncan para la acidez titulable en bayas de sauco irradiadas con luz UV-C..... | 55 |
| Cuadro 15. Prueba de Levene para el valor de luminosidad L* en bayas de sauco irradiadas con luz UV-C | 58 |
| Cuadro 16. Análisis de varianza del valor de luminosidad L* en bayas de sauco irradiadas con luz UV-C. | 58 |
| Cuadro 17. Prueba de Duncan para el porcentaje de acidez titulable en bayas de sauco irradiadas con luz UV-C..... | 59 |
| Cuadro 18. Prueba de Levene para el valor de antocianinas totales en bayas de sauco irradiadas con luz UV-C..... | 62 |
| Cuadro 19. Análisis de varianza del valor de antocianinas totales en bayas de sauco irradiadas con luz UV-C | 63 |
| Cuadro 20. Prueba de Duncan para el valor de antocianinas totales en bayas de sauco irradiadas con luz UV-C..... | 64 |
| Cuadro 21. Prueba de Levene modificado para el contenido de mohos y levaduras en bayas de sauco irradiadas con luz UV-C | 68 |
| Cuadro 22. Análisis de varianza para el recuento de mohos y levaduras en bayas de sauco irradiadas con luz UV-C..... | 68 |
| Cuadro 23. Prueba de Duncan para el recuento de mohos y levaduras en bayas de sauco irradiadas con luz UV-C..... | 69 |
| Cuadro 24. Prueba de Friedman para la aceptabilidad general en bayas de sauco irradiadas con luz UV-C | 71 |

Cuadro 25. Prueba de Wilcoxon para la aceptabilidad general en bayas de sauco irradiadas con luz UV-C72

ÍNDICE DE FIGURAS

| | | |
|------------|--|----|
| Figura 1. | Frutos de Saúco (<i>Sambucus peruviana</i> L.) | 7 |
| Figura 2. | Equipo de irradiación UV-C | 24 |
| Figura 3. | Esquema experimental para la evaluación de bayas de sauco fresco con irradiación UV-C en refrigeración | 26 |
| Figura 4. | Diagrama de flujo para la obtención de bayas de sauco frescas con irradiación UV-C en refrigeración | 27 |
| Figura 5. | Tarjeta de evaluación sensorial para la prueba de aceptabilidad general de bayas de sauco frescas con irradiación UV-C en refrigeración..... | 34 |
| Figura 6. | Porcentaje de pérdida de peso en bayas de sauco irradiadas con luz UV-C en función de los días de almacenamiento.... | 36 |
| Figura 7. | Contenido de sólidos solubles en bayas de sauco con luz UV-C en función de los días de almacenamiento | 41 |
| Figura 8. | Valores de firmeza en bayas de sauco irradiadas con luz UV-C en función de los días de almacenamiento | 46 |
| Figura 9. | Acidez titulable en bayas de sauco irradiadas con luz UV-C en función de los días de almacenamiento..... | 51 |
| Figura 10. | Valores de luminosidad L* en bayas de sauco irradiadas con luz UV-C en función de los días de almacenamiento | 56 |

| | |
|---|----|
| Figura 11. Contenido de antocianinas totales en bayas de sauco irradiadas con luz UV-C en función de los días de almacenamiento | 60 |
| Figura 12. Mohos y levaduras en bayas de sauco irradiadas con luz UV-C en función de los días de almacenamiento | 65 |
| Figura 13. Aceptabilidad general en bayas de sauco irradiadas con luz UV-C en función de los días de almacenamiento | 70 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | | |
|----------|--|-----|
| Anexo 1. | Pérdida de peso (%) en bayas de sauco irradiadas con luz UV-C durante el almacenamiento..... | 88 |
| Anexo 2. | Contenido de sólidos solubles (°Brix) en bayas de sauco irradiadas con luz UV-C durante el almacenamiento..... | 89 |
| Anexo 3. | Acidez titulable (%) en bayas de sauco irradiadas con luz UV-C durante el almacenamiento..... | 90 |
| Anexo 4. | Valor de luminosidad L* en bayas de sauco irradiadas con luz UV-C durante el almacenamiento..... | 91 |
| Anexo 5. | Evaluación de la Firmeza (N) en bayas de sauco irradiadas con luz UV-C durante el almacenamiento | 92 |
| Anexo 6. | Contenido de antocianinas totales en bayas de sauco irradiadas con luz UV-C durante el almacenamiento..... | 93 |
| Anexo 7. | Recuento de Mohos y Levaduras (ufc/g) de bayas de sauco irradiadas con luz UV-C durante el almacenamiento..... | 94 |
| Anexo 8. | Resultados de la evaluación sensorial durante el almacenamiento | 95 |
| Anexo 9. | Datos de la prueba de Wilcoxon para la aceptabilidad general en bayas de sauco irradiadas con luz UV-C | 100 |

| | |
|--|-----|
| Anexo 10 Proceso de elaboración de bayas de sauco irradiadas con luz UV-C..... | 104 |
| Anexo 11 Tratamiento de D1, D2 y D3 al final del almacenamiento..... | 105 |

RESUMEN

Se evaluó el efecto de la dosis de irradiación UV-C y tiempo de almacenamiento a 1 °C sobre las características fisicoquímicas, recuento de mohos y levaduras y aceptabilidad general de bayas de sauco. Frutos de sauco fueron cosechados en la Provincia de Santiago de Chuco - La Libertad, inmediatamente se trasladaron hasta la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Privada Antenor Orrego, donde se seleccionaron, clasificaron, pesaron y dividieron en tres grupos, colocados en bandejas “clamshells” con tapa ventilada, luego irradiados a las dosis de 2 y 4 kJ/m², considerándose una muestra control y se almacenaron a 1 °C por 30 días. Cada 7 días fueron evaluadas las variables dependientes. El análisis de varianza denotó el efecto significativo de las dosis de irradiación y tiempo de almacenamiento sobre la pérdida de peso, sólidos solubles, firmeza, acidez titulable, color y contenido de antocianinas totales y recuento de mohos y levaduras. La prueba de Duncan permitió determinar que la muestra con 2 kJ/m² presentó la menor pérdida de peso y contenido de sólidos solubles, mayor firmeza, acidez titulable, luminosidad y contenido de antocianinas totales al final del almacenamiento. La muestra con 4 kJ/m² presentó el menor recuento de mohos y levaduras, al final del almacenamiento. En la aceptabilidad general luego de aplicar la prueba de Friedman se evidenció efecto significativo de la dosis de irradiación y tiempo de almacenamiento, donde la muestra con 2 kJ/m² fue la de mayor aceptación, presentando un rango promedio de 12.43 y 7.33 para el día 21 y 30 de almacenamiento. La prueba complementaria de Wilcoxon indicó que en los días 21 y 30 de almacenamiento, el tratamiento con mayor aceptabilidad general 2 kJ/m², fue estadísticamente diferente a la muestra control, lo cual no ocurrió con la muestra tratada con 4 kJ/m².

ABSTRACT

The effect of the UV-C irradiation dose and storage time at 1 ° C on the physicochemical characteristics, yeast and mold count's and overall acceptability of elder berries. Elderberry fruits were harvested in the province of Santiago de Chuco - La Libertad, immediately moved to the Professional School of Food Engineering Antenor Orrego Private University. The fruits were selected, classified, weighed and divided into three groups, placed in trays "clamshells" ventilated lid, then irradiated at doses of 2 and 4 kJ/m², considering a control sample and stored at 1 ° C for 30 days. Every 7 days the dependent variables were evaluated. The variance analysis showed significant effect of the irradiation dose and storage time on the weight loss, soluble solids, firmness, titratable acidity, color and total anthocyanins and yeast and mold counts. Duncan test allowed determining that the sample with 2kJ/m² had the lowest weight loss and soluble solids content, increased firmness, titratable acidity, brightness and total anthocyanins at the end of storage. The sample with 4kJ/m² had the lowest count of molds and yeasts at the end of storage. After applying the Friedman test, general acceptability showed significant effect of the irradiation dose and storage time, where the 2 kJ/m² sample was the more accepting, presenting an average range of 12.43 and 7.33 for the day 21 and 30 for storage. The Wilcoxon test indicated that additional on days 21 and 30 of storage, the more general acceptability 2kJ/m², was statistically different from the control sample, which did not happen with the sample treated with 4 kJ/m².