

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

Tema: “Estudio del efecto antimicrobiano del aceite esencial de moringa (*Moringa oleifera*) en la conservación de uvilla (*Physalis peruviana*) mínimamente procesada”

Trabajo de titulación previa la obtención del
título de Ingeniero en Alimentos

AUTOR: Herrera Maldonado Alex Rodrigo

TUTOR: Rivas Rosero Carlos Alberto, MSc.

Tulcán, 2021

CERTIFICADO JURADO EXAMINADOR

Certificamos que el estudiante Herrera Maldonado Alex Rodrigo con el número de cédula 0401611223 ha elaborado el trabajo de titulación: “Estudio del efecto antimicrobiano del aceite esencial de moringa (*Moringa oleífera*) en la conservación de uvilla (*Physalis peruviana*) mínimamente procesada”

Este trabajo se sujeta a las normas y metodología dispuesta en el Reglamento de Titulación, Sustentación e Incorporación de la UPEC, por lo tanto, autorizamos la presentación de la sustentación para la calificación respectiva.



f.....

Rivas Rosero Carlos Alberto, MSc.

TUTOR



f.....

Anchundia Lucas Miguel Ángel, MSc.

LECTOR

Tulcán, abril de 2021

AUTORÍA DE TRABAJO

El presente trabajo de titulación constituye requisito previo para la obtención del título de **Ingeniero** en la Carrera de ingeniería en alimentos de la Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales

Yo, Herrera Maldonado Alex Rodrigo con cédula de identidad número 0401611223 declaro: que la investigación es absolutamente original, auténtica, personal y los resultados y conclusiones a los que he llegado son de mi absoluta responsabilidad.

f.....

Herrera Maldonado Alex Rodrigo

AUTOR

Tulcán, abril de 2021

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Herrera Maldonado Alex Rodrigo declaro ser autor de los criterios emitidos en el trabajo de investigación: “Estudio del efecto antimicrobiano del aceite esencial de moringa (*Moringa oleífera*) en la conservación de uvilla (*Physalis peruviana*) mínimamente procesada” y eximo expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

f.....

Herrera Maldonado Alex Rodrigo

AUTOR

Tulcán, abril de 2021

AGRADECIMIENTO

Gracias a mis padres Ximena y Rodrigo por ser los principales promotores de mis sueños, gracias a ellos por cada día confiar y creer en mí y en mis expectativas, gracias a mi madre por estar dispuesta a acompañarme cada larga y agotadora noche de estudio, agotadoras noches en las que su compañía y la llegada de sus cafés era para mí como agua en el desierto; gracias a mi padre por siempre desear y anhelar siempre lo mejor para mi vida, gracias por cada consejo y por cada una de sus palabras de aliento y apoyo que me guiaron durante mi vida universitaria.

Agradezco a mi hermana Karen Milena y mi compañero Santiago Cuastumal por ayudarme a desarrollar este trabajo de titulación y sobre todo su apoyo incondicional.

A mis abuelitos y abuelita quienes han sido ser unos excelentes segundos padres para mí, ustedes me han apoyado en los buenos y malos momentos y les estaré eternamente agradecido.

Agradezco al Msc. Carlos Rivas por aceptar ser mi tutor de tesis y guiarme no solo en este trabajo, sino a lo largo de mi carrera universitaria compartiendo sus conocimientos y experiencias conmigo, ha sido un gran profesor y amigo.

También agradezco de manera especial al Msc. Miguel Anchundia y al Msc. Freddy Torres por apoyarme y aportar su paciencia y conocimiento a mi investigación, más aún por brindarme su amistad y palabras de aliento, por ello mil gracias.

A la Universidad Politécnica Estatal del Carchi por haberme permitido formarme como profesional.

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

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, ya que son mi pilar fundamental y apoyo en mi formación académica, me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi perseverancia y mi empeño, todo ello de una manera desinteresada y llena de amor. A mi hermano José y mi querida abuelita Elina que a pesar de no estar conmigo, los llevaré siempre en mi corazón y que este trabajo de esfuerzo, sacrificio y dedicación simbolice un homenaje a su memoria.

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| RESUMEN..... | 12 |
| ABSTRACT | 13 |
| INTRODUCCIÓN | 14 |
| I. PROBLEMA | 15 |
| 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 15 |
| 1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA | 16 |
| 1.3. JUSTIFICACIÓN..... | 16 |
| 1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN | 18 |
| 1.4.1. Objetivo General | 18 |
| 1.4.2. Objetivos Específicos..... | 18 |
| 1.4.3. Preguntas de Investigación | 18 |
| II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA..... | 19 |
| 2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS | 19 |
| 2.2. MARCO TEÓRICO | 20 |
| 2.2.1. Uvilla (<i>Physalis peruviana. L</i>)..... | 20 |
| 2.2.2. Moringa Oleífera | 27 |
| 2.2.3. Aceites esenciales (AEs) | 32 |
| 2.2.4. Tecnología de barreras | 42 |
| 2.2.5. Antimicrobianos en los alimentos..... | 43 |
| 2.2.6. Productos cuarta gama. | 46 |
| 2.2.7. Vida útil comercial de frutas | 55 |
| III. METODOLOGÍA | 57 |
| 3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO..... | 57 |
| 3.1.1. Enfoque..... | 57 |
| 3.1.2. Tipo de Investigación..... | 57 |

| | |
|---|----|
| 3.2. HIPÓTESIS | 57 |
| 3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES | 57 |
| 3.3.1. Definición de variables | 57 |
| 3.3.2. Operacionalización de variables | 58 |
| 3.4. MÉTODOS UTILIZADOS..... | 59 |
| 3.4.1. Proceso de elaboración de uvilla mínimamente procesada aplicada aceite esencial de moringa | 59 |
| 3.4.2. Determinación de la vida útil..... | 60 |
| 3.4.2.1 Determinación de las Características Fisicoquímicas | 60 |
| 3.4.2.2. Determinación de las Características Microbiológicas | 61 |
| 3.4.2.3. Determinación de las Características Sensoriales..... | 61 |
| 3.4.3. Diseño de experimento y análisis estadístico..... | 62 |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 63 |
| 4.1. RESULTADOS..... | 63 |
| 4.1.1. Análisis microbiológicos..... | 63 |
| 4.1.2. Análisis Fisicoquímicos | 65 |
| 4.1.3. Evaluación sensorial de los mejores tratamientos | 75 |
| 4.1.4. Determinación del tiempo de vida útil | 75 |
| 4.2. DISCUSIÓN | 76 |
| 4.2.1. Análisis microbiológico de la uvilla mínimamente procesada aplicada aceite esencial de moringa | 76 |
| 4.2.2. Análisis fisicoquímico de la uvilla mínimamente procesada aplicada aceite esencial de moringa | 77 |
| 4.2.3. Análisis sensorial de los mejores tratamientos de uvilla mínimamente procesada aplicada aceite esencial de moringa | 79 |
| V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 80 |
| 5.1. CONCLUSIONES..... | 80 |
| 5.2. RECOMENDACIONES..... | 81 |

| | |
|-------------------------------------|----|
| VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 82 |
| VII. ANEXOS..... | 87 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Uvilla (<i>Physalis Peruviana</i>) | 21 |
| Figura 2. Raíz de uvilla | 22 |
| Figura 3. Tallo de uvilla | 22 |
| Figura 4. Hojas de uvilla..... | 22 |
| Figura 5. Flor de uvilla | 23 |
| Figura 6. Fruto de uvilla | 23 |
| Figura 7. Semillas de uvilla | 24 |
| Figura 8. Estado de maduración de la uvilla | 25 |
| Figura 9. Partes de la planta moringa oleífera | 27 |
| Figura 10. Árbol de moringa oleífera | 28 |
| Figura 11. Raíz de moringa oleífera | 29 |
| Figura 12. Semillas de moringa oleífera | 29 |
| Figura 13. Flores de moringa oleífera..... | 30 |
| Figura 14. Hojas de moringa oleífera | 30 |
| Figura 15. Estructura fitoquímica 4-(4'-O-acetil- α -L-ramnopiranosiloxi)-isotiocianato de bencilo..... | 40 |
| Figura 16. Resultados del pH vs tiempo de almacenamiento de la uvilla mínimamente procesada a 4°C | 65 |
| Figura 17. Resultados del pH vs tiempo de almacenamiento de la uvilla mínimamente procesada a 10°C..... | 65 |
| Figura 18. Resultados del pH vs tiempo de almacenamiento de la uvilla mínimamente procesada a 20°C..... | 66 |
| Figura 19. Resultados de sólidos solubles vs tiempo de almacenamiento de la uvilla mínimamente procesada a 4°C..... | 67 |
| Figura 20. Resultados de sólidos solubles vs tiempo de almacenamiento de la uvilla mínimamente procesada a 10°C..... | 67 |
| Figura 21. Resultados de sólidos solubles vs tiempo de almacenamiento de la uvilla mínimamente procesada a 20°C..... | 68 |

| | |
|--|-----|
| Figura 22. Resultados de humedad vs tiempo de almacenamiento de la uvilla mínimamente procesada a 4°C. | 69 |
| Figura 23. Resultados de humedad vs tiempo de almacenamiento de la uvilla mínimamente procesada a 10°C..... | 69 |
| Figura 24. Resultados de humedad vs tiempo de almacenamiento de la uvilla mínimamente procesada a 20°C..... | 70 |
| Figura 25. Resultados de acidez vs tiempo de almacenamiento de la uvilla mínimamente procesada a 4°C | 71 |
| Figura 26. Resultados de acidez vs tiempo de almacenamiento de la uvilla mínimamente procesada a 10°C..... | 71 |
| Figura 27. Resultados de acidez vs tiempo de almacenamiento de la uvilla mínimamente procesada a 20°C..... | 72 |
| Figura 28. Resultados del índice de madurez vs tiempo de almacenamiento de la uvilla mínimamente procesada a 4°C..... | 73 |
| Figura 29. Resultados del índice de madurez vs tiempo de almacenamiento de la uvilla mínimamente procesada a 10°C..... | 73 |
| Figura 30. Resultados del índice de madurez vs tiempo de almacenamiento de la uvilla mínimamente procesada a 20°C..... | 74 |
| Figura 31. Selección de materia prima | 103 |
| Figura 32. Lavado y desinfección de la uvilla..... | 103 |
| Figura 33. Preparación de concentraciones de aceite esencial de moringa..... | 103 |
| Figura 34. Uvilla mínimamente procesada..... | 104 |
| Figura 35. Análisis de Humedad | 104 |
| Figura 36. Preparación de cámara de flujo laminar | 104 |
| Figura 37. Análisis microbiológico de aerobios totales, mohos y levaduras | 105 |
| Figura 38. Efecto antimicrobiano del aceite esencial de moringa, (A) uvilla a 4°C – 0 ml de aceite, (B) uvilla a 4°C – 2.1 ml de aceite..... | 105 |
| Figura 39. Evaluación sensorial | 105 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Taxonomía de uvilla | 21 |
| Tabla 2. Composición nutricional de la uvilla..... | 24 |
| Tabla 3. Taxonomía de moringa..... | 28 |
| Tabla 4. Composición química de la moringa (Moringa oleífera) | 32 |

| | |
|--|----|
| Tabla 5. Composición química del aceite esencial de moringa. | 38 |
| Tabla 6. Operacionalización de variables | 58 |
| Tabla 7. Calidad de la uvilla según el índice de madurez | 61 |
| Tabla 8. Tratamientos del Diseño Experimental | 62 |
| Tabla 9. Recuento microbiológico de aerobios totales..... | 63 |
| Tabla 10. Recuento microbiológico de mohos y levaduras | 64 |
| Tabla 11. Resultados del análisis sensorial | 75 |
| Tabla 12. Resultados de los mejores tratamientos de la investigación. | 76 |
| Tabla 13. Variables de respuesta (Medias y Desviación estándar) sobre el parámetro pH. | 91 |
| Tabla 14. Comparación utilizando el Método Tukey con una confianza del 95% para el parámetro pH. | 91 |
| Tabla 15. Variables de respuesta (Medias y Desviación estándar) sobre el parámetro sólidos solubles..... | 92 |
| Tabla 16. Comparación utilizando el Método Tukey con una confianza del 95% para el parámetro sólidos solubles. | 92 |
| Tabla 17. Variables de respuesta (Medias y Desviación estándar) sobre el parámetro humedad. | 93 |
| Tabla 18. Comparación utilizando el Método Tukey con una confianza del 95% para el parámetro humedad | 93 |
| Tabla 19. Variables de respuesta (Medias y Desviación estándar) sobre el parámetro acidez. | 94 |
| Tabla 20. Comparación utilizando el Método Tukey con una confianza del 95% para el parámetro acidez | 94 |
| Tabla 21. Variables de respuesta (Medias y Desviación estándar) sobre el índice de madurez. | 95 |
| Tabla 22. Comparación utilizando el Método Tukey con una confianza del 95% para el parámetro índice de madurez | 95 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|--|-----|
| Anexo 1. Certificado o Acta del Perfil de Investigación..... | 87 |
| Anexo 2. Certificado del abstract por parte de idiomas | 88 |
| Anexo 3. Hoja de evaluación sensorial aplicada | 90 |
| Anexo 4. Análisis estadístico | 91 |
| Anexo 5. Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2485:2009. Frutas frescas. Uvilla..... | 96 |
| Anexo 6. Norma Técnica Colombiana NTC ICONTEC 4580 | 102 |
| Anexo 7. Fotografías de la investigación..... | 103 |

RESUMEN

La uvilla es muy apetecida por su alto contenido de nutrientes, aunque, su alto porcentaje de perecibilidad, debido a su proceso de maduración acelerado y la actividad microbiana son factores que limitan su comercialización. En la presente investigación se evaluó el efecto del aceite esencial de moringa (*Moringa oleífera*) en la conservación de uvilla (*Physalis peruviana*) mínimamente procesada como técnica para prolongar su tiempo de vida útil. Se aplicó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 4x3, teniendo como factores la concentración de aceite y temperaturas de almacenamiento, además, se realizó el análisis de varianza y la prueba estadística Tukey con nivel de significancia del 95%. Se evaluaron pH, sólidos solubles, humedad, acidez e índice de madurez siguiendo los métodos establecidos en la norma INEN 2485 e ICONTEC 4580. Se realizó el conteo de aerobios totales, mohos y levaduras utilizando el método oficial 990,12 y 997,02 de la norma MINSa 2003, el análisis sensorial se desarrolló mediante una prueba no objetiva de nivel de agrado, aplicando una escala estructurada de 5 puntos. Los resultados obtenidos fueron pH 3,890, sólidos solubles 14,46°Brix, humedad 81,13%, acidez 1,828 %ácido cítrico y el índice de madurez 7,91°Brix/%ácido cítrico en el día 13. El análisis microbiológico mostró que los mejores tratamientos fueron 2, 3 y 4, ya que, el número de UFC/g no superó el límite permitido durante el tiempo evaluado. El análisis sensorial indicó desde un punto de vista estadístico que no existen diferencias significativas entre los tratamientos en cada uno de los atributos evaluados. Se concluye que la concentración óptima fue 17,4 % a 4°C, dado que, no permitió variación significativa de los parámetros fisicoquímicos y su efecto antimicrobiano tuvo incidencia en ambos indicadores, además, la aplicación del aceite no influyó en las características sensoriales de la fruta.

Palabras claves: Conservación, moringa, uvilla, efecto antimicrobiano, parámetros fisicoquímicos

ABSTRACT

The grapefruit is very popular for its high content of nutrients, although its high percentage of perishability, due to microbial activity is one of the factors that limit its commercialization. In the present investigation, the effect of moringa essential oil (*Moringa oleifera*) was evaluated in the conservation of minimally processed uvilla (*Physalis peruviana*) as a technique to prolong its useful life. A completely randomized design was applied with factorial arrangement AxB, taking as factors the concentration of oil and storage temperatures, in addition, the analysis of variance and the Tukey statistical test were performed with a significance level of 95%. PH, soluble solids, moisture, acidity and maturity index were evaluated following the methods established in the INEN 2485 and ICONTEC 4580 standards. The total aerobic, mold and yeast count was performed using the official method 990.12 and 997.02 of According to the AOAC1992 standard, the sensory analysis was developed through a non-objective test of the level of satisfaction, applying a structured scale of 5 points. The obtained results were pH 3,884 and 3,890, soluble solids 14,40 and 14,46 ° Brix, humidity 83,09 and 84,86%, acidity 1,831 and 1,828% citric acid and the maturity index 7,863 and 7,91 ° Brix /% citric acid on day 13. The microbiological analysis showed that the best treatments were 3 and 4, since the number of CFU / g did not exceed the allowed limit during the time evaluated. Sensory analysis indicated that T4 had a higher level of liking in 3 of the 5 attributes evaluated. It is concluded that the optimal concentration was 17,4 % at 4 ° C, since it did not allow significant variation of the physicochemical parameters and its antimicrobial effect had an impact on both indicators, in addition, the observations of the untrained judges determined that the T4 presented an adequate state of consumption.

Key words: Conservation, moringa, uvilla, antimicrobial effect, physicochemical parameters

INTRODUCCIÓN

El consumo de productos mínimamente procesados ha aumentado su demanda los últimos años, especialmente vegetales y frutas, debido a los estilos de vida modernos que, junto con un incremento en la necesidad de reducir el tiempo para prepararlos y las nuevas costumbres de alimentación, han ocasionado un incremento en el consumo de alimentos listos para comer.

Uno de los productos mínimamente procesados más introducidos en los supermercados a nivel nacional es la uvilla, cuya fruta exótica es muy apetecida por su alto contenido de minerales y vitaminas, por lo cual, tiene un gran futuro como producto de exportación en forma fresca. Sin embargo, su alto porcentaje de perecibilidad es uno de los mayores condicionantes para su comercialización, ya que, en la actualidad este tipo de producto dura alrededor de 6 a 7 días en percha a temperaturas bajas, siendo la razón principal su proceso de maduración, dado que, al ser una fruta climatérica posee la capacidad de continuar madurando una vez haya sido recolectada, desarrollando procesos fisiológicos como respiración, transpiración y producción de etileno, como también, la presencia de microorganismos que son los responsables de causar una descomposición rápida que puede afectar a la uvilla en cualquier momento de su vida, produciendo daños irreversibles, que se pueden evidenciar por el cambio producido en una o más de sus características sensoriales.

La industria alimentaria tiene como principal objetivo garantizar la seguridad e inocuidad de sus productos, por ello, el Ecuador se encuentra en una constante búsqueda de nuevas y mejores técnicas de conservación, que permitan prolongar la vida útil de los alimentos, y a su vez cumplan con las demandas de los consumidores (Pérez, N., 2017, p. 17). Es por ello, que la industria ha optado por el uso de conservantes naturales, como antioxidantes o antimicrobianos provenientes de extractos de diferentes plantas.

Martín et al. (2013) manifiesta que en los últimos años, se ha realizado diversas investigaciones acerca del uso de aceites esenciales como alternativa para aumentar la vida útil de los alimentos, entre los cuales destaca el aceite esencial de moringa (*M. oleifera*), especie cuyo principal componente es el 4-(4'-O-acetil- α -L-ramnopiranosiloxi)-isotiocionato de bencilo responsable de la disrupción de la membrana celular por inhibición de enzimas esenciales, es decir, posee actividad antimicrobiana sobre aerobios mesófilos, bacterias ácido lácticas, levaduras y mohos (Martín, et al., 2013). Por tal motivo, en esta investigación se utilizó el aceite esencial de moringa como un potencial bioconservador para inhibir el crecimiento de microorganismos, con la finalidad de prolongar la vida útil de la uvilla mínimamente procesada, considerándola así, como una técnica de conservación que permita obtener un producto de calidad, que conserve sus características nutricionales y propiedades organolépticas intactas.

I. PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Dentro de la industria alimentaria, el consumo de vegetales mínimamente procesados ha aumentado su demanda, siendo el campo de las hortalizas con mayor predominancia en el mercado, principalmente las lechugas cortadas y las mezclas de ensaladas, seguidos por las espinacas y acelgas, mientras que el consumo de frutas cortadas se ha introducido de manera paulatina, ya que, su tiempo de vida útil es un factor limitante para su comercialización, sin embargo, en la actualidad uno de los productos mínimamente procesados más introducidos en los supermercados a nivel nacional es la uvilla, cuya fruta tiene un gran futuro como producto de exportación en forma fresca, aunque, su alto porcentaje de perecibilidad es uno de los mayores condicionantes para su comercialización, ya que, en la actualidad este tipo de producto presenta un tiempo de conservación de 6 a 7 días en percha a temperaturas de refrigeración (4°C). (Pérez, N., 2017, p. 17)

Una de las razones principales es su proceso de maduración, dado que, al ser una fruta climatérica posee la capacidad de continuar madurando una vez haya sido recolectada, desarrollando procesos fisiológicos como respiración, transpiración y producción de etileno, donde, sus factores intrínsecos (pH, humedad, acidez, sólidos solubles) presentan cambios acelerados que son los responsables del envejecimiento y muerte de los tejidos, puesto que, la velocidad de consumo de las reservas de ácidos orgánicos y la transformación del almidón en azúcares simples, determinan el tiempo de vida útil de la fruta, creando condiciones ideales para la proliferación de los microorganismos que son un factor importante en el manejo postcosecha de esta fruta, ya que, generan una descomposición rápida que puede afectar a la uvilla en cualquier momento de su vida, produciendo daños irreversibles, que se pueden evidenciar por el cambio producido en una o más de sus características sensoriales. (Andrade, 2016, p.1)

Los productos IV Gama (PCG) son alimentos hortofrutícolas fundamentales en la ingesta diaria de las personas, estos productos son sometidos a un tratamiento mínimo, el cual incluye procesos como, selección, lavado, pelado, cortado, envasado y refrigerado. Sin embargo, estas operaciones no aseguran la ausencia total de microorganismos, por consiguiente, la estabilidad a largo plazo del producto puede ver se afectada, e inclusive generarse reacciones enzimáticas indeseables, debido a una contaminación por agentes externos, que pueden estar presentes durante su cosecha, transporte, proceso, o almacenaje. (García, et al., 2017)

Dentro de las operaciones para obtener productos mínimamente procesados, la fase de cortado causa que los vegetales sean más susceptibles al deterioro químico y microbiológico, debido a que, durante este proceso las células vegetales son destruidas y liberan exudados ricos en

minerales, azúcares, vitaminas, y otros compuestos, los mismos que pueden ser utilizados como sustratos para el crecimiento de los microorganismos que han sobrevivido al procesado.

Los microorganismos constituyen un factor importante en la conservación de las frutas y hortalizas mínimamente procesadas, siendo los aerobios mesófilas, mohos y levaduras, responsables de hasta el 15% de la alteración, aunque, en las frutas que ya son procesadas y se encuentran almacenadas en atmósferas modificadas, los responsables de la contaminación microbiológica son las bacterias ácido lácticas constituyendo el 85% restante en la alteración postcosecha, por lo tanto, la aplicación de aceites esenciales es una alternativa en la industria alimentaria para combatir el deterioro de los alimentos, por lo cual, existen conservantes naturales y artificiales, no obstante, el uso de aditivos artificiales ha tenido mayor rentabilidad a nivel industrial, considerando que su adquisición es a menor precio, por ello las industrias buscan minimizar gastos y aumentar sus ganancias, sin tomar en cuenta, que el uso excesivo de dichas sustancias pueden generar problemas a la salud del consumidor. (Dávalos & Fiorella, 2019, p.1)

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo incide la aplicación del aceite esencial de moringa (*Moringa oleífera*) en los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales que determinan la vida útil de la uvilla (*Physalis peruviana*) mínimamente procesada?

1.3. JUSTIFICACIÓN

El consumo de frutas y hortalizas en general, tanto en Ecuador como en todos los países en desarrollo se ha incrementado en los últimos años, gracias a diversas investigaciones que han difundido las bondades de su consumo, debido a que, las frutas y hortalizas mínimamente procesadas son una interesante opción saludable como producto preparado y fácil de consumir. Esta tendencia responde a la idea generalizada de consumir alimentos saludables que aportan suficientes nutrientes como fibras vegetales solubles, minerales y vitaminas antioxidantes. (Rodríguez, 2017, p. 37)

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomiendan a cada persona consumir 400 g de frutas y hortalizas por día, es por ello, que el consumo de las mismas, en diferentes presentaciones como pelada y cortada, incrementan hasta un 70%; es decir, que la presentación juega un papel importante en la comercialización de dichos productos, ya que, es una manera de facilitar al consumidor alimentos saludables que a su vez incentiven su adquisición (Pretel, 2015, p. 2).

Dentro de los principales objetivos que tienen las industrias alimentarias es garantizar la seguridad e inocuidad de sus productos, por ello, el Ecuador se encuentra en constante búsqueda de nuevas y mejores técnicas de conservación, que permitan prolongar la vida útil de los alimentos, y a su vez cumplan con las demandas de los consumidores.

Existen diversas metodologías para la conservación de este tipo de productos mínimamente procesados en especial frutas y hortalizas, como es el caso de atmósferas controladas y modificadas, aunque, en la actualidad existen diferentes tendencias de envasado más novedosas como son la aplicación de recubrimientos comestibles enriquecidos con agentes antimicrobianos o antioxidantes que influyen en los factores intrínsecos (pH, humedad, acidez, sólidos solubles) de las frutas y hortalizas, por ende, el proceso de maduración es modificado permitiendo prolongar el tiempo de vida útil para su comercialización (Dussán, et al., 2017).

En los últimos años, se ha realizado diversas investigaciones acerca del uso de aceites esenciales como alternativa para aumentar la vida útil de los alimentos, entre los cuales destaca el aceite esencial de moringa (*Moringa oleifera*), especie cuyo principal componente es el 4-(4'-O-acetil- α -L-ramnopiranosiloxi)-isotiocionato de bencilo responsable de la disrupción de la membrana celular por inhibición de enzimas esenciales, es decir, posee actividad antimicrobiana gracias a su característica hidrofóbica que les permite unirse a los lípidos de la membrana celular microbiana, desestabilizando su estructura y aumentando su permeabilidad, generando la salida de iones, metabolitos y demás moléculas que causan la muerte de los microorganismos como aerobios mesófilos, bacterias ácido lácticas, levaduras y mohos causantes del deterioro rápido en frutas y hortalizas, como es el caso de la uvilla, que tiene un alto porcentaje de pérdida luego de su cosecha, debido a la acción de microorganismos. No obstante, es una fruta exótica que tiene un gran futuro como producto de exportación, ya que, hoy en día se maneja cultivos comerciales para consumo externo y cada vez esta fruta es demandada por sus características de buen aroma, sabor dulce y bondades medicinales. En los supermercados, la especie es altamente demandada e inclusive a escasear en ciertas etapas del año, ya que, este tipo de producto dura alrededor de 1 semana en percha a temperaturas bajas, convirtiéndose así en un factor limitante para su comercialización. Por lo tanto, la aplicación del aceite esencial de moringa surge como una herramienta innovadora y útil para la conservación de uvilla (*Physalis peruviana*) mínimamente procesada y que permita extender el tiempo de vida útil para su comercialización. (Abdull, et al., 2014)

1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo General

Evaluar el efecto antimicrobiano del aceite esencial de moringa (*M. oleífera*) en la conservación de uvilla (*P. peruviana*) mínimamente procesada.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar la concentración óptima del aceite esencial de moringa (*M. oleífera*) en la conservación de uvilla (*P. peruviana*) mínimamente procesada.
- Determinar el tiempo de vida útil de la uvilla (*P. peruviana*) mínimamente procesada.
- Evaluar las características sensoriales del mejor tratamiento obtenido.

1.4.3. Preguntas de Investigación

¿Cuál es el tiempo de vida útil de la uvilla mínimamente procesada?

¿Puede el aceite esencial de moringa inhibir el crecimiento microbiano?

¿Cuál es la concentración óptima de aceite esencial de moringa para conservar los alimentos?

¿Puede afectar las características sensoriales de la uvilla, el uso de aceite esencial de moringa?

II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Falowo, Muchenje, Hugo, & Charimba (2016). En su investigación determinaron las actividades de los extractos de hoja de *B. pilosa* y *M. oleífera* en los recuentos microbianos de ternera triturada durante 6 días de almacenamiento en frío. Determinaron las concentraciones de extractos de hoja *M. oleífera* y *B. pilosa*, utilizando la metodología de difusión en pozo de agar. Encontraron que a concentraciones inhibitorias mínimas entre 0,6 y 10,0 mg/ml, la moringa oleífera posee una actividad antibacteriana potencial contra *Escherichia coli*, *Shigella flexneri*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus* y *Staphylococcus epidermidis*, en particular contra las bacterias gramnegativas. Por lo tanto, concluyeron que el alto contenido de compuestos fenólicos y flavonoides que se encuentran en el extracto de moringa (*M. oleífera*) a una concentración superior a 1 g / kg, permite que sea fuente potencial de compuestos bioactivos para la conservación de alimentos durante el almacenamiento en frío.

González (2010). En su investigación evaluó el efecto antifúngico del aceite esencial de canela (*Cinnamomum zeynalicum*) con la finalidad prolongar la vida útil durante el almacenamiento de mora, uvilla y frutilla, para lo cual se estableció dos concentraciones 250 y 500 ppm sobre el desarrollo de *Botrytis sp* sobre fruta fresca, mediante el análisis del color, textura, sabor, olor, pH, acidez y recuento de hongos y levaduras, obteniendo como mejor tratamiento la concentración de 500 ppm de aceite esencial de canela combinado con el almacenamiento de la fruta a temperatura de refrigeración (5°C), ya que, permitió reducir la pudrición fúngica y la pérdida de la calidad de los frutos, como también, logrando incrementar la vida útil de las moras y las frutillas por un período de 15 días y en el caso de las uvillas se prolongó hasta por 30 días. Por lo tanto, concluye que el aceite esencial de canela posee un efecto antifúngico frente a *Botrytis sp* por lo que prolonga el periodo de vida útil de las frutas conservando su calidad y características.

Madera, et al. (2019). En su investigación evaluaron el efecto de los recubrimientos de quitosano adicionados con el extracto acuoso de hoja de moringa (*M. oleífera*) en las propiedades fisicoquímicas de la fresa. Determinaron 3 tratamientos: T1) quitosano puro al 2%, T2) quitosano (2%) + extracto acuoso de aceite de moringa al 1% y T3) sin recubrimiento, utilizando la metodología de recubrimiento manual con brocha para repostería. Obteniendo como resultado una mejoría en el índice de sabor y una disminución en los valores de acidez titulable (AT), mejorando así, la dulzura de la fresa.

Villacis (2014). En su investigación evaluó el efecto de un recubrimiento comestible y su incidencia en el tiempo de vida útil de la uvilla (*P. peruviana*), para lo cual formuló películas comestibles a base de glicerol, glucosa, sacarosa y gelatina. Los mejores resultados de la evaluación de los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales fueron los tratamientos A1: (3% de gelatina + 0,25% de ácido cítrico + 0,6% tween 20 + 1% de glicerol; 5 min) y A6: (3% de gelatina + 0,25% de ácido cítrico + 30% de glucosa + 70% de sacarosa; 10 min), los cuales fueron almacenados en envases perforados de polietileno tereftalato (PET) con el fin de evitar condensaciones a temperatura de refrigeración 4°C. Los parámetros para medir la vida útil de la fruta fueron el microbiológico y la textura, donde se obtuvo como resultado en el tratamiento A6 un tiempo de 14 días y el tratamiento A1 un tiempo de 25 días.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Uvilla (*Physalis peruviana. L*)

2.2.1.1. Origen

El nombre genérico *Physalis* proviene del vocablo griego que significa vejiga, haciendo referencia a que los frutos están envueltos por los lóbulos de cáliz a manera de farol colgante. (Chancosi, 2017, p. 25).

La uvilla tiene su origen en América, principalmente en los valles andinos de Perú, Ecuador y Chile. De acuerdo con Chancosi (2017) esta fruta fue conocida por los incas, por lo que, su centro de origen son los Andes peruanos y que llegó al Ecuador como una fruta silvestre, ya que, sus semillas se propagan fácilmente, lo cual fue reputado años más tarde mediante un estudio realizado por los países pertenecientes al Convenio “Andrés Bello” en 1983, el cual determinó que la zona de origen de la *P. peruviana* incluía parte de los Andes ecuatorianos. (Chancosi, 2017, p. 25)

Tradicionalmente era considerada como maleza, por lo que era eliminada, sin tomar en cuenta sus propiedades y beneficios, como consecuencia de la carencia de información y estudios sobre esta especie. A partir de los años ochenta esta fruta empieza a tener un valor económico como cultivo, por sus características organolépticas como buen aroma, sabor dulce y sobre todo su aplicación en el área médica. (Chancosi, 2017, p. 25)

En la actualidad, la uvilla se puede consumir de diferentes maneras, ya sea sola o en ensaladas, dándole un toque agrídulce a las comidas. En algunos países como Perú y Colombia ya se está procesando para obtener productos como mermelada, yogur, dulces, helados, conservas enlatadas y licores. (Chancosi, 2017, p. 25)

2.2.1.2. Taxonomía de uvilla

Según Chancosi (2017) la clasificación taxonómicamente se muestra en la tabla 1:

Tabla 1. Taxonomía de uvilla

| Taxonomía | |
|-----------|-----------------------|
| Reino | <i>Plantae</i> |
| División | <i>Magnoliophyta</i> |
| Clase | <i>Dicotiledóneas</i> |
| Orden | <i>Tubiflora</i> |
| Familia | <i>Solanaceae</i> |
| Género | <i>Physalis</i> |
| Especie | <i>Peruviana</i> |

Fuente: Chancosi (2017). Evaluación del efecto de la temperatura del almacenamiento sobre el contenido de ácido ascórbico y propiedades nutraceuticas de la uvilla *P. Peruviana* con cáliz.

2.2.1.3. Morfología

En la Figura 1, se indica la planta de uvilla, la cual posee una raíz pivotante, profundizada y ramificada, donde sobresale el eje principal; en sus primeros estados de vida es monopódica y luego se ramifica simódicamente y posee una coloración amarillo pálido de consistencia succulenta y semi leñosa.



Figura 1. Uvilla (*Physalis Peruviana*)

Fuente: Chancosi (2017)

La uvilla posee una raíz principal (raíz axomorfa), la cual se puede observar en la Figura 2, de la cual se desprenden raíces secundarias de color amarillo pálido de consistencia semileñosa, se caracterizan por ser fibrosas y ramificadas, alcanzan de 50 a 70 cm de profundidad, en sitios altos con bajas temperaturas en la rizosfera 14°C, la planta forma mayor cantidad de raíces finas y superficiales para absorber mayor cantidad de agua en suelos fríos. (Chancosi, 2017, p. 26)



Figura 2. Raíz de uvilla

Fuente: García (2016)

En la Figura 3 se observa el tallo de la planta de uvilla que presenta un gran número de yemas que cuando se desarrollan dan origen a ramas o tallos principales (Chancosi, 2017, p. 26).



Figura 3. Tallo de uvilla

Fuente: Chancosi (2017)

La figura 4, muestra las hojas de la uvilla, las cuales son enteras, simples, pecioladas, acorazonadas, altamente pubescentes, con un diámetro muy variable dependiendo de la edad, de la nutrición y del eco tipo que pueden ir de 7 a 20 cm de largo, están ubicadas de manera alterna en cada rama de la planta. Al madurar el fruto las hojas envejecen y caen. (Chancosi, 2017, p. 26)



Figura 4. Hojas de uvilla

Fuente: Chancosi (2017)

Las flores presentadas en la Figura 5, son hermafroditas de cinco sépalos, con una corola amarilla y de forma tubular. El fruto es una baya carnosa en forma de globo, con un diámetro que oscila entre 1,25 y 2,5 cm y con un peso entre 4 y 10 g; está cubierto por un cáliz formado por cinco sépalos que le protege contra insectos, pájaros, patógenos y condiciones climáticas extremas. Su pulpa presenta un sabor ácido azucarado (semiácido) y contiene de 100 a 300 semillas pequeñas de forma lenticular. (Chancosi, 2017, p. 27)



Figura 5. Flor de uvilla

Fuente: Guerrero (2015)

En cuanto al fruto de la planta de uvilla (*P. peruviana*), presentado en la Figura 6, es una baya carnosa formada por carpelos soldados entre sí, con forma de globo, acorazonada u ovoide, dependiendo del ecotipo, su diámetro varía entre 1 y 2.5 cm. Contiene un número variable entre 100 y 300 semillas con forma ovalada, el parénquima presenta zonas vacías cuyo tamaño aumenta con la madurez del fruto, el cual es una baya carnosa y jugosa de color amarillo. (Chancosi, 2017, p. 27)



Figura 6. Fruto de uvilla

Fuente: Chancosi (2017)

En la Figura 7 se observa las semillas de uvilla (*P. peruviana*) que se encuentran alrededor 100 a 300 semillas dentro del fruto, las cuales son de color amarillo, presentan una forma ovalada, tienen un tamaño pequeño, y que pueden comerse (Chancosi, 2017, p. 28).



Figura 7. Semillas de uvilla

Fuente: Chancosi (2017)

2.2.1.4. Composición nutricional

La uvilla es un fruto azucarado y se considera en su estado maduro una buena fuente de vitaminas A, C y pectina, se le atribuye una serie de propiedades curativas, ya que, cuenta con una variedad de nutrientes, los cuales se indican en la siguiente tabla:

Tabla 2. Composición nutricional de la uvilla

| Componentes | Contenido de 100 g de la parte comestible |
|-----------------|---|
| Carbohidratos | 16 g |
| Fibra | 4,90 g |
| Grasa total | 0,16 g |
| Ácido ascórbico | 43 mg |
| Calcio | 8 mg |
| Caroteno | 1,61 mg |
| Fósforo | 55,30 mg |
| Hierro | 1,23 mg |
| Niacina | 1,73 mg |
| Riboflavina | 0,03 mg |
| Proteína | 0,05 g |

Fuente: Macías, et al., (2016). Plan de exportación de mermelada de uvilla.

2.2.1.5. Índice de madurez

La temporada de cosecha de la uvilla se inicia cuando los frutos toman una coloración anaranjada y el capuchón que encierra la fruta se torna de color amarillo. Según Herrera (2014), la uvilla se clasifica según el grado de maduración, el cual se evalúa desde 0 hasta 6. Es importante conocer que el tiempo de vida útil de una uvilla cosechada en grado 5 de madurez, es más largo que el de una uvilla con grado 6. (p. 5)

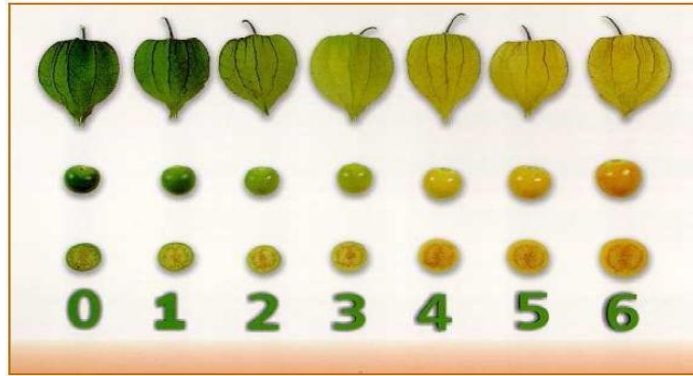


Figura 8. Estado de maduración de la uvilla

Fuente: Herrera (2014)

El índice de madurez es una relación entre el porcentaje de sólidos solubles disueltos y la acidez, dicho de otra forma, °Brix/% ácido cítrico. Los Brix es un parámetro muy usado para evaluar la madurez de los frutos, pues a medida que el fruto madura, la acidez baja, entre tanto que el porcentaje de azúcares (sólidos solubles) aumenta; Y a su vez el color se torna un punto de control, ya que, los diferentes cambios que experimentan las frutas durante la maduración permiten decidir si la fruta cumple con el estado de madurez óptimo, por ende, es este el criterio más usado por los consumidores. (Herrera, 2014, p. 5)

2.2.1.6. Carotenoides

En las frutas y vegetales, el color se debe principalmente a la presencia de tres familias de pigmentos: clorofilas, carotenoides y antocianinas, que son responsables de la coloración verde, roja-amarilla, y azul violeta, respectivamente (Llerena, 2014, p. 22).

Los carotenoides son pigmentos terpenoides con 40 átomos de carbono derivados biosintéticamente a partir de dos unidades de geranil-pirofosfato, los cuales son solubles en solventes apolares. La coloración de este tipo de pigmento oscila entre amarillo (β -caroteno) y el rojo 29 (licopeno), por lo tanto, son responsables de otorgar el color amarillo anaranjado que presenta la uvilla, ya que, en su composición se incluyen alfa, beta y épsilon - caroteno, los únicos que poseen actividad como vitamina A y se encuentran principalmente en partes aéreas de las plantas, especialmente en hojas, tallos, flores y frutos. (Llerena, 2014, p. 22)

2.2.1.7. Variedades

Chancosi (2017) mencionan que las variedades comerciales de uvilla en el Ecuador es únicamente la *P. peruviana*, ya que, no existen otras variedades de explotación y a su vez no se registran trabajos de investigación sobre cruces o generación de nuevas variedades, por lo tanto, la *Physalis peruviana* es la variedad existente en el país y que se comercializa a nivel nacional e internacional. (p. 33)

2.2.1.8. Ecotipos

En la actualidad el desarrollo de la uvilla en el Ecuador se ha establecido ciertos ecotipos

- Colombiano o Kenyano. - Es una uvilla que se caracteriza por tener el fruto grande de color amarillo intenso, su concentración de ácidos cítrico es menor que el del resto de materiales, sin embargo, por su aspecto fenotípico es altamente demandada para los mercados de exportación.
- Ambateño. - Es una uvilla con fruto mediano de color entre verde y amarillo que tiene una alta cantidad de sustancias que le dan un sabor agrídulce y aroma que destaca sobre el resto de ecotipos.
- Ecuatoriana. - Es el ecotipo más pequeño de color amarillo intenso, es de mayor concentración de sustancias vitamínicas, su aroma es agradable. (Chancosi, 2017, p. 33)

2.2.1.9. Cultivo

Macías et al. (2016) mencionan que en la actualidad se producen 700 hectáreas, ubicadas en las provincias de Pichincha, Cotopaxi, Imbabura, Tungurahua y Carchi, destinadas principalmente a la exportación, ya que, su forma esférica, su color amarillo y su sabor agrídulce han hecho que las uvillas sean reconocidas como frutas exóticas en el extranjero.

A través de la Asociación Tierra Productiva de la Ciudad de Quero, provincia de Tungurahua, que nació legalmente con su estatuto un 28 de mayo del 2008, Jesús Sánchez, representante legal de la asociación, cuenta que la mencionada organización se dedica a cultivar uvillas en producción limpia y que tiene una aceptación considerable en el mercado, ya que, esta fruta se está expandiendo en el campo agrícola del Ecuador. (Macías et al., 2016)

Chancosi (2017) afirma que en Ecuador la producción de uvilla se realiza por pequeños y medianos productores de la sierra norte entre los 2.000 a 3.000 msnm, especialmente en la provincia de Imbabura, en donde, la producción cuenta con un sistema semitecnificado, y se encuentra alrededor del 40% de los cultivos, con producciones entre 13,6 t/ha en 350 ha. Siendo la mayor demanda a nivel internacional, la fruta en fresco, por lo tanto, las alternativas de comercialización que se propongan deben ser de acuerdo con el mercado al cual se dirige y las exigencias de los clientes. (Chancosi, 2017, p. 36)

2.2.1.10. Usos

Macías et al. (2016) mencionan que la uvilla se puede consumir fresca cuando haya alcanzado su estado de madurez óptimo. De la misma manera esta fruta exótica se utiliza para la preparación de conservas, salsas, helados, glaseados y postres variados, ya que es considerado un ingrediente muy atractivo para ensaladas de frutas y vegetales, diferentes platos gourmet.

Las presentaciones de uvilla procesada más frecuentes son: fruta congelada, puré, pulpa, mermeladas, conservas, deshidratada (como pasas). Sin embargo, el mayor valor de mercado se encuentra en la fruta fresca o en los elaborados que mantienen su forma intacta, ya que, el alto contenido de pectina que posee la uvilla la hace especialmente apropiada para mermeladas y salsas. (Macías et al., 2016)

2.2.2. Moringa Oleífera

La planta *M. oleífera*, también conocida como moringa o árbol de la vida es una especie arbórea originaria del sur del Himalaya, el noroeste de la India, Bangladesh, Afganistán y Pakistán, la cual ha sido introducida y ha adaptada en diferentes partes del mundo como, Asia occidental, la Península Arábiga, África, Madagascar, el sur de Florida, las Islas del Caribe y América del Sur, desde México a Perú, Paraguay y Brasil. En lo que respecta a Centro América fue introducida en el año 1920 como planta ornamental y como cercas vivas, es decir en forma de barreras. (Clemente y Pérez, 2017, p. 1)

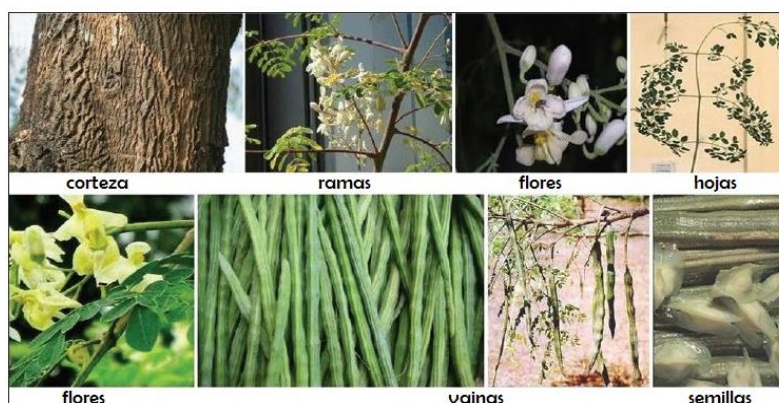


Figura 9. Partes de la planta moringa oleífera

Fuente: Clemente y Pérez (2017)

Este cultivo puede ser fácilmente propagado mediante sus semillas o por reproducción asexual (estacas), una de las ventajas que posee esta planta es la capacidad de soportar largos periodos de sequía y crecer de manera adecuada en condiciones áridas y semiáridas. Es una especie resistente que demanda poca atención hortícola y su crecimiento es muy rápido, hasta cuatro metros en un año, ya que, recientemente se ha realizado experimentos con moringa (*M. oleífera*) desarrolladas en Kenya, en colaboración con el Instituto de Investigación Forestal de Kenya, quienes han producido árboles de cuatro metros en solo cuatro meses. De la misma manera en el sur de Malawi se ha trabajado con el cultivo para evaluar su potencial en el tratamiento de aguas. (Clemente y Pérez, 2017, p. 2)

Por otra parte el árbol brinda una innumerable cantidad de productos valiosos que las comunidades han aprovechado por cientos, tal vez por miles de años desde las vainas verdes,

hasta las semillas tostadas, las cuales son muy nutritivas, de igual manera el aceite extraído de las mismas, se utilizan como componentes alimenticios altamente nutritivos y los residuos de la extracción pueden aprovecharse como acondicionador del suelo o como fertilizante, cabe destacar que su alto contenido en nutrientes, lo convierte en un producto potencial para ser utilizado como suplemento alimenticio avícola y ganadero. No obstante, las diferentes partes del árbol están enfocadas a la aplicación en la medicina natural. (Clemente y Pérez, 2017, p. 2)

2.2.2.1. Taxonomía de moringa oleífera

Según Paniagua & Chora (2016), la taxonomía para esta especie es la siguiente:

Tabla 3. Taxonomía de moringa

| Taxonomía | |
|-----------|----------------------|
| Reino | <i>Plantae</i> |
| División | <i>Magnoliophyta</i> |
| Clase | <i>Magnoliopsida</i> |
| Orden | <i>Brassicales</i> |
| Familia | <i>Moringaceae</i> |
| Género | <i>Moringa</i> |
| Especie | <i>Oleífera</i> |

Fuente: Paniagua & Chora 2016. Elaboración de aceite de semillas de moringa para diferentes usos.

2.2.2.2. Morfología

La moringa es un árbol de crecimiento muy rápido, en el primer año se puede desarrollar varios metros, hasta tres o incluso cinco en condiciones ideales de cultivo, es resistente en condiciones de sequía, aunque su pérdida de hojas durante periodos de estrés hídrico es mayor, por lo que, se beneficia de algún riego esporádico. También se beneficia de algún pequeño aporte de fertilizante, sin embargo, no es un árbol fijador de nitrógeno. (Paniagua & Chora, 2016)

No alcanza gran altura, hasta unos 10 - 12 metros. La copa es poco densa, de forma abierta, tirando a sombrilla, el tronco puede ser único o múltiple, por lo que, su sistema radicular es muy poderoso (Paniagua & Chora, 2016, p. 38).



Figura 10. Árbol de moringa oleífera

Fuente: Paniagua & Chora (2016)

En la Figura 11 se indica la raíz principal de la moringa, la cual es de tipo pivotante y globosa, mide varios metros lo que le permite tener cierta resistencia a la sequía. Cuando se le realiza cortes, produce una goma de color rojizo parduzco (Paniagua & Chora, 2016, p. 38).



Figura 11. Raíz de moringa oleífera

Fuente: Clemente y Pérez (2017)

Las semillas son de color pardo oscuro de forma globular y que poseen un diámetro de 1 cm con una consistencia papirácea como se observa en la Figura 12. Las vainas maduras permanecen en el árbol por varios meses antes de partirse y de liberar las semillas, las cuales son dispersadas por el viento, agua y probablemente animales (Clemente y Pérez, 2017, p. 3).



Figura 12. Semillas de moringa oleífera

Fuente: Clemente y Pérez (2017)

En la Figura 13 se observa las flores de la moringa oleífera, las cuales son bisexuales de 1,0-3,3 x 0,4-1,0 cm, en inflorescencias racemosas; con cinco sépalos y cinco pétalos de color blanco o cremoso, frecuentemente presentan pequeños matices rojizos en la base; cinco estambres fértiles con anteras amarillas, y cinco estambres estériles sin anteras; estilo delgado; peciolo verde, que pueden tornarse en color morado, al igual que la vaina fresca. (Clemente y Pérez, 2017, p. 4)



Figura 13. Flores de moringa oleífera

Fuente: Clemente y Pérez (2017)

En la Figura 14 se indica las hojas de moringa, las mismas que poseen un sabor agradable y se pueden consumir frescas en la preparación de ensaladas y a su vez tienen importantes niveles de compuestos bioactivos, principalmente fenólicos, ácido ascórbico y carotenoides, los cuales presentan propiedades antioxidantes, anticancerígenas, hipotensoras, hipoglucemiantes y antiinflamatorias. (Clemente y Pérez, 2017, p. 4)



Figura 14. Hojas de moringa oleífera

Fuente: Clemente y Pérez (2017)

2.2.2.3. Cultivo

De acuerdo con los representantes de la FAO se conoce una existencia de cultivo mínima de *M. oleífera*, por lo tanto, existen escasas investigaciones sobre dicha planta, aunque existen varias iniciativas privadas. Una de ellas es la plantación en la península de Santa Elena de la empresa Ecuamoringa, dirigida por Fausto Mantilla, quien empezó con investigaciones de siembra, suelo, plagas, adaptación e interacción con la biodiversidad local, por ende, descubrió que el suelo ecuatoriano es muy favorable para su producción, en vista de que la planta se adapta con facilidad al suelo tropical, árido y semiárido, sin embargo, su mercado potencial está dirigido a la comercialización como materia prima, en hoja y en polvo, sin dar un valor

agregado, por lo que, en la actualidad se desconoce el uso de moringa como conservante en la industria de alimentos y su aporte potencial socio económico. (Guayllas, 2015, p. 27)

De hecho, su cultivo se localiza en países en desarrollo donde se utilizan diferentes partes de la planta, desde las semillas para purificación de agua y obtención de aceite esencial, hasta las hojas y frutos que por su alto valor nutricional son utilizados para la elaboración de biomasa y alimentación animal. Además, la moringa se ha plantado en todo el mundo y se ha naturalizado en muchas áreas (es decir, en casi todo el cinturón tropical), lo que aumenta la variabilidad de la especie. (Guayllas, 2015, p. 27)

2.2.2.4. Propiedades Nutricionales

Todas las partes de la planta de moringa (*M. oleífera*) se utilizan con propósitos diferentes, siendo las hojas las más utilizadas por su alto contenido en minerales como calcio, potasio, zinc, magnesio, hierro y cobre, los cuales son esenciales para el crecimiento y desarrollo humano, como también para propiedades terapéuticas y nutritivas

El contenido vitamínico que presenta la moringa (*M. oleífera*) es alto, ya que, dentro de su composición se encuentran vitaminas como el betacaroteno de la vitamina A, la vitamina B, ácido fólico, piridoxina, ácido nicotínico, vitamina C, D y E que permiten proteger las membranas celulares, como también ayudan al sistema cardiovascular y estimula el inmunitario. (Clemente y Pérez, 2017, p. 5)

Por otra parte, la presencia de fitoquímicos como, los taninos, esteroides, terpenoides, flavonoides, saponinas, antraquinonas, alcaloides son considerados nutraceuticos, ya que, son útiles tanto en la nutrición como en la salud humana. De la misma manera los glucosinolatos, isotiocianatos, compuestos de glucósidos y glicerol-1-9-octadecanoato presentes en la moringa (*M. oleífera*) son fitoquímicos que presentan actividad anticancerígena, hipotensiva y antibacteriana. (Clemente y Pérez, 2017, p. 5)

Cabe recalcar que las hojas de moringa (*M. oleífera*) muestran un bajo poder calorífico y se pueden utilizar en la dieta de personas obesas. En cuanto a las vainas son fibrosas y son valiosas para tratar problemas digestivos e impedir el cáncer de colon. Una investigación muestra que las vainas inmaduras contienen alrededor de 46,78% de fibra y alrededor de 20,66% de proteínas, debido a que estas, poseen un 30% del contenido de aminoácidos, como también las hojas y flores que contienen 44% y 31% respectivamente. (Clemente y Pérez, 2017, p. 5)

En lo que respecta a las semillas de moringa (*M. oleífera*) se caracterizan por presentar acción bactericida, lo que acredita su uso en la purificación del agua, y por su alto rendimiento de aceite, es excelente para la producción de aceites esenciales (Martin et al., 2013).

A continuación, se indica la composición nutricional de las diferentes partes de la planta de moringa (*M. oleífera*):

Tabla 4. Composición química de la moringa (*Moringa oleífera*)

| Nutriente | Hojas Frescas | Hojas Secas | Polvo de hoja | Semilla | Vainas |
|-------------------|---------------|-------------|---------------|---------------|--------|
| Calorías (cal) | 92 | 329 | 205 | - | 26 |
| Proteína (g) | 6,7 | 29,4 | 27,1 | 35,96 ± 0,19 | 2,5 |
| Lípidos (g) | 1,7 | 5,2 | 2,3 | 38,67 ± 0,03 | 0,1 |
| Carbohidratos (g) | 12,5 | 41,2 | 38,2 | 8,67 ± 0,12 | 3,7 |
| Fibra (g) | 0,9 | 12,5 | 19,2 | 2,87 ± 0,03 | 4,8 |
| Vitamina B1 (mg) | 0,06 | 2,02 | 2,64 | 0,05 | 0,05 |
| Vitamina B2 (mg) | 0,05 | 21,3 | 20,5 | 0,06 | 0,07 |
| Vitamina B3 (mg) | 0,8 | 7,6 | 8,2 | 0,2 | 0,2 |
| Vitamina C (mg) | 220 | 15,8 | 17,3 | 4,5 ± 0,17 | 120 |
| Vitamina E (mg) | 448 | 10,8 | 113 | 751,67 ± 4,41 | - |
| Calcio (mg) | 440 | 2185 | 2003 | 45 | 30 |
| Magnesio (mg) | 42 | 448 | 368 | 635 ± 8,66 | 24 |
| Fosforo (mg) | 70 | 252 | 204 | 75 | 110 |
| Potasio (mg) | 259 | 1236 | 1324 | - | 259 |
| Cobre (mg) | 0,07 | 0,49 | 0,57 | 5,20 ± 0,15 | 3,1 |
| Hierro (mg) | 0,85 | 25,6 | 28,2 | - | 5,3 |
| Azufre (mg) | - | - | 870 | 0,05 | 137 |

Fuente: Paniagua, A., & Chora, J. (2016). Elaboración de aceite de semillas de moringa oleífera para diferentes usos.

2.2.3. Aceites esenciales (AEs)

Los aceites esenciales son líquidos viscosos semivolátiles, obtenidos a partir de material vegetal como hierbas, flores, hojas, semillas, ramas y cortezas, entre otros. Generalmente son destilados por arrastre con vapor de agua, y contienen las sustancias responsables del aroma de las plantas. Antiguamente, los AEs se habían estudiado solamente desde el punto de vista aromático y como saborizantes. Sin embargo, en años recientes, los AEs y sus componentes químicos han ganado un creciente interés, es decir, han sido objeto de una amplia investigación no sólo por ser un producto natural utilizado por sus propiedades antimicrobianas y antioxidantes para la conservación de los alimentos, sino, porque han mostrado beneficios en la alimentación y la salud humana; actualmente se estudian por sus propiedades biológicas como antitumorales, analgésicos, insecticidas, antidiabéticos y antiinflamatorios y por supuesto se amplía la investigación en la forma en que pueden ser adicionados directamente al alimento o pueden ser

incorporados en los envases y envolturas de los mismos para preservar su calidad y extender su vida útil. (Reyes *et al.*, 2014)

2.2.3.1. Composición

Martínez (1996) indica que alrededor del 90-95% del aceite esencial está constituido por la fracción volátil y consiste en monoterpenos e hidrocarburos sesquiterpénicos y sus derivados oxigenados tales como alcoholes, aldehídos alifáticos, ésteres, éteres, cetonas y fenoles. El residuo no volátil, sin embargo, constituye aproximadamente 5-10% del aceite entero, que contiene principalmente hidrocarburos, ácidos grasos, esteroides, carotenoides, ceras, cumarinas y flavonoides. Los componentes fenólicos son mayormente responsables de los efectos conservadores de los aceites esenciales en términos de propiedades antibacterianas y antioxidantes. (p. 77)

2.2.3.2. Clasificación

Martínez (1996) manifiesta que los aceites esenciales se clasifican con base en diferentes criterios como consistencia, origen y naturaleza química de los componentes mayoritarios.

De acuerdo con la consistencia que presentan los aceites esenciales se clasifican en:

- Esencias fluidas. - Son líquidos volátiles a temperatura ambiente.
- Bálsamos. - Son líquidos de consistencia más espesa, poco volátiles y propensos a sufrir reacciones de polimerización.
- Oleorresinas. – Son líquidos típicamente muy viscosos o sustancias semisólidas que contienen el aroma característico de las plantas en forma concentrada.

De acuerdo con su origen los aceites esenciales se clasifican como:

- Naturales. – Se obtienen directamente de la planta y no sufren modificaciones físicas ni químicas posteriores, debido a su bajo rendimiento son muy costosos.
- Artificiales. – Se obtienen a partir de procesos de enriquecimiento de la misma esencia con uno o varios de sus componentes químicos.
- Sintéticos. – Son aquellos que provienen de la combinación de sus componentes, los cuales en su mayoría son producidos por procesos de síntesis química.

2.2.3.3. Actividad antimicrobiana

Los aceites esenciales y sus compuestos bioactivos poseen fuertes efectos antimicrobianos contra las bacterias patógenas transmitidas por los alimentos como *Salmonella*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, de igual manera, su actividad ataca a ciertos mohos como *Aspergillus flavus*, *Fusarium spp* y *Penicillium spp*. Por lo general, la mayor actividad antimicrobiana de los AEs se presenta en las bacterias Grampositivas, ya que, los

extremos lipófilos de los ácidos lipoteicoicos de la membrana celular pueden facilitar la penetración de los compuestos hidrófobos que poseen los aceites esenciales. En el caso de las bacterias Gramnegativas su resistencia, se atribuye a las proteínas protectoras que se encuentran en la membrana o el lipopolisacárido de la pared celular, lo que limita la velocidad de difusión de los compuestos hidrófobos a través de la capa de lipopolisacárido. (Ceballos & Londoño, 2017, p. 1)

Dentro de los componentes químicos de varios AEs, el carvacrol ha demostrado ejercer una acción antimicrobiana distinta, la cual consiste en desintegrar la membrana externa de las bacterias Gramnegativas liberando lipopolisacáridos y aumentando la permeabilidad de la membrana citoplasmática al ATP y es capaz de interactuar con las membranas de las bacterias Grampositivas y alterar la permeabilidad de los cationes de hidrogeno y potasio. (Ceballos & Londoño, 2017, p. 1)

Además del carvacrol, otro componente químico presente en los aceites esenciales que ha demostrado resaltar su acción antimicrobiana es el eugenol, el cual actúa mediante el aumento de la permeabilidad no específica de la membrana causando un inadecuado transporte de iones y ATP; así mismo, es capaz de desencadenar la citotoxicidad celular, es decir, inducen la inhibición del crecimiento de la célula, la disrupción de la membrana celular y el daño del ADN resultante de la descomposición celular y la muerte. (Ceballos & Londoño, 2017, p. 1)

Por lo tanto, entre los mecanismos de acción que utilizan los AEs contra las bacterias, se han propuesto la degradación de la pared celular bacteriana, modificación de proteínas de la membrana citoplasmática, alteraciones de la permeabilidad de la membrana, inactivación de enzimas extracelulares, reducción de ATP intracelular, fuga de contenidos celulares, coagulación del citoplasma, y la interrupción del flujo de electrones y el transporte activo. Cabe mencionar que, dichos mecanismos de acción pueden tener mayor efectividad, dependiendo de las propiedades intrínsecas que poseen los alimentos (grasas, proteínas, pH, etc.), así como el entorno en que se mantienen (temperatura de almacenamiento, envasado, etc.), ya que, pueden influir en el efecto preventivo de los aceites esenciales, por ejemplo la temperatura de almacenamiento, la disminución de las concentraciones de O₂, el alto contenido de sal y el pH aumentan el efecto antimicrobiano de los AEs. (Ceballos & Londoño, 2017, p.2)

Además, una característica importante dentro de la actividad antimicrobiana de los aceites esenciales es su hidrofobicidad, característica que les permite unirse a los lípidos de la membrana celular microbiana, desestabilizando su estructura y aumentando su permeabilidad, generando la salida de iones, metabolitos y demás moléculas que causan la muerte de los microorganismos, siendo, el carvacrol responsable principal de este modo de acción bactericida.

2.2.3.4. Actividad antioxidante

Los aceites esenciales tienen diferentes maneras de actuar como antioxidantes, una de ellas es la eliminación de los radicales libres, los agentes reductores, la terminación de los peróxidos, la prevención de la extracción continuada de hidrógeno, así como los extintores de formación de oxígeno único y la unión de catalizadores de iones metálicos de transición. Por lo que, mediante estas funciones, los AEs pueden servir como los potenciales antioxidantes naturales y ser una alternativa de aplicación a los antioxidantes sintéticos, para prevenir la oxidación de lípidos en los sistemas alimentarios. (Ceballos & Londoño, 2017, p. 2)

Cabe mencionar que la actividad antioxidante de los aceites esenciales difiere principalmente por los tipos y cantidades de los componentes antioxidantes que se encuentran en estos. Además, el período de recolección de la planta juega un papel importante en la concentración de los principales componentes del aceite, tales como los compuestos fenólicos, que están directamente relacionados con la actividad antioxidante de los AEs.

Sin embargo, los fenoles presentes en los aceites esenciales, al igual que otros antioxidantes como el retinol y el tocoferol, pueden parar de ser compuestos antioxidantes a un estado prooxidante si se usan en concentraciones altas, ya que, el aceite va a dañar la membrana mitocondrial conduciendo a la liberación de iones superóxido y otras especies reactivas potentes que dañan el ADN y también oxidan dichos compuestos fenólicos al radical fenoxilo que dañará aún más la proteína y el ADN. (Ceballos & Londoño, 2017, p. 2)

Ceballos & Londoño (2017) mencionan que varios investigadores han evaluado la actividad antioxidante de diferentes aceites; obteniendo por ejemplo que los aceites esenciales de clavo de olor, canela y tomillo pueden reducir la deshidratación y la aparición de polímeros dorados responsables de la actividad de dorado y arrugamiento de las setas durante el periodo de almacenamiento; de igual manera, aceites esenciales extraídos de la planta medicinal damiana (*Turnera diffusa*) inhibían significativamente la formación de cationes radicales y evitaban el blanqueo del B-caroteno, concluyendo que la actividad antioxidante observada podría deberse a los efectos sinérgicos de dos o más compuestos presentes en el aceite esencial, es decir, que la mayoría de los compuestos antioxidantes naturales, al igual que los compuestos antimicrobianos presentes en los AEs trabajan a menudo de manera sinérgica para producir un amplio espectro de propiedades, en este caso antioxidantes, con la finalidad de generar un sistema de defensa eficaz contra los radicales libres. (Ceballos & Londoño, 2017, p. 2)

2.2.3.5. Efecto sobre las propiedades sensoriales de los alimentos.

Martínez (1996) menciona que las moléculas que se utilizan como preservadores naturales y que proceden de AEs obtenidos a partir de especies, frutas o extractos vegetales poseen aromas y sabores intensos que modifican el perfil organoléptico del alimento. En algunos casos este aporte puede incluso mejorar las características sensoriales, pero en otros alimentos puede ser totalmente incompatible. Los AEs con propiedades antioxidantes pueden ayudar a preservar el color o aroma de alimentos durante el procesado o elaboración con técnicas aceptablemente agresivas como el calentamiento o la deshidratación. (p. 77)

2.2.3.6. Efecto sobre las propiedades nutricionales de los alimentos.

Los aceites esenciales modifican el perfil sensorial de un alimento, pero no son moléculas que puedan desnaturalizar proteínas o vitaminas. Por consiguiente, no poseen la capacidad de afectar las características nutricionales de dichos productos. Sin embargo, en algunas ocasiones pueden permitir una mayor estabilización, debido a su actividad antioxidante. (Martínez, 1996, p. 77)

2.2.3.7. Efecto sobre el proceso fisiológico de las frutas

Cabrera (2014) menciona que los agentes antioxidantes presentes en los aceites esenciales tienen la capacidad de reducir la tasa de oxidación, aumentar la vida útil de los productos alimenticios y mejorar la estabilidad de los lípidos, evitando así la pérdida de características sensoriales y su valor nutricional, debido a que, la aplicación de aceites esenciales sobre la superficie de las frutas, genera una capa protectora que impide la interacción de la fruta con la atmosfera o medio en que se encuentre almacenada, ocasionando una disminución en la tasa de respiración y transpiración, por ende, el proceso de maduración se vuelve lento en comparación a los de una fruta en condiciones normales, ya que, los factores intrínsecos de la fruta (pH, humedad, acidez, sólidos solubles) reaccionan a los compuestos fenólicos y terpenos presentes en los aceites esenciales causando un medio, donde los microorganismos no obtienen las condiciones ideales para su proliferación, lo cual repercute en la prolongación del tiempo de vida útil de las frutas para su comercialización. (p. 15)

Además, el proceso fisiológico de maduración de las frutas es acompañado por cambios en los ácidos orgánicos, estos alcanzan su máximo durante el crecimiento y desarrollo de la fruta en el árbol, a medida que, el proceso aumenta presupone un descenso de la acidez, debido a que los ácidos orgánicos son degradados o bien convertidos en azúcares disminuyendo, consiguientemente, su concentración, por ende, se incrementa el contenido de azúcares responsable de la dulzura de las frutas, no obstante, la aplicación de aceites esenciales causa

que este fenómeno sea interrumpido, ya que, sus agentes naturales particularmente sales potásicas permiten el control del grado de alcalinidad de las frutas, por consiguiente, el porcentaje de ácido cítrico se reduce con menor velocidad, permitiendo un retardo en el proceso de maduración y susceptibilidad a la descomposición por microorganismos. (Cabrera, 2014, p. 15)

2.2.3.8. Aplicación de aceites esenciales en empaques antimicrobianos

Martínez (1996) menciona que, en la actualidad, la aplicación del envasado activo que tiene la finalidad de interactuar con el producto y el revestimiento comestible ha recibido una atención significativa por parte de la industria alimentaria como un método alternativo para controlar el deterioro de los alimentos a causa de factores externos, tales como temperatura, luz y humedad, lo que puede conducir a la degradación. Además, esta tecnología permite proteger su contenido de otras influencias ambientales como olores, microorganismos, choques, polvo, vibraciones y fuerzas de compresión. Por consiguiente, su demanda ha aumentado, en especial si se trabaja con elementos activos naturales debido a la creciente preferencia del consumidor por los productos alimenticios mínimamente procesados. (p. 78)

Recientemente se ha encontrado que los aceites esenciales y sus componentes bioactivos tienen una eficacia pronunciada en los materiales de envasado de alimentos como fuente de agentes antioxidantes y antimicrobianos, ya que, la capacidad que poseen de proteger los alimentos contra los microorganismos patógenos y el deterioro, permiten mantener la calidad de alimentos como carne, pescado, frutas y vegetales. (Ceballos & Londoño, 2017, p. 3)

El material de embalaje que se utiliza en estos sistemas puede incorporar componentes diseñados para ser liberados en los alimentos o para absorber sustancias de alimentos envasados que son responsables de su deterioro, por lo que, varios materiales utilizados en el envasado pueden utilizarse para incorporar los aceites esenciales y generar películas y recubrimientos comestibles. Las películas son láminas delgadas formadas de antemano que pueden aplicarse sobre el envoltorio del producto o entre sus capas como cubiertas. Mientras que los revestimientos son películas formadas en el producto, cuya base se aplica directamente sobre su superficie, donde se produce el secado y, por lo tanto, la formación del revestimiento. Estas películas o recubrimientos aplican el aceite esencial a una concentración efectiva inferior a la aplicada directamente a las superficies del producto. (Ceballos & Londoño, 2017, p. 3)

Ceballos & Londoño (2017) indican que los aceites esenciales son incorporados en los envases de alimentos para liberar progresivamente sus compuestos a los alimentos, y así mantener o mejorar las propiedades organolépticas, la calidad y la integridad microbiológica. Actualmente se han utilizado una amplia variedad de aceites esenciales en el envasado activo como

antimicrobianos y antioxidantes, entre ellos: albahaca (*Ocimum basilicum L.*), flores de manzanilla (*Matricaria chamomilla L.*), cardamomo (*Elettaria cardamomum*) y romero (*Rosmarinus officinalis L.*). (p. 3)

2.2.3.9. Aceite esencial de moringa oleífera

El aceite de moringa (*M. oleífera*) es un extracto que proviene de las semillas maduras del árbol de moringa que se obtiene a partir del prensado de las semillas principalmente en frío; cuyo extracto contiene un 35 % de aceite de alta calidad, poco viscoso y dulce, a su vez presenta alrededor de un 65 % de ácido oleico, mejor conocido como omega 9, similar al aceite de oliva. Mediante su extracción se obtiene diferentes nutrientes presentes en las semillas como son, vitaminas B, C, grasas monoinsaturadas y el ácido behénico, por lo que es empleado en el área gastronómica, como condimento y conservador, incluso el aceite de moringa es utilizado como fertilizante, pues sirve como un controlador de plagas. También puede tener interesantes aplicaciones en el área médica, lubricación de mecanismos, fabricación de jabón y cosméticos. Cabe recalcar que la aplicación de este aceite se considera segura, ya que, mediante pruebas toxicológicas realizadas en varias especies de animales, indican que no presenta ningún riesgo para la salud humana tanto por administración oral como intravenosa. (Cabrera, 2014, p. 19)

2.2.3.9.1. Composición química del aceite esencial de moringa

El aceite esencial obtenido mediante extracción de las hojas secas de moringa (*M. oleífera*) muestra una composición química que va alrededor de 29 compuestos, que representan el 91,1% del total, dentro de estos encontramos hexacosano (13,9%), pentacosano (13,3%), octacosano (10%), nonacosano (10,5%) y heptacosano (11,4%), los cuales son los compuestos más abundantes en este tipo de extracto. (Cabrera, 2014, p. 19)

En la siguiente tabla se muestra la composición química del aceite:

Tabla 5. Composición química del aceite esencial de moringa.

| Componente | Porcentaje (%) |
|-------------------|----------------|
| Ácido Oleíco | 65,7 |
| Ácido Palmítico | 9,3 |
| Ácido Esteárico | 7,4 |
| Ácido Behénico | 8,6 |
| Ácido Palmítico | 3,60 |
| Ácido Mirístico | 1,50 |
| Ácido Linoléico | 3,80 |
| Ácido Lignocérico | 0,13 |

Fuente: Martín, et al., (2013). Potenciales aplicaciones de moringa oleífera.

Taninos

Los taninos son el resultado de la combinación de un fenol y un azúcar, tienen gusto amargo y suelen acumularse en las raíces, cortezas y en menor medida en las hojas, por lo que, los taninos presentes en los extractos obtenidos de las hojas de moringa (*M. oleífera*) es del 1,4%, es decir son cantidades insignificantes, como también al ser fenoles sencillos no producen efectos adversos a la salud humana. (Cabrera, 2014, p. 20)

Flavonoides

Los flavonoides son pigmentos naturales presentes en los vegetales que protegen al organismo de daños producidos por agentes oxidantes como los rayos ultravioletas, polución ambiental, sustancias químicas presentes en el alimento, cabe mencionar que el organismo de los seres humanos no puede producir estas sustancias químicas protectoras, por lo que deben obtenerse mediante la alimentación. (Cabrera, 2014, p. 20)

Cabrera (2014) menciona que diversos estudios in vitro realizados a los extractos obtenidos de hojas, frutos y semillas de moringa, demostraron una actividad protectora de células vivas, en relación con el daño oxidativo de su ADN asociado con el envejecimiento, el cáncer y las enfermedades degenerativas, todo esto debido al contenido rico en ácidos fenólicos y flavonoides, los cuales presentan un alto poder antioxidante. De la misma manera, se indicó que dichos extractos inhiben la peroxidación lipídica y el quorum sensing bacteriano, por ello se propuso al extracto de moringa (*M. oleífera*) como un candidato ideal para las industrias farmacéutica, nutracéutica y de alimentos funcionales. (p. 20)

2.2.3.9.2. Efecto antimicrobiano del aceite esencial de moringa

La utilización de extractos de moringa (*M. oleífera*) dentro del control de diversas infecciones causadas por microorganismos en la actualidad tiene un alto índice de conocimiento, por ende, en años recientes se han generado resultados científicos, los cuales corroboran su actividad antimicrobiana, ya que, ciertos estudios in vitro han comprobado la actividad que tienen las diferentes partes de la planta sobre los microorganismos patógenos, siendo uno de ellos la inhibición del crecimiento de *Pseudomonas aeruginosa* y *Staphylococcus aureus* por la utilización de extractos acuosos de las hojas. De la misma manera, la aplicación de extractos a partir de las semillas de moringa (*M. oleífera*) presentan actividad antimicrobiana en relación con bacterias (*Pasteurella multocida*, *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis* y *Staphylococcus aureus*), hongos (*Fusarium solani solani*) y cepas de *Rhizopus* a diversos grados. Cabe mencionar que las zonas de crecimiento de inhibición tienen una mayor sensibilidad frente a las cepas bacterianas en comparación con las cepas fúngicas; es decir que los extractos trabajan en forma dependiente de la dosis, causando lisiado y distorsión en la unidad celular y

ramificación apical de los hongos, cuya actividad alcanza su mayor potencial cuando se trabaja a temperaturas bajas, es decir de 4 a 6 °C. (Cabrera, 2014, p. 25)

Clemente y Pérez (2017) menciona que ciertos estudios bacteriológicos refutaron la actividad antimicrobiana que presentan los extractos de semillas de moringa, en este caso sobre bacterias Gram positivas y Gram negativas, ya que, su efecto bactericida consiste en la disrupción de la membrana celular por inhibición de enzimas esenciales, donde el principal ingrediente responsable de dicha actividad es el 4-(4'-O-acetil- α -L-ramnopiranosiloxi)-isotiocianato de bencilo, el cual tiene actividad antibacteriana sobre varias especies patógenas, incluyendo aislados de *Staphylococcus*, *Streptococcus* y *Legionella* resistentes a los antibióticos. (p. 8)

Por otra parte, en una investigación muy reciente realizada en Kenya se demostró la actividad antimicrobiana de extractos de semillas de moringa (*M. oleífera*) sobre las bacterias *Salmonella typhi*, y *E. coli*, causantes de la fiebre tifoidea, el cólera y la gastroenteritis, respectivamente, por lo que los autores de dicha investigación manifiestan que el resultado obtenido puede tener un gran impacto en la industria alimentaria, ya que, se trata de agentes antimicrobianos naturales que constituyen un método de conservación para alimentos altamente perecibles, ya que, no se les practica ningún tratamiento, lo que genera enfermedades provocadas por los microorganismos contaminantes. (Martin et al., 2013)

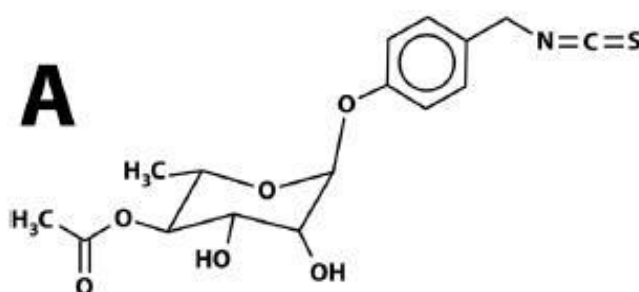


Figura 15. Estructura fitoquímica 4-(4'-O-acetil- α -L-ramnopiranosiloxi)-isotiocianato de bencilo

Fuente: Clemente y Pérez (2017)

2.2.3.9.3. Efecto antioxidante del aceite esencial de moringa

Martín et al. (2013) manifiesta que los antioxidantes son sustancias que poseen la capacidad de prevenir o retardar la formación de radicales libres, por ello, en el área de farmacología se realizan diversas investigaciones en cuanto a sus posibles aplicaciones de forma intensiva, particularmente como tratamiento para accidentes cerebrovasculares y enfermedades neurodegenerativas, así como en la prevención del cáncer y la cardiopatía isquémica. (Martin et al., 2013)

Las plantas contienen compuestos antioxidantes como los carotenoides, tocoferoles, ascorbatos y fenoles que pueden atenuar el daño oxidativo; ya sea de manera indirecta, al activar las defensas celulares, o directa, es decir, mediante la eliminación de los radicales libres.

Las diferentes partes de la moringa (*M. oleífera*) contienen más de 40 compuestos con actividad antioxidante. Entre los compuestos con este potencial, ya sea por actividad de captación de radicales libres o por capacidad de formación de quelatos de iones metálicos identificados en las semillas de moringa, se encuentran compuestos fenólicos como el kaempferol y los ácidos gálico y elágico. (Martín *et al.*, 2013)

Estudios *in vitro* demostraron que los extractos de hojas, frutos y semillas de moringa, a causa de sus propiedades antioxidantes, protegen las células vivas del daño oxidativo del ADN relacionado con el envejecimiento, el cáncer y las enfermedades degenerativas; de igual manera, se indicó que dichos extractos inhiben la peroxidación lipídica y el mecanismo de comunicación bacteriano, por tal motivo, se propuso a la moringa (*M. oleífera*) como un candidato ideal para las industrias farmacéutica, nutracéutica y de alimentos funcionales. En otro estudio se reveló que la extracción de aceite de moringa mediante acetato de etilo genera una cantidad rica en ácidos fenólicos y flavonoides, por lo cual, presenta un mayor poder antioxidante que puede ser utilizado como conservante de alimentos perecibles. (Martín *et al.*, 2013)

La actividad antioxidante de las hojas de moringa varía en dependencia de las condiciones agroclimáticas y estacionales, ya que, muestras obtenidas de regiones frías de Pakistán presentaron mayor actividad antioxidante que las de regiones templadas de ese país, es decir, que a temperaturas bajas la actividad antioxidante de los extractos de las hojas de moringa (*M. oleífera*) es mayor. (Martín *et al.*, 2013)

Por otra parte, los extractos de semillas de moringa (*M. oleífera*) pueden ser usados en terapias antioxidantes para disminuir la genotoxicidad del arsénico y otros metales pesados, cuyos mecanismos de acción carcinogénica están relacionados con especies reactivas de oxígeno, es decir, reducen la concentración de arsénico y protegen contra las posibles alteraciones hematológicas y el estrés oxidativo a causa de este metal, siendo los responsables algunos coagulantes naturales de la semilla de moringa, como también su alto contenido de aminoácidos como metionina y cisteína, y de antioxidantes como las vitaminas C, E, y β -caroteno. (Martín *et al.*, 2013)

2.2.3.9.4. Obtención de aceite esencial de moringa.

Los procesos de extracción consisten en la separación de las sustancias biológicamente activas de los materiales inertes o inactivos de una planta, a partir de la utilización de un disolvente

seleccionado y de un proceso de extracción adecuado; donde siempre se obtienen, por lo menos, dos componentes: la solución extraída en su disolvente (el extracto) y el residuo (el bagazo). (Rodríguez, 2017, p. 31)

Por lo general, los aceites esenciales se obtienen a partir de plantas aromáticas o especies, mediante diferentes procesos de extracción. Dentro de la obtención del aceite esencial de moringa se encuentra el método Soxhlet, el cual consiste en pesar una masa aproximadamente de 10 g de semillas, que son colocadas en un papel filtro que suple la función de un dedal. El etanol se adiciona teniendo en cuenta las relaciones soluto-solvente, donde la cantidad de solvente a utilizar es superior al valor mínimo del mismo, determinado como 1:3 veces el volumen del sifón del Soxhlet de trabajo, que es de 30 ml, evitando de esta manera, que el aceite se quemé. En el condensador acoplado se utiliza al agua como refrigerante. Seguidamente el disolvente se evapora hasta el condensador a reflujo, donde se condensan sus vapores, los cuales caen una gota a la vez, sobre el papel de filtro que contiene la muestra, ascendiendo el nivel del solvente hasta un punto en que se produce el reflujo que hace que vuelva el solvente con el material extraído al balón, luego se realiza la separación de la mezcla aceite-solvente, mediante un proceso de roto evaporación que permite la separación del aceite que se encuentra en el solvente, la cual se efectúa a una temperatura de 50°C durante 10 min, y de esta manera se obtiene el aceite esencial de moringa. (Rodríguez, 2017, p. 32)

En la actualidad la tecnología de fluidos supercríticos utilizando CO₂, permite obtener una mayor pureza en los AEs obtenidos, pero con un costo mucho más elevado (Paniagua & Chora, 2016, p. 38).

2.2.4. Tecnología de barreras

Las técnicas de conservación se aplican para controlar el deterioro de la calidad y seguridad microbiana de la mayoría de los alimentos, el cual puede ser causado por microorganismos y/o por una variedad de reacciones fisicoquímicas que ocurren después de la cosecha, por lo que, se utiliza la tecnología de barreras como una alternativa para la preservación de alimentos. (Hernández *et al.*, 2014)

La tecnología de barreras implica la utilización de diferentes técnicas de conservación, dentro de las que sobresalen, el uso de desinfectantes, tratamientos térmicos, aditivos químicos, empaques en atmósferas modificadas, almacenamiento a bajas temperaturas, entre otros, con la prioridad de minimizar la probabilidad de ocurrencia y de crecimiento de microorganismos deteriorativos y patógenos, como también generar el menor impacto posible en las características sensoriales y nutricionales del alimento. (Hernández *et al.*, 2014)

Además, la tecnología de barreras no sólo se aplica a la estabilidad microbiológica, sino que se prolonga a la calidad total del alimento. De igual manera, desde el punto de vista microbiológico, el concepto se ha tornado más amplio y se refiere no sólo a la interferencia de la homeostasis por barreras sinérgicas o aditivas sobre un mismo microorganismo, sino, a la aplicación selectiva de factores de conservación que puedan ser efectivos contra un organismo específico o un grupo de microorganismos solamente que pueden interactuar entre ellos. Los factores más importantes que controlan la velocidad de los cambios deteriorativos y la proliferación de los microorganismos en los alimentos son la disponibilidad de agua, el pH y la temperatura. (Hernández *et al.*, 2014) Cuando estos factores son aplicados en conjunto a un alimento, se obtiene un efecto sinérgico, permitiendo que cada uno sea utilizado en una menor intensidad que cuando es empleado de forma independiente, esto da como resultado un alimento en el cual no se presentan cambios drásticos en su composición nutricional y calidad sensorial, conservando características muy similares a las del alimento fresco y con una vida útil más prolongada. (Hernández *et al.*, 2014)

La reacción positiva a uno o varios tratamientos depende de la matriz vegetal que se esté empleando, siendo necesario realizar estudios que permitan identificar cual es la secuencia de tratamientos necesarios para obtener un efecto sinérgico y de esta forma producir un efecto de barrera que permita prolongar la vida útil de las frutas y hortalizas mínimamente procesadas. (Hernández *et al.*, 2014)

En algunas investigaciones, la tecnología de barreras, combinando tratamientos térmicos, atmósferas modificadas y almacenamiento refrigerado, ha sido utilizada para la conservación de pimientos (*Capsicum annuum*), prolongando la vida del vegetal hasta 18 días a una temperatura de 1 °C. En el caso del fríjol (*Phaseolus vulgaris*) se utilizó un tratamiento combinado, el cual consistió en un baño químico con ácido cítrico, radiación gama y empaque en atmósferas modificadas prolongando la vida útil del vegetal por una semana, mientras que sus características sensoriales fueron aceptables. (Hernández *et al.*, 2014)

2.2.5. Antimicrobianos en los alimentos.

Un antimicrobiano es un agente que interrumpe una función microbiana presentando a la vez una toxicidad selectiva. Estos agentes (antibióticos) son producidos por microorganismos, los cuales tienen diferentes espectros de inhibición, muchos son efectivos solo contra una variedad limitada de patógenos, mientras, otros son de amplio espectro, es decir, atacan diferentes clases de microorganismos patógenos. (Preteel, 2015, p. 1)

Preteel (2015) indica que el uso de antimicrobianos (conservadores) es una práctica común en la industria de los alimentos, por muchos años se han utilizado antimicrobianos sintetizados

químicamente, pero sus efectos secundarios se han relacionado con el desarrollo de enfermedades como las intoxicaciones provenientes de este tipo de conservantes, por lo que, ha generado algunas controversias y daño en la salud de las personas, generando un rechazo por parte de los consumidores de productos procesados, por lo cual, ha surgido la necesidad de buscar otras opciones. (p.1) Por lo tanto, la industria alimentaria siempre está en constante innovación, por lo que han encontrado nuevos agentes antimicrobianos de origen natural que surgen como alternativas de conservación, esto debido al aumento de la demanda de productos frescos mínimamente tratados y a su vez consientan la aplicación de dos o más factores, los cuales interaccionen aditiva o sinérgicamente controlando la proliferación de los microorganismos, permitiendo con esto productos semejantes al producto fresco pero con una menor participación de los aditivos, lo que mejora la calidad sensorial y nutrimental del alimento. (Pretel, 2015, p. 1)

2.2.5.1. Efecto de la adición de antimicrobianos.

Clemente y Pérez (2017) mencionan que los antimicrobianos o conservadores pueden tener al menos tres tipos de acción sobre el microorganismo;

- Inhibición de la biosíntesis de los ácidos nucleicos o de la pared celular.
- Daño a la integridad de las membranas.
- Interferencia con la gran variedad de procesos metabólicos esenciales.

La mayor parte de los antimicrobianos alimentarios solamente son bacteriostáticos, es decir, son sistemas de conservación que impiden el desarrollo de gérmenes, en lugar de bactericidas que se refiere a sistemas de conservación que destruyen los gérmenes, por lo que su efectividad sobre los alimentos es limitada. Por otra parte, debido a que algunos microorganismos pueden no verse inhibidos o destruidos por las dosis convencionales de antimicrobianos utilizados individualmente, puede ser preferible utilizar una combinación de ellos, ampliando así el espectro de cobertura en la preservación de frutas o alimentos en general. (Clemente y Pérez, 2017, p. 12)

Cabe recalcar que la velocidad de deterioro microbiológico no solo depende de los microorganismos presentes, sino también de la composición química del producto y del tipo de carga microbial inicial, por lo que, es importante conocer y analizar el tipo de antimicrobiano que se va aplicar, es decir, que va estar en contacto directo con el alimento con la finalidad de retardar el crecimiento microbiano o inactivar a los microorganismos y por lo tanto detener el deterioro de la calidad y mantener la seguridad del alimento. (Pretel, 2015, p. 1)

Por esta razón, Rivas (2015) indica que los principales responsables de las propiedades antimicrobianas de los aceites esenciales son los componentes fenólicos que se encuentran dentro de su composición química. (p.15)

2.2.5.2. Antimicrobianos naturales.

Los sistemas antimicrobianos naturales presentes en plantas, animales o microorganismos van ganando preferencia dentro del campo de la conservación natural, sobre todo las actividades antimicrobianas procedentes de extractos de varios tipos de plantas y partes de plantas que se usan como agentes saborizantes en algunos alimentos. En países como Nigeria, por ejemplo, los extractos de especies con propiedades conservantes naturales son más utilizados que los antimicrobianos sintéticos. En la mayoría de los casos, los antimicrobianos se usan principalmente para inhibir el crecimiento de hongos y levaduras, y su acción depende en gran medida del pH. Cuanto más ácido es un alimento, más activo es contra los microorganismos. Muchas hierbas y especias contienen aceites esenciales que son antimicrobianos; se menciona que cerca de 80 productos de origen vegetal contienen altos niveles de antimicrobianos con uso potencial en alimentos, por ejemplo: clavo, ajo, cebolla, salvia, romero, cilantro, perejil, orégano, mostaza y vainilla entre otros. (Pretel, 2015, p. 2)

2.2.5.2.1. Clases de antimicrobianos naturales.

Ácidos orgánicos y ésteres

Dentro de los factores que rigen el crecimiento de los microorganismos en los alimentos se encuentra el pH, ya que, a manera general las bacterias tienen la capacidad de soportar un rango de pH entre 4 y 9, sin embargo, los microorganismos que mayor proliferación tienen en frutas y vegetales y toleran un rango más amplio de pH para su crecimiento son las levaduras y mohos, debido a sus características inherentes como su bajo pH y baja capacidad reguladora. (Clemente y Pérez, 2017, p. 19)

Clemente y Pérez (2017) mencionan que el modo de acción de los ácidos orgánicos en la inhibición del crecimiento microbiano parece estar relacionado con el mantenimiento del equilibrio ácido-base, la donación de protones y la producción de energía por las células. Por lo tanto, los sistemas biológicos y químicos dependen de la interacción entre los sistemas ácido-base, ya que, la célula microbiana regularmente refleja este equilibrio atendiendo al mantenimiento de un pH interno cercano a la neutralidad, gracias a la capacidad de adaptarse a las nuevas condiciones y a mantener el equilibrio a pesar de los cambios. Las proteínas, los ácidos nucleicos y fosfolípidos pueden ser alterados estructuralmente por los cambios de pH. (p. 19)

Especias y Hierbas

Clemente y Pérez (2017) indica que muchas especias y hierbas exhiben actividad antimicrobiana, gracias a los compuestos presentes que son derivados simples y complejos del fenol, los mismos que son más efectivos frente bacterias grampositivas, que frente a bacterias gramnegativas. Sin embargo, existe una gran desventaja en su uso como antimicrobiano; una alta concentración es necesaria para obtener un efecto de preservación, por lo tanto, existen alteraciones en el sabor, ya que, su cantidad está limitada a los alimentos en los cuales el cambio en el sabor es considerado deseado. (p. 21)

Oleorresinas

Las oleorresinas se producen mediante la extracción de los compuestos aromáticos de las especias deshidratadas con solventes orgánicos. Los compuestos volátiles y no volátiles extraídos de las especias representan el sabor completo de la especia fresca en una forma concentrada. (Clemente y Pérez, 2017, p. 21)

Dentro de las ventajas que ofrece las oleorresinas se encuentra su alto porcentaje de naturalidad, es decir, que es un producto libre de residuos de solvente y de residuos de pesticidas, de igual manera, no presentan contaminación microbiana, por lo que cumplen con las especificaciones de la FDA (Administración de Alimentos y Medicamentos) y están clasificadas como GRAS (Generalmente reconocido como seguro), lo que permite su libre adición dentro de las formulaciones en la industria de los alimentos. (Clemente y Pérez, 2017, p. 21)

2.2.6. Productos cuarta gama.

De Ancos et al. (2015) mencionan que los productos de IV gama (PCG) han sido desarrollados por la industria alimentaria con la finalidad de satisfacer las demandas de los consumidores, ya que, los hábitos de alimentación humana han cambiado mucho en las dos últimas décadas. El actual ritmo de vida, con escaso tiempo para preparar comidas equilibradas, ha provocado la demanda de productos vegetales naturales, frescos, saludables y dispuestos para consumir, como los mínimamente procesados (MPF), también denominados comercialmente de la “Cuarta gama” de la alimentación. Así, la oferta de productos MPF ha aumentado notablemente en los países industrializados, siendo muy competitivos y aportando nuevos productos y desarrollando nuevas tecnologías de conservación para garantizar la calidad sensorial, nutritiva y sobre todo la seguridad alimentaria. (De Ancos et al., 2015)

Rivas (2015) indica que los productos mínimamente procesados se reconocen como aquellos alimentos a los que se les ha modificado tenuemente su apariencia original, es decir, mantiene su aspecto fresco tanto en sus características como en su calidad, debido a las técnicas de conservación sufridas durante su procesamiento como, refrigeración y radiación, de esta manera

se convierten en una tendencia que se encuentra en gran expansión, ya que, la finalidad de sacar este tipo de alimentos al mercado es la de proveer al cliente de un alimento listo para consumir, libres de defectos, que contengan un grado de madurez óptimo y que posean tanto una elevada calidad organoléptica como nutricional. (Rivas, 2015, p. 26)

Por otra parte, el proceso de los productos de cuarta gama comprende distintas operaciones unitarias que, de forma general, se pueden resumir en las siguientes: selección para el procesado, elección del grado de madurez óptimo, clasificación, acondicionamiento, lavado del producto entero, deshojado, pelado, deshuesado, cortado, lavado y desinfectado. Una vez que los productos se procesan, se empaquetan en bolsas selladas o en bandejas cubiertas con plásticos, con o sin atmósfera modificada para, posteriormente, ser almacenados y transportados bajo refrigeración. (Hernández *et al.*, 2014)

Estos productos son, por lo general, más perecederos que los productos intactos de los que proceden y están sujetos a cumplir diferentes características como mantener las propiedades que presentan los frutos y vegetales enteros, presentar calidad uniforme, reducir el tiempo de elaboración, facilitar el consumo y reducir el tiempo de elaboración. Además, su conservación, transporte y comercialización se realiza en refrigeración (2-5°C), lo cual permite que su vida útil, por lo general, oscile entre siete y diez días, dependiendo del producto y la técnica de conservación aplicada. (Hernández *et al.*, 2014)

Cabe mencionar que las modificaciones de calidad más importantes que sufren este tipo de alimentos se deben a la presencia de superficies cortadas y tejidos vegetales dañados, lo cual estimula su metabolismo respiratorio, acelerando el deterioro de los tejidos y liberando jugos y sustancias nutritivas que son un caldo de cultivo óptimo para el desarrollo de microorganismos, convirtiéndose así, en un factor limitante e importante para su comercialización. (Hernández *et al.*, 2014)

2.2.6.1. Cambios metabólicos.

Desde el punto de vista técnico, el hecho de procesar alimentos frescos que tienen su metabolismo funcionando plenamente y que su consumo se lo realiza aun en crudo, hace que los aspectos relacionados con su vida útil y su comportamiento microbiológico adquieran una relevancia de primer nivel.

Los principales problemas causados en los productos mínimamente procesados están relacionados directamente con su principal desventaja que es la perecibilidad, la misma que tiene mayor efecto en los productos cortados, que, en los enteros, y a su vez depende tanto de factores internos como externos.

Dentro de los factores internos están: la respiración, emisión de etileno, transpiración, pH y el estado de madurez, mientras que los factores externos que comúnmente destacan son los cuidados en la manipulación y elaboración. (De Ancos *et al.*, 2015)

2.2.6.1.1. Pardeamiento enzimático.

El pardeamiento enzimático se produce como resultado del proceso de oxidación de los compuestos fenólicos a oquinonas, los cuales son compuestos altamente reactivos que polimerizan formando melaninas de coloración parda. Esta reacción es catalizada por enzimas del tipo oxidasas, polifenol oxidasa (PPO) y peroxidasa (POD). En los productos enteros, los sustratos de la reacción, es decir, los compuestos fenólicos se localizan en el citoplasma de la célula, separados de las enzimas responsables del pardeamiento, que se encuentran unidas a la membrana tilacoide de los cloroplastos y las membranas mitocondriales. En este caso, al no existir contacto entre sustratos y enzimas, el cambio metabólico (pardeamiento) puede ocurrir ocasionalmente y estaría relacionado a los cambios en la permeabilidad de las membranas celulares que caracterizan el proceso de senescencia. No obstante, en los productos de IV gama, la principal causa del pardeamiento enzimático es la desorganización celular producida por el corte, es decir toda lesión fisiológica, microbiológica o bioquímica que permita el contacto entre la enzima, el sustrato y el oxígeno, ya que, su troceado genera la pérdida de la epidermis, por ende, las células quedan indefensas y su respiración se multiplica, causando pérdida de agua, como también ocasiona un proceso de oxidación, es decir, la presencia de pigmentos marrones o pardos que afectan la apariencia de la fruta y hortaliza mínimamente procesada. (De Ancos *et al.*, 2015)

Por otro lado, el estrés generado por el procesamiento provoca un aumento en la producción de C_2H_4 que estimula el metabolismo de los compuestos fenólicos, cuyo proceso está mediado por la enzima fenilalanina amonio liasa (PAL), como una respuesta fisiológica del tejido para reducir la pérdida de agua y la prevención del ataque de patógenos. (Moscoso, 2015, p. 6)

Cabe recalcar que la velocidad del proceso está en función de la concentración y actividad enzimática, la cantidad y naturaleza de los compuestos fenólicos, pH, temperatura, actividad de agua y cantidad de O_2 disponible, por lo que, a través del control de dichos factores se puede regular el proceso, mediante la inactivación de la enzima, exclusión o eliminación de los sustratos y/o por el cambio de las condiciones ambientales, especialmente el pH.

Se debe tener en cuenta que la decisión de compra de los productos de IV gama está determinada por su apariencia, por lo que, el control del pardeamiento enzimático se convierte en un factor de fundamental importancia. (Moscoso, 2015, p. 6)

2.2.6.1.2. Respiración.

El proceso de respiración se desarrolla a nivel celular, donde se realiza la degradación total de los carbohidratos a CO₂, agua y energía, siendo los sustratos de esta degradación, las hexosas sencillas o compuestos orgánicos como ácidos y grasas.

En el procesamiento de los productos de IV gama, existen diferentes operaciones a las que se somete la materia prima como pelado y troceado que son responsables de un aumento de la tasa de respiración, lo cual con lleva a diferentes cambios metabólicos como es el aumento de energía que produce el proceso, la cual se transforma en calor causando así, la aceleración del proceso de senescencia, es decir, el deterioro de los productos de IV gama, es por esto que es fundamental eliminar la cantidad de calor excedida y mantener en temperaturas de refrigeración para evitar la disminución de la calidad organoléptica. (Moscoso, 2015, p. 7)

Por otra parte, este proceso requiere la utilización de oxígeno, por lo que las frutas y hortalizas mínimamente procesadas deben tener cierta cantidad de oxígeno en el medio del envase, por lo contrario, se va a inducir a la anaerobiosis, generando etanol, tóxico para los tejidos, y que a su vez es desagradable desde el criterio gustativo, de la misma manera, el agua resultante de dichas reacciones se debe evitar su condensación en los envases, ya que, su acumulación es apta para el desarrollo de microorganismos perjudiciales, ocasionando la modificación de las propiedades organolépticas y la disminución de su vida útil. (De Ancos *et al.*, 2015)

2.2.6.1.3. Transpiración.

La transpiración es el proceso de pérdida de agua continua como consecuencia de la cantidad por el producto en un tiempo determinado, el cual está relacionado con el déficit de presión de vapor de agua entre el interior y el exterior del tejido, en la superficie expuesta de los productos hortofrutícolas. (Moscoso, 2015, p. 7)

Moscoso (2015) indica que el porcentaje de agua presente en frutas y hortalizas es del 90%, por ello, su pérdida en pequeñas cantidades afecta directa e indirectamente a las características nutricionales y organolépticas como ablandamiento, disminución de jugosidad y marchitamiento, además influye en la calidad, por tal motivo, la producción de frutas y hortalizas de IV gama presentan el inconveniente de perder mayor cantidad de agua, ya que, al ser productos cortados, sus tejidos tienden hacer más susceptibles al deterioro, sin embargo, la disminución de la pérdida de agua se puede lograr mediante el uso de empaques o recubrimientos y controlando la circulación del aire en el almacenamiento. (Moscoso, 2015, p. 7)

2.2.6.1.4. Microorganismos.

Fay et al. (2018) manifiesta que los productos de IV gama son particularmente sensibles al ataque microbiano, como consecuencia de las operaciones a las que se les somete en el procesamiento causan daño severo a los tejidos y a la estructura celular de los productos hortícolas, ya que, sus barreras naturales al romperse provocan pérdida de nutrientes y fluidos celulares, los cuales actúan como sustratos en el metabolismo de los agentes patógenos, lo que con lleva a un incremento de la contaminación microbiana. (Fay *et al.*, 2018)

Los frutos y los vegetales están compuestos por nutrientes, y a su vez presentan actividad de agua iguales o mayores a 0,90 y presentan valores de pH en un rango de 2 a 6, mientras que, los microorganismos poseen la capacidad de crecer óptimamente en estas condiciones, principalmente mohos y levaduras y en menor cantidad bacterias, por lo que, las frutas y hortalizas mínimamente procesadas pueden contaminarse con mayor facilidad durante la producción, elaboración y distribución, a través de distintas fuentes como: el agua, suelo y el aire que pueden poseer patógenos como *E. coli O157:H7* o *Salmonella spp.* De igual forma la presencia de dichos microorganismos se debe al resultado de la contaminación cruzada en el procesamiento, por contacto humano directo o con materiales infectados, generando el deterioro de los productos de IV gama de dos formas, la primera, crecen en los alimentos y disminuyen las características organolépticas y nutricionales, y la segunda, producen toxinas en los alimentos de tal forma que causan enfermedades al ser humano. (Fay *et al.*, 2018)

En la actualidad únicamente se ha registrado una regulación común en la Unión Europea para los niveles máximos de tolerancia para los microorganismos anteriormente mencionados, los cuales son: para *E. coli* es de 100 UFC/g, mientras que *Salmonella spp* no debe existir presencia. De igual manera, en el país español se estableció un valor máximo de 10^5 UFC/g para el conteo de aerobios totales en el día de proceso y 10^7 para el día de consumo, con ausencia de *E. coli*, *Listeria monocytogenes* y *Salmonella*, ya que, estos microorganismos son los responsables de pérdidas muy importantes de los productos IV gama durante su procesamiento o almacenamiento. (Rivas, 2015, p. 18)

2.2.6.2. Métodos de conservación de productos de IV gama.

Los métodos que se han empleado para alargar la vida útil de los alimentos con el paso del tiempo han evolucionado, en otras palabras, gracias a las nuevas tecnologías dentro de la industria alimentaria, lo cual ha permitido perfeccionar diversos métodos que permiten obtener un producto final con cualidades nutricionales y de seguridad. Tradicionalmente se han distinguido dos tipos de procesamiento de alimentos: aquellos que involucran tecnologías térmicas y los que involucran tecnologías no térmicas (métodos más modernos para el

procesamiento de alimentos o tecnologías emergentes). Actualmente, el enfoque que ha tomado la industria alimentaria sobre los PCG es la de incrementar su vida útil, mediante, la aplicación de métodos químicos y/o físicos, acompañados en todos los casos del empaqueo que buscan favorecer la calidad de los alimentos preservando su vida útil. (Fay *et al.*, 2018)

2.2.6.2.1 Métodos Químicos

Hipoclorito de sodio

El hipoclorito de sodio es un compuesto aprobado por la FDA para su aplicación como sanitizante durante la etapa de desinfección, ya sea por inmersión o por aspersion en frutos y vegetales frescos y cortados. Cabe recalcar que la solución se debe mantener dentro de un rango de pH de 6 a 7, 5, con la finalidad de que el tratamiento sea efectivo. Además, es importante realizar posteriormente el enjuague respectivo a la inmersión con agua. Las concentraciones de uso varían entre 50 a 20 ppm a temperatura ambiente. (Moscoso, 2015, p. 10)

Dióxido de cloro

Moscoso (2015) indica que la aplicación del dióxido de cloro (ClO₂) en la industria de PCG se realiza de la misma manera que con el NaClO, mediante inmersiones en soluciones durante la etapa de desinfección. Este compuesto es más efectivo contra microorganismos en concentraciones más bajas que el NaClO, ya que, reacciona levemente con la materia orgánica y presenta mayor actividad a pH cercano a 7. Esto se debe a que el tipo de reacción que se produce al momento de la descomposición del desinfectante, así; el cloro reacciona a través de la oxidación y la sustitución electrófila, mientras que, el ClO₂ sólo reacciona por oxidación, causando un bloqueo del transporte de nutrientes a través de la membrana celular de los microorganismos, lo cual evita su proliferación en los alimentos. (p. 10)

Ácidos orgánicos

Los ácidos orgánicos se emplean en solución durante la etapa de desinfección en el procesamiento de los productos mínimamente procesados, los cuales se encargan de minimizar el ataque microbiano, ya que, la mayoría de los microorganismos patógenos no crecen a valores de pH menores a 4,5. Además, poseen la capacidad de modificar la permeabilidad de la membrana celular y reducir el pH interno de la célula, como resultado de la disociación de iones de hidrogeno. Cabe mencionar que este tipo de compuestos tienen la característica de emplearse como acidulantes, con la finalidad de controlar el pardeamiento enzimático junto con otros agentes antipardeantes. (Moscoso, 2015, p. 11)

Dentro de este tipo de compuestos se encuentra el ácido ascórbico, el cual es considerado un antioxidante GRAS, ya que, posee la capacidad antipardeante y antimicrobiana debido a su bajo pH, al momento de encontrarse en solución. De la misma manera, el ácido cítrico es una

sustancia que elimina de la membrana celular los iones de cobre que catalizan la oxidación, de tal forma, que el cobre se sitúa en los sitios activos del polifenol oxidasa y se evita el pardeamiento enzimático. Sin embargo, se puede realizar la mezcla de ácidos como los anteriormente mencionados para incrementar la eficacia del tratamiento, la cual ha sido probada en varias hortalizas y frutas con concentraciones que varían entre 0,1 y 1,25%. (Moscoso, 2015, p. 11)

Peróxido de hidrogeno

El peróxido de hidrogeno es un compuesto químico clasificado como GRAS y se emplea principalmente como agente antimicrobiano, oxidante y agente reductor. Es usado en la etapa de desinfección mediante inmersión, para reducir la carga microbiana en los PCG sin alterar su calidad organoléptica. Es importante mencionar que la eficiencia de tratamientos con este tipo de compuesto químico para eliminar patógenos como la E. coli depende de la concentración usada y el tiempo de exposición. Las dosis recomendadas para la inactivación de E. coli son 1 o 2 mm de H₂O₂, las cuales causan daño al ADN, hasta provocar mutagénesis y posteriormente la muerte, por lo que, se utiliza durante el lavado de PCG con 1% de H₂O₂ manteniendo la aceptabilidad, por ende, extiende la vida útil de estos productos. (Moscoso, 2015, p. 11)

Ozono

El ozono es un antimicrobiano efectivo por su alto poder oxidativo y esterilizante. Es considerado un sanitizante GRAS y no produce compuestos residuales, por lo que, a partir del año 2000 ha sido probado en PCG y estos han presentado reducción de poblaciones microbianas y reducción de pardeamiento. (Moscoso, 2015, p. 11)

El modo de empleo es en solución acuosa en la etapa de desinfección en el procesamiento, su vida media en solución se estima en 20 a 30 min a 20°C y las concentraciones empleadas son de 0,5 a 4 ppm. (Moscoso, 2015, p. 11)

2.2.6.2.2 Métodos Físicos

Procesos térmicos

Los procesos térmicos han permitido a lo largo de los años extender la vida útil de los alimentos, en el caso de los PCG, se aplican tratamientos de altas temperaturas (50-60 °C) en tiempos cortos (1-2 min) con la finalidad de desactivar las enzimas responsables del pardeamiento enzimático en ciertas especies de frutas y hortalizas, ya que, su aplicación a provocado una degradación de nutrientes y disminución de la textura de los productos mínimamente procesados, por lo que, estos tratamientos dependen del tipo de especie que se vaya a conservar para su utilización. (Moscoso, 2015, p. 12)

Atmósferas modificadas

Moscoso (2015) menciona que este método consiste en modificar la atmósfera interna del empaque polimérico que contiene al alimento y se puede crear de dos maneras, la primera conocida como atmósfera modificada activa, la cual consiste en sustituir la atmósfera inicial o normal por una atmósfera pobre en oxígeno (O₂) y más rica en dióxido de carbono (CO₂), y la segunda manera de generar una atmósfera modificada es mediante la permeabilidad de los empaques y la respiración del producto en el interior del empaque, creando así una atmósfera modificada conocida como pasiva. Para entender de la mejor manera, la forma de acción del tipo atmósfera modificada pasiva, se requiere conocer acerca de la permeabilidad que brindan los empaques, la cual es la capacidad del material que, sin modificar su estructura interna permite el flujo de un gas o vapor a través de él, mediante la solubilidad, es decir, la disolución de un gas en un polímero y la difusión que se refiere al movimiento de las partículas a través del polímero. (p. 12)

Cabe destacar, que la finalidad de este método de conservación es disminuir la pérdida de agua, la tasa de respiración, la producción de etileno, la actividad metabólica, el ataque microbiano y el deterioro, de tal forma que se consigue aumentar la vida en percha de los PCG.

Irradiación

La irradiación consiste en exponer los productos mínimamente procesados a una irradiación ionizante, donde se aplica la energía suficiente para romper los enlaces químicos y expulsar electrones de los átomos, lo cual permite ionizar las moléculas, con la finalidad de inactivar eficazmente las bacterias, levaduras y hongos, y a su vez ocasionando mínimos cambios en la apariencia y la calidad nutricional de los PCG. De acuerdo con la Organización Mundial de Salud (OMS) indica que la aplicación de este método no causa la formación de compuestos tóxicos, ni aumenta el riesgo biológico, por lo que la FAO junto con la OMS concluyeron que los alimentos irradiados son seguros e inocuos, siempre y cuando no se exceda la dosis de irradiación máxima efectiva (10 kGy) para eliminar patógenos no esporulados y parásitos en frutas frescas y en PCG. (Moscoso, 2015, p.13)

Cabe mencionar que las fuentes de radiaciones ionizantes autorizadas para el uso en alimentos son de fuentes mecánicas como equipos generadores de rayos X o de electrones acelerados o de sustancias radioactivas como Cobalto y Cesio (Moscoso, 2015, p. 13).

Radiación Ultravioleta

La radiación ultravioleta es el método de conservación que tiene el fundamento de someter a los productos mínimamente procesados a una irradiación no ionizante de aplicación superficial, la cual actúa sobre el ADN de los microorganismos causando reacciones fotoquímicas que

permiten la formación de atenuadores o bloqueadores que impiden su proliferación. Dentro de los diferentes tipos de radiación ultravioleta se encuentra la UV-C, la misma que tiene mayor importancia en la industria alimentaria, ya que, sus longitudes de onda actúan en un rango entre 200 y 280 nm dentro del espectro electromagnético, las cuales son seguras para el consumo humano. Si la aplicación de esta radiación es superior a los límites establecidos, puede causar la producción de sabores extraños en los alimentos, aunque, permite que los PCG mantengan su textura. (Moscoso, 2015, p. 13)

Cabe mencionar que para la obtención de buenos resultados y lograr extender el tiempo de vida en percha de los PCG se debe tomar en cuenta la forma del producto, la longitud de onda, la configuración geométrica del reactor, la trayectoria de la radiación y la energía incidente en la superficie de los productos, para de esta manera garantizar la seguridad e inocuidad de los alimentos. (Moscoso, 2015, p.13)

Empaques activos e inteligentes

De acuerdo con Moscoso (2015) los empaques activos son aquellos que poseen sustancias antimicrobianas, antioxidantes y saborizantes. Se mantienen en interacción constante con el producto, ya que, tienen la capacidad de cambiar continuamente su permeabilidad y, con la utilización de absorbentes de gases y de humedad se puede modificar la concentración de O₂, CO₂ y C₂H₄ que se encuentra en el espacio de cabeza disponible en el empaque. (p.13)

Los empaques inteligentes, poseen etiquetas o indicadores que monitorizan las condiciones desde el interior y exterior, y generalmente cambian de color para indicar el estado del producto. Los indicadores empleados son de tiempo-tiempo, temperatura, O₂, CO₂, crecimiento microbiano y deterioro. Estos últimos se activan con sustancias volátiles que se producen como resultado del deterioro químico, enzimático o microbiano, permitiendo el control adecuado y riguroso con la finalidad de extender el tiempo de vida útil y mantener la calidad de los PCG. (Moscoso, 2015, p. 13)

Recubrimientos comestibles

El recubrimiento comestible se define como una capa fina de un material comestible sintético o natural sobre la superficie de los frutos y vegetales de tal forma que se logra obtener una barrera semipermeable a los gases, al vapor de agua y a los compuestos volátiles. Los recubrimientos comestibles también contienen plastificantes o emulsificantes que incrementan sus propiedades mecánicas y forman emulsiones estables. De igual manera, se emplean junto con aditivos, entre otros con el objetivo de incrementar la aceptabilidad de los productos. (Moscoso, 2015, p. 14)

Algunos de los materiales empleados en el recubrimiento en frutas de IV gama son: concentrado de proteína de suero de leche, carboximetilcelulosa, metilcelulosa, aislado de proteína de suero de leche, celulosa microcristalina, monoglicérido acetilado, ácido ascórbico, ácido oxálico, ácido cítrico, cloruro de calcio, entre otros, que tienen la finalidad de incrementar el tiempo de vida en percha, reducir la tasa de respiración y la humedad, inhibir el pardeamiento y reducir la producción de CO₂. (Moscoso, 2015, p. 14)

Los recubrimientos comestibles se forman directamente en la superficie del producto con soluciones líquidas aplicadas por inmersión, pulverización y fluidización. Su aplicación en PCG permite extender el tiempo de vida en percha, debido a que, se reduce la tasa de respiración, la pérdida de agua, el intercambio de humedad entre los trozos de frutas y se mantienen el aroma, la textura y el color. (Moscoso, 2015, p.14)

Cabe mencionar que los métodos para extender la vida útil de los PCG son una parte fundamental del proceso de elaboración. Se pueden aplicar uno o varios métodos con el fin de incrementar la vida en estante y garantizar la calidad nutricional, organoléptica y microbiológicas de los productos mínimamente procesados. (Moscoso, 2015, p. 14)

2.2.7. Vida útil comercial de frutas

La vida útil de un alimento se refiere al periodo de tiempo contado desde la elaboración del alimento durante el cual conserva una calidad aceptable para su consumo, es decir, que el alimento cumple con las siguientes características:

- Se mantiene apto para su consumo (seguro e inocuo).
- Mantiene las características sensoriales, funcionales y nutricionales por encima de los límites de calidad previamente definidos como aceptables.

Artes et al. (2009) mencionan que un estudio de vida útil tiene como finalidad determinar el tiempo en el que un producto puede mantenerse sin sufrir algún cambio significativo en su calidad e inocuidad, cabe recalcar que existen diversos factores que influyen en la vida útil de un alimento, entre los cuales se destacan:

- Propiedades y composición del alimento
- Procesos a los que se ve sometido
- Formato y envase en el cual se comercializa
- Condiciones de almacenamiento (temperatura, humedad, etc.)

2.2.7.1. Métodos para determinar la vida útil comercial de un alimento

Los estudios de estabilidad son los que permiten a las empresas de alimentos establecer la vida útil comercial de un producto. Hay diferentes métodos para calcularla, desde los estudios

directos a tiempo real a los estudios de vida útil acelerados, y lo último son los predictivos. (Garde, 2015, p. 5)

2.2.7.1.1. Método de estudios directos a tiempo real

Garde (2015) indica que este tipo de estudio consiste en mantener al alimento en las condiciones previstas para su almacenamiento, principalmente la temperatura.

Permite determinar a distintos tiempos el atributo crítico de calidad hasta llegar al valor límite.

Desventajas

- Son muy largos en el tiempo
- Se realizan en ausencia de patógenos y las condiciones del producto son fijas.
- Si existen cambios no es posible extrapolar los resultados.

2.2.7.1.2. Método de estudios de vida útil acelerados

De acuerdo con Garde (2015), este tipo de estudios sobreexponen al alimento a determinadas condiciones, generalmente son mantenidos a temperaturas más altas de lo esperado, con la finalidad de predecir la vida comercial en un periodo corto de tiempo.

Dentro de las ventajas que presenta este método se encuentra su utilización para productos de larga duración, como también permite verificar la efectividad de un proceso, validar cambios en la formulación de un producto o controles de calidad. Aunque, los resultados que se obtienen presentan un cierto margen de error y en algunas ocasiones se pueden desarrollar deterioros en el alimento, que no se da en condiciones de almacenamiento habituales. (Garde, 2015, p. 5)

2.2.7.1.3. Método Challenge test

Mediante este método los microorganismos típicos del alimento o microorganismos patógenos son introducidos, durante el proceso, de forma experimental.

Ofrecen la ventaja de exponer al microorganismo a las condiciones que sufre el alimento, sin embargo, son estudios complejos, laboriosos y solo informan sobre el producto y el proceso en concreto donde han sido estudiados. (Garde, 2015, p. 6)

2.2.7.1.4. Método de la microbiología predictiva

Según Garde (2015) menciona que este método consiste en el estudio de la evolución de microorganismos en un rango de factores que afectan a su crecimiento o inactivación, para predecir el comportamiento de estos en un sistema.

Son versátiles frente a los estudios de challenge test y vida útil que estudian condiciones fijas del producto, por lo que, son muy útiles como parte de los estudios preliminares que forman parte del desarrollo de un nuevo producto. (Garde, 2015, p. 6)

III. METODOLOGÍA

3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO

3.1.1. Enfoque

La presente investigación tiene un enfoque cualicuantitativo, debido a que, parte de la investigación corresponde a la recolección y análisis de la información numérica recolectada a nivel de laboratorio de las variables de estudio, con la finalidad de describir el comportamiento de las mismas, mediante la utilización del análisis estadístico para establecer la existencia de diferencias entre las medias de los tratamientos y que los resultados obtenidos representen un aporte a la ciencia para posteriores investigaciones. Además, se realizó una evaluación sensorial que desde un enfoque cualitativo permite establecer cuál es el mejor tratamiento en la escala hedónica para la aplicación de aceite esencial de moringa (*M. oleífera*) en la conservación de uvilla (*P. peruviana*) mínimamente procesada.

3.1.2. Tipo de Investigación

La investigación se llevó a cabo mediante la aplicación de un estudio experimental, donde se comparó las diferentes concentraciones de aceite de moringa y temperaturas de almacenamiento con el objetivo de establecer las mejores condiciones en que la uvilla mínimamente procesada presente mayor tiempo de conservación.

3.2. HIPÓTESIS

H₀: ¿La aplicación de aceite esencial de moringa (*M. oleífera*) no influye en las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de la uvilla (*P. peruviana*) mínimamente procesada?

H₁: ¿La aplicación de aceite esencial de moringa (*M. oleífera*) influye en las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de la uvilla (*P. peruviana*) mínimamente procesada?

3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.3.1. Definición de variables

Variable Independiente:

- Concentración de aceite esencial de moringa (6,5%, 12,3%, 17,4%)
- Temperatura de almacenamiento (4°C, 10°C, 20°C)

Variable Dependiente:

- Tiempo de vida útil de la uvilla mínimamente procesada
 - Análisis fisicoquímico, sensorial, microbiológico

En la Tabla 6 se indica la operacionalización de variables, utilizadas en la investigación.

3.3.2. Operacionalización de variables

Tabla 6. Operacionalización de variables

| Variable | Dimensión | Indicadores | Técnica | Instrumento |
|--|-------------------------|---|---|--|
| Independiente | | | | |
| Aceite esencial de Moringa | Concentración | 6,5%, 12,3%, 17,4% | Volumetría | Registro de datos |
| Temperatura de almacenamiento | Temperatura | 4°C, 10°C, 20°C | Control de Temperatura | Registro de datos |
| | Análisis Microbiológico | Aerobios totales (UFC/g) Mohos y Levaduras (UFC/g) | Norma AOAC 1992 Norma AOAC 1992 | Método oficial 990 Método oficial 997.02 |
| Dependiente | | | | |
| | | Acidez % (ácido cítrico) | NTE ICONTEC 4580 | Determinación de acidez titulable |
| | Análisis Físico | pH | NTE INEN 0389 | Determinación de la concentración del ion de hidrógeno |
| Tiempo de vida útil de la uvilla mínimamente procesada | Químico | Humedad (%) | NTE INEN 265 | Método gravimétrico |
| | | Sólidos solubles totales (°Brix) | Norma INEN 0380 | Método refractométrico |
| | | Índice de madurez (°Brix / %ácido cítrico) | Norma ICONTEC 4580 | Determinación del índice de madurez |
| | Análisis Sensorial | Color Olor Textura Sabor Apariencia | Prueba de nivel de agrado con escala hedónica verbal de 5 puntos (García et al, 2017) | Hoja de evaluación sensorial |

3.4. MÉTODOS UTILIZADOS

3.4.1. Proceso de elaboración de uvilla mínimamente procesada aplicada aceite esencial de moringa

3.4.1.1. Recepción de la Materia Prima

La materia prima (uvilla), se recibió tomando como referencia los requisitos generales establecidos en la norma NTE INEN 2485, la cual tenía que poseer determinadas condiciones, como son estar enteras, frescas, sanas, en buen estado, exentas de podredumbre o deterioro que hagan que no sean aptas para el consumo; limpias y exentas de cualquier materia extraña visible; exentas de cualquier olor y/o sabor extraño; ser de consistencia firme y tener una piel suave y brillante.

3.4.1.2. Selección

Las frutas seleccionadas fueron aquellas que cumplieron con los requisitos generales definidos en la norma NTE INEN 2485 y presentaron un índice de madurez 5, el cual se determinó se mediante la diferencia entre los sólidos solubles o brix y la acidez tal como lo explica la norma ICONTEC 4580.

3.4.1.3. Pesado

Se procedió a pesar la materia prima, la misma que fue seleccionada en base a las características físicas requeridas

3.4.1.4. Lavado

El lavado del producto se realizó con agua fría a temperatura de 3 a 4 °C. Se utilizó de 6 a 7 litros de agua potable por cada Kg de producto procesado y se sumergieron por 2 minutos, con la finalidad de eliminar posibles restos de tierra, fitosanitarios, abonos, bacterias o virus e, incluso, insectos.

3.4.1.5. Desinfección

Para la desinfección se utilizó el aceite esencial de moringa en las concentraciones establecidas (6,5 %, 12,3 % y 17,35%) mediante la aplicación por inmersión durante 5 min, en 1 litro de agua. (Chasiloa, 2019, p. 24)

3.4.1.6. Envasado

Las frutas se envasaron en bandejas plásticas de polietileno tereftalato de baja densidad, las mismas que contribuyeron a crear una atmosfera modificada pasiva, preservando la calidad de las frutas, a su vez presentan mejores características de claridad, transparencia y sellado, y son de mucha utilidad en el control de la velocidad de transmisión del oxígeno y la pérdida de humedad por la transpiración.

3.4.1.7. Almacenamiento

La operación de almacenamiento se realizó a tres diferentes temperaturas, se utilizó la temperatura de refrigeración de 4°C, porque es la temperatura ideal para los productos mínimamente procesados, de igual manera, se trabajó a temperatura ambiente de 10°C y una elevada de 20°C con la finalidad de determinar el efecto del aceite esencial de moringa en la uvilla mínimamente procesada en condiciones no ideales. Cada 2 días se realizó el análisis fisicoquímico, y cada 3 días el análisis microbiológico a las frutas para conocer su calidad durante el almacenamiento.

3.4.2. Determinación de la vida útil

La vida útil de la uvilla mínimamente procesada aplicando aceite esencial de moringa se evaluó mediante, análisis microbiológico, fisicoquímico y sensorial, descritos en los siguientes literales:

3.4.2.1 Determinación de las Características Fisicoquímicas

3.4.2.1.1. Determinación de pH

Se realizó la determinación de la concentración del ion de hidrógeno a los 12 tratamientos, basado en el método potenciométrico, el cual estableció la utilización del potenciómetro con electrodo de vidrio (Mettler Toledo), según la norma NTE INEN 0389, cuyas muestras se recolectaron cada 2 días, durante un lapso de 13 días.

3.4.2.1.2. Determinación de la Acidez

La acidez de la fruta a evaluar se realizó a los 12 tratamientos, mediante el método de acidez titulable establecido en la norma NTE INEN 2485, expresándose como porcentaje de ácido cítrico y se tomó las muestras correspondientes cada 2 días, durante un lapso de 13 días.

Cabe mencionar que la norma NTE INEN 0381, indica los valores máximos de acidez titulable permitidos para la aceptación del fruto, cuyo valor debe ser menor a 2,50 % ácido cítrico.

3.4.2.1.3. Determinación de sólidos solubles totales

Esta medición analítica se llevó a cabo utilizando el método refractométrico, establecido en la norma NTE INEN 0380, el procedimiento consistió en colocar tres gotas de la muestra de uvilla previamente triturada en el refractómetro marca Boego Germany, y se procedió a la observación en el lente procurando orientar a la luz de forma correcta, seguidamente se tomó la lectura expresada en ° Brix. La medición de los sólidos solubles se realizó cada 3 días por triplicado durante el tiempo que la fruta se encontraba apta para el consumo.

3.4.2.1.4. Determinación de Humedad

La humedad de la fruta se realizó a los 12 tratamientos, mediante el método gravimétrico, establecido en la norma NTE INEN 265, basada en la pérdida de peso que sufre la muestra por calentamiento. Se tomó las muestras correspondientes cada 2 días, durante un lapso de 13 días.

3.4.2.1.5. Determinación del Índice de madurez

El índice de madurez se determinó mediante la diferencia entre los sólidos solubles o brix y la acidez tal como lo explica la norma ICONTEC 4580, donde establece la siguiente ecuación:

$$I.M = \frac{\text{Sólidos solubles totales}}{\text{Acidez total titulable}}$$

De acuerdo con la norma ICONTEC 4580 establecida por Colombia, los valores mínimos del índice de madurez para determinar la calidad de la uvilla en cada uno de sus estados se indican en la siguiente tabla:

Tabla 7. Calidad de la uvilla según el índice de madurez

| | Índice de madurez | | | | | | |
|---------------------------------|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Color | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| °Brix/ % Ácido cítrico (Mínimo) | 3,5 | 4,2 | 5,2 | 6,0 | 7,1 | 8,0 | 9,0 |

Fuente: Altamirano, M. 2010. Estudio de la cadena productiva de uvilla (*Physalis peruviana* L.) en la Sierra norte del Ecuador.

3.4.2.2. Determinación de las Características Microbiológicas

El conteo de mohos y levaduras se llevó a cabo siguiendo el método oficial 997.02, establecido en la norma AOAC 1992. La siembra se realizó en placas Compact Dry, donde se depositó 1 ml de la muestra previamente suspendidos en agua peptona. La incubación se realizó a 22-25° C, durante 48 horas.

El conteo de aerobios mesófilos se llevó a cabo siguiendo el método oficial 990.12, establecido en la norma AOAC 1992. La siembra se realizó en las placas Compact Dry, donde se depositó 1 ml de la muestra previamente suspendidos en agua peptona. La incubación se realizó a 35° C, durante 24 - 48 horas.

3.4.2.3. Determinación de las Características Sensoriales

Se utilizó una prueba no objetiva descrita por García et al. (2017), a través de una prueba de nivel de agrado, la cual consiste en localizar el nivel de agrado o de desagradado que provoca una muestra específica, para lo cual, se aplicó una escala estructurada de 5 puntos, con la finalidad de determinar cuál es el tratamiento más aceptado por parte del grupo de evaluadores, el cual estuvo constituido por 50 personas no entrenadas. La hoja de evaluación sensorial se presenta en el anexo 3.

3.4.3. Diseño de experimento y análisis estadístico

El diseño experimental que se utilizó en el desarrollo de la investigación fue un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial 4x3, a un nivel de significancia del 95%.

Para esta investigación se tomó en cuenta los siguientes parámetros:

- Factor A: Concentración de aceite esencial de moringa (0 ml, 0,7 ml, 1,4 ml, 2,1 ml)
- Factor B: Temperatura de almacenamiento (4°C, 10°C, 20°C)
- Número de replicaciones (r): 3
- Número de unidades experimentales: 36

En la tabla 8 se presentan los tratamientos de las combinaciones del diseño del experimento planteado.

Tabla 8. Tratamientos del Diseño Experimental

| Tratamientos | Combinaciones | Descripción |
|--------------|---------------|----------------------------------|
| T1 | (a0b0) | Uvilla a 4°C – 0 % de aceite |
| T2 | (a0b1) | Uvilla a 4°C – 6,5 % de aceite |
| T3 | (a0b2) | Uvilla a 4°C – 12,3 % de aceite |
| T4 | (a1b0) | Uvilla a 4°C – 17,4 % de aceite |
| T5 | (a1b1) | Uvilla a 10°C – 0 % de aceite |
| T6 | (a1b2) | Uvilla a 10°C – 6,5 % de aceite |
| T7 | (a2b0) | Uvilla a 10°C – 12,3 % de aceite |
| T8 | (a2b1) | Uvilla a 10°C – 17,4 % de aceite |
| T9 | (a2b2) | Uvilla a 20°C – 0 % de aceite |
| T10 | (a3b0) | Uvilla a 20°C – 6,5 % de aceite |
| T11 | (a3b1) | Uvilla a 20°C – 12,3 % de aceite |
| T12 | (a3b2) | Uvilla a 20°C – 17,4 % de aceite |

Para la comparación de los resultados de los 12 tratamientos con respecto a la variable dependiente o de interés se utilizó el análisis de varianza (ANOVA) de una vía. Seguido de una prueba a posteriori utilizando la prueba de rangos Tukey, con la finalidad de determinar cual media difiere entre los tratamientos, a un nivel de significancia del 95%.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Análisis microbiológicos

A continuación, se presenta los resultados de los parámetros microbiológicos evaluados:

En la Tabla 9, se muestra los resultados del recuento microbiano de aerobios totales de la uvilla mínimamente procesada, donde todos los tratamientos cumplieron con el límite permitido 1×10^4 UFC/ml (Villacis, 2014), en el día 1, a medida que el tiempo de almacenamiento se prolongó las unidades formadoras de colonias incrementaron, especialmente en los tratamientos 9,10,11, 12 almacenados a 20°C , superando el límite permitido en el día 7, a pesar de estar expuestos a una temperatura de conservación alta, se pudo apreciar el efecto que generó el aceite de moringa en la proliferación de aerobios totales, siendo, mejores los tratamientos T2 (Uvilla a 4°C – 6,5% de aceite), T3 (Uvilla a 4°C – 12,3% de aceite) y T4 (Uvilla a 4°C – 17,4 % de aceite), ya que, el número de unidades formadoras de colonias no superó el límite permitido durante los 13 días de evaluación, determinando que las bajas temperaturas y la adición del aceite esencial de moringa ayudaron a controlar el crecimiento de estos microorganismos. Cabe mencionar, que el T8 (Uvilla a 10°C – 17,4 % de aceite), presentó una contaminación cruzada, debido a que, en el día 7 el número de unidades formadoras de colonias superaron los límites permitidos, lo cual no sucedió en los tratamientos T6 y T7 que tienen la misma temperatura de almacenamiento, pero menor concentración de aceite.

Tabla 9. Recuento microbiológico de aerobios totales

| Tratamientos | Unidades | Resultados | | | | | Método de ensayo |
|--------------|----------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------------------------|
| | | Día 1 | Día 4 | Día 7 | Día 10 | Día 13 | |
| 1 | UFC/g | $4,5 \times 10^1$ | $1,2 \times 10^2$ | $2,2 \times 10^2$ | $2,2 \times 10^3$ | $1,8 \times 10^4$ | Método oficial 990.12. AOAC 1992 |
| 2 | UFC/g | <10 | $1,2 \times 10^1$ | 7×10^1 | $9,5 \times 10^2$ | $3,7 \times 10^3$ | |
| 3 | UFC/g | < 10 | < 10 | $1,5 \times 10^1$ | $8,3 \times 10^2$ | $1,8 \times 10^3$ | |
| 4 | UFC/g | < 10 | < 10 | < 10 | $3,5 \times 10^2$ | 9×10^2 | |
| 5 | UFC/g | < 10 | 5×10^1 | $1,2 \times 10^2$ | $6,4 \times 10^3$ | 2×10^4 | |
| 6 | UFC/g | 7×10^1 | $1,8 \times 10^2$ | $2,8 \times 10^2$ | $3,2 \times 10^3$ | $1,7 \times 10^4$ | |
| 7 | UFC/g | < 10 | $1,5 \times 10^1$ | $1,4 \times 10^2$ | $9,5 \times 10^2$ | $1,5 \times 10^4$ | |
| 8 | UFC/g | < 10 | $1,1 \times 10^3$ | $1,9 \times 10^4$ | $2,3 \times 10^4$ | $3,1 \times 10^4$ | |
| 9 | UFC/g | $3,7 \times 10^1$ | $1,6 \times 10^3$ | $2,5 \times 10^4$ | $3,2 \times 10^4$ | $3,8 \times 10^4$ | |
| 10 | UFC/g | $2,7 \times 10^1$ | $2,8 \times 10^2$ | $2,2 \times 10^4$ | $2,9 \times 10^4$ | $3,2 \times 10^4$ | |
| 11 | UFC/g | 6×10^1 | $1,2 \times 10^2$ | $2,3 \times 10^4$ | $3,3 \times 10^4$ | $3,6 \times 10^4$ | |
| 12 | UFC/g | $8,7 \times 10^1$ | $4,9 \times 10^2$ | $2,4 \times 10^4$ | $3,2 \times 10^4$ | $3,5 \times 10^4$ | |

Nota: Los valores presentados son el promedio de cuatro placas petrifilm.

El valor de referencia para aerobios totales establecido en la norma Minsa 2003 es de 1×10^4 UFC/g.

En la Tabla 10, se muestra los resultados del recuento microbiano de mohos y levaduras totales de la uvilla mínimamente procesada, donde todos los tratamientos cumplieron con el límite permitido 3×10^2 UFC/g (MINSa, 2003), en el día 1, no obstante, estos microorganismos a medida que el tiempo de almacenamiento se prolongó, incrementaron su cantidad sobre todo en los tratamientos almacenados a 20°C , superando el límite permitido en el día 7, aunque, las condiciones de almacenamiento no eran las ideales, se pudo apreciar el efecto que ha tenido el aceite esencial de moringa en la proliferación de este tipo de microorganismo.

Los mejores tratamientos en cuanto al recuento de mohos y levaduras fueron T2 (Uvilla A 4°C – 6,5 % de aceite), T3 (Uvilla a 4°C – 12,3% de aceite) y T4 (Uvilla a 4°C – 17,4 % de aceite), alcanzando valores de $2,4 \times 10^2$, $1,8 \times 10^2$, $1,4 \times 10^2$ UFC/g respectivamente, no superando el límite permitido durante los 13 días de evaluación, determinando que las bajas temperaturas y la adición del aceite esencial de moringa ayudaron a controlar el crecimiento de estos microorganismos.

Cabe mencionar, que el T8 (Uvilla a 10°C – 17,4 % de aceite), presentó una contaminación cruzada, debido a que, en el día 7, el número de unidades formadoras de colonias superaron los límites permitidos, lo cual no sucedió en los tratamientos T6 y T7 que tienen la misma temperatura de almacenamiento, pero menor concentración de aceite.

Tabla 10. Recuento microbiológico de mohos y levaduras

| Tratamientos | Unidades | Resultados | | | | | Método de ensayo |
|--------------|----------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------------------------|
| | | Día 1 | Día 4 | Día 7 | Día 10 | Día 13 | |
| 1 | UFC/g | < 10 | 2×10^1 | $1,9 \times 10^2$ | $2,6 \times 10^2$ | $4,8 \times 10^2$ | Método oficial 997.02 AOAC 1992 |
| 2 | UFC/g | < 10 | 1×10^1 | $1,6 \times 10^2$ | $1,9 \times 10^2$ | $2,4 \times 10^2$ | |
| 3 | UFC/g | < 10 | < 10 | $4,5 \times 10^1$ | $9,4 \times 10^1$ | $1,8 \times 10^2$ | |
| 4 | UFC/g | < 10 | < 10 | $1,8 \times 10^1$ | $2,9 \times 10^1$ | $1,4 \times 10^2$ | |
| 5 | UFC/g | < 10 | 6×10^1 | $1,5 \times 10^2$ | $2,7 \times 10^2$ | $1,5 \times 10^3$ | |
| 6 | UFC/g | $1,5 \times 10^1$ | 4×10^1 | $1,1 \times 10^2$ | 2×10^2 | $1,2 \times 10^3$ | |
| 7 | UFC/g | <10 | 3×10^1 | $6,3 \times 10^1$ | $1,7 \times 10^2$ | $8,9 \times 10^2$ | |
| 8 | UFC/g | < 10 | $2,8 \times 10^2$ | $3,7 \times 10^2$ | $4,5 \times 10^2$ | $5,2 \times 10^2$ | |
| 9 | UFC/g | 2×10^1 | 3×10^2 | $5,1 \times 10^2$ | $6,4 \times 10^2$ | $7,3 \times 10^2$ | |
| 10 | UFC/g | $2,5 \times 10^1$ | $2,6 \times 10^2$ | $4,6 \times 10^2$ | $5,8 \times 10^2$ | $6,7 \times 10^2$ | |
| 11 | UFC/g | $1,5 \times 10^1$ | $2,5 \times 10^2$ | $4,4 \times 10^2$ | $5,5 \times 10^2$ | $6,4 \times 10^2$ | |
| 12 | UFC/g | $1,5 \times 10^1$ | $2,1 \times 10^2$ | $4,3 \times 10^2$ | $5,6 \times 10^2$ | $6,6 \times 10^2$ | |

Nota: Los valores presentados son el promedio de dos placas petrifilm.

El valor de referencia para mohos y levaduras establecido en la norma Minsa 2003 es de 3×10^2 UFC/g

4.1.2. Análisis Físicoquímicos

4.1.2.1. pH

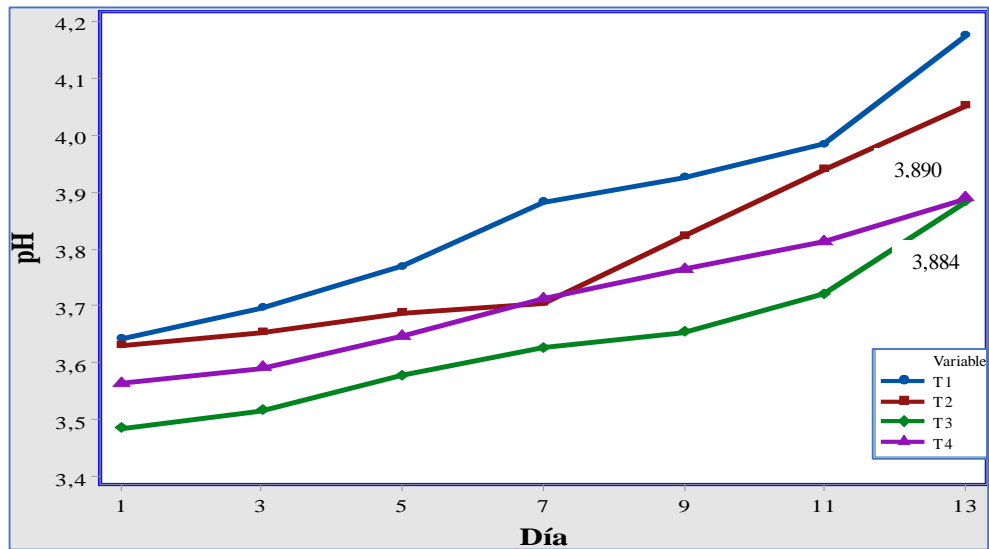


Figura 16. Resultados del pH vs tiempo de almacenamiento de la uvilla mínimamente procesada a 4°C

En las Figuras 16, se puede observar el comportamiento del pH a temperatura de refrigeración (4°) en los 13 días de evaluación, donde presentó una variación ligera durante la maduración de la uvilla, siendo el T3 (Uvilla a 4°C – 12,3 % de aceite) y T4 (Uvilla a 4°C – 17,4 % de aceite), quienes tuvieron menor variación en este parámetro, arrojando valores entre 3,884 y 3,890 respectivamente, a diferencia del tratamiento 1 que presentó un pH mayor a 4,1, ya que, no fue aplicado aceite esencial de moringa, por lo tanto, se puede decir que el uso del aceite permitió controlar el grado de alcalinidad o acidez de la uvilla mínimamente procesada.

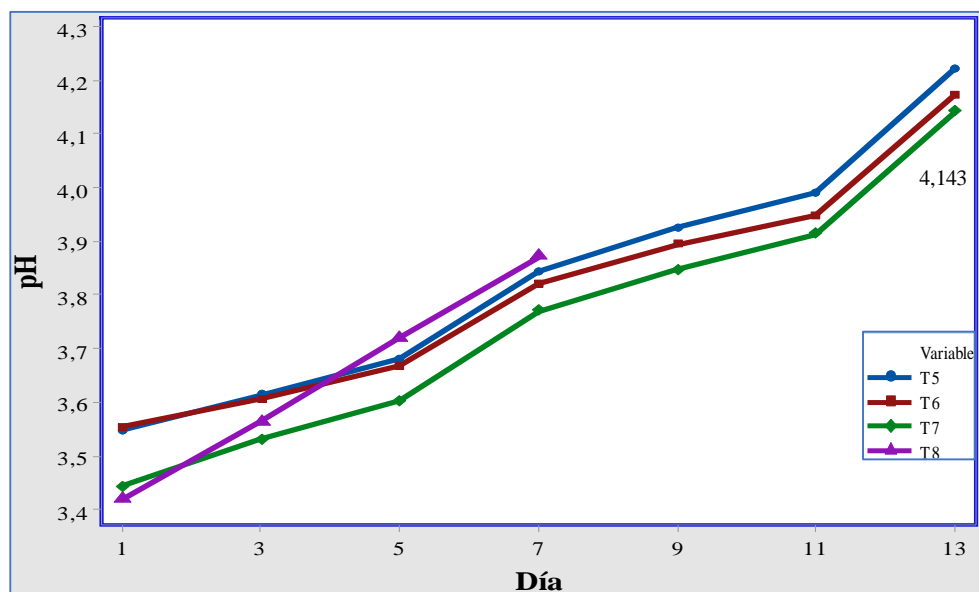


Figura 17. Resultados del pH vs tiempo de almacenamiento de la uvilla mínimamente procesada a 10°C.

En las Figuras 17, se puede observar el comportamiento del pH a temperatura de 10°C en los 13 días de evaluación, donde presentó una variación ascendente durante la maduración de la uvilla, siendo el T7 (Uvilla a 10°C – 12,3 % de aceite), quien presentó mayor control en el grado alcalinidad de la uvilla mínimamente procesada, alcanzando un valor de 4,143 pH, a diferencia del tratamiento 5 que presentó un pH mayor a 4,2, ya que, no fue aplicado aceite esencial de moringa.

En el caso del tratamiento 8 presentó un pH de 3,872 en el día 7 de evaluación cuyo valor se encuentra dentro de lo permitido por la norma INEN 2485. Sin embargo, a nivel microbiológico el UFC/g superó el valor de referencia establecido en la norma MINSA 2003, por ende, no es apto para el consumo, alcanzando un tiempo de vida útil de 7 días.

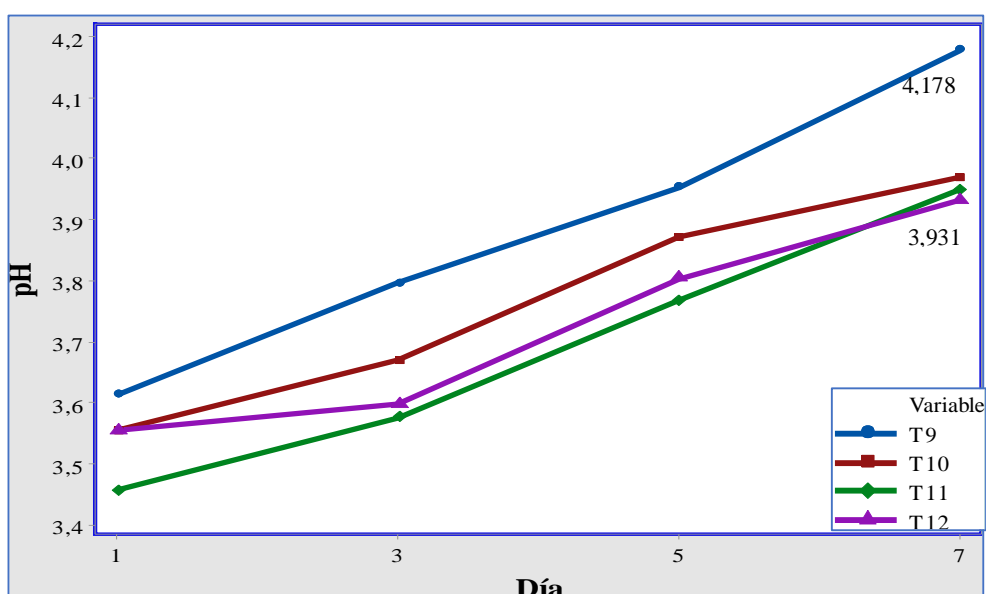


Figura 18. Resultados del pH vs tiempo de almacenamiento de la uvilla mínimamente procesada a 20°C.

En la Figura 18, se puede observar el comportamiento del pH de los tratamientos que superaron el límite permitido en cuanto a los parámetros microbiológicos en el día 7 de evaluación, presentando una variación significativa a 20°C, determinando que a temperaturas elevadas el aceite esencial de moringa mantiene su efecto de control en el grado de alcalinidad, ya que, los tratamientos 10,11 y 12, obtuvieron valores similares entre ellos, mientras que, el tratamiento 9 al no poseer el aceite su pH fue mayor, alcanzando un valor de 4,178.

4.1.2.2. Sólidos solubles (Brix)

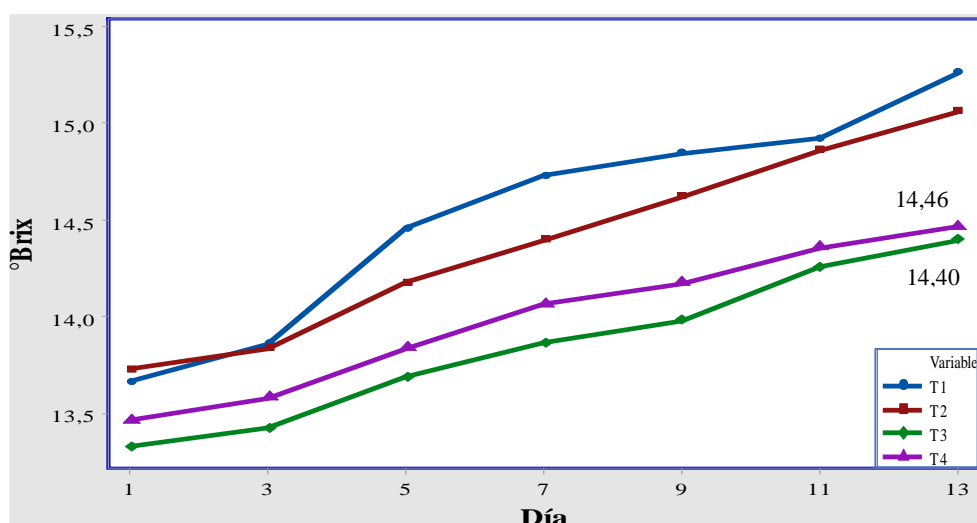


Figura 19. Resultados de sólidos solubles vs tiempo de almacenamiento de la uvilla mínimamente procesada a 4°C.

Los niveles de sólidos solubles expresados en la Figura 19, indica el comportamiento de este parámetro a 4°C, el cual presentó una variación ascendente durante la maduración de los frutos de uvilla, siendo los tratamientos 3 y 4 quienes tuvieron menor variación, alcanzando valores de 14,40 y 14,46 °Brix respectivamente, en el último día de evaluación, a diferencia del tratamientos 1, el cual no fue añadido aceite esencial de moringa presentó un aumento en el contenido de sólidos solubles, por ende, su proceso de maduración se aceleró.

Por otra parte, los requisitos mínimos de sólidos solubles establecidos en la norma técnica NTE INEN 2485 para uvilla, indica que el valor mínimo es de 10°Brix en su madurez de consumo, por lo que, concuerda con los valores de todos los tratamientos alcanzados en el presente estudio.

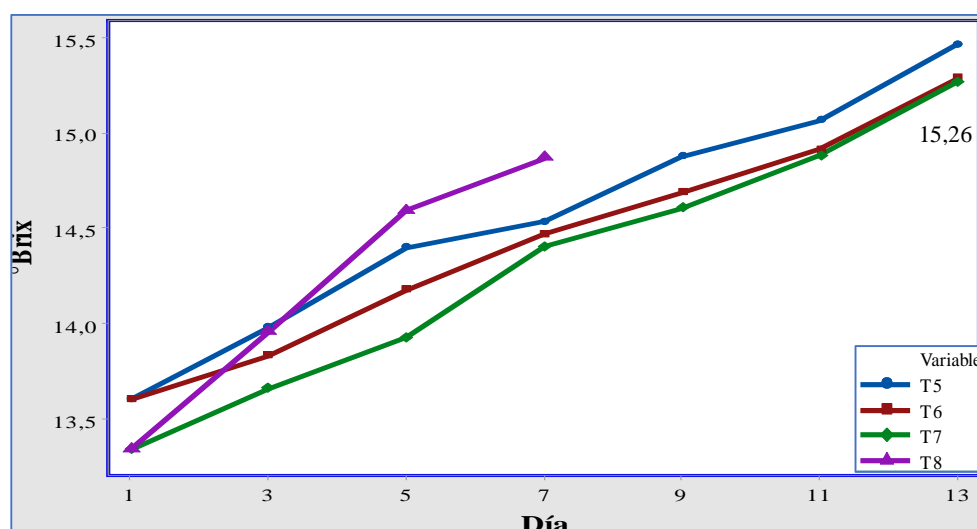


Figura 20. Resultados de sólidos solubles vs tiempo de almacenamiento de la uvilla mínimamente procesada a 10°C.

La Figura 20, indica el comportamiento ascendente del contenido de sólidos solubles de los tratamientos almacenados a 10°C, siendo el tratamiento 7 (Uvilla a 10°C – 12,3 % de aceite) quien tuvo menor variación alcanzando un valor de 15,266 °Brix en el último día de evaluación, a diferencia del tratamientos 5, el cual no fue añadido aceite esencial de moringa presentó un aumento en el contenido de sólidos solubles, por ende, el proceso de degradación de los ácidos orgánicos en azúcares simples fue mayor en relación con los demás tratamientos causando que su proceso fisiológico de maduración se prolongue.

Por otra parte, los requisitos mínimos de sólidos solubles establecidos en la norma técnica NTE INEN 2485 para uvilla, indica que el valor mínimo es de 10°Brix en su madurez de consumo, por lo que, concuerda con los valores de todos los tratamientos alcanzados en el presente estudio.

En el caso del tratamiento 8 presentó un contenido de sólidos solubles de 14,866 °Brix en el día 7 de evaluación cuyo valor se encuentra dentro de lo permitido por la norma INEN 2485. Sin embargo, a nivel microbiológico el UFC/g superó el valor de referencia establecido en la norma MINSA 2003, por ende, no es considerado como apto para su consumo, alcanzando un tiempo de vida útil de 7 días.

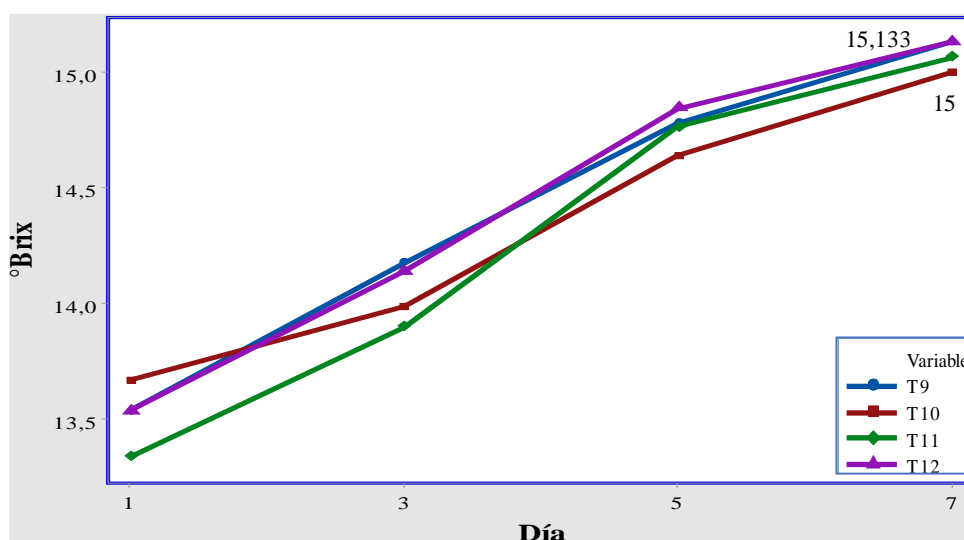


Figura 21. Resultados de sólidos solubles vs tiempo de almacenamiento de la uvilla mínimamente procesada a 20°C.

Los niveles de sólidos solubles expresados en la Figura 21, indican el comportamiento ascendente del contenido de sólidos solubles de los tratamientos que superaron el límite permitido en cuanto a los parámetros microbiológicos en el día 7 de evaluación, alcanzando valores entre 15 y 15,133°Brix, siendo el tratamiento 9 con mayor contenido de sólidos solubles, ya que, al no presentar aplicación de aceite esencial de moringa, el proceso de degradación de los ácidos orgánicos en azúcares simples fue mayor en relación con los demás

tratamientos causando que su proceso fisiológico de maduración se realice en menor tiempo, por ende, su tiempo de vida útil se acortó.

4.1.2.3. Humedad

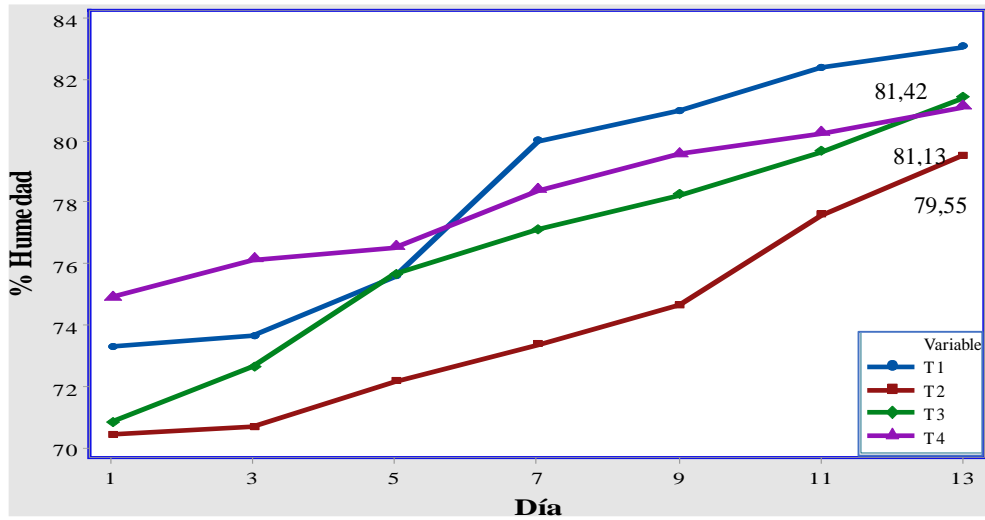


Figura 22. Resultados de humedad vs tiempo de almacenamiento de la uvilla mínimamente procesada a 4°C.

En la Figura 22, se muestra los resultados de humedad obtenidos durante los 13 días de evaluación, los cuales indican una variación ascendente conforme la fruta desarrolla su proceso de maduración. Los tratamientos 2 (Uvilla a 4°C – 6,5 % de aceite), 3 (Uvilla a 4°C – 12,3 % de aceite) y 4 (Uvilla a 4°C – 17,4 % de aceite) alcanzaron valores de 79,55%, 81,42% y 81,13% respectivamente, demostrando que las concentraciones de aceite esencial de moringa añadidas permitieron reducir la pérdida de agua de las uvillas, a diferencia del tratamiento 1 que alcanzó un valor de 83,09%, el cual no fue añadido aceite esencial de moringa.

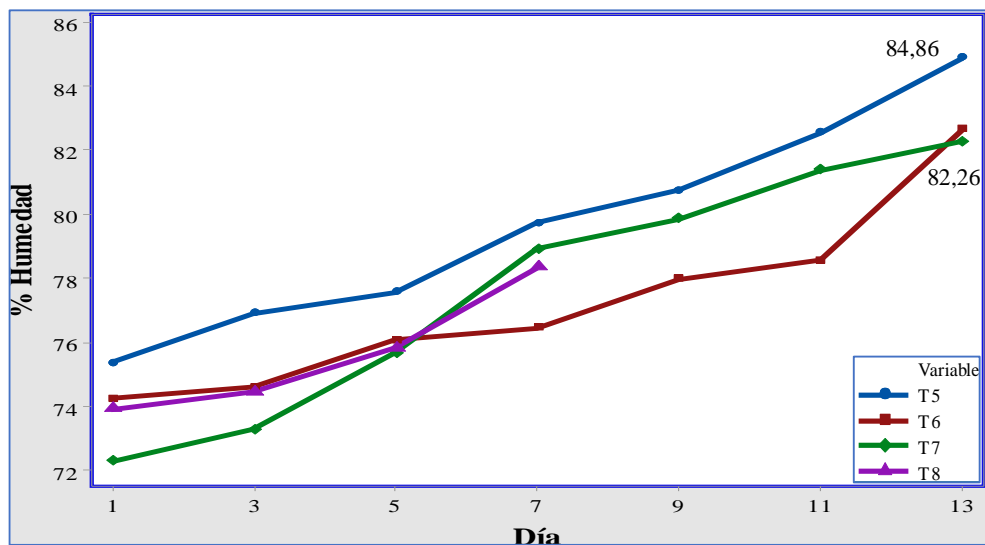


Figura 23. Resultados de humedad vs tiempo de almacenamiento de la uvilla mínimamente procesada a 10°C.

En la Figura 23, se muestra los resultados de humedad obtenidos de los tratamientos almacenados a 10°C durante los 13 días de evaluación, los cuales indican una variación

ascendente conforme la fruta desarrolla su proceso de maduración. El tratamiento 7 (Uvilla a 10°C – 12,3 % de aceite) alcanzó un valor de 82,26% demostrando que esta concentración de aceite esencial de moringa añadida permitió reducir la pérdida de agua de las uvillas, a diferencia del tratamiento 5 que alcanzó un valor de 84,86%, el cual no fue añadido aceite esencial de moringa.

78,75

En el caso del tratamiento 8 alcanzó un valor 78,32 % de humedad en el día 7 de evaluación cuyo valor se encuentra dentro de lo permitido por la norma INEN 2485. Sin embargo, a nivel microbiológico el UFC/g superó el valor de referencia establecido en la norma MINSA 2003, por ende, no es apto para el consumo, alcanzando un tiempo de vida útil de 7 días.

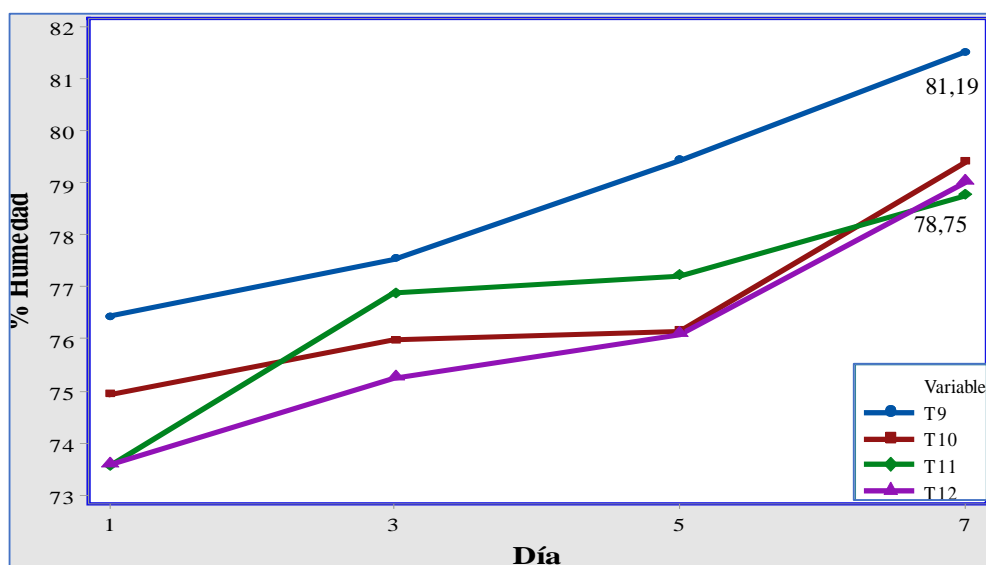


Figura 24. Resultados de humedad vs tiempo de almacenamiento de la uvilla mínimamente procesada a 20°C.

En la Figura 24, se puede observar el comportamiento de la humedad de los tratamientos que superaron el límite permitido en cuanto a los parámetros microbiológicos en el día 7 de evaluación, donde el tratamiento 9 (Uvilla a 20°C – 0 % de aceite) alcanzó un valor de 81,49% en el día 7 de almacenamiento, mientras que, los tratamientos 10, 11 y 12 a pesar de estar expuestos a la misma temperatura, obtuvieron menores valores en el porcentaje de humedad perdido, determinando que la aplicación del aceite esencial de moringa permitió reducir el proceso de transpiración de la uvilla mínimamente procesada.

4.1.2.4. Acidez

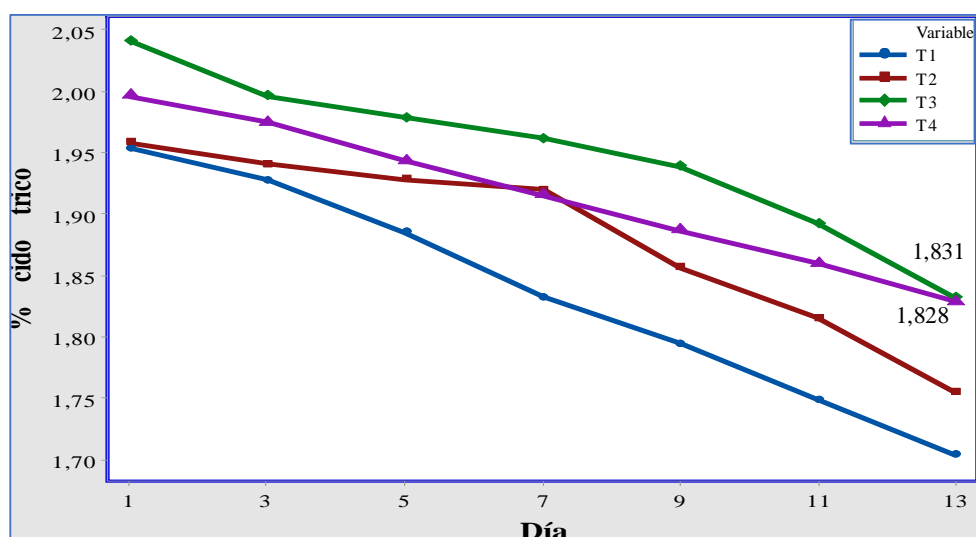


Figura 25. Resultados de acidez vs tiempo de almacenamiento de la uvilla mínimamente procesada a 4°C

En la Figura 25, se muestra la variación de la acidez, donde los tratamientos 3 y 4 presentaron una disminución gradual a medida que avanza la maduración de la uvilla, obteniendo valores entre 1,831 y 1,828 % de ácido cítrico, estos resultados se encuentran dentro del límite permitido por la norma ICONTEC 4580.

Por lo tanto, permite determinar que las concentraciones de aceite esencial de moringa evitaron que el porcentaje de ácido cítrico se redujera con mayor rapidez, como sucedió en el tratamiento 1, el cual no poseía aceite sobre la superficie de la uvilla como consecuencia de ello, su proceso de degradación de los ácidos orgánicos se aceleró durante la senescencia de la fruta.

De acuerdo, con la norma NTE INEN 2485 el porcentaje de ácido cítrico máximo permitido en la madurez de consumo de la uvilla es de 2,50 %, por lo que, los resultados obtenidos en el presente estudio se encuentran dentro del requisito establecido en dicha norma.

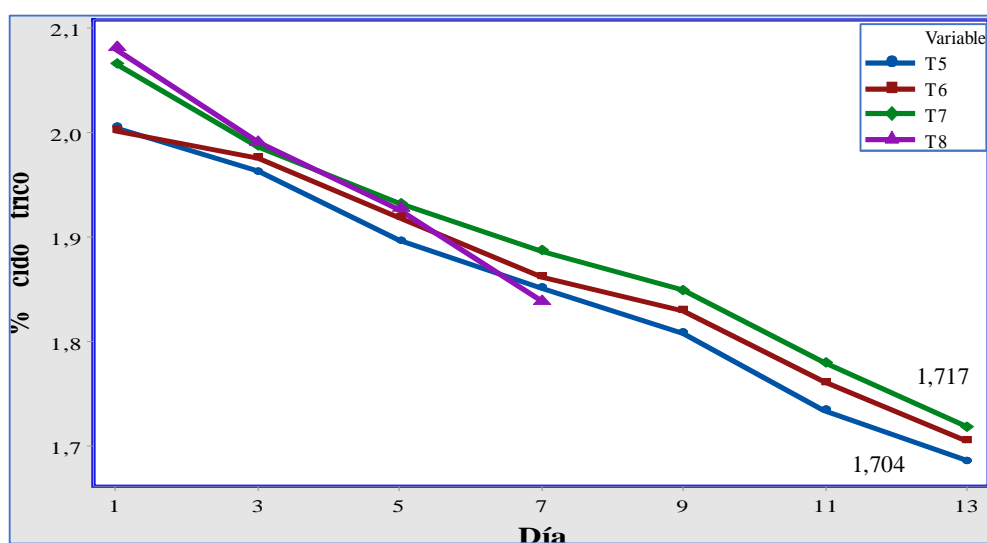


Figura 26. Resultados de acidez vs tiempo de almacenamiento de la uvilla mínimamente procesada a 10°C.

En la Figura 26, se muestra la variación de la acidez, de los tratamientos almacenados a 10°C, presentando una disminución gradual a medida que avanza la maduración de la uvilla, obteniendo valores entre 1,704 y 1,717 % de ácido cítrico, estos resultados se encuentran dentro del límite permitido por la norma ICONTEC 4580.

Por lo tanto, permite determinar que las concentraciones de aceite esencial de moringa evitaron que el porcentaje de ácido cítrico se redujera con mayor rapidez, como sucedió en el tratamiento 5, el cual no poseía aceite sobre la superficie de la uvilla como consecuencia de ello, su proceso de degradación de los ácidos orgánicos se aceleró durante la senescencia de la fruta.

En el caso del tratamiento 8 alcanzó un valor de 1,837 % de ácido cítrico en el día 7 de evaluación cuyo valor se encuentra dentro de lo permitido por la norma INEN 2485. Sin embargo, a nivel microbiológico el UFC/g superó el valor de referencia establecido en la norma MINSA 2003, por ende, no es apto para el consumo, alcanzando un tiempo de vida útil de 7 días.

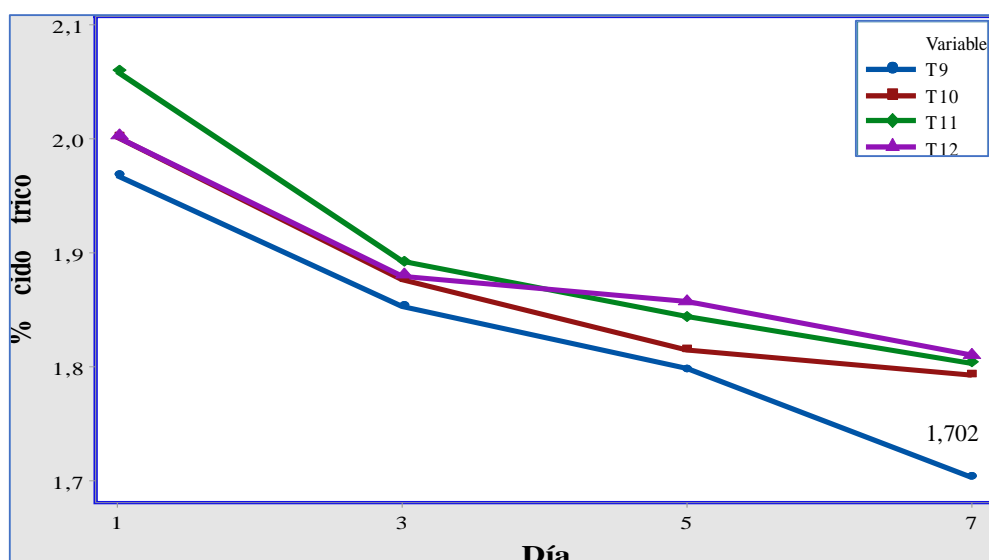


Figura 27. Resultados de acidez vs tiempo de almacenamiento de la uvilla mínimamente procesada a 20°C.

En la Figura 27, se puede observar el comportamiento de la acidez de los tratamientos que superaron el límite permitido en cuanto a los parámetros microbiológicos en el día 7 de evaluación, donde el tratamiento 9 (Uvilla a 20°C – 0 % de aceite) alcanzó un valor de 1,702 % ácido cítrico en el día 7 de almacenamiento, mientras que, los tratamientos 10,11 y 12 a pesar de estar expuestos a la misma temperatura, obtuvieron valores mayores en el porcentaje de ácido cítrico, determinando que la aplicación del aceite esencial de moringa permitió evitar que el proceso de degradación de los ácidos orgánicos en azúcares simples se redujera con mayor rapidez, como sucedió en el tratamientos 9, el cual no fue aplicado aceite sobre la superficie de la uvilla.

De acuerdo, con la norma NTE INEN 2485 el porcentaje de ácido cítrico máximo permitido en la madurez de consumo de la uvilla es de 2,50 %, por lo que, los resultados obtenidos en el presente estudio se encuentran dentro del requisito establecido en dicha norma.

4.1.2.5. Índice de madurez

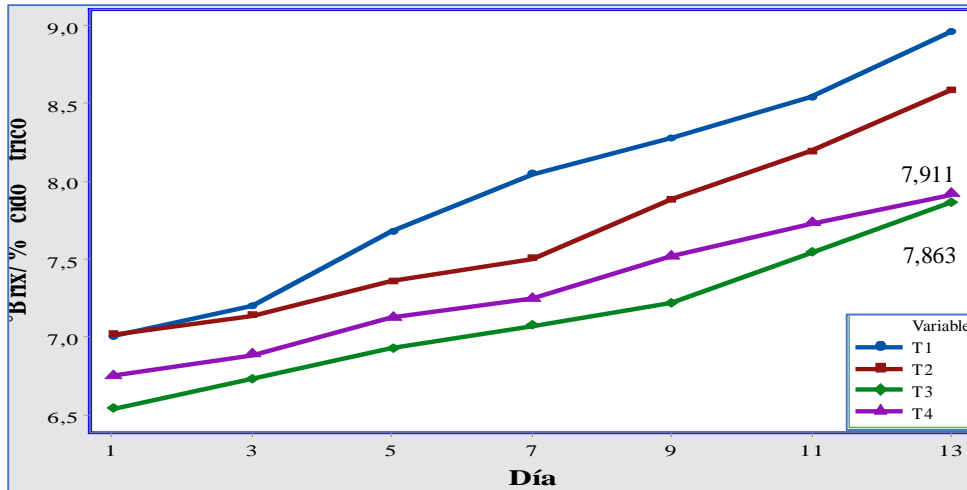


Figura 28. Resultados del índice de madurez vs tiempo de almacenamiento de la uvilla mínimamente procesada a 4°C.

En cuanto al parámetro índice de madurez, la Figura 28, indica su comportamiento durante los 13 días de evaluación a temperatura de refrigeración, donde los mejores tratamientos fueron 3 y 4, ya que, no presentaron una variación significativa, alcanzando valores de 7,863, 7, 911 °Brix/% ácido cítrico respectivamente. Por lo tanto, la adición del aceite esencial de moringa sobre la superficie de la uvilla mínimamente procesada permitió retardar el proceso de maduración de la fruta, lo cual no sucedió en el tratamiento 1 presentando un valor mayor a los demás tratamientos, alcanzando así el nivel de color 6 (madurez de consumo) en el último día de evaluación. Acorde a la Norma ICONTEC 4580 el índice de madurez que se obtuvo de los mejores tratamientos se encuentra dentro del nivel de color cuatro.

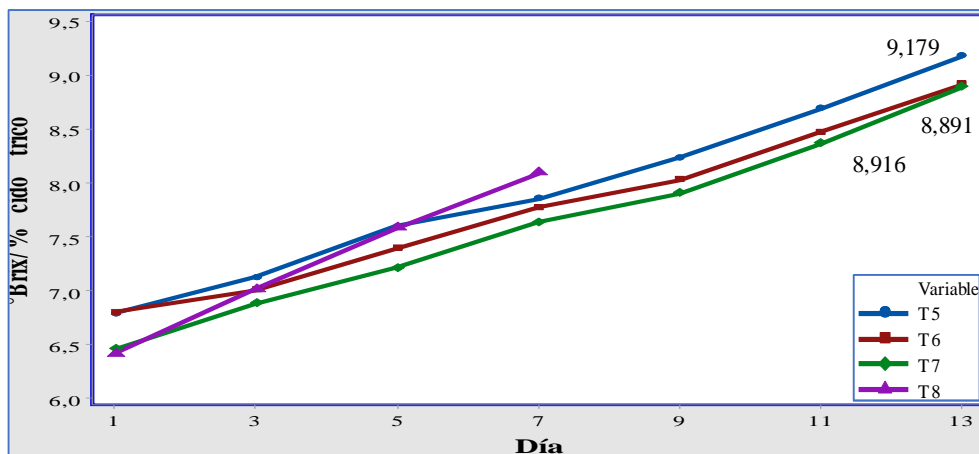


Figura 29. Resultados del índice de madurez vs tiempo de almacenamiento de la uvilla mínimamente procesada a 10°C.

En cuanto al parámetro índice de madurez, la Figura 29, indica su comportamiento durante los 13 días de evaluación a temperatura de 10°C, donde los mejores tratamientos fueron 6 y 7, ya que, no presentaron una variación significativa, alcanzando valores de 8,916 y 8, 891 °Brix/% ácido cítrico respectivamente. Por lo tanto, la adición del aceite esencial de moringa sobre la superficie de la uvilla mínimamente procesada permitió retardar el proceso de maduración de la fruta, lo cual no sucedió en el tratamiento 5 presentando un valor de 9,179 °Brix/% ácido cítrico, alcanzando así el nivel de color 6 (madurez de consumo) en el último día de evaluación. En el caso del tratamiento 8 presentó un índice de madurez de 8,093 °Brix/% ácido cítrico en el día 7 de evaluación cuyo valor se encuentra dentro del nivel de color 5 establecido por la norma INCONTEC 4580. Sin embargo, a nivel microbiológico el UFC/g superó el valor de referencia establecido en la norma MINSA 2003, por ende, no es apto para el consumo, alcanzando un tiempo de vida útil de 7 días.

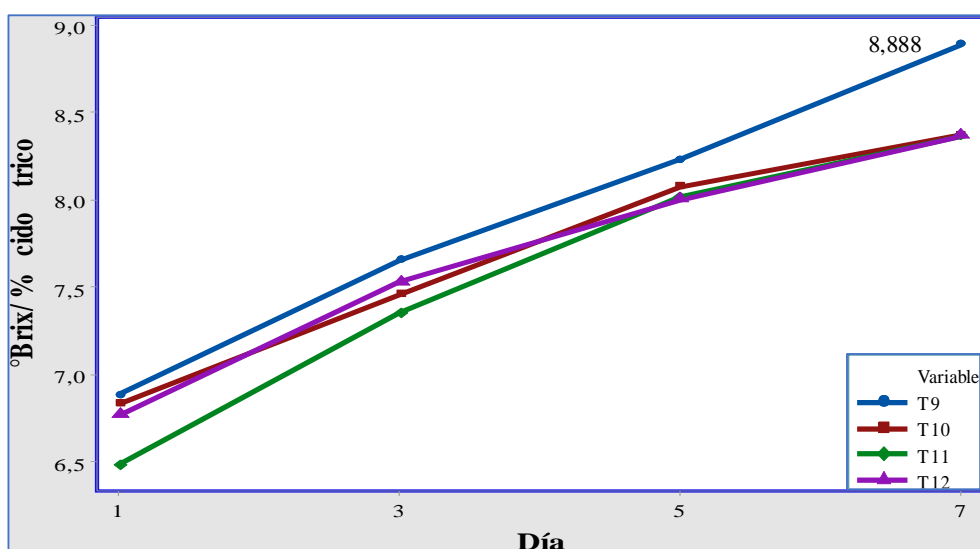


Figura 30. Resultados del índice de madurez vs tiempo de almacenamiento de la uvilla mínimamente procesada a 20°C.

En la Figura 30, se puede observar el comportamiento del índice de madurez de los tratamientos que superaron el límite permitido en cuanto a los parámetros microbiológicos en el día 7 de evaluación, donde el tratamiento 9 (Uvilla a 20°C – 0 % de aceite) alcanzó un valor de 8,888 °Brix/ % ácido cítrico en el día 7 de almacenamiento, mientras que, los tratamientos 10,11 y 12 a pesar de estar expuestos a la misma temperatura, obtuvieron valores menores, determinando que la aplicación del aceite esencial de moringa permitió controlar el proceso fisiológico de maduración de la uvilla mínimamente procesada.

Acorde a la Norma ICONTEC 4580 el índice de madurez que se obtuvo en estos tratamientos corresponde al nivel de color seis.

De los 12 tratamientos realizados se eligieron los tratamientos T2 (Uvilla a 4°C – 6,5% de

aceite), T3 (Uvilla a 4°C – 12,3 % de aceite) y T4 (Uvilla a 4°C – 17,4% de aceite), debido a que, poseen una mayor expectativa en su tiempo de vida útil después de los 13 días de evaluación, mientras que, T1, T5, T6, T7, T8, T9, T10, T11 y T12 su tiempo de vida útil se cumplió en el día 7 y 13 de evaluación, dado que, la microbiología ya no se encontraba dentro de lo permitido por la norma MINSA 2003, sección 14,2 para frutas y hortalizas semiprocesadas, como también, sus características fisicoquímicas presentaron valores cercanos al límite superior establecido en las normas NTE INEN 2485 e ICONTEC 4580.

4.1.3. Evaluación sensorial de los mejores tratamientos

A continuación, se presentan los resultados de la evaluación sensorial, realizada con un panel no entrenado de 50 jueces, quienes expresaron su percepción hacia los tres mejores tratamientos correspondientes a T2 (Uvilla a 4°C – 6,5% de aceite), T3 (Uvilla a 4°C – 12,3% de aceite) y T4 (Uvilla a 4°C – 17,4% de aceite) en los atributos color, olor, sabor, textura y apariencia.

La Tabla 11, indica que, desde un punto de vista estadístico, no existen diferencias significativas entre los tratamientos en cada uno de los atributos evaluados de la uvilla mínimamente procesada aplicada aceite esencial de moringa, determinando que su aplicación no influyó en las características sensoriales de la fruta.

Tabla 11. Resultados del análisis sensorial

| Trat | Color | Olor | Sabor | Textura | Apariencia |
|------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 2 | 4 a ± 0,677 | 4 a ± 0,646 | 4 a ± 0,717 | 4 a ± 0,729 | 4 a ± 0,789 |
| 3 | 4 a ± 0,635 | 4 a ± 0,789 | 4 a ± 0,948 | 4 a ± 0,822 | 4 a ± 0,662 |
| 4 | 5 a ± 0,645 | 4 a ± 0,832 | 4 a ± 0,922 | 4 a ± 0,702 | 4 a ± 0,613 |

Nota: Medias obtenidas estadísticamente en la evaluación sensorial, considerando ± la desviación estándar.

a: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

*Nivel de significancia de 0,05

4.1.4. Determinación del tiempo de vida útil

En la Tabla 12, se presenta los mejores tratamientos obtenidos de los análisis microbiológicos fisicoquímicos y sensoriales de la aplicación de aceite esencial de moringa en la conservación de uvilla mínimamente procesada, los cuales se encuentran por debajo del límite superior 1×10^4 UFC/g y 3×10^2 UFC/g para aerobios totales, mohos y levaduras respectivamente, por ende, cualquier de los 3 tratamientos pueden ser aceptados como un lote, aunque, en los parámetros fisicoquímicos el T2 (Uvilla a 4°C – 6,5% de aceite) presentó un valor cercano a 15,1°Brix límite superior en cuanto al contenido de sólidos solubles, por lo tanto, los tratamientos 3 y 4 no son significativamente diferentes en estos parámetros, sin embargo, el tratamiento 4 (Uvilla a 4°C – 17,4% de aceite) presentó mayor efecto antimicrobiano; además permitió controlar el grado de alcalinidad de la fruta, reducir el porcentaje de humedad, evitar la degradación

acelerada de los ácidos orgánicos en azúcares simples, lo cual influyó en los procesos fisiológicos de respiración y transpiración durante el tiempo de evaluación, obteniendo un proceso de maduración lento, puesto que, los factores intrínsecos reaccionaron ante la presencia del aceite de moringa, el cual, al contener 65% de ácido oleico en su composición permite tener un alto contenido de agentes naturales especialmente sales potásicas que son las responsables de controlar la velocidad con la que se desarrolla la maduración de la fruta. Asimismo, no afectó de forma significativa en las características sensoriales de la uvilla mínimamente procesada, permitiendo prolongar su tiempo de vida útil por 13 días.

Tabla 12. Resultados de los mejores tratamientos de la investigación.

| Parámetros | Tratamientos | | |
|-----------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | 2 | 3 | 4 |
| Ph | 4,053 d ± 0,004 | 3,884 e ± 0,003 | 3,890 e ± 0,003 |
| °Brix | 15,06 d ± 0,007 | 14,40 f ± 0,004 | 14,46 e ± 0,007 |
| Humedad (% humedad) | 79,55 g ± 0,026 | 81,42 e ± 0,037 | 81,13 f ± 0,060 |
| Acidez (% ácido cítrico) | 1,754 b ± 0,005 | 1,831 a ± 0,004 | 1,828 a ± 0,005 |
| Índice de madurez | 8,586 d ± 0,027 | 7,863 e ± 0,021 | 7,911 e ± 0,027 |
| Aerobios totales (UFC/g) * | 1,8 x10 ³ | 1,8 x10 ³ | 9 x10 ² |
| Mohos y Levaduras (UFC/g) * | 2,4 x10 ² | 1,8 x10 ² | 1,4 x10 ¹ |
| Color | 4 a ± 0,677 | 4 a ± 0,635 | 5 a ± 0,645 |
| Olor | 4 a ± 0,646 | 4 a ± 0,789 | 4 a ± 0,832 |
| Sabor | 4 a ± 0,717 | 4 a ± 0,948 | 4 a ± 0,922 |
| Textura | 4 a ± 0,729 | 4 a ± 0,822 | 4 a ± 0,702 |
| Apariencia | 4 a ± 0,789 | 4 a ± 0,662 | 4 a ± 0,613 |
| Tiempo de vida útil (Día) | 13 | 13 | 13 |

Nota: Medias obtenidas estadísticamente considerando ± la desviación estándar.

a: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

* Los valores referenciados en el día 13 de evaluación corresponden como el tiempo definido de vida útil.

4.2. DISCUSIÓN

4.2.1. Análisis microbiológico de la uvilla mínimamente procesada aplicada aceite esencial de moringa

En cuanto al recuento microbiano de aerobios totales de la presente investigación, se obtuvo valores de 1,8 x10³ y 9 x10² UFC/g correspondientes a los tratamientos 3 (Uvilla a 4°C – 12,3% de aceite) y 4 (Uvilla a 4°C – 17,4 % de aceite) durante los 13 días de evaluación, los cuales son menores a los obtenidos por Villacis (2014) quien reporta 1,3 x10³ UFC/g durante 14 días de almacenamiento, utilizando un recubrimiento comestible, por lo tanto, se determinó que el aceite esencial de moringa tiene mayor efecto antimicrobiano que el recubrimiento comestible a base de gelatina, dado que, una característica importante dentro de la actividad antimicrobiana de los aceites esenciales es su hidrofobicidad, característica que les permite unirse a los lípidos

de la membrana celular desestabilizando la estructura de los microorganismos y aumentando su permeabilidad, generando la salida de iones, metabolitos y demás moléculas que causan la muerte de los microorganismos, siendo, el carvacrol responsable principal de este modo de acción bactericida.

En cuanto al recuento de mohos y levaduras a medida que el tiempo de almacenamiento se prolongó, aumentó el número de unidades formadoras de colonias, sobre todo en los tratamientos almacenados a 20°C, superando el límite permitido 3×10^2 UFC/g (MINSAs, 2003) en el día 7, a pesar de estar expuestos a una temperatura alta de almacenamiento, se puede apreciar el efecto que tuvo el aceite esencial de moringa en la proliferación de este tipo de microorganismos, puesto que, normalmente los productos mínimamente procesados son almacenados a temperaturas bajas de 4°C, por lo cual, los mejores tratamientos corresponden a dicha temperatura de almacenamiento y que junto con las concentraciones de aceite esencial de moringa aplicadas, permitieron reducir el deterioro por microorganismos y la pérdida de la calidad de la fruta, como también, logrando incrementar la vida útil de la uvilla por un periodo de 13 días, por lo tanto, se refuta lo mencionado por Martín, et al. (2013), que la aplicación de aceite esencial de moringa permite controlar el crecimiento microbiano, tanto de aerobios totales como mohos y levaduras en frutas.

4.2.2. Análisis fisicoquímico de la uvilla mínimamente procesada aplicada aceite esencial de moringa

Los resultados obtenidos del parámetro pH fueron 3,884 y 3,890 correspondientes a los mejores tratamientos 3 y 4, estos valores fueron menores a los descritos en la investigación realizada por Villacis (2014), en donde, el comportamiento de este parámetro durante la maduración de los frutos de uvilla presentó valores entre 3,91 a 4,11 utilizando un recubrimiento comestible a base de gelatina.

Por otra parte, Guijarro (2012) se realizó la investigación sobre uvilla tratada con radiación UV-C, reportando resultados mayores, puesto que, el pH de los frutos tratados aumentó durante todo el almacenamiento, sin embargo, no existieron diferencias significativas con los frutos control. Por lo tanto, se determinó, que el uso del aceite esencial de moringa tuvo mayor efecto que el recubierto comestible y la radiación UV-C, dado que, permitió controlar la degradación de los ácidos orgánicos en azúcares simples, ya que, contiene agentes naturales particularmente sales potásicas que evitaron una mayor variación en el grado de alcalinidad o acidez de la uvilla mínimamente procesada, por consiguiente, sus procesos fisiológicos de respiración y transpiración se tornaron lentos ante la aplicación del aceite.

En cuanto al contenido de sólidos solubles presentó una variación ascendente durante la maduración de los frutos de uvilla, siendo los tratamientos 3 y 4 quienes tuvieron menor variación, alcanzando valores de 14,40 y 14,46 °Brix respectivamente, en el día 13 de evaluación, no obstante, fueron mayores a los reportados por Revelo (2016), quien obtuvo valores de 12.13 y 12.37 °Brix aplicando radiación UV-C en uvilla orgánica, determinando así, que la aplicación de radiación ultravioleta tiene mayor efecto que el aceite esencial de moringa en el control del proceso de hidrólisis del almidón o síntesis de sacarosa, y de oxidación de ácidos orgánicos, consumidos en el proceso fisiológico de respiración, es decir, el desdoblamiento de las sustancias de reserva que se encuentran almacenadas en la fruta.

Los resultados de humedad correspondientes a los mejores tratamientos T2 (Uvilla A 4°C – 6,5 % de aceite), T3 (Uvilla a 4°C – 12,3 % de aceite) y T4 (Uvilla a 4°C – 17,4 % de aceite) alcanzaron valores de 79,55 %, 81,42% y 81,13% respectivamente, los cuales son menores a los reportados por Castro et al. (2008) quien reporta valores de humedad de 84% y 87% en uvilla orgánica en estado de madurez 5, por lo tanto, se establece que las concentraciones de aceite esencial de moringa añadidas permitieron reducir la pérdida de agua en la fruta mínimamente procesada, ya que, se generó una capa protectora que impide la interacción de la fruta con la atmósfera o medio en que se encontraba almacenada, donde los poros ubicados en la epidermis de la fruta, se encontraron cubiertos impidiendo una excesiva transpiración de la uvilla hacia el entorno.

Respecto al parámetro acidez, los valores alcanzados en los mejores tratamientos fueron 1,831 y 1,828% ácido cítrico, los cuales son iguales a los reportados por García (2015) quien menciona que los valores entre 1,60 y 2,00 % de ácido cítrico son para uvillas de buena calidad y aptas para el consumo, además, son menores a los obtenidos por Revelo (2016) aplicando la radiación UV-C, ya que, alcanzó valores entre 1,27 y 1,58 % ácido cítrico. Por lo tanto, se puede decir que la aplicación del aceite esencial de moringa tuvo mayor efecto con relación a la técnica utilizando radiación UV-C en la disminución de la acidez de las uvillas, dado que, el aceite permitió que la fruta retuviera en mayor medida su acidez durante el tiempo de almacenamiento, conforme aumentó la concentración del aceite. Este comportamiento se debe a que el aceite sobre la superficie de la uvilla influyó en el proceso de degradación de los ácidos orgánicos, gracias a sus agentes naturales particularmente sales potásicas que se obtienen a partir del ácido oleico, el cual forma parte de la composición química del aceite esencial de moringa en un 65%, por consiguiente, permitió el control del grado de alcalinidad de uvilla mínimamente procesada, por ende, el porcentaje de ácido cítrico se redujo con menor velocidad, permitiendo un retardo en el proceso de maduración y susceptibilidad a la descomposición por microorganismos.

Además, los valores que se obtuvieron en el presente trabajo cumplen con el requisito de máximo permitido (2.50 % ácido cítrico), establecido en la norma NTE INEN 2 485 para uvilla. En cuanto al parámetro índice de madurez obtenido en los mejores tratamientos no presentó una variación significativa, alcanzando valores de 7,863 y 7,911 °Brix/% ácido cítrico respectivamente en el día 13 de evaluación, siendo iguales a los presentados por Revelo (2016) quien utilizó la técnica de radiación UV-C en uvilla orgánica, alcanzado en el día 14 de evaluación valores entre 7,66 y 7,91 °Brix/% ácido cítrico, determinando que las dos técnicas empleadas permiten controlar el proceso de maduración de la uvilla.

Acorde a la Norma ICONTEC 4580 el índice de madurez que se obtuvo de los mejores tratamientos se encuentra dentro del nivel de color cuatro, estableciendo que los agentes antioxidantes presentes en los aceites esenciales permitieron reducir la tasa de oxidación, gracias a que formaron una capa protectora que impidió la interacción de la fruta con la atmosfera, ocasionando una disminución en la tasa de respiración y transpiración, por ende, el proceso de maduración se tornó lento en comparación a los tratamientos que no fueron aplicados aceite esencial de moringa, ya que, los factores intrínsecos de la fruta (pH, humedad, acidez, sólidos solubles) reaccionaron a los compuestos fenólicos y terpenos presentes en el aceite esencial causando una variación gradual en cada uno de ellos.

4.2.3. Análisis sensorial de los mejores tratamientos de uvilla mínimamente procesada aplicada aceite esencial de moringa

Mediante la evaluación sensorial realizada, se determinó a nivel estadístico que no existen diferencias significativas entre los tratamientos, con relación a los atributos evaluados de la uvilla mínimamente procesada, por lo que, la aplicación del aceite esencial de moringa no influyó en las características sensoriales de la fruta, lo cual no sucede utilizando otros aceites esenciales, dado que, se han realizado diferentes investigaciones, como la de González (2010) y Gallegos (2015), quienes utilizaron el aceite esencial de canela y mandarina respectivamente para prolongar la vida útil de la uvilla, obtenido sabores extraños, oscurecimiento de la epidermis y desvanecimiento del olor característico de la fruta. Por lo tanto, se concluye que el aceite esencial de moringa a más de controlar el proceso de maduración no influye en la percepción de las características sensoriales de la uvilla mínimamente procesada.

El panel de evaluación sensorial conformado por jueces no entrenados prefirió a los 3 tratamientos, sin embargo, se realizó las siguientes observaciones en cuanto al atributo olor, donde no se percibieron olores residuales del aceite esencial de moringa, además, el sabor fue mayor intenso en el tratamiento con menor concentración de aceite (T2), no obstante, los 3 tratamientos presentaron estado adecuado de consumo.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Esta investigación determinó que la aplicación de aceite esencial de moringa influyó en los factores intrínsecos (pH, humedad, sólidos solubles, acidez) de la fruta, de tal forma que los procesos fisiológicos se redujeron, retardando el proceso de maduración de la uvilla mínimamente procesada.

De acuerdo con los datos obtenidos en esta investigación se puede afirmar que la concentración óptima del aceite esencial de moringa (*M. oleífera*) en la conservación de uvilla (*P. peruviana*) mínimamente procesada fue de 17,35 % a temperatura de almacenamiento de 4°C.

La aplicación del aceite esencial de moringa permitió extender el tiempo de vida útil de la uvilla mínimamente procesada hasta 13 días, mientras, que la fruta sin recubrir presentó una duración de apenas 7 días, tiempo que, por lo general, los productos mínimamente procesados se encuentran en percha de los supermercados.

La evaluación sensorial determinó que la aplicación del aceite esencial de moringa no influye en las características sensoriales de la uvilla mínimamente procesada, ya que, no causó cambios significativos en el sabor, color, olor, textura y apariencia, debido al control que generó sobre el proceso de maduración de la fruta.

5.2. RECOMENDACIONES

Los resultados presentados indican el efecto positivo que se obtuvo con el uso del aceite esencial moringa (*Moringa oleífera*) sobre uvillas, por lo tanto, se debería investigar su implementación en la elaboración de recubrimientos comestibles para la aplicación en la industria alimentaria.

Complementar los resultados obtenidos en el presente trabajo con el estudio del aceite esencial de moringa, sus ventajas y desventajas económicas para la comercialización como conservante natural de frutas frescas.

Realizar estudios sobre el sinergismo entre el aceite esencial de moringa y aceites de especias como anís, cedro y evaluar su efecto antimicrobiano utilizando diferentes hongos causantes de la pudrición de frutas y verduras.

Efectuar estudios bioquímicos en la uvilla que incluyan la cuantificación de la actividad antioxidante de pigmentos como los carotenoides con la finalidad de determinar el mecanismo de respuesta del fruto frente al recubrimiento del aceite esencial de moringa.

Complementar el estudio del aceite esencial de moringa con la adición de pulsos eléctricos en la uvilla para conocer cómo influye en su tiempo de vida útil, características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdull, R., Ahmad, F., Ibrahim, M. D., & Kntayya, S. B. (2014). Health benefits of Moringa oleifera. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, 15(20), 8571-8576. Recuperado de: <https://doi.org/10.7314/APJCP.2014.15.20.8571>
- Artes-Calero, F., Aguayo, E., Gómez, P., y Artes-Hernández, F. (2009). Productos vegetales mínimamente procesados o de la cuarta gama. *Revista Horticultura, Extra Poscosecha*, 69, 52-59. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2957881>
- Cabrera, J. L. (2014). *Evaluación del contenido de alcaloides, flavonoides, taninos y aceites esenciales en tres estados de maduración y recolección de la Moringa (Moringa Oleífera)* (tesis de pregrado, Universidad Técnica de Machala). Repositorio digital de la UTMACH. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/1330>
- Chancosi, D. (2017). *Evaluación del efecto de la temperatura del almacenamiento sobre el contenido de ácido ascórbico y propiedades nutracéuticas de la uvilla Physalis Peruviana con cáliz* (tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte). Repositorio digital UTN. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/6521>
- Clemente, K., y Pérez, R. (2017). *Evaluación de la actividad antimicrobiana de Moringa Oleífera en bacterias patógenas* (tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador). Repositorio digital UCE. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/15167>
- Dávalos, A., & Fiorella, A. (2019). Antioxidantes artificiales en la industria alimentaria. Recuperado el 25 de julio de 2019 de <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/12304>
- Durán, S., Crovetto, M., Espinoza, V., Mena, F., Oñate, G., Fernández, M., & Valladares, M. (2017). Caracterización del estado nutricional, hábitos alimentarios y estilos de vida de estudiantes universitarios chilenos: estudio multicéntrico. *Revista médica de Chile*, 145(11), 1403-1411. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.4067/s0034-98872017001101403>

- Dussán, S., Ramírez, J., & Hleap, J. (2017). Conservación de Mango Mínimamente Procesado usando un Recubrimiento Comestible a base de Aceite de Aguacate. *Información tecnológica*, 28(3), 67-74. Recuperado el 10 de mayo de 2019 de <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642017000300008>
- Falowo, A., Muchenje, V., Hugo, C., & Charimba, G. (2016). In vitro antimicrobial activities of *Bidens pilosa* and *Moringa oleifera* leaf extracts and their effects on ground beef quality during cold storage. *CyTA-Journal of Food*, 14(4), 541-546. Recuperado de: <https://doi.org/10.1080/19476337.2016.1162847>
- Fay, F., García, M., Fajardo, Y., Rodríguez, D., Pino, J., & Casariego, A. (2018). Coberturas de quitosano con aceite esencial de canela americana (*Ocotea quixos*) en la conservación de papaya mínimamente procesada. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 28(2). Recuperado de <https://go.gale.com/ps/anonymous?id=GALE%7CA636225249&sid=googleScholar&v=2.1&it=r&linkaccess=abs&issn=08644497&p=IFME&sw=w>
- Gallegos, N. L. (2015). *Aplicación del aceite esencial de mandarina en uvilla orgánica (Physalis peruviana) como tratamiento postcosecha, en la ciudad de Quito* (tesis pregrado, Universidad Tecnológica Equinoccial). Repositorio UTE. <http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/14315/1/64301>
- García, D. A. (2015). *Cambios Físicoquímicos durante el proceso de maduración de uvilla (Physalis peruviana) orgánica, en la ciudad de Quito* (tesis pregrado, Universidad Tecnológica Equinoccial). Repositorio UTE. <http://repositorio.ute.edu.ec/handle/123456789/5093>
- García, M., Ventosa, M., & Díaz, R. (2017). Efecto de coberturas de alginato de sodio enriquecidas con aloe vera en la calidad de zanahoria mínimamente procesada. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 21(3). Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/275972926>
- Garde, J. (4 de marzo de 2015). Tecnoalimentalia. Recuperado de <https://agriculturers.com/metodos-para-determinar-la-vida-util-comercial-de-un-alimento>

- González, M. (2010). *Conservación de mora, uvilla y frutilla mediante la utilización del aceite esencial de canela Cinnamomum zeynalicum* (tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo). Repositorio dspace ESPOCH. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/737>
- Guayllas, J. & Jiménez, S. (2015). *Proyecto de factibilidad para la creación de una empresa de elaboración y comercialización de un suplemento vitamínico a base de moringa (Moringa oleífera)* (tesis de pregrado, Universidad Nacional de Loja). Repositorio digital-Universidad Nacional de Loja. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/10852>
- Hernández, A., Cardozo, C., Flórez, C., & Córdoba, L. (2014). Aplicación de tecnología de barreras para la conservación de mezclas de vegetales mínimamente procesados. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 67(1), 7237-7245. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/1799/179930032011.pdf>
- Llerena, W. (2014). *Estudio de la relación entre el color y el contenido de antioxidantes de seis frutas tropicales y andinas: Arazá (Eugenia stipitata), Mora (Rubus glaucus) variedad Iniap Andimora 2013, Mortiño (Vaccinium floribundum Kunth), Naranjilla (Solanum quitoense), Tomate de árbol (Solanum betaceum Cav.) variedad Anaranjado Gigante y Uvilla (Physalis peruviana L)* (tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato). Repositorio Universidad Técnica de Ambato. <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/9351>
- Macias, F., Valencia, N., & Echeverría, B. (2016). Plan De Exportación de Mermelada de Uvilla a Barcelona España. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*, (2016_09). Recuperado de <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/107>
- Madera, J., De Dios, M., Colín, C., Mariscal, L., Núñez, C., Veloz, R., & Rodríguez, J. (2019). Recubrimiento a base de quitosano y extracto acuoso de hoja de Moringa oleífera obtenido por UMAE y su efecto en las propiedades fisicoquímicas de fresa (*Fragaria x ananassa*). *Biocencia*, 21(2), 155-163. Recuperado el 11 de octubre de 2019 de <https://doi.org/10.18633/biocencia.v21i2.941>

- Martín, C., Martín, G., García, A., Fernández, T., Hernández, E., & Puls, J. (2013). Potenciales aplicaciones de Moringa oleífera. Una revisión crítica. *Pastos y Forrajes*, 36(2), 137-149. Recuperado de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942013000201
- Martínez, A. (1996). Aceites esenciales. *J. Nat. Prod*, 59(1), 77-79. Recuperado de: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/61782290/aceites_escencialesUDEA20200114-91358-1achn3k.pdf
- Paniagua, A., & Chora, J. (2016). Elaboración de Aceite de semillas de moringa oleífera para diferentes usos. *Revista de Ciencias de la Salud*, 3(9), 36-46. Recuperado de: http://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Ciencias_de_la_Salud/vol3num9/Revista_Ciencias_de_la_Salud_V3_N9.pdf#page=43
- Pérez, N. (2016). *Efecto del agente antimicrobiano del aceite esencial de canela y aceite esencial de limón en la cobertura comestible y el tiempo de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas, recuento de mohos y levaduras y aceptabilidad general en rodajas de banano (Musa Paradisiaca)* (tesis de pregrado, Universidad Privada Antenor Orrego). Repositorio Digital de la Universidad Privada Antenor Orrego. <https://hdl.handle.net/20.500.12759/2469>
- Pretel, T. (2015). Tendencias actuales en el envasado de fruta mínimamente procesada. *Interempresas*, 1-2. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/813/81370202.pdf>
- Reyes, F., Palou, E., & López-Malo, A. (2014). Métodos de evaluación de la actividad antimicrobiana y de determinación de los componentes químicos de los aceites esenciales. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 8, 68-78. Recuperado de <https://tsia.udlap.mx/metodos-de-evaluacion-de-la-actividad-antimicrobiana-y-de-determinacion-de-los-componentes-quimicos-de-los-aceites-esenciales>.
- Rivas, C. (2015). *Efecto del aceite esencial de orégano (Oraginum Vulgare) en la conservación de brócoli (Brassica Oleracea L.) y coliflor (Brassica Oleracea var.) mínimamente procesados* (tesis de postgrado, Universidad Agraria del Ecuador). Repositorio Cia Uagraria. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/RIVAS%20CARLOS>.

- Rodríguez, K. (2017). *Comparación del efecto antimicrobiano in vitro del aceite esencial de las semillas de moringa oleífera frente a Gentamicina y nitrofurantoína, sobre Escherichia Coli ATCC 35218, en la ciudad de Tacna* (tesis de pregrado, Universidad Nacional Jorge Basadre). Repositorio UNJBG. http://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/3311/1423_2018
- Villacís, F. J. (2014). *Estudio del efecto de un recubrimiento comestible y su incidencia en el tiempo de vida útil de la uvilla (Physalis peruviana L.)* (tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato). Repositorio Universidad Técnica de Ambato. <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/8425>

VII. ANEXOS

Anexo 1. Certificado o Acta del Perfil de Investigación



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI
FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERIA EN ALIMENTOS

ACTA

DE LA SUSTENTACIÓN DE PREDEFENSA DEL INFORME DE INVESTIGACIÓN DE:

| | |
|---|--|
| NOMBRE: Alex Rodrigo Herrera Maldonado | CÉDULA DE IDENTIDAD: .0401611223 |
| NIVEL/PARALELO: DÉCIMO | PERIODO ACADÉMICO: Nov. 20-Mar.21 |

TEMA DE INVESTIGACIÓN: Estudio del efecto antimicrobiano del aceite esencial de moringa (Moringa oleifera) en la conservación de uvilla (Physalis peruviana) mínimamente procesada

Tribunal designado por la dirección de esta Carrera, conformado por:

| | |
|--------------------|-----------------------------------|
| PRESIDENTE: | Msc. Carlos Arturo Paredes Pita |
| LECTOR: | MSC. Miguel Angel Anchundia Lucas |
| ASESOR: | MSC. Carlos Alberto Rivas Rosero |

De acuerdo al artículo 21: Una vez entregados los requisitos para la realización de la pre-defensa el Director de Carrera integrará el Tribunal de Pre-defensa del informe de investigación, fijando lugar, fecha y hora para la realización de este acto:

| | |
|-----------------------------------|-------------------------------|
| EDIFICIO DE AULAS: Virtual | AULA: 0 |
| FECHA: | Viernes, 12 de marzo del 2021 |
| HORA: | 09H30 |




Obteniendo las siguientes notas:

| | |
|-----------------------------------|-------------|
| 1) Sustentación de la predefensa: | 5,31 |
| 2) Trabajo escrito | 2,66 |
| Nota final de PRE DEFENSA | 7,97 |

Por lo tanto: **APRUEBA CON OBSERVACIONES** ; debiendo acatar el siguiente artículo:

Art. 24.- De los estudiantes que aprueban el Plan de Investigación con observaciones. - El estudiante tendrá el plazo de 10 días laborables para proceder a corregir su informe de investigación de conformidad a las observaciones y recomendaciones realizadas por los miembros Tribunal de sustentación de la pre-defensa.

Para constancia del presente, firman en la ciudad de Tulcán el **Viernes, 12 de marzo del 2021**

| | |
|--|---|
|  1002503587 CARLOS ARTURO PAREDES PITA Msc. Carlos Arturo Paredes Pita PRESIDENTE |  MIGUEL ANGEL ANCHUNDIA LUCAS MSC. Miguel Angel Anchundia Lucas LECTOR |
|  CARLOS ALBERTO RIVAS ROSERO MSC. Carlos Alberto Rivas Rosero TUTOR | |

Anexo 2. Certificado del abstract por parte de idiomas



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI
FOREIGN AND NATIVE LANGUAGE CENTER**

| ABSTRACT- EVALUATION SHEET | | | | |
|---|--|---|--|---|
| NAME: Alex Rodrigo Herrera Maldonado | | | | |
| DATE: 26 de marzo de 2021 | | | | |
| TOPIC: "Estudio del efecto antimicrobiano del aceite esencial de moringa (Moringa oleifera) en la conservación de uvilla (Physalis peruviana) mínimamente procesada" | | | | |
| REMARKS AWARDED QUANTITATIVE AND QUALITATIVE | | | | |
| VOCABULARY AND WORD USE | Use new learnt vocabulary and precise words related to the topic | Use a little new vocabulary and some appropriate words related to the topic | Use basic vocabulary and simplistic words related to the topic | Limited vocabulary and inadequate words related to the topic |
| | EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/> | GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/> | AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/> | LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/> |
| WRITING COHESION | Clear and logical progression of ideas and supporting paragraphs. | Adequate progression of ideas and supporting paragraphs. | Some progression of ideas and supporting paragraphs. | Inadequate ideas and supporting paragraphs. |
| | EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/> | GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/> | AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/> | LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/> |
| ARGUMENT | The message has been communicated very well and identify the type of text | The message has been communicated appropriately and identify the type of text | Some of the message has been communicated and the type of text is little confusing | The message hasn't been communicated and the type of text is inadequate |
| | EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/> | GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/> | AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/> | LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/> |
| CREATIVITY | Outstanding flow of ideas and events | Good flow of ideas and events | Average flow of ideas and events | Poor flow of ideas and events |
| | EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/> | GOOD: 1,5 <input checked="" type="checkbox"/> | AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/> | LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/> |
| SCIENTIFIC SUSTAINABILITY | Reasonable, specific and supportable opinion or thesis statement | Minor errors when supporting the thesis statement | Some errors when supporting the thesis statement | Lots of errors when supporting the thesis statement |
| | EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/> | GOOD: 1,5 <input checked="" type="checkbox"/> | AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/> | LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/> |
| TOTAL/AVERAGE | 9 - 10: EXCELLENT 7 - 8,9: GOOD 5 - 6,9: AVERAGE 0 - 4,9: LIMITED | | TOTAL 9 | |



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI
FOREIGN AND NATIVE LANGUAGE CENTER**

Informe sobre el Abstract de Artículo Científico o Investigación.

Autor: Alex Rodrigo Herrera Maldonado

Fecha de recepción del abstract: 26 de marzo de 2021

Fecha de entrega del informe: 26 de marzo de 2021

El presente informe validará la traducción del idioma español al inglés si alcanza un porcentaje de: 9 – 10 Excelente.

Si la traducción no está dentro de los parámetros de 9 – 10, el autor deberá realizar las observaciones presentadas en el ABSTRACT, para su posterior presentación y aprobación.

Observaciones:

Después de realizar la revisión del presente abstract, éste presenta una apropiada traducción sobre el tema planteado en el idioma Inglés. Según los rubrics de evaluación de la traducción en Inglés, ésta alcanza un valor de 9, por lo cual se valida dicho trabajo.

Atentamente



EDISON BOANERGES
PEÑAÑIEL ARCOS

Ing. Edison Peñañiel Arcos MSc
Coordinador del CIDEN

Anexo 3. Hoja de evaluación sensorial aplicada



Universidad Politécnica Estatal del Carchi
Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales
Escuela de Ingeniería en Alimentos

Ficha de análisis sensorial de uvilla (*Physalis peruviana*) mínimamente procesada aplicado aceite esencial de moringa (*Moringa oleífera*).

Instrucciones:

Analizar las muestras presentadas de uvilla mínimamente procesada en el orden establecido en la siguiente tabla y calificar del 1 al 5 como se indica en la siguiente escala.

- 5 Me gusta mucho
- 4 Me gusta
- 3 No me gusta ni me disgusta
- 2 Me disgusta
- 1 Me disgusta mucho

Recuerde que es importante seguir el orden de los atributos a evaluar y registrar sus resultados en base a la escala hedónica.

Puntuación Muestra Uvilla mínimamente procesada

| Atributo | Código de la muestra | | |
|----------|----------------------|-----|-----|
| | 765 | 840 | 316 |
| Color | | | |
| Olor | | | |
| Textura | | | |
| Sabor | | | |

Recomendaciones: _____

¡Gracias por su colaboración!

Anexo 4. Análisis estadístico

Tabla 13. Variables de respuesta (Medias y Desviación estándar) sobre el parámetro pH.

| Trat | Día 1 | Día 3 | Día 5 | Día 7 | Día 9 | Día 11 | Día 13 |
|------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|
| T1 | 3,643±0,004 | 3,697±0,006 | 3,771±0,004 | 3,883±0,005 | 3,926±0,005 | 3,985±0,004 | 4,175±0,003 |
| T2 | 3,632±0,003 | 3,654±0,006 | 3,689±0,003 | 3,706±0,005 | 3,823±0,006 | 3,941±0,003 | 4,053±0,004 |
| T3 | 3,486±0,006 | 3,517±0,002 | 3,579±0,006 | 3,627±0,005 | 3,654±0,003 | 3,722±0,004 | 3,884±0,003 |
| T4 | 3,564±0,006 | 3,592±0,004 | 3,648±0,003 | 3,713±0,004 | 3,765±0,003 | 3,813±0,002 | 3,890±0,003 |
| T5 | 3,548±0,009 | 3,614±0,004 | 3,681±0,002 | 3,844±0,004 | 3,926±0,002 | 3,991±0,003 | 4,222±0,004 |
| T6 | 3,554±0,007 | 3,607±0,005 | 3,669±0,004 | 3,821±0,004 | 3,894±0,003 | 3,948±0,004 | 4,173±0,004 |
| T7 | 3,443±0,004 | 3,532±0,005 | 3,603±0,008 | 3,771±0,003 | 3,847±0,004 | 3,915±0,003 | 4,143±0,005 |
| T8 | 3,419±0,007 | 3,564±0,007 | 3,721±0,002 | 3,872±0,004 | | | |
| T9 | 3,613±0,003 | 3,795±0,007 | 3,952±0,004 | 4,178±0,006 | | | |
| T10 | 3,554±0,006 | 3,668±0,006 | 3,871±0,004 | 3,968±0,008 | | | |
| T11 | 3,456±0,003 | 3,575±0,006 | 3,766±0,005 | 3,948±0,005 | | | |
| T12 | 3,554±0,006 | 3,596±0,005 | 3,802±0,003 | 3,931 ±0,004 | | | |

Tabla 14. Comparación utilizando el Método Tukey con una confianza del 95% para el parámetro pH.

| Tratamientos | Agrupación | | | | | | |
|--------------|------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| | Día 1 | Día 3 | Día 5 | Día 7 | Día 9 | Día 11 | Día 13 |
| T1 | A | B | D | E | A | A | B |
| T2 | A | C | F | I | D | B | D |
| T3 | D | G | J | J | F | E | E |
| T4 | C | E | H | I | E | D | E |
| T5 | C | D | FG | F | A | A | A |
| T6 | C | DE | G | G | B | B | B |
| T7 | E | G | I | H | C | C | C |
| T8 | F | F | E | E | | | |
| T9 | B | A | A | A | | | |
| T10 | C | C | B | B | | | |
| T11 | E | F | D | C | | | |
| T12 | C | E | C | D | | | |

Tabla 15. Variables de respuesta (Medias y Desviación estándar) sobre el parámetro sólidos solubles.

| Trat | Día 1 | Día 3 | Día 5 | Día 7 | Día 9 | Día 11 | Día 13 |
|------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| T1 | 13,66±0,005 | 13,86±0,003 | 14,46±0,004 | 14,73±0,004 | 14,84±0,003 | 14,92±0,005 | 15,26±0,002 |
| T2 | 13,73±0,004 | 13,83±0,004 | 14,17±0,006 | 14,40±0,005 | 14,62±0,003 | 14,86±0,004 | 15,06±0,007 |
| T3 | 13,33±0,004 | 13,42±0,004 | 13,69±0,004 | 13,86±0,002 | 13,98±0,003 | 14,25±0,006 | 14,40±0,004 |
| T4 | 13,46±0,004 | 13,58±0,003 | 13,83±0,006 | 14,06±0,008 | 14,17±0,004 | 14,36±0,003 | 14,46±0,007 |
| T5 | 13,60±0,005 | 13,97±0,002 | 14,06±0,574 | 14,53±0,004 | 14,87±0,002 | 15,06±0,003 | 15,46±0,006 |
| T6 | 13,60±0,003 | 13,82±0,006 | 14,17±0,004 | 14,46±0,006 | 14,68±0,003 | 14,91±0,005 | 15,28±0,006 |
| T7 | 13,33±0,004 | 13,65±0,003 | 13,92±0,003 | 14,40±0,006 | 14,60±0,003 | 14,87±0,006 | 15,26±0,002 |
| T8 | 13,33±0,006 | 13,95±0,003 | 14,59±0,002 | 14,86±0,005 | | | |
| T9 | 13,53±0,003 | 14,17±0,004 | 14,78±0,006 | 15,13±0,004 | | | |
| T10 | 13,66±0,003 | 13,98±0,004 | 14,63±0,004 | 15,00±0,005 | | | |
| T11 | 13,33±0,005 | 13,89±0,006 | 14,76±0,006 | 15,06±0,004 | | | |
| T12 | 13,53±0,003 | 14,13±0,006 | 14,84±0,004 | 15,13±0,004 | | | |

Tabla 16. Comparación utilizando el Método Tukey con una confianza del 95% para el parámetro sólidos solubles.

| Tratamientos | Agrupación | | | | | | |
|--------------|------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| | Día 1 | Día 3 | Día 5 | Día 7 | Día 9 | Día 11 | Día 13 |
| T1 | B | F | ABC | E | B | B | C |
| T2 | A | G | BCD | H | D | D | D |
| T3 | F | J | D | J | G | F | F |
| T4 | E | I | D | I | F | E | E |
| T5 | C | C | CD | F | A | A | A |
| T6 | C | G | BCD | G | C | B | B |
| T7 | F | H | D | H | E | B | C |
| T8 | F | D | AB | D | | | |
| T9 | D | A | A | A | | | |
| T10 | B | C | AB | C | | | |
| T11 | F | E | A | B | | | |
| T12 | D | B | A | A | | | |

Tabla 17. Variables de respuesta (Medias y Desviación estándar) sobre el parámetro humedad.

| Trat | Día 1 | Día 3 | Día 5 | Día 7 | Día 9 | Día 11 | Día 13 |
|------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| T1 | 73,32±0,080 | 73,66±0,025 | 75,59±0,047 | 80,03±0,025 | 80,99±0,025 | 82,40±0,195 | 83,09±0,026 |
| T2 | 70,44±0,010 | 70,71±0,061 | 72,18±0,020 | 73,38±0,212 | 74,67±0,030 | 77,60±0,036 | 79,55±0,026 |
| T3 | 70,86±0,020 | 72,65±0,040 | 75,67±0,041 | 77,13±0,030 | 78,27±0,025 | 79,68±0,035 | 81,42±0,037 |
| T4 | 74,92±0,030 | 76,14±0,020 | 76,56±0,035 | 78,42±0,040 | 79,59±0,032 | 80,27±0,056 | 81,13±0,060 |
| T5 | 75,35±0,025 | 76,89±0,115 | 77,55±0,386 | 79,72±0,026 | 80,72±0,032 | 82,52±0,045 | 84,86±0,020 |
| T6 | 74,23±0,015 | 74,59±0,015 | 76,07±0,025 | 76,45±0,030 | 77,97±0,26 | 78,54±0,035 | 82,64±0,032 |
| T7 | 72,28±0,036 | 73,26±0,043 | 75,64±0,025 | 78,90±0,026 | 79,85±0,035 | 81,36±0,060 | 82,26±0,025 |
| T8 | 73,89±0,045 | 74,44±0,032 | 75,80±0,025 | 78,32±0,025 | | | |
| T9 | 76,41±0,141 | 77,52±0,137 | 79,42±0,020 | 81,49±0,045 | | | |
| T10 | 74,92±0,040 | 75,96±0,030 | 76,14±0,030 | 79,39±0,024 | | | |
| T11 | 73,54±0,036 | 76,86±0,020 | 77,21±0,025 | 78,75±0,025 | | | |
| T12 | 73,57±0,062 | 75,24±0,030 | 76,08±0,075 | 79,01±0,233 | | | |

Tabla 18. Comparación utilizando el Método Tukey con una confianza del 95% para el parámetro humedad

| Tratamientos | Agrupación | | | | | | |
|--------------|------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| | Día 1 | Día 3 | Día 5 | Día 7 | Día 9 | Día 11 | Día 13 |
| T1 | G | F | E | B | A | A | B |
| T2 | J | I | F | I | G | F | G |
| T3 | I | H | E | G | E | D | E |
| T4 | C | C | C | F | D | C | F |
| T5 | B | B | B | C | B | A | A |
| T6 | D | E | D | H | F | E | C |
| T7 | H | G | E | E | C | B | D |
| T8 | E | E | DE | F | | | |
| T9 | A | A | A | A | | | |
| T10 | C | C | D | D | | | |
| T11 | F | B | B | E | | | |
| T12 | F | D | D | E | | | |

Tabla 19. Variables de respuesta (Medias y Desviación estándar) sobre el parámetro acidez.

| Trat | Día 1 | Día 3 | Día 5 | Día 7 | Día 9 | Día 11 | Día 13 |
|------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| T1 | 1,953±0,004 | 1,927±0,004 | 1,885±0,003 | 1,832±0,006 | 1,794±0,002 | 1,748±0,003 | 1,703±0,005 |
| T2 | 1,958±0,003 | 1,940±0,004 | 1,928±0,004 | 1,919±0,004 | 1,856±0,002 | 1,815±0,006 | 1,754±0,005 |
| T3 | 2,041±0,004 | 1,996±0,003 | 1,978±0,004 | 1,961±0,004 | 1,938±0,005 | 1,892±0,004 | 1,831±0,004 |
| T4 | 1,996±0,003 | 1,974±0,003 | 1,943±0,002 | 1,915±0,003 | 1,886±0,002 | 1,859±0,003 | 1,828±0,005 |
| T5 | 2,004±0,006 | 1,962±0,006 | 1,896±0,002 | 1,850±0,002 | 1,807±0,002 | 1,733±0,003 | 1,685±0,005 |
| T6 | 2,001±0,004 | 1,975±0,003 | 1,918±0,003 | 1,861±0,002 | 1,829±0,003 | 1,760±0,003 | 1,704±0,002 |
| T7 | 2,065±0,004 | 1,986±0,002 | 1,931±0,005 | 1,886±0,004 | 1,848±0,004 | 1,779±0,004 | 1,717±0,004 |
| T8 | 2,080±0,003 | 1,990±0,006 | 1,926±0,003 | 1,837±0,003 | | | |
| T9 | 1,967±0,005 | 1,852±0,003 | 1,797±0,003 | 1,702±0,003 | | | |
| T10 | 2,001±0,003 | 1,876±0,004 | 1,814±0,005 | 1,792±0,003 | | | |
| T11 | 2,058±0,002 | 1,891±0,003 | 1,843±0,004 | 1,802±0,005 | | | |
| T12 | 2,001±0,003 | 1,879±0,002 | 1,856±0,004 | 1,809±0,006 | | | |

Tabla 20. Comparación utilizando el Método Tukey con una confianza del 95% para el parámetro acidez

| Tratamientos | Agrupación | | | | | | |
|--------------|------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| | Día 1 | Día 3 | Día 5 | Día 7 | Día 9 | Día 11 | Día 13 |
| T1 | F | E | E | E | F | F | D |
| T2 | EF | D | CD | B | C | C | B |
| T3 | C | A | A | A | A | A | A |
| T4 | D | BC | B | B | B | B | A |
| T5 | D | C | E | D | E | G | E |
| T6 | D | B | D | D | D | E | CD |
| T7 | B | AB | C | C | C | D | C |
| T8 | A | A | CD | E | | | |
| T9 | E | H | I | H | | | |
| T10 | D | G | H | G | | | |
| T11 | B | F | G | FG | | | |
| T12 | D | FG | F | F | | | |

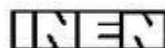
Tabla 21. Variables de respuesta (Medias y Desviación estándar) sobre el índice de madurez.

| Trat | Día 1 | Día 3 | Día 5 | Día 7 | Día 9 | Día 11 | Día 13 |
|------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| T1 | 6,997±0,019 | 7,193±0,017 | 7,670±0,015 | 8,042±0,028 | 8,275±0,011 | 8,538±0,012 | 8,964±0,029 |
| T2 | 7,011±0,011 | 7,133±0,016 | 7,353±0,020 | 7,502±0,014 | 7,879±0,013 | 8,189±0,028 | 8,589±0,027 |
| T3 | 6,531±0,014 | 6,727±0,013 | 6,920±0,014 | 7,070±0,014 | 7,214±0,020 | 7,534±0,017 | 7,862±0,021 |
| T4 | 6,747±0,010 | 6,879±0,010 | 7,120±0,011 | 7,343±0,011 | 7,513±0,009 | 7,725±0,014 | 7,911±0,027 |
| T5 | 6,784±0,017 | 7,123±0,023 | 7,418±0,300 | 7,885±0,008 | 8,231±0,009 | 8,692±0,016 | 9,176±0,034 |
| T6 | 6,795±0,014 | 6,999±0,010 | 7,391±0,015 | 7,770±0,011 | 8,027±0,015 | 8,472±0,016 | 8,972±0,009 |
| T7 | 6,456±0,013 | 6,876±0,006 | 7,208±0,020 | 7,635±0,014 | 7,903±0,018 | 8,363±0,022 | 8,891±0,022 |
| T8 | 6,410±0,012 | 7,011±0,023 | 7,576±0,013 | 8,092±0,013 | | | |
| T9 | 6,887±0,019 | 7,653±0,013 | 8,226±0,013 | 8,891±0,018 | | | |
| T10 | 6,829±0,013 | 7,455±0,016 | 8,067±0,021 | 8,369±0,019 | | | |
| T11 | 6,478±0,006 | 7,349±0,011 | 8,008±0,021 | 8,359±0,023 | | | |
| T12 | 6,763±0,011 | 7,523±0,010 | 7,996±0,015 | 8,365±0,030 | | | |

Tabla 22. Comparación utilizando el Método Tukey con una confianza del 95% para el parámetro índice de madurez

| Tratamientos | Agrupación | | | | | | |
|--------------|------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| | Día 1 | Día 3 | Día 5 | Día 7 | Día 9 | Día 11 | Día 13 |
| T1 | A | E | B | C | A | B | B |
| T2 | A | F | CDE | G | D | E | D |
| T3 | F | I | F | I | F | G | E |
| T4 | E | H | EF | H | E | F | E |
| T5 | DE | F | BCD | D | B | A | A |
| T6 | CD | G | CD | E | C | C | B |
| T7 | G | H | DE | F | D | D | C |
| T8 | H | G | BC | C | | | |
| T9 | B | A | A | A | | | |
| T10 | C | C | A | B | | | |
| T11 | G | D | A | B | | | |
| T12 | DE | B | A | B | | | |

Anexo 5. Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2485:2009. Frutas frescas. Uvilla



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 2 485:2009

FRUTAS FRESCAS. UVILLA. REQUISITOS.

Primera Edición

FRESH FRUIT. CAPE GOOSEBERRY. REQUIREMENTS.

First Edition

DESCRIPTORES: Tecnología de los alimentos, frutas, fruta fresca, uvilla, requisitos.
AL 02.03-469
CDU: 634.10
CIU: 1110
ICS: 67.080.01

**Norma Técnica
Ecuatoriana
Voluntaria**

**FRUTAS FRESCAS.
UVILLA.
REQUISITOS.**

**NTE INEN
2 485:2009
2009-03**

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece los requisitos que debe cumplir la uvilla destinada para consumo en estado fresco acondicionada y/o envasada para su comercialización dentro del territorio ecuatoriano.

2. ALCANCE

2.1 Esta norma se aplica a la uvilla *Physalis peruviana* (L.), de la familia *Solanaceae*.

3. DEFINICIONES

3.1 Para los efectos de esta norma, se adoptan las definiciones contempladas en la NTE INEN 1 751 y las que a continuación se detallan:

3.1.1 *Uvilla Physalis peruviana* (L.), de la familia *Solanaceae*. La fruta es redonda - ovoide, del tamaño de una uva grande, con piel lisa, cerácea, brillante y de color amarillo - dorado - naranja; o verde según la variedad. Su carne es jugosa con semillas amarillas pequeñas y suaves que pueden comerse. Cuando la flor cae el cáliz se expande, formando una especie de capuchón o vejiga muy fina que recubre a la fruta. Cuando la fruta está madura, es dulce con un ligero sabor ácido.



3.1.2 *Capuchón o cáliz acrescente*. Es el conjunto de hojas o sépalos unidas en sus bordes que encierran al fruto y lo protegen de agentes externos

3.1.3 *Fruta fuera de norma*. Es aquella fruta que no cumple con los requisitos establecidos en esta norma.

4. CLASIFICACIÓN

4.1 Independiente del calibre, la clasificación de la uvilla admite tres grados que se definen a continuación:

(Continúa)

DESCRIPTORES: Tecnología de los alimentos, frutas, fruta fresca, uvilla, requisitos.

4.1.1 Grado extra. Las uvillas de este grado deben cumplir los requisitos generales definidos en el numeral 6.1. Su forma y color deben ser característicos de la variedad. No deben tener defectos que demeriten la calidad del fruto. El capuchón debe estar libre de hongos, se acepta manchas superficiales ocasionadas por la humedad y/o hongos hasta un 5 % del área total.

4.1.2 Grado I. Las uvillas de este grado deben cumplir con los requisitos generales definidos en 6.1 y poseer el color y las formas características, se aceptan los siguientes defectos, siempre que éstos no afecten a la pulpa.

- defectos leves de la forma;
- defectos leves en la coloración;
- defectos leves de la piel.

El capuchón debe estar libre de hongos, se acepta manchas superficiales ocasionadas por la humedad y/o hongos hasta un 10 % del área total.

4.1.3 Grado II. Este grado comprende las uvillas que no pueden clasificarse en los grados anteriores, pero satisfacen los requisitos mínimos especificados en 6.1. Podrán permitirse, sin embargo, los siguientes defectos, siempre y cuando las uvillas conserven sus características esenciales en lo que respecta a su calidad, estado de conservación, aspecto general y presentación:

- defectos de la forma;
- defectos de la coloración;
- defectos de la piel;
- pequeñas grietas cicatrizadas que no representen más del 5% de la superficie total del fruto.

En ningún caso los defectos deberán afectar a la pulpa del fruto. El capuchón debe estar libre de hongos, puede presentar manchas superficiales ocasionadas por la humedad y/o hongos hasta un 20 % del área total.

4.2 Calibre. El calibre se determina por el diámetro en mm de la sección ecuatorial de la fruta y la masa expresada en g, la correlación entre calibre, diámetro y masa es la siguiente:

TABLA 1. Calibres de la uvilla

| Calibre | Diámetro ecuatorial, mm (ver 8.1.2) | Masa promedio, g (ver 8.1.3) | |
|---------|--|---------------------------------|--------------|
| | | Con capuchón | sin capuchón |
| Grande | > 22 | > 3,0 | > 2,8 |
| Mediana | 18 – 22 | 3,0 - 2,0 | 2,8 – 1,8 |
| Pequeña | < 18 | < 2,0 | < 1,8 |

4.3 Tolerancias. Se admiten tolerancias de calidad y calibre en cada unidad de empaque para los productos que no cumplan los requisitos del grado indicado.

4.3.1 Tolerancias de calidad

4.3.1.1 Grado extra. Se admite hasta el 5 % en número o en masa de las uvillas con capuchón o sin él, que no correspondan a los requisitos de este grado.

4.3.1.2 Grado I. Se admite hasta el 10 % en número o en masa de las uvillas con capuchón o sin él, que no correspondan a los requisitos de este grado.

(Continúa)

4.3.1.3 Grado II. El 10%, en número o en masa de las uvillas con capuchón o sin él, que no satisfagan los requisitos de este grado, ni los requisitos mínimos, con excepción de los productos afectados por magulladuras graves, descomposición o cualquier otro tipo de deterioro que no sean aptos para el consumo. En este grado podrá aceptarse como máximo un 20%, en número o en masa, de los productos con grietas pequeñas que no abarque una superficie superior al 5%.

4.3.2 Tolerancias de calibre. Para todos los grados se acepta hasta el 10% en número o en masa de frutos, que corresponda al calibre inmediatamente inferior o superior, al señalado en el empaque.

5. DISPOSICIONES GENERALES

5.1 Los frutos destinados a la comercialización, deben cumplir con los grados y calibres considerados anteriormente, deben estar bien formados, pulpa carmosa y de color típico. El producto no debe tener heridas, pudriciones y daños causados por insectos.

5.2 El proveedor debe garantizar que la muestra inspeccionada cumpla con el grado y calibre declarado en el rótulo o etiqueta del envase o embalaje.

6. REQUISITOS

6.1 Requisitos generales

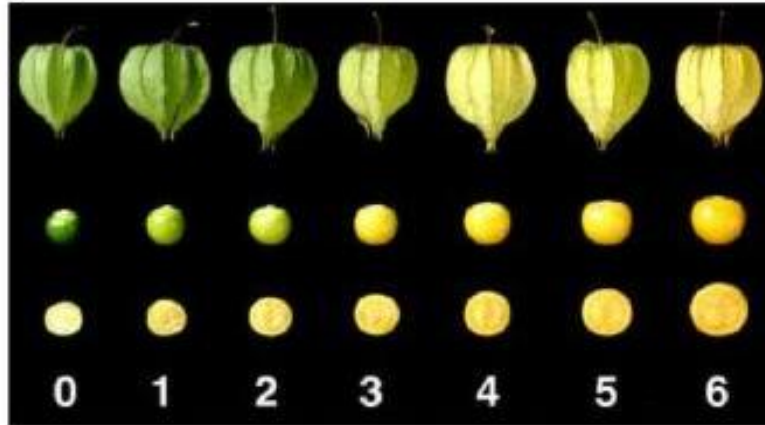
6.1.1 Todos los grados de uvilla deben estar sujetos a los requisitos y tolerancias permitidas en esta norma. Además, deben tener las siguientes características físicas:

- enteras, con o sin capuchón;
- sanas, y exentas de podredumbre o deterioro que hagan que no sean aptas para el consumo;
- limpias y exentas de cualquier materia extraña visible;
- exentas de plagas que afecten al aspecto general del producto;
- exentas de humedad externa anormal, salvo la condensación consiguiente a su remoción de una cámara frigorífica;
- exentas de cualquier olor y/o sabor extraños;
- ser de consistencia firme;
- tener un aspecto fresco;
- tener una piel suave y brillante.
- si el capuchón está presente, el pedúnculo no debe superar los 25 mm de longitud.

6.1.2 La madurez de las uvillas puede evaluarse visualmente según su coloración externa, que varía de verde a naranja a medida que madura el fruto. Su condición puede confirmarse determinando el contenido total de sólidos solubles. La variación en la coloración del capuchón no indica la madurez del fruto.

(Continúa)

6.1.2.1 La escala de color de la uvilla para determinar su madurez es la que se indica a continuación



FUENTE CENICAFE

TABLA 2. Requisitos físico químicos de las uvillas de acuerdo con su estado de madurez

| | Madurez de consumo | | METODO DE ENSAYO |
|------------------------------------|--------------------|------|------------------|
| | Min | Max | |
| Acidez titulable % (ácido cítrico) | - | 2,50 | NTE INEN 381 |
| Sólidos solubles totales, °Brix | 10,0 | | NTE INEN 380 |

6.1.3 Los residuos de plaguicidas no deben exceder los límites máximos establecidos en el Codex Alimentarius

6.2 Requisitos complementarios

6.2.1 Las uvillas deben recolectarse con pedúnculo, cuando alcancen su madurez de consumo.

6.2.2 El desarrollo y condición de las uvillas deben ser tales que les permitan:

- Soportar el transporte y la manipulación, y
- Llegar en estado satisfactorio al lugar de destino.

6.2.3 Para su comercialización se debe tener en cuenta que el fruto no es climatérico.

6.2.4 El producto puede comercializarse con o sin capuchón

6.2.5 Condiciones de almacenamiento

6.2.5.1 Para evitar daños al fruto no debe exponerse al sol.

6.2.5.2 Las áreas de transporte y almacenamiento deben mantenerse frescas y ventiladas

6.2.6 La comercialización de este producto debe sujetarse con lo dispuesto en la Ley 2007-76 del Sistema Ecuatoriano de la Calidad.

(Continúa)

7. INSPECCIÓN

7.1 Muestreo. El muestreo de las uvillas se realizará de acuerdo con la NTE INEN 1 750.

7.2 Aceptación y rechazo. Si la muestra inspeccionada no cumple con uno o más de los requisitos establecidos en esta norma, se considera rechazada. En caso de discrepancia, se repetirán los ensayos sobre la muestra reservada para tal fin. Cualquier resultado no satisfactorio, en este segundo caso, será motivo para considerar el lote como fuera de norma, y se debe rechazar el lote quedando su comercialización sujeta al acuerdo de las partes interesadas.

8. MÉTODO DE ENSAYO

8.1 Determinación del calibre

8.1.1 Diámetro ecuatorial. Medir el diámetro de la sección ecuatorial del fruto con un calibrador y el resultado expresar en milímetros (mm).

8.1.2 Masa. La masa de las uvillas determinar mediante el uso de una balanza con sensibilidad de gramos.

9. EMBALAJE

9.1 El contenido de cada unidad de empaque debe ser homogéneo y estar compuesto únicamente por frutos de la misma variedad, grado, color y calibre. La parte visible del contenido del empaque debe ser representativa del conjunto.

9.2 Los empaques deben estar limpios y compuestos por materiales que no causen alteraciones al producto, así por ejemplo en cajas de madera, cartón corrugado o de otro material adecuado que reúna las condiciones de higiene, limpieza, ventilación y resistencia a la humedad, manipulación y transporte, de modo que garantice una adecuada conservación del producto.

9.3 Las características del embalaje de madera se encuentran establecidas en la NTE INEN 1 735.

10. ROTULADO

10.1 Los envases deben llevar etiquetas o impresiones con caracteres legibles e indelebles redactados en español (sin perjuicio de que además se expresen en otro idioma) y colocadas en tal forma que no desaparezcan bajo condiciones normales de almacenamiento y transporte, debiendo contener la información mínima siguiente:

- a) Identificación del productor, empacador y/o distribuidor (marca comercial, nombre, dirección o código).
- b) Nombre del producto: UVILLA .
- c) País de origen y región productora.
- d) Características comerciales: grado, calibre, contenido neto expresado en unidades del Sistema Internacional.
- e) Fecha de empaque.
- f) Impresión con la simbología que indique el manejo adecuado del producto, ver NTE INEN 2 058.

10.2 Si se usan impresiones litográficas, éstas no deben estar en contacto con el producto.

(Continúa)

**NORMA TÉCNICA
COLOMBIANA**

**NTC
4580**

1999-02-17

**FRUTAS FRESCAS.
UCHUVA. ESPECIFICACIONES**



E: FRESH FRUITS. CAPE GOOSEBERRY. SPECIFICATIONS

CORRESPONDENCIA:

DESCRIPTORES: uchuva, frutas, producto vegetal.

Anexo 7. Fotografías de la investigación



Figura 31. Selección de materia prima



Figura 32. Lavado y desinfección de la uvilla



Figura 33. Preparación de concentraciones de aceite esencial de moringa



Figura 34. Uvilla mínimamente procesada



Figura 35. Análisis de Humedad



Figura 36. Preparación de cámara de flujo laminar



Figura 37. Análisis microbiológico de aerobios totales, mohos y levaduras

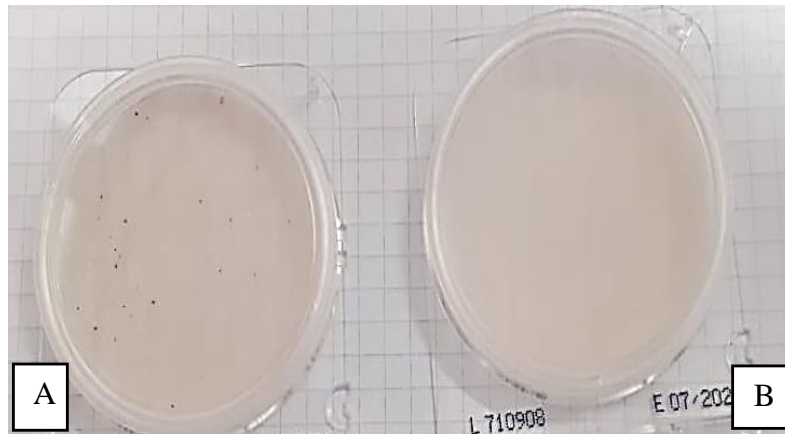


Figura 38. Efecto antimicrobiano del aceite esencial de moringa, (A) uvilla a 4°C – 0 ml de aceite, (B) uvilla a 4°C – 2.1 ml de aceite.



Figura 39. Evaluación sensorial