UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE, POLIFENOLES TOTALES Y FLAVONOIDES DEL VINAGRE ELABORADO DE LA MEZCLA DE RESIDUOS DE NONI (*Morinda Citrofolia* L.) Y EXUDADO DE CACAO (*Theobroma Cacao* L.)

Tesis para optar el Título Profesional de

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

JUAN PEDRO GARCÍA BENAVIDES

PUCALLPA – PERÚ

2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

ANEXO 4

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN O TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos para estudiar y escuchar la sustentación de la tesis, presentado por **Juan Pedro García Benavides,** denominada: **"Evaluación del contenido de la capacidad antioxidante, polifenoles totales y flavonoides del vinagre elaborado de la mezcla de residuos de noni *(Morinda citrifolia L.)* y exudado de cacao *(Theobroma cacao L.)*"**. para cumplir con el requisito de **TÍTULO PROFESIONAL**.

Teniendo en consideración los méritos del *referido trabajo, así como* los conocimientos demostrados por el sustentante lo declaramos: ..... APROBADO ..... con el calificativo (*) ..UNANIMIDAD (17)...

En consecuencia, queda en condición de ser considerado Apto por el Consejo Universitario y recibir el: Título de **INGENIERO AGROINDUSTRIAL**, de conformidad con lo estipulado en Art. 10 del reglamento general de grados académicos, título profesional y título de segunda especialidad profesional de la Universidad Nacional de Ucayali.

Pucallpa, ... 15 ..... de ..... ABRIL ..... de 2025.

Dr. Milton Miguel Pirro Lozano
Presidente

Dr. Alex Rengifo Zumaeta
Secretario

M.Sc. Carlos Ruiz Padilla
Miembro

Dr. Edgar Vicente Santa Cruz
Asesor

(*) De acuerdo con el Art. 21 del Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Ucayali, éstas deberán ser calificadas con términos de Sobresaliente, Aprobado por Unanimidad, Aprobado por Mayoría y Desaprobado.

Esta tesis fue aprobada por el Jurado Evaluador de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Ucayali, como requisito para optar el Título de Ingeniero Agroindustrial.

Dr. Milton Miguel Pirro Lozano ..... PRESIDENTE

Dr. Alex Rengifo Zumaeta ..... SECRETARIO

M.Sc. Carlos Ruiz Padilla ..... MIEMBRO

Dr. Edgar Vicente Santa Cruz ..... ASESOR

Bach. Juan Pedro García Benavides ..... TESISTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Nº **V/0546-2024**.

La Dirección de Producción Intelectual de la Universidad Nacional de Ucayali, hace constar por la presente, que el trabajo académico de investigación, titulado:

"**EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE CAPACIDAD ANTIOXIDANTE, POLIFENOLES TOTALES Y FLAVONOIDES DEL VINAGRE ELABORADO DE LA MEZCLA DE RESIDUOS DE NONI (Morinda Citrofolia L.) Y EXUDADO DE CACAO (Theobroma Cacao L.)**"

Autor(es)	:	**GARCÍA BENAVIDES, JUAN PEDRO**
Facultad	:	**CIENCIAS AGROPECUARIAS**
Escuela	:	**ING. AGROINDUSTRIAL**
Asesor(a)	:	**DR. VICENTE SANTA CRUZ EDGAR**

Presenta un **porcentaje de similitud de 4%,** verificado en el Sistema Antiplagio COMPILATIO,

De acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el articulo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO, el cual indica que todo trabajo de investigación no debe superar el 10%. **En tal sentido, se declara, que el presente trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud,** procediéndose a emitir la presente Constancia de Originalidad de Trabajo de Investigación (COTI) a solicitud del asesor.

En señal de conformidad se firma y sella el presente documento.

Fecha: 14/10/2024

Mg. JOSÉ MANUEL CÁRDENAS BERNAOLA
Director de Producción Intelectual

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali

Yo, JUAN PEDRO GARCÍA BENAVIDES

Autor de la tesis titulada : EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE, POLIFENOLES TOTALES Y FLAVONOIDES DEL VINAGRE ELABORADO DE LA MEZCLA DE RESIDUOS DE NONI (MORINDA CITRIFOLIA L.) Y EXUDADO DE CACAO (THEOBROMA CACAO L.)

Sustentada el año: 2025

Asesor(a): DR. EDGAR VICENTE SANTA CRUZ

Facultad: CIENCIAS AGROPECUARIAS

Escuela Profesional: INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

Autorizo la publicación:

PARCIAL [ ] TOTAL [X]

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 05/05/25

Email: juanpe.gb.94@gmail.com Firma: [signature]

Teléfono: 993411189 DNI: 72681584

DEDICATORIA

Con profundo orgullo y gratitud, dedico este trabajo a mi familia, en especial a mis padres, el señor Antonio García Tuesta y la señora Dalia Ibet Benavides Panduro, y a mi hermano Bill Brian García Benavides quienes han sido los pilares de mi vida, brindándome su apoyo incondicional para superarme como, estudiante e hijo.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de Ucayali, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial por brindarme las herramientas y la valiosa oportunidad de formarme profesionalmente.

A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial que, con sus conocimiento, experiencia, dedicación y compromiso, fueron parte fundamental de mi aprendizaje a lo largo de mi etapa universitaria. A cada uno de ellos, les debo parte de mi crecimiento personal y profesional.

Al Dr. Edgar Vicente Santa Cruz, por su asesoramiento, constancia y paciencia a lo largo del proceso de elaboración de este trabajo de investigación.

A mi familia, por su apoyo incondicional a pesar los altibajos, y por haber depositado en mí la confianza para avanzar esta etapa de mi vida. Su aliento y confianza fueron esenciales para alcanzar este logro.

INDICE GENERAL

CARÁTULA i

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN O TESIS ii

ACTA DE APROBACION DE TESIS iii

CONSTACIA ANTIPLAGIO iv

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS v

DEDICATORIA vi

AGRADECIMIENTO vii

INDICE GENERAL viii

RESUMEN xiii

ABSTRACT xiv

INDICE DE TABLAS xv

INDICE DE FIGURAS xviii

INTRODUCCIÓN xx

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA. 1

1.1. Descripción y fundamentación del problema. 1

1.2. Formulación del problema general y específicos. 3

1.2.1. Problema general 3

1.2.2. Problemas específicos 3

1.3. Objetivo general y objetivos específicos. 3

1.3.1. Objetivo general 3

1.3.2. Objetivos específicos 3

1.4. Hipótesis y/o sistema de hipótesis..... 4

1.5. Operacionalización de las variables. 5

1.6. Justificación e importancia..... 7

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO 9

2.1. Antecedentes de la investigación 9

2.1.1. Antecedentes internacionales 9

2.1.2. Antecedentes nacionales 12

2.1.3. Antecedentes locales 14

2.2. Bases teóricas 15

2.2.1. Generalidades del cacao.....15

2.2.2. Generalidades de noni 18

2.2.3. Fermentación alcohólica 21

2.2.4. Fermentación acética 23

2.2.5. Sustancias bioactivas.....24

2.2.6. Espectrofotometría UV-visible.....27

CAPITULO III

METODOLOGÍA 29

3.1. Tipo de investigación 29

3.2. Nivel de investigación 29

3.3. Población y muestra 29

3.4. Tratamientos en estudio 30

3.5. Diseño experimental 30

3.5.1. Método de Tukey 31

3.6. Ubicación y duración del estudio 32

3.7. Proceso experimental 33

3.7.1. Materiales y reactivos 33

3.7.2. Proceso de elaboración de vinagre 34

3.7.3. Descripción de operaciones 36

3.8. Técnicas de muestreo 39

3.9. Determinación de análisis 39

3.9.1. Determinación de análisis fisicoquímicos 39

3.9.2. Determinación de capacidad antioxidante 43

3.9.3. Determinación de polifenoles totales 43

3.9.4. Determinación de flavonoides 44

3.10. Variables evaluadas 45

3.10.1. Variable independiente.....45

3.10.2. Variable dependientes.....45

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN 46

4.1. Características fisicoquímicas 46

4.1.1. Análisis colorimétrico.....46

4.1.2. Acidez total expresado en ácido acético.....53

4.1.3. Densidad 55

4.1.4. Grado alcohólico.....57

4.1.5. pH 59

4.1.6. °Brix del mosto alcohólico 61

4.1.7. °Brix del vinagre 62

4.2. Sustancias bioactivas 63

4.2.1. Capacidad antioxidante.....63

4.2.2. Contenido de polifenoles totales del vinagre 67

4.2.3. Contenido de flavonoides totales en el vinagre 69

CAPITULO V

CONCLUSIONES 72

CAPITULO VI

RECOMENDACIONES..... 73

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 74

ANEXOS. 89

RESUMEN

La investigación titulada “Evaluación del contenido de la capacidad antioxidante, polifenoles totales y flavonoides del vinagre elaborado de la mezcla de residuos de noni (*Morinda citrifolia* L.) y exudado de cacao (*Theobroma cacao* L.)” tuvo como objetivo evaluar capacidad antioxidante del vinagre elaborado con diferentes concentraciones de zumo de noni (30%, 50% y 70%) y las características fisicoquímicas. El tratamiento T2 (30% de zumo de noni) destacó en varios parámetros. Presentó la mayor concentración de polifenoles totales (0,30314 mg GAE/mL) y flavonoides (0,023 mg CA/mL), junto con una capacidad antioxidante comparable a T1 y T3 (19,5807 µmol ET/mL). En cuanto al color, T2 mostró la mayor luminosidad (L* = 89,24) y una tendencia casi neutra en el eje verde-rojo (a* = 0,05310), mientras que T3 tuvo la mayor tendencia hacia el amarillo (b* = 31,26). La acidez total fue consistente entre tratamientos, con valores cercanos a 4% de ácido acético, y las densidades variaron mínimamente (alrededor de 1,0055 g/cm^3). El grado alcohólico fue mayor en T2 (0,8600 °GL), reflejando una fermentación más activa. El pH se mantuvo estable (3,536 en T2) y los sólidos solubles disminuyeron tras la fermentación, registrándose en el vinagre entre 1,4 y 1,6 °Brix. En conclusión, el tratamiento T2 demostró ser el más destacado por su perfil antioxidante, contenido de compuestos bioactivos, características fisicoquímicas estables y un color equilibrado, cumpliendo con los estándares técnicos de calidad para vinagres funcionales.

Palabras clave: *Theobroma cacao* L., *Morinda citrifolia* L., capacidad antioxidante, polifenoles, flavonoides.

ABSTRACT

The research titled "Evaluation of the Antioxidant Capacity, Total Polyphenol, and Flavonoid Content of Vinegar Made from a Mixture of Noni (*Morinda citrifolia* L.) Residues and Cacao (*Theobroma cacao* L.) Exudate" aimed to evaluate the antioxidant capacity and physicochemical characteristics of vinegar made with different concentrations of noni juice (30%, 50%, and 70%). Treatment T2 (30% noni juice) stood out in several parameters. It presented the highest concentration of total polyphenols (0.30314 mg GAE/mL) and flavonoids (0.023 mg CE/mL), along with an antioxidant capacity comparable to T1 and T3 (19.5807 µmol TE/mL). Regarding color, T2 showed the highest luminosity (L* = 89.24) and a nearly neutral trend in the green-red axis (a* = 0.05310), while T3 showed the strongest tendency towards yellow (b* = 31.26). Total acidity was consistent among treatments, with values close to 4% acetic acid, and densities varied minimally (around 1.0055 g/cm³). The alcohol content was highest in T2 (0.8600 °GL), reflecting a more active fermentation. The pH remained stable (3.536 in T2), and soluble solids decreased after fermentation, with vinegar values ranging between 1.4 and 1.6 °Brix. In conclusion, treatment T2 proved to be the most outstanding due to its antioxidant profile, bioactive compound content, stable physicochemical characteristics, and balanced color, meeting the technical quality standards for functional vinegars.

Keywords: *Theobroma cacao* L., *Morinda citrifolia* L., antioxidant capacity, polyphenols, flavonoids.

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de las variables de estudio. 5

Tabla 2. Componentes químicos del mucilago de cacao 18

Tabla 3. Composición de macro y micronutrientes por dosis de 30ml 20

Tabla 4. Tratamientos experimentales.....30

Tabla 5. Cuadro ANVA para DCA.....31

Tabla 6. Evaluación colorimétrica del vinagre según la luminosidad L* del sistema CIE Lab.....47

Tabla 7. Evaluación colorimétrica del vinagre según la luminosidad a* del sistema CIE Lab.....49

Tabla 8. Evaluación colorimétrica del vinagre según la luminosidad b* del sistema CIE Lab.....51

Tabla 9. Evaluación de la acidez total expresado en ácido acético 54

Tabla 10. Evaluación de la densidad final del vinagre 56

Tabla 11. Evaluación del grado alcohólico final del vinagre.....58

Tabla 12. Evaluación del pH del vinagre 60

Tabla 13. Evaluación del °Brix del mosto alcohólico. 61

Tabla 14. Evaluación del °Brix del vinagre. 62

Tabla 15. Evaluación de la capacidad antioxidante del vinagre.....64

Tabla 16. Evaluación del porcentaje de inhibición del vinagre.....66

Tabla 17. Evaluación de los polifenoles totales del vinagre 68

Tabla 18. Evaluación de los flavonoides totales del vinagre 70

Tabla 19. Análisis ANVA de la colorimetría CIE Lab L* del vinagre elaborado de la mezcla de residuos de noni (Morinda citrifolia L.) y exudado de cacao (Theobroma cacao L.).....90

Tabla 20. Análisis ANVA de la colorimetría CIE Lab a* del vinagre elaborado de la mezcla de residuos de noni (Morinda citrifolia L.) y exudado de cacao (Theobroma cacao L.). 90

Tabla 21. Análisis ANVA de la colorimetría CIE Lab b* del vinagre elaborado de la mezcla de residuos de noni (Morinda citrifolia L.) y exudado de cacao (Theobroma cacao L.). 91

Tabla 22. Análisis ANVA de la acidez total expresado en ácido acético del vinagre elaborado de la mezcla de residuos de noni (Morinda citrifolia L.) y exudado de cacao (Theobroma cacao L.).....91

Tabla 23. Análisis ANVA de la densidad final del vinagre elaborado de la mezcla de residuos de noni (Morinda citrifolia L.) y exudado de cacao (Theobroma cacao L.). 92

Tabla 24. Análisis ANVA del grado alcohólico final vinagre elaborado de la mezcla de residuos de noni (Morinda citrifolia L.) y exudado de cacao (Theobroma cacao L.). 92

Tabla 25. Análisis ANVA de pH del vinagre elaborado de la mezcla de residuos de noni (Morinda citrifolia L.) y exudado de cacao (Theobroma cacao L.). 93

Tabla 26. Análisis ANVA del °Brix del mosto alcohólico de exudado de cacao (Theobroma cacao L.).....93

Tabla 27. Análisis ANVA del °Brix del vinagre elaborado de la mezcla de residuos de noni (Morinda citrifolia L.) y exudado de cacao (Theobroma cacao L.). 94

Tabla 28. Análisis ANVA de la capacidad antioxidante del vinagre elaborado de la mezcla de residuos de noni (Morinda citrifolia L.) y exudado de cacao (Theobroma cacao L.). 94

Tabla 29. Análisis ANVA del porcentaje de inhibición de la capacidad antioxidante del vinagre elaborado de la mezcla de residuos de noni (Morinda citrifolia L.) y exudado de cacao (Theobroma cacao L.). 95

Tabla 30. Análisis ANVA del contenido de polifenoles totales del vinagre elaborado de la mezcla de residuos de noni (Morinda citrifolia L.) y exudado de cacao (Theobroma cacao L.). 95

Tabla 31. Análisis ANVA del contenido de flavonoides totales del vinagre elaborado de la mezcla de residuos de noni (Morinda citrifolia L.) y exudado de cacao (Theobroma cacao L.). 96

Tabla 32. Evolución del porcentaje de acidez durante la fermentación acética……. 97

Tabla 33. Variación del °Brix, pH y densidad durante la fermentación alcohólica…. 98

Tabla 34. Preparacion de la curva estandar de polifenoles. 99

Tabla 35. Preparación para la determinación de polifenoles del vinagre.....99

Tabla 36. Preparación de la curva estándar para flavonoides 100

Tabla 37. Preparación para la determinación de flavonoides del vinagre.....101

Tabla 38. Preparación para la determinación de capacidad antioxidante.....102

Tabla 39. Matriz de consistencia 103

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujo para la elaboración de vinagre de exudado de cacao y zumo de noni. 35

Figura 2. Curva de calibración con Ácido Gálico para polifenoles. 105

Figura 3. Curva de calibración con Catequina para flavonoides. 105

Figura 4. Variación de la evaluación colorimétrica del vinagre según la luminosidad L* del sistema CIE Lab 106

Figura 5. Variación de la evaluación colorimétrica del vinagre según la luminosidad a* del sistema CIE Lab 106

Figura 6. Variación de la evaluación colorimétrica del vinagre según luminosidad b* del sistema CIE Lab 107

Figura 7. Variación de la acidez total expresado en ácido acético 107

Figura 8. Variación de la densidad acética del vinagre 108

Figura 9. Variación del grado alcohólico final del vinagre 108

Figura 10. Variación pH del vinagre 109

Figura 11. Variación del °Brix del mosto alcohólico. 109

Figura 12. Variación del °Brix del vinagre. 110

Figura 13. Variación de la capacidad antioxidante del vinagre elaborado de la mezcla de residuos de noni y exudado de cacao 110

Figura 14. Variación del porcentaje de inhibición del vinagre 111

Figura 15. Variación de los polifenoles totales del vinagre 111

Figura 16. Variación de los flavonoides totales del vinagre 112

Figura 17. Tratamiento térmico al exudado de cacao 112

Figura 18. Medición de grados brix inicial del exudado de cacao 113

Figura 19. Medición de la densidad inicial del exudado de cacao.....113

Figura 20. Análisis de índice de acidez acética.....114

Figura 21. Destilación de alcohol del mosto alcohólico por arrastre de vapor..114

Figura 22. Control de la temperatura durante la destilación.....115

Figura 23. Medición del porcentaje de alcohol del mosto alcohólico 115

Figura 24. Fermentación acética.....116

Figura 25. Dilución con diferentes concentraciones de zumo de noni y filtrado116

Figura 26. Tratamiento térmico y filtrado del vinagre de exudado de cacao con diferentes concentraciones de zumo de noni.....117

Figura 27. Vinagre embotellado.....117

Figura 28. Filtración de vinagre para análisis de capacidad antioxidante, polifenoles y flavonoides totales.....118

Figura 29. Preparación de reactivos para análisis de sustancias bioactivas. ...118

INTRODUCCIÓN

La inadecuada gestión de residuos agroindustriales, como los derivados de frutas, provoca la pérdida de recursos valiosos y compuestos bioactivos beneficiosos para la salud, además de generar impactos ambientales negativos. En Ucayali, diversas iniciativas como el compostaje, la alimentación animal y el desarrollo de alimentos procesados buscan reducir el desperdicio y añadir valor a estos subproductos. El cacao (*Theobroma cacao* L.) y sus subproductos contienen polifenoles, flavonoides, metilxantinas y otros compuestos bioactivos con beneficios para la salud (Febrianto et al., 2021; Llerena et al., 2023). Residuos como el mucílago y las cáscaras de los granos, a menudo desechados en el procesamiento, siendo fuentes ricas en estos compuestos bioactivos (Alves et al., 2017; Llerena et al., 2023).

El noni (*Morinda citrifolia* L.) es rico en compuestos bioactivos que ofrecen beneficios para la salud. Investigaciones han identificado antraquinonas, quitosano, fenoles y flavonoides con propiedades anticancerígenas (Kujariningrum et al., 2023). Además, su actividad antioxidante aumenta a medida que el fruto madura (Farias et al., 2020). En este contexto, el presente estudio se enfoca en el aprovechamiento de residuos de noni (*Morinda citrifolia* L.) y exudado de cacao (*Theobroma cacao* L.) para la elaboración de vinagre, contribuyendo así a la sostenibilidad y valorización de productos agrícolas locales. El desarrollo del trabajo se detalla a lo largo de seis capítulos: en el Capítulo 1 se presenta el planteamiento del problema, los objetivos y la justificación; el Capítulo 2 comprende el marco teórico, abordando los antecedentes y bases científicas relevantes; en el Capítulo 3

se describe la metodología empleada para la obtención y análisis del vinagre; el Capítulo 4 expone los resultados y su discusión, analizando la capacidad antioxidante, los compuestos fenólicos, flavonoides y las características fisicoquímicas del producto; el Capítulo 5 reúne las conclusiones extraídas del estudio, y el Capítulo 6 plantea recomendaciones para futuras investigaciones y aplicaciones prácticas. Finalmente, se incluyen anexos que complementan la información experimental y documental obtenida durante el desarrollo de la investigación.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

1.1. Descripción y fundamentación del problema.

El desaprovechamiento de residuos agroindustriales, como los provenientes de frutas, implica no solo la pérdida de recursos valiosos, sino también de compuestos bioactivos con potenciales beneficios para la salud humana. Además, genera el desperdicio de oportunidades económicas y contribuye a impactos negativos sobre el medio ambiente (Martínez et al., 2019; FAO, 2013). Frente a esta problemática, resulta fundamental impulsar estrategias que promuevan el uso eficiente y sostenible de estos residuos, de manera que se maximicen sus aportes positivos y se reduzcan los efectos perjudiciales asociados a su desecho (López-Gómez et al., 2020).

En la región de Ucayali, el aprovechamiento de residuos de frutas ofrece múltiples alternativas, entre las que destacan el compostaje, la elaboración de alimentos para consumo animal y el desarrollo de productos procesados de valor agregado, que contribuyen a reducir el desperdicio y a dinamizar las economías locales (Sagar et al., 2018). Considerando el enfoque de sostenibilidad y valorización de subproductos agrícolas, en el presente trabajo se plantea la utilización del residuo de noni (*Morinda citrifolia* L.) y del exudado de cacao (*Theobroma cacao* L.) como materias primas para la elaboración de vinagre. Esta propuesta busca no solo generar un producto innovador con propiedades funcionales, sino también contribuir a la mitigación del impacto ambiental asociado

a la disposición inadecuada de residuos agroindustriales. El aprovechamiento de estos subproductos representa una estrategia efectiva para fomentar la economía circular en el sector agrícola, promoviendo el uso integral de los cultivos y reduciendo la generación de desechos (Mirabella et al., 2014).

Diversos estudios han evidenciado el potencial de los residuos agroindustriales como recursos para la obtención de productos de valor agregado, como el vinagre. Según García et al. (2015), los residuos de frutas y otros productos vegetales, como el noni, tienen propiedades bioactivas destacadas, entre ellas antioxidantes y antiinflamatorias, que los hacen adecuados para aplicaciones en la industria alimentaria. Por otro lado, el exudado de cacao, rico en compuestos fenólicos y flavonoides, ha sido identificado como un ingrediente funcional con efectos beneficiosos para la salud cardiovascular (Pereira et al., 2013). Estos antecedentes subrayan la relevancia de la valorización de estos residuos como materias primas para la elaboración de productos alimenticios funcionales.

El noni es reconocido por su alto contenido de compuestos bioactivos como flavonoides, iridoides y antioxidantes naturales, los cuales le confieren propiedades beneficiosas para la salud (Wang et al., 2002). Por su parte, el exudado de cacao, rico en azúcares, ácidos orgánicos y micronutrientes, ofrece un medio favorable para procesos fermentativos, además de ser un recurso valioso que tradicionalmente ha sido subutilizado (Pereira et al., 2013). La combinación de ambos materiales no solo potencia el perfil funcional del vinagre resultante, sino que también fortalece la cadena agroindustrial regional al diversificar los productos

derivados del cacao y el noni.

1.2. Formulación del problema general y específicos.

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el contenido de sustancias bioactivas, capacidad antioxidante, polifenoles totales y flavonoides del vinagre elaborado de la mezcla de residuo de noni (*Morinda citrifolia* L.) y exudado de cacao (*Theobroma cacao* L.)?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Qué valores se obtienen en las características fisicoquímicas del vinagre?
- ¿Qué valores se obtienen en la capacidad antioxidante, compuestos fenólicos y flavonoides del vinagre, para evaluar su potencial como fuente de compuestos bioactivos?

1.3. Objetivo general y objetivos específicos.

1.3.1. Objetivo general

Evaluar el contenido de capacidad antioxidante, polifenoles totales y flavonoides del vinagre elaborado de la mezcla de residuos de noni (*Morinda citrifolia* L.) y exudado de cacao (*Theobroma cacao* L.).

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar las características fisicoquímicas del vinagre.

- Determinar la capacidad antioxidante, compuestos fenólicos y flavonoides del vinagre, para evaluar su potencial como fuente de compuestos bioactivos.

1.4. Hipótesis y/o sistema de hipótesis.

La evaluación del contenido de capacidad antioxidante, polifenoles totales y flavonoides del vinagre elaborado a partir de la mezcla de residuos de noni (*Morinda citrifolia* L.) y exudado de cacao (*Theobroma cacao* L.) no presenta diferencias significativas.

1.5. Operacionalización de las variables.

Tabla 1.

Operacionalización de las variables de estudio.

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Técnica o Instrumento	Unidad de Medida
Capacidad antioxidante	Habilidad de los compuestos presentes en el vinagre para neutralizar radicales libres.	Determinación del porcentaje de inhibición del radical DPPH, medido a 517 nm.	Ensayo DPPH; espectrofotometría UV-Vis.	umol TA/mL % de inhibición
Contenido de polifenoles totales	Concentración de compuestos fenólicos totales en el vinagre.	Determinación mediante el reactivo de Folin-Ciocalteu, medido a 765 nm.	Método Folin-Ciocalteu; espectrofotometría UV-Vis.	mg GAE/mL
Contenido de flavonoides totales	Cantidad de flavonoides, subgrupo de polifenoles antioxidantes.	Determinación colorimétrica usando catequina como estándar, medido a 510 nm.	Método colorimétrico; espectrofotometría UV-Vis.	mg CA/mL
Grados Brix	Contenido de azúcares solubles en una solución.	Medición directa de sólidos solubles mediante refractometría.	Refractómetro digital.	°Brix
Densidad	Relación entre la masa y el volumen del vinagre.	Determinación mediante medición directa con densímetro a	Densímetro	g/cm^3

		temperatura controlada.		
pH	Concentración de iones hidrógeno en el vinagre, indicador de acidez.	Medición directa utilizando un potenciómetro calibrado.	pH-metro (potenciómetro).	pH
Grado alcohólico	Cantidad de alcohol etílico presente en el vinagre.	Cálculo a partir de la densidad inicial y final de la fermentación.	Alcoholimetro; fórmula de conversión.	°GL
Acidez total	Concentración de ácidos orgánicos presentes, expresada como ácido acético.	Valoración volumétrica con hidróxido de sodio (NaOH) y fenolftaleína como indicador.	Método de titulación ácido-base.	% de ácido acético
Color	Propiedad visual del vinagre basada en los valores de luminosidad, tono y saturación.	Medición de parámetros de color (L*, a*, b*) mediante espectrofotometría.	Espectrofotómetro colorímetro CIELAB. Iluminante D65 y observador estándar de 10°.	Valores L*, a*, b*

1.6. Justificación e importancia.

El uso de los residuos agroindustriales como materia prima para la producción de subproductos permite reducir la cantidad de residuos generados y minimizar el impacto ambiental que estos pueden causar; de igual manera se aprovechan los componentes bioactivos y otros nutrientes que pueden ser aprovechados para la elaboración de subproductos, generando un valor agregado y beneficios económicos para la industria (Mirabella, Castellani, & Sala, 2014).

En la Región de Ucayali existen una gran cantidad de frutas y verduras que son desperdiciadas. Estos mismos tienen un gran acceso y aceptabilidad en el mercado, porque sus características sensoriales y su costo accesible. Pero a pesar de lo accesible que puedan ser, al mismo tiempo existe un porcentaje de estas frutas que se desperdician, esto representa una pérdida económica y ambiental, ya que los recursos utilizados en la producción y transporte de estos alimentos se desperdician. Dentro de los frutos que se pretende aprovechar está: el noni (*Morinda Citrofolia* L.) ya que contiene un gran número de fitonutrientes además de otras sustancias que hacen que sea un poderoso antioxidante. En la región Ucayali aún son desaprovechados a pesar de conocer sus beneficios en la salud. Asimismo, estudios recientes demuestran que el Acetobacter sp. le otorga un sabor y aroma agradable al zumo de noni fermentado (Zhang et al., 2023). De igual manera se busca aprovechar también el exudado de cacao (*Theobroma cacao* L.) por que se han desarrollado productos tales como bebidas, vinos, gelatinas, jaleas, mermeladas, y también debido a que posee un alto valor nutricional y funcional. Además de tener compuestos antioxidantes en su composición (Pizano Galvez &

Lugo Cervantes, 2022).

En este trabajo de investigación se elabora vinagre a partir de diferentes mezclas de residuos de noni (*Morinda citrifolia* L.) y exudado de cacao (*Theobroma cacao* L.), buscando aprovechar los beneficios funcionales que estos puedan aportar y contribuir a la promoción de una alimentación saludable y equilibrada, fomentando a su vez la diversificación de la oferta alimentaria. La parte práctica comprende la obtención de las materias primas, el diseño de mezclas específicas y la aplicación de un proceso de fermentación acética controlada para la elaboración del vinagre. Posteriormente, se realiza el análisis fisicoquímico del producto obtenido, así como la evaluación de su capacidad antioxidante, contenido de polifenoles totales y flavonoides, siguiendo metodologías estandarizadas y validadas para este tipo de estudios.

La importancia de este trabajo radica no solo en el aprovechamiento sostenible de residuos agroindustriales mediante su transformación en un producto de valor agregado, sino también en la generación de información científica relevante que puede apoyar futuras iniciativas de innovación alimentaria, fortalecer las cadenas productivas locales y promover el desarrollo de alimentos funcionales orientados al bienestar del consumidor.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Martínez-Sánchez et al. (2023) llevaron a cabo un estudio sobre la caracterización fisicoquímica, así como la evaluación de la actividad antioxidante y antimicrobiana en vinagres de vino, manzana y alcohol con alto contenido de ácido acético (>8%). Utilizaron el ensayo Folin-Ciocalteu para medir el contenido de polifenoles y el ensayo DPPH* para evaluar la actividad antioxidante. Los parámetros fisicoquímicos de los vinagres analizados fueron: pH de 3.0 para vino tinto y vino blanco, 3.2 para vinagre de manzana, y 2.8 para vinagre de alcohol; acidez titulable de 10.1% para vino tinto, 9.7% para vino blanco, 8.4% para vinagre de manzana, y 19.4% para vinagre de alcohol; y grados Brix de 8.8% para vino tinto, 7.8% para vino blanco, 10.1% para vinagre de manzana, y 10.0% para vinagre de alcohol. En términos de polifenoles totales (mg AG/mL), los valores fueron: 0.9 ± 0.1 para vino tinto, 0.1 ± 0.1 para vino blanco, 0.5 ± 0.1 para vinagre de manzana, y 0.0 ± 0.0 para vinagre de alcohol. Para la actividad antioxidante (µmoles Trolox/mL), se encontraron valores de: 2.8 ± 0.1 para vino tinto, 0.4 ± 0.1 para vino blanco, 1.2 ± 0.1 para vinagre de manzana, y 0.0 ± 0.0 para vinagre de alcohol. El estudio destaca la importancia del tipo de vinagre en las características analizadas, señalando que los vinagres de vino tinto, vino blanco y manzana mostraron mayores capacidades antioxidantes, correlacionadas con su alto contenido de polifenoles totales. Finalmente, el estudio resalta la notable funcionalidad tecnológica de estos vinagres

en términos de propiedades antioxidantes y antimicrobianas, subrayando su potencial en el desarrollo de nuevos formatos de vinagre.

Vera-Loor et al. (2020) profundizaron en explorar las bases teóricas para la producción de vinagre de vino utilizando mucílago y exudado de cacao criollo (*Theobroma cacao* L.), con el objetivo de aprovechar el mucílago desechado en las cáscaras de cacao, que constituyen aproximadamente el 24% de los residuos totales. En su estudio, se detalla que, para la fermentación alcohólica, inducida por *Saccharomyces cerevisiae*, el pH óptimo de crecimiento de esta levadura está en el rango de 4.5 a 5, y la temperatura óptima es de 30°C, que se mantiene constante en soluciones nutritivas. Durante la fermentación acética, el etanol se oxida a ácido acético mediante el género *Acetobacter*. Además, el estudio destaca la potencial viabilidad económica de implementar estos procesos fermentativos, que permitirían aprovechar el mucílago y el exudado de cacao, así como otros productos agrícolas.

(Pérez López, 2020) llevo a cabo un estudio sobre los Cambios en la composición fitoquímica y capacidad antioxidante durante la maduración poscosecha de fruto de noni (*Morinda citrifolia* L.) en cual indica que durante su maduración poscosecha reveló un aumento en los compuestos fenólicos totales a medida que el fruto alcanzaba mayor madurez. En los extractos hidrofílicos, el contenido de estos compuestos incrementó progresivamente, registrando 130.60 ± 12.75 mg EAG/100 g en la etapa 3, 222.30 ± 21.69 mg EAG/100 g en la etapa 4 y 308.32 ± 29.10 mg EAG/100 g en la etapa 5. Por otro lado, en los extractos metanólicos, el contenido más alto se observó en la etapa 4 con 92.24 ± 7.34 mg

EAG/100 g, mientras que los valores en la etapa 5 fueron ligeramente menores (88.11 ± 8.47 mg EAG/100 g), y la etapa 3 presentó el valor más bajo (66.14 ± 5.86 mg EAG/100 g). Estos resultados coinciden con investigaciones previas, como la de Chan-Blanco et al. (2007), quienes reportaron valores de 414 ± 40 mg EAG/1000 g en la etapa 4 y 511 ± 13 mg EAG/1000 g en la etapa 5 para extractos etanólicos, así como el estudio de Lewis et al. (2014), que documentó contenidos similares en extractos acuosos. El comportamiento de los flavonoides totales también siguió una tendencia similar. En los extractos hidrofílicos, se encontraron concentraciones de 0.6139 ± 0.03 mg EQ/g en la etapa 3, 0.5084 ± 0.02 mg EQ/g en la etapa 4 y 0.5168 ± 0.01 mg EQ/g en la etapa 5. En los extractos metanólicos, los valores aumentaron de 0.6816 ± 0.06 mg EQ/g en la etapa 3 a 1.0952 ± 0.07 mg EQ/g en la etapa 5, lo que refleja un incremento en el contenido de flavonoides conforme el fruto maduraba. En cuanto a la capacidad antioxidante, medida mediante el ensayo de inhibición del radical DPPH, también se observó un aumento en las etapas 4 y 5. En los extractos hidrofílicos, los valores fueron de 169.792 ± 13.09 µmol ET/100 g en la etapa 4 y 156.850 ± 4.72 µmol ET/100 g en la etapa 5, en comparación con 103.407 ± 7.79 µmol ET/100 g en la etapa 3. Los extractos lipofílicos mostraron un comportamiento similar, aunque no hubo diferencias significativas entre las etapas 4 y 5. Estos resultados coinciden con los reportados por Yang et al. (2011), quienes también observaron un aumento en la capacidad antioxidante en las etapas más avanzadas de madurez del noni. En resumen, los resultados mostraron que tanto el contenido de compuestos fenólicos y flavonoides como la capacidad antioxidante del noni aumentan a medida que el fruto madura, especialmente en las etapas finales. Este hallazgo resalta la relevancia del noni como fuente de compuestos

bioactivos, lo cual es valioso para su aprovechamiento en la producción de productos funcionales, como el vinagre, que pueden beneficiar a la salud al incorporar propiedades antioxidantes.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Ordoñez et al. (2019) evaluaron la cuantificación de polifenoles totales y la capacidad antioxidante en cáscara y semilla de cacao (*Theobroma cacao* L.), tuna (*Opuntia ficus indica Mill*), uva (*Vitis vinífera*) y uvilla (*Pourouma cecropiifolia*). Los resultados específicos para la cáscara y la semilla de cacao revelaron que, usando el método colorimétrico de Folin-Ciocalteu, la cáscara de cacao contenía 1.78 ± 0.13 mg GAE/100 g y la cascarilla de cacao 3.97 ± 0.25 mg GAE/100 g. En términos de capacidad antioxidante, medida mediante el método del radical 1,1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH), la cáscara de cacao tuvo un IC50 de 15.24 ± 0.09 mg/mL, mientras que la cascarilla de cacao mostró un IC50 de 7.04 ± 0.02 mg/mL. La investigación concluyó que el contenido de polifenoles varió entre 9.07 ± 0.16 y 1.78 ± 0.13 g EAG/100 g, y que la capacidad antioxidante frente al radical DPPH (IC50 de 1.31 a 47.81 µg/mL) se clasifica en el siguiente orden: semilla de uva, piel y semilla de uvilla > piel de uva y cascarilla de cacao > cáscara de cacao > cáscara de tuna morada > semilla de tuna amarilla > piel de tuna amarilla > cáscara de tuna amarilla > piel de tuna morada > semilla de tuna moradas.

Villagómez & Argüello (2013) realizaron un estudio sobre la viabilidad de producir vinagre fermentado utilizando vino derivado del mucílago del cacao CCN51

como sustrato, a través de una fermentación sumergida con el cultivo “madre del vinagre” como inóculo. El proceso de producción de vinagre se llevó a cabo en dos etapas separadas: primero, se realizó una fermentación alcohólica de los azúcares presentes en el mucílago de cacao, y luego una fermentación oxidativa del alcohol producido. El estudio empleó un diseño completamente al azar para evaluar el efecto de la exposición al oxígeno en tres niveles distintos (T1=24 horas/día, T2=18 horas/día, T3=12 horas/día), con cada tratamiento replicado dos veces y utilizando una constante de aireación de 0.5 vvm (volumen de aire por unidad de volumen de medio por minuto). Se analizaron el efecto sobre la producción de ácido acético (g/L) y las características fisicoquímicas y sensoriales del vinagre final. Los resultados mostraron que el tratamiento T1 fue el más eficaz, logrando la mayor producción de ácido acético con 4.05 g/L.

Sullón et al. (2010), en la investigación acerca de la Evaluación de la capacidad antioxidante del noni (*Morinda citrifolia* L.) en tres estados de madurez en Tingo María, se propusieron determinar los niveles de ácido ascórbico, polifenoles totales y la actividad antioxidante del jugo de noni en tres etapas de madurez: pintón, maduro y sobre maduro. Los resultados revelaron que el contenido de ácido ascórbico varía según el estado de madurez, siendo el mayor en el fruto maduro con 252.975 ± 1.87 mg de ácido ascórbico/100 ml de jugo. En cuanto a los polifenoles totales, el fruto maduro también mostró el mejor resultado con 232.413 ± 6.76 mg de catequina/100 ml de jugo, seguido por el pintón con 224.243 ± 7.32 mg de catequina/100 ml de jugo. El estudio indica que la presencia de etileno en los frutos maduros favorece un aumento en la concentración de polifenoles. Para la

actividad antioxidante, medida en IC50 (µg/mL), el jugo del fruto maduro mostró el mejor desempeño con un IC50 de 149.475 ± 0.55 µg/mL. Además, se sugiere que durante la maduración podrían formarse productos de condensación o incrementarse ciertos compuestos fenólicos, lo que contribuye a una mayor actividad antioxidante.

2.1.3. Antecedentes locales

Según Vicente et al. (2023) investigaron sobre el aprovechamiento de residuos de plátano, camu camu, cocona, carambola, jugo de caña y ají charapita para la elaboración de vinagre, se obtuvieron los siguientes resultados: durante la fermentación alcohólica del mosto, se utilizó una mezcla de frutas que incluía plátano (17.00 °Brix), carambola (4.90 °Brix) y camu camu (7.20 °Brix), además del jugo de caña de azúcar (22.00 °Brix). Posteriormente, en la fermentación acética, se midió el grado alcohólico final, encontrando que en todos los casos este superaba los 10° GL. Para ajustar la concentración alcohólica, se realizó una dilución hasta alcanzar un nivel de 10° GL, con un pH dentro del rango de 3 a 4. Finalmente, para la caracterización del vinagre se seleccionó la formulación M2, cuyos resultados arrojaron un grado alcohólico final de 0.51° GL, una acidez acética del 3.90%, un contenido de fenoles totales de 4.75 mg/L en equivalentes de ácido gálico, y niveles de capsaicinoides: 3.3 mg/100 g de capsaicina y 2.0 mg/100 g de dihidrocapsaicina en base seca, con una intensidad de picor de 795 unidades Scoville (SHU).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Generalidades del cacao

El cultivo del cacao tiene sus raíces en América, pero no se puede precisar con exactitud el lugar exacto ni su distribución original, y este tema sigue siendo objeto de debate. Algunos investigadores sugieren que el cacao podría haberse introducido en América Central, aunque el primer centro documentado de domesticación y cultivo se encuentra en esta región. Sin embargo, muchos creen que el cacao se originó en las cuencas del Orinoco y el Amazonas, en los valles de sus afluentes. Otros estudios proponen que el verdadero centro de origen podría estar en el Alto Amazonas, cerca de la frontera entre Colombia y Ecuador, en los flancos orientales de los Andes. A pesar de que el cacao ha sido cultivado en México y América Central durante más de 2000 años, no se han hallado poblaciones silvestres, lo que sugiere que el cultivo pudo haber sido introducido en estas áreas. Tras su expansión en el valle del Amazonas, el cacao parece haberse dispersado a lo largo de dos rutas principales: una hacia el norte y otra hacia el oeste. Por lo tanto, la domesticación del cacao probablemente ocurrió en América del Sur antes de extenderse a América Central y el sur de México, impulsada por la migración de los pueblos indígenas (Pereira, 2015).

El cultivo del cacao (*Theobroma cacao* L.) es de gran importancia debido a sus múltiples aplicaciones en la industria confitera, cosmética y farmacéutica (Gregorio et al., 2023). La calidad del cacao depende de diversos factores, entre los que destacan el procesamiento poscosecha, las condiciones climáticas y la genética

de la planta (Morales-Rodríguez et al., 2024). Estudios han demostrado variaciones significativas en las propiedades fisicoquímicas entre distintos tipos de cacao, encontrándose clones con mayores concentraciones de macronutrientes y microelementos (Perea et al., 2011). El cacao es particularmente rico en potasio, magnesio y fósforo (Perea et al., 2011; Morales-Rodríguez et al., 2024). Los sistemas de producción de cacao combinan tanto prácticas tradicionales como tecnologías modernas; sin embargo, la adopción de técnicas mejoradas, como la poda adecuada, la fertilización basada en análisis de suelo y el manejo preventivo de enfermedades, podría incrementar significativamente la productividad (Gregorio et al., 2023).

2.2.1.1. Taxonomía

Taxonomía del cacao según Batista (2009).

Reino : Plantae

Phylum : Magnoliophyta

Clase : Magnoliopsida

Orden : Malvales

Familia : Sterculiaceae

Género : *Theobroma*

Especie : *Theobroma cacao* L.

2.2.1.2. Composición del cacao

El fruto del cacao está compuesto por semillas, placenta y

cáscara, siendo esta última la parte más voluminosa, representando entre el 80 y el 83% del peso total del fruto (Baca et al., 2020; Artunduaga & Castañeda, 2022). La composición nutricional del cacao varía según el genotipo y las distintas partes que lo conforman (Báez et al., 2020). Aunque la cáscara suele desecharse como un subproducto, es una fuente rica en compuestos valiosos como polifenoles, antioxidantes y minerales (Baca et al., 2020; Artunduaga & Castañeda, 2022). La harina obtenida de la cáscara de cacao contiene un alto porcentaje de fibra cruda (29-31%), un bajo contenido de grasa (1.9-2%) y una notable cantidad de fibra insoluble (51-53%) (Baca et al., 2020). Por su parte, las semillas, que constituyen la base de los productos comerciales de cacao, están llenas de bioelementos esenciales (Kalvatchev et al., 1998). En cuanto a la cáscara, el potasio es el mineral más abundante, mientras que en las semillas predominan el nitrógeno y el fósforo (Báez et al., 2020).

2.2.1.3. Exudado de cacao

El exudado y el mucílago del cacao, comúnmente desechados durante la producción, representan un recurso potencial para desarrollar productos con valor añadido. Diversas investigaciones han evaluado la creación de bebidas de bajo contenido alcohólico y néctares a partir del exudado y la placenta del cacao, mostrando que, bajo condiciones controladas, estos productos son estables y bien aceptados por los consumidores (Quimbita et al., 2013). También se ha investigado la elaboración de vino y alcohol a partir del exudado de cacao, logrando rendimientos de vino superiores al 60% y de alcohol hasta un 76%, así como

evaluando los costos de producción (Corrales et al., 2019). Adicionalmente, se ha analizado la viabilidad de producir vinagre de vino a partir del mucílago y exudado de cacao, con el objetivo de disminuir el impacto ambiental y mejorar la eficiencia productiva (Vera-Loor et al., 2020).

Tabla 2.

Componentes químicos del mucilago de cacao

Componente	% (Base Húmeda)
Agua	79.2 – 84.2
Proteínas	0.09 – 0.10
Azucares	12.5 – 15.9**%**
Glucosa	11.6 – 15.3
Pectinas	0.90 - 1.19
Ácido cítrico	0.77 – 1.52
Cenizas	0.40 – 0.50

Fuente: Gonzales, 2015.

2.2.2. Generalidades de noni

El género Morinda (*Rubiaceae*), que incluye a *Morinda citrifolia* L., está compuesto por aproximadamente 80 especies. *Morinda citrifolia* L. es un arbusto o árbol pequeño que alcanza entre 3 y 10 metros de altura, con hojas amplias y elípticas de 5 a 17 cm de largo y 10 a 40 cm de ancho. Sus flores, que desprenden un aroma distintivo, están organizadas en cabezuelas globosas, con un cáliz

truncado y una corola tubular blanca. El fruto de noni, de forma ovalada y de 3 a 10 cm de largo por 3 a 6 cm de ancho, cambia de verde a amarillo y casi blanco cuando madura. Su cáscara está cubierta de pequeñas protuberancias, cada una con una semilla en su interior. Al madurar, el fruto emite un olor fuerte y rancio similar al ácido butírico. La pulpa es jugosa, amarga y de color amarillo opaco o blanco, con una textura gelatinosa y numerosas cavidades triangulares de color marrón rojizo que contienen cuatro semillas (Chan et al., 2006).

2.2.2.1. Taxonomía

Taxonomia del noni según Jiménez (2013).

Reino : Plantae

Phylum : Magnoliophyta

Clase : Magnoliopsida

Orden : Rubiales

Familia : Rubiaceae

Género : Morinda

Especie : Citrifolia

2.2.2.2. Valor nutricional

Se han identificado alrededor de 160 compuestos fitoquímicos en la planta de noni (*Morinda citrifolia* L.), entre los que destacan los compuestos fenólicos, ácidos orgánicos y alcaloides. Entre los fenoles más relevantes se encuentran las antraquinonas, como el damnacanthal, la morindona y la moridina.

Los ácidos orgánicos principales son el ácido capróico y el caprílico, y el alcaloide más destacado es la xeronina. La composición química de *Morinda citrifolia* L., o noni, varía según la parte de la planta utilizada. Hasta ahora, solo se ha reportado información parcial sobre la composición fisicoquímica del jugo de noni. El fruto de noni contiene un 90% de agua, y en su base seca, se encuentran principalmente sólidos solubles, fibra dietética y proteínas, representando estas últimas el 11,3% de la base seca del jugo. Los aminoácidos predominantes son ácido aspártico, ácido glutámico e isoleucina. El contenido mineral en la base seca es del 8,4%, destacando potasio, azufre, calcio y fósforo, con trazas de selenio. También se han detectado vitaminas, principalmente vitamina C (24 - 158 mg/100g de base seca) y provitamina A (Chan et al., 2006).

Tabla 3.

Composición de macro y micronutrientes por dosis de 30ml

Nutriente	Ración diaria recomendada	Cantidad encontrada en jugo de noni
Vitamina A	800,0 µg de retinol (2,664 IU)	0,222 µg
Vitamina B1	1,5 mg	13,690 mg
Vitamina B2	1,7 mg	12,770 mg
Niacina	20,0 mg	17,540 mg
Vitamina C	60,0 mg	29,290 mg
Vitamina B12	2.0 µg	11,560 mg
Sodio	2,400 mg	2,450 mg
Potasio	3,500 mg	7,930 mg
Calcio	800 mg	7,030 mg
Hierro	15 mg	0,800 mg

Selenio	70 µg	2,760 µg

Fuente: Chan et al., 2006.

2.2.2.3. Usos y aplicaciones

El noni (Morinda *citrifolia* L.), es una planta tropical con una larga historia de uso en la medicina tradicional (Ulloa et al., 2012). Sus frutos, hojas, corteza y raíces contienen más de 200 fitoquímicos con propiedades bioactivas, tales como antioxidantes, antimicrobianos y compuestos antiinflamatorios (Almeida et al., 2019). El noni ha ganado popularidad a nivel mundial debido a sus posibles beneficios para la salud, con aplicaciones en el tratamiento de la artritis, la diabetes y diversas infecciones (Ulloa et al., 2012). Además, se ha demostrado su potencial en actividades inmunoestimulantes, antitumorales, antidiabéticas, antibacterianas, antifúngicas y antivirales, entre otras (Torres et al., 2017). Aunque el noni se consume principalmente en forma de jugo, también está disponible en diversas presentaciones, como polvos, aceites y fruta fresca (Carrillo-López & Yahia, 2011; Almeida et al., 2019). A pesar de su gran potencial terapéutico, se requiere de más investigación para comprender a fondo sus constituyentes químicos, mecanismos de acción y perfil de seguridad, a través de estudios in vitro, in vivo y clínicos (Torres et al., 2017).

2.2.3. Fermentación alcohólica

La fermentación alcohólica consiste en la conversión de glucosa y fructosa en etanol y dióxido de carbono, siendo estos los principales productos

metabólicos generados por la acción de las levaduras. El desarrollo de este proceso está estrechamente vinculado a la fase de crecimiento de las levaduras (Miranda-Castilleja, 2015). Al inicio, las levaduras se reproducen, y esta etapa depende de la disponibilidad de oxígeno, fuentes de nitrógeno y otros nutrientes esenciales. Una vez consumido el oxígeno, la reproducción celular se detiene y comienza el proceso anaerobio, en el cual la glucosa se transforma en etanol y CO_2, el balance global de la fermentación se puede representar con la siguiente ecuación química $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$ (Sánchez, 2011).

2.2.3.1. Levadura

Las levaduras son hongos unicelulares eucariotas que pertenecen al reino Fungi, predominantemente dentro de las clases *Ascomycetes* y *Basidiomycetes*. Estas levaduras se reproducen asexualmente mediante dos mecanismos principales: la gemación y la fisión binaria. El tamaño de las células individuales de las levaduras puede variar considerablemente, oscilando entre 2 y 3 µm de ancho y entre 20 y 50 µm de longitud, con un ancho que varía entre 1 y 10 µm (Miranda-Castilleja, 2015).

2.2.3.2. Saccharomyces cerevisiae

Saccharomyces cerevisiae, comúnmente conocida como levadura de panadería o cervecera, es un organismo modelo eucariota fundamental tanto para la investigación básica como para aplicaciones biotecnológicas (Coronel & Taubas, 2018). Este microorganismo versátil tiene múltiples usos industriales,

destacándose en la producción de alimentos, bebidas y biocombustibles, las características distintivas de *Saccharomyces cerevisiae*, como su capacidad de fermentación y su resistencia a condiciones adversas, lo convierten en un recurso valioso para estas industrias (Parapouli et al., 2020). En el ámbito de la nutrición animal, *Saccharomyces cerevisiae* ha demostrado ser una alternativa eficaz a los antibióticos promotores del crecimiento, mejorando la digestibilidad, la morfometría intestinal y la función del sistema inmunológico (Cuenca et al., 2022).

2.2.4. Fermentación acética

La fermentación acética es esencial tanto para producir vinagre como para asegurar la calidad del vino, ya que implica la transformación del etanol en ácido acético gracias a la acción de bacterias acéticas (Cassoni & Cereda, 2012). Estas bacterias, pertenecientes al género *Acetobacter*, son conocidas por su habilidad para oxidar el alcohol etílico (C_2H_5OH) y convertirlo en ácido acético (CH_3CO_2H). El proceso se desarrolla en cuatro fases: primero, las amilasas convierten el almidón en azúcares simples; luego, las levaduras fermentan estos azúcares en etanol en condiciones anaeróbicas. A continuación, el etanol se transforma en acetaldehído hidratado, y finalmente, la deshidrogenación del acetaldehído a través de la aldehído deshidrogenasa culmina en la producción de ácido acético (Chiang Tan, 2005).

2.2.4.1. Vinagre

El vinagre es una solución diluida de ácido acético, generada a

través de la fermentación alcohólica seguida de oxidación fermentativa. Además de sus usos culinarios, cuenta con propiedades nutricionales y bioreguladoras, lo que lo convierte en un aliado potencial para regular la presión arterial, controlar los niveles de glucosa en sangre, mejorar la digestión y estimular el apetito (Souza et al., 2021). La normativa brasileña estipula que el contenido de ácido acético en el vinagre debe oscilar entre el 4.00% y el 6.00% (Leão et al., 2019). Para medir la concentración de ácido acético en vinagres, se emplean diversos métodos analíticos, tales como la titulación volumétrica con detección potenciométrica, colorimétrica o conductométrica (Leão et al., 2019). Los criterios de calidad del vinagre incluyen la evaluación de la acidez total, volátil y fija, el extracto seco, así como el pH (Schmoeller & Balbi, 2010).

2.2.5. Sustancias bioactivas

2.2.5.1. Capacidad antioxidante

La capacidad antioxidante es una característica muy valorada en los alimentos modernos, siendo las plantas las principales fuentes naturales de estos compuestos (Vázquez-Ovando et al., 2022). El conocimiento sobre la capacidad antioxidante y sus métodos de medición tiene numerosas aplicaciones, que abarcan desde la investigación básica en mecanismos de defensa celular hasta la evaluación de compuestos puros, organismos complejos y la efectividad de tratamientos médicos (Escorza & Salinas, 2009).

- **Ensayo de DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo)**

El ensayo de DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo) es uno de los métodos más utilizados para evaluar la capacidad antioxidante en una amplia gama de sustancias (Oliveira, 2015). Se destaca por ser una técnica simple, precisa y económica, adecuada para analizar tanto compuestos puros como mezclas complejas (Oliveira, 2015). La concentración de DPPH empleada en el análisis influye de manera significativa en los resultados, observándose que los valores de IC50 tienden a aumentar con mayores concentraciones de DPPH (Guija-Poma et al., 2015). Este método puede implementarse tanto mediante técnicas espectrofotométricas como electroquímicas, utilizando Trolox y ácido gálico como estándares de referencia (León et al., 2011).

2.2.5.2. Polifenoles totales

Los polifenoles totales son metabolitos secundarios vegetales ampliamente presentes en alimentos de origen vegetal. Se dividen en dos categorías: extraíbles y no extraíbles, siendo estos últimos hasta cinco veces más abundantes y constituyendo la mayor parte de la ingesta diaria estimada en 1200 mg/persona/día (Martínez, 2011). Los polifenoles son conocidos por sus propiedades antioxidantes y pueden ser extraídos de diversas fuentes, como las semillas de uva utilizadas para la producción de pisco, que tienen concentraciones de polifenoles totales que oscilan entre 84 y 402 mg/g de semilla (Laos et al., 2020).

- **Método Folin-Ciocalteu**

El método de Folin-Ciocalteu es una técnica comúnmente

empleada para medir los compuestos fenólicos totales en extractos vegetales y alimentos. Basado en una reacción redox, se considera un estándar de referencia para evaluar la capacidad antioxidante (Perez et al., 2023). El método de Folin-Ciocalteu se utiliza para medir el contenido total de compuestos fenólicos en productos vegetales. Este ensayo se basa en la reacción de los fenólicos con el reactivo de Folin-Ciocalteu en un pH básico, produciendo un color azul que se mide espectrofotométricamente a 765 nm. El reactivo está compuesto por wolframato sódico y molibdato sódico disueltos en ácido fosfórico. Cuando el ácido fosfomolibdotúngstico, que es amarillo, se reduce por los fenoles presentes en la muestra, se forma un complejo azul intenso. La intensidad de este color azul se emplea para determinar el contenido de polifenoles (García et al., 2015).

2.2.5.3. Flavonoides totales

Los flavonoides son compuestos bioactivos con múltiples beneficios para la salud, siendo reconocidas sus propiedades antioxidantes y antiinflamatorias (Savi et al., 2017). Para determinar el contenido total de flavonoides en productos vegetales, es común emplear métodos espectrofotométricos basados en la formación de complejos con cloruro de aluminio (Sobrinho et al., 2012; Savi et al., 2017; Vega et al., 2017). Estudios recientes han analizado los niveles de flavonoides en una variedad de fuentes, incluyendo plantas medicinales como *Bauhinia* L. (Sobrinho et al., 2012), frutas, verduras (Savi et al., 2017), café (Vega et al., 2017) y propóleo (Grosso et al., 2007). La concentración de flavonoides puede variar considerablemente entre estas fuentes, siendo afectada

por factores como los métodos de cultivo y el procesamiento (Savi et al., 2017). En el caso del propóleo, los flavonoides no solo actúan como marcadores de calidad, sino que también desempeñan un papel clave en su capacidad antioxidante (Grosso et al., 2007). La falta de estandarización en las preparaciones herbales a menudo provoca fluctuaciones en las concentraciones de flavonoides, lo que puede impactar la efectividad de los productos (Sobrinho et al., 2012). Comprender la variabilidad en el contenido de flavonoides en los alimentos es esencial para que los nutricionistas diseñen estrategias dietéticas que promuevan una mejor salud (Savi et al., 2017).

2.2.6. Espectrofotometría UV-visible

La espectrofotometría UV-visible es una herramienta analítica sumamente versátil con múltiples aplicaciones. Entre sus usos destaca la evaluación de la estabilidad térmica de aceites vegetales comestibles, mediante la medición de coeficientes de extinción específicos bajo diferentes condiciones de temperatura y atmósfera (Antolín & Meneses, 2000). También es efectiva para el estudio de la cinética de reacciones, como se observa en la investigación de la interacción entre el ion cianuro y el picrato de sodio, que evidenció una cinética de primer orden y la formación de complejos con diversas estequiometrías (Oliveros-Bastidas et al., 2009). La espectrofotometría UV-Vis ha avanzado en su capacidad para realizar análisis multicomponente simultáneo, abarcando una variedad de técnicas cualitativas y cuantitativas, además de métodos de optimización (Saldanha et al., 1999). Asimismo, en el ámbito educativo, se ha demostrado que es posible

construir un espectrofotómetro UV-Vis de bajo costo, ideal para enseñar principios espectrométricos básicos y aplicar la ley de Lambert-Beer en cursos universitarios de ciencias de la salud (Lüdke, 2010).

Los métodos espectrofotométricos UV-visible son ampliamente utilizados para medir polifenoles, flavonoides y la capacidad antioxidante en una variedad de extractos vegetales. Numerosos estudios han aplicado estas técnicas en el análisis de propóleos (Marcucci et al., 2020; Grosso et al., 2007), cáscaras y semillas de frutas (Ordoñez et al., 2019), así como en semillas de uva provenientes de la producción de pisco (Laos et al., 2020). El contenido total de polifenoles se determina comúnmente mediante el método de Folin-Ciocalteu, mientras que las subclases de flavonoides se cuantifican a través de reacciones con cloruro de aluminio y 2,4-dinitrofenilhidrazina (Grosso et al., 2007). La capacidad antioxidante, por su parte, se evalúa principalmente mediante ensayos de neutralización de radicales libres DPPH y ABTS (Ordoñez et al., 2019; Laos et al., 2020). Estos métodos han revelado variaciones significativas tanto en el contenido de polifenoles como en la actividad antioxidante entre diferentes fuentes vegetales, destacando las semillas de uva y el propóleo por sus elevados niveles (Marcucci et al., 2020; Laos et al., 2020). Además, se ha identificado una fuerte correlación entre el contenido total de polifenoles y la capacidad antioxidante (Ordoñez et al., 2019), lo que resalta el potencial estos compuestos como potentes antioxidantes naturales.

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. Tipo de investigación

La investigación es de tipo aplicada porque busca generar conocimiento práctico que pueda ser utilizado para resolver un problema específico en un contexto real (Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio, 2014).

3.2. Nivel de investigación

a) Nivel explicativo

La investigación busco entender cómo las diferentes diluciones de zumo de noni influyen en el contenido de capacidad antioxidante, polifenoles y flavonoides en el vinagre de exudado de cacao.

Estudio de Causas y Efectos: Se exploran las causas (diluciones de zumo de noni) y sus efectos (capacidad antioxidante, polifenoles y flavonoides), proporcionando una comprensión detallada a través de las evaluaciones correspondientes.

3.3. Población y muestra

La población de exudado de cacao proviene de plantaciones situadas en San Alejandro distrito de Irazola, tomando como muestra 20L de exudado de cacao. Así mismo la población de noni fueron adquiridos en la ciudad de Pucallpa, distrito de Callería, Av. Shirambari cuadra 4 y de los árboles ubicados en los terrenos Universidad Nacional de Ucayali, tomando como muestra 18L de zumo de noni

obtenidos de 40kg noni en fruto.

3.4. Tratamientos en estudio

Los tratamientos en estudio corresponden a diluciones de zumo de noni al (30%, 50% y 70%) al vinagre de exudado de cacao.

- T1 = Vinagre con zumo de noni al 50%.
- T2 = Vinagre con zumo de noni al 30%.
- T3 = Vinagre con zumo de noni al 70%.

Tabla 4.

Tratamientos experimentales

VINAGRE		
T_1	**T_2**	**T_3**
T_1R_1	T_2R_1	T_3R_1
T_1R_2	T_2R_2	T_3R_2
T_1R_3	T_2R_3	T_3R_3

3.5. Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar (DCA), este diseño experimental incluyó 3 tratamientos y 3 repeticiones, resultando en un total de 9 unidades experimentales. Se calcularon la media y desviación estándar, y se llevó a cabo un análisis de variancia (ANOVA). De encontrar diferencias significativas, se aplicará la prueba de Tukey (Hernández Sampieri et al., 2014). Las herramientas utilizadas para el análisis estadístico y elaboración de gráficos de los datos fue

mediante el software Statgraphics Centurion 16, Microsoft Excel y Microsoft Word.

Modelo matemático:

Yij = U +Ti + Eij

Donde:

Yij = Resultado de la capacidad antioxidante, el contenido de polifenoles y flavonoides “j” – Vinagre + 50% zumo de noni, Vinagre + 30% zumo de noni y Vinagre + 70% zumo de noni con el “i”-tratamientos.

U = Media total de los datos del experimento.

Ti = Efecto del “i”- tratamientos en estudio

Eij = Error o residual.

Tabla 5.

Cuadro ANVA para DCA

FV	Grados de libertad (GL)	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrado medio (CM)	FC
Tratamiento	t - 1	SC tratamiento	SCx/glt	CMtrat/CMerror
Error	N - t	SC error	SCe/gle	
Total	N - 1			

3.5.1. Método de Tukey

$$x = \mathbf{q}_{(t.glee.\alpha)} \sqrt[x]{\frac{CMee}{r}}$$

Donde:

q: Amplitud total estudiada, valor encontrado en tablas y que está en función de:

t: Número de tratamiento.

α: Nivel de significancia.

glee: Grado de libertad del error experimental.

CMee: Cuadrado medio del error experimental.

r: Número de repeticiones de las medias de los tratamientos a ser comprado.

3.6. Ubicación y duración del estudio

El trabajo de investigación se llevó a cabo en la Universidad Nacional de Ucayali (UNU), ubicada en el km 6.200 de la carretera Federico Basadre, en el distrito de Callería, provincia de Coronel Portillo, departamento de Ucayali, con coordenadas de latitud -8.399991 y longitud -74.57582. Los procesos de fermentación alcohólica y acética se realizaron en el laboratorio de microbiología y análisis de alimentos, ubicado en el segundo piso del pabellón #3. Asimismo, los análisis de capacidad antioxidante, polifenoles y flavonoides se llevaron a cabo en el Taller de Tecnología e Industrias Lácteas, ubicado en el pabellón de laboratorios especializados. La investigación tuvo una duración de 6 meses, iniciándose en el mes de julio y culminando en el mes de diciembre del año 2024, incluyendo la ejecución del

proyecto, el trabajo para el procesamiento de los datos y redacción del informe final.

3.7. Proceso experimental

3.7.1. Materiales y reactivos

3.7.1.1. Materiales

Balón de destilación (1L), matraz de Kitasato (500mL, 2L), refrigerante serpentín (400mm), soporte universal (2unid), trípode, rejilla de asbesto, mechero bunsen, probeta (250mL), alcoholímetro 20°C, densímetro 20°C, termómetro, bureta (25mL), matraz aforado (10mL, 25mL, 100mL, 250mL), vaso de precipitado (10mL, 50mL, 250mL), pisetas, pipetas (2mL, 5mL, 10mL), micropipetas (10-50µL, 10-100µL, 100-1000µL), tubos Falcon (50mL), cubetas de plástico poliestireno (1.5-3mL), microtubos eppendorf (2mL).

3.7.1.2. Reactivos

Hidróxido de sodio 0.1N (NaOH), Fenolftaleína, Ácido gálico 0.1mg/mL, Carbonato de sodio 20% w/v ($NaCO_3$), Folin Ciocalteu, Ácido clorhídrico HCL 37%, Metanol p.a, Catequina 1000 µg/mL, metanol 80%, Nitrito de sodio 5% w/v ($NaNO_2$), Cloruro de aluminio 10% w/v ($AlCl_3$), Hidróxido de sodio 1M (NaOH), DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidracilo) 60µmol/L, Trolox 1mM.

3.7.1.3. Equipos e instrumentos

Balanza analítica (AND HR-250AZ), potenciómetro, refractómetro, mezclador vortex digital BenchMate VM-D (VAC 50/60Hz-4200RPM),

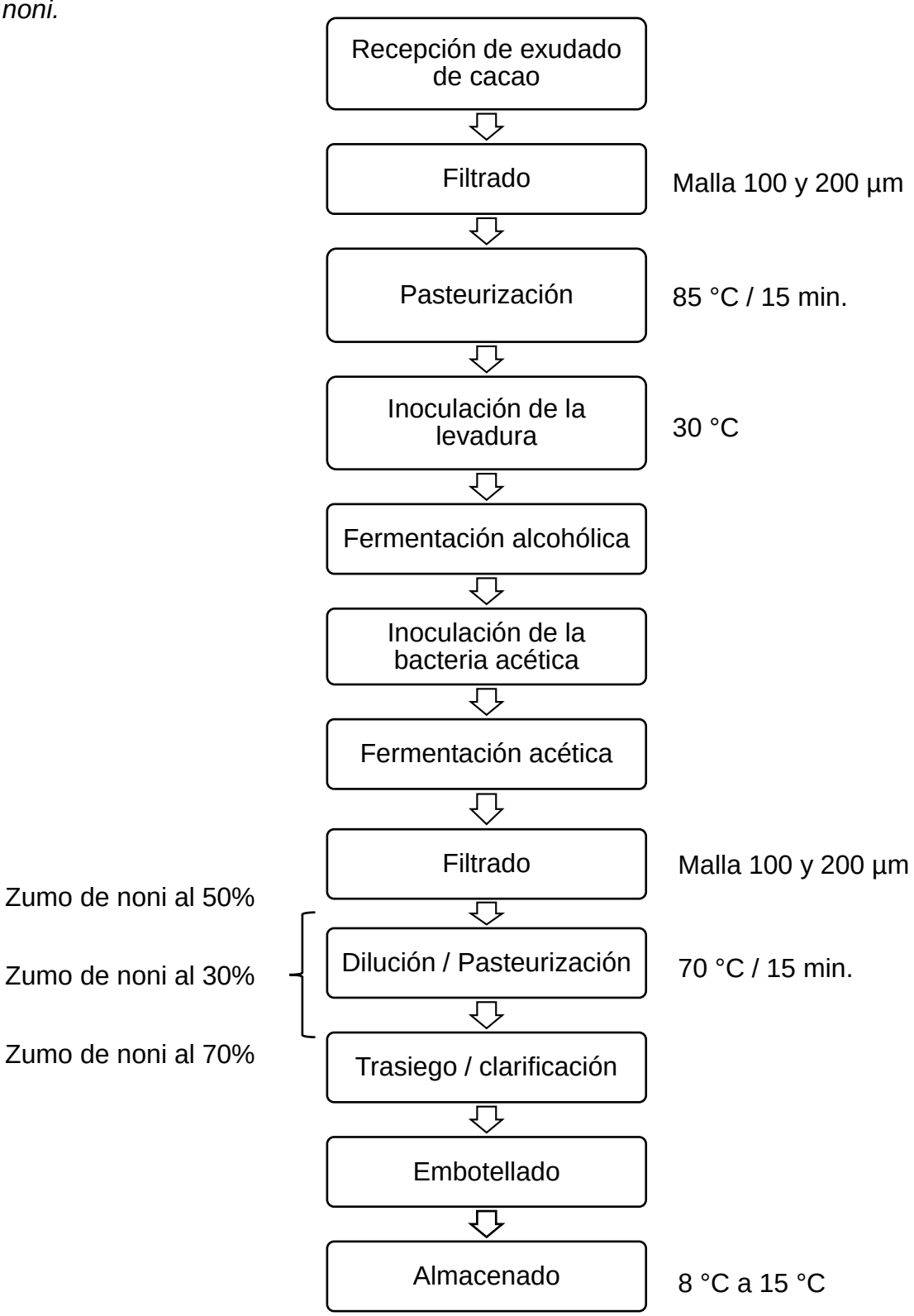
espectrofotómetro (DLAB SP-V1100), refrigeradora LG 591L modelo LS63SPGK, EPP.

3.7.2. Proceso de elaboración de vinagre

La producción del vinagre se llevó a cabo bajo dos procesos fermentativos. Primero, se realizó la fermentación alcohólica, durante la cual los azúcares presentes en la materia prima fueron convertidos en etanol. Una vez completada esta etapa se procedió con la fermentación acética, en la que el alcohol fue transformado en ácido acético mediante la acción de bacterias acéticas. Las pruebas preliminares permitieron identificar y corregir las desviaciones o problemas que se presentaron durante la elaboración del vinagre antes de proceder con la ejecución final del proyecto de tesis.

Figura 1.

Diagrama de flujo para la elaboración de vinagre de exudado de cacao y zumo de noni.



3.7.3. Descripción de operaciones

3.7.3.1. Recepción de materia prima

La recolección se llevó a cabo en San Alejandro, distrito de Irazola. El exudado de cacao fue extraído de mazorcas en su estado óptimo de madurez. Tras el corte, las mazorcas se agruparon para proceder a la quiebra y al descorazonado. A medida que los granos eran depositados en cajas de madera, se recolectaba el exudado que escurría de ellos.

3.7.3.2. Filtrado

Se utilizó tela tocuyo fina de un grosor promedio entre 100 y 200 micras para filtrar el exudado de cacao.

3.7.3.3. Pasteurización

El exudado de cacao fue colocado en una olla de 30L de capacidad y sometido a un tratamiento térmico a 85°C durante 15 minutos.

3.7.3.4. Inoculación de la levadura

Se activó la levadura en una solución de 20mL de agua azucarada de 15 °Brix a temperatura ambiente. Luego se inoculó la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, añadiendo 1 gramo de levadura por cada litro de mosto.

3.7.3.5. Fermentación alcohólica

La fermentación alcohólica duró 6 días, en el transcurso se

monitorearon diariamente los grados Brix y el pH para evaluar los sólidos solubles y la acidez del mosto. También se controló la densidad del mosto como indicador para detener el proceso una vez que la densidad fuera inferior o cercana a 1 g/mL. Además, la temperatura del ambiente donde se llevó a cabo el proceso se mantuvo de manera constante por debajo de los 30°C. Al finalizar la fermentación, se realizó una destilación por arrastre de vapor para determinar el grado alcohólico del mosto.

3.7.3.6. Inoculación de la bacteria acética

Se prepararon tres biorreactores utilizando baldes de plástico transparente de 12 litros, en los cuales se depositaron 4 litros de mosto alcohólico proveniente de la fermentación anterior, al cual se le inoculó 400 mL (10%) de *Acetobacter aceti* obtenido de un vinagre madre elaborado con exudado de cacao. Los biorreactores fueron cubiertos con tela de tocuyo fina, permitiendo un control adecuado de las condiciones esenciales como la temperatura, la oxigenación y la agitación.

3.7.3.7. Fermentación acética

La fermentación acética se llevó a cabo durante un periodo de 22 días, durante los cuales se monitorearon diariamente parámetros como el pH y la acidez total, con el fin de asegurar un control adecuado de las condiciones del proceso. Estos parámetros fueron determinantes para seguir la conversión del alcohol en ácido acético por las bacterias acéticas presentes. Al concluir la fermentación, se calculó el grado alcohólico residual del vinagre utilizando las

densidades inicial y final.

3.7.3.8. Filtrado

Se filtró el vinagre utilizando tela tocuyo fina de un grosor promedio entre 100 y 200 micras.

3.7.3.9. Dilución y pasteurización

Se realizaron diluciones del zumo de noni en proporciones de 50%, 30% y 70%, las cuales se añadieron al vinagre. Posteriormente, el vinagre diluido se transfirió a una botella de vidrio de 5 litros y se sometió a un proceso de pasteurización a 70°C durante 15 minutos.

3.7.3.10. Trasiego y clarificación

En esta operación el vinagre se transfirió cuidadosamente a otro recipiente. Antes de realizar este proceso, se permitió que el vinagre reposara durante 7 días para favorecer la sedimentación, lo que permitió que las partículas y sedimentos se depositaran en el fondo del recipiente original, asegurando que el vinagre transferido esté libre de impurezas y sedimentos.

3.7.3.11. Embotellado

El vinagre se envasó en botellas de vidrio color ámbar para protegerlo de la exposición a la luz.

3.7.3.12. Almacenado

Se almacenó a temperaturas de 8°C a 15°C refrigeración para asegurar su estabilidad y conservar sus propiedades a lo largo del tiempo.

3.8. Técnicas de muestreo

La técnica de muestreo utilizada fue de tipo intencional o dirigido, dado que se seleccionaron muestras específicas de vinagre de exudado de cacao diluidos con zumo de noni.

3.9. Determinación de análisis

3.9.1. Determinación de análisis fisicoquímicos

La determinación del color se realizó utilizando el modelo CIE Lab*, que incluye la evaluación de la Luminosidad (L), así como la posición del color en los ejes verde-rojo (a) y azul-amarillo (b). Además, se midió el contenido de sólidos solubles totales mediante el método Refractométrico AOAC 931.12. El análisis de pH se efectuó siguiendo el método AOAC 981.12, y la acidez total se determinó conforme a la metodología AOAC 942.

3.9.1.1. Grados Brix (Método Refractométrico AOAC 931.12)

Para obtener los datos de grados brix del mosto alcohólico, se procedió de la siguiente manera:

- Se preparó el refractómetro limpiando el prisma y ajustándolo a cero utilizando agua destilada.

- Se colocó una gota del mosto alcohólico en el prisma del refractómetro y observamos la lectura en la escala.

3.9.1.2. Densidad

Para obtener los datos de la densidad del mosto alcohólico, se procedió de la siguiente manera:

- Preparación del mosto: antes de retirar la muestra, agitamos el envase fermentador, asegurándonos de que este bien mezclado.
- Se agregó el mosto en una probeta de 250 mL.
- Se midió la temperatura del mosto, hay que asegurar que este a 20°C.
- Se colocó el densímetro en la probeta y se dejó que flote libremente; mirar la escala en la superficie del densímetro.

3.9.1.3. pH (Método AOAC 981.12)

Para obtener los datos de pH del mosto alcohólico, se procedió de la siguiente manera:

- Se preparó la muestra de vinagre, verificamos que este a temperatura ambiente para obtener lecturas mucho más precisas.
- Realizamos la medición introduciendo el electrodo a la muestra, esperamos unos segundos hasta que la lectura se estabilice y se registró datos de pH que se muestran en el potenciómetro.
- Se enjuagó el electrodo con agua destilada cada vez que se

realicen las mediciones.

3.9.1.4. Determinación de grado alcohólico

Para obtener los datos de grado alcohólico del mosto alcohólico, se procedió de la siguiente manera:

- Se instaló el equipo destilador por arrastre de vapor, corroborando que todas las conexiones estén selladas.
- Colocamos en el balón de destilación 250ml del mosto alcohólico.
- Iniciamos la destilación, dando acceso a que el vapor generado de la muestra arrastre los compuestos volátiles como el alcohol.
- Se recogió el destilado en un vaso de precipitado.
- Colocamos el destilado en una probeta graduada de 250ml.
- Introducimos el alcoholímetro para medir el contenido de alcohol del destilado.

3.9.1.5. Determinación de acidez total (Método AOAC 942)

Para obtener los datos de porcentaje de acidez en ácido acético, se procedió de la siguiente manera

- Se tomó 2mL de la muestra de vinagre usando una pipeta y colócalo en un vaso de precipitado de 10mL.
- Se añadió 3 gotas de fenolftaleína a la muestra.
- Se colocó en la bureta de 25mL la solución de hidróxido de

sodio (NaOH) 0.1N.

- Se colocó el vaso de precipitado con la muestra a titular debajo de la bureta, mientras agitamos lentamente hasta observar una coloración rosa pálido.
- Se registró el volumen que se gastó de la solución de NaOH.
- Se reemplazó los datos en la fórmula para calcular el porcentaje de ácido acético de la muestra de vinagre.

3.9.1.6. Colorimetría (Sistema CIE Lab)

Para obtener los datos de color por espectrofotómetro de las muestras de vinagre, se procedió de la siguiente manera:

- Se agregó a cada cubeta (3) 2mL de cada muestra de vinagre y 1mL para el blanco.
- Se realizó las lecturas de absorbancia desde los 400nm hasta 700nm.
- Se registró los datos en el modelo matemático (LAB COLOR CONVERSION Std Obs Illuminant Functions), para posteriormente obtener los datos de x, y, z.
- Se registró los datos de x, y, z en un conversor de sistemas de color.
- Se obtuvo los datos CIE Lab.

3.9.2. Determinación de capacidad antioxidante

Se desarrolló el procedimiento descrito por Brand-Williams et al., modificado por Thaipong et al. (2006), y adaptado a las condiciones del laboratorio. La muestra se preparó a una concentración de 1 mg/mL. Se elaboró una solución stock del radical libre DPPH a 0.63 mg/mL en metanol. La absorbancia se midió a 517 nm y se ajustó a 0.7 ± 0.2 con metanol. Se tomaron 1000 µL del extracto y se añadieron a 1000 µL de la solución de DPPH, mezclándose en un vortex. La mezcla se incubó en la oscuridad durante 30 minutos, y la absorbancia se leyó a 517 nm (Espectrofotómetro UV-Vis GENESYS UV-Vis DLAB SP-V1100). El porcentaje de inhibición del radical libre se calculó de acuerdo con la siguiente relación:

$$\%\ de\ inhibición\ del\ radical\ libre\ DPPH = \frac{A_{DPPH}\ x\ A_M}{A_{DPPH}}\ x\ 100$$

Donde la A_{DPPH} corresponde a la absorbancia del DPPH, y A_M corresponde a la muestra tratada con DPPH. Además, se preparó una curva estándar con Trolox a concentraciones de (80, 180, 280, 380, 480 y 580 µmoles), y los resultados se expresaron como µmoles equivalentes de Trolox por gramo de extracto (µmol ET/mL).

3.9.3. Determinación de polifenoles totales

Se utilizó el método del reactivo Folin-Ciocalteu procedimiento descrito por Brand-Williams et al., modificado por Thaipong et al. (2006). En un microtubo Eppendorf, se mezclaron 200 µL de la muestra con 100 µL del reactivo de Folin-

Ciocalteu (Merck®) y 1500 µL de agua destilada. La mezcla se agitó y se dejó reposar durante 5 minutos. A continuación, se añadió 200 µL de solución de carbonato de sodio al 20%. La mezcla fue incubada en la oscuridad durante 30 minutos a temperatura ambiente. La absorbancia se midió a 765 nm (Espectrofotómetro UV-Vis DLAB SP-V1100), utilizando un blanco de reacción. Se preparó una curva de calibración con ácido gálico a una concentración de 0.1 mg/mL, realizando diluciones a concentraciones de 0, 0.02, 0.04, 0.06, 0.08 y 0.10 mg/mL. Todos los ensayos se realizaron por triplicado, y el contenido de polifenoles totales se expresó como mg equivalentes de ácido gálico por mL de extracto (mg GAE/mL).

3.9.4. Determinación de flavonoides

El análisis se llevó a cabo según el método descrito por Zhishen et al. (1999), con ligeras modificaciones. En un microtubo Eppendorf se mezclaron 100 µL de vinagre con 30 µL de nitrito de sodio al 5%. La mezcla se agitó y se dejó reposar durante 6 minutos. Después de este tiempo, se añadieron 30 µL de cloruro de aluminio al 10%, se agitó nuevamente y se dejó reposar por otros 6 minutos. A continuación, se incorporaron 200 µL de hidróxido de sodio 1 M, se agitó y se dejó reposar por 6 minutos más. Finalmente, se añadieron 640 µL de agua destilada para completar la mezcla a 1 mL, la cual se mezcló bien en un vortex digital BenchMate VM-D (VAC 50/60Hz-4200RPM) y se dejó reposar durante 15 minutos a temperatura ambiente en ausencia de luz. La absorbancia se midió a 510 nm (Espectrofotómetro UV-Vis DLAB SP-V1100), utilizando un blanco de reacción. Se

preparó una curva de calibración con catequina a una concentración de 1000 µg/mL de la cual se realizaron diluciones a una concentración de (10, 75, 150, 300 y 500 µg/mL). Todos los ensayos de cada muestra de vinagre se realizaron por triplicado, y el contenido de flavonoides se expresó como mg equivalentes de catequina por mL de extracto (mg CA/mL).

3.10. Variables evaluadas

3.10.1. Variable independiente

Tratamientos:

Tratamiento 1 = Vinagre con zumo de noni al 50%.

Tratamiento 2 = Vinagre con zumo de noni al 30%.

Tratamiento 3 = Vinagre con zumo de noni al 70%.

3.10.2. Variable dependientes

Características fisicoquímicas

Capacidad antioxidante

Polifenoles totales

Flavonoides totales

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Características fisicoquímicas

Para la evaluación de las características fisicoquímicas del vinagre elaborado a partir de exudado de cacao (*Theobroma Cacao* L.) con distintas diluciones de noni (*Morinda Citrifolia* L.) 30%, 50% y 70%, se analizaron los parámetros de color, índice de acidez, densidad y grado alcohólico.

4.1.1. Análisis colorimétrico

La determinación del color se realizó utilizando el sistema CIE Lab, que incluye la evaluación de la Luminosidad (L*), así como la posición del color en los ejes verde-rojo (a*) y azul-amarillo (b*). Los resultados fueron los siguientes:

4.1.1.1. Colorimetría del vinagre según la luminosidad L* del sistema CIE Lab

En la tabla 19 Análisis ANVA de la colorimetría CIE Lab L* del vinagre elaborado de la mezcla de residuos de noni (*Morinda citrifolia* L.) y exudado de cacao (*Theobroma cacao* L.). La tabla ANVA descompone la varianza del Color L* en dos componentes: uno que se refiere a las diferencias entre grupos y otro que se refiere a las diferencias dentro de los grupos. La razón F, que en este caso es de 392.26, se calcula como el cociente entre la varianza estimada entre grupos y la varianza estimada dentro de los grupos. Dado que el valor P de la prueba F es menor que 0.05, se concluye que existe una diferencia estadísticamente

significativa en la media del Color L* entre los distintos niveles de tratamiento, con un nivel de confianza del 95.0%. Para identificar cuáles de estas medias son significativamente diferentes entre sí, se realizó la Prueba de Múltiple Rango Tukey.

Tabla 6.

Evaluación colorimétrica del vinagre según la luminosidad L del sistema CIE Lab.*

Tratamientos	Colorimetría CIE Lab (L*)	Significancia
T_2: Vinagre con 30% zumo de noni	89,238 ± 0.284	a
T_1: Vinagre con 50% zumo de noni	88,4367 ± 0.0826	b
T_3: Vinagre con 70% zumo de noni	85,4879 ± 0.0421	c

La Tabla 6 presenta la evaluación del componente L* del color CIE Lab del vinagre elaborado a partir de una mezcla de residuos de noni (*Morinda citrifolia* L.) y exudado de cacao (*Theobroma cacao* L.). Este parámetro L* mide la luminosidad del color del vinagre, en una escala de 0 a 100, donde 0* corresponde al negro absoluto (ausencia total de luz) y 100* corresponde al blanco puro (máxima luminosidad). Los valores de L* obtenidos del vinagre T_1: 88,4367(b); T_2: 89,238(a) y T_3: 85,4879(c) indican que las muestras de vinagre tienen una alta luminosidad, lo que significa que son vinagres muy claros. Los tres valores están cercanos entre sí, lo que sugiere que las muestras de vinagre tienen características de claridad similares, aunque la muestra con L* = 85,49* es ligeramente más oscura que las otras dos. Las diferencias en luminosidad entre los tratamientos son significativas,

reflejando el impacto del grado de dilución en la luminosidad del vinagre. El sistema CIE Lab para análisis colorimétrico ha sido ampliamente utilizado en diversos sectores, como el vinícola, alimentario y textil. En el ámbito del vino, este método ha permitido detectar diferencias significativas entre vinos jóvenes y envejecidos, demostrando su utilidad para la clasificación de estos productos (Granado, 1987). En el análisis de alimentos, se ha implementado un sistema de visión por computadora que captura imágenes segmentadas y promediadas de muestras en coordenadas CIE-Lab*, facilitando la comparación de colores y la evaluación de la calidad (Pereira, 2009). En la industria textil, el análisis colorimétrico se ha empleado para medir la uniformidad del color en distintas muestras (Díaz, 2007). Además, el sistema CIE Lab ha sido aplicado en estudios de extractos vegetales, como en hojas de teca, donde variables como la posición de las hojas y el tiempo de calentamiento influyeron en la tonalidad del extracto (Mendoza & Borges, 2015).

4.1.1.2. Colorimetría del vinagre según la luminosidad a* del sistema CIE Lab

En la tabla 20 Análisis ANVA de la colorimetría CIE Lab a* del vinagre elaborado de la mezcla de residuos de noni (*Morinda citrifolia* L.) y exudado de cacao (*Theobroma cacao* L.). El componente a* mide la intensidad del color en el eje rojo-verde, siendo que los valores negativos indican una tendencia hacia el verde y los valores positivos indican una tendencia hacia el rojo. La tabla ANVA descompone la varianza del Color a en dos componentes: uno correspondiente a las diferencias entre grupos y otro que refleja las diferencias dentro de los grupos.

La razón F, que en este análisis es de 343.91, se calcula como el cociente entre la varianza estimada entre grupos y la varianza estimada dentro de los grupos. Dado que el valor P de la prueba F es menor que 0.05, se establece que existe una diferencia estadísticamente significativa en la media del Color a* entre los diferentes niveles de tratamiento, con un nivel de confianza del 95.0%. Para identificar cuáles de estas medias son significativamente diferentes entre sí, se realizó la Prueba de Múltiple Rango Tukey.

Tabla 7.

Evaluación colorimétrica del vinagre según la luminosidad a del sistema CIE Lab*

Tratamientos	Colorimetría CIE Lab (a*)	Significancia
T_3: Vinagre con 70% zumo de noni	0,7683 ± 0.0358	a
T_2: Vinagre con 30% zumo de noni	-0,05310 ± 0.0100	b
T_1: Vinagre con 50% zumo de noni	-0,7646 ± 0.1184	c

La Tabla 7 presenta la evaluación del componente a* del color CIE – Lab del vinagre elaborado a partir de una mezcla de residuos de noni (*Morinda citrifolia* L.) y exudado de cacao (*Theobroma cacao* L.). En los resultados, los valores de a* obtenidos del vinagre T_1: -0,7646(c); T_2: -0,05310(b) y T_3: 0,7683(a) donde: T_3 tiene el valor más alto de "a*", esto indica que este tratamiento tiene la mayor intensidad en el rango de tonalidades rojas. Por otro lado, el T_2, sugiere una tonalidad neutral entre el eje verde-rojo, lo que sugiere que su tonalidad es

equilibrada, en comparación con T_3, pero menos pronunciada que T_1, el cual presenta una leve tendencia hacia el verde.

Los resultados indican que el T_3 tiene la mayor intensidad de color rojo, mientras que T_2 tiene la tonalidad más verde. Las diferencias en la intensidad del color entre los tratamientos son significativas, reflejando el impacto del nivel de dilución en el componente a* del color del vinagre. El análisis colorimétrico de productos alimenticios, como vinos y extractos vegetales, ha sido objeto de estudio mediante diversos métodos y sistemas de color. El espacio de color CIE-LAB, que incluye los parámetros L* (luminosidad), a* (rojo-verde) y b* (amarillo-azul), se ha aplicado extensamente en estos análisis (Mateos, 1996). (Mendoza & Borges, 2015) Investigaciones han demostrado que los parámetros colorimétricos pueden diferenciar entre regiones vinícolas y procesos de envejecimiento (Mateos, 1996; Granado, 1987). Además, la posición de las hojas en el árbol y el tiempo de calentamiento pueden influir en el color de los extractos acuosos (Mendoza & Borges, 2015). Se han desarrollado sistemas de visión por computadora y herramientas de diseño gráfico para obtener imágenes segmentadas y promediadas de muestras alimentarias en coordenadas CIE-Lab*, lo que permite comparar variaciones de color entre diferentes muestras y evaluar los estados de maduración de los cultivos (Pereira, 2009).

4.1.1.3. Colorimetría del vinagre según la luminosidad b* del sistema CIE Lab

En la tabla 21 Análisis ANVA de la colorimetría CIE Lab b* del vinagre elaborado de la mezcla de residuos de noni (*Morinda citrifolia* L.) y exudado de cacao (*Theobroma cacao* L.). La tabla ANVA descompone la varianza del Color b* en dos componentes: uno que representa las diferencias entre grupos y otro que refleja las diferencias dentro de los grupos. La razón F, que en este caso es de 497.90, se determina como el cociente entre la varianza estimada entre grupos y la varianza estimada dentro de los grupos. Dado que el valor P de la prueba F es inferior a 0.05, se concluye que existe una diferencia estadísticamente significativa en la media del Color b* entre los distintos niveles de tratamiento, con un nivel de confianza del 95.0%. Para identificar cuáles de estas medias son significativamente diferentes entre sí, se realizó la Prueba de Múltiple Rango Tukey.

Tabla 8.

Evaluación colorimétrica del vinagre según la luminosidad b del sistema CIE Lab*

Tratamientos	Colorimetría CIE Lab (b*)	Significancia
T_3: Vinagre con 70% zumo de noni	31,26 ± 0.0777	a
T_1: Vinagre con 50% zumo de noni	24,38 ± 0.401	b
T_2: Vinagre con 30% zumo de noni	24,26 ± 0.351	b

La Tabla 8 presenta la evaluación del componente b* del color

CIE Lab del vinagre elaborado a partir de una mezcla de residuos de noni (*Morinda citrifolia* L.) y exudado de cacao (*Theobroma cacao* L.). El componente b* mide la intensidad del color en el eje amarillo-azul, donde valores positivos indican tonalidades más amarillas y valores negativos indican tonalidades más azules. En los resultados el T_1: 24,38(b) Indica una fuerte tendencia hacia el amarillo. T_2: 24,26(b); también muestra una tendencia hacia el amarillo, aunque es ligeramente más baja que la de T_1, y el T_3: 31,26(a); presenta una tendencia aún más marcada hacia el amarillo, siendo notablemente más alta que las otras dos muestras de vinagre. Finalmente, el T_2 tiene el valor más bajo de b*, mostrando una intensidad de amarillo similar a la de T_1, pero ligeramente menor. El T_3 muestra la mayor intensidad de color amarillo, mientras que el T_1 y T_2 tienen tonalidades similares y menos intensas. Las diferencias en la intensidad del color amarillo entre los tratamientos son significativas, reflejando el impacto del nivel de dilución en el componente b* del color del vinagre.

El análisis colorimétrico utilizando el sistema CIE-Lab* ha sido aplicado en diversos campos, como la ciencia de los alimentos, la enología y la industria textil. Estudios han demostrado que las coordenadas CIE-Lab* son eficaces para caracterizar diferencias de color en extractos acuosos de hojas de teca (Mendoza & Borges, 2015) y muestras de vino (Granado, 1987). El sistema CIELAB ha sido recomendado para medir distancias de color entre imágenes y se ha utilizado en el desarrollo de métodos para mejorar la nitidez de imágenes basados en modelos de visión de color humano (Díaz, 2007). Asimismo, se ha desarrollado un sistema de visión por computadora que emplea las coordenadas

CIE-Lab* para segmentar y promediar imágenes de muestras alimentarias, permitiendo la comparación de color entre diferentes muestras y la evaluación del estado de maduración de los cultivos (Pereira, 2009). Estos estudios demuestran la versatilidad y efectividad del sistema CIE-Lab* en el análisis colorimétrico en diversas aplicaciones, desde el control de calidad industrial hasta la investigación en ciencia de los alimentos.

4.1.2. Acidez total expresado en ácido acético

Los resultados de la tabla 22 del análisis de varianza (ANVA) de la acidez total expresado ácido acético del vinagre elaborado a partir de una mezcla de residuos de noni (*Morinda citrifolia* L.) y exudado de cacao (*Theobroma cacao* L.). Este análisis busca determinar si existen diferencias significativas en la acidez total expresado en ácido acético entre los tratamientos evaluados. La tabla ANVA descompone la varianza del ácido acético en dos componentes: uno que refleja las diferencias entre grupos y otro que indica las diferencias dentro de los grupos. La razón F, que en este análisis es de 22.4, se calcula como el cociente entre la varianza estimada entre grupos y la varianza estimada dentro de los grupos. Dado que el valor P = 0.002 de la prueba F es menor que 0.05, se concluye que existe una diferencia estadísticamente significativa en la media del ácido acético entre los diferentes niveles de tratamiento, con un nivel de confianza del 95.0%. Para identificar cuáles de estas medias son significativamente diferentes entre sí, se realizó la Prueba de Múltiple Rango Tukey.

Tabla 9.

Evaluación de la acidez total expresado en ácido acético

Tratamientos	Acidez total expresado en ácido acético (%)	Significancia
T_3: Vinagre con 70% zumo de noni	4,02667 ± 0.0057	a
T_1: Vinagre con 50% zumo de noni	4,00000 ± 0.0100	b
T_2: Vinagre con 30% zumo de noni	3,98667 ± 0.0057	b

La Tabla 9 muestra la evaluación de la acidez total expresado en ácido acético del vinagre elaborado a partir de diferentes mezclas de residuos de noni (*Morinda citrifolia* L.) y exudado de cacao (*Theobroma cacao* L.). En esta tabla se presentan tres tratamientos: El tratamiento T3 presentó la mayor acidez total (4,02667 a), siendo significativamente diferente de T1 (4,00000 b) y T2 (3,98667 b), los cuales no difieren entre sí. Esto indica que la mayor proporción de noni en T3 incrementa significativamente la acidez total frente a los otros tratamientos. Estudios recientes han analizado el contenido de ácido acético en vinagres comerciales para evaluar su calidad y su cumplimiento con las normativas vigentes. Una investigación realizada en Perú encontró que solo dos de seis marcas de vinagre de manzana cumplían con el requisito mínimo de concentración de ácido acético del 5% (Diaz et al., 2020). De manera similar, un estudio en Brasil reveló que una marca de vinagre de manzana no alcanzaba el estándar legal del país, que exige un contenido de ácido acético entre el 4% y el 6% (Leão et al., 2019). Otra investigación en Brasil examinó cuatro marcas de vinagre, de las cuales tres cumplían con los estándares

legales y una los superaba (Cruz et al., 2022). Estos hallazgos subrayan la variabilidad en la calidad del vinagre entre diferentes marcas y tipos. El análisis de vinagre generalmente implica métodos de titulación ácido-base para determinar la concentración de ácido acético (Malca Diaz et al., 2020; Cruz et al., 2022). Además de la acidez, otros parámetros como la acidez volátil, acidez fija, extracto seco y pH también son cruciales para caracterizar la calidad del vinagre (Schmoeller & Balbi, 2010).

4.1.3. Densidad

En la tabla 23 análisis de varianza (ANVA) de la densidad final del vinagre elaborado a partir de una mezcla de residuos de noni (*Morinda citrifolia* L.) y exudado de cacao (*Theobroma cacao* L.). Este análisis examina la significancia de las diferencias en la densidad final del vinagre entre los distintos tratamientos aplicados. La tabla ANOVA descompone la varianza del ácido acético en dos componentes: uno que corresponde a las diferencias entre grupos y otro que refleja las diferencias dentro de los grupos. La razón F, en este caso 21.00, se obtiene al dividir la varianza estimada entre grupos por la varianza estimada dentro de los grupos. Dado que el valor P = 0.002 de la prueba F es menor que 0.05, se puede concluir que existe una diferencia estadísticamente significativa en la media de ácido acético entre los diferentes niveles de tratamiento, con un nivel de confianza del 95.0%. Para identificar cuáles de estas medias son significativamente diferentes entre sí, se realizó la Prueba de Múltiple Rango Tukey.

Tabla 10.

Evaluación de la densidad final del vinagre

Tratamientos	Densidad final (g/cm^3)	Significancia
T_3: Vinagre con 70% zumo de noni	1,00563 ± 0.00006	a
T_1: Vinagre con 50% zumo de noni	1,00553 ± 0.00006	a
T_2: Vinagre con 30% zumo de noni	1,00533 ± 0.00006	b

La Tabla 10 presenta la evaluación de la densidad final del vinagre elaborado a partir de diferentes mezclas de residuos de noni (*Morinda citrifolia* L.) y exudado de cacao (*Theobroma cacao* L.). Se incluyen tres tratamientos con distintas proporciones de noni en la mezcla. El tratamiento T_3, presenta una densidad final de 1,00563(a), indicando que no hay diferencia significativa respecto al tratamiento T_1. El tratamiento T_1, muestra una densidad final de 1,00553(a), confirmando que es similar a T_3. Por otro lado, el tratamiento T_2, tiene una densidad final de 1,00533(b) lo que indica una diferencia significativa en comparación con los tratamientos T_1 y T_3. Los resultados sugieren que las mezclas con mayores proporciones de noni (T_3 y T_1) no presentan diferencias significativas en la densidad final del vinagre, mientras que la mezcla con la menor proporción de noni (T_2) tiene una densidad significativamente diferente.

La densidad es un concepto clave en las ciencias experimentales, y su comprensión por parte de estudiantes universitarios ha sido objeto de estudio

(Raviolo et al., 2024). En el caso del análisis de vinagres, la densidad es un parámetro esencial para evaluar su calidad y la concentración de ácido acético. Además, la caracterización fisicoquímica de las vinazas, subproductos de la producción de alcohol, incluye mediciones de densidad, pH y otros parámetros importantes para determinar opciones de tratamiento y garantizar el cumplimiento de las normativas ambientales (Alzate, 2015).

4.1.4. Grado alcohólico

En la tabla 24 análisis de varianza (ANVA) del grado alcohólico final del vinagre elaborado a partir de una mezcla de residuos de noni (*Morinda citrifolia* L.) y exudado de cacao (*Theobroma cacao* L.). Este análisis permite determinar si existen diferencias significativas en el grado alcohólico final del vinagre entre los diferentes tratamientos aplicados. La tabla ANOVA descompone la varianza del grado alcohólico en dos componentes: uno que representa las diferencias entre los grupos y otro que refleja las diferencias dentro de los grupos. La razón F, en este caso de 21.29, se calcula como el cociente entre la varianza estimada entre los grupos y la varianza estimada dentro de los grupos. Dado que el valor P = 0.002 de la prueba F es menor a 0.05, se puede concluir que hay una diferencia estadísticamente significativa en la media del grado alcohólico entre los distintos niveles de tratamiento, con un nivel de confianza del 95.0%. Para identificar cuáles de estas medias son significativamente diferentes entre sí, se realizó la Prueba de Múltiple Rango Tukey.

Tabla 11.

Evaluación del grado alcohólico final del vinagre

Tratamientos	Grado alcohólico (°GL)	Significancia
T_2: Vinagre con 30% zumo de noni	0,8600 ± 0.0693	a
T_1: Vinagre con 50% zumo de noni	0,6067 ± 0.0751	b
T_3: Vinagre con 70% zumo de noni	0,4767 ± 0.0751	b

La Tabla 11 muestra la evaluación del grado alcohólico final del vinagre elaborado a partir de diferentes mezclas de residuos de noni (*Morinda citrifolia* L.) y exudado de cacao (*Theobroma cacao* L.). La tabla presenta tres tratamientos con diferentes proporciones de noni en la mezcla. El tratamiento T_2, tiene el mayor grado alcohólico final, con un valor de 0,8600 °GL (a), indicando que es significativamente diferente de los otros tratamientos. El tratamiento T_1, presenta un grado alcohólico de 0,6067 °GL (b), lo que sugiere que es significativamente menor que T_2, pero no difiere significativamente de T_3. Por último, el tratamiento T_3, muestra el menor grado alcohólico final con un valor de 0,4767 °GL (b), indicando que no hay diferencia significativa con T_1, pero sí con T_2. Los resultados evidencian que el tratamiento con la menor proporción de noni (T_2) presenta un grado alcohólico final significativamente mayor en comparación con los tratamientos T_1 y T_3, que no difieren significativamente entre sí.

El vinagre es una solución diluida de ácido acético que se obtiene

mediante la fermentación alcohólica seguida de una fermentación acética (López & Lirio, 2017). El grado mínimo de acidez requerido para su consumo es de 6° (López & Lirio, 2017). Durante el proceso de envejecimiento, aumentan significativamente compuestos volátiles como el acetato de metilo, metanol y diacetilo (Morales et al., 2002). El contenido inicial de etanol tiene un impacto directo en la complejidad aromática final, destacando la formación de acetato de etilo en muestras que contienen aproximadamente 2° de alcohol al inicio (Morales et al., 2002). Entre las variables utilizadas para caracterizar los vinagres se incluyen la acidez total, acidez volátil, acidez fija, extracto seco y pH (Kropzak Schmoeller & Balbi, 2010).

4.1.5. pH

En la tabla 25 análisis de varianza (ANVA) del pH del vinagre elaborado a partir de una mezcla de residuos de noni (*Morinda citrifolia* L.) y exudado de cacao (*Theobroma cacao* L.). Este análisis permite determinar si existen diferencias significativas en el grado alcohólico final del vinagre entre los diferentes tratamientos aplicados. La tabla ANOVA descompone la varianza del pH en dos componentes: uno que representa las diferencias entre los grupos y otro que refleja las diferencias dentro de los grupos. La razón F, en este caso de 2.17, se calcula como el cociente entre la varianza estimada entre los grupos y la varianza estimada dentro de los grupos. Dado que el valor P = 0.196 asociado a la razón F es mayor o igual a 0.05, no se detecta una diferencia estadísticamente significativa en la media del pH entre los diferentes niveles de tratamiento, con un nivel de confianza del 95.0%.

Tabla 12.

Evaluación del pH del vinagre

Tratamientos	pH	Significancia
T_1: Vinagre con 50% zumo de noni	3.536 ± 0.00577	a
T_2: Vinagre con 30% zumo de noni	3.533 ± 0.00577	a
T_3: Vinagre con 70% zumo de noni	3.523 ± 0.01155	a

La Tabla 12 muestra la evaluación del pH del vinagre elaborado a partir de una mezcla de residuos de noni (*Morinda citrifolia* L.) y exudado de cacao (*Theobroma cacao* L.). Indicando que no hay diferencias estadísticamente significativas entre cualquier par de medias, con un nivel del 95.0% de confianza. Tres estudios que midieron el pH en vinagres de frutas indican que los productos artesanales presentan valores de pH más altos que los comerciales (Cosmulescu et al., 2022). Uno de ellos, en un estudio sobre especies silvestres de frutas, el pH comercial varía entre 2.22 y 2.86, mientras que el artesanal va de 2.58 a 3.67 (Cosmulescu et al., 2022. En otro estudio, el vinagre de manzana muestra un pH comercial de 3.19, frente a un pH de 3.69 en la versión artesanal (Ousaaid et al., 2022). Estos resultados sugieren que, para los tipos de fruta estudiados, el vinagre artesanal tiene consistentemente un pH más alto en comparación con el vinagre comercial.

4.1.6. °Brix del mosto alcohólico

En la tabla 26 Análisis ANVA del °Brix del mosto alcohólico de exudado de cacao (*Theobroma cacao* L.). Este análisis permite determinar si existen diferencias significativas en el grado alcohólico final del vinagre entre los diferentes tratamientos aplicados. La tabla ANOVA descompone la varianza del pH en dos componentes: uno que representa las diferencias entre los grupos y otro que refleja las diferencias dentro de los grupos. La razón F, en este caso de 0.50, se calcula como el cociente entre la varianza estimada entre los grupos y la varianza estimada dentro de los grupos. Dado que el valor P = 0.630 asociado a la razón F es mayor o igual a 0.05, no se detecta una diferencia estadísticamente significativa en la media del pH entre los diferentes niveles de tratamiento, con un nivel de confianza del 95.0%.

Tabla 13.

Evaluación del °Brix del mosto alcohólico.

Tratamientos	°Brix	Significancia
T_3: Vinagre con 70% zumo de noni	7.167 ± 0.289	a
T_2: Vinagre con 30% zumo de noni	7.167 ± 0.289	a
T_1: Vinagre con 50% zumo de noni	7.000 ± 0.000	a

La Tabla 13 muestra la evaluación del °Brix del mosto alcohólico

elaborado de exudado de cacao (*Theobroma cacao* L.). Indicando que no hay diferencias estadísticamente significativas entre cualquier par de medias, con un nivel del 95.0% de confianza. Los valores iniciales de Brix generalmente oscilan entre 15-22°, y disminuyen a 7-9° al finalizar la fermentación. Factores como la pasteurización y la temperatura de incubación pueden influir en el proceso fermentativo, siendo la fermentación de mosto no pasteurizado a 30°C la que muestra una producción óptima de alcohol (León & Jaimes Portilla, 2018).

4.1.7. °Brix del vinagre

En la tabla 27 análisis de varianza (ANVA) del °Brix del vinagre elaborado a partir de una mezcla de residuos de noni (*Morinda citrifolia* L.) y exudado de cacao (*Theobroma cacao* L.). Este análisis permite determinar si existen diferencias significativas en el grado °Brix del vinagre entre los diferentes tratamientos aplicados. La tabla ANOVA descompone la varianza del °Brix en dos componentes: uno que representa las diferencias entre los grupos y otro que refleja las diferencias dentro de los grupos. La razón F, en este caso de 2.33, se calcula como el cociente entre la varianza estimada entre los grupos y la varianza estimada dentro de los grupos. Dado que el valor P = 0.178 asociado a la razón F es mayor o igual a 0.05, no se detecta una diferencia estadísticamente significativa en la media del °Brixg entre los diferentes niveles de tratamiento, con un nivel de confianza del 95.0%.

Tabla 14*. Evaluación del °Brix del vinagre.*

Tratamientos	°Brix	Significancia
T_3: Vinagre con 70% zumo de noni	1.6 ± 0.1155	a
T_1: Vinagre con 50% zumo de noni	1.5 ± 0.1528	a
T_2: Vinagre con 30% zumo de noni	1.4 ± 0.0577	a

La Tabla 14 muestra la evaluación del °Brix del vinagre elaborado a partir de una mezcla de residuos de noni (*Morinda citrifolia* L.) y exudado de cacao (*Theobroma cacao* L.). Indicando que no hay diferencias estadísticamente significativas entre cualquier par de medias, con un nivel del 95.0% de confianza. Los valores de Brix en los tratamientos T3 (1.6), T1 (1.5) y T2 (1.4) indican la posible presencia de azúcares residuales, debido a que no se fermentan completamente. Esto es común en vinagres artesanales elaborados con frutas o exudado de cacao, a diferencia de los vinagres comerciales con fermentaciones más controladas (Dutra et al., 2017). Rosas-Leyva et al. (2023) señalan que un Brix inicial entre 18 y 22° favorece la conversión eficiente de azúcares en etanol.

4.2. Sustancias bioactivas

4.2.1. Capacidad antioxidante

La tabla 28 análisis de varianza (ANVA) para la capacidad antioxidante del vinagre elaborado a partir de una mezcla de residuos de noni (*Morinda citrifolia* L.) y exudado de cacao (*Theobroma cacao* L.). La tabla ANVA descompone la varianza de la capacidad antioxidante en dos componentes: uno que representa las diferencias entre los grupos y otro que refleja las diferencias dentro de los grupos.

La razón F, en este caso de 0.54, se calcula dividiendo la varianza entre los grupos por la varianza dentro de los grupos. Dado que el valor P = 0.607 asociado a la razón F es mayor o igual a 0.05, no se detecta una diferencia estadísticamente significativa en la media de la capacidad antioxidante entre los diferentes niveles de tratamiento, con un nivel de confianza del 95.0%.

Tabla 15.

Evaluación de la capacidad antioxidante del vinagre

Tratamientos	Capacidad antioxidante (µmol ET/mL)	Significancia
T_2: Vinagre con 30% zumo de noni	19,5807 ± 0.0107	a
T_1: Vinagre con 50% zumo de noni	19,5806 ± 0.1384	a
T_3: Vinagre con 70% zumo de noni	19,5068 ± 0.1081	a

La Tabla 15 muestra la evaluación de la capacidad antioxidante del vinagre elaborado a partir de una mezcla de residuos de noni (*Morinda citrifolia* L.) y exudado de cacao (*Theobroma cacao* L.), expresada en µmol de Trolox equivalente por mililitro (µmol ET/mL). Indicando que no hay diferencias estadísticamente significativas entre cualquier par de medias, con un nivel del 95.0% de confianza. El vinagre presenta propiedades antioxidantes y antimicrobianas significativas, con variaciones según el tipo y método de producción. Los vinagres de vino, especialmente el vinagre de vino tinto, destacan por su elevada capacidad antioxidante debido a su alto contenido en polifenoles

(Martínez Sánchez et al., 2023; Moliner et al., 2006). El vinagre balsámico tradicional (VBT) exhibe una capacidad antioxidante excepcional, la cual aumenta con el envejecimiento, debido a la concentración de compuestos existentes y la formación de nuevos antioxidantes como las melanoidinas (Verzelloni et al., 2010). Los polifenoles, flavonoides y el 5-hidroximetilfurfural son factores clave que influyen en la capacidad antioxidante del vinagre (Yun et al., 2016). Aunque el ácido acético es el principal responsable de la actividad antimicrobiana del vinagre, una mayor concentración de polifenoles puede potenciar este efecto contra microorganismos sensibles a los ácidos (Moliner et al., 2006).

4.2.1.1. Porcentaje de inhibición.

La tabla 29 análisis de varianza (ANVA) para el porcentaje de inhibición del vinagre elaborado a partir de una mezcla de residuos de noni (*Morinda citrifolia* L.) y exudado de cacao (*Theobroma cacao* L.). Este análisis evalúa si existen diferencias significativas en el porcentaje de inhibición entre los diferentes tratamientos aplicados. En La tabla ANVA se descompone la varianza del porcentaje de inhibición en dos componentes: uno que refleja las diferencias entre los grupos y otro que representa las diferencias dentro de los grupos. La razón F, en este caso de 0.54, se obtiene al dividir la varianza entre los grupos por la varianza dentro de los grupos. Dado que el valor P = 0.607 asociado a la razón F es mayor o igual a 0.05, no se observa una diferencia estadísticamente significativa en la media del porcentaje de inhibición entre los distintos niveles de tratamiento, con un nivel de confianza del 95.0%.

Tabla 16.

Evaluación del porcentaje de inhibición del vinagre

Tratamientos	Porcentaje de inhibición (%)	Significancia
T_3: Vinagre con 70% zumo de noni	68,59 ± 3.49	a
T_1: Vinagre con 50% zumo de noni	66,203 ± 0.344	a
T_2: Vinagre con 30% zumo de noni	66,14 ± 4.47	a

La Tabla 16 muestra la evaluación del porcentaje de inhibición del vinagre elaborado a partir de una mezcla de residuos de noni (*Morinda citrifolia* L.) y exudado de cacao (*Theobroma cacao* L.). Este porcentaje mide la capacidad del vinagre para inhibir una reacción específica, y se expresa en términos de porcentaje. Indica que no hay diferencias estadísticamente significativas entre cualquier par de medias, con un nivel del 95.0% de confianza. Los vinagres presentan propiedades antioxidantes y antimicrobianas destacadas, siendo los vinagres de vino y de frutas los que muestran una mayor capacidad antioxidante en comparación con los vinagres a base de alcohol (Martínez Sánchez et al., 2023; Kobayashi & Da Silva, 2021). El vinagre de vino tinto destaca de manera constante por su mayor actividad antioxidante y su elevado contenido en compuestos fenólicos (Yun et al., 2016; Kobayashi & Da Silva, 2021). Cuando se utilizan como condimento, diversos tipos de vinagre inhiben significativamente la formación de HAP, siendo el vinagre de saúco y el de vino blanco los que alcanzan las tasas de inhibición más altas, con un 82% y un 79% respectivamente (Cordeiro et al., 2020).

Este efecto inhibidor está moderadamente correlacionado con el contenido total de fenoles y la actividad antioxidante de los vinagres.

4.2.2. Contenido de polifenoles totales del vinagre

En la tabla 30 análisis de varianza (ANVA) de los polifenoles totales del vinagre elaborado a partir de una mezcla de residuos de noni (*Morinda citrifolia* L.) y exudado de cacao (*Theobroma cacao* L.). Este análisis permite determinar si existen diferencias significativas en el contenido de polifenoles totales entre los distintos tratamientos aplicados. La tabla ANOVA descompone la varianza en el contenido de polifenoles en dos componentes: uno que representa las diferencias entre grupos y otro que refleja las diferencias dentro de los grupos. La razón F, en este caso de 66.53, se calcula como el cociente entre la varianza estimada entre los grupos y la varianza estimada dentro de los grupos. Dado que el valor P = 0.0001 de la prueba F es menor que 0.05, se puede concluir que existe una diferencia estadísticamente significativa en la media de polifenoles entre los diferentes niveles de tratamiento, con un nivel de confianza del 95.0%. Para identificar cuáles de estas medias son significativamente diferentes entre sí, se realizó la Prueba de Múltiple Rango Tukey.

Tabla 17.

Evaluación de los polifenoles totales del vinagre

Tratamientos	Polifenoles totales (mg GAE/mL)	Significancia
T_2: Vinagre con 30% zumo de noni	0,30314 ± 0.000228	a
T_1: Vinagre con 50% zumo de noni	0,29895 ± 0.00219	b
T_3: Vinagre con 70% zumo de noni	0,28796 ± 0.00186	c

La Tabla 17 muestra la evaluación de los polifenoles totales en el vinagre elaborado a partir de diferentes mezclas de residuos de noni (*Morinda citrifolia* L.) y exudado de cacao (*Theobroma cacao* L.). Se presentan tres tratamientos, cada uno con diferentes proporciones de noni y exudado de cacao. El tratamiento T_2, presenta el mayor contenido de polifenoles totales con un valor de 0,30314 mg GAE/mL (a). Esto indica que es significativamente diferente y superior en comparación con los otros tratamientos. El tratamiento T_1, que tiene un contenido de polifenoles totales de 0,29895 mg GAE/mL (b), lo que sugiere una diferencia significativa respecto a T_2 y T_3. Finalmente, el tratamiento T_3, presenta el menor contenido de polifenoles totales con un valor de 0,28796 mg GAE/mL (c), indicando que es significativamente diferente y más bajo que los tratamientos T_1 y T_2. Los resultados indican que el vinagre con la menor proporción de noni (T_2) tiene el mayor contenido de polifenoles totales, seguido del tratamiento T_1, mientras que el tratamiento con la mayor proporción de noni (T_3) presenta el menor contenido. Esto sugiere que la proporción de exudado de cacao en la mezcla tiene un impacto significativo en el contenido de

polifenoles totales del vinagre. Las investigaciones sobre el vinagre han demostrado que contiene niveles variables de polifenoles totales, los cuales contribuyen a sus propiedades antioxidantes y antimicrobianas. El vinagre de vino tinto suele presentar la mayor capacidad antioxidante y contenido fenólico, seguido por el vinagre de vino blanco y el de manzana, mientras que el vinagre de alcohol muestra un contenido fenólico mínimo o nulo (Martínez Sánchez et al., 2023; Kobayashi & Da Silva, 2021). El contenido total de polifenoles en los vinagres puede variar entre 206,82 mg/L y 655,00 µg GAE/mL, dependiendo del tipo y la marca (Mármol et al., 2009; Kara et al., 2022). Además, los vinagres han demostrado actividad antimicrobiana contra varias bacterias patógenas, con zonas de inhibición que oscilan entre 6.33 y 34.33 mm (Kara et al., 2022). La actividad antioxidante de los vinagres se ha evaluado mediante métodos como los ensayos de DPPH, ABTS y FRAP (Kobayashi & Da Silva, 2021; Kara et al., 2022). Estos hallazgos subrayan los posibles beneficios para la salud y la funcionalidad tecnológica de los vinagres ricos en polifenoles.

4.2.3. Contenido de flavonoides totales en el vinagre

En la tabla 31 análisis de varianza (ANVA) para los flavonoides totales en el vinagre elaborado a partir de una mezcla de residuos de noni (*Morinda citrifolia* L.) y exudado de cacao (*Theobroma cacao* L.). Este análisis tiene como objetivo evaluar la significancia de las diferencias en el contenido de flavonoides totales entre los diferentes tratamientos aplicados. La tabla ANVA descompone la varianza en el contenido de flavonoides en dos componentes: uno que representa las

diferencias entre los grupos y otro que refleja las diferencias dentro de los grupos. La razón F, en este caso de 4.02, se calcula dividiendo la varianza estimada entre los grupos por la varianza dentro de los grupos. Dado que el valor P = 0.078 asociado a la razón F es mayor o igual a 0.05, no se observa una diferencia estadísticamente significativa en la media de flavonoides entre los diferentes niveles de tratamiento, con un nivel de confianza del 95.0%

Tabla 18. *Evaluación de los flavonoides totales del vinagre*

Tratamientos	Flavonoides totales (mg CA/mL)	Significancia
T_2: Vinagre con 50% zumo de noni	0,023 ± 0.00126	a
T_3: Vinagre con 70% zumo de noni	0,022 ± 0.00204	a b
T_1: Vinagre con 30% zumo de noni	0,020 ± 0.00127	b

La Tabla 18 presenta la evaluación de los flavonoides totales en el vinagre elaborado a partir de una mezcla de residuos de noni (*Morinda citrifolia* L.) y exudado de cacao (*Theobroma cacao* L.). Los resultados se organizan en función de tres tratamientos con diferentes proporciones de noni en la mezcla. Indica que no hay diferencias estadísticamente significativas entre cualquier par de medias, con un nivel del 95.0% de confianza. Las investigaciones sobre los flavonoides en el vinagre destacan su relevancia como antioxidantes y sus posibles beneficios para la salud. Se ha demostrado que el proceso de acetificación puede afectar el contenido fenólico de los vinagres, observándose una disminución del 13% en los

fenoles totales en el vinagre de vino tinto (Andlauer et al., 2000). El contenido de flavonoides varía según las variedades de uva, siendo las uvas Cabernet Sauvignon y Carmenere las que contienen los niveles más altos (Ciudad & Valenzuela, 2002). En una comparación entre diferentes tipos de vinagre, se encontró que el vinagre de vino tinto tenía el mayor contenido fenólico total (516.34 mg mL-1) y la mayor actividad antioxidante medida mediante ABTS•+ (2215.74 μM Trolox). Los vinagres de manzana y vino blanco mostraron aproximadamente un 95% de actividad antioxidante utilizando el método DPPH•, mientras que el vinagre de alcohol presentó consistentemente la menor actividad antioxidante y contenido fenólico (Kobayashi & Da Silva, 2021).

CAPITULO V

CONCLUSIONES

- Los vinagres de los tratamientos T_1, T_2 y T_3 presenta un contenido significativo en su capacidad antioxidantes, polifenoles y flavonoides totales, de acuerdo con los parámetros utilizados para la evaluación de sustancias bioactivas.

- Los vinagres de los tratamientos T1, T2 y T3 cumplen con los parámetros de características fisicoquímicas establecidos en la Norma Técnica Peruana 209.020. Además, el tratamiento T2 presentó un equilibrio óptimo en los parámetros de color CIE Lab (L: 89,238; a: -0,05310; b: 24,26), mostrando una coloración favorable en comparación con los demás tratamientos.

- El tratamiento T2 se destacó por su alto contenido de polifenoles (0,30314 mg GAE/mL), flavonoides (0,023 mg CA/mL) y capacidad antioxidante (19,5807 µmol ET/mL), superando a T1 y T3.

CAPITULO VI

RECOMENDACIONES

- Incluir un análisis sensorial y evaluar otros parámetros fisicoquímicos que influyan en las características organolépticas y en la conservación del vinagre.

- Utilizar el Tratamiento T2 para desarrollar vinagres que ofrezcan un alto contenido de polifenoles y flavonoides, destacando su capacidad antioxidante superior.

- Se recomienda continuar con la investigación aprovechando las cualidades beneficiosas del exudado de cacao y el zumo de noni. Esto permitirá desarrollar productos que maximicen el contenido de polifenoles y flavonoides, así como su capacidad antioxidante.

- Investigar cómo las características específicas de cada tratamiento afectan la estabilidad y el rendimiento del vinagre en diferentes aplicaciones culinarias e industriales, para ajustar el proceso de producción según los requisitos del producto final.

- Impulsar el aprovechamiento de residuos agrícolas, como los de noni y exudado de cacao, para desarrollar subproductos con sustancias bioactivas. contribuyendo a la creación de productos funcionales con beneficios para la salud.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida, É.D., de Oliveira, D., & Hotza, D. (2019). Properties and Applications of Morinda citrifolia (Noni): A Review. Comprehensive reviews in food science and food safety, 18 4, 883-909 . DOI:10.1111/1541-4337.12456

Alves, V.G., Costa, R.S., Aliakbarian, B., Casazza, A.A., Perego, P., Pinheiro, M.S., Arruda, Júnior, J.O., Converti, A., Roseane, & Costa, M.R. (2017). SUPPLEMENTARY MATERIAL Bioactive compounds and antioxidant potential for polyphenol-rich cocoa extract obtained by agroindustrial residue. Corpus ID: 12255952

Alzate, C.E. (2015). Caracterización físico-química de una vinaza resultante de la producción de alcohol de una industria licorera, a partir del aprovechamiento de la caña de azúcar. Ingenierías USBMed, 6, 36-41. DOI:10.21500/20275846.1729

Antolín, I.P., & Meneses, M.M. (2000). Aplicación de la espectrofotometría UV-visible al estudio de la estabilidad térmica de aceites vegetales comestibles. Grasas Y Aceites, 51, 424-428. DOI:10.3989/GYA.2000.V51.I6.461

Artunduaga, K.S., & Castañeda, M.D. (2022). Evaluación del contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante de extractos etanólicos de la cáscara de cacao (Theobroma cacao L.). Revista de Investigación Agraria y Ambiental. DOI:10.22490/21456453.4717

Baca, S., Rosas, F., & Murillo, M. (2020). Physicochemical characteristics, bioactive compounds and minerals content in cocoa fruit (Theobroma cacao L.) shell flour. Manglar. DOI:10.17268/manglar.2020.011

Báez, M., Arrazate, C.H., Alonso-López, B.L., Iracheta-Donjuán, L., Martínez-Bolaños, M., Ruíz-Cruz, P.A., & Ortíz-Curiel, S. (2020). Remoción nutrimental del fruto de cacao (Theobroma cacao L.) en México. Agro Productividad. DOI:10.32854/agrop.vi.1713

Batista NN, Ramos CL, Ribeiro DD, Pinheiro ACM, Schwan RF. 2015. Dynamic behavior of Saccharomyces cerevisiae, Pichia kluyveri and Hanseniaspora uvarum during spontaneous and inoculated cocoa fermentations and their effect on sensory characteristics of chocolate. LWT-Food Science and Technology. 63(1):221–227. doi: 10.1016/j.lwt.2015.03.051.

C. León, J. Portilla. (2018). Efecto de la pasteurización y la temperatura de incubación en la fermentación alcohólica del mosto de mora. https://doi.org/10.24054/16927125.V2.N2.2017.2967

Carrillo-López, A., & Yahia, E.M. (2011). Noni (Morinda citrifolia L.). DOI:10.1533/9780857092618.51

Cassoni, V., & Cereda, M.P. (2012). AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE FERMENTAÇÃO ACÉTICA DA MANIPUEIRA. DOI:10.17224/ENERGAGRIC.2011V26N4P101-113

Cordeiro, T., Viegas, O., Silva, M., Martins, Z.E., Fernandes, I., Ferreira, I.M., Pinho, O., Mateus, N., & Calhau, C. (2020). Inhibitory effect of vinegars on the

formation of polycyclic aromatic hydrocarbons in charcoal-grilled pork. Meat science, 167, 108083 . DOI:10.1016/j.meatsci.2020.108083

Coronel, C., & Taubas, J.V. (2018). La levadura Saccharomyces cerevisiae: De la Cerveza a la Biología de Sistemas. Corpus ID: 196665667

Corrales, A.V., Leiva, Y.M., & Lazo, Z.M. (2019). Evaluación y determinación de la producción de vino y alcohol a partir de exudado de cacao, cooperativa multifuncional cacaotera la campesina R.L, del municipio de Matiguás en el departamento de Matagalpa. Revista Ciencia y Tecnología El Higo. DOI:10.5377/elhigo.v5i1.8625

Cruz, A.A., Silva, A.P., Sousa, F.G., Souza, M.A., & Saraiva, C.R. (2022). DETERMINAÇÃO DA PORCENTAGEM DE ÁCIDO ACÉTICO EM AMOSTRAS DE VINAGRE DE DIFERENTES MARCAS E TIPOS. Revista Interfaces: Saúde, Humanas e Tecnologia. DOI:10.16891/2317-434x.v10.e2.a2022.pp1329-1331

Cuenca, M.P., Chauca, J., García, C.G., & Sigüencia, H. (2022). Saccharomyces cerevisiae como alternativa de reemplazo a los antibióticos promotores de crecimiento en alimentación animal. Archivos de Zootecnia. DOI:10.21071/az.v71i273.5612

Chan, Y.; Vaillant, F.; Pérez, A.; Reynes, M.; Brillouet, J.; Brat, P. 2006. La fruta de noni (Morinda Citrifolia): Una revisión de la investigación agrícola, propiedades nutricionales y terapéuticas. Diario de la comida Composición y Análisis 19: 645 – 654 p. doi:10.1016/j.jfca.2005.10.001

D. Ousaaid, Hassan Laaroussi, Hamza Mechchate, Meryem Bakour, Asmae El Ghouizi, and 5 more (2022). The Nutritional and Antioxidant Potential of Artisanal and Industrial Apple Vinegars and Their Ability to Inhibit Key Enzymes Related to Type 2 Diabetes In Vitro. Molecules

Díaz, É.V. (2007). Procesado de imagen digital en color: Adquisición, Análisis Colorimétrico y Realce. DOI: 10.5821/disertación-2117-94059.

Diaz, J.F., Bazán, E.L., Manchay, R.J., & Cruz, L.D. (2020). Análisis de la concentración de ácido acético de seis marcas de vinagre de manzana. Corpus ID: 226564308

Dutra, R., et al. (2017). Diferencias en la composición de vinagres comerciales y artesanales. Food Control, 8(3), 143-149.

Escorza, M.A., & Salinas, J.V. (2009). La capacidad antioxidante total. Bases y aplicaciones. Corpus ID: 81444415

FAO. (2013). Food Wastage Footprint: Impacts on Natural Resources. Food and Agriculture Organization of the United Nations. https://www.fao.org/3/i3347e/i3347e.pdf

Farias, E.T., Santos, A.F., Lopes, M.F., Bezerra, J.M., & Silva, F.V. (2020). Compostos bioativos e capacidade antioxidante em frutos de noni (Morinda citrifolia Linn). Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável. DOI:10.18378/rvads.v15i1.6546

Febrianto, N.A., Wang, S., & Zhu, F. (2021). Chemical and biological properties of cocoa beans affected by processing: a review. Critical Reviews in Food

Science and Nutrition, 62, 8403 - 8434. DOI:10.1080/10408398.2021.1928597

García Martínez, EM.; Fernández Segovia, I.; Fuentes López, A. (2015). Determinación de polifenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu. http://hdl.handle.net/10251/52056

García, A., Martínez, L., & Pérez, S. (2015). Aprovechamiento de residuos de frutas para la obtención de productos de valor agregado. Revista Internacional de Tecnología Alimentaria, 30(4), 512-525.

Gonzales Ortiz y Jaime Jaime. (2005.). Desarrollo experimental del proceso para la obtención de jugo derivado del mucilago del cacao en la universidad industrial de Santander.

Granado, JF (1987). Colorimetría en vinos de rioja. Identificación del corpus: 166177662.

Gregorio, M.R., Acevedo-Gladys, M., & Quiñonez-Cesar, V. (2023). Descripción de características sociales, económicas y tecnológicas del sistema de producción Cacao Theobroma cacao L en los municipios de Zapatoca y Betulia, pertenecientes a la zona de influencia de la central hidroeléctrica Sogamoso. Brazilian Journal of Animal and Environmental Research. DOI:10.34188/bjaerv6n1-044

Grosso, G., Carvajal, I.L., & Principal, J. (2007). Perfil de flavonoides e índices de oxidación de algunos propóleos colombianos. Corpus ID: 178907913

Guija-Poma, E., Inocente-Camones, M.A., Ponce-Pardo, J.E., & Zarzosa-Norabuena, E. (2015). Evaluación de la técnica 2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo (DPPH) para determinar capacidad antioxidante. Horizonte Médico, 15, 57-60. DOI:10.24265/HORIZMED.2015.V15N1.08

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). Metodología de la investigación (6.ª ed.). McGraw-Hill Education.

Jiménez, M; Sebazco, C; Pérez, J; Martínez Martín. 2013. Evaluación de la actividad ergogénica del producto natural Noni. Rev Cubana Plant Med. 18(3):479-86 p.

Kalvatchev, Z., Domingo, G., & Guerra, F.R. (1998). Theobroma cacao. Un nuevo enfoque para nutrición y salud. Corpus ID: 83192533

Kara, M., Assouguem, A., Fadili, M.E., Benmessaoud, S., Alshawwa, S.Z., Kamaly, O.A., Saghrouchni, H., Zerhouni, A.R., & Bahhou, J. (2022). Contribution to the Evaluation of Physicochemical Properties, Total Phenolic Content, Antioxidant Potential, and Antimicrobial Activity of Vinegar Commercialized in Morocco. Molecules, 27. DOI:10.3390/molecules27030770

Kobayashi, M.T., & Da Silva, A.C. (2021). Atividade antioxidante e compostos fenólicos totais em vinagres. DOI:10.18554/RBCTI.V5I1.4358

Kujariningrum, O.B., Winarni, S., Cahyani, K.O., Anggitasari, N.P., & Azizah, W. (2023). Bioactives of noni plant (Morinda citrifolia L.) as anti-cancer herbals: A scoping review. Jurnal Kedokteran dan Kesehatan Indonesia. DOI:10.20885/jkki.vol14.iss2.art10

Laos, F.S., Paucar, H.A., Gamboa, W.Q., Ceccarelli, J.G., & Campos, M.V. (2020). DETERMINACIÓN DE POLIFENOLES TOTALES Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE EXTRACTO DE SEMILLAS DE UVAS RESIDUOS DE LA PRODUCCIÓN DE PISCOS. DOI:10.37761/rsqp.v86i2.282

Leão, V.G., Fregona, D.O., & Cordeiro, K.L. (2019). TEOR DE ÁCIDO ACÉTICO EM VINAGRES COMERCIALIZADOS EM OURO PRETO DO OESTE-RO. Inter-American Journal of Development and Research. DOI:10.32916/iadrj.v2i1.72

León, G.I., Hernández, M.G., Ramírez, A.M., López, J.R., Alarcón-Ángeles, G., & Pérez, A.M. (2011). Adaptation of DPPH Method for Antioxidant Determination. DOI:10.1149/1.3660634

López, E.V., & Lirio, F.R. (2017). Vinagre artesanal como impacto socioeconómico medio educativo. DOI:10.33262/visionariodigital.v1i1.238

López-Gómez, G., Vieira, M. C., & Martín-Belloso, O. (2020). Sustainable food waste management strategies: A holistic approach. Trends in Food Science & Technology, 99, 577–590. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.03.011

Lüdke, E. (2010). Um espectrofotômetro de baixo custo para laboratórios de ensino: aplicações no ensino da absorção eletrônica e emissão de fluorescência. Revista Brasileira De Ensino De Fisica, 32. DOI:10.1590/S1806-11172010000100018

Llerena, W., Samaniego, I., Vallejo, C., Arreaga, A., Zhunio, B., Coronel, Z., Quiroz, J.G., Angós, I., & Carrillo, W. (2023). Profile of Bioactive Components of

Cocoa (Theobroma cacao L.) By-Products from Ecuador and Evaluation of Their Antioxidant Activity. Foods, 12. DOI:10.3390/foods12132583

Marcucci, M.C., Oliveira, L., Gonçalves, C.P., & Carvalho, C.D. (2020). ESPECTROSCOPIA UV-VIS E REAÇÃO COM O RADICAL DPPH PARA A DETECÇÃO DE FLAVONOIDES E DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL ANTIOXIDANTE DE EXTRATOS DE PRÓPOLIS. Corpus ID: 226322543

Mármol, Z., Cardozo, J., Carrasquero, S., Páez, G., Chandler, C., Araujo, K., & Rincón, M. (2009). Evaluación de polifenoles totales en vino blanco tratado con quitina. Revista De La Facultad De Agronomia De La Universidad Del Zulia, 26, 423-442. Corpus ID: 208511575

Martínez, M. I., De la Hoz, L., & García, J. (2019). Aprovechamiento de residuos agroindustriales para la obtención de compuestos de valor agregado. Revista Colombiana de Biotecnología, 21(1), 114–124. https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v21n1.75423

Martínez-Sánchez, M. de los Á., Barón Yusty, M., Martínez Hernández, G. B., & López Gómez, A. (2023). Evaluación de la actividad antioxidante y antimicrobiana de vinagres de alto contenido en ácido acético. 12o Workshop En Investigación Agroalimentaria Para Jóvenes Investigadores. WiA, 12, 46–49. DOI:10.31428/10317/13405

Mateos, J.A. (1996). Estudio del color procedente de dos comarcas vitivinícolas extremeñas. I. Vinos tintos. Alimentaria, 97-102. Corpus ID: 128025774

Mendoza, Z.M., & Borges, P.H. (2015). ANÁLISIS COLORIMÉTRICO DEL EXTRACTO ACUOSO DE HOJAS DE TECA. Revista Arvore, 39, 953-961. DOI:10.1590/0100-67622015000500018.

Mirabella, N., Castellani, V., & Sala, S. (2014). Current options for the valorization of food manufacturing waste: a review. Journal of Cleaner Production, 65, 28–41. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.10.051

Miranda-Castilleja, D. E., Ortiz-Barrera, E., Arvizu-Medrano, S. M., Ramiro-Pacheco, J., Aldrete-Tápia, J. A., & Martínez-Peniche, R. Á. (2015). AISLAMIENTO, SELECCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LEVADURAS Saccharomyces spp. NATIVAS DE VIÑEDOS EN QUERÉTARO, MÉXICO. Agrociencia, 49(7), 759-773.

Moliner, R.C., Pablos, M.P., Puente, M.I., & López, F. (2006). Capacidad antioxidante y antimicrobiana de vinagres Comerciales. Corpus ID: 170929114

Morales Rodríguez, W.J., Carlosama Martínez, J.M., Sinchi Rivas, C.A., Alderete Rendón, A.J., Vallejo Torres, C.A., & Morales Cedeño, W.J. (2024). Calidad química del cacao (Theobroma Cacao L.) tipo nacional de la parroquia Valle Hermoso – Ecuador. Ciencia y Tecnología. DOI:10.18779/cyt.v17i1.692

Morales, M., Tesfaye, W., García-Parrilla, M.C., Casas, J.A., & Troncoso, A.M. (2002). Evolution of the aroma profile of sherry wine vinegars during an experimental aging in wood. Journal of agricultural and food chemistry, 50 11, 3173-8 . DOI:10.1021/JF011313W

Oliveira, G.L. (2015). Determinação da capacidade antioxidante de produtos naturais in vitro pelo método do DPPH•: estudo de revisão. DOI:10.1590/1983-084X/12_165

Oliveros-Bastidas, A., Carrera, C., & Marín, D. (2009). ESTUDIO POR ESPECTROFOTOMETRÍA UV-Vis DE LA REACCIÓN ENTRE LOS IONES CIANURO Y PICRATO. UN EJEMPLO PRÁCTICO DE APLICACIONES ANALÍTICAS Y ESTUDIOS CINÉTICOS. Revista Colombiana de Química, 38, 61-82. Corpus ID: 208619008

Ordoñez, E.S; Leon-Arevalo, A.; Rivera-Rojas, H.; Vargas, E. 2019. Cuantificación de polifenoles totales y capacidad antioxidante en cáscara y semilla de cacao (Theobroma cacao L.), tuna (Opuntia ficus indica Mill), uva (Vitis Vinífera) y uvilla (Pourouma cecropiifolia). Scientia Agropecuaria 10(2): 175 – 183. DOI: 10.17268/sci.agropecu.2019.02.02

Parapouli, M., Vasileiadis, A., Afendra, A.S., & Hatziloukas, E. (2020). Saccharomyces cerevisiae and its industrial applications. AIMS Microbiology, 6, 1 - 31. DOI:10.3934/microbiol.2020001

Perea, J.A., Ramírez, O.L., & Villamizar, A.R. (2011). CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA DE MATERIALES REGIONALES DE CACAO COLOMBIANO. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, 9, 35-42. Corpus ID: 93195199g

Pereira, California (2009). Sistema de visión computarizada y herramientas de diseño gráfico para la obtención de imágenes de muestras de alimentos

segmentadas y promediadas en coordenadas CIE-L*a*b*. Agronomía Costarricense. Documento: 10.15517/rac.v33i2.6727Identificación del corpus: 86313848.

Pereira, G. V. de M., Soccol, V. T., Pandey, A., Medeiros, A. B. P., & Soccol, C. R. (2013). Current state of research on cocoa and coffee fermentations. Current Research in Food Science, 4, 38–46.

Pérez López, M. L. (2020). Cambios en la composición fitoquímica y capacidad antioxidante durante la maduración poscosecha de fruto de noni (Morinda citrifolia L.). Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Sinaloa.

Perez, M., Domínguez-López, I., & Lamuela-Raventós, R.M. (2023). The Chemistry Behind the Folin–Ciocalteu Method for the Estimation of (Poly)phenol Content in Food: Total Phenolic Intake in a Mediterranean Dietary Pattern. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 71, 17543 - 17553. DOI:10.1021/acs.jafc.3c04022

Quimbita, F., Rodríguez, P., & Vera, E. (2013). Uso del exudado y placenta del cacao para la obtención de subproductos. Corpus ID: 161834272

Raviolo, A., Ekkert, T., & Carballo, C. (2024). La comprensión de estudiantes de primer año de universidad sobre el concepto de densidad. Análisis de entrevistas. Educación Química. DOI:10.22201/fq.18708404e.2024.3.86553

Rosas-Leyva, et al. (2023). Optimización de la fermentación alcohólica para bebidas frutales. Journal of Fermentation Science.

S. Cosmulescu, Ana-Maria Stoenescu, I. Trandafir, F. Tuțulescu (2022). Comparison of Chemical Properties between Traditional and Commercial Vinegar. Horticulturae

Sagar, N. A., Pareek, S., Sharma, S., Yahia, E. M., & Lobo, M. G. (2018). Fruit and vegetable waste: Bioactive compounds, their extraction, and possible utilization. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 17(3), 512–531. https://doi.org/10.1111/1541-4337.12330

Saldanha, T.C., Araujo, M.C., & Neto, B.D. (1999). Análise multicomponente simultanea por espectrofotometria de absorção molecular UV-VIS. Química Nova. DOI:10.1590/S0100-40421999000600012

Sanchez A. (2011). Fermentación de la malta empleando un sistema semicontinuo en el proceso de elaboración de cerveza. Tesis (ingeniero en alimentos) Universidad Tecnológica De La Mixteca, Facultad De Ciencias Tecnológicas Químico – Biológicas. Oaxaca (México)

Savi, P., Santos, L.D., Gonçalves, A.M., Biesek, S., & Lima, C.P. (2017). ANÁLISE DE FLAVONOIDES TOTAIS PRESENTES EM ALGUMAS FRUTAS E HORTALIÇAS CONVENCIONAIS E ORGÂNICAS MAIS CONSUMIDAS NA REGIÃO SUL DO BRASIL. DOI:10.12957/demetra.2017.22391

Schmoeller, R.K., & Balbi, M.E. (2010). CARACTERIZAÇÃO E CONTROLE DE QUALIDADE DE VINAGRES COMERCIALIZADOS NA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA/PR. DOI:10.5380/ACD.V11I2.21372

Sobrinho, T.J., Gomes, T.D., Cardoso, K.C., Albuquerque, U.P., & Amorim, E.L. (2012). Teor de flavonóides totais em produtos contendo pata-de-vaca

(Bauhinia L.) comercializadas em farmácias de Recife/PE. DOI:10.1590/S1516-05722012000400003

Souza, N.S., Pereira, L.T., & Souza, G.D. (2021). Controle de qualidade de vinagres comercializados em Manaus. Research, Society and Development. DOI:10.33448/rsd-v10i15.23054

Sullón, J.P; Vela, J.G; Ordoñez, E.S; Sandoval, M. 2019. EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DEL NONI (Morinda citrifolia L.) EN TRES ESTADOS DE MADUREZ EN TINGO MARIA. DOI: https://doi.org/10.33017/RevECIPeru2009.0004/

Tan, San Chiang, "Vinegar fermentation" (2005). LSU Master's Theses. 1225. https://repository.lsu.edu/gradschool_theses/1225

Thaipong K, Boonprakob U, Crosby K, Cisneros-Zevallos L, Hawkins Byrne D. (2006). Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. J Food Compos Anal. 2006;19(6–7):669–675.

Torres, M.A., de Fátima Braga Magalhães, I., Mondêgo-Oliveira, R., de Sá, J.C., Rocha, A.L., & Abreu-Silva, A.L. (2017). One Plant, Many Uses: A Review of the Pharmacological Applications of Morinda citrifolia. Phytotherapy Research, 31, 971 - 979. DOI:10.1002/ptr.5817

Ulloa, J.A., Ulloa, P.R., Ramírez, J.A., & Rangel, B.E. (2012). El noni: propiedades, usos y aplicaciones potenciales. Corpus ID: 155941815

Vázquez-Ovando, A., Mejía-Reyes, J.D., García-Cabrera, K.E., & Velázquez-Ovalle, G. (2022). Capacidad antioxidante: conceptos, métodos de cuantificación y su aplicación en la caracterización de frutos tropicales y productos derivados. Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales. DOI:10.23850/24220582.4023

Vega, A., León, J.D., & Reyes, S.M. (2017). Determinación del Contenido de Polifenoles Totales, Flavonoides y Actividad Antioxidante de 34 Cafés Comerciales de Panamá. DOI:10.4067/S0718-07642017000400005

Vera-Loor, J.E., Cedeño-Palacios, N.B., & Mera-Vélez, S.A. (2020). Elaboración de vinagre de vino a partir del mucílago y exudado de cacao criollo (theobroma cacao l.). Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación. DOI:10.46296/ig.v3i5.0014

Verzelloni, E., Tagliazucchi, D., & Conte, A. (2010). CHANGES IN MAJOR ANTIOXIDANT COMPOUNDS DURING AGING OF TRADITIONAL BALSAMIC VINEGAR. Journal of Food Biochemistry, 34, 152-171. DOI:10.1111/J.1745-4514.2009.00271.X

Vicente Santa Cruz, E., Reátegui Isla, V., & Morales-Soriano, E. (2023). APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE PLÁTANO, CAMU CAMU, COCONA, CARAMBOLA, JUGO DE CAÑA Y AJÍ CHARAPITA EN LA ELABORACIÓN DE VINAGRE. Anales Científicos, 83(2), 141–148. https://doi.org/10.21704/ac.v83i2.1959

Villagómez, S., & Argüello, F. (2013). Optimización y aprovechamiento del residuo (Exudado del mucílago) de la almendra fresca del cacao (Theobroma cacao L.) CCN51 en la elaboración de vinagre. Tsafiqui - Revista de Investigación Científica, 4, 9–19.

Wang, M. Y., West, B. J., Jensen, C. J., Nowicki, D., Su, C., Palu, A. K., & Anderson, G. (2002). Morinda citrifolia (Noni): A literature review and recent advances in Noni research. Acta Pharmacologica Sinica, 23(12), 1127–1141.

Yun, J., Kim, Y., & Koh, K. (2016). Investigation into factors influencing antioxidant capacity of vinegars. Applied Biological Chemistry, 59, 495-509. DOI:10.1007/s13765-016-0185-4

Zhishen J, Mengcheng T, Jianming W. (1999). The determination of flavonoids contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. Food Chem. 1999;64:555– 559.

ANEXOS.

Tabla 19.

Análisis ANVA de la colorimetría *CIE Lab L* del vinagre elaborado de la mezcla de residuos de noni (Morinda citrifolia* L.*) y exudado de cacao (Theobroma cacao* L.*)*.

F. V	GL	SC	CM	FC	Pr>F
Tratamientos	2	23.3973	11.6986	392.26	0.000
Error	6	0.1789	0.0298		
Total	8	23.5762			

R^2 = 99.24%; C.V. = 1.72%

Tabla 20.

Análisis ANVA de la colorimetría *CIE Lab* a* *del vinagre elaborado de la mezcla de residuos de noni (Morinda citrifolia* L.*) y exudado de cacao (Theobroma cacao* L.*)*.

F. V	GL	SC	CM	FC	Pr>F
Tratamientos	2	3.53031	1.76516	343.91	0.000
Error	6	0.03080	0.00513		
Total	8	3.56111			

R^2 = 99.14%; C.V. = 7.16%

Tabla 21.

Análisis ANVA de la colorimetría *CIE Lab* b* *del vinagre elaborado de la mezcla de residuos de noni (Morinda citrifolia* L.*) y exudado de cacao (Theobroma cacao* L.*)*.

F. V	GL	SC	CM	FC	Pr>F
Tratamientos	2	3.53031	1.76516	343.91	0.000
Error	6	0.03080	0.00513		
Total	8	3.56111			

R^2 = 99.40%; C.V. = 1.10%

Tabla 22.

Análisis ANVA de la acidez total expresado en ácido acético del vinagre elaborado de la mezcla de residuos de noni (Morinda citrifolia L.*) y exudado de cacao (Theobroma cacao* L.*)*.

F. V	GL	SC	CM	FC	Pr>F
Tratamientos	2	0.002489	0.001244	22.40	0.002
Error	6	0.000333	0.000056		
Total	8	0.002822			

R^2 = 88.19; C.V. = 0.7%

Tabla 23.

Análisis ANVA de la densidad final del vinagre elaborado de la mezcla de residuos de noni (Morinda citrifolia L.) y exudado de cacao (Theobroma cacao L.).

F. V	GL	SC	CM	FC	Pr>F
Tratamientos	2	0.000000	0.000000	21.00	0.002
Error	6	0.000000	0.000000		
Total	8	0.000000			

R^2 = 87.50%; C.V. = 5.7%

Tabla 24.

Análisis ANVA del grado alcohólico final *vinagre elaborado de la mezcla de residuos de noni (Morinda citrifolia* L.*) y exudado de cacao (Theobroma cacao* L.*)*.

F. V	GL	SC	CM	FC	Pr>F
Tratamientos	2	0.22802	0.114011	21.29	0.002
Error	6	0.03213	0.005356		
Total	8	0.26016			

R^2 = 87.65%; C.V. = 7.31%

Tabla 25.

Análisis ANVA de pH del vinagre elaborado de la mezcla de residuos de noni (Morinda citrifolia L.) y exudado de cacao (Theobroma cacao L.).

F. V	GL	SC	CM	FC	Pr>F
Tratamientos	2	0.000289	0.000144	2.17	0.196
Error	6	0.000400	0.000067		
Total	8	0.000689			

R^2 = 41.94%; C.V. = 0.82%

Tabla 26.

Análisis ANVA del °Brix del mosto alcohólico de exudado de cacao (Theobroma cacao L.*)*.

F. V	GL	SC	CM	FC	Pr>F
Tratamientos	2	0.05556	0.02778	0.50	0.630
Error	6	0.33333	0.05556		
Total	8	0.38889			

R^2 = 14.29%; C.V. = 23.57%

Tabla 27.

Análisis ANVA del °Brix del vinagre elaborado de la mezcla de residuos de noni (Morinda citrifolia L.) y exudado de cacao (Theobroma cacao L.).

F. V	GL	SC	CM	FC	Pr>F
Tratamientos	2	0.06222	0.03111	2.33	0.178
Error	6	0.08000	0.01333		
Total	8	0.14222			

R^2 = 43.75% C.V. = 11.54%

Tabla 28.

Análisis ANVA de la capacidad antioxidante del *vinagre elaborado de la mezcla de residuos de noni (Morinda citrifolia* L.*) y exudado de cacao (Theobroma cacao* L.*)*.

F. V	GL	SC	CM	FC	Pr>F
Tratamientos	2	0.01120	0.005602	0.54	0.607
Error	6	0.06190	0.010317		
Total	8	0.07311			

R^2 = 15.33%; C.V. = 10.15%

Tabla 29.

Análisis ANVA del porcentaje de inhibición de la capacidad antioxidante del *vinagre elaborado de la mezcla de residuos de noni (Morinda citrifolia* L.*) y exudado de cacao (Theobroma cacao* L.*)*.

F. V	GL	SC	CM	FC	Pr>F
Tratamientos	2	11.71	5.854	0.54	0.607
Error	6	64.69	10.781		
Total	8	76.40			

R^2 = 15.33%; C.V. = 3.28%

Tabla 30.

Análisis ANVA del contenido de polifenoles totales del *vinagre elaborado de la mezcla de residuos de noni (Morinda citrifolia* L.*) y exudado de cacao (Theobroma cacao* L.*)*.

F. V	GL	SC	CM	FC	Pr>F
Tratamientos	2	0.000369	0.000185	66.53	0.001
Error	6	0.000017	0.000003		
Total	8	0.000386			

R^2 = 95.69%; C.V. = 0.16%

Tabla 31.

Análisis ANVA del contenido de flavonoides totales del vinagre elaborado de la mezcla de residuos de noni (Morinda citrifolia L.) y exudado de cacao (Theobroma cacao L.).

F. V	GL	SC	CM	FC	Pr>F
Tratamientos	2	0.000020	0.000010	4.02	0.078
Error	6	0.000015	0.000002		
Total	8	0.000034			

R^2 = 57.24%; C.V. = 0.15%

Tabla 32.

Evolución del porcentaje de acidez durante la fermentación acética.

DIA	M1	M2	M3
1	1.20	1.29	1.26
2	1.29	1.31	1.28
3	1.35	1.34	1.32
4	1.46	1.48	1.45
5	1.61	1.60	1.63
6	1.95	1.86	1.92
7	2.25	2.25	2.13
8	2.64	2.70	2.67
9	3.15	3.12	3.12
10	3.45	3.48	3.45
11	3.84	3.90	3.87
12	4.44	4.38	4.53
13	4.77	4.71	4.83
14	4.79	4.77	4.83
15	4.83	4.78	4.87
16	4.83	4.77	4.82
17	4.74	4.62	4.71
18	4.62	4.59	4.68
19	4.56	4.48	4.62
20	4.51	4.41	4.56
21	4.44	4.35	4.50
22	4.41	4.32	4.47

Tabla 33.

Variación del °Brix, pH y densidad durante la fermentación alcohólica.

Fecha	Hora	°Brix	pH	Densidad
29/05/2024	12:25 p.m.	17	3.64	1.070
29/05/2024	15:25 p.m.	16.5	3.62	1.065
29/05/2024	18:25 p.m.	16	3.62	1.064
30/05/2024	10:00 a.m.	13	3.62	1.040
30/05/2024	11:00 a.m.	12.5	3.62	1.040
30/05/2024	13:00 p.m.	12	3.6	1.034
30/05/2024	15:00 p.m.	11.8	3.6	1.028
30/05/2024	17:00 p.m.	11	3.6	1.025
30/05/2024	18:00 p.m.	11	3.6	1.023
31/05/2024	10:00 a.m.	7.5	3.64	1.008
31/05/2024	12:00 p.m.	7	3.64	1.006
31/05/2024	14:00 p.m	7	3.64	1.006
31/05/2024	14:00 p.m	7	3.64	1.006
3/06/2024	10:00 a.m.	7	3.64	1.006

Tabla 34.

Preparacion de la curva estandar de polifenoles.

N° tubo	Peso de muestra (uL)	Concentración (mg/mL)	Longitud de onda 765nm (Absorbancia)
Blanco	2000	0	0
1	2000	0.02	0.164
2	2000	0.04	0.382
3	2000	0.06	0.524
4	2000	0.08	0.723
5	2000	0.1	0.914

Tabla 35.

Preparación para la determinación de p*olifenoles del vinagre.*

TRATAMIENTO	Vinagre (uL)	Agua destilada (uL)	Folin Ciocalteau (uL)	Agitar y reposar por 5 min	Carbonato de sodio (uL)	Agitar y reposar por 30 min en oscuridad	Longitud de onda 765 nm (Absorbancia)			PROMEDIO (Absorbancia)	POLIFENOLES mg GAE/mL			PROMEDIO POLIFENOLES mg GAE/mL
							R1	R2	R3		R1	R2	R3	
T1	200						2.703	2.724	2.743	2.723	0.29672	0.29902	0.30110	0.29895
T2	200	1500	100		200		2.764	2.761	2.760	2.762	0.30340	0.30308	0.30297	0.30315
T3	200						2.640	2.606	2.623	2.623	0.28982	0.28609	0.28796	0.28796

Tabla 36.

Preparación de la curva estándar para flavonoides

N° tubo	Catequina (uL)	Nitrito de sodio 5% (uL)		Cloruro de aluminio 10% (uL)		NaOH 1M (uL)		H2O (uL)		TOTAL (uL)	Concentracion (uL)	Longitud de onda 510 nm (Absorbancia)
1	100	30	Agitar y reposar 6 minutos	30	Agitar y reposar 6 minutos	200	Agitar y reposar 6 minutos	640	Agitar y medir a 510nm	1000	0	0.059
2	100	30		30		200		640		1000	0.001	0.092
3	100	30		30		200		640		1000	0.0075	0.236
4	100	30		30		200		640		1000	0.015	0.469
5	100	30		30		200		640		1000	0.03	0.943
6	100	30		30		200		640		1000	0.05	1.552

Tabla 37.

Preparación para la determinación de flavonoides del vinagre.

Tratamientos	Vinagre (uL)	(1) Nitrito de sodio 5% (uL)	(2) Cloruro de aluminio 10% (uL)	(3) NaOH 1M (uL)	(4) H2O (uL)	TOTAL (uL)	Longitud de onda 510 nm (Absorbancia)			PROMEDIO (Absorbancia)	FLAVONOIDES mg CA/mL			PROMEDIO FLAVONOIDES mg CA/mL
							R1	R2	R3		R1	R2	R3	
T1	100	30	30	200	640	1000	0.599	0.525	0.547	0.557	0.0213	0.0188	0.0196	0.020
T2	100	30	30	200	640	1000	0.624	0.698	0.675	0.666	0.0221	0.0246	0.0238	0.024
T3	100	30	30	200	640	1000	0.544	0.651	0.649	0.615	0.0195	0.0230	0.0229	0.022

(1): Agitar y reposar durante 6 minutos

(2): Agitar y reposar durante 6 minutos

(3): Agitar y reposar durante 6 minutos

(4): Agitar y reposar durante 30 minutos (oscuro) y medir en espectrofotómetro a 510nm

Tabla 38.

Preparación para la determinación de capacidad antioxidante.

Tratamientos	Vinagre (uL)	Metanol (uL)	DPPH (uL)	Absorbancia (517nm)			Absorbancia promedio	Porcentaje de inhibición	Capacidad antioxidante µmol ET/mL			PROMEDIO Capacidad antioxidante µmol ET/mL
				R1	R2	R3			R1	R2	R3	
T1	100	900	1000	0.171	0.168	0.171	0.1700	66.203	19.587	19.568	19.587	19.5806
T2	100	900	1000	0.161	0.154	0.196	0.1703	66.137	19.525	19.482	19.740	19.5826
T3	100	900	1000	0.178	0.151	0.145	0.1580	68.588	19.630	19.464	19.427	19.5068
Blanco		2000			0.503							

Tabla 39.

Matriz de consistencia

Título: Evaluación del contenido de la capacidad antioxidante, polifenoles totales y flavonoides del vinagre elaborado de la mezcla de residuos de noni (*Morinda Citrofolia* L.) y exudado de cacao (*Theobroma Cacao* L.)

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
Problema general ¿Cuál es el contenido de sustancias bioactivas, capacidad antioxidante, polifenoles totales y flavonoides del vinagre elaborado de la mezcla de residuo de noni (*Morinda citrifolia* L.) y exudado de cacao	**Objetivo general** Evaluar el contenido de capacidad antioxidante, polifenoles totales y flavonoides del vinagre elaborado de la mezcla de residuos de noni (*Morinda citrifolia* L.) y exudado de cacao (*Theobroma cacao* L.).	La evaluación del contenido de capacidad antioxidante, polifenoles totales y flavonoides del vinagre elaborado a partir de la mezcla de residuos de noni (Morinda citrifolia L.) y exudado de cacao (Theobroma cacao L.) no presenta diferencias significativas.	**Variable independiente** Tratamientos: T_1 = Vinagre con zumo de noni al 50%. T_2 = Vinagre con zumo de noni al 30%. T_3 = Vinagre con zumo de noni al 70%. **Variable dependientes**	**TIPO DE INVESTIGACIÓN** Aplicada **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN** Diseño experimental completamente al azar (DCA), incluye 3 tratamientos y 3 repeticiones (3x3), resultando en un total

(*Theobroma cacao* L.)? **Problemas específicos** - ¿Qué valores se obtienen en las características fisicoquímicas del vinagre? - ¿Qué valores se obtienen en la capacidad antioxidante, compuestos fenólicos y flavonoides del vinagre, para evaluar su potencial como fuente de compuestos bioactivos?	**Objetivos específicos** - Determinar las características fisicoquímicas del vinagre. - Determinar la capacidad antioxidante, compuestos fenólicos y flavonoides del vinagre, para evaluar su potencial como fuente de compuestos bioactivos.	Características fisicoquímicas Capacidad antioxidante Polifenoles totales Flavonoides totales	de 9 unidades experimentales.

Figura 2.

Curva de calibración con Ácido Gálico para polifenoles.

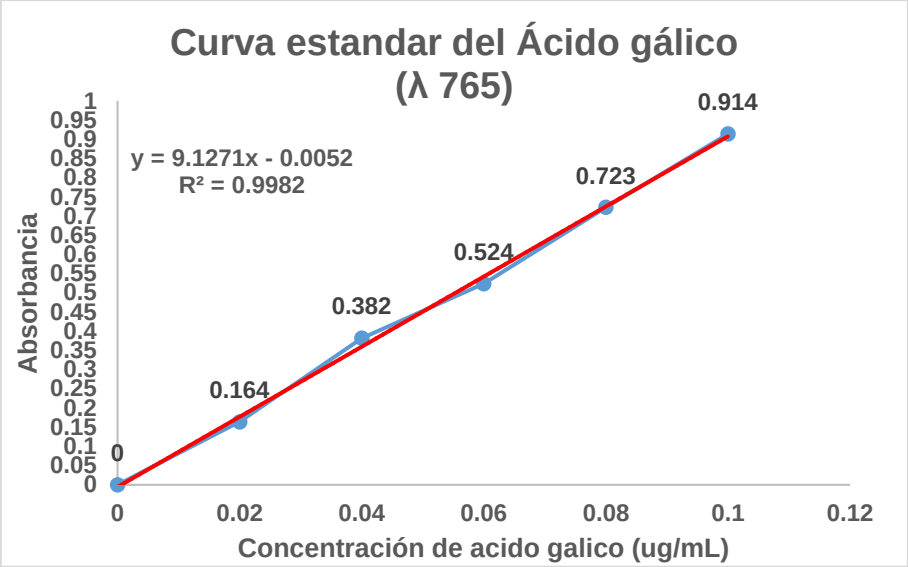


Figura 3.

Curva de calibración con Catequina para flavonoides.

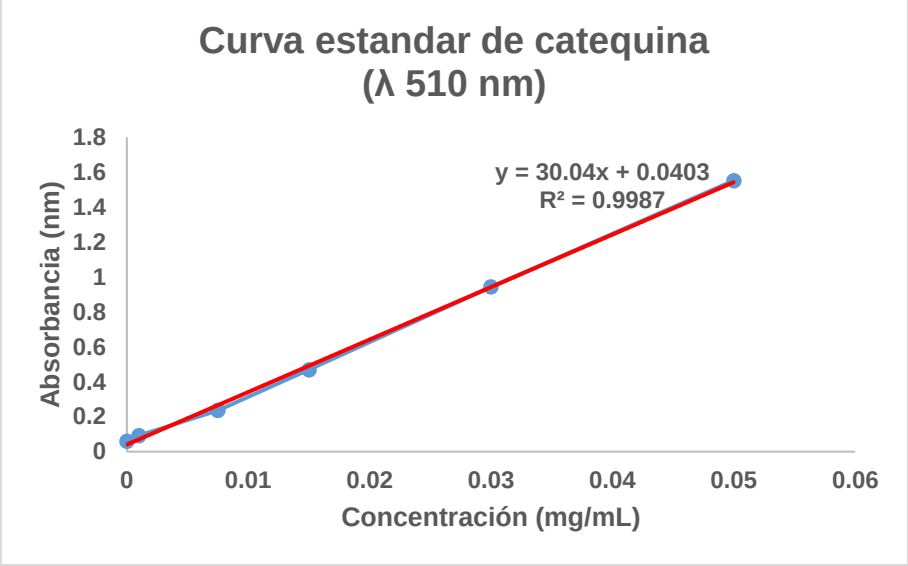


Figura 4.

Variación de la evaluación colorimétrica del vinagre según la luminosidad L del sistema CIE Lab*

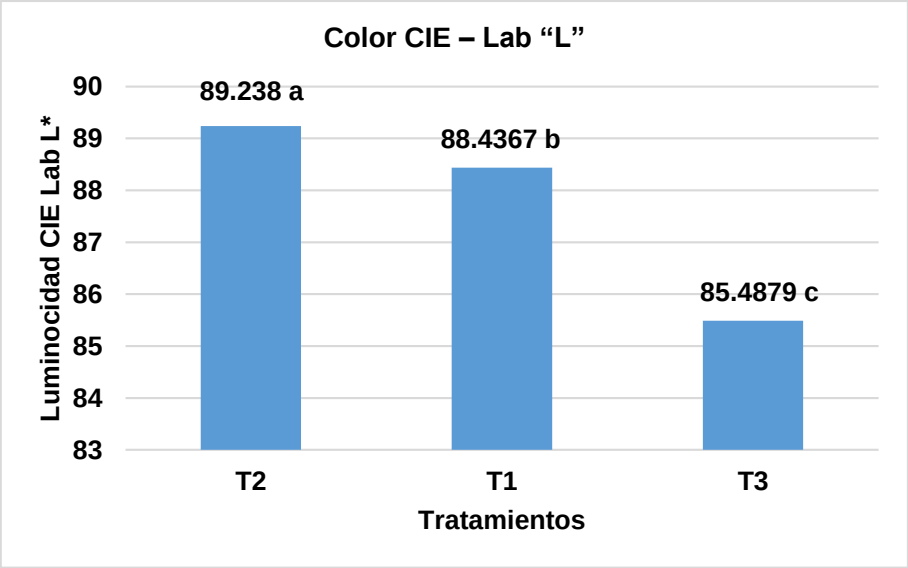


Figura 5.

Variación de la evaluación colorimétrica del vinagre según la luminosidad a del sistema CIE Lab*

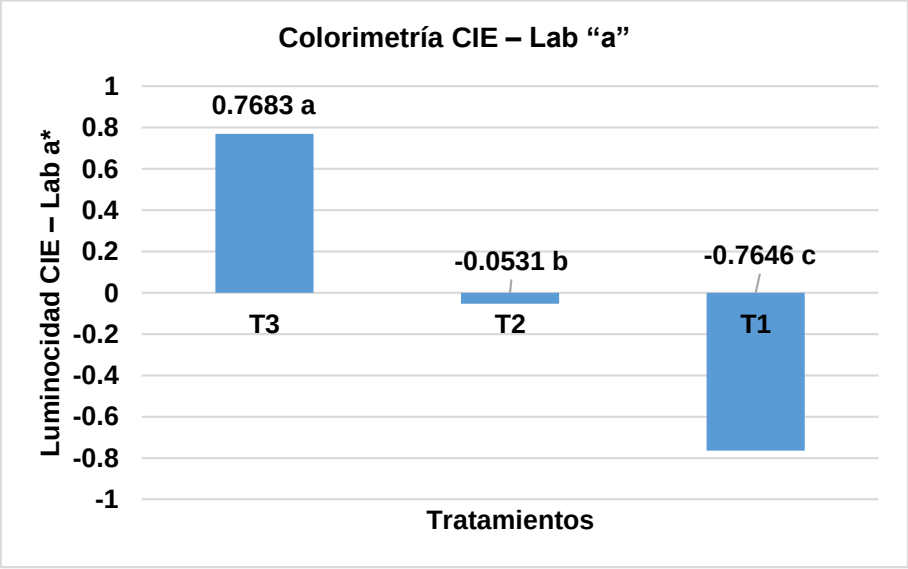


Figura 6.

Variación de la evaluación colorimétrica del vinagre según luminosidad b del sistema CIE Lab*

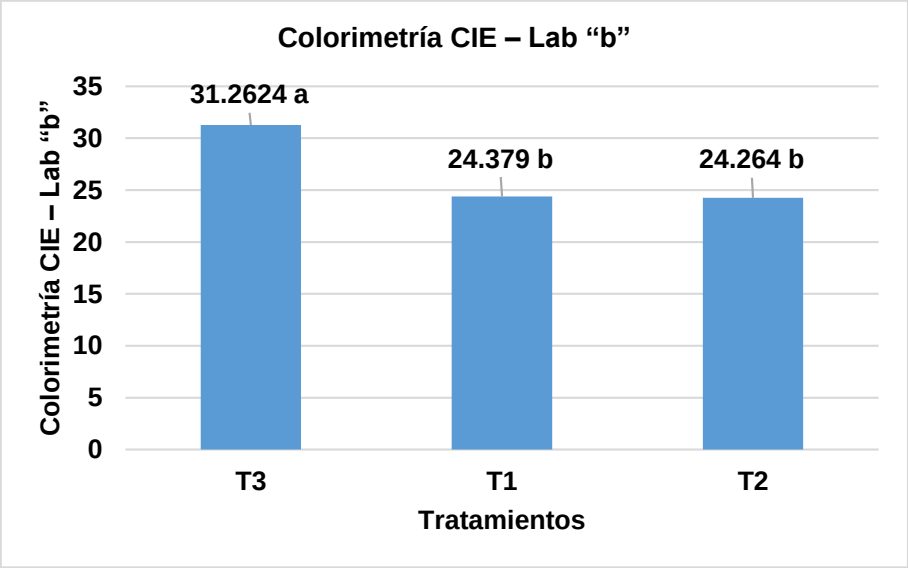


Figura 7.

Variación de la acidez total expresado en ácido acético

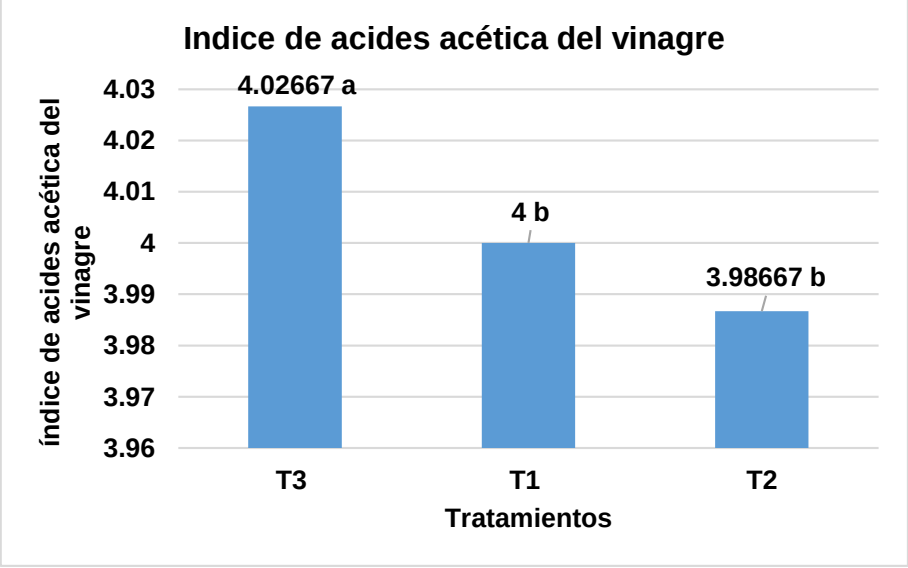


Figura 8.

Variación de la densidad acética del vinagre

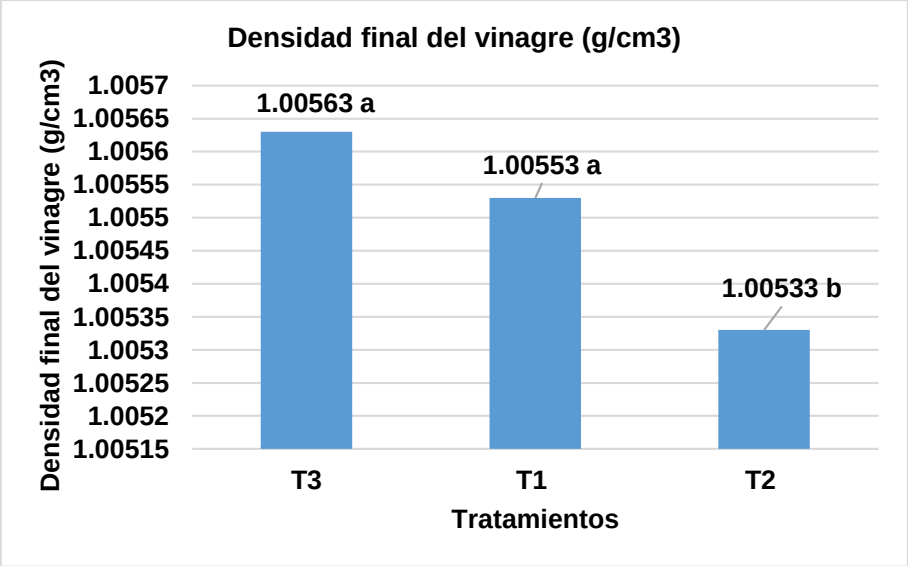


Figura 9.

Variación del grado alcohólico final del vinagre

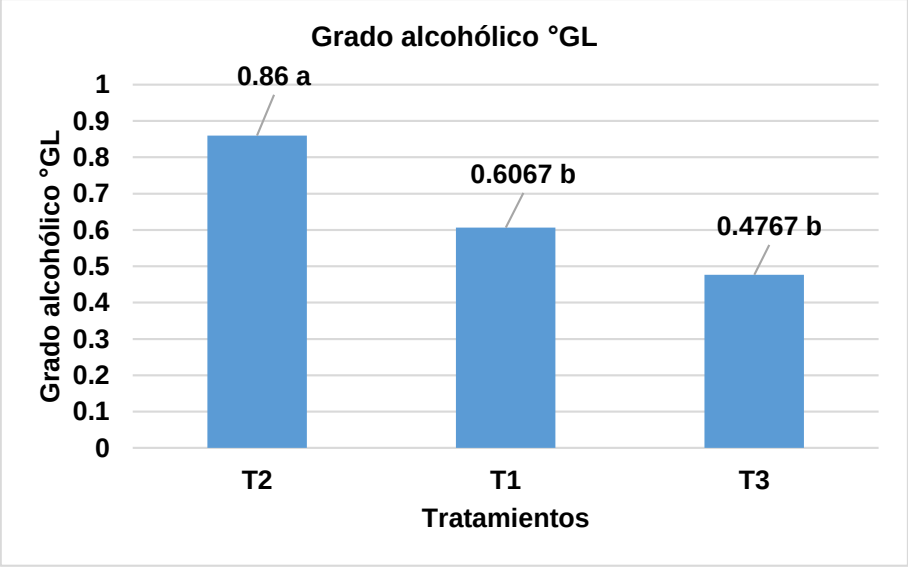


Figura 10.

Variación pH del vinagre

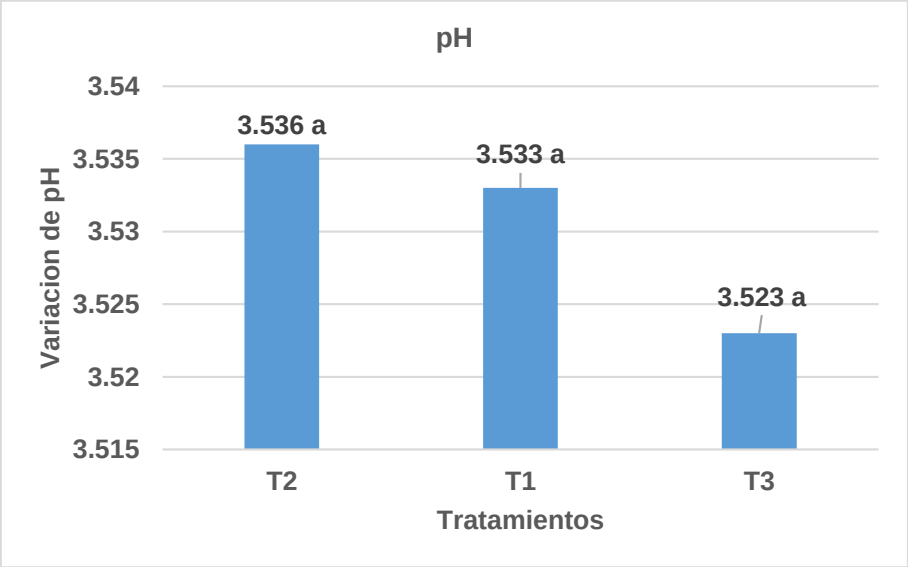


Figura 11. *Variación del °Brix del mosto alcohólico.*

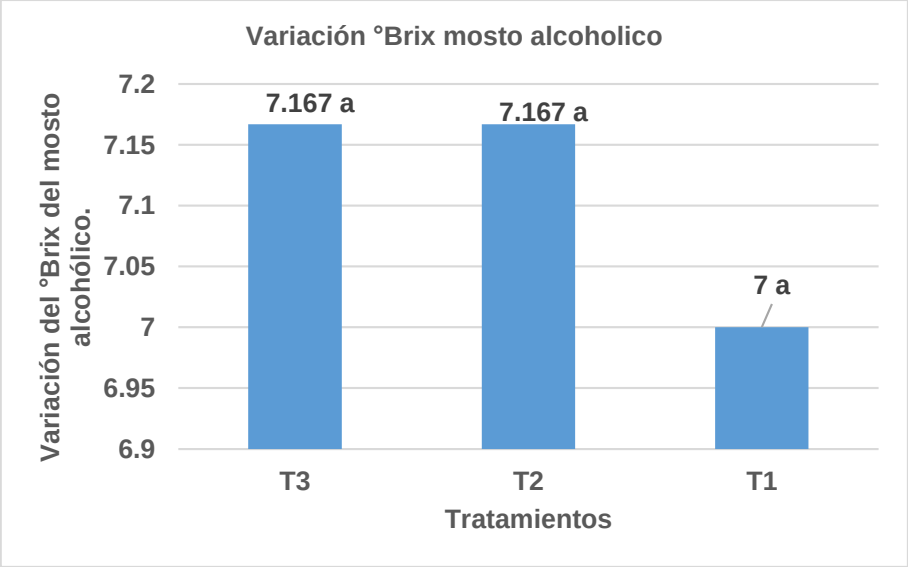


Figura 12.

Variación del °Brix del vinagre.

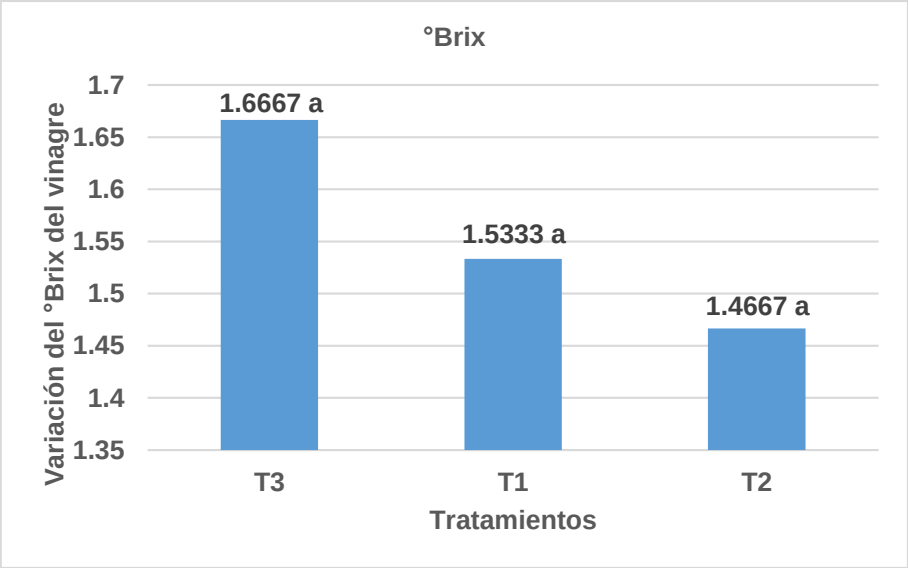


Figura 13.

Variación de la capacidad antioxidante del vinagre elaborado de la mezcla de residuos de noni y exudado de cacao

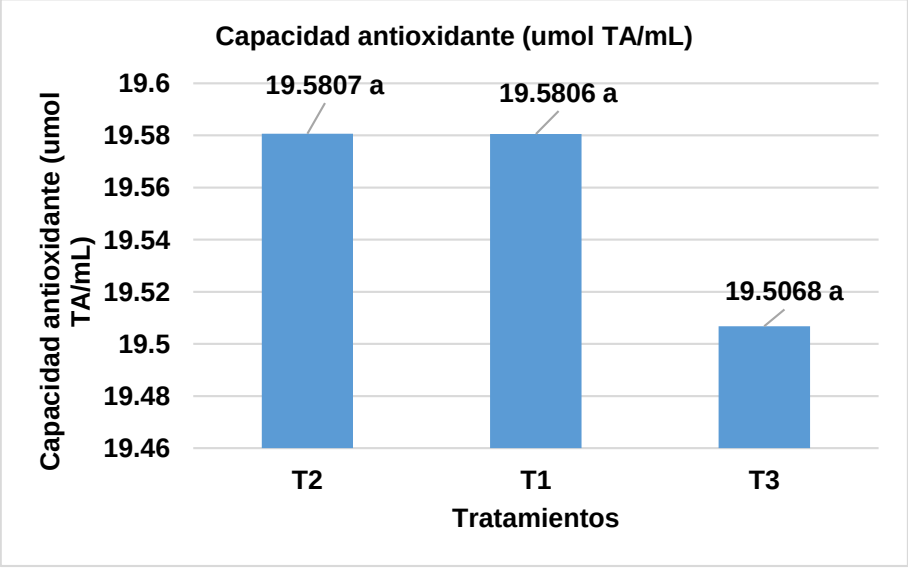


Figura 14.

Variación del porcentaje de inhibición del vinagre

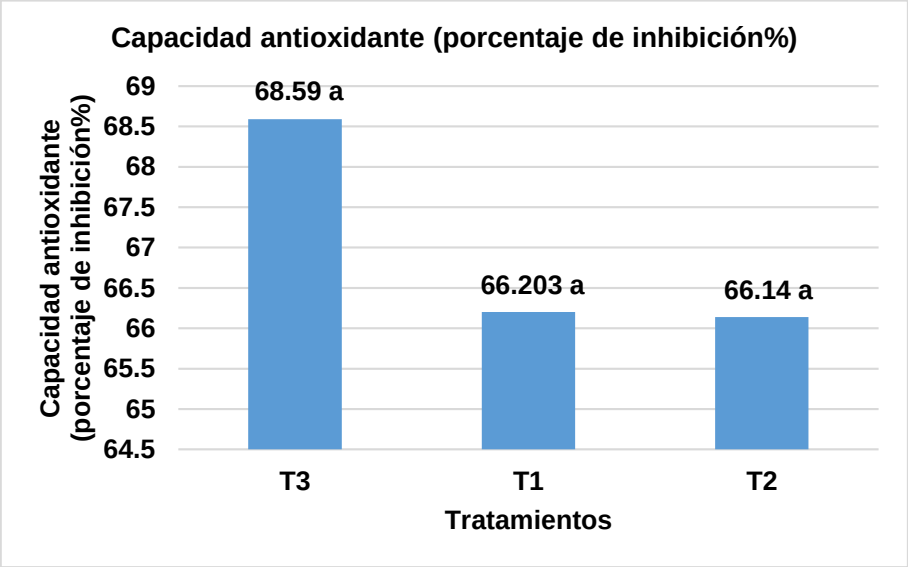


Figura 15.

Variación de los polifenoles totales del vinagre

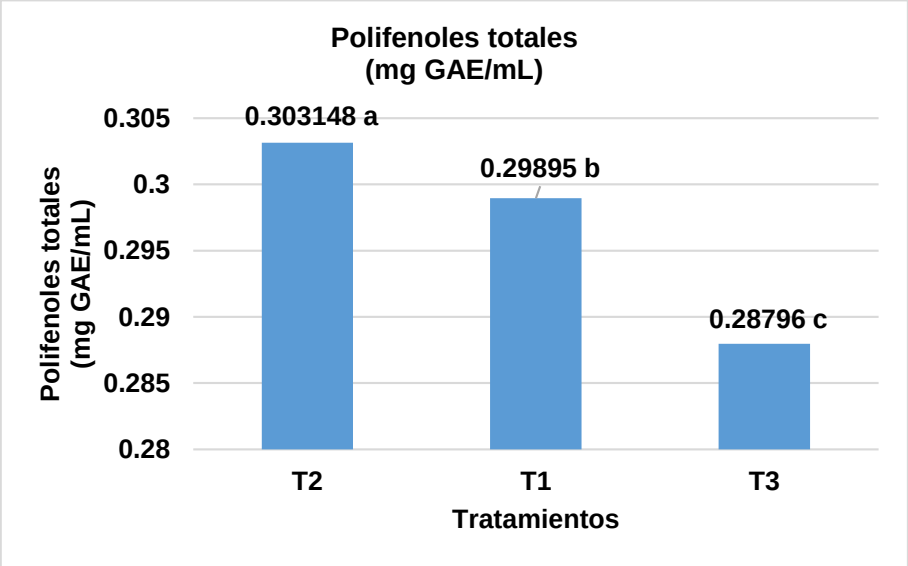


Figura 16.

Variación *de los flavonoides totales del vinagre*

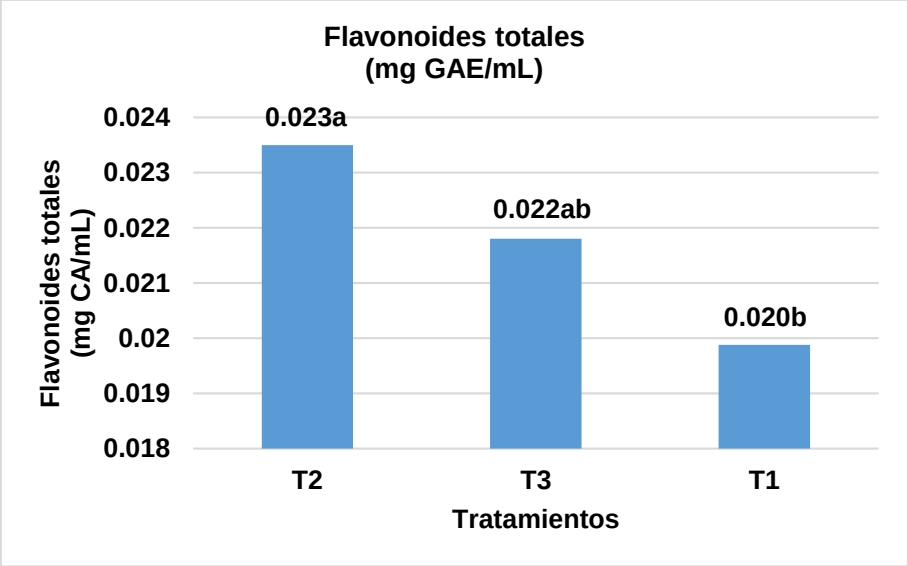


Figura 17.

Tratamiento térmico al exudado de cacao



Figura 18.

Medición de grados brix inicial del exudado de cacao



Figura 19.

Medición de la densidad inicial del exudado de cacao



Figura 20.

Análisis de índice de acidez acética



Figura 21.

Destilación de alcohol del mosto alcohólico por arrastre de vapor



Figura 22.

Control de la temperatura durante la destilación



Figura 23.

Medición del porcentaje de alcohol del mosto alcohólico



Figura 24.

Fermentación acética



Figura 25.

Dilución con diferentes concentraciones de zumo de noni y filtrado



Figura 26.

Tratamiento térmico y filtrado del vinagre de exudado de cacao con diferentes concentraciones de zumo de noni



Figura 27.

Vinagre embotellado



Figura 28.

Filtración de vinagre para análisis de capacidad antioxidante, polifenoles y flavonoides totales



Figura 29.

Preparación de reactivos para análisis de sustancias bioactivas.

