



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES

CARRERA DE AGROINDUSTRIA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“OBTENCIÓN DE UN COLORANTE A PARTIR DE LOS
SEDIMENTOS PRODUCIDOS EN LA ELABORACIÓN DE VINO
DE MORTIÑO (*Vaccinium floribundum*)”**

Proyecto Investigativo presentado previo a la obtención del Título de Ingenieros agroindustriales

Autores:

Ashqui Silva Anderson Ronaldo
Armas Proaño Wilson Ulises

Tutor:

Rojas Molina Jaime Orlando, Quím. Mg.

LATACUNGA – ECUADOR

Febrero 2024

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Ashqui Silva Anderson Ronaldo , con cédula de ciudadanía No. 1722037890 y Armas Proaño Wilson Ulises, con cédula de ciudadanía No. 0503932618, declaramos ser autores del presente Proyecto de Investigación: **“OBTENCIÓN DE UN COLORANTE A PARTIR DE LOS SEDIMENTOS PRODUCIDOS EN LA ELABORACIÓN DE VINO DE MORTIÑO (*Vaccinium floribundum*)”**, siendo el Quím, Mg. Jaime Orlando Rojas Molina, Tutor del presente trabajo; y, eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 15 de febrero del 2024



Anderson Ronaldo Ashqui Silva
ESTUDIANTE
CC: 1722037890



Wilson Ulises Armas Proaño
ESTUDIANTE
CC: 0503932618

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **ASHQUI SILVA ANDERSON RONALDO**, identificado con cédula de ciudadanía 1722037890 de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE** y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Agroindustria, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **“OBTENCIÓN DE UN COLORANTE A PARTIR DE LOS SEDIMENTOS PRODUCIDOS EN LA ELABORACIÓN DE VINO DE MORTIÑO (*Vaccinium floribundum*)”** la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Abril 2019 - Agosto 2019

Finalización de la carrera: Octubre 2023 – Marzo 2024

Aprobación en Consejo Directivo: 28 de noviembre del 2023

Tutor: Quim, Orlando Rojas Mg.

Tema: **“OBTENCIÓN DE UN COLORANTE A PARTIR DE LOS SEDIMENTOS PRODUCIDOS EN LA ELABORACIÓN DE VINO DE MORTIÑO (*Vaccinium floribundum*)”**

CLÁUSULA SEGUNDA. - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato **EL CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **EL CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **EL CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - **LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **EL CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, 16 de febrero del 2024.



Anderson Ronaldo Ashqui Silva

EL CEDENTE

Dra. Idalia Pacheco Tigselema

LA CESIONARIA

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **ARMAS PROAÑO WILSON ULISES**, identificado con cédula de ciudadanía 0503932618 de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE** y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Agroindustria, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **“OBTENCIÓN DE UN COLORANTE A PARTIR DE LOS SEDIMENTOS PRODUCIDOS EN LA ELABORACIÓN DE VINO DE MORTIÑO (*Vaccinium floribundum*)”**, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Abril 2019 - Agosto 2019

Finalización de la carrera: Octubre 2023 – Marzo 2024

Aprobación en Consejo Directivo: 28 de noviembre del 2023

Tutor: Quim, Orlando Rojas Mg.

Tema: **“OBTENCIÓN DE UN COLORANTE A PARTIR DE LOS SEDIMENTOS PRODUCIDOS EN LA ELABORACIÓN DE VINO DE MORTIÑO (*Vaccinium floribundum*) *Vaccinium Floribundum*”**

CLÁUSULA SEGUNDA. - **EL CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - **OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **EL CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- f) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- g) La publicación del trabajo de grado.
- h) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- i) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- j) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - **LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, 15 de febrero del 2024.

Wilson Ulises Armas Proaño

EL CEDENTE

Dra. Idalia Pacheco Tigselema

LA CESIONARIA

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Proyecto sobre el título:

“OBTENCIÓN DE UN COLORANTE A PARTIR DE LOS SEDIMENTOS PRODUCIDOS EN LA ELABORACIÓN DE VINO DE MORTIÑO (*Vaccinium floribundum*)” de Armas Proaño Wilson Ulises y Ashqui Silva Anderson Ronaldo, de la carrera de Agroindustria, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

Latacunga, 15 de febrero del 2024



Rojas Molina Jaime Orlando, Quím. Mg.
C.C: 050264543-5
DOCENTE TUTOR

AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, los postulantes: Armas Proaño Wilson Ulises y Ashqui Silva Anderson Ronaldo, con el título de Proyecto Integrador: **“OBTENCIÓN DE UN COLORANTE A PARTIR DE LOS SEDIMENTOS PRODUCIDOS EN LA ELABORACIÓN DE VINO DE MORTIÑO (*Vaccinium floribundum*)”**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

Latacunga, 15 de febrero del 2024


Ing. Zaira Eliana Zambrano Ochoa Mg.
C.G: 0501773931
LECTOR 1 (PRESIDENTE)


Ing. Renato Romero Corral, Mg
C.C: 1717122483
LECTOR 2 (MIEMBRO)


Ing. Ana Maricela Trávez Castellano, Mg.
C.C: 0502270937
LECTOR 3 (MIEMBRO)

AGRADECIMIENTO

En esta tesis "Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi querida Universidad, Técnica de Cotopaxi, por brindarme la oportunidad de llevar a cabo este proyecto de tesis. Su dedicación a la excelencia académica y su apoyo incondicional han sido fundamentales en mi desarrollo como estudiante. También quiero agradecer de manera especial a mis estimados profesores, quienes con su experiencia y conocimientos me han guiado en cada etapa de este proceso. Sus valiosos consejos, sus enseñanzas y su constante motivación han sido cruciales para alcanzar los resultados que hoy presento.

Además, no puedo dejar de mencionar el apoyo inquebrantable de mi país [nombre del país]. La rica cultura, el espíritu emprendedor y las oportunidades que ofrece mi país han sido una fuente constante de inspiración para mí. Me siento orgulloso/a de representar a [nombre del país] en este proyecto y espero poder contribuir al crecimiento y desarrollo académico en el futuro.

A todos aquellos que directa o indirectamente han sido parte de este camino, mi más profundo agradecimiento. Sin su apoyo y aliento, esta tesis no habría sido posible. ¡Gracias!"

Ashqui Silva Anderson Ronaldo

AGRADECIMIENTO

En esta tesis "Quiero expresar mi profundo agradecimiento a mis compañeros de clase, quienes han sido una fuente constante de apoyo, motivación y camaradería durante el desarrollo de este proyecto de tesis. Sus ideas, sus debates y su amistad han enriquecido enormemente mi experiencia académica, y por ello les estoy eternamente agradecido/a.

Asimismo, deseo reconocer el compromiso y la excelencia académica de mi querida Universidad Técnica de Cotopaxi. El entorno de aprendizaje que ofrece esta institución ha sido fundamental en mi formación como estudiante, brindándome las herramientas y los recursos necesarios para llevar a cabo esta investigación con éxito. A cada miembro del cuerpo docente, al personal administrativo y a todos aquellos que forman parte de la comunidad universitaria, les expreso mi más sincero reconocimiento por su labor incansable en pro del desarrollo educativo y científico.

A mis compañeros y a mi universidad: gracias por ser parte fundamental de este viaje académico. Vuestra contribución ha dejado una huella imborrable en mi formación profesional y personal.

¡A todos ustedes, mi gratitud eterna!"

Armas Proaño Wilson Ulises

DEDICATORIA

"A mis queridos padres y a mis amados hermanos, quienes han sido mi fuente inagotable de amor, apoyo y aliento incondicional a lo largo de este camino académico. Vuestra confianza en mí y vuestro constante respaldo han sido mi mayor motivación para alcanzar este logro. Esta tesis es el resultado de vuestro amor y sacrificio, y por ello les dedico con profundo cariño cada página, cada palabra y cada descubrimiento.

-A mis entrañables amigos, quienes han compartido conmigo alegrías, desafíos y momentos inolvidables a lo largo de esta travesía. Vuestra amistad y complicidad han iluminado mi camino y enriquecido mi vida de maneras inimaginables. Esta tesis es también vuestra, como testamento de nuestra unión y amistad duradera.

A todos ustedes, mi gratitud eterna. Que esta tesis sea un modesto reflejo del amor, la amistad y el apoyo inquebrantable que han dado forma a mi vida.

Con todo mi amor y agradecimiento,

Ashqui Silva Anderson Ronaldo

DEDICATORIA

A mi madre por haberme dado la vida, por guiarme en este camino, por sus consejos que voy aplicando en mi día a día, por el corto tiempo que estuvo mi padre en este mundo me dejó esas ganas de seguir adelante, a todas las personas que con sus consejos me impulsaron para llegar a este momento tan importante.

A través de esta dedicatoria, deseo expresar mi eterna gratitud por todo esa guía que me ha servido para afrontar muchos obstáculos en mi vida y llegar hasta este sueño que tanto he anhelado. Este éxito les dedico a todos que estuvieron en este proceso tan importante que fue y seguirá siendo parte de mi vida.

Con amor y agradecimiento infinitos,

Armas Proaño Wilson Ulises

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES
TÍTULO: “OBTENCIÓN DE UN COLORANTE A PARTIR DE LOS SEDIMENTOS
PRODUCIDOS EN LA ELABORACIÓN DE VINO DE MORTIÑO”

Autores:

Ashqui Silva Anderson Ronaldo
Armas Proaño Wilson Ulises

RESUMEN

Este trabajo de investigación tuvo como objetivo la obtención de un colorante a partir de los sedimentos de la elaboración de vino de mortiño (*Vaccinium floribundum*), mediante la metodología de maceración, en donde se evaluó como factores de tiempo extracción (3 a 9 h), temperatura (40 a 60 °C), relación masa/disolvente (1:10 a 1:20) y la concentración de etanol (85 a 95%). Aquí se consideró como variables respuesta el rendimiento de antocianina y polifenoles. Al mismo tiempo, el extracto se secó por la metodología de secado por aspersión, empleando como factores de velocidad de flujo de alimentación (500 a 700 ml/h) y la temperatura de aire de entrada (150 a 170°C). Luego se caracterizó el polvo optimizado en función a las propiedades físicas y químicas. Para el tratamiento estadístico se empleó el programa Design Expert 8.0.6 (Stat-Ease Inc., Minneapolis, EE.UU.), en el cual se utilizó diseño experimental de superficie respuesta IV Óptimo. La mejor combinación de la extracción se consiguió a una temperatura de 60°C, un tiempo de 9 h, la relación masa/disolvente de 1:20 y con una concentración de etanos al 95%, obteniendo un rendimiento de antocianinas de 40,70% y el rendimiento de polifenoles de 84,60%. Mientras que en el secado del extracto se obtuvo las condiciones óptimas a una velocidad de flujo de alimentación de 500 ml/h y temperatura de aire de entrada de 170°C, alcanzando un rendimiento del 73,32%, contenido de antocianinas de 4445,41 mg/1000g, contenido de polifenoles de 64,01 mg/1000g, además de un porcentaje de humedad de 3,38%. Para la ejecución de este proyecto se aplicó el método experimental el cual permitió, con los datos obtenidos concluir que, si es posible la extracción de un colorante de los sedimentos del vino de mortiño, y que adicionalmente, puede ser aplicado como un aditivo natural en las formulaciones de alimentos.

Palabras claves:

Colorante, Maceración, Antocianina, Polifenoles, Temperatura, Extracción, Disolvente, Caracterizar, Metodologías, Secado.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES

TITLE: “OBTAINING A COLORANT FROM THE SEDIMENTS PRODUCED IN THE PRODUCTION OF MORTIÑO WINE”

Authors:

Ashqui Silva Anderson Ronaldo
Armas Proaño Wilson Ulises

ABSTRACT

This research work was aimed to obtain a colorant from the sediments of the production of mortiño wine (*Vaccinium floribundum*). It used the maceration methodology, where extraction time factors (3 to 9 h), temperature (40 to 60 °C), mass/solvent ratio (1:10 to 1:20) and ethanol concentration (85 to 95%) were evaluated. The yield of anthocyanin and polyphenols were taken into consideration as response variables. At the same time, the extract was dried up by spray drying methodology, using feed flow rate (500 to 700 ml/h) and inlet air temperature (150 to 170°C) as factors. The optimized powder was then characterized based on physical and chemical properties. Regarding the statistical treatment, the Design Expert 8.0.6 program (Stat-Ease Inc., Minneapolis, USA) was employed, in which the optimal IV response surface experimental design was drawn on. The best combination of the extraction was achieved at a temperature of 60°C, a time of 9h, the mass/solvent ratio of 1:20 and with an ethane concentration of 95%, obtaining an anthocyanin yield of 40.70%. and the polyphenol yield of 84.60%. While in the drying of the extract, optimal conditions were obtained at a feed flow rate of 500 ml/h and inlet air temperature of 170°C, reaching a yield of 73.32%, anthocyanin content of 4445.41 mg/h. 1000g, polyphenol content of 64.01 mg/1000g, in addition to a humidity percentage of 3.38%. For the execution of this project, the experimental method was applied which allowed, with the data obtained, to conclude that, the extraction of a colorant from the sediments of Mortiño wine is possible, and that additionally, it can be applied as a natural additive in food processing establishments.

Keywords: Colorant, Maceration, Anthocyanin, Polyphenols, Temperature, Extraction, Solvent, Characterize, Methodologies, Drying.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	vii
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	viii
DEDICATORIA.....	xi
DEDICATORIA.....	xii
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	2
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	3
4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	4
5. OBJETIVOS.....	5
5.1 Objetivos General.....	5
5.2 Objetivos Específicos	5
6. ACTIVIDADES Y SISTEMAS DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.....	5
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	7
7.1 Antecedentes.....	7
7.2. Fundamentación Teórica	8
7.2.1 Sedimentos de vino de mortiño	10
7.2.2 Mortiño (<i>Vaccinium floribundum</i>).....	10

7.2.4 Composición química del mortiño	12
7.2.4.5 Biodisponibilidad de los polifenoles	14
7.2.5 Composición química y nutricional.....	14
Mortiño tiene propiedades medicinales como se menciona a continuación:.....	14
7.2.6 Colorantes.....	15
7.2.7 Tipos de colorantes.....	16
• Tintes sintéticos que no se encuentran en la naturaleza (por ejemplo, tintes azoicos, etc.)	16
• Tintes sintéticos idénticos a los naturales: tintes artificiales que también se encuentran en la naturaleza (como el caroteno y la riboflavina)	16
7.2.8 Métodos de extracción de colorantes.....	17
7.2.9 Secado.....	20
7.2.10 Métodos de secado.....	21
8. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS	24
8.1 Obtención de extracción de antocianinas a partir de los sedimentos de la elaboración del vino de mortiño. (<i>Vaccinium floribundum</i>).	24
8.1.1 Hipótesis nula	24
8.1.2 Hipótesis alternativa	24
8.2 Secado del extracto de antocianinas a partir de los sedimentos de la elaboración del vino de mortiño. (<i>Vaccinium floribundum</i>).	24
8.2.1 Hipótesis nula	24
8.2.2 Hipótesis alternativa	25
8.3 Validación de hipótesis.....	25

9. METODOLOGÍA.....	25
9.1 Tipos de investigación.....	25
9.1.1 Investigación Aplicada	25
9.1.2 Investigación Bibliográfica.....	25
9.1.3 Investigación Experimental	26
9.1.4 Investigación tecnológica	26
9.2 Técnicas de la investigación.....	26
9.3 Materiales	27
9.3.1 Materiales de laboratorio	27
9.3.2 Equipos	27
9.3.3 Reactivos	27
9.3.4 Materia prima	28
9.4 Diagrama de Flujo	29
9.5 Procedimiento.....	30
9.5.1 Secado de residuos.....	30
9.5.2 Caracterización de los residuos	30
9.5.3 Extracción de Antocianina.....	30
9.5.4 Destilación al vacío del extracto de antocianina	31
9.5.5 Caracterización del extracto de antocianina	31
9.5.6 Secado por aspersion del extracto de antocianina	31
9.5.7 Caracterización del colorante	32

9.6 Métodos	32
9.6.1 Determinación de pH.....	32
9.6.2 Determinación de acidez	33
9.6.3 Determinación de ceniza	33
9.6.4 Determinación de humedad	34
9.6.5 Método de determinación para la eficiencia.....	35
9.6.6 Método de determinación de la densidad compacta.....	35
9.6.7 Método de determinación el análisis de solubilidad.....	36
9.6.8 Método de determinación del índice de carr	36
9.6.9 Método de determinación de índice de hausner	37
9.6.10 Método de determinación de rendimiento	37
9.6.11 Método de determinación de densidad aparente.....	37
9.6.12 Metodología de pH diferencial	38
9.7 Diseño Experimental	38
9.7.1 Corridas Experimentales.....	39
9.7.2 Secado del Extracto de antocianina del desecho del mortiño.....	41
10 Análisis e Interpretación de Resultados.....	43
10.1 Caracterización física y química de los residuos de mortiño	43
11. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)	60
11.1 Impactos Técnicos:	60
11.2 Impactos Sociales:	61

11.3 Impactos Ambientales:	61
11.4 Impactos Económicos:.....	61
12. PRESUPUESTO DEL PROYECTO.....	61
13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	63
13.1 CONCLUSIONES.....	63
13.2 RECOMENDACIONES	63
14. REFERENCIAS.	64
15. ANEXOS	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Actividades con relación a los objetivos	5
Tabla 2. Taxonomía del mortiño (<i>Vaccinium floribundum</i>)	11
Tabla 3. Variedad de mortiño	12
Tabla 4: Propiedades nutricionales del mortiño	15
Tabla 5. Descripción del diseño de superficie respuesta para extracción de antocianina de los sedimentos.	39
Tabla 6. Descripción del diseño de superficie respuesta para extracción de antocianina de los sedimentos.	39
Tabla 7. Cuadro de variables para la obtención de antocianinas	40
Tabla 8. Descripción del diseño de superficie respuesta para el secado donde se evidencia variables como la velocidad de flujo, temperatura de aire de entrada.	41
Tabla 9. Matriz experimental para el secado del extracto de antocianina del desecho del mortiño	42
Tabla 10. Cuadro de variables para el secado del extracto de antocianina del desecho del mortiño.....	42
Tabla 11. Caracterización química de mortiño deshidratado	43
Tabla 12. Matriz experimental para la evaluación del rendimiento de antocianinas y polifenoles del desecho de mortiño.	44
Tabla 13. Parámetros del modelo codificado para el rendimiento de antocianina	46

Tabla 14. Parámetros del modelo codificado para el rendimiento de polifenoles.....	47
Tabla 15. Predicción de la optimización para la evaluación del rendimiento de antocianinas y polifenoles del desecho de mortíño.	49
Tabla 16. Caracterización física y química del extracto acuoso de antocianina del desecho del mortíño.....	50
Tabla 17. Matriz experimental para el secado del extracto de antocianina del desecho del mortíño.....	51
Tabla 18. Parámetros del modelo codificado para el rendimiento	52
Tabla 19. Parámetros del modelo codificado para el contenido de antocianinas (mg/1000 g)	53
Tabla 20. Parámetros del modelo codificado para el contenido de polifenoles (mg/1000 g) .	55
Tabla 21. Parámetros del modelo codificado para el contenido para humedad	57
Tabla 22. Predicción de la optimización para el secado del extracto de antocianina del desecho del mortíño.....	58
Tabla 23. Características del colorante optimizado de residuos de mortíño	60
Tabla 24. Presupuesto	61

ÍNDICE DE FÍGURAS

Figura 1: Rendimiento de antiocianina (A), tiempo de extracción (B) y temperatura de extracción (C)	47
Figura 2: Rendimiento polifenoles.....	48
Figura 3: Desirability	50
Figura 4: Rendimiento.....	53
Figura 5: Contenido de antocianina (mg/1000g).....	55
Figura 6: Contenido de polifenoles (mg/1000g)	56
Figura 7: Humedad (%).....	58
Figura 8: Desirability	59

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto: “Obtención de un colorante a partir de los sedimentos producidos en la elaboración de vino de mortiño (*Vaccinium Floribundum*)”

Lugar de Ejecución

Barrio: Salache Bajo.

Parroquia: Eloy Alfaro.

Cantón: Latacunga

Provincia: Cotopaxi Zona: 3

País: Ecuador

Institución

Universidad Técnica de Cotopaxi

Facultad

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales (CAREN)

Carrera que auspicia

Carrera de Ingeniería Agroindustrial.

Tutor de titulación:

Rojas Molina Jaime Orlando, Quím. Mg.

Postulantes:

Ashqui Silva Anderson Ronaldo

Armas Proaño Wilson Ulises

Área de Conocimiento:

Ingeniería, Industria y Construcción.

Sub Área:

Industria y producción

Línea de investigación:

Desarrollo y Seguridad Alimentaria

Sub línea:

Investigación-innovación y emprendimientos

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La elaboración de bebidas fermentadas conlleva a la generación de una variedad de desechos agroindustriales, que abarcan desde cáscaras, semillas, hojas, paja, entre otras fracciones de frutas o vegetales, las cuales producen contaminación para el medio ambiente (Mirabella et al., 2019). La investigación se llevó a cabo con el propósito de abordar la extracción de antocianina a partir de los sedimentos del vino de mortiño obtenidos de la fábrica de vinos Perla Andina ubicada en el cantón Sigchos, un área de estudio que presenta relevancia tanto teórica como práctica. Desde el punto de vista teórico, el proyecto busca avanzar en el conocimiento científico sobre las condiciones óptimas para la extracción de este compuesto. La comprensión más profunda de estos elementos contribuirá a la literatura científica relacionada con la producción de colorantes naturales. Los desechos producidos en la industria del vino contienen compuestos polifenólicos que son metabolitos secundarios producidos por las plantas, los cuales se obtienen principalmente de la cáscara y las semillas. Estos compuestos polifenólicos tienen potenciales beneficios, ya sea como antioxidantes o por otras propiedades saludables, como sus efectos antimicrobianos y antivirales (Souza et al., 2020).

En términos prácticos, los aportes de la investigación son significativos para la industria alimentaria y, en particular, para productores de vino de mortiño y empresas interesadas en utilizar colorantes naturales en sus productos. Al identificar y optimizar las condiciones ideales para la extracción de antocianina, se busca ofrecer métodos más eficientes y sostenibles. Esto no solo podría mejorar la calidad y estabilidad de los colorantes obtenidos, sino que también tendría implicaciones económicas y ambientales positivas al reducir el uso de sustancias químicas sintéticas.

Los beneficiarios directos de esta investigación incluyen, por lo tanto, actores de la industria alimentaria que buscan mejorar la calidad de sus productos y adoptar prácticas más sostenibles. Además, la comunidad científica dedicada a la investigación en alimentos y química, también se beneficiarán al contar con nuevos conocimientos que pueden aportar en investigaciones futuras y contribuir al avance general del campo productivo.

En términos de impacto y relevancia, este proyecto se alinea con la creciente demanda de soluciones sostenibles en la industria alimentaria y la preferencia del consumidor por productos naturales. La utilidad práctica de los resultados se traduce en la posibilidad de optimizar procesos industriales y promover prácticas más respetuosas con el medio ambiente. En última

instancia, se espera que esta investigación contribuya no solo al ámbito científico, sino también al desarrollo sostenible y la innovación en la industria alimentaria.

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Beneficiarios Directos

Se estima que, al adoptar las prácticas optimizadas de extracción de antocianina, varios productores de vino de mortiño podrían beneficiarse directamente. La cantidad exacta dependerá del alcance y la adopción de las prácticas mejoradas, pero podría oscilar entre 10 y 20 productores en una fase inicial.

Las empresas que utilizan colorantes naturales en sus productos, como fabricantes de alimentos y bebidas, son beneficiarias directas. La cantidad podría variar, pero se estima que entre 5 y 10 empresas podrían implementar estas prácticas de la aplicación de colorantes naturales en sus procesos de producción.

Beneficiarios Indirectos:

Los consumidores finales de productos alimenticios que utilizan colorantes naturales podrían beneficiarse indirectamente de la investigación al acceder a productos de mayor calidad y más sostenibles. La cantidad de consumidores indirectos podría ser considerable, alcanzando a cientos o incluso miles, dependiendo de la distribución y alcance de los productos finales.

4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La problemática de este proyecto se basa en la falta de aprovechamiento de manera eficiente de los desechos derivados en la elaboración de vino de mortiño. La gestión inadecuada de los residuos del vino de mortiño puede desencadenar diversos impactos ambientales significativos. La liberación de sustancias químicas en cuerpos de agua contribuye a la contaminación hídrica, amenazando la biodiversidad acuática. Además, la disposición incorrecta de estos residuos puede llevar a la degradación del suelo, comprometiendo su fertilidad y estructura. La emisión de gases de efecto invernadero durante la descomposición de residuos añade una dimensión al cambio climático. Asimismo, la presencia de componentes tóxicos en los residuos puede afectar negativamente la biodiversidad local y la salud del suelo. Para abordar estos problemas, es esencial implementar prácticas de gestión de residuos que minimicen la contaminación, fomenten el reciclaje y promuevan la sostenibilidad en la industria del licor de mortiño (Coleman, 2020)

El consumo excesivo de aditivos sintéticos puede generar efectos perjudiciales para la salud de los consumidores. Usar colorantes sintéticos en los alimentos no es más que agregar químicos a los productos comestibles. El principal objetivo es mejorar sus propiedades sensoriales y permitir que los consumidores las descubran a través de los sentidos, principalmente la vista y el gusto, que son muy importantes porque indican el éxito o fracaso del producto en el mercado. El mayor problema al consumir este tipo de alimentos es que pueden contener sustancias nocivas que son perjudiciales para el cuerpo humano y alteran su salud (Hidalgo, 2022).

Uno de los desafíos claves asociados con el mortiño radica en su disponibilidad estacional, ya que esta fruta no se produce de manera continua durante todo el año, sino que prospera en climas templados y se cosecha específicamente entre septiembre y noviembre. (Guerisoli et al., 2023) Esta característica la hace altamente perecedera, requiriendo refrigeración constante para prolongar su vida útil.

5. OBJETIVOS

5.1 Objetivos General

- Obtener un colorante a partir de los sedimentos producidos en la elaboración de vino de mortiño (*vaccinium floribundum*).

5.2 Objetivos Específicos

- Extraer antocianina de los sedimentos del proceso de elaboración del vino de mortiño en función a la temperatura, tiempo, relación masa/disolvente y concentración de etanol.
- Optimizar el proceso de secado del extracto de antocianina en función a la velocidad del flujo de alimentación y temperatura del aire de entrada.
- Caracterizar el colorante natural en función de las propiedades físicas y químicas.

6. ACTIVIDADES Y SISTEMAS DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.

Tabla 1.

Actividades con relación a los objetivos

Objetivo	Actividad	Resultado de la actividad	Medios de Verificación
<ul style="list-style-type: none"> • Extraer antocianina de los sedimentos del proceso de elaboración del vino de mortiño en función a la temperatura, tiempo, relación masa/disolvente y concentración de etanol. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Secar el sedimento durante 4 a 5 días. 2. Triturar el sedimento. (droga cruda) 3. Extraer la antocianina de los sedimentos. 4. Exudar el etanol del colorante. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Síntesis de antocianina extraído 2. Caracterizar el contenido de antocianina, humedad, ceniza, pH, acidez 	Valores del rendimiento de polifenoles y antocianinas presente en la tabla 8.

<ul style="list-style-type: none"> ● Optimizar el proceso de secado del extracto de antocianina en función a la velocidad del flujo de alimentación y temperatura del aire de entrada. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Definir el soporte de encapsulamiento. 2. Definir los parámetros de secado por aspersión. 3. Secar las disoluciones en función a los factores definidos. 4. Caracterizar a los polvos obtenidos. 5. Obtener el polvo optimizado. 	<ol style="list-style-type: none"> 3. Proceso de extracción de antocianina optimizado en función a los factores de temperatura y aire de entrada. 4. Secado por aspersión. 	<p>Valores obtenidos del rendimiento de polifenoles, antocianinas en función a la velocidad de flujo de alimentación y temperatura de aire de entrada presente en la tabla 13.</p>
<ul style="list-style-type: none"> ● Caracterizar el colorante natural en función de las propiedades físicas y químicas. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Analizar las Propiedades Físicas-Químicas <ul style="list-style-type: none"> - Identificar los Compuestos mediante Espectroscopia UV-Vis - Solubilidad, - Niveles de pH - Estabilidad - Térmica 2. pruebas de Endotoxinas 3. Otras Actividades <ul style="list-style-type: none"> - Estabilidad en Almacenamiento - Compatibilidad con Ingredientes Alimentarios - Análisis de Toxicidad - Cumplimiento Normativo <p>Documentación Registro</p>	<ol style="list-style-type: none"> 5. Compuestos identificados, mediante Espectroscopia UV-Vis, con los niveles de pH del colorante y la solubilidad en diferentes solventes con estabilidad térmica del colorante frente a una variación de temperatura. 6. Para evaluar la estabilidad, compatibilidad en periodos prolongados del colorante para el análisis de toxicidad vida útil cumpliendo normativas y registros 	<p>Evidencia de resultados en las tablas 11 y 16.</p>

7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

7.1 Antecedentes

Según Castro y Mendoza, (2021) con la investigación de "Evaluación de los pigmentos naturales se obtienen de pieles de uva (*Vitis Vinifera* 'Cabernet Sauvignon') y pieles de cítricos (*Citrus Reticulata*) utilizadas en la industria alimentaria." El desarrollo experimental se llevó a cabo mediante análisis de bromación proximal para analizar las sustancias más activas encontradas en los ingredientes ricos de la muestra. Además, se realizó una revisión de la literatura, comparando trabajos similares que definieron las condiciones del proceso de extracción Soxhlet como solvente etanol. 96%, relación volumen/peso 20:1, temperatura de 60°C a 70°C para evitar la degradación de los compuestos objetivo, tasa de extracción promedio 1139 µg β-caroteno en cáscara de cítricos 71,95%/100 g, uva El contenido de cáscara es 61,57% y 23,39 mg de antocianina-3-glucósido por 100 g de tejido seco.

Martínez y Muentes, (2019) de la Universidad Técnica de Cotopaxi Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales el título es "Extracción y caracterización de colorantes de (*Amaranthus Hybridus* L.) para uso en yogur natural". El objetivo de este estudio fue obtener tintes naturales a partir de las flores y tallos de sangora (*Amaranthus Hybridus*). Utilizando el método soxhlet. El enfoque se centra en la aplicación de este colorante en yogur natural. Se seleccionan flores y tallos debido a la formación de inflorescencias con una configuración glomerular y un vibrante color rojo-violeta. La extracción del colorante se lleva a cabo utilizando alcohol etílico con diversas concentraciones del 95%, 90% y 80%, combinado con diferentes proporciones de flores y tallos, como (25-75%), (50-50%) y (75-25%).

Los autores Arévalo y Sanaguano, (2021) de la Escuela Politécnica de Ciencias Químicas de Chimborazo obtiene colorantes naturales de la cúrcuma (*Curcuma Longa* Linn) para su uso en la industria textil. "la presente investigación es extraer un colorante natural a partir de la cúrcuma (*Curcuma longa linn*) con el objetivo de proporcionar una alternativa ecológica al colorante sintético en la industria textil. La extracción del colorante se realizó utilizando tecnología de extracción sólido-líquido. Utilizando el equipo Soxhlet. Se evaluaron factores como la concentración del extracto (12,5% 8,33% y 6,25% m/v) y el tiempo de extracción (60, 90, y 120 minutos). Posteriormente, se concentraron los colorantes naturales en un Rotavapor a 35 grados Celsius durante aproximadamente 20 minutos. Después de evaluar todos los métodos de procesamiento, se seleccionaron los más efectivos para caracterizar y teñir el algodón y la seda. El análisis estadístico determina las condiciones óptimas para la extracción

del color. con el mejor rendimiento son una concentración del 6,25% (m/v) y un tiempo de extracción de 120 minutos. Los resultados del análisis fisicoquímico incluyen un rendimiento promedio del 14,79%, un pH de 6,38, una densidad de 0,91, °Brix de 60,6 y un índice de refracción de 1,44318.

El autor Guamushi, (2019) de la Universidad Técnica de Cotopaxi Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales con el título de Obtención y caracterización de colorantes naturales a partir de la corteza y hojas de Molle (*Schinus Molle*)” La finalidad de esta investigación fue obtener y caracterizar colorantes naturales a partir de la corteza y hojas de molle (*Schinus molle*). Se llevó a cabo un proceso de extracción utilizando el equipo de destilación simple Soxhlet. El colorante se obtuvo al deshidratar hojas al 100% y corteza al 100%, ambas con un contenido de humedad del 5%, y aplicarlas al equipo. Se utilizaron solventes como agua (250 ml) y alcohol (250 ml) en el proceso, seguido de una filtración para separar sólidos y, finalmente, la evaporación de los solventes a 40°C durante 90 minutos, permitiendo la volatilización para conservar únicamente el colorante. En esta investigación, se implementó un diseño experimental que permitió la evaluación de variables para distinguir tratamientos con los solventes utilizados en la extracción del colorante de molle, mediante un Diseño Experimental AxB. Las variables analizadas incluyeron la caracterización fitoquímica del colorante, la fisicoquímica de polifenoles totales y el nivel de absorbancia en cada muestra. Esto facilitó la identificación del mejor tratamiento en términos de concentración de polifenoles y absorbancia.

7.2. Fundamentación Teórica

La historia del colorante se remonta al año 1500 a.C., con pinturas de tumbas del antiguo Egipto que muestran una variedad de colores, y el uso de tintes artificiales en vino y productos similares se informó ya en el año 300 a.C. El uso de colorantes alimentarios artificiales comenzó alrededor de 1850 y se generalizó en 1900 d.C. En 1900, se informó que había aproximadamente 695 colorantes alimentarios en uso en todo el mundo. (Sangolqui, 2023).

El mortiño ha sido históricamente empleado principalmente para elaborar la bebida tradicional del mes de noviembre, conocida como "colada morada", según lo menciona (Coba Santamaría et al., 2020). En la culinaria, el consumo de mortiño en esta bebida especial, endulzada con miel de caña y enriquecida con especias y trozos de frutas, es una práctica arraigada en la cultura popular, especialmente durante el Día de Difuntos. Esta bebida, que combina el mortiño con harina de maíz morado, tiene sus raíces en la época precolombina de los pueblos ancestrales

anteriores a la llegada de los europeos. A lo largo del tiempo, ha perdurado desde la época de los criollos hasta la actualidad, ya que históricamente se vinculaba la cosecha y la siembra como símbolos de la vida y la muerte, como se menciona en el trabajo de (Luteryn ,2021).

Algunos compuestos químicos empleados en la síntesis de colorantes son reconocidos como carcinógenos, mutágenos, sensibilizantes o alergénicos. Un ejemplo claro de colorantes con potencial cancerígeno son los azoicos, preparados a partir de arilaminas; investigaciones recientes han confirmado la presencia de posibles carcinógenos de colon en los colorantes azoicos, se ha observado que estos colorantes pueden aumentar los niveles promedio de hiperactividad en niños de 3 a 9 años (McCann et al., 2019).

Existe la necesidad de desarrollar colorantes no supone ningún riesgo para la salud de los consumidores. y que, de hecho, contribuyan a contrarrestar enfermedades. Estos pigmentos pueden obtenerse de fuentes naturales, como frutas, vegetales y cereales. Más allá de su capacidad para proporcionar colores intensos, estos pigmentos naturales contienen antioxidantes, pro-vitamina A y compuestos fenólicos, que desempeñan funciones vitales en la visión, el mantenimiento del epitelio, la secreción mucosa y la reproducción (Gutiérrez, 2019)

Las antocianinas, pigmentos naturales de origen vegetal, han sido identificadas como colorantes naturales con propiedades protectoras para las plantas frente a factores como la luz UV, oxidantes y radicales libres, según lo señalado por (Padilla, 2019). Estos compuestos han experimentado un aumento en su relevancia para diversas industrias, incluyendo la cosmética, alimenticia y farmacéutica, debido a sus propiedades bioactivas, como se destaca en el trabajo de (Buchweitz et al., 2020). Entre las propiedades bioactivas de las antocianinas se encuentran sus efectos antidiabéticos, antitumorales, antiinflamatorios y anticancerígenos (Garz, 2019).

Todos ellos son altamente tóxicos pero se utilizan en productos de consumo cotidiano sin que la gente se dé cuenta de sus efectos nocivos. Sin embargo, con una mayor concienciación sobre la salud y la seguridad alimentaria, los aditivos colorantes ahora se evalúan cuidadosamente antes de aprobarlos para uso humano. Es seguro comerlo para colorear otros alimentos de amarillo. Incluso se utilizaban como tintes moras, zanahorias, granadas, espinacas, perejil, remolacha y diversas flores como colorantes (Posada, 2022).

No se puede recopilar mucha información sobre los colorantes alimentarios, porque en la antigüedad se usaban más los tintes naturales en la industria textil, pero eran la única fuente de color y al principio solo se usaban de 5 a 10. Luego se comercializaron; El interés por los tintes naturales en los textiles recolectados en Rumanía surgió del conocimiento de estos tintes y de

las fuentes biológicas en los objetos más representativos del siglo XV al XX. (Mariuxi Flores et al., 2019).

Más adelante, durante el período comprendido entre los años 20 y 50, se marcó el inicio del uso de antioxidantes como aditivos alimentarios individuales. Se creía que el guaiac fue el primer antioxidante utilizado para estabilizar la manteca de cerdo en la década de 1930.

7.2.1 Sedimentos de vino de mortiño

Los sedimentos del vino de mortiño, también conocido como arándano rojo, son partículas sólidas que se extrae de la elaboración del vino de mortiño. Aunque a simple vista puedan parecer indeseables, estos sedimentos son beneficiosos ya que contienen compuestos fenólicos y antioxidantes y una gran cantidad de antocianinas las cuales pueden ser aprovechadas en la elaboración de colorantes naturales y así ayudar a al medio ambiente, y dar un valor agregado para su utilización de manera alimenticia.

7.2.2 Mortiño (*Vaccinium floribundum*)



Figura 1: Fruto de mortiño

Fuente: (Adolfo y Huertas, 2019)

El mortiño proviene del género *Vaccinium*, tiene un arbusto perenne de hoja caduca endémico de la familia de los rododendros, una especie silvestre que se encuentra sólo en las tierras altas de los Andes. ubicadas entre 1600 y 4000 metros de altitud, se le conoce como el "Arándano de los Andes" debido a su semejanza con el arándano de América del Norte. Este fruto es reconocido como una planta dado que las especies estrechamente relacionadas son ampliamente reconocidas, tiene un enorme potencial de mercado como nueva fruta que puede cultivarse y promocionarse para su consumo en los mercados mundiales. La distribución geográfica del Mortiño incluye la región andina de América del Sur desde Ecuador hasta Venezuela, y la baya

se encuentra en Paramosa, Ecuador, en praderas de alta montaña a altitudes entre 3.400 y 3.800 metros sobre el nivel del mar. (Mora et al., 2023).

Tabla 2.

Taxonomía del mortiño (*Vaccinium floribundum*)

Reino	<i>Plantae</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Subclase	<i>Magnoliopsida</i>
Orden	<i>Ericales</i>
Familia	<i>Ericaceae</i>
Género	<i>Vaccinium</i>
Especie	<i>Vaccinium floribundum</i>
Nombre científico	<i>Vaccinium floribundum</i>
Nombre común	Uva de monte, agraz o arándano azul.

Fuente: (Rivero, 2017)

7.2.3 Descripción Botánica

Raíz. En el caso específico del mortiño, un arbusto de la familia *Ericaceae*, la raíz desempeña un papel crucial en el sostén de la planta y en la toma de sustancias esenciales para su crecimiento y desarrollo. Además, la raíz del mortiño puede tener propiedades y compuestos beneficiosos, aunque la información detallada sobre su uso medicinal o culinario específico puede depender de la tradición cultural o de la investigación científica en curso (Jara Alcivar y Moreira Gómez, 2022).

Hojas. Las hojas del mortiño también pueden contener compuestos bioactivos, como polifenoles y antioxidantes, que pueden tener propiedades beneficiosas para la salud. Estos compuestos a menudo son objeto de interés en la investigación científica debido a sus posibles efectos antioxidantes y otros beneficios para la salud (Luteyn, 2021).

Flores. Su apariencia única y su papel en el ciclo de vida de la planta las convierten en elementos fundamentales en el desarrollo y la producción de frutos de mortiño el cáliz es pequeño, blanco, los sépalos están unidos en uno con 5 dientes; la corola es tubular con 5 lóbulos de 5 a 7 mm (Iverson y Dervan, 2019).

Fruto. La fruta es una esfera carnosa de 8 a 14 mm de diámetro, que va desde un tono morado oscuro hasta negro cuando madura. En su extremo conserva vestigios del cáliz, y contiene numerosas semillas pequeñas. (Guerrero, 2019).

Variedades. De acuerdo Nasimba (2019) existen tres variedades de mortiño en Ecuador, dos de las cuales son especies locales y una es endémica, es decir, una planta que se encuentra solo en un lugar del mundo., a continuación, se van a describir cada una de ellas:

Tabla 3.

Variedad de mortiño

Variedad	Características
<i>Vaccinium floribundum</i>	Es una especie nativa de los Andes. Se cultiva a una altitud de 1000-4500 metros. Tas atrodas Azuay, Bolivar, Canal, Carchi, Chimborazo, Cotopaxi, Loja, Santiago de Morona, Napo un Pichincha provincēs, Sucumbios, Imbabura, Tungurahua un Zamora departamentos.
<i>Vaccinium crenatum (G.Don) swleumer</i>	Arbusto nativo de los Andes Se cultiva se encuentra entre los 1500-3500 msnm. Se localiza en las provincias del Azuay, El Oro y Loja.
<i>Vaccinium distichum luteyn</i>	Esta especie es endémica de los Andes y se encuentra a una altitud de 2000-2500 metros sobre el nivel del mar. Sólo se encuentran en la provincia de Pichincha y actualmente están en peligro de extinción.

Fuente: (Nasimba et al., 2019)

7.2.4 Composición química del mortiño

7.2.4.1 Antocianina

Las antocianinas son pigmentos naturales pertenecientes al grupo de los flavonoides que se encuentran en diversos alimentos, y el mortiño (*Vaccinium floribundum Kunth*) es una de las fuentes ricas en estos compuestos. Las antocianinas son responsables de los colores rojo, morado y azul en muchas frutas, flores y vegetales, y tienen propiedades antioxidantes que han despertado interés en el ámbito de la nutrición y la salud. La extracción y caracterización de antocianinas del mortiño son temas de interés en la investigación científica y la industria

alimentaria, ya que pueden aprovecharse para la producción de colorantes naturales y suplementos nutricionales, el mortiño es utilizado en la preparación de bebidas y alimentos, donde las antocianinas no solo contribuyen al color, sino que también añaden valor nutricional a estos productos (Coba Santamaría et al., 2020).

7.2.4.2 Polifenoles (PF)

Los polifenoles (PF) también se categorizan según la cantidad de anillos fenólicos y los componentes estructurales vinculados a las unidades fundamentales, siendo los grupos principales de compuestos fenólicos los flavonoides, ácidos fenólicos, taninos hidrolizables, taninos condensados, estilbenos y lignanos (Avilés et al., 2019).

Debido a sus características, especialmente su capacidad antioxidante y antiinflamatoria, los polifenoles ofrecen una variedad de beneficios para la salud al contribuir potencialmente a la regulación del metabolismo, el control del peso, la prevención de enfermedades crónicas y la inhibición de la proliferación celular (Pregowska et al., 2020).

Los efectos beneficiosos de la ingesta de un elevado número de alimentos ricos en compuestos fenólicos, (cuya respuesta fisiológica en el organismo está probada) (Montaño Aguirre, 1976).

7.2.4.3 Antioxidantes

Los antioxidantes poseen la capacidad de neutralizar especies reactivas de oxígeno, como los radicales libres, que son moléculas altamente reactivas capaces de causar daño celular, contribuyendo así al desarrollo de enfermedades. Este tipo de daño celular puede incrementar el riesgo de padecer cáncer, enfermedades cardiovasculares (ECV) y otros trastornos (Carvajal, 2019).

Las antocianinas son los pigmentos más importantes visibles al ojo humano después de la clorofila. Desde el punto de vista químico, las antocianinas de las flores griegas Anthos (flor) y Kyanos (azul oscuro) son flavonoides que contienen 15 átomos de carbono, un anillo de cromano con otro anillo aromático B (C6-C₃-C₆) con o varias moléculas de azúcar. unidos a diferentes posiciones de hidroxilación en la estructura básica. Las antocianinas son glucósidos sustituidos de sales de fenil-2-benzopirano (cianidinas) (Hurtado y Charfuelan, 2019).

Las antocianinas son pigmentos vacuolares generalizados en la naturaleza que muestran una gran diversidad de colores Estos pigmentos se pueden incorporar en la industria alimentaria

alternativamente al uso de colorantes sintéticos ya que proporcionan una alta capacidad de colorante que también presenta una baja toxicidad y solubilidad en agua (Llantoy, 2020)

7.2.4.4 Flavonoides

Los flavonoides, derivados de aminoácidos aromáticos como la fenilalanina y la tirosina, constituyen la categoría más abundante de polifenoles. Estas sustancias de peso molecular reducido desempeñan un papel esencial en el desarrollo de las plantas, ya que funcionan como señalizadores químicos y afectan a diversas enzimas vinculadas a la fisiología y el metabolismo vegetal (Suárez, 2019).

7.2.4.5 Biodisponibilidad de los polifenoles

Conocer la cantidad total de polifenoles presentes en un alimento o ingrediente alimentario es importante, pero dada la definición anterior de biodisponibilidad, es aún más importante conocer el contenido de polifenoles biodisponibles de un alimento o ingrediente alimentario. un artículo alimenticio. (Suárez, 2019).

7.2.5 Composición química y nutricional

Mortiño tiene propiedades medicinales como se menciona a continuación:

- Restaura los niveles normales de azúcar en sangre en personas que sufren de problemas de hipoglucemia y diabetes, también ayuda con problemas digestivos (Paz, 2024).
- Son una importante fuente dietética de fibra y micronutrientes importantes para la salud, y también contienen una gran cantidad de otros fotoquímicos que no tienen deficiencias conocidas pero que pueden tener una actividad biológica significativa en las células de los mamíferos con posibles beneficios para la salud. (Masturoh y Anggita, 2018).
- Los antioxidantes que contienen pueden prevenir complicaciones crónicas porque interactúan con especies reactivas de oxígeno y son capaces de eliminar los radicales libres (Díaz, 2023).
- No sólo son antioxidantes, también tienen propiedades antibacterianas, antiinflamatorias y antimutagénicas. Los estudios demuestran que la fuerte actividad antioxidante de estas frutas se basa en su alto valor fenólico (Egas, 2019).

- Mejora la función visual en adultos con fatiga visual, lo que sin duda es un problema en la era de la informática. (Hernández Pérez y Wilma Maribel Llerena, 2020).
- Señalización genética en la prevención de enfermedades y promoción de la salud humana debido a la actividad biomédica en enfermedades como las cardiovasculares, el estrés oxidativo relacionado con la edad, las respuestas inflamatorias y diversas enfermedades degenerativas (Guerrero, 2019).

Tabla 4:

Propiedades nutricionales del mortiño

Componentes	Unidad	Contenido parte comestible (g/100g)
Humedad	g	81,0 ± 2.0
Carbohidratos totales	g	16,9 ± 0.1
Ceniza	g	0,4 ± 0.03
Fibra dietética total	g	7,6 ± 2.2
Grasa total	g	1,1
Proteína	g	0,7 ± 0,02
Calorías	kcal	84,0 ± 0,4
Calcio(Ca)	mg	17,0 ± 2,3
Magnesio(Mg)	mg	10,2 ± 1,1
Potasio(K)	mg	607 ± 73
Hierro(Fe)	mg	0,64 ± 0.2
Cobre(Cu)	mg	0,12 ± 0.02
Zinc(Zn)	mg	0,13 ± 0.02
Materia seca	g	14,40 ± 15.80

Fuente: (Guerrero, 2019).

7.2.6 Colorantes

Los colorantes son solubles en el medio de transferencia, por lo que cuando se utilizan tintes para teñir materiales, las propiedades cristalinas y granulares se pierden en la solución. Sin

embargo, otros autores prefieren el nombre más general "colorante", vinculando los dos términos a una definición en la que se considera que un colorante es una sustancia que cambia el color percibido de un objeto o imparte color a una sustancia que de otro modo sería incolora en un objeto (Ramírez et al., 2020).

El colorante alimentario es un agente colorante que se añade a los productos comestibles para dar a los alimentos características como apariencia, forma, superficie, tamaño y brillo, que están directamente relacionadas con la percepción sensorial humana y los hábitos alimentarios. Ésta es la razón principal por la que se aceptan o rechazan alimentos. . Es una propiedad sensorial que hace que un producto alimenticio sea inmediatamente aceptable para el consumidor, incluso antes de probarlo. (Loayza, 2019).

Estas características se describen a continuación:

- Ayudan a preservar la apariencia original de los alimentos después del procesamiento y durante el almacenamiento.
- También previenen los cambios estacionales en el color de los alimentos que pueden ocurrir debido a las condiciones ambientales y aseguran un tono de color uniforme. • Pueden usarse para preservar el sabor de los alimentos de consumo y mejorar el color normal para establecer y mantener la demanda del producto por parte de los consumidores.
- También se pueden utilizar de diversas formas para mantener la calidad de los alimentos y mejorar su aceptabilidad (Lazarte, 2021).

7.2.7 Tipos de colorantes

- Tintes sintéticos que no se encuentran en la naturaleza (por ejemplo, tintes azoicos, etc.).
- Tintes sintéticos idénticos a los naturales: tintes artificiales que también se encuentran en la naturaleza (como el caroteno y la riboflavina)
- Tintes naturales (pigmentos) producidos por organismos vivos como plantas y microorganismos.(Lazarte, 2021).

7.2.7.1 Colorantes naturales

Los pigmentos naturales son pigmentos obtenidos de la naturaleza y utilizados para impartir color a determinados productos. Los pigmentos naturales varían ampliamente en su estructura química y origen. Aunque existen colorantes raros como el ácido carmínico, los colorantes alimentarios más comunes se pueden dividir en seis categorías.

- Carotenoides.
- Clorofila.
- Pigmentos fenólicos: flavonoides, antocianinas y taninos.
- Betaína.
- Hemoglobina.

- otros pigmentos naturales (H. M. Cruz, 2019)

Según Cruz, (2019), los cuatro primeros provienen de fuentes vegetales, aunque están presentes en alimentos de origen animal que entran en la dieta. La mayoría de los pigmentos vegetales se ubican en el protoplasma de la célula, en orgánulos especiales llamados plastidios, donde se observan al microscopio formando pequeños poros o agujas con estructura cristalina; en algunos casos, cuando se disuelven en agua, se disuelven en las vacuolas de la célula. El grupo 5 se encuentra únicamente en productos de origen animal. El grupo VI incluye pigmentos que dan color a los tejidos vegetales y animales. No hay muchos de ellos en la naturaleza, pero son igualmente importantes debido a las propiedades específicas de cada sustancia. Finalmente, es importante señalar que la estructura química determina las características de los pigmentos además del color, aunque es su característica definitoria. Estabilidad durante el procesamiento y almacenamiento; su reactividad con otros compuestos determina su color y persistencia o cambio; pueden ser tóxicos, por lo que en algunos casos es necesario certificarlos para que cumplan 25 normas oficiales; y su potencial capacidad para actuar como oligoelementos son algunas de las propiedades de los pigmentos (Bodeant, 2022).

7.2.8 Métodos de extracción de colorantes

7.2.8.1 Extracción de solventes con párrafos

La extracción con solventes es un proceso ampliamente empleado para obtener colorantes de diversas fuentes naturales, destacándose dos métodos comunes: el macerado y el Soxhlet. En el macerado, el material vegetal se sumerge en un solvente como etanol, metanol o agua durante

un tiempo específico, permitiendo la disolución selectiva de los compuestos colorantes. Por otro lado, el método Soxhlet implica ciclos continuos de evaporación y condensación, logrando una extracción más eficiente mediante la recirculación del solvente que se calienta y condensa. La elección entre estos métodos dependerá de la naturaleza de la materia prima y los objetivos de la extracción, considerando también aspectos de seguridad y sostenibilidad ambiental relacionados con los solventes utilizados (Bonilla, 2019).

7.2.8.2 Extracción con fluidos supercríticos

La extracción con fluidos supercríticos es un método avanzado y eficiente para obtener compuestos bioactivos, incluyendo colorantes, de diversas materias primas. En este proceso, se utiliza un fluido supercrítico, generalmente dióxido de carbono (CO₂) a condiciones de temperatura y presión específicas, donde el CO₂ se encuentra en un estado intermedio entre líquido y gas. Esta técnica permite una extracción selectiva y controlada, ya que el fluido supercrítico actúa como solvente al modificar su densidad y solubilidad al ajustar las condiciones operativas. La ventaja principal radica en la obtención de extractos sin residuos de solventes, ya que el CO₂ vuelve a su estado gaseoso al final del proceso. Además, la extracción con fluidos supercríticos suele preservar mejor las propiedades bioactivas de los compuestos extraídos, convirtiéndola en una alternativa favorable en la industria de alimentos y farmacéutica (Velasco et al., 2020).

7.2.8.3 Extracción con agua

La extracción con agua, también conocida como hidroextracción, es un método sostenible y respetuoso con el medio ambiente para obtener compuestos bioactivos de diversas fuentes naturales. Este proceso implica el uso de agua en sus diferentes estados (caliente o a temperatura ambiente) como solvente para extraer sustancias solubles de las materias primas. A diferencia de otros métodos que emplean solventes más agresivos, la extracción con agua es considerada una alternativa más segura y saludable, ya que evita la presencia de residuos químicos en los extractos finales. Además, este enfoque puede preservar mejor las propiedades nutricionales y bioactivas de los compuestos, convirtiéndolo en un método preferido en la industria alimentaria y de bebidas, así como en la producción de extractos naturales para aplicaciones farmacéuticas y cosméticas (Carvalho et al., 2023).

7.2.8.4 Extracción por prensado en frío

La extracción por prensado en frío es un método mecánico y simple utilizado para obtener aceites esenciales y otros compuestos lipídicos de diversas materias primas, como semillas y frutos. En este proceso, las materias primas se someten a una presión mecánica sin la aplicación de calor adicional, preservando así la calidad y las propiedades nutricionales de los aceites. Al evitar altas temperaturas, se minimiza el riesgo de degradación de compuestos sensibles al calor, como antioxidantes y ácidos grasos esenciales. Este método es apreciado por su capacidad para producir aceites de alta calidad, con un aroma y sabor más ricos, además de mantener intactas las características beneficiosas de los ingredientes originales. La extracción por prensado en frío es comúnmente empleada en la industria alimentaria y cosmética para obtener aceites saludables que se utilizan en una variedad de productos, desde alimentos hasta productos de cuidado personal (Cuchipec, 2019).

7.2.8.5 Extracción con microondas

La extracción con microondas es un método eficiente y rápido para obtener compuestos bioactivos de diversas fuentes, como plantas, alimentos y productos naturales. En este proceso, se utiliza radiación de microondas para calentar selectivamente el solvente y la muestra, facilitando la liberación de los compuestos deseados. La rápida generación de calor ayuda a reducir el tiempo de extracción, manteniendo la eficacia en la obtención de compuestos bioactivos. Este método se destaca por su capacidad para mejorar la velocidad de extracción y preservar la calidad de los compuestos, minimizando la degradación debido al breve tiempo de exposición al calor. Además, la extracción con microondas a menudo requiere menos cantidad de solventes en comparación con métodos convencionales, lo que lo convierte en una opción más sostenible. Este enfoque ha ganado popularidad en la investigación y la industria para la obtención eficiente de compuestos beneficiosos con aplicaciones en alimentos, farmacia y cosméticos (Colina et al., 2019).

7.2.8.6 Extracción enzimática

La extracción enzimática es un método avanzado que utiliza enzimas para liberar compuestos específicos de materiales biológicos, como plantas, alimentos o subproductos agroindustriales. Este proceso implica la aplicación controlada de enzimas, como celulasas o pectinasas, que descomponen las paredes celulares y estructuras matrices, facilitando la liberación de compuestos bioactivos. La temperatura y el pH son factores clave en la actividad enzimática, y

la selección de enzimas específicas puede ser ajustada para optimizar la extracción de compuestos deseados. La extracción enzimática es apreciada por su selectividad y capacidad para preservar la integridad de los compuestos, evitando la degradación que puede ocurrir en métodos más agresivos. Además, este método puede ser más respetuoso con el medio ambiente al requerir condiciones de procesamiento más suaves y utilizar menos solventes. La extracción enzimática se ha convertido en una técnica valiosa en la obtención de productos naturales y compuestos bioactivos para diversas aplicaciones en las industrias alimentaria, farmacéutica y cosmética (Rivera et al., 2023).

7.2.9 Secado

Durante los últimos 30 años se han realizado numerosos estudios sobre el secado y secado de alimentos tropicales en países en desarrollo (Asia, África o América del Sur), donde los procesos de secado están mucho menos desarrollados que en los países occidentales. El secado es una operación importante en la cadena de producción de alimentos y a menudo se utiliza para conservar y evitar pérdidas de productos. Muchos productos alimenticios se secan en áreas rurales y urbanas para consumo local y exportación, y gran parte de la investigación se ha centrado en mejorar la eficiencia térmica de los secadores con menos atención a la calidad del producto (Rodríguez, 2019).

El proceso de deshidratación implica la eliminación definitiva de agua u otro líquido volátil de un material sólido húmedo. Esta acción se lleva a cabo previo al empaquetado de ciertos productos, con el propósito de mejorar su durabilidad durante el almacenamiento y disminuir los costos de envío reduciendo el peso del producto. El secado es una operación unitaria compleja que implica transferencia instantánea de calor y masa, así como diversos procesos, como cambios físicos o químicos, que pueden alterar la calidad del producto. Los cambios físicos que pueden ocurrir incluyen: contracción, expansión, cristalización, vitrificación, etc. y, en algunos casos, reacciones químicas o bioquímicas deseables o indeseables que pueden resultar en cambios de color, textura, olor u otras propiedades del producto sólido. Equipos Los materiales utilizados en estas operaciones industriales dependen del proceso particular y del tipo de material a secar. El proceso de secado se ve afectado por la importancia relativa de varios factores, incluida la sensibilidad térmica, la porosidad, la densidad aparente y el tamaño de las partículas. (Riós, 2019).

7.2.10 Métodos de secado

7.2.10.1 Secador de bandejas

La secadora consta de una cámara de secado con bandejas perforadas apiladas horizontal y verticalmente, un ventilador axial para suministrar aire seco y una salida para expulsar el aire usado, y está equipada con una unidad de control de temperatura con sensores y un sistema de termostato para mantener la temperatura fija elegida. Temperatura durante el secado. Cuando la secadora está en funcionamiento, un ventilador axial sopla aire a través de una cámara encima del elemento calefactor, controlada por un termostato, para calentar visiblemente el aire a la temperatura seleccionada y luego hacia la cámara de secado donde se elimina la humedad del producto a secar recogidos y luego dirigidos. a través de la guía de salida de aire. A medida que avanza la cosecha, el aire de secado consume humedad, lo que resulta en una disminución de masa y por ende disminuye el contenido de humedad del producto en la cámara de secado, esto continúa hasta que la calidad del producto disminuye. (Cerron y Junchaya, 2019).

Un secador de bandejas consta de las siguientes partes:

- Cámara de secado
- Bandeja
- Placa deflectora
- Soporte de bandeja
- Pared aislada del gabinete de secado
- Placa perforada
- Conducto de aire de entrada
- Pared aislada del conducto de aire
- Entrada de aire perforada
- Elementos de calentamiento
- Ventilador de suministro de aire
- Ventilador
- Montaje del motor
- Marco de soporte de montaje del motor
- Marco de herramienta
- Montaje del secador

- Puerta de la secadora
- Escape de salida de aire (Cerron y Junchaya, 2019).

El secador de bandejas consta de un conducto de aire montado sobre un bastidor de suelo que proporciona al operador una altura de trabajo cómoda. El aire se introduce en el conducto a través de una rueda de ventilador de flujo axial a una velocidad ajustable impulsada por un motor para producir un rango específico de velocidades del viento. El aire fluye a través de un elemento calefactor eléctrico controlado por computadora para proporcionar un cambio en la temperatura del aire en la parte central del canal, donde cuatro bandejas que contienen el material a secar están suspendidas en el flujo de aire. (Lobatón, 2023).

Las bandejas se montan en un marco de soporte que está conectado a una báscula electrónica colocada encima del canal donde el peso total se muestra continuamente y las paletas se insertan o retiran del canal para fines de exhibición a través de puertas laterales cerradas con panel de vidrio. Luego de que el aire pasa por el tanque de secado, es descargado a la atmósfera a través del tramo del ducto de salida, donde se mide con un anemómetro digital la velocidad del viento, la temperatura y la humedad relativa del aire precalentado. (Andrés, 2019).

7.2.10.2 Secado por aspersión

El secado por aspersión, también conocido como atomización, es un método de secado que se utiliza comúnmente en la industria para transformar líquidos, como soluciones, suspensiones o emulsiones, en polvo. El fundamento del secado por aspersión radica en la aplicación de calor a una corriente líquida que se convierte en pequeñas gotas, las cuales son expuestas al aire caliente para permitir la evaporación del líquido, dejando atrás partículas sólidas finas. El proceso de secado por aspersión consta de varias etapas. En primer lugar, el líquido se bombea hacia un dispositivo de atomización que lo convierte en pequeñas gotas. Estas gotas se dispersan en una cámara de secado, donde entran en contacto con una corriente de aire caliente. El calor provoca la evaporación rápida del solvente o del agua contenido en las gotas, resultando en partículas sólidas que se recogen en el fondo de la cámara (Tangarife et al., 2021).

Este método ofrece varias ventajas, como la obtención de partículas finas y secas con una distribución de tamaño uniforme. Además, el secado por aspersión es adecuado para una variedad de materiales y se utiliza en la producción de alimentos, productos farmacéuticos, productos químicos y otros productos en polvo (Rios y Garzón, 2021).

7.3 Glosario de términos (Incompleto y en orden alfabético)

1. **Antocianina:** Son pigmentos de color rojo a azul que se encuentran en muchas frutas, verduras y cereales (Real Academia Española, 2019).
- **Anemómetro:** Un anemómetro es un instrumento utilizado para medir la velocidad de los gases en flujos confinados (como el flujo de aire en una tubería) o en flujos no confinados (como los vientos atmosféricos) (HarperCollins, 2019).
- **Bastidor:** armazón que sirve para fijar, encajar o soportar algo como un lienzo, una tela, un cristal de una ventana, etcétera (Real Academia Española, 2019).
- **Colorante azoico:** los compuestos azoicos arilo tienen colores vivos, especialmente los rojos, naranjas y amarillos (Real Academia Española, s.f., definición 3).
- **Carotenoides:** Sustancia amarilla, roja o naranja que se encuentra sobre todo en las plantas (HarperCollins, 2019).
- **Estilbenos:** son hidrocarburos aromáticos.
- **Lignanos:** constituyen fitoestrógenos que se distinguen por presentar una estructura semejante a la de los estrógenos. Después de ser consumidos, los lignanos experimentan una transformación a enterolignanos a través de la acción de bacterias en el tracto intestinal (Real Academia Española, s.f., definición 3).
- **Silvestre:** Dicho de una planta: Criada naturalmente y sin cultivo (Real Academia Española, 2019).
- **Taninos:** sustancia astringente que se encuentra en algunos tejidos vegetales, como la corteza de los árboles y el hollejo de la uva, y que se emplea, entre otros usos, para curtir pieles (HarperCollins, 2019).
- **Vacuolares:** Orgánulo celular en forma de vesícula que almacena sustancias para diversas funciones celulares (Real Academia Española, s.f., definición 3).
- **Ventilador Axial:** Dispositivo mecánico cuya finalidad es impulsar aire y gases a través de una hélice, formada por un número variable de palas fijadas en el núcleo y encargadas de transferir energía desde el eje a las palas, haciendo que las vías respiratorias queden paralelas al eje de la hélice (HarperCollins, 2019).

8. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS

8.1 Obtención de extracción de antocianinas a partir de los sedimentos de la elaboración del vino de mortiño. (*Vaccinium floribundum*).

8.1.1 Hipótesis nula

- En la extracción del colorante las variables tiempo, concentración de etanol, temperatura y relación masa/disolvente, no presentan efectos significativos rendimiento de antocianina y rendimiento de polifenoles.

8.1.2 Hipótesis alternativa

- En la extracción del colorante las variables tiempo, concentración de etanol, temperatura y relación masa/disolvente, si presentan efectos significativos en el rendimiento de antocianina y rendimiento de polifenoles.

8.1.3 Validación de hipótesis

- Se acepta la hipótesis alternativa (Ha) y se rechaza la hipótesis nula (Ho). Existe influencia de los factores tiempo, concentración de etanol, temperatura, relación masa/disolvente y concentración de etanol sobre el rendimiento de antocianina y rendimiento de polifenoles.

8.2 Secado del extracto de antocianinas a partir de los sedimentos de la elaboración del vino de mortiño. (*Vaccinium floribundum*).

8.2.1 Hipótesis nula

- En el secado del extracto de antocianina los factores velocidad de flujo de alimentación y temperatura de aire de entrada no presentan efectos significativos en el rendimiento, contenido de antocianina, contenido de polifenoles y humedad.

8.2.2 Hipótesis alternativa

- En el secado del extracto de antocianina los factores velocidad de flujo de alimentación y temperatura de aire de entrada si presentan efectos significativos en el rendimiento, contenido de antocianina, contenido de polifenoles y humedad.

8.2.3 Validación de hipótesis

- Se acepta la hipótesis alternativa (H_a) y se rechaza la hipótesis nula (H_0). Existe influencia de los factores velocidad de flujo de alimentación y temperatura de aire de entrada sobre el rendimiento, contenido de antocianina, contenido de polifenoles y humedad.

9. METODOLOGÍA

9.1 Tipos de investigación

Las investigaciones posteriores se utilizaron para recopilar información sobre el desarrollo del proyecto.

9.1.1 Investigación Aplicada

Su propósito es resolver un problema, y se enfoca en la búsqueda e integración de conocimientos para su aplicación al enriquecimiento del desarrollo cultural y científico (Narváez & Villegas, 2014).

La investigación se enfocó en la extracción de un colorante natural de los sedimentos de vino de mortiño de la fábrica de Perla Andina de la Provincia de Cotopaxi, para abordar el problema de los residuos del proceso (Jerez, 2018).

9.1.2 Investigación Bibliográfica

En resumen, la investigación bibliográfica consiste en buscar, recopilar, organizar, evaluar, criticar e informar datos bibliográficos. Las tareas básicas de la investigación bibliográfica, como medida puramente orientativa, son: a) conocer e investigar todas las fuentes que puedan sernos de utilidad (Narváez & Villegas, 2014).

El estudio se basa en datos científicos extraídos de libros, artículos y trabajos científicos sobre la extracción de colorantes naturales para uso alimentario. Este estudio servirá como fuente de información para futuras investigaciones. (Rios y Garzón, 2021).

9.1.3 Investigación Experimental

La investigación experimental implica la manipulación deliberada de una variable independiente con el objetivo de probar su impacto en una variable dependiente, intentando establecer una relación de causa y efecto. En este tipo de investigación se planifica un experimento controlado donde un grupo recibe la variable independiente (grupo experimental), mientras que el otro grupo no la recibe (grupo control). La esencia de este enfoque radica en controlar otras variables que pueden influir en los resultados. (Ramos, 2021).

La extracción del colorante natural se llevó a cabo a nivel de laboratorio, mientras que la fase experimental del secado por aspersion se realizó en una universidad amiga, donde se evaluaron los factores y variables de estudio. Para determinar las características del colorante se realizó mediante propiedades física y química del colorante (Melissa Rabanal, 2020).

9.1.4 Investigación tecnológica

El estudio de la tecnología en ingeniería define el campo de producción de conocimiento técnico documentado, que incluye productos cognitivos: teorías, técnicas, técnicas, equipos, patentes, etc.

La investigación se centró en la aplicación de tecnologías de extracción y secado de los extractos de antocianina, para obtener colorante natural que puede ser aplicado a matrices alimentarias (Rios y Garzón, 2021).

9.2 Técnicas de la investigación

Para la extracción del colorante de los sedimentos de vino de mortiño, se aplicó diversas técnicas, entre las cuales destacan:

- Extracción con solventes: Esta es una técnica común que implica el uso de solventes para disolver y extraer el colorante presente en los sedimentos. Se empleó solventes orgánicos como etanol de 96 grados y la extracción se realizó mediante agitación.

- Cromatografía: Técnicas como la cromatografía en columna o la cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) se pueden utilizar para separar y purificar el colorante extraído, permitiendo obtener un producto final de alta pureza.
- Secado por aspersión se utilizó esta técnica para convertir el extracto líquido a polvo y así tener nuestro colorante del sedimento de vino de mortiño (D. T. Rodríguez, 2020).

9.3 Materiales

9.3.1 Materiales de laboratorio

- Bandejas
- Pinzas
- Probeta
- Papel filtro
- Beakers
- Embudo de Vidrio
- Viales de vidrio
- Frasco de vidrio
- Matraz Erlenmeyer
- Balón de extracción para Rotavapor de fondo redondo
- Vasos de precipitación (250mL)
- Crisol

9.3.2 Equipos

- Balanza Analítica (0,0001g)
- Evaporador al vacío (Rota vapor)
- Deshidratadora
- Master Cooker (Molino)
- Estufa
- Mufla
- Procesadora de alimentos

9.3.3 Reactivos

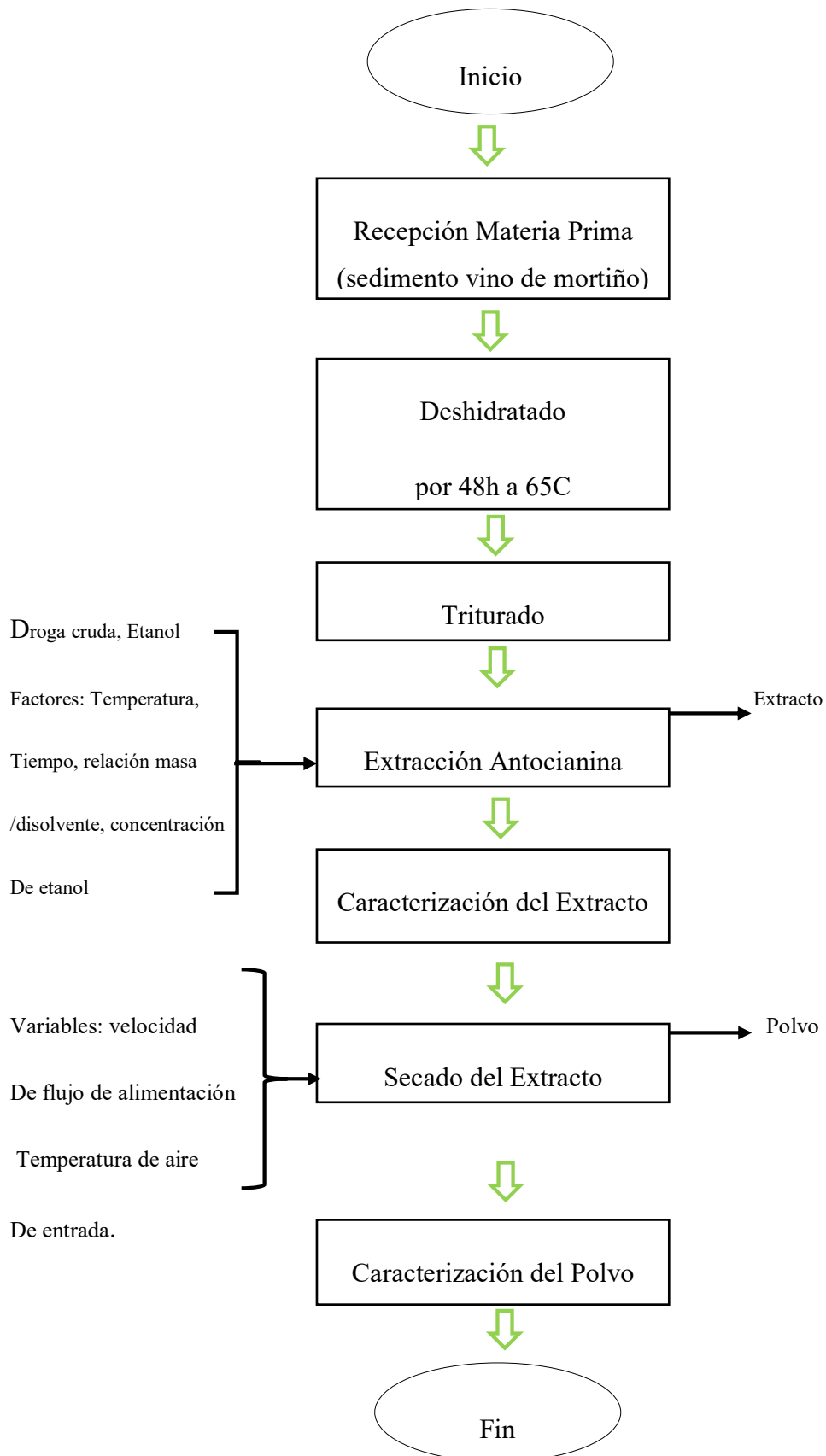
- Agua destilada.

- Etanol al 96%
- Maltodextrina
- Ácido clorhídrico
- Folin

9.3.4 Materia prima

- Sedimento de vino de mortiño

9.4 Diagrama de Flujo



9.5 Procedimiento

9.5.1 Secado de residuos

El proceso de secado de los sedimentos se llevó a cabo mediante el empleo de un deshidratador de bandejas, permitiendo el control preciso de la temperatura y el tiempo de secado. Para la deshidratación se empleó el método de deshidratación por bandejas, donde se procede a distribuir de forma homogénea el residuo en bandejas de secado, se inicia el proceso de deshidratación, aprovechando las condiciones controladas de temperatura, establecidas a 65 °C. Durante las siguientes 48 horas, y una cantidad de 10 libras de sedimento, el mosto experimenta una reducción gradual de su contenido de agua, lo cual contribuye a la formación de un producto final más concentrado. Este método de secado, mediante el uso de bandejas especializadas, permite una eficiente extracción del agua presente en el sedimento, optimizando así la calidad y estabilidad del producto resultante (Madera y Burbano, 2022)

9.5.2 Caracterización de los residuos

La caracterización de los sedimentos se realizó mediante la aplicación de metodologías que abordaron aspectos como el pH, acidez, contenido de ceniza y humedad (Villarroel y Zhunio, 2022).

9.5.3 Extracción de Antocianina

Se selecciona la fuente de antocianinas, en este caso el sedimento de vino de mortiño y se preparó el material vegetal, lo cual se lava y se seca el sedimento de mortiño para eliminar residuos y suciedad que puedan interferir con la extracción, luego se procedió a deshidratar el sedimento con ayuda de una deshidratadora a una temperatura de 65°C por 48 horas, para dar paso a la molienda del material vegetal. Luego se utilizó un solvente adecuado, como etanol de 96 % m/m, lo cual se disolvió el sedimento molido con el etanol. Se filtra la solución para separar el extracto de antocianinas de los sólidos no deseados. En algunos casos, es necesario concentrar el extracto utilizando técnicas como evaporación al vacío para separar el etanol del colorante. Estas condiciones fueron meticulosamente seleccionadas para garantizar la máxima obtención de antocianina. Los métodos de ensayo que se utiliza para la extracción de antocianinas son espectrofotometría, cromatografía líquida de alta resolución (HPLC), cromatografía de capa fina (TLC), precipitación de cloruro de metilo. Estos métodos nos

permiten analizar las antocianinas extraídas de las diferentes muestras y con esto obtener información detallada sobre su composición y concentración (Manzanarez, 2022).

9.5.4 Destilación al vacío del extracto de antocianina

Se utilizó un rotavapor, llevando a cabo 25 corridas consecutivas, para realizar el proceso de evaporación al vacío y concentrar la solución. Antes de iniciar, se verificó que el equipo estuviera debidamente ensamblado y en condiciones óptimas. La solución a concentrar se colocó en un matraz de evaporación siguiendo las recomendaciones de capacidad. Ajustamos meticulosamente los parámetros del rotavapor, incluida la temperatura del baño calefactor, estableciéndola entre los valores de 40 hasta 60 °C, y la presión de vacío, según las especificaciones del solvente y el compuesto a concentrar. Iniciamos la operación del equipo, permitiendo que la disminución de la presión redujera el punto de ebullición del solvente, facilitando su evaporación a la temperatura establecida. Durante el proceso, se monitoreó constantemente para evitar el secado completo del matraz, y se detuvo una vez alcanzada la concentración deseada. Con precaución, retiramos el matraz. Es crucial seguir las instrucciones específicas del rotavapor utilizado, ya que los procedimientos pueden variar entre diferentes modelos (Sánchez y Castro, 2023).

9.5.5 Caracterización del extracto de antocianina

La evaluación detallada de la extracción de antocianina se llevó a cabo mediante un análisis exhaustivo de diversos parámetros. Se abordaron aspectos como la eficiencia del proceso, determinando la cantidad de antocianina extraída en relación con factores como el tiempo, la concentración de etanol y la temperatura. También, se evaluaron las propiedades física y química del colorante resultante, incluyendo la humedad, densidad aparente, solubilidad y rendimiento. Este enfoque de caracterización proporciona una comprensión completa de la calidad y el rendimiento de la extracción de antocianina, permitiendo una evaluación integral del proceso (Alhogbi et al., 2019).

9.5.6 Secado por aspersión del extracto de antocianina

El secado por aspersión del extracto de antocianina fue llevado a cabo mediante un avanzado sistema de deshidratación. En este proceso, el extracto líquido de antocianina se atomizó en finas partículas, aumentando su área de superficie y facilitando la rápida evaporación del solvente. Se implementaron condiciones controladas de temperatura y flujo de aire para

asegurar una evaporación uniforme y eficiente, evitando la degradación de los compuestos sensibles al calor. Este método de secado por aspersión se eligió por su capacidad para producir partículas secas y libres de aglomeraciones, preservando así la integridad de la antocianina. El producto final resultante es un polvo de antocianina altamente concentrado y fácilmente soluble (Baranauskaite et al., 2019).

El polvo resultante se recoge en un recolector ubicado en la parte inferior del equipo, y una vez completado el proceso, se procede al análisis y almacenamiento del polvo, ajustándose a las necesidades específicas del compuesto. Es esencial seguir las instrucciones del equipo de secado por aspersión utilizado, ya que los procedimientos pueden variar según el diseño y las especificaciones del equipo (Landoni et al., 2019).

9.5.7 Caracterización del colorante

El colorante optimizado obtenido a partir de los residuos de mortiño fue sometido a un exhaustivo proceso de caracterización para evaluar sus propiedades físicas y químicas. La humedad del colorante, destacando su bajo contenido de agua, lo cual contribuye a la estabilidad y durabilidad del producto. La densidad aparente y la densidad compactada revelan propiedades importantes para la manipulación, envasado y estabilidad durante almacenamiento y transporte. La solubilidad, los índices de Carr y Hausner son parámetros que se utilizan para evaluar las propiedades de flujo y compresibilidad de un material en polvo, como en este caso, un colorante obtenido de los residuos de mortiño (Pumahuilca y Luna, 2019).

9.6 Métodos

9.6.1 Determinación de pH

La determinación del pH en una muestra que se lleva a cabo utilizando un medidor de pH o mediante una valoración ácido-base, la metodología para determinar el pH utilizando un medidor de pH. Calibración del medidor antes de comenzar, es fundamental calibrar el medidor de pH utilizando soluciones estándar de pH conocido (generalmente 4,01; 7,00 y 10,01). Esto asegura la precisión de las mediciones.

- **Preparación de la muestra:** La muestra se colocó en un recipiente limpio y seco, y el electrodo del medidor de pH se sumergió en la muestra.
- **Medición del pH:** Se encendió el medidor de pH y se registró el valor mostrado en la pantalla una vez que la lectura se ha estabilizado.

Es importante seguir las instrucciones del fabricante del medidor de pH y tomar las precauciones necesarias para evitar contaminación cruzada entre diferentes muestras (Alhogbi et al., 2019)

En la caracterización física y química del extracto acuoso de antocianina del desecho del mortuño se obtuvo un pH de 3.84%, como se puede evidenciar en la tabla 12.

9.6.2 Determinación de acidez

La determinación de la acidez en una muestra se puede realizar a través de diferentes métodos, dependiendo del tipo de producto o sustancia que estemos analizando. Uno de los métodos comunes para determinar la acidez es la titulación ácido-base. La metodología general para la determinación de acidez por titulación ácido-base incluye los siguientes pasos:

Al preparar muestra se disolvió o diluyó la muestra en un solvente adecuado.

Colocar la muestra en un matraz Erlenmeyer y se añade un indicador de pH apropiado. Luego, se tituló con una solución estándar de base (como hidróxido de sodio, NaOH) de concentración conocida hasta que alcanzo el punto de equivalencia, el cual se detecta por un cambio de color del indicador (M. W. O. Cruz et al., 2021).

En la característica física y química del extracto acuoso de antocianina del desecho del mortuño se obtuvo una acidez de 0.64% como se evidencia en la tabla 12.

9.6.3 Determinación de ceniza

La determinación se realizó duplicando la muestra preparada. Se procedió a calentar un crisol de porcelana vacío en una mufla ajustada a $550 \pm 15^\circ\text{C}$ 30 minutos. Después de enfriar en la secadora, se pesó con precisión de 0,1 mg. Luego, se transfirió al crisol y se pesaron de 3 g a 5 g de la muestra con la misma precisión. El crisol con su contenido se colocó cerca de la puerta abierta de la mufla por unos minutos para prevenir pérdidas por proyección antes de introducirlo en la mufla a $550 \pm 15^\circ\text{C}$. El proceso continuó hasta obtener cenizas de un color gris claro o hasta que el peso sea constante, sin permitir la fusión de las cenizas. Posteriormente, se retiró el crisol con la muestra de la mufla, se enfrió en el desecador y se pesó tan pronto como alcance la temperatura ambiente, con una aproximación de 0,1 mg como lo muestra en la Ec (1) (Fay y Zumbado, 2019).

$$\% \text{ Cenizas} = \left(\frac{(m_3 - m_1)100}{(m_2 - m_1)(100 - H)} \right) \quad (\text{Ec 1})$$

Donde:

- m1: masa del crisol vacío en gramos.
- m2: Masa del crisol que contiene la muestra en gramos.
- m3: masa del crisol que contiene cenizas en gramos.
- H: porcentaje de humedad en la muestra.

En la caracterización química del mortíño deshidratado se obtuvo un porcentaje de ceniza de 10.12% como se puede evidenciar en la tabla 7.

9.6.4 Determinación de humedad

Consiste en deshidratar la muestra en la estufa a una temperatura constante de 120 °C durante un período de 7 horas, hasta alcanzar un peso constante. La determinación se realizó calculando la diferencia de peso entre el material seco y el húmedo. El procedimiento implicó pesar 1 gramo de la muestra en un vidrio de reloj, pesa filtro o papel aluminio. Luego, se distribuyó uniformemente en la base de una cápsula de porcelana previamente tarada. La cápsula se colocó en la estufa a 120 °C durante 7 horas hasta que el peso alcance la constancia. Después, se enfrió en un desecador hasta llegar a la temperatura ambiente y se volvió a pesar. Se sugiere realizar la determinación por triplicado para obtener resultados más precisos indicada la Ec (2) (Yupanqui y Zambrano, 2019)

$$\% \text{ Humedad} = \left(\frac{m_1 - m_2}{m_1 - m} \right) 100 \quad (\text{Ec2})$$

Donde:

- m: masa de la cápsula vacía en gramos.
- m1: masa de la cápsula que contiene la muestra, en gramos.

m2: masa de la cápsula que contiene la muestra después del calentamiento, en gramos.

Los datos de la caracterización química del mortíño deshidratado de humedad fueron del 3.80%, en el secado del extracto de antocianina se obtuvo una humedad de 3.38%, y del extracto acuoso de antocianina del desecho de mortíño con una humedad de 96.87%, como se evidencia en la tabla 7,12 y 13.

9.6.5 Método de determinación para la eficiencia

Para evaluar la eficiencia, se llevó a cabo la cuantificación del contenido total de polifenoles, para lo cual se efectuó un lavado de las microcápsulas utilizando etanol al 60% de concentración. La eficiencia del proceso de microencapsulación se determinó considerando la cantidad de polifenoles presentes tanto dentro como fuera de la cápsula, mediante la aplicación de la Ec (3) (Campo Fernández et al., 2021).

$$\%EE = \frac{(A - B)}{A} * 100 \quad (\text{Ec } 3)$$

Donde:

A= Polifenoles totales en el interior de la cápsula

B= Polifenoles totales en el exterior de la cápsula

9.6.6 Método de determinación de la densidad compacta

En el análisis de la densidad compacta, se introdujo 1 gramo de polvo en una probeta y se sometió a 50 golpes manuales con el propósito de lograr una compactación que mostrara una variación notable respecto al volumen obtenido en la medición de la densidad aparente. Posteriormente, mediante el cociente entre la masa del polvo y su volumen, se determinó la densidad compacta como lo indica la Ec (5) (Copado, 2019)

$$Dc = \frac{m}{Vc} \quad (\text{Ec } 5)$$

Donde:

m= masa muestra utilizada (1g)

Vc= volumen muestra compactada en ml

9.6.7 Método de determinación el análisis de solubilidad

Para llevar a cabo el análisis de solubilidad, se tomó una muestra de 1 gramo de polvo, la cual se depositó en un vaso de precipitación que contenía 100 ml de agua destilada. La mezcla fue agitada manualmente hasta lograr la completa solubilización del polvo. Posteriormente, se extrajeron 10 ml de la muestra y se sometieron a centrifugación a 4000 rpm durante 5 minutos. Tras este paso, se filtraron 20 ml de la muestra y el papel con los residuos se colocó en una caja petri previamente pesada. La caja petri, junto con el papel, se introdujo en una estufa a 105°C por 3 horas para asegurar el secado total. Finalmente, se colocó en un desecador durante 20 minutos para su enfriamiento antes de pesar el papel filtro. Este proceso se calculó mediante la fórmula correspondiente como lo indica la Ec (6) (Johanna, 2019).

$$solubilidad = \frac{peso\ sólidos*4}{Peso\ muestra} * 100 \quad (Ec\ 6)$$

9.6.8 Método de determinación del índice de carr

El Índice de carr es una medida que evalúa la compresibilidad de una muestra en forma de polvo o gránulos. Esta métrica es fundamental para comprender la capacidad de flujo y compactación del material en estado pulverulento, proporcionando información valiosa sobre sus propiedades físicas y facilitando la optimización de procesos relacionados con la manipulación y manufactura de la muestra. Se calcula con la siguiente Ec (7) (Baranauskaite et al., 2019).

$$IC = \frac{Da - Dc}{Dc} * 100 \quad (Ec\ 7)$$

Donde:

Da: Densidad aparente

Dc: Densidad compactada

9.6.9 Método de determinación de índice de hausner

El cálculo del índice de hausner implica la consideración de los volúmenes aparente y compactado del material. Este índice es esencial para evaluar las propiedades de flujo y compresibilidad de la muestra, proporcionando una medida clave que contribuye a comprender su comportamiento durante procesos de manufactura y almacenamiento. Un valor bajo en el índice de hausner indica buenas propiedades de flujo y compresibilidad, lo que resulta crucial para garantizar procesos eficientes y la calidad del producto final y se realiza mediante la aplicación de la siguiente Ec (8) (Baranauskaite et al., 2019).

$$IH = \frac{Dc}{Da} \quad (\text{Ec } 8)$$

9.6.10 Método de determinación de rendimiento

La cuantificación del rendimiento del microencapsulado se realiza mediante la relación entre el peso del polvo de las microcápsulas y el peso esperado de las microcápsulas, considerando la cantidad de emulsión introducida en la máquina. La Ec (9) se presenta a continuación:

$$\% \text{ de rendimiento} = \left(\frac{PM}{PME} + \text{muestra} \right) * 100 \quad (\text{Ec } 9)$$

Dónde:

PM = Peso de las microcápsulas después del secado.

PME = Peso de las microcápsulas esperado.

Es importante destacar que la matriz encapsulante influye significativamente en el rendimiento, ya que su viscosidad desempeña un papel crucial. Una viscosidad baja puede resultar en la formación de una mezcla en el interior, retrasando la creación de una superficie penetrable. En contraste, una viscosidad alta puede mejorar el rendimiento (Manzanarez, 2022).

9.6.11 Método de determinación de densidad aparente

La medición de la densidad aparente se llevó a cabo tomando una muestra de 0,5 g del polvo de microencapsulado y colocándola en una probeta. A continuación, se determinó el volumen del polvo, estableciendo así una relación entre la masa y el volumen, expresada de la siguiente manera en la Ec (10).

$$D_a = \frac{m}{v} \quad (\text{Ec } 10)$$

Dónde:

m = masa de la muestra (g).

v = volumen de la muestra (ml).

Cuando la cantidad de aire atrapado es mayor se disminuye el valor de la densidad aparente de las microcápsulas, y a partir de esta se determina la densidad compactada (Quishpe y Miguel, 2022)

9.6.12 Metodología de pH diferencial

Se tomaron dos muestras de 0,5 mL de un extracto concentrado y purificado de antocianina en metanol acidificado al 0,01% con HCl. A una de las muestras se le añade buffer con pH 4,5 y a el otro buffer con pH 1. Se midió la absorbancia a 520 nm, (longitud de onda de máxima absorbancia de las antocianinas) y a 700 nm, en un espectrofotómetro UV-visible utilizando agua destilada como blanco. La absorbancia final se calculó según la ecuación: $A = (A_{520 \text{ nm}} - A_{700 \text{ nm}})_{\text{pH } 1} - (A_{520 \text{ nm}} - A_{700 \text{ nm}})_{\text{pH } 4,5}$.

Para calcular la concentración en la muestra original, se utilizó la fórmula: Antocianina monomérica (mg/L) = $(A \times PM \times FD \times 1000) / (\epsilon \times 1)$, donde A es la absorbancia calculada, FD es el factor de disolución, ϵ es el coeficiente de extinción molar, y PM es el peso molecular. Se consideró que la antocianina mayoritaria es cianidina-3-glucósido, con un ϵ de 29600 M/cm y un peso molecular de 445,2, junto con un factor de dilución de 5 (W. J. Cruz, 2019).

9.7 Diseño Experimental

El procesamiento estadístico, experimental y de la información se realizó en Design Expert (Stad-Ease Inc., Minneapolis, EE. UU.). El diseño experimental utilizará un modelo de optimización numérica utilizando un diseño de superficie de respuesta IV óptima para generar ecuaciones matemáticas que muestren tendencias en las condiciones del proceso.

Se tomará en cuenta las condiciones de temperatura (X_{TEE}); tiempo (X_{TIE}), relación masa/disolvente (X_{RMD}) y concentración de etanol (X_{CPF}).

Tabla 5.

Descripción del diseño de superficie respuesta para extracción de antocianina de los sedimentos.

Factor	Nomenclatura	UM	Tipo	Subtipo	Mínimo	Máximo
Temperatura	X_{TEE}	°C	Numérico	Discreta	40	60
Tiempo	X_{TIE}	h	Numérico	Discreta	3	9
Relación masa/disolvente	X_{RMD}		Numérico	Discreta	1:10	1:20
Concentración de etanol	X_{CPF}	%	Numérico	Discreta	85	95

La Tabla 5 muestra los intervalos de estimación para los factores evaluados, los cuales son: temperatura (X_{TEE}); tiempo (X_{TIE}), relación masa/disolvente (X_{RMD}) y concentración de etanol (X_{CPF}), mientras que el rendimiento de antocianinas y polifenoles es la variable respuesta.

9.7.1 Corridas Experimentales

Tabla 6.

Descripción del diseño de superficie respuesta para extracción de antocianina de los sedimentos.

Corrida	Temperatura (°C)	Tiempo (h)	Relación masa/disolvente	Concentración etanol (%)
1	50,00	6,00	2	85,00
2	50,00	3,00	2	90,00
3	40,00	6,00	3	95,00
4	60,00	6,00	1	90,00
5	40,00	3,00	1	95,00
6	50,00	6,00	2	85,00
7	40,00	3,00	3	85,00
8	60,00	3,00	2	95,00
9	40,00	9,00	3	85,00

10	40,00	9,00	1	85,00
11	60,00	9,00	3	95,00
12	50,00	3,00	2	90,00
13	60,00	3,00	1	85,00
14	40,00	6,00	1	90,00
15	60,00	3,00	3	85,00
16	40,00	9,00	2	90,00
17	60,00	9,00	1	85,00
18	50,00	3,00	3	90,00
19	50,00	3,00	1	85,00
20	50,00	9,00	1	95,00
21	50,00	6,00	2	85,00
22	60,00	3,00	1	95,00
23	60,00	6,00	1	90,00
24	40,00	6,00	2	85,00
25	40,00	9,00	2	90,00

La Tabla 6 muestra los pasos experimentales resultantes de los experimentos de diseño de superficie de respuesta IV óptima en el desarrollo de investigaciones.

9.7.1.2 Cuadro de Variables

Tabla 7.

Cuadro de variables para la obtención de antocianinas

Variable Dependiente	Variable Independiente	Indicadores	Dimensiones
Obtención de antocianinas	Temperatura (°C)	Rendimiento de antocianinas	%
a partir de los sedimentos	Tiempo(h)	Rendimiento de polifenoles	%

de la elaboración de vino de mortiño.	Relación masa/disolvente	Optimización	
	Concentración de etanol	Caracterización física y química del extracto acuoso	%

9.7.2 Secado del Extracto de antocianina del desecho del mortiño

El procesamiento estadístico, experimental y de la información se realizó en Design Expert (Stad-Ease Inc., Minneapolis, EE. UU.). El diseño experimental utilizará un modelo de optimización numérica utilizando un diseño de superficie de respuesta IV óptima para generar ecuaciones matemáticas que muestren tendencias en las condiciones del proceso.

Se tomará en cuenta las condiciones de velocidad de flujo de alimentación y temperatura de aire de entrada.

Tabla 8.

Descripción del diseño de superficie respuesta para el secado donde se evidencia variables como la velocidad de flujo, temperatura de aire de entrada.

Factor	Nomenclatura	UM	Tipo	Subtipo	Mínimo	Máximo
Velocidad de flujo de alimentación	X_VFA	ml/h	Numérico	Discreta	500	700
Temperatura de aire de entrada	X_TAE	°C	Numérico	Discreta	150	170

En la Tabla 8 se muestra el intervalo a evaluar para los factores velocidad de flujo de alimentación (X_{VFA}) y temperatura de aire de entrada (X_{TAE}).

9.7.2.1 Corridas Experimentales

Tabla 9.

Matriz experimental para el secado del extracto de antocianina del desecho del mortiño

Corrida	Velocidad de flujo de alimentación (mL/h)	Temperatura de aire de entrada (°C)
1	600,00	170,00
2	600,00	160,00
3	700,00	170,00
4	700,00	150,00
5	500,00	150,00
6	500,00	170,00
7	600,00	160,00
8	700,00	160,00
9	500,00	160,00

La Tabla 9 muestra los tiempos experimentales obtenidos del diseño de superficie de respuesta IV óptima utilizado en experimentos en el desarrollo de investigaciones.

9.7.2.2 Cuadro de Variables

Tabla 10.

Cuadro de variables para el secado del extracto de antocianina del desecho del mortiño

Variable Dependiente	Variable Independiente	Indicadores	Dimensiones
Obtención de antocianinas por secado de extracto	Velocidad de flujo de alimentación(ml/h)	Rendimiento	% mg/1000g

	Contenido de antocianinas	
Temperatura de aire de entrada(°C)	Contenido de Polifenoles	mg/1000g
	Humedad	%

10 Análisis e Interpretación de Resultados

10.1 Caracterización física y química de los residuos de mortiño

La Tabla 11 presenta información sobre la caracterización física y química del sedimento de mortiño deshidratado.

Tabla 11.

Caracterización química de mortiño deshidratado

Parámetro	Resultado
Ceniza	10,12
Humedad	3,80
Antocianina (mg/L)*	240,75

*Expresados como equivalentes de cianidina-3-glucósido (C3G).

La caracterización revela un producto con propiedades favorables, baja humedad para una mejor conservación y una cantidad destacada de antocianina, lo que le confiere beneficios antioxidantes. Este análisis respalda la consideración del residuo de mortiño deshidratado como un ingrediente valioso en la industria alimentaria y resalta su potencial para contribuir a una dieta equilibrada y saludable.

El análisis físico y químico del residuo revela un contenido de ceniza de 10,12 %, donde se evidencia una presencia elevada de minerales, una humedad baja con 3,80 %, que favorece la conservación y evita la proliferación de microorganismos. Se destaca por su distintivo color, debido a una concentración elevada de antocianinas donde se obtuvo 240,75 mg/L (expresada como equivalentes de cianidina-3-glucósido). Este pigmento natural no solo contribuye a la

aparición visual, sino que también ofrece beneficios funcionales, consolidando al mortiño deshidratado como una materia prima con potencial para la industria de alimentos.

Según Villanueva Pari, (2023) revela un contenido de humedad del 5,0 % y cenizas de 9,4 %. Se registró una concentración de polifenoles solubles de 882 mg/100 g de peso fresco (PF) y una concentración de antocianinas, expresada como cianidina-3-O-glucósido, de 345 mg/100 g PF. Estas variaciones pueden atribuirse al tiempo y la forma de almacenamiento post-cosecha del mortiño fresco o a la diversidad inherente en los valores de caracterización en función del grado de madurez y el lugar de crecimiento.

En la Tabla 12 presenta la matriz experimental para la evaluación del rendimiento de antocianinas y polifenoles.

Tabla 12.

Matriz experimental para la evaluación del rendimiento de antocianinas y polifenoles del desecho de mortiño.

Corrida	Temperatura (°C)	Tiempo (h)	Relación masa/disolvente	Concentración etanol (%)	Rendimiento antocianina (%)	Rendimiento polifenoles (%)
1	50,00	6,00	2	85,00	33,1	65,0
2	50,00	3,00	2	90,00	33,5	65,3
3	40,00	6,00	3	95,00	34,3	65,6
4	60,00	6,00	1	90,00	36,4	74,4
5	40,00	3,00	1	95,00	32,4	63,6
6	50,00	6,00	2	85,00	34,3	66,5
7	40,00	3,00	3	85,00	29,7	56,6
8	60,00	3,00	2	95,00	38,5	78,8
9	40,00	9,00	3	85,00	33,3	64,5
10	40,00	9,00	1	85,00	30,5	61,4
11	60,00	9,00	3	95,00	40,7	84,6
12	50,00	3,00	2	90,00	34,6	66,7
13	60,00	3,00	1	85,00	36,1	72,6
14	40,00	6,00	1	90,00	30,6	59,6
15	60,00	3,00	3	85,00	37,5	77,4
16	40,00	9,00	2	90,00	31,1	62,6

17	60,00	9,00	1	85,00	37,4	74,0
18	50,00	3,00	3	90,00	35,4	68,6
19	50,00	3,00	1	85,00	34,1	65,5
20	50,00	9,00	1	95,00	35,6	72,5
21	50,00	6,00	2	85,00	33,4	65,8
22	60,00	3,00	1	95,00	37,3	76,3
23	60,00	6,00	1	90,00	35,4	69,7
24	40,00	6,00	2	85,00	30,2	62,8
25	40,00	9,00	2	90,00	31,9	63,6

1; 1:10: 1 parte de material vegetal/10 partes de agua

2; 1:15: 1 parte de material vegetal/15 partes de agua

3; 1:20: 1 parte de material vegetal/20 partes de agua

Según la tabla 12 se llevaron a cabo 25 corridas, cada una con combinaciones específicas de los factores temperatura, tiempo, relación masa/disolvente y concentración de etanol, mientras que se evaluaron los rendimientos de antocianina y polifenoles en cada corrida como variable respuesta. Se observa que diferentes condiciones experimentales afectan el rendimiento de antocianinas y polifenoles de manera variable. Destaca la corrida 11, a 60 °C, 9 horas, relación 1:20 y concentración de etanol del 95%, que muestra un rendimiento alto tanto en antocianinas (40,7%) como en polifenoles (84,6%). Estos resultados subrayan la importancia de ajustar las condiciones experimentales para optimizar el rendimiento de compuestos específicos en el proceso de extracción de antocianinas y polifenoles del mortiño.

Según Jurado et al. (2020) las antocianinas monomérica presentes en el fruto de la *Eugenia malaccensis*, mora (*Morus nigra*), la uva (*Vitis vinifera*) y la berenjena lila (*Solana melonera L.*), se observa que el fruto de *Eugenia malaccensis* presenta valores más elevados, con 41,48; 30,9 y 2,78 mg de cianidina-3-glucósido por cada 100 g de fruto, respectivamente. Estos resultados sugieren que el fruto de *Eugenia malaccensis* se sitúa entre las fuentes comunes con contenidos apreciables de compuestos antocianínicos. Esto destaca su enorme potencial en términos de aprovechamiento agroindustrial (Barragán et al., 2020).

La Tabla 13 presenta los parámetros del modelo codificado para el rendimiento de antocianina.

Tabla 13.

Parámetros del modelo codificado para el rendimiento de antocianina

Indicador	Rendimiento antocianina (%)
Intercepto	35,29
X_{TEE}	3,09*
X_{TIE}	0,48*
X_{RMD}	0,85*
X_{CPF}	1,00*
R^2	0,9173
R^2 ajustado	0,9008
R^2 predicho	0,8659
F modelo	55,47*
F falta de ajuste	2,03
Precisión adecuada	25,04

 X_{TEE} : Temperatura de extracción X_{TIE} : Tiempo de extracción X_{RMD} : Relación masa/disolvente X_{CPF} : Concentración de etanol*Valor significativo para $p \leq 0,01$.

El modelo de regresión se adaptó a un comportamiento lineal, presentando información clave sobre el rendimiento de antocianina, en relación con diversas variables independientes. Lo cual todos los valores con asteriscos representan diferencias significativas. El intercepto, establecido es 35,29, representa el rendimiento esperado cuando todas las variables son cero. Las variables independientes, como temperatura (X_{TEE}), tiempo (X_{TIE}), relación masa/disolvente (X_{RMD}) y concentración de etanol (X_{CPF}) son significativos. Se presenta valores altos de coeficiente de correlación del proceso ($R^2 = 0,9173$) y coeficiente de correlación ajustado ($R^2 = 0,9008$). El valor F del modelo (55,47) indica su significancia global. La falta de ajuste (25,04) y la precisión adecuada (2,03) también son relevantes, evaluando la discrepancia entre el modelo y los datos observados, y la relación señal-ruido, respectivamente. Aunque el modelo tiene un buen ajuste, la falta de ajuste sugiere áreas de posible mejora.

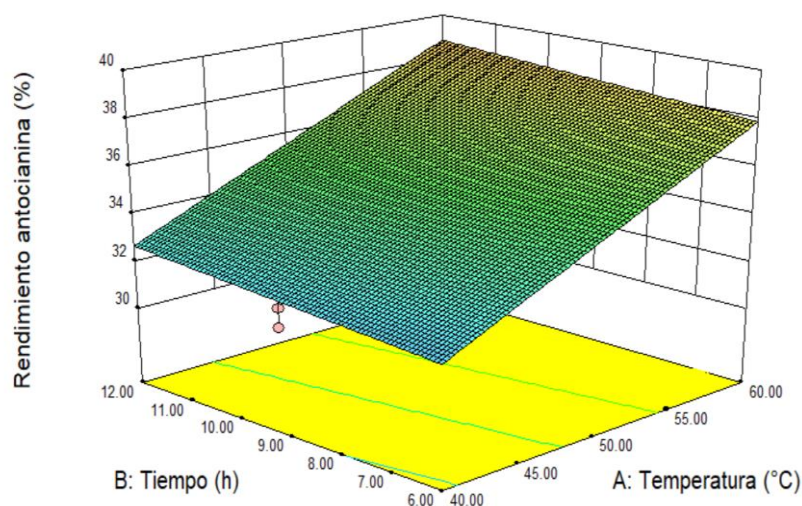


Figura 1: Rendimiento de antocianina

La figura 1 representa gráficamente el rendimiento de antocianina en relación con la temperatura (X_{TEE}), tiempo (X_{TIE}), relación masa/disolvente (X_{RMD}) y concentración de etanol (X_{CPF}). Este análisis proporciona una visión detallada de cómo estas variables clave afectan la cantidad de antocianina extraída durante el proceso. Al observar la figura, se puede apreciar la dinámica de la extracción, identificando la tendencia de la afectación del rendimiento con los factores de estudio. Donde se observa que a mayor temperatura, tiempo, relación masa/disolvente y concentración de etanol mayor rendimiento de antocianina brindando información valiosa para la optimización de este proceso.

La Tabla 14 presenta los parámetros del modelo codificado para el rendimiento de antocianina.

Tabla 14.

Parámetros del modelo codificado para el rendimiento de polifenoles

Indicador	Rendimiento polifenoles (%)
Intercepto	71,14
X_{TEE}	7,29*
X_{TIE}	1,72*
X_{RMD}	1,70*
X_{CPF}	2,46*
R^2	0,9077
R^2 ajustado	0,8893
R^2 predicho	0,8493
F modelo	44,19*

F falta de ajuste	2,05
Precisión adecuada	23,22

X_{TEE} : Temperatura de extracción

X_{TIE} : Tiempo de extracción

X_{RMD} : Relación masa/disolvente

X_{CPF} : Concentración de etanol

*Valor significativo para $p \leq 0,01$.

El modelo matemático presenta un intercepto, con un valor de 71,14, donde se representa el rendimiento de polifenoles esperado cuando todas las variables independientes son cero. Los coeficientes para las variables independientes, como temperatura (X_{TEE}) tiempo (X_{TIE}), relación masa/disolvente (X_{RMD}) y concentración de etanol (X_{CPF}) son significativos. El modelo tiene un alto nivel de ajuste, explicando el 90,77% de la variabilidad en el rendimiento de polifenoles, según el R^2 . Sin embargo, la falta de ajuste indica que existen áreas donde el modelo no se ajusta perfectamente a los datos observados. La precisión adecuada (2,05) sugiere una buena relación señal-ruido. El R^2 . predicho (0,8493) destaca la capacidad del modelo para predecir futuras observaciones de rendimiento de polifenoles. Al igual que con el modelo de antocianina, se enfatiza la necesidad de realizar validación cruzada u otras técnicas para evaluar la robustez del modelo con datos adicionales, respaldando así su aplicabilidad en distintas condiciones experimentales.

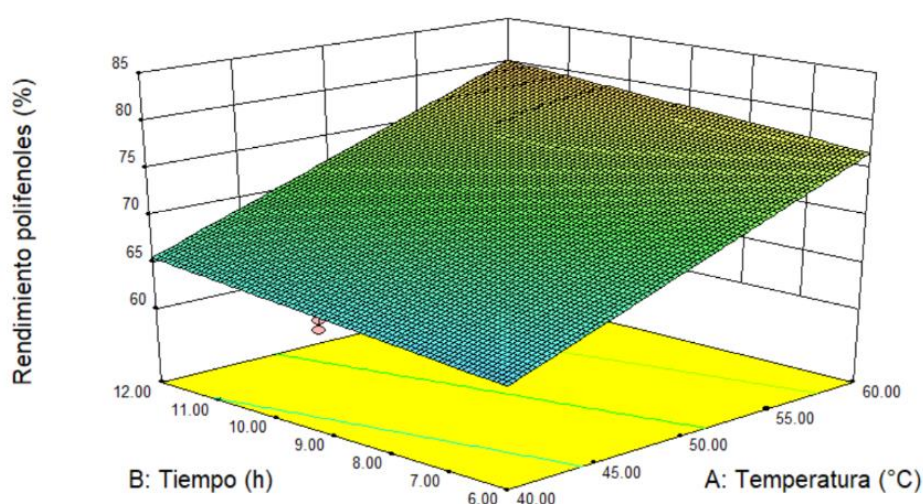


Figura 2: Rendimiento polifenoles

La figura 2 representa gráficamente el rendimiento de polifenoles en relación con la temperatura (X_{TEE}), tiempo (X_{TIE}), relación masa/disolvente (X_{RMD}) y concentración de etanol (X_{CPF}). Al

observar la figura, se puede apreciar la dinámica de la extracción, identificando la tendencia de la afectación del rendimiento con los factores de estudio. Donde se observa que, a mayor temperatura, tiempo, relación masa/disolvente y concentración de etanol mayor rendimiento de polifenoles.

La tabla 15 presenta la optimización de extracción de antocianina de los desechos de mortíño en función del rendimiento de antocianinas y polifenoles.

Tabla 15.

Predicción de la optimización para la evaluación del rendimiento de antocianinas y polifenoles del desecho de mortíño.

Temperatura (°C)	Tiempo (h)	Relación masa/disolvente	Concentración etanol (%)	Rendimiento antocianina (%)	Rendimiento polifenoles (%)	Descabilidad
60	12	3,00	94,97	40,72	84,32	0,99

Las condiciones propuestas para la optimización del secado se establecieron a una temperatura de 60°C, tiempo de 12 horas, la relación masa/disolvente 1:20 y la concentración de etanol al 94,97%, predican rendimientos altos tanto para antocianinas (40,72%) como para polifenoles (84,32%). En la figura 3 se observa la deseabilidad con un valor 0,99 lo que indica que las condiciones son altamente deseables, maximizando eficazmente ambos rendimientos. La interpretación destaca la eficacia de estas condiciones óptimas derivadas de la consideración de múltiples variables. Aunque la predicción es positiva, se enfatiza la importancia de la validación experimental para confirmar la eficacia y aplicabilidad real de estas condiciones en el proceso de extracción.

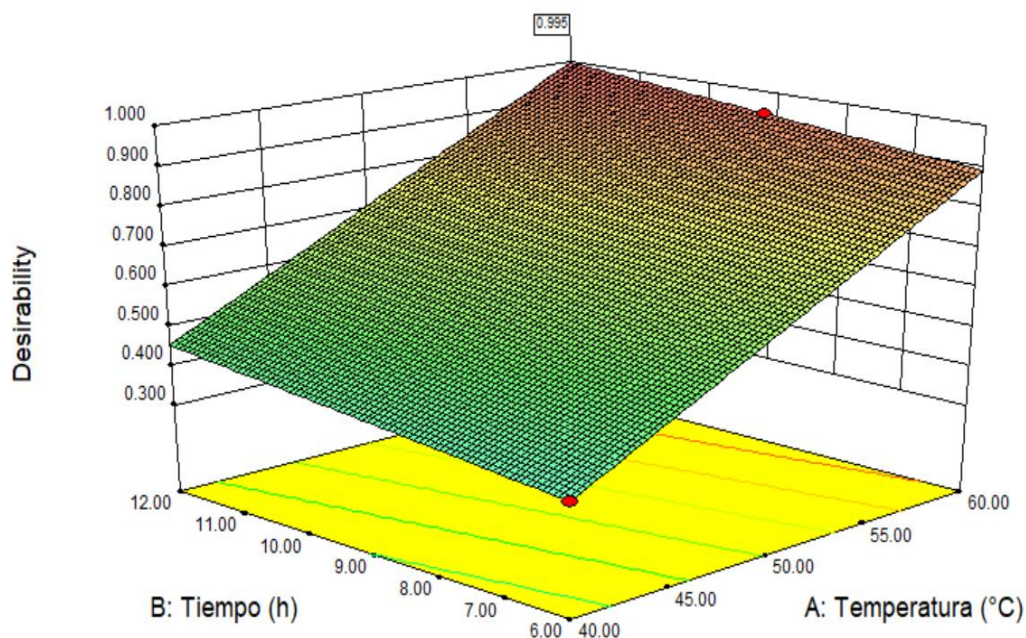


Figura 3: Desirability

La tabla 16 presenta las características físicas y químicas del extracto acuoso de antocianina del desecho del mortiño.

Tabla 16.

Caracterización física y química del extracto acuoso de antocianina del desecho del mortiño

Parámetro	Resultado
pH	3,84
Acidez (% m/m ácido sulfúrico)	0,64
Humedad	96,87
Antocianina (mg/L)*	848,95

*Expresados como equivalentes de cianidina-3-glucósido (C₃G).

La caracterización del extracto acuoso de antocianina del desecho del mortiño, revela importantes propiedades del extracto. Con un pH de 3,84, que presenta un medio ácido, lo cual puede ser relevante en aplicaciones específicas en la industria alimentaria, donde el pH influye en la estabilidad y el color de los productos finales. La baja acidez con 0,64% de ácido sulfúrico, indica que el extracto no es excesivamente ácido, lo cual puede ser beneficioso para ciertas aplicaciones. Sin embargo, el alto contenido de humedad del 96,87% destaca la presencia significativa de agua, lo que puede influir en la estabilidad y vida útil del extracto. Por otro lado, la concentración sustancial de antocianina, expresada como 848,95 mg/L de equivalentes de cianidina-3-glucósido (C₃G), señala que el extracto es rico en este pigmento natural. Las

recomendaciones incluyen la posibilidad de ajustar el pH según los requisitos específicos de estabilidad o color, explorar métodos para reducir la humedad si es necesario, y evaluar las características para aplicaciones particulares, como la formulación de productos en la industria alimentaria. En otros estudios se reporta valores similares en el contenido de antocianina de los extractos. Zapata et al. (2014) para el extracto de arandano reportó 870 mg/100 mL y Rabanal y Medina (2020) para el extracto de maíz morado consiguió 901 mg/100mL.

En la tabla 17 se observa la matriz experimental para el secado del extracto de antocianina en función a la velocidad de flujo de alimentación (mL/h) y temperatura de aire de entrada (°C).

Tabla 17.

Matriz experimental para el secado del extracto de antocianina del desecho del mortño

Corrida	Velocidad de flujo de alimentación (mL/h)	Temperatura de aire de entrada (°C)	Rendimiento (%)	Contenido de antocianina (mg/1000g)	Contenido de polifenoles (mg/1000g)	Humedad (%)
1	600,00	170,00	71,34	4140,78	53,23	3,85
2	600,00	160,00	65,54	4000,01	47,88	4,21
3	700,00	170,00	68,12	4034,23	48,51	4,04
4	700,00	150,00	55,03	3772,34	30,23	4,95
5	500,00	150,00	61,67	3978,54	44,99	4,12
6	500,00	170,00	73,32	4445,41	64,01	3,38
7	600,00	160,00	66,11	4023,67	48,97	4,34
8	700,00	160,00	64,68	3805,63	38,95	4,59
9	500,00	160,00	69,32	4220,89	59,01	3,66

Se observa variabilidad en las condiciones experimentales, permitiendo la evaluación del impacto de la velocidad de flujo y la temperatura de aire de entrada sobre las variables respuesta. La corrida 6 presenta las mejores respuestas experimentales, a condiciones de 500 mL/h de velocidad de flujo de alimentación (mL/h) y 170 °C de temperatura de aire de entrada (°C), donde se obtuvo de humedad 73,32%, contenido de antocianina de 4445,41 mg/1000g, contenido de polifenoles 64,01 mg/1000g y rendimiento 3,38%, siendo valores para considerar en la investigación. La variación en los contenidos de antocianina y polifenoles indica un impacto significativo de las condiciones de secado en la retención de estos compuestos. La humedad en el producto seco es crucial para la estabilidad y vida útil del producto.

La tabla 18 presenta el modelo codificado para variable respuesta rendimiento en el proceso de secado del extracto de antocianina.

Tabla 18.

Parámetros del modelo codificado para el rendimiento

Indicador	Rendimiento (%)
Intercepto	53,19
X_{TAE}	6,13*
X_{VFA}	-2,75*
R^2	0,9592
R^2 ajustado	0,9456
R^2 predicho	0,8870
F modelo	70,53*
F falta de ajuste	11,78
Precisión adecuada	24,14

 X_{TAE} : Temperatura de aire de entrada X_{VFA} : Velocidad de flujo de alimentación*Valor significativo para $p \leq 0,01$.

El intercepto, con un valor de 53,19, representa el rendimiento esperado cuando todas las variables independientes son cero. Se resalta que los factores temperatura de aire de entrada (X_{TAE}) y velocidad de flujo de alimentación (X_{VFA}) son significativos. El coeficiente de la X_{TAE} (6,13) es mayor a X_{VFA} (-2,75), por ello el X_{TAE} tiene una mayor influencia sobre el modelo matemático. El R^2 de 0,9592 indica que el modelo explica el 95,92% de la variabilidad en el rendimiento del secado, mientras que el R^2 ajustado, considerando el número de variables independientes, es 0,9456. El valor F del modelo es 70,53, lo que señala su significancia estadística. La falta de ajuste es de 24,14, lo que indica la discrepancia entre el modelo y los datos observados, siendo significativa. La precisión adecuada, con un valor de 11,78, revela una buena relación señal-ruido. Aunque el modelo tiene un ajuste sólido explicando casi el 96% de la variabilidad, se reconoce la necesidad de validación con datos adicionales, la exploración de condiciones óptimas mediante el modelo y la evaluación de la sensibilidad del mismo a variaciones experimentales.

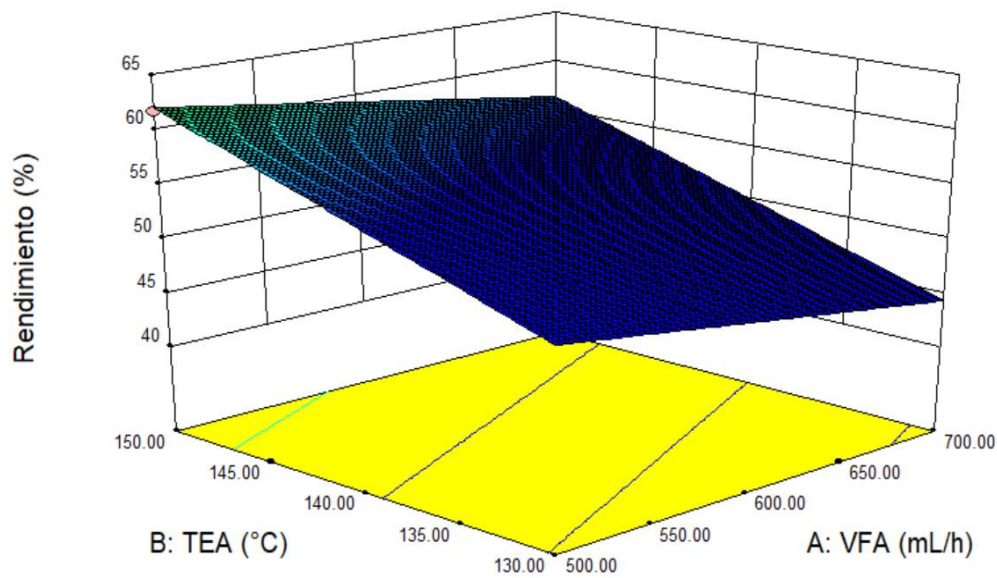


Figura 4: Rendimiento

La figura 4 indica la relación de los factores de temperatura de aire de entrada (X_{TAE}) y velocidad de flujo de alimentación (X_{VFA}) hacia el rendimiento. Al observar la figura, se puede apreciar el comportamiento del proceso de secado, donde se observa que a menor X_{VFA} y mayor X_{TAE} , se obtiene un mayor rendimiento. Laokuldilok y Kanha, (2019) expresaron que el uso de una temperatura de entrada elevada disminuye la cantidad de polvo adherido a las paredes del secador, lo que contribuye a un aumento en el rendimiento.

La tabla 19 indica los parámetros para el contenido de antocianinas (mg/1000 g)

Tabla 19.

Parámetros del modelo codificado para el contenido de antocianinas (mg/1000 g)

Indicador	Contenido de antocianinas (mg/1000 g)
Intercepto	3691,57
X_{TAE}	168,28*
X_{VFA}	-172,11*
R^2	0,9325
R^2 ajustado	0,9100
R^2 predicho	0,7726
F modelo	41,43*
F falta de ajuste	16,16
Precisión adecuada	19,09

X_{TAE} : temperatura de aire de entrada

X_{VFA} : velocidad de flujo de alimentación

Se revela los parámetros del modelo codificado para el contenido de antocianinas en el proceso de secado por aspersión. El intercepto, con un valor de 3691,57, representa el contenido de antocianinas esperado cuando todas las variables independientes son cero. Los factores X_{TAE} y X_{VFA} son significativos. El coeficiente de X_{VFA} (-172,11) es mayor X_{TAE} (168,28), por ello X_{VFA} tiene una mayor influencia sobre el modelo matemático. El signo negativo de la X_{VFA} indica que existe una relación inversa con el contenido de antocianina. Los valores de R^2 (0,9325) y R^2 ajustado (0,9100) indican que el modelo explica aproximadamente el 93% de la variabilidad en el contenido de antocianinas, mientras que el valor F del modelo (41,43) confirma su significancia estadística. A pesar de una falta de ajuste (19,09) significativa, la precisión adecuada (16,16) muestra una buena relación señal-ruido. Aunque el modelo tiene un ajuste sólido, explicando más del 93% de la variabilidad, se reconoce la necesidad de validación con datos adicionales y la aplicación del modelo para optimizar las condiciones y evaluar su sensibilidad a variaciones experimentales. Estos hallazgos ofrecen una base sólida para la optimización continua del contenido de antocianinas en el proceso de secado por aspersión.

Ambos textos abordan aspectos diferentes de la investigación, siendo el primero más orientado a la modelización y optimización de un proceso específico, mientras que el segundo se centra en la cuantificación de antocianinas y la capacidad antioxidante, respaldado por análisis estadísticos clásicos y técnicas multivariadas.

La figura 5 expone la relación de la X_{TAE} y X_{VFA} sobre el contenido de antocianina (mg/1000g), donde a menor X_{VFA} y mayor X_{TAE} existe una mayor retención de antocianina en el polvo.

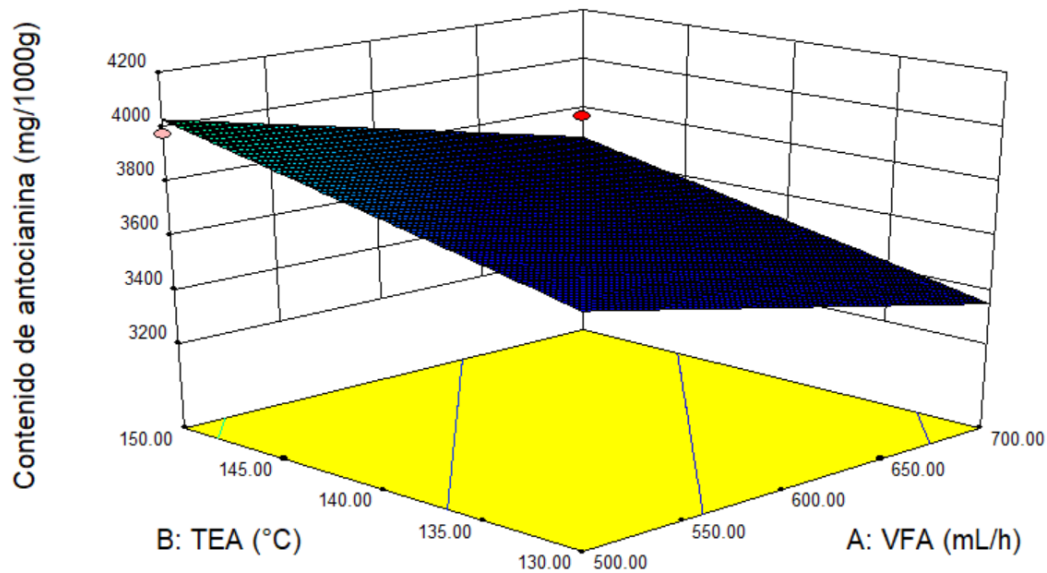


Figura 5: Contenido de antocianina (mg/1000g)

El aumento de la X_{TAE} y la disminución de la X_{VFA} , produce rápidamente una membrana semipermeable en la superficie de la partícula durante el proceso de secado, lo que genera una mayor retención de compuestos químicos (Jafari et al., 2008).

La tabla 20 indica el modelo para el contenido de polifenoles (mg/1000 g) en el polvo.

Tabla 20.

Parámetros del modelo codificado para el contenido de polifenoles (mg/1000 g)

Indicador	Contenido de polifenoles (mg/1000 g)
Intercepto	30,24
X_{TAE}	8,61*
X_{VFA}	-8,39*
R^2	0,9673
R^2 ajustado	0,9564
R^2 predicho	0,9215
F modelo	88,74*
F falta de ajuste	8,73
Precisión adecuada	28,01

X_{TAE} : temperatura de aire de entrada
 X_{VFA} : velocidad de flujo de alimentación

*Valor significativo para $p \leq 0,05$.

**Valor significativo para $p \leq 0,01$.

El intercepto indica el contenido esperado de polifenoles cuando todas las variables son cero. Se resalta que los factores temperatura de aire de entrada (X_{TAE}) y velocidad de flujo de alimentación (X_{VFA}) son significativos. El coeficiente de la X_{TAE} (8,61) es mayor a X_{VFA} (-8,39), por ello el X_{TAE} tiene una mayor influencia sobre el modelo matemático. El signo negativo de la X_{VFA} indica que existe una relación inversa con el contenido de polifenoles. El modelo exhibe un alto nivel de explicación, con un R^2 del 96,73%, indicando una sólida capacidad para prever la variabilidad en el contenido de polifenoles. La falta de ajuste es baja, pero significativa, sugiriendo que el modelo podría no ajustarse perfectamente a los datos observados. Se destaca la importancia de validar el modelo con datos adicionales para garantizar su aplicabilidad en diversas condiciones operativas, así como la recomendación de utilizar el modelo para optimizar las condiciones y evaluar su sensibilidad a variaciones experimentales.

Según Zurita (2021) en su estudio sobre la extracción de polifenoles en el fruto de mortiño (*Vaccinium meridionale*), donde expresa que la influencia de la temperatura, el tiempo y la concentración de etanol es crucial para el análisis de polifenoles totales en el mortiño, en la investigación alcanzo 28,52 mg/g.

La figura 6 expone la relación de la X_{TAE} y X_{VFA} sobre el contenido de polifenoles (mg/1000g), donde a menor X_{VFA} y mayor X_{TAE} existe una mayor retención de antocianina en el polvo.

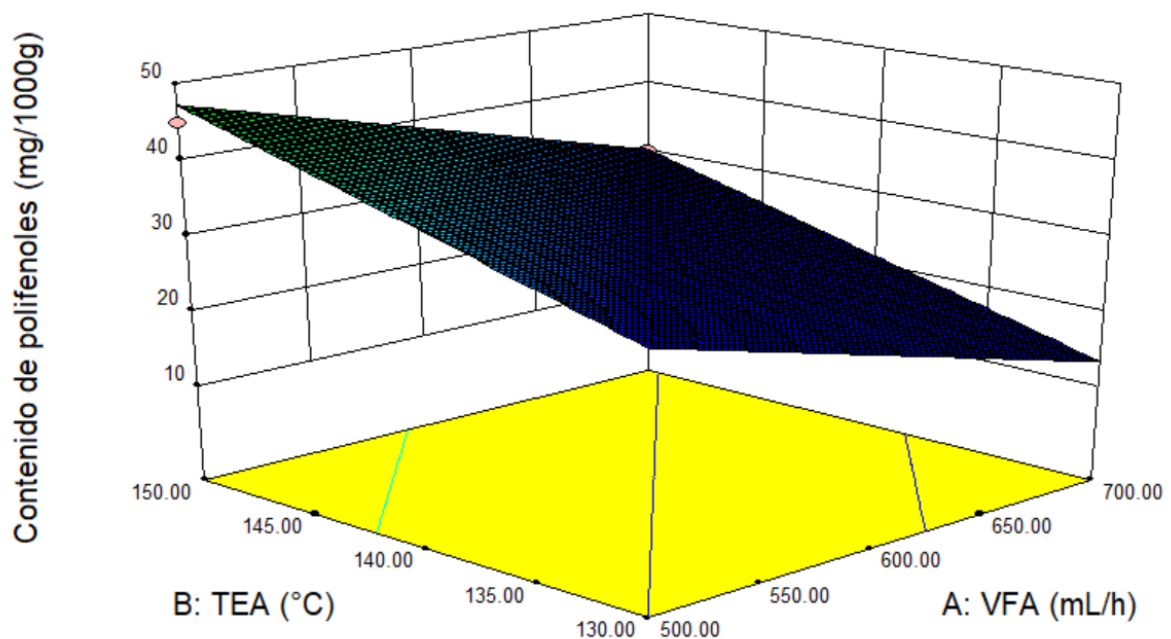


Figura 6: Contenido de polifenoles (mg/1000g)

La tabla 21 indica los parámetros codificados para el contenido de humedad de los polvos.

Tabla 21.

Parámetros del modelo codificado para el contenido para humedad

Indicador	Humedad (%)
Intercepto	4,96
X_{TAE}	-0,39*
X_{VFA}	0,40*
R^2	0,9617
R^2 ajustado	0,9490
R^2 predicho	0,9208
F modelo	75,39*
F falta de ajuste	1,43
Precisión adecuada	25,75

X_{TAE} : temperatura de aire de entrada

X_{VFA} : velocidad de flujo de alimentación

*Valor significativo para $p \leq 0,05$.

**Valor significativo para $p \leq 0,01$.

El intercepto de la ecuación matemática es 4,96, indicando el nivel base de contenido de humedad cuando todas las variables independientes son cero. Los factores temperatura de aire de entrada (X_{TAE}) y velocidad de flujo de alimentación (X_{VFA}) son significativos. El coeficiente de la X_{VFA} (0,40) es mayor a X_{TAE} (-0,39), por ello el X_{VFA} tiene una mayor influencia sobre el modelo matemático. El signo negativo de la X_{TAE} indica que existe una relación inversa con el contenido de humedad. Con un R^2 de 0,9617, el modelo explica el 96,17% de la variabilidad en el contenido de humedad, y el valor F del modelo (75,39) indica su significancia estadística. Aunque existe una falta de ajuste significativa (25,75), la precisión adecuada (1,43) sugiere una buena relación señal-ruido. A pesar de la falta de ajuste, el modelo tiene un ajuste sólido, explicando más del 96% de la variabilidad en el contenido de humedad.

La figura 7 expone la relación de la X_{TAE} y X_{VFA} sobre el contenido de humedad, donde a menor X_{VFA} y mayor X_{TAE} existe menor humedad en el polvo.

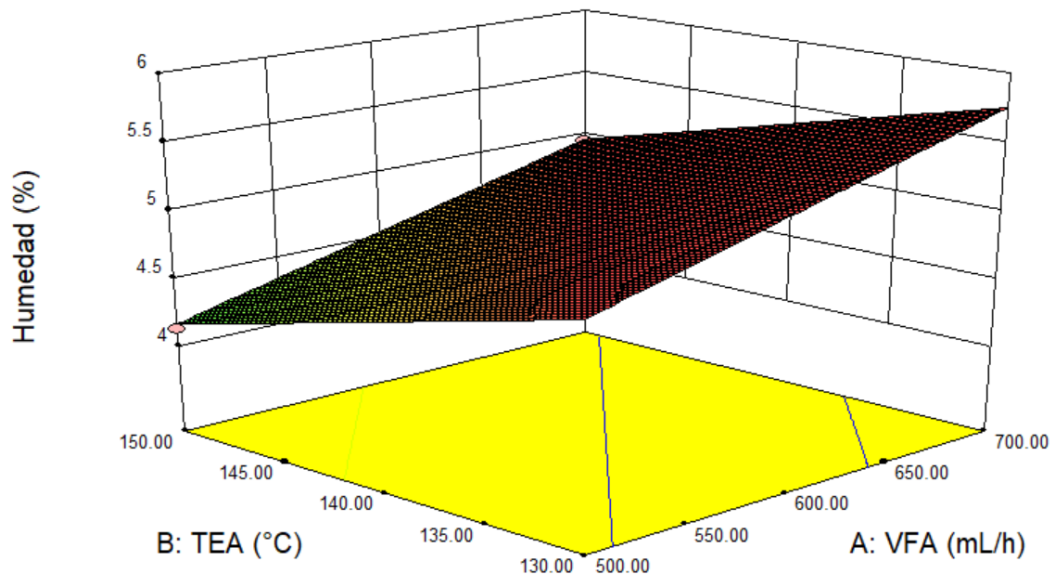


Figura 7: Humedad (%)

Este fenómeno se puede entender al considerar las velocidades de alimentación elevadas, que resultan en una gran cantidad de producto a ser secado. Debido a esto, el tiempo de exposición de las gotas al aire de secado no es suficiente para que toda el agua se evapore. El incremento en la temperatura del aire de secado condujo a una reducción en la humedad relativa del ambiente, lo que podría facilitar la eliminación de más humedad de las gotas durante el proceso de secado por aspersión, resultando en una rápida extracción de agua (Tontul y Topuz, 2017).

La tabla 22 muestra la predicción de la optimización para el secado del extracto de antocianina del desecho del mortiño.

Tabla 22.

Predicción de la optimización para el secado del extracto de antocianina del desecho del mortiño

TAE (°C)	VFA (mL/h)	Rendimiento (%)	Contenido de antocianina (mg/1000 g)	Contenido de polifenoles (mg/1000 g)	Humedad (%)	Deseabilidad
170	500	74,32	<u>4368,52</u>	64,46	<u>3,37</u>	0,970

Se revela los resultados de la predicción de la optimización para el secado del extracto de antocianina del desecho del mortiño. Las condiciones óptimas se prestan a una X_{TAE} de 170°C

y X_{VFA} de 500 mL/h son significativos, se proyecta un rendimiento del 74,32%, contenido de antocianina 4368,52 mg/1000g, contenido de polifenoles de 64,46 mg/1000 g y humedad de 3,37%. La deseabilidad global, con un valor de 0,970, indica la alta calidad de la optimización. Las conclusiones destacan el éxito de la optimización, logrando altos rendimientos y contenidos deseados de antocianina y polifenoles. La eficiencia del proceso se evidencia en el rendimiento del 74,32%, sugiriendo una extracción eficaz de antocianina. Los elevados contenidos proyectados de antocianina y polifenoles señalan un producto final de calidad, mientras que la baja humedad pronosticada (3,37%) sugiere un control efectivo del proceso de secado. La alta deseabilidad (0,970) indica que la combinación de variables seleccionada conduce a un resultado óptimo.

Según Parra (2019) el secado por aspersion es preferido por su capacidad para eliminar rápidamente la humedad y mantener una temperatura baja en las partículas. Lizbeth y Estefania (2021) destacan que esta técnica facilita el microencapsulamiento de materiales líquidos sensibles al calor sin comprometer significativamente su calidad, y su proceso es continuo y rentable, lograron una humedad del 3,85%, mientras que Chamba y Quishpe, en su estudio sobre la humedad del microencapsulado, obtuvieron un resultado del 3,35%.

Figura 8 indica la deseabilidad del proceso de secado en función de los factores de temperatura de aire de entrada (X_{TAE}) y velocidad de flujo de alimentación (X_{VFA}).

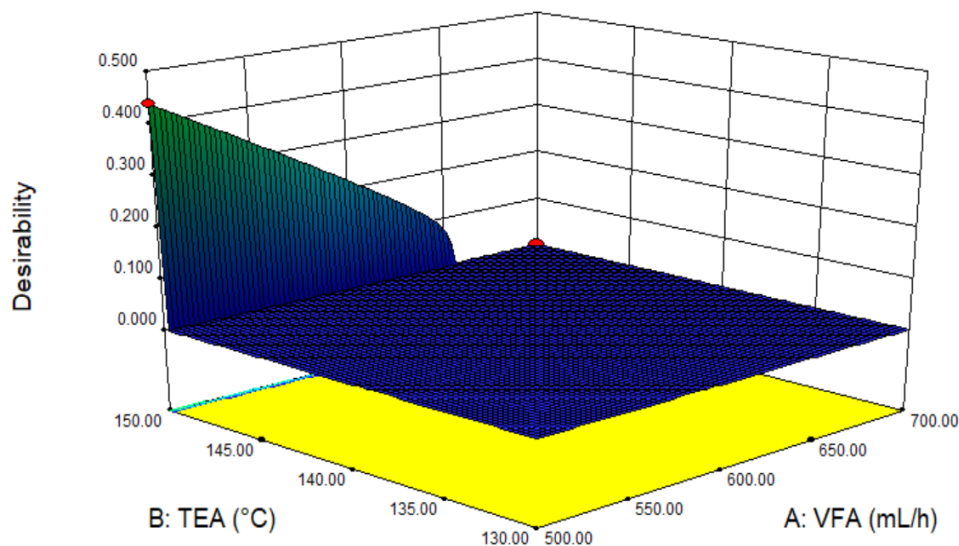


Figura 8: Desirability

La tabla 23 muestra características del polvo de colorante optimizado de los residuos de mortiño.

Tabla 23.

Características del colorante optimizado de residuos de mortiño

Parámetro	Resultados
Humedad %	3,45
Densidad aparente (g/mL)	0,35
Densidad compactada (g/mL)	0,51
Higroscopia %	18,24
Solubilidad %	65,12
Rendimiento %	76,89
Índice de Carr	31,37
Índice de Hausner	1,46

Con una humedad del 3,45%, se destaca la baja humedad como beneficiosa para la estabilidad y durabilidad del producto. La densidad aparente de 0,35 g/mL y la densidad compactada de 0,51 g/mL son parámetros cruciales para evaluar la manipulación, envasado, compresibilidad y estabilidad durante almacenamiento y transporte. La higroscopia del 18,24% indica la capacidad del colorante para absorber humedad, siendo un valor moderado deseable para prevenir aglomeración o pérdida de estabilidad. Con una solubilidad del 65,12% y un rendimiento del 76,89%, se evidencia la eficiencia del proceso de extracción y optimización. Los índices de Carr (31,37) y Hausner (1,46) sugieren buenas propiedades de flujo y compresibilidad. La interpretación destaca las propiedades físicas positivas, eficiencia del proceso y propiedades de flujo, mientras que la higroscopia moderada podría requerir medidas adecuadas de envasado. Las recomendaciones incluyen pruebas continuas para validar estabilidad y rendimiento, considerar ajustes para optimizar propiedades físicas y explorar aplicaciones específicas del colorante en diversos productos y procesos.

11. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)

11.1 Impactos Técnicos:

La investigación tiene un impacto técnico al proporcionar conocimientos detallados sobre el proceso de extracción de antocianina de los residuos de mortiño. Los resultados contribuyen a la optimización de este proceso, permitiendo una producción más eficiente y sostenible de colorantes naturales.

11.2 Impactos Sociales:

Desde una perspectiva social, la investigación puede generar oportunidades económicas y de empleo, especialmente en comunidades que dependen de la producción de mortiño. La promoción del cultivo y procesamiento del mortiño puede mejorar los medios de vida y fortalecer la economía local.

11.3 Impactos Ambientales:

La utilización de residuos de mortiño para la extracción de antocianina contribuye a la gestión sostenible de recursos. Al reutilizar estos residuos, se reduce el impacto ambiental y se fomenta la idea de la economía circular, promoviendo prácticas respetuosas con el medio ambiente.

11.4 Impactos Económicos:

La implementación de técnicas optimizadas para la extracción de antocianina puede tener impactos económicos positivos. La producción eficiente y la obtención de un colorante de alta calidad pueden aumentar la demanda en mercados nacionales e internacionales, generando ingresos adicionales para los productores y la industria.

12. PRESUPUESTO DEL PROYECTO

Tabla 24. Presupuesto

Recursos	Cantidad	Unidad	Valor Unitario y Depreciación	Valor total \$
Equipos				
Balanza Analítica (0,0001g)	1		50	50
Rota vapor	1		3,600	3,600
Procesador de alimentos	1		530	530
Materiales y suministros				
Balones aforados vidrio 5mL	5		0,25	2,5
Balones aforados 10 mL	5		5	25
Bureta de vidrio de 1000 mL	2		30	30

Matraz Erlenmeyer de vidrio 500 mL	1		50	50
Pinzas	1		5	5
Papel filtro	3		1	3
Vasos de precipitación 250 mL	5		3	15
Reactivos				
Agua destilada	5	L	1	5
Etanol al 96 %	3	gal	16	48
Material bibliográfico y fotocopias				
Esferos	3		0,45	1,35
Impresiones	200		0,10	20
Computadora	1		700	700
Anillados	3		1,80	5,40
Gastos varios				
Internet	4	meses	20	80
Alimentación	30	días	6	180
Materia prima				
Malto Dextrina	1	kg		2,50
Sedimento de mortiño	5	kg	2	10
TOTAL				5.364,75

Discusión de Presupuesto: Nuestra investigación después de la depreciación de algunos equipos tiene un valor de 1.234,75\$ lo cual es un presupuesto considerable para esta investigación.

13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

13.1 CONCLUSIONES

- Mediante la optimización de la extracción de la antocianina de los residuos del vino de mortiño, se logró la mejor con una temperatura de 60°C, un tiempo de 9 horas, relación masa/disolvente de 3 y una concentración de etanol del 95% donde se obtuvo un rendimiento de antocianina del 40,7 % y un rendimiento de polifenoles de 84,6 %.
- La mejor combinación del proceso de secado se obtuvo a una velocidad del flujo de alimentación de 500 mL/h y temperatura del aire de entrada de 170°C, donde se obtuvo un rendimiento de 73,32 %, contenido de antocianina de 4445,41mg/1000g, contenido de polifenoles 64,01 mg/1000 y humedad de 3,38 %.
- Después de llevar a cabo la caracterización del colorante natural en función de sus propiedades físicas y químicas, se puede concluir que el colorante presenta una amplia gama de características que lo hacen particularmente adecuado para su uso en productos alimentarios, donde presentó valores de Ph 3.84, acidez 0.64%, humedad de 96.87% y contenido de antocianina de 848.95 mg/L.

13.2 RECOMENDACIONES

- Evaluar el tiempo de vida útil del colorante almacenado en diferentes materiales y envases.
- Aplicar los colorantes naturales a diferentes matrices alimentarias que tengan fase acuosa y oleosa.
- Comparar la intensidad de color entre el colorante natural y otros colorantes comerciales.

14. REFERENCIAS.

- Masaquiza Jerez, I. M. (2018). *Evaluación de la actividad antimicrobiana y antioxidante de antocianinas microencapsuladas de maíz morado (Zea mays L.), papa morada (Solanum Tuberosum L.) y mortiño (Vaccinium floribundum Kunth)* (Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Carrera de Ingeniería en Alimentos.).
- Loza Zambrano, D. A. (2019). *Automatización del secador de bandejas del laboratorio de operaciones unitarias–Facultad de Ingeniería para controlar el proceso de secado* (Bachelor's thesis, Universidad Nacional de Chimborazo, 2019).
- Arévalo Gaybor, D. F., & Sanaguano Amaguayo, H. D. (2021). Obtención de colorante natural a partir de cúrcuma (*Cúrcuma longa linn*) para la industria textil.
- Valencia-Avilés, E., Ignacio-Figueroa, I., Sosa-Martínez, E., Bartolomé-Camacho, M. C., Martínez-Flores, H. E., & García-Pérez, M. E. (2017). Polifenoles: propiedades antioxidantes y toxicológicas. *Revista de la Facultad de Ciencias Químicas*, (16), 15-29.
- Baranauskaite, J., Kopustinskiene, D. M., & Bernatoniene, J. (2019). Impact of gelatin supplemented with gum arabic, tween 20, and β -cyclodextrin on the microencapsulation of Turkish oregano extract. *Molecules*, 24(1), 176.
- Condori, M. B., Aro Aro, J. M., Muñoz Cáceres, A. E., & Rodríguez Mendoza, J. (2020). Determinación de antocianinas y capacidad antioxidante en extractos de (*Muehlenbeckia volcanica*). *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 22(2), 161-169.
- Álvarez, M., & Bodeant, B. (2022). Tintes del mar: teñidos marinos con algas marinas en Uruguay.
- Bonilla, N. C., Varón, F. A., & Garzón, L. P. (2014). Extracción de pigmentos colorantes tipo flavonoides, flor del pomo (*Syzygium jambos*). *Zona Verde del Iear. Florencia Caquetá. Amazonia Investiga [Revista en línea]*, 3(5), 34-42.
- Buchweitz, M., Speth, M., Kammerer, D. R., & Carle, R. (2013). Impact of pectin type on the storage stability of black currant (*Ribes nigrum L.*) anthocyanins in pectic model solutions. *Food chemistry*, 139(1-4), 1168-1178.

- Campo, M., Granja, D., Matute, N., Cuesta, O., & Márquez, I. (2021). Microencapsulación mediante secado por atomización a partir de un extracto de los cálices de *Hibiscus sabdariffa* L. *Rev. Colomb. Quim*, 50(1), 40-50.
- Carvajal Carvajal, C. (2019). Especies reactivas del oxígeno: formación, función y estrés oxidativo. *Medicina Legal de Costa Rica*, 36(1), 91-100.
- de Carvalho, M. C., Freitas, P. A. V., Jagus, R. J., Agüero, M. V., & Chiralt, A. (2023). Extracción con agua subcrítica de compuestos bioactivos de hojas de remolacha. *Investigación Joven*, 10(2), 98-98.
- Castro Castilla, P. A., & Mendoza Remolina, S. C. (2021). *Evaluación de la obtención de colorante natural a partir del hollejo de uva (Vitis Vinifera 'Cabernet Sauvignon') y la cáscara de mandarina (Citrus Reticulata) para aplicación en la industria alimentaria* (Bachelor's thesis, Fundación Universidad de América).
- Cerron Inga, S. A., & Junchaya Verastegui, J. A. (2019). Influencia de la temperatura del aire en la velocidad de secado de quinua germinada en un secador de bandejas.
- Santamaría, P. C., Coronel, D., Verdugo, K., Paredes, M. F., Yugsi, E., & Huachi, L. (2012). Estudio etnobotánico del mortiño (*Vaccinium floribundum*) como alimento ancestral y potencial alimento funcional. *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida*, 16(2), 5-13.
- Colina, R., Primera, J., Ysambertt, F., Plaza, E., & Huerta, L. (2013). Evaluación de la extracción con microondas de la materia orgánica presente en geles triturados sintetizados por la vía de los atranos. *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia*, 36(1), 38-44.
- Copado, C. N., Ixtaina, V. Y., & Tomás, M. C. (2017). Aplicación de los productos de la reacción de Maillard en microcápsulas de aceite de semilla de chía con diferentes relaciones núcleo/pared. In *XXV Jornadas de Jóvenes Investigadores de la Asociación de Universidades Grupo Montevideo "Investigación sin fronteras para una integración científica y cultural"* (Brasil, 18 al 20 de octubre de 2017).
- Corona Leo, L. S., Hernández-Martínez, D. M., & Meza-Márquez, O. G. (2020). Análisis de parámetros fisicoquímicos, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en piel, pulpa y fruto entero de cinco cultivares de manzana (*Malus domestica*) cosechadas en

México. *Biotecnia*, 22(1), 166-174.

Mesco Cruz, H. (2019). Flavonoides, capacidad antioxidante y propiedades fisicoquímicas en frutos de: *hesperomeles escalloniifolia* schltl (capachu), *berberis cummutata* eichler (huancachu), *berberis humbertiana* jf macbr (cheqche) y *vaccinium floribundum* kunth (alaybilí).

Cruz-Macías, W. O., Rodríguez-Larramendi, L. A., Salas-Marina, M. Á., Hernández-García, V., Campos-Saldaña, R. A., Chávez-Hernández, M. H., & Gordillo-Curiel, A. (2020). Effect of organic matter and cation exchange capacity on the acidity of soils cultured with corn in two regions of Chiapas, Mexico. *Terra Latinoamericana*, 38(3), 475-480.

Cuchiye Chacha, C. I. (2023). *Extracción por prensado en frío y valoración de las características fisicoquímicas y sensoriales del aceite de dos variedades de aguacate* (Persea Americana) (Master's thesis, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)).

Díaz Belduma, D. A. (2023). Evaluación de dos concentraciones de solución nutritiva en la fase vegetativa del cultivo de mortiño (*Vaccinium floribundum*, Kunth) en invernadero.

Uribe, C. E. D., Lozada, W. A. V., Tovar, C. D. G., Acevedo, A. M., & Cepada, V. A. E. (2020). Aprovechamiento de la cáscara de Agraz (*Vaccinium Meridionale*) como antioxidante contra Oxígeno Singulete y radicales libres. *Prospectiva*, 18(2).

Egas Castro, F. X. (2019). *Evaluación de la callogénesis como alternativa de propagación in vitro del mortiño (vaccinium floribundum kunth)* (Bachelor's thesis, Quito: Universidad de las Américas, 2019).

Fon Fay Vásquez, F. M., & Fernández, H. Z. (2019). Análisis proximal en alimentos Fundamentos teóricos y técnicas experimentales. Quevedo, Ecuador: Colloquium.

Garzón, G. A. (2008). Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos: revisión. *Acta biológica colombiana*, 13(3), 27-36.

Guamushig Chuquitarco, S. E. (2019). *Obtención y caracterización de colorantes naturales a partir de la corteza y hojas de molle (Schinus molle)* (Bachelor's thesis, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)).

- de las Mercedes Guerisoli, M., Mauro, I., Teta, P., Valenzuela, A. E., Mirol, P., Defossé, G. E., ... & Uhart99, M. M. (2023). Reflexiones acerca del “reasilvestramiento” en la Argentina. *Mastozoología Neotropical*, 30(1), 1-12.
- Guerrero Cazar, A. E. (2019). *Caracterización de compuestos bioactivos, físicos y químicos del fruto de mortiño (vaccinium floribundum kunth) en la sierra del Ecuador para uso agroindustrial* (Bachelor's thesis, Quito: Universidad de las Américas, 2019).
- méndez méndez, m. l. (2019). *evaluación de pigmentación en aves de pollo de engorde de las unidades de producción de grupo pecuario san antonio, zona chiapas, mediante la técnica de colorimetría*.
- Jafari, S. M., Assadpoor, E., He, Y., & Bhandari, B. (2008). Encapsulation efficiency of food flavours and oils during spray drying. *Drying technology*, 26(7), 816-835.
- Hernández Pérez, A. B. (2020). *Incorporación de compuestos bioactivos de mucílago de cacao (Theobroma cacao L) y pulpa de mortiño (Vaccinium floribundum kunth.) en el desarrollo de chocolate blanco con propósitos funcionales* (Bachelor's thesis, Quevedo: Ecuador).
- Hidalgo Olmedo, B. G. (2022). *Uso de colorantes alimentarios (artificiales y naturales) y su impacto en la salud: revisión de la literatura* (Bachelor's thesis, Riobamba, Universidad Nacional de Chimborazo).
- Hurtado, N. H., & Charfuelan, C. (2019). Contribución a la Caracterización y Evaluación de la Actividad Antioxidante de las Antocianinas del Fruto de Ivilan (*Monnina obtusifolia* HBK). *Información tecnológica*, 30(5), 81-90.
- Escobar, L., Alzate, G., Echeverry, A., Villegas, C., Mora, G., & Ramírez, M. (2009). Conozcamos y usemos el mortiño.
- Jara Alcivar, Y. A., Moreira Gómez, R. E., & Barcos Arias, M. (2021). *Recuperando una especie ancestral “Mortiño” mediada por micorrizas nativas* (Doctoral dissertation, ESPOL. FCV.).
- Guamán, E. (2022). Evaluación de la actividad antioxidante y antimicrobiana de la hoja y fruto del mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth) frente a bacterias patógenas (*Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* y *Listeria monocytogenes*). [Universidad Técnica

de Ambato]. *Universidad Técnica de Ambato*.

- Jurado-Dávila, I. V., Francisco-Cifuentes, D., & Humberto-Hurtado, N. (2020). Evaluación de métodos de extracción de las antocianinas del fruto de *Eugenia malaccensis* y su caracterización por HPLC-ESI-MS. *Revista Cubana de Química*, 32(1), 45-60.
- Kuskoski, E. M., Asuero, A. G., Troncoso, A. M., Mancini-Filho, J., & Fett, R. (2005). Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Food Science and Technology*, 25, 726-732.
- Chasquibol, N. A., Gallardo, G., Gómez-Coca, R. B., Trujillo, D., Moreda, W., & Pérez-Camino, M. C. (2019). Glyceridic and unsaponifiable components of microencapsulated sachá inchi (*Plukenetia huayllabambana* L. and *Plukenetia volubilis* L.) edible oils. *Foods*, 8(12), 671.
- Laokuldilok, T., & Kanha, N. (2017). Microencapsulation of black glutinous rice anthocyanins using maltodextrins produced from broken rice fraction as wall material by spray drying and freeze drying. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(1), e12877.
- Lazarte Rey, C. R. (2021). Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta productora de pan pita con adición de harina de bagazo de uva.ç
- Iglesias Chérrez, D. L., & Pichucho Molina, P. E. (2021). *Desarrollo de un microencapsulado de cedrón (Aloysia Citrodora), mediante secado por aspersion* (Bachelor's thesis, Ecuador, Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)).
- Llantoy Meza, M. C. (2020). Efecto del tratamiento térmico sobre la capacidad antioxidante y la retención de antocianinas del néctar de arándano (*Vaccinium corymbosum*).
- Pauta Loayza, M. A. (2019). *La chonta (bactris gasipaes kunth), fruto ancestral amazónico y su aplicación en la repostería* (Bachelor's thesis).
- Lobaton, H., López Mejía, N., & Cruz-Guayacundo, W. (2023). CFD acoplada a la metodología de superficie de respuesta para optimizar la conductividad térmica efectiva y la homogeneidad en un secador de bandejas. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 26(2), 1-11.
- Luteyn, J. L. (2021). The plant family Ericaceae (“Blueberries”) in Ecuador: Ecology, diversity,

economic importance, and conservation. *Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas: REMCB*, 42(2), 1-32.

Madera Fuentes, T. L. (2022). Análisis comparativo de dos métodos de secado en la obtención de infusión a partir de hoja de aguacate (*Persea Americana*) y Ortiga (*Urtica dioica*). UPEC.

Manzanarez-Tenorio, L. E., Ruiz Cruz, S., Márquez-Ríos, E., Ornelas-Paz, J. D. J., Del-Toro-Sánchez, C. L., Wong-Corral, F. J., ... & Holguin-Soto, R. (2020). Microencapsulación de extractos de higo (*Ficus carica*) por coacervación compleja y evaluación de su capacidad antioxidante. *Biotecnia*, 22(2), 70-77.

Flores, L. M., Cristina, C. L. G., Guijarro, C. A. P., & Flores, V. M. D. (2019). Obtención del colorante natural a partir de Mortiño (*Vaccinium myrtillus L.*) para uso alimenticio. *Ciencia Digital*, 3(3.2), 72-83.

Martínez Tocagón, C. O., & Muentes Navas, J. F. (2019). *Innovación, caracterización, fitoquímicos, alteración. Extracción y caracterización de un colorante a partir del sangorache (amaranthus hybridus l.) aplicado en un yogur natural* (Bachelor's thesis, ecuador, latacunga: universidad técnica de cotopaxi (utc)).

caicedo cajigas, b. o., & pantoja eraso, e. a. (2019). *diseño y construcción de un prototipo de sistema de lavado, despulpado y procesado motilón y mortiño para la obtención de mermelada* (doctoral dissertation, aunar).

McCann, D., Barrett, A., Cooper, A., Crumpler, D., Dalen, L., Grimshaw, K., ... & Stevenson, J. (2007). Food additives and hyperactive behaviour in 3-year-old and 8/9-year-old children in the community: a randomised, double-blinded, placebo-controlled trial. *The lancet*, 370(9598), 1560-1567.

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.

Damin, C., & Dadic, F. (2021). *Toxicología*. Editorial El Ateneo.

Mora, T., Suárez, M., Brito, C., & Almachi, D. (2023). Comportamiento solvatocrómico del colorante natural de mortiño (*Vaccinium floribundum Kunth*). *LA GRANJA. Revista de*

Ciencias de la Vida, 38(2), 9-16.

Mg, C. M. N. S., Mg, E. A. C., Eugenia, I., Mg, A. J. I. G. C., Cadena, O., Cárdenas, T. H. A. P., ... & Zavala, P. Turismo ecuestre, una visión desde el Cantón Mejía.

Navarrete Cruz, L. V., & Elizabeth, T. V. M. (2022). *Desarrollo de un microencapsulado del extracto de chillangua (Eryngium foetidum), mediante secado por aspersión* (Bachelor's thesis, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)).

Padilla, Y., & Mishell, M. (2019). *Adición de antocianinas extraídas del fruto de Vaccinium floribundum Kunth y antocianinas estabilizadas en nanopartículas de zeína en yogur natural, como alternativa a los colorantes de síntesis* (Bachelor's thesis, Quito: UCE).

Parra, I. M. (1989). Una utopía hecha realidad: la fundación de la Revista Facultad Nacional de Agronomía. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 42(2), 3-9.

Paz Portilla, E. I. (2024). Evaluación nutricional de una bebida formulada con almidón de camote tradicional (*Ipomoea batatas*) y concentrado de mortiño (*Vaccinium meridionale*). UPEC.

Posada Barreto, E. (2022). Los bioplásticos como sustitutos de los plásticos de un solo uso en Colombia (Doctoral dissertation, Corporación Universitaria Minuto de Dios).

Pręgowska, A., Konowrocki, R., & Szolc, T. (2012). Experimental verification of the semi-active control concepts for torsional vibrations of the electro-mechanical system using rotary magneto-rheological actuators. *Vibrations in Physical Systems*, 25, 329-334.

Pumahuilca Ylachoque, M., & Luna Aviles, A. H. (2019). Evaluación de la extracción por el método Soxhlet y determinación de la estabilidad del colorante a partir de inflorescencias de Kiwicha (*Amaranthus caudatus*).

Rabanal-Atalaya, M., & Medina-Hoyos, A. (2021). Analysis of anthocyanins in the purple corn (*Zea mays* L.) from Peru and its antioxidant properties. *Terra Latinoamericana*, 39.

Pacheco Párraga, C. N., & Toapanta Quishpe, J. M. (2022). *Microencapsulación de un extracto de eneldo (Anethum graveolens) mediante secado por aspersión* (Bachelor's thesis, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)).

- Ramírez, I. T. S. (2020). “*Análisis de la adsorción de un colorante en un material natural o sintético*” (Doctoral dissertation, UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA).
- Rios-Aguirre, S., & Gil-Garzón, M. A. (2021). Microencapsulación por secado por aspersión de compuestos bioactivos en diversas matrices: una revisión. *TecnoLógicas*, 24(51), 206-229.
- Cubillos Castañeda, L. N., & Pava Mora, L. Y. (2021). *Evaluación de la extracción de pigmentos vegetales como la antocianina a partir de diferentes frutos silvestres para uso alimenticio* (Bachelor's thesis, Fundación Universidad de América).
- Rivera-Botonares, R., Oliva-Cruz, S. M., & Tineo Flores, D. (2023). Extracción y purificación de papáina obtenida a partir de tres especies nativas del género *Vasconcellea*. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 25(2), 109-116.
- Sánchez Arizo, V. H., Zambrano Mendoza, J. L., & Iglesias Paladines, C. (2019). La cadena de valor del cacao en América Latina y el Caribe.
- Sánchez, E. R., & Vargas, D. J. C. (2023). Extracción y Cuantificación de Antocianinas de maíz morado (*Zea mays* L.) utilizando dos solventes a diferentes temperaturas y tiempos de extracción. *Revista Latinoamericana de Difusión Científica*, 5(8), 47-80.
- Sangoquis Hinojosa, D. F. (2023). Obtención de colorante natural a partir de la cáscara de pitahaya roja aplicado en un yogur.
- de Souza, V. B., Fujita, A., Thomazini, M., da Silva, E. R., Lucon Jr, J. F., Genovese, M. I., & Favaro-Trindade, C. S. (2014). Functional properties and stability of spray-dried pigments from Bordo grape (*Vitis labrusca*) winemaking pomace. *Food Chemistry*, 164, 380-386.
- Quiñones, M., Miguel, M., & Aleixandre, A. (2012). Los polifenoles, compuestos de origen natural con efectos saludables sobre el sistema cardiovascular. *Nutrición hospitalaria*, 27(1), 76-89.
- Szajdek, A., & Borowska, E. J. (2008). Bioactive compounds and health-promoting properties of berry fruits: a review. *Plant foods for human nutrition*, 63, 147-156.
- Cardona Tangarife, D. P., Patiño Arias, L. P., & Ormazza Zapata, A. M. (2021). Technological aspects of the microencapsulation bioactive food compounds by spray-drying. *Ciencia y*

Tecnología Agropecuaria, 22(1).

- Tontul, I., & Topuz, A. (2017). Spray-drying of fruit and vegetable juices: Effect of drying conditions on the product yield and physical properties. *Trends in food science & technology*, 63, 91-102.
- Velasco, R. J., Villada, H. S., & Carrera, J. E. (2007). Aplicaciones de los fluidos supercríticos en la agroindustria. *Información tecnológica*, 18(1), 53-66.
- Villanueva Pari, Y. N. (2023). Metodología de superficie de respuesta en la cuantificación de antocianinas monoméricas totales y actividad antioxidante del extracto liofilizado del camote (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.).
- Villarreal Basantes, S. D., & Zhunio Torres, M. S. (2022). *Evaluación de la retención de humedad en un queso duro no madurado, a partir de leche entera con adición de harina de chocho y carragenina* (Bachelor's thesis, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)).
- Zambrano Del Pino, E. A., & Yupanqui Vargas, C. V. (2016). Diseño y construcción de un equipo para la determinación de la conductividad térmica de alimentos sólidos mediante el Método de Fitch modificado.
- Zapata, L. M., Heredia, A. M., Quinteros, C. F., Malleret, A. D., Clemente, G., & Cárcel, J. A. (2014). Optimización de la extracción de antocianinas de arándanos. *Ciencia, docencia y tecnología*, (49), 166-192.
- Zurita Morales, K. F. (2021). *Extracción hidroalcohólica de los compuestos bioactivos del mortiño (*Vaccinium meridionale*) en función de polifenoles y capacidad antioxidante* (Master's thesis, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)).
- Española, R. A. (1999). Real academia española.