



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

“DESARROLLO DE UN MICROENCAPSULADO DE CEDRÓN (*Aloysia citrodora*), MEDIANTE SECADO POR ASPERSIÓN”

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de
Ingenieras Agroindustriales

Autoras:

Iglesias Chérrez Daniela Lizbeth

Pichucho Molina Paula Estefania

Tutor:

Rojas Molina Jaime Orlando Quim. Mg.

LATACUNGA – ECUADOR

Agosto 2021

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Daniela Lizbeth Iglesias Chérrez, con cédula de ciudadanía No. 1724444458, y, Paula Estefanía Pichucho Molina, con cédula de ciudadanía No. 0503349458, declaramos ser autoras del presente proyecto de investigación: “Desarrollo de un microencapsulado de cedrón (Aloysia Citrodora), mediante secado por aspersión”, siendo el Químico. Mg. Jaime Orlando Rojas Molina, Tutor del presente trabajo; y, eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y 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, 12 de agosto del 2021

Daniela Lizbeth Iglesias Chérrez
Estudiante
CC: 1724444458

Paula Estefanía Pichucho Molina
Estudiante
CC: 0503349458

Quim. Mg. Jaime Rojas Molina
Docente Tutor
CC: 0502645435

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 **IGLESIAS CHÉRREZ DANIELA LIZBETH** identificada con cédula de ciudadanía 1724444458 de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**, y, de otra parte, el Ingeniero. Ph.D. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector 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. - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería Agroindustrial, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “Desarrollo de un microencapsulado de cedrón (Aloysia Citrodora), mediante secado por aspersión”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad, según las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Fecha de inicio de la carrera: Octubre 2016-marzo 2017

Fecha de finalización: Abril-Agosto 2021

Aprobación en Consejo Directivo: 20 de mayo 2021

Tutor: Quim. Mg. Jaime Orlando Rojas Molina

Tema: “Desarrollo de un microencapsulado de cedrón (Aloysia Citrodora), mediante secado por aspersión”

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, **LA 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 **LA 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 esté 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, a los 12 días del mes de agosto del 2021

Daniela Lizbeth Iglesias Chérrez

LA CEDENTE

Ing. Ph.D. Cristian Tinajero Jiménez

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 **PICHUCHO MOLINA PAULA ESTEFANIA**, identificada con cédula de ciudadanía 0503470379 de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**, y, de otra parte, el Ing. Ph.D. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector 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. - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería Agroindustrial, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “Desarrollo de un microencapsulado de cedrón (Aloysia Citrodora), mediante secado por aspersión”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad, según las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Fecha de inicio de la carrera: Septiembre 2015- Febrero 2016

Fecha de finalización: Abril –Agosto 2021

Aprobación en Consejo Directivo: 20 de Mayo 2021

Tutor: Quim. Mg. Jaime Orlando Rojas Molina

Tema: “Desarrollo de un microencapsulado de cedrón (Aloysia Citrodora), mediante secado por aspersión”

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, **LA 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 **LA 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 esté 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. – EL CESIONARIO 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, a los 12 días del mes de agosto del 2021

Paula Estefanía Pichucho Molina

LA CEDENTE

Ing. Ph.D. Cristian Tinajero Jiménez

LA CESIONARIA

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación con el título:

“DESARROLLO DE UN MICROENCAPSULADO DE CEDRÓN (*Aloysia citrodora*), MEDIANTE SECADO POR ASPERSIÓN”, de Iglesias Chérrez Daniela Lizbeth y Pichucho Molina Paula Estefania, de la carrera de Ingeniería Agroindustrial, consideramos 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, 12 de agosto de 2021

Quim. Mg. Jaime Orlando Rojas Molina

DOCENTE TUTOR

CC: 0502645435

AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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, las postulantes: Daniela Lizbeth Iglesias Chérrez y Paula Estefania Pichucho Molina con el título del Proyecto de Investigación: “DESARROLLO DE UN MICROENCAPSULADO DE CEDRÓN (*Aloysia citrodora*), MEDIANTE SECADO POR ASPERSIÓN”, han 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 realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 12 de agosto del 2021

Lector 1 (Presidente)

Ing. Mg. Ana Trávez Castellano
CC: 0502270937

Lector 2

Ing. Mg. Edwin Cevallos Carvajal
CC: 0501864854

Lector 3

Ing. Mg. Pablo Herrera Soria
CC: 0501690259

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios ya que sin su infinita misericordia no hubiera llegado hasta este día tan anhelado, a mis padres Elizabeth y José que sin su apoyo no lo hubiera logrado su esfuerzo y sacrificio no fue en vano, a mis hermanos que siempre estuvieron pendientes y apoyándome de uno u otra manera a Luis Alberto quien nunca dejo de creer en mí, a mis amigos que con el paso del tiempo se volvieron mi familia y siempre estuvimos en pie de lucha para todo y salir a flote Yomaira, Sebastián y Paula.

De igual manera al Químico Orlando Rojas por toda su paciencia y apoyo para sacar adelante el siguiente proyecto de investigación, así como a cada uno de los docentes que de una u otra forma me apoyaron en estos años de formación académica, por impartirnos sus conocimientos para que lleguemos a ser unos profesionales de calidad y excelencia.

Daniela Lizbeth Iglesias Chérrez

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios y a cada una de las personas que estuvieron en este tiempo apoyándome y ayudándome de una u otra forma, a todos ustedes, muchas gracias.

Paula Estefania Pichucho Molina

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres y hermanos por su apoyo incondicional en cada momento, en especial a mi madre Elizabeth sin ti no lo hubiera logrado tus esfuerzos son impresionantes, tu amor es para mí inigualable por tus consejos y palabras de aliento porque a pesar de mis fallas siempre estuviste ahí alentándome para que llegue a culminar mi carrera gracias por tanto te amo.

A mi amado hijo Daniel que llegaste en el momento indicado a llenarme de tanto amor, el tiempo de Dios es perfecto, y cada paso que doy es pensando siempre en ti eres mi gran motivación para superarme cada día, tu sonrisa es mi motor para seguir.

Daniela Lizbeth Iglesias Chérrez

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación se lo dedico con mucho cariño a mis padres, Martha y Jorge al igual que a mis tías Doc. Teresa Molina y Doc. Francisca Molina; que el éxito que hoy cosechemos nos impulse a seguir en adelante.

Paula Estefania Pichucho Molina

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: “DESARROLLO DE UN MICROENCAPSULADO DE CEDRÓN (*ALOYSIA CITRODORA*), MEDIANTE SECADO POR ASPERSIÓN”

AUTORAS: Iglesias Chérrez Daniela Lizbeth

Pichucho Molina Paula Estefania

RESUMEN

Esta investigación diseñó un microencapsulado de extracto de cedrón (*Aloysia citrodora*) mediante la operación unitaria secado por aspersión (Spray drying) que usa materiales encapsulantes como la (maltodextrina y goma arábiga) lo cuales actúan como protectores del oxígeno para evitar la oxidación, los estudios de esta técnica han ido en aumento por la necesidad de proteger el material importante del microencapsulado (extracto) y por otra parte a los componentes como calor y humedad, capacidad antioxidante, estabilidad y factibilidad. Los elementos de estudio fueron seleccionados de acuerdo a antecedentes investigativos que se han obtenido previamente, mediante la optimización se establecieron 9 corridas y los factores de control fueron: el flujo de alimentación de 500 ml/h, 600 ml/h y 700 ml/h y temperatura de entrada de aire a 130 °C, 140 °C y 150 °C. Se aplicó un diseño experimental de superficie de respuesta utilizando el programa Design Expert 8.0.6, para el procesamiento de los datos obtenidos, mediante la optimización del proceso se determinó las condiciones óptimas a una temperatura de aire de entrada de 150° C y una velocidad de flujo de alimentación de 500 mL/h obteniéndose un rendimiento del 94,70%, humedad 3,845%, eficacia de la microencapsulación 93,9%. Además, se caracterizó al microencapsulado optimizado teniendo valores de higroscopicidad 13 g/100g, densidad aparente 0.3213 g/ml, densidad compacta 0,5712 g/ml, pH 5,24, ángulo de reposo de 34,30, solubilidad 92 %, índice de Hausner 2,17, índice de Car 0,54, capacidad antioxidante reductor del hierro (FRAP) 320,10 ($\mu\text{M Fe}^2/\text{g}$ muestra) polifenoles totales 0,12 mg/g.

PALABRAS CLAVES: Cedrón, microencapsulación, spray drying, humedad, higroscopicidad.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES

TOPIC: “DEVELOPMENT OF A MICROENCAPSULATION OF CEDRON (ALOYSIA CITRODORA) BY SPRAY DRYING”.

Authors: Iglesias Chérrez Daniela Lizbeth
Pichucho Molina Paula Estefania

ABSTRACT

This research designed a microencapsulation of cedron extract (*Aloysia citrodora*) by means of a unitary spray drying operation that uses encapsulating materials such as (maltodextrin and gum Arabic), which act as oxygen protectors to avoid oxidation. The studies of this technique have been increasing due to the need to protect the important material of the microencapsulation (extract) and on the other hand to the components such as heat and humidity, antioxidant capacity, stability and feasibility. The study elements were selected according to previously obtained research background, by means of optimization 9 runs were established and the control factors were: the feeding flow of 500 ml/h, 600 ml/h and 700 ml/h and air inlet temperature at 130 °C, 140 °C and 150 °C. A response surface experimental design was applied using the Design Expert 8.0.6 program for processing the data obtained, and by optimizing the process, the optimum conditions were determined at an inlet air temperature of 150°C and a feed flow rate of 500 mL/h, obtaining a yield of 94.70%, humidity 3.845% and microencapsulation efficiency of 93.9%. In addition, the optimized microencapsulation was characterized having values of hygroscopicity 13 g/100g, bulk density 0.3213 g/ml, compact density 0.5712 g/ml, pH 5.24, angle of repose 34.30, solubility 92 %, Hausner's index 2.17, Car index 0.54, iron reducing antioxidant capacity (FRAP) 320.10 ($\mu\text{M Fe}^{2+}$ /g sample) total polyphenols 0.12 mg/g.

KEYWORDS: Cedron, Microencapsulation, Spray drying, Humidity, Hygroscopicity.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR	iii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR	vi
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	ix
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	x
AGRADECIMIENTO	xi
AGRADECIMIENTO	xii
DEDICATORIA.....	xiii
DEDICATORIA.....	xiv
ABSTRACT	xvi
ÍNDICE DE CONTENIDO	xvii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xxi
ÍNDICE DE FIGURAS	xxii
1. Información General.....	1
2. Justificación del Proyecto.....	2
3. Beneficiarios del proyecto de investigación.....	3
3.1. Beneficiarios directos	3
3.2. Beneficiarios indirectos	3
4. Problema de investigación.....	4
5. Objetivos.....	5
5.1. Objetivo general	5
5.2. Objetivos específicos.....	5
6. Actividades en relación a los objetivos planteados	6
7. Fundamentación Científica Técnica.....	8

7.1.	Antecedentes	8
7.2.	Fundamentación Teórica	9
7.2.1.	Historia del cedrón	9
7.2.2.	Descripción general del cedrón	9
7.2.3.	Composición botánica del cedrón.....	9
7.2.4.	Compuestos fenólicos del cedrón	12
7.2.5.	Extracto hidroalcoholico	12
7.2.6.	Maltodextrina	12
7.2.7.	Goma arábica	12
7.2.8.	Capacidad antioxidante.....	13
7.2.9.	Microencapsulación	13
7.2.10.	Importancia de la microencapsulación	15
7.2.11.	Tipos y morfología de las microcápsulas	15
7.2.12.	Métodos de microencapsulación	16
7.2.13.	Secado por spray (Spray Drying)	18
7.2.14.	Etapas del secado por aspersion.....	19
7.2.15.	Temperatura de aire de entrada.....	20
7.2.16.	Temperatura de aire de salida	20
7.2.17.	Ventajas del secado por aspersion.....	21
7.2.18.	Densidad aparente del microencapsulado	21
7.2.19.	Humedad del microencapsulado	21
7.2.20.	Estabilidad oxidativa del encapsulado	22
8.	Validación de Preguntas Científicas o Hipótesis	22
9.	Metodologías/ Diseño Experimental	22
9.1.	Métodos de Investigación.....	22

9.2.	Técnicas de Investigación	23
9.3.	Diseño Experimental	23
9.3.1.	Descripción del diseño experimental	23
9.3.2.	Tabla de Variables	24
9.4.	Materiales y Métodos	25
9.4.1.	Materiales-materia prima, equipos y reactivos.....	25
9.4.2.	Extracción de los componentes bioactivos del cedrón.....	26
9.4.4.	Eliminación del disolvente alcohólico del extracto.....	27
9.4.5.	Caracterización del extracto acuoso de cedrón.....	28
9.4.5.1.	Determinación del pH del extracto	28
9.4.5.2.	Determinación de humedad.....	28
9.4.5.3.	Capacidad antioxidante reductora de hierro (FRAP).....	28
9.4.5.4.	Determinación de polifenoles totales.....	29
9.4.5.5.	Acidez titulable	30
9.4.6.	Optimización del proceso de microencapsulación	30
9.4.7.	Caracterización del microencapsulado optimizado	31
9.4.7.1.	Determinación del pH.....	31
9.4.7.2.	Determinación de la humedad	31
9.4.7.3.	Determinación de densidad aparente	31
9.4.7.4.	Determinación de densidad compacta.....	32
9.4.7.5.	Capacidad antioxidante reductora de hierro (FRAP).....	32
9.4.7.6.	Solubilidad.....	32
9.4.7.7.	Determinación de la Higroscopia	33
9.4.7.8.	Determinación del índice de Carr.....	33
9.4.7.9.	Determinación del índice de Haussner.....	33

9.4.7.10.	Determinación del ángulo de reposo	34
9.4.8.	Diagrama de Flujo de Proceso	35
10.	Análisis y Discusión de Resultados	37
10.1.	Extracción de los componentes bioactivos de cedrón.....	37
10.2.	Caracterización del extracto acuoso de cedrón.....	37
10.3.	Optimización del proceso de microencapsulación de cedrón	39
10.4.	Evaluación del modelo para la humedad	42
10.5.	Eficiencia de la microencapsulación.....	44
10.6.	Optimización del proceso de microencapsulado.....	46
10.7.	Caracterización del microencapsulado óptimo	47
11.	Impactos del Proyecto de Investigación	50
12.	Presupuesto	51
13.	Cronograma de Actividades.....	53
14.	Conclusiones y Recomendaciones	54
14.1.	Conclusiones	54
14.2.	Recomendaciones	54
15.	Referencias.....	55
16.	Anexos	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Actividades relacionadas con los objetivos planteados	6
Tabla 2 Descripción Aloysia Citrodora	9
Tabla 3 Taxonomía del cedrón (Aloysia Citrodora)	10
Tabla 4 Descripción de los métodos químicos.....	16
Tabla 5 Descripción de métodos físicos de la microencapsulación	17
Tabla 6 Variables de la investigación.....	24
Tabla 7 Diseño experimental	24
Tabla 8 Descripción de las corridas	25
Tabla 9 Formulación de la emulsión	30
Tabla 10 Análisis fisicoquímicos del extracto de cedrón	37
Tabla 11 Matriz experimental para la microencapsulación del extracto de cedrón	39
Tabla 12 Descripción de los indicadores y porcentaje de rendimiento.....	40
Tabla 13 Descripción del porcentaje de humedad	42
Tabla 14 Descripción del porcentaje rendimiento del microencapsulado	44
Tabla 15 Optimización del proceso de microencapsulación	46
Tabla 16 Caracterización del polvo.....	47
Tabla 17 Presupuesto materia prima vegetal	51
Tabla 18 Presupuesto de materiales y suministros	51
Tabla 19 Presupuesto recursos humanos.....	51
Tabla 20 Presupuesto de equipos.....	52
Tabla 21 Presupuesto de reactivos	52
Tabla 22 Cronograma de actividades	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Neral (citral b).....	10
Figura 2 Geranial (citral a)	10
Figura 3 Apigenina	11
Figura 4 Luteolina	11
Figura 5 Diosmetina	11
Figura 6 Eupatorina	11
Figura 7 Verbacósido	11
Figura 8 Tipos de microencapsulado.....	16
Figura 9 Esquema del secado por spray	19
Figura 10 Secado por spray.....	19
Figura 11 Diagrama de flujo del proceso de microencapsulación	35
Figura 12 Superficie de respuesta para el rendimiento de la microencapsulación	41
Figura 13 Superficie de respuesta para la humedad de las muestras	43
Figura 14 Superficie de respuesta para la eficiencia de la microencapsulación	45
Figura 15 Superficie de respuesta para la optimización	47
Anexo N° 1.1. Mapa físico	64
Anexo N° 1.2 Mapa satelital	64
Figura 16: Secado de las hojas de cedrón	72
Figura 17: Molienda de las hojas de cedrón	72
Figura 18: Extracción del disolvente	72
Figura 19: Secado de las muestras	73
Figura 20: Microencapsulado.....	73

1. Información General

Título

Desarrollo de un microencapsulado de cedrón (*Aloysia citrodora*), mediante secado por aspersión

Lugar de ejecución.

- **Barrio:** Salache alto
- **Parroquia:** Eloy Alfaro
- **Cantón:** Latacunga
- **Provincia:** Cotopaxi
- **Zona:** 3
- **País:** Ecuador

Institución: Universidad Técnica de Cotopaxi; Facultad académica: Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales (CAREN)

Carrera que auspicia: Ingeniería Agroindustrial

Nombre del equipo de investigadores.

Químico. Jaime Orlando Rojas Molina Mg. (Anexo 2)

Daniela Lizbeth Iglesias Chérrez (Anexo 3)

Paula Estefanía Pichucho Molina (Anexo 4)

Área de conocimiento.

Ingeniería de industria y construcción

Sub área: Industria y producción

Línea de investigación.

Desarrollo y seguridad alimentaria

Proceso industriales

Sub líneas de investigación de la carrera

Optimización de los procesos tecnológicos agroindustriales.

Investigación-innovación y emprendimiento.

2. Justificación del Proyecto

La microencapsulación tiene como fin mantener las características de los compuestos bioactivos de la planta ya sean estos sólidos, líquidos o gaseosos, que son rodeados por un recubrimiento que evita el cambio de sus propiedades debido a la humedad, oxígeno y condiciones ambientales por medio de la incorporación de ingredientes que sirven como agentes de pared como la maltodextrina y goma arábica que son producto de la hidrólisis ácida de los almidones característicos de la sierra centro como la papa y el maíz, reduciendo así las propiedades fisicoquímicas no beneficiosas como la alta viscosidad característica de los componentes aglutinantes. (Nunes et al., 2015)

La planta de cedrón pertenece a la familia de las Verbenáceas de nombre científico *Aloysia citrodora*, es conocido por su intenso aroma y sabor cítrico. Las hojas y sus flores poseen gran concentración de su aceite esencial, entre sus principales componentes está el citral, limoneno, linalol, cineol, terpineol, cariofileno y riqueza en cuanto a sus propiedades antioxidante, fungicida, diurética entre otros de extractos ricos en fenilpropanoides, especialmente verbascósido, que actúa como antioxidante. (Dellacassa & Bandoni, 2003), Además los extracto contiene polifenoles y flavonoides Actualmente hay gran demanda de

alimentos funcionales, estos son aquellos que contienen extractos de plantas con propiedades antioxidantes, ácidos grasos poliinsaturados, probióticos, vitaminas y minerales son la principal tendencia de consumo. (Olaru & Popa, 2018).

Los extractos acuosos se caracterizan por aprovechar la versatilidad de las plantas, tradicionalmente se ha consumido infusiones de la raíz, tallos y hojas, situación que deja expuesto el consumo habitual en dietas de flavonoides o bioflavonoides de color amarillo como una clase de metabolitos secundarios polifenólicos que se encuentran en las plantas y ahora es aprovechado mediante la extracción acuosa para su posterior microencapsulado con el fin de mantener la riqueza organoléptica y bioquímica de las mismas.

Las nuevas tendencias en el mercado alimenticio están enfocadas tanto a la preservación del producto como a la utilización de ingredientes naturales que sirvan como aditivos y retarde su oxidación jugando un papel importante en la satisfacción del consumidor y puedan promover el consumo de estos productos. Sin embargo, la estabilidad de los sabores en los alimentos ha atraído una intensa atención debido a su relación con la calidad y la aceptabilidad en el mercado, siendo este un reto para la agroindustria que se ve enmarcado en técnicas no convencionales que aprovechen las bondades organolépticas de las plantas para generar un producto sostenible y sustentable. (Fernandes et al., 2014).

3. Beneficiarios del proyecto de investigación

3.1. Beneficiarios directos

Los beneficiarios directos de este proyecto de investigación son los pobladores de la provincia de Cotopaxi especialmente los de la parroquia San Buenaventura quienes se dedican a la venta y comercialización de plantas medicinales y productos agrícolas. Según los datos del Instituto Nacional de Estadística y Censos ejecutado en el 2010 muestran 170.489 habitantes en el cantón Latacunga.

3.2. Beneficiarios indirectos

Los beneficiarios indirectos son los/as estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi de la carrera de Ingeniería Agroindustrial con la microencapsulación de extracto acuoso de componentes bioactivos (polifenoles) del cedrón; el presente estudio va a contribuir en alargar la vida útil de los alimentos y fortalecer el desarrollo de la matriz alimentaria ecuatoriana.

4. Problema de investigación

Los aditivos alimentarios son importantes en la industria alimentaria, estos son regulados, pero aun así la desconfianza entre los consumidores es latente por los riesgos a la salud. La ingesta de estas sustancias ha ido incrementando debido al ritmo de vida que se lleva en la actualidad por esta razón, el consumo de alimentos procesados ha ido en aumento, estos poseen gran contenido de grasas saturadas, aditivos para aportarles las características deseadas, además de alargar su tiempo de duración en anaquel.

El ineficiente aprovechamiento de las bondades y propiedades de las plantas genera un desperdicio en cuanto a sus beneficios, característica que debe ser aprovechada por los profesionales en el área agroindustrial y en favor de un consumo de alimentos saludables y sostenibles en el mercado. Por tanto, es necesario utilizar técnicas no convencionales que puedan garantizar la estabilidad de estos constituyentes funcionales y permitir su aplicación en productos de consumo masivo como agentes encargados de evitar la oxidación y por lo tanto de la pérdida de las propiedades organolépticas de las plantas. Varios sectores de la industria alimenticia tienen una demanda de la población en cuanto al enriquecimiento de alimentos con compuestos funcionales, por esta razón la investigación plantea la utilización de microencapsulados a base de maltodextrina y goma arábica modificada que permitan conservar las bondades del cedrón y por lo tanto alargar la vida útil de los productos alimenticios que lo contengan.

En cuanto a la relación de la morbilidad humana y el consumo de productos elaborados en base de una dieta de alta densidad calórica, rica en azúcares, grasas saturadas, sal y baja fibra la Organización Panamericana de la Salud y la organización Mundial de la salud consideran que esta características cada vez más frecuentes en la alimentación mundial hacen que prevalezca los problemas de obesidad, diabetes y otras enfermedades crónicas no transmisibles, situación que con el accionar de una industria alimenticia que considere y preserve las bondades de las plantas por medio de la extracción acuosa además de técnicas no convencionales de como la microencapsulación se verá mejorada y ofrecerá productos de calidad en favor de la salud del consumidor.

5. Objetivos

5.1. Objetivo general

Desarrollar un microencapsulado de cedrón (*Aloysia Citrodora*), mediante secado por aspersion.

5.2. Objetivos específicos

- Extraer los componentes bioactivos de la planta de cedrón (*Aloysia citrodora*) mediante disolventes hidroalcohólicos.
- Caracterizar el extracto acuoso de cedrón (*Aloysia citrodora*) mediante ensayos fisicoquímicos.
- Optimizar el proceso de microencapsulación del cedrón (*Aloysia citrodora*) en función a la humedad, rendimiento y eficacia de la microencapsulación.
- Caracterizar el microencapsulado óptimo, del proceso de secado por aspersion en función de las propiedades fisicoquímicas.

6. Actividades en relación a los objetivos planteados

Tabla 1 Actividades relacionadas con los objetivos planteados

OBJETIVO	ACTIVIDAD	RESULTADO DE LA ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD
Objetivo específico 1: Extraer los componentes bioactivos de la planta de cedrón (Aloysia citrodora) mediante disolventes hidroalcohólicos.	Obtener los componentes bioactivos del cedrón (Aloysia citrodora) mediante el uso de componentes hidroalcohólicos.	La recopilación en una solución de extractos hidroalcohólicos de los compuestos bioactivos del cedrón.	Secado de la planta. Pulverización de la planta. Extracción hidroalcohólica de la planta. Eliminación del disolvente alcohólico del extracto.
Objetivo específico 2: Caracterizar el extracto acuoso de cedrón (Aloysia citrodora) mediante ensayos fisicoquímicos.	Desarrollo de ensayos físico-químicos al extracto acuoso del cedrón.	Obtención de las propiedades fisicoquímicas del extracto acuoso y caracterización de las especies químicas presentes.	Determinación de: pH, sólidos totales, humedad y densidad de la muestra, FRAP.
Objetivo específico 3: Optimizar el proceso de microencapsulación del cedrón (Aloysia citrodora) mediante el flujo de alimentación y temperatura de entrada aire.	Microencapsular los compuestos bioactivos del cedrón (Aloysia citrodora).	Obtención de microencapsulados de cedrón (Aloysia citrodora).	Elaboración de una mezcla homogénea a base de extracto acuoso de cedrón (Aloysia citrodora), Maltodextrina y goma arábica. Secado por aspersión de la mezcla homogénea, controlando las condiciones establecidas en el diseño experimental. Determinación de las variables de respuesta (humedad, rendimiento y eficacia de los microencapsulados)

<p>Objetivo específico 4: Caracterizar el microencapsulado óptimo, del proceso de secado por aspersion en función de las propiedades fisicoquímicas.</p>	<p>Caracterización de los polvos obtenidos en la microencapsulación.</p>	<p>Datos de caracterización de los microencapsulados.</p>	<p>Almacenamiento de los polvos en un lugar fresco y seco. Determinación del pH, cantidad de sólidos totales, humedad, cantidad de polifenoles, capacidad antioxidante (FRAB), rendimiento del proceso de extracción, solubilidad, densidad aparente, densidad de la base compactada, higroscopia, índice de car, ángulo de reposo.</p>
---	--	---	---

Fuente: (Iglesias, D. & Pichucho, P., 2021)

7. Fundamentación Científica Técnica

7.1. Antecedentes

De acuerdo con (Nunes et al., 2015b), en su investigación “Microencapsulación de extracto concentrado de *Ilex paraguariensis* o hierba mate mediante secado por aspersión” se observó un alto contenido fenólico total y buena actividad antioxidante del extracto acuso de las hojas. Así mismo, la maltodextrina usada en altas concentraciones permitió obtener un mayor rendimiento en el proceso de microencapsulado, permitiendo así tener una referencia comprobada de acuerdo a la utilización de agentes de pared que permitan un microencapsulado de alto rendimiento.

Según (Fernandes et al., 2012) que manifiesta en su investigación “Microencapsulación por atomización de extractos de *Lippia sidoides* u orégano mexicano en mezclas de carbohidratos” se indica que un aumento en la proporción de la mezcla de maltodextrina con goma arábica presentó un efecto positivo en la retención de timol, además de reportar una actividad antifúngica propia de la hierba y conservada mediante el proceso de secado por aspersión.

En el estudio realizado por (Krishnaiah et al., 2012) en “Microencapsulación de extracto de *Morinda citrifolia* L o noni por secado por aspersión” menciona que cuando la temperatura de entrada de aire es baja, no existe calor suficiente para secar el extracto y por lo tanto presenta un alto contenido de humedad, a su vez, se detectó que una relación 1:2 de núcleo/pared es decir concentración de maltodextrina al doble del extracto permite exponer una alta actividad depuradora propia de la planta

Según investigaciones propuestas por (Simon-Brown et al., 2016) en la “Microencapsulación de extracto de jengibre mediante el secado por aspersión” el uso de la maltodextrina y goma arábica como agentes microencapsulantes para el extracto de jengibre no presentó una diferencia significativa en cuanto a la eficiencia de microencapsulado, por lo tanto se mostró retención de compuestos volátiles en ambos casos La maltodextrina tiene como beneficios ser de sabor suave, relativamente económico y con baja viscosidad además de provenir de una fuente natural como la papa y el maíz.

7.2. Fundamentación Teórica

7.2.1. Historia del cedrón

La planta de cedrón se originó en América del sur , fue introducida desde Europa; recibió el nombre de Aloysia, y por extensión marialuisa, María Luisa; la denominación citrodora hace referencia al aroma de limón de las semillas llenas (Guardiola, et al., 2013).

7.2.2. Descripción general del cedrón

Tabla 2 Descripción Aloysia Citroedora

Descripción	Detalles
Altura:	3 metros.
Tipo de tallos:	Tallos redondos, leñoso.
Forma de las hojas:	Simples, lanceoladas, de limbo entero.
Color y tipo de flores:	Blancas, pequeñas, agrupadas en espigas terminales.
Forma del fruto:	Drupa con dos semillas
Olor:	Cítrico, limonado y herbáceo.
Sabor:	Acre.

Fuente:(Dellacassa & Bandoni, 2003)

7.2.3. Composición botánica del cedrón

El cedrón en rama es una especie de la familia Verbenaceae, su nombre botánico es Aloysia citriodora, utilizada únicamente sus partes aéreas, desecadas o frescas en floración, en donde lo máspreciado son sus hojas, el secado se puede llevar a cabo rápidamente a la sombra en donde se puede realizar un trillado y retirar los tallos más grandes, en su composición química destaca su fracción volátil, en un rendimiento en aceite esencial entre 0.2 y 1% que dependo de diversos factores endógenos y exógenos, con el citral como su principal componente como mezcla de los isómeros geranial y neral expuestos en la figura 1 y 2. (Dellacassa & Bandoni, 2003).

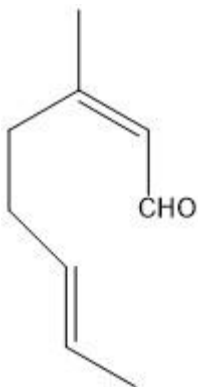
Tabla 3 Taxonomía del cedrón (*Aloysia Citrodora*)

Taxonomía	
Tipo:	Fanerógama
Subtipo:	Angiosperma
Clase:	Dicotiledónea
Subclase:	Magnoliopsida
Orden:	Lamiales
Familia:	Verbenaceae
Género:	Aloysia
Especie:	Citrodora
Nombre científico:	<i>Aloysia Citrodora</i>
Nombre común:	Cedrón, Hierba Luisa, María Luisa, Lemon Verbena, Verbena de las Indias

Fuente: (Granda, 1988)

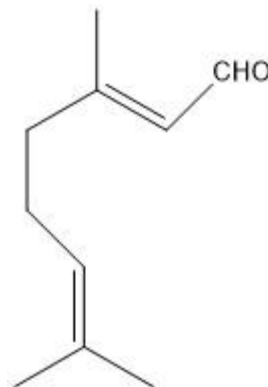
En su composición porcentual se encuentran: geranial (23.5%), neral (17.6%), óxido de cariofileno (6.3%), 118-cineol (5.7%) y citronelol (5.3%) es así que las hojas de hierbaluisa se usan como digestivas diuréticas y antiespasmódicas, el contenido leve de taninos podría tener un efecto sobre la disponibilidad de algunos oligoelementos en el organismo como el Hierro, Cobre y Zinc (Dellacassa & Bandoni, 2003).

Figura 1 Neral (citral b)



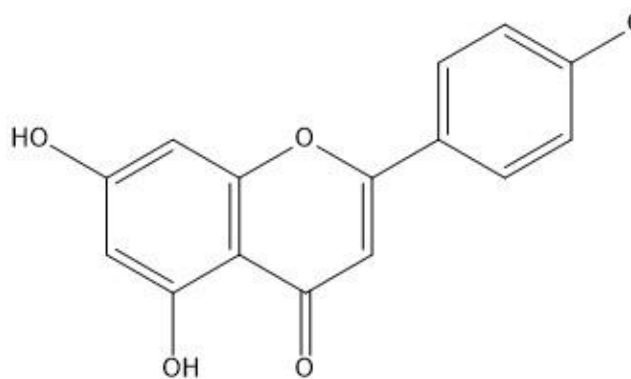
Fuente:(Dellacassa & Bandoni, 2003)

Figura 2 Geranial (citral a)



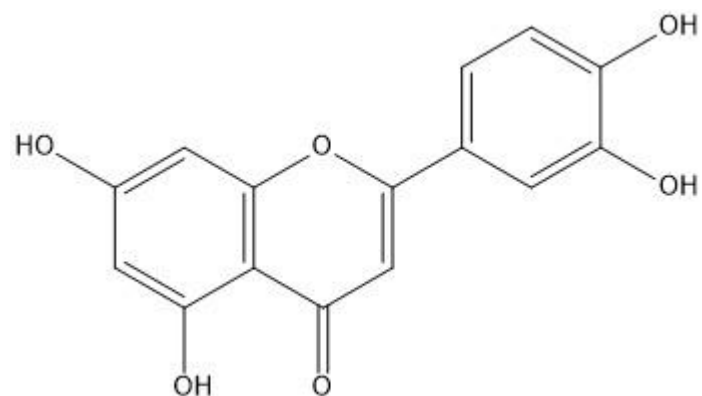
Fuente:(Dellacassa & Bandoni, 2003)

Figura 3 Apigenina



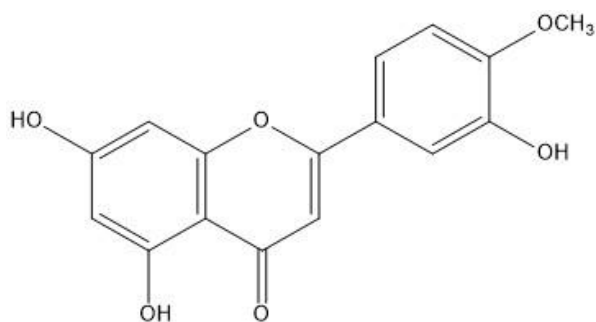
Fuente:(Dellacassa & Bandoni, 2003)

Figura 4 Luteolina



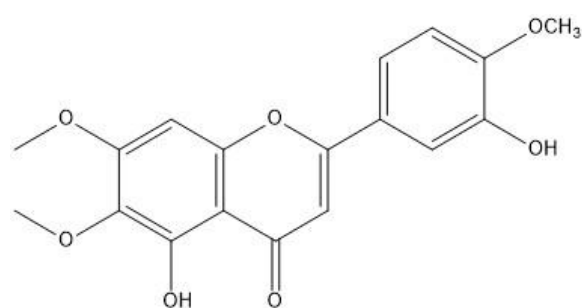
Fuente: (Dellacassa & Bandoni, 2003)

Figura 5 Diosmetina



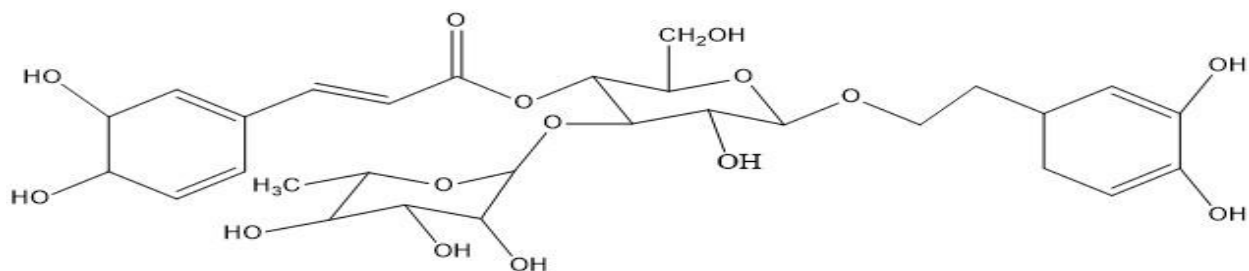
Fuente:(Dellacassa & Bandoni, 2003)

Figura 6 Eupatorina



Fuente:(Dellacassa & Bandoni, 2003)

Figura 7 Verbacósido



Fuente:(Dellacassa & Bandoni, 2003)

7.2.4. Compuestos fenólicos del cedrón

Son productos secundarios que presentan un grupo fenol, estos se encuentran en las plantas, y reciben el nombre de compuestos fenólicos, polifenoles o fenilpropanoides. Estos compuestos son muy diversos ya que están formados por moléculas muy simples como el ácido fenólico hasta el más compuesto como los taninos. Estos poseen propiedades antioxidantes los cuales realizan una función importante durante el estrés oxidativo. Este grupo de compuestos fotoquímicos es de gran interés ya que favorece al mantenimiento de la salud humana. Por tanto, muchas de las propiedades beneficiosas de los alimentos de origen vegetal, se encuentran ligadas principalmente con la actividad antioxidante, esto está relacionado con la presencia y cantidad de compuestos fenólicos (Martínez, Isabel; Periago, María; Ros, 2000).

7.2.5. Extracto hidroalcoholico

Para obtener un extracto hidroalcoholico es indispensable trabajar con hojas secas y molidas se para la extracción hidroalcohólica se necesita etanol al 70% por un período de tiempo de 15 días con agitación permanente, con una temperatura ambiente y de ser posible en un frasco oscuro o ámbar (Zamayoa et al., 2011).

7.2.6. Maltodextrina

La maltodextrina es un almidón hidrolizado que necesita de una enzima o ácidos para formar el material de pared en la microencapsulación de alimentos, es utilizado en la industria de alimentos por las ventajas que presenta: aroma y sabor neutro, bajo costo, baja viscosidad, alta concentración de sólidos y buena protección contra la oxidación; por otro lado, las desventajas de la maltodextrina crean la necesidad de incluir en la microencapsulación otro componente de pared por tener una baja capacidad de emulsión y retención marginal de volátiles (Fernandes et al., 2014).

7.2.7. Goma arábica

La goma arábica es un polímero muy utilizado en el secado por aspersión está compuesto por componentes químicos y proteínas la finalidad que tiene es crear emulsiones estables con la mayoría de extractos usualmente se modifica para garantizar la capacidad de retención de volátiles durante la atomización del secado por aspersión (Fernandes et al., 2014).

7.2.8. Capacidad antioxidante

La presencia de antioxidantes fenólicos despierta un gran interés en la búsqueda de los mismos sean estos de origen natural, oh de plantas medicinales. En la mayoría de los casos, la actividad antioxidante se debe principalmente a la presencia de compuestos fenólicos, los cuales son potentes captadores de especies reactivas de oxígeno y además son capaces de inhibir las enzimas productoras de radicales libres (Conde, Clemente; Tovar, Candelaria; Méndez, 2021).

Los antioxidantes se clasifican en: endógenos estos son biosintetizados por el organismo y los exógenos a través de la dieta, esta acción se basa en prevenir o retardar la oxidación de un sustrato biológico, y en algunos casos revertir el daño de la molécula afectada. Un antioxidante es una sustancia que se encuentra presente en alimentos de consumo diario y previene diversas patologías, actualmente son utilizadas en la industria para retrasar procesos de oxidación para evitar la presencia de efectos negativos (Pacheco, 2020).

La oxidación, se da mediante una reacción química en donde un ion, cede electrones, una muestra se da al dejar un segmento de pera sobre un área y al pasar cierto tiempo se empieza a oxidar presentando un color cada vez más oscura, esto se da porque la energía se encuentra liberándose de manera rápida o lenta, esto ocurre en los productos que no poseen capacidad antioxidante o una sustancia con dicho potencial (Barrientos Ramírez et al., 2019).

7.2.9. Microencapsulación

En la industria alimenticia se busca que los componentes útiles de las plantas permanezcan un tiempo considerable presentes en donde se les ha adicionado, en esta adición un sin número de problemas se ha presentado debido a que las plantas por conocimiento ancestral se han utilizado en infusión La microencapsulación es un aquel proceso por lo cual los sólidos, líquidos o gases son rodeado por una membrana, agente encapsulante o matriz en donde el material atrapado en su interior es el centro activo, relleno o también conocido como la carga útil. Para este proceso se usa materiales de pared lo cuales actúan como protectores del oxígeno para evitar la aparición de la oxidación, el objetivo de la microencapsulación es evitar el desequilibrio del mecanismo de protección antioxidante, en el área de alimentos, la microencapsulación es utilizada para proteger el material microencapsulantes de las

condiciones degenerativas del extracto es decir de la humedad, anti oxidación, esto hace que la estabilidad del microencapsulado sea idónea y se pueda utilizar en otro producto como agente conservante. En los alimentos que se consume la microencapsulación favorece en cuanto al sabor, olor, estabilidad, capacidad antioxidante, valor nutritivo y aspecto de los alimentos (Parra, 2010).

Es así, que existen dos tipos de micropartículas: las microcápsulas y las micro matrices, que son el objeto de las principales bondades que ofrece esta técnica: permite enmascarar el sabor desagradable de las sustancias, evita las interacciones con el medio, reduce la toxicidad mejorando la eficacia de la extracción del componente activo natural. Las dos técnicas utilizadas principalmente para la microencapsulación de un material activo mediante proteínas vegetales son el secado por pulverización y la coacervación. Ambos procesos comparten el aspecto de "química verde" con las proteínas vegetales como recursos renovables y biodegradables, y además las dos técnicas no necesitan el uso de disolventes orgánicos (Nesterenko et al., 2013).

El secado por atomización es un proceso continuo para convertir un líquido inicial en un polvo sólido de micropartículas. Es un proceso de proceso de deshidratación utilizado para formar una matriz continua que rodea las sustancias activas. El líquido inicial (solución, emulsión o suspensión) que contiene los materiales de la pared como la Maltodextrina y la goma arábica y el núcleo de centro activo se pulveriza en una corriente de aire caliente. El disolvente, casi siempre agua, y en este caso etanol se evapora para obtener una producción instantánea de polvo. Esta tecnología ofrece varias ventajas: es sencilla, relativamente barata, rápida y, por lo tanto, se utiliza ampliamente en la industria.

El factor importante para el éxito de la microencapsulación por secado por aspersión es una alta solubilidad del material de la cáscara u hojas como en el caso de las hojas de cedrón en agua (u otro disolvente elegido como el etanol) y una baja viscosidad. Las desventajas de esta técnica son la pérdida de una cantidad significativa cantidad de producto (debido a la adhesión de las micropartículas a la pared del secador por pulverización) y la posibilidad de degradación de productos sensibles a altas temperaturas de secado (Esquivel, 2015).

7.2.10. Importancia de la microencapsulación

La estabilización de los carotenoides en los alimentos y productos alimenticios contra la isomerización u oxidación es muy importante porque su degradación disminuye la calidad del producto final en términos de propiedades nutricionales y de coloración importante porque su degradación disminuye la calidad del producto final en términos de propiedades nutricionales y de coloración. Las maltodextrinas resultaron ser eficaces para proteger los carotenoides de la oleoresina de pimiento. La estabilidad a la luz de bixina secada por pulverización y encapsulada con goma arábica y maltodextrina, y los resultados demuestran que la bixina microencapsulado en goma arábica era más estable a la foto degradación que en maltodextrina (Gharsallaoui et al., 2007).

7.2.11. Tipos y morfología de las microcápsulas

Las microcápsulas pueden clasificarse en función de su tamaño o morfología.

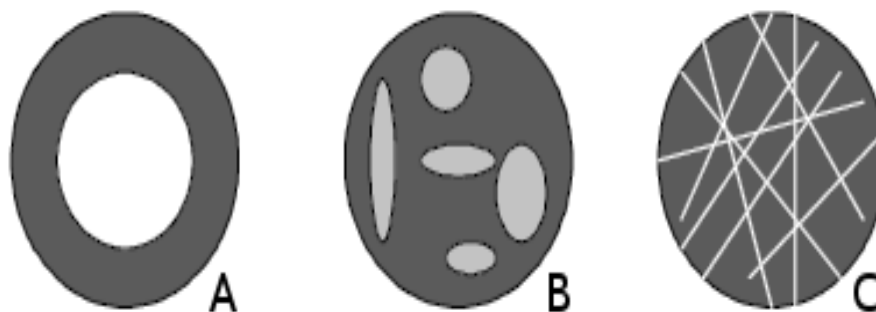
- **Micro/Nanocápsulas**

El tamaño de las microcápsulas oscila entre una micra (una milésima de mm) hasta mm. Algunas microcápsulas cuyo diámetro está en el rango de los nanómetros se denominan nanocápsulas.

- **Morfología de las microcápsulas**

Las microcápsulas pueden clasificarse en tres categorías básicas, como los tipos monocolor, policolor y matricial, Fig. 8. Las microcápsulas de un núcleo que tienen una sola cámara hueca dentro de la cápsula. Las microcápsulas polinucleadas tienen varias cámaras de diferentes tamaños dentro de la cápsula y la micropartícula de tipo matriz tiene los ingredientes activos integrados dentro de la matriz del material de la cubierta. Sin embargo, la morfología de la estructura interna de una micropartícula depende en gran medida de los materiales de la cubierta seleccionados y de los métodos de microencapsulación que se empleen (Rama et al., 2009).

Figura 8 Tipos de microencapsulado



Fuente:(Rama et al., 2009)

7.2.12.Métodos de microencapsulación

Tabla 4 Descripción de los métodos químicos

MÉTODOS FÍSICOS	DESCRIPCIÓN
Polimerización interfacial	Para este proceso es necesario tener un compuesto hidrofóbico que forme con polímeros en un microencapsulado hidrofóbico.
Polimerización en suspensión	Este proceso es uno de los más utilizados debido a que para producción de microcápsulas se utiliza agua como medio de suspensión.
Polimerización en emulsión	En este proceso las microcápsulas presentar una baja viscosidad y buena remoción del calor generado, además de ser la única técnica capaz de producir polímeros de alto peso molecular con grandes velocidades de reacción.

Fuente: (Jamekhorshid et al., 2014)

Tabla 5 Descripción de métodos físicos de la microencapsulación

MÉTODOS FÍSICOS	DESCRIPCIÓN
Recubrimiento de bandeja	Las partículas se recubren despacio con material externo.
Recubrimiento por suspensión en aire	El núcleo de las partículas debe ser sólidas y se encuentran suspendidas en una corriente de aire, para después aplicar un solvente volátil dejando así una capa protectora delgada polimérica.
Extrusión centrifuga	Es la salida de un líquido en forma de chorro y rodea formando la solución protectora.
Boquilla vibratoria	Esto se da por una micro granulación, usa un flujo laminar por medio de boquillas que vibran y se presenta una gelificación interna y externa.
Secado por pulverización	Este método es para la obtención de un polvo seco a partir de un líquido a partir del secado rápido con un gas caliente. Este es el método preferido de secado de muchos materiales sensibles al calor, como alimentos y productos farmacéuticos.
Evaporación de disolventes	Depende de la formulación y variables de proceso para obtener un tamaño y distribución del microencapsulado y para esto se mantiene controlado la velocidad de agitación y volumen de la fase orgánica.

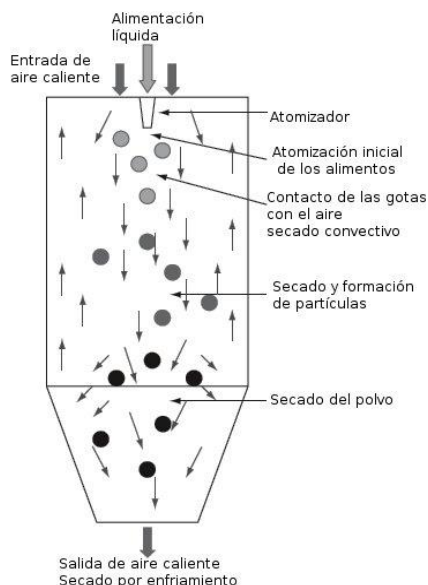
Fuente: (Jamekhorshid et al., 2014)

7.2.13. Secado por spray (Spray Drying)

El secado por spray o llamado también spray drying trabaja con compuestos bioactivos hidrofóbicos por lo que es necesario realizar una emulsión agua-aceite para que esta emulsión logre unirse y sea estable al homogenizarse a presiones altas dando como resultado una emulsión estable con una ligera disminución de la viscosidad y del tamaño de las gotas de aceite presentando una ligera mejora de la eficacia de la microencapsulación con un aumento de la presión de homogenización que a alta presión modifica las proteínas del aceite y dispersa las gotas de aceite gracias a las fuerzas mecánicas que sufren las proteínas globulares (Nunes et al., 2015a).

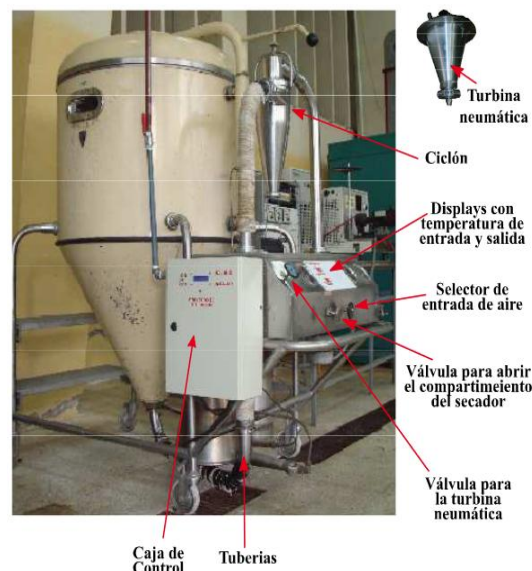
El proceso consiste en deshidratar gotas pulverizadas en un medio conectivo caliente capaz de convertir las gotas en partículas sólidas y finas, proceso utilizado de manera particular en la producción de alimentos instantáneos en polvo y conservación de alimentos (Woo & Bhandari, 2013). Para explicar plenamente esta tecnología es importante analizar el fenómeno de secado en cuanto a la transferencia de calor y de masa y la disposición del equipo (Ulcungo, 2010).

Figura 9 Esquema del secado por spray



Fuente:(Woo & Bhandari, 2013)

Figura 10 Secado por spray



Fuente:(Ulcuango, 2010)

7.2.14. Etapas del secado por aspersión

Atomización Para la atomización es necesario tener pequeñas gotas de la muestra y mediante presión o energía centrifuga se da el comienzo a de este proceso lo más importante dentro de la atomización es generar una alta superficie de transferencia de calor entre el aire seco y el extracto que debe tener también una transferencia de masa. Para elegir como programar el atomizador se debe tener en cuenta la viscosidad de la alimentación y las propiedades deseadas del producto, tomando en cuenta que a mayor energía prevista, más finas son las gotas de la microencapsulación (Schoubben et al., 2010).

Contacto de gota aire caliente: El contacto se puede realizar de dos formas: paralela y en contracorriente; en la forma paralela el líquido es aspergeado en la misma dirección que el aire del equipo la temperatura de entrada es de 150 a 220 °C, y la salida es moderada de 50 a 80 °C, la segunda forma en contracorriente el extracto es rociado en dirección contraria al flujo de aire caliente, este proceso tiene limitaciones para los productos termo sensibles (Schoubben et al., 2010).

Evaporación de agua: Al terminar el proceso de contacto de gota aire caliente se ejecuta evaporación de agua mediante la construcción de balance de temperatura y presión parcial de vapor entre las dos fases (Schoubben et al., 2010).

Separación del producto seco y aire húmedo: La separación del microencapsulado se realiza con la ayuda de un ciclón que es colocado afuera de la cámara de secado este proceso reduce las pérdidas del producto a la atmosfera: A mayor densidad los polvos o microencapsulados son recuperados en la base de la cámara de secado y las partículas o polvos finos pasan a través del ciclón para ser separadas del aire húmedo (Schoubben et al., 2010).

7.2.15. Temperatura de aire de entrada

Al ingresar el aire caliente llega a una temperatura entre 100 y 200 °C., aunque las gotas del líquido atomizado se calientan hasta 40 °C esto se debe a la corta duración del secado, este proceso impide la postergación del producto. El método mencionado se puede utilizar en el recubrimiento de sólidos y líquidos, a medida que se evapora el disolvente, el material de recubrimiento envuelve las partículas, lo que es de suma importancia para cubrir olores y sabores (López, 2010).

7.2.16. Temperatura de aire de salida

La temperatura de aire de salida presenta condiciones para formar una cápsula de alto nivel que servirá de ayuda al extracto encapsulado la variación de temperatura que debe tener es de 160°C bajar a 70°C.

Las temperaturas tanto de entrada como de salida deben ser las indicadas puesto que si son más altas o más bajas pierden o no reaccionan de la mejor manera en el proceso de anti oxidación del alimento (Esquivel et al., 2015).

7.2.17. Ventajas del secado por aspersión

- Reduce la reactividad del ingrediente activo con los factores ambientales
- Disminuye la tasa de transferencia del material del núcleo al entorno exterior
- Promueve un manejo más fácil del producto al modificar las características físicas del material original
- Enmascara características organolépticas como el aroma o sabor indeseable del ingrediente activo
- Disuelve el material importante cuando debe ser usado en mínimas cantidades
- Interviene en la liberación del extracto microencapsulado en el tiempo (Rama et al., 2009).

7.2.18. Densidad aparente del microencapsulado

La densidad aparente del microencapsulado es la razón entre el peso y la unidad de volumen que alcance el polvo vertido libremente, sin embargo, es adecuado el enraizamiento del polvo en la superficie volumétrica. La densidad de golpe en cambio, indica la densificación que se produce en un polvo, al someterlo en vibración sin ser compactado mediante presión, un proceso sencillo que consiste en dar uniformidad a la muestra y con ello disminuir los espacios que queden disponibles para el aire y afecten al resultado de lo prescrito anteriormente (Bae & Lee, 2008a).

7.2.19. Humedad del microencapsulado

El método más común para determinar el contenido de humedad es analíticamente a través de la pérdida de peso mediante el método de secado en mufla o estufa, en el que el contenido de humedad se determina a partir del cambio de peso de la muestra después de la evaporación del agua absorbida en el horno. Otros métodos incluyen la valoración de Karl Fischer, calorimetría diferencial de barrido y microondas (Tirado et al., 2015).

Teniendo en cuenta que la determinación de humedad por el método de muflas un método muy extenso ya que en el protocolo existen actividades que pueden afectar dicha

determinación como pueden ser la tara de crisoles, la manipulación de la muestra y el medio ambiente, los cuales son factores que influyen directamente en la determinación del porcentaje de humedad ocasionando mediciones del peso incorrectos (Tirado et al., 2015).

7.2.20. Estabilidad oxidativa del encapsulado

Para determinar la estabilidad oxidativa de los encapsulados a lo largo del tiempo de almacenamiento, se colocaron muestras de cada polvo en frascos de vidrio herméticos y se almacenan en una incubadora durante un periodo prolongado de tiempo. La estabilidad oxidativa se controla midiendo los valores de peróxido (PV) de los polvos obtenidos. A intervalos semanales, se extrajo alícuotas de cada muestra presente en los frascos (Jamekhorshid et al., 2014).

8. Validación de Preguntas Científicas o Hipótesis

Ho: El flujo de alimentación y la temperatura de entrada de aire no influyen en la microencapsulación de un extracto a base de cedrón.

Ha: El flujo de alimentación y la temperatura de entrada de aire si influyen en el proceso de microencapsulación de un extracto a base de cedrón.

9. Metodologías/ Diseño Experimental

9.1. Métodos de Investigación

9.1.1. Investigación cuantitativa:

Al ser una investigación enfocada a la interpretación de los efectos que genere el cambiar el flujo de alimentación de aire y temperatura en el proceso de secado por aspersion manteniendo una composición fija en materiales encapsulantes como la maltodextrina y goma arábica, permite desarrollar una serie de pasos enfocados en la recopilación de variables cuantificables y sujetos a interpretación.

9.1.2. Investigación bibliográfica:

La investigación bibliográfica consiste en la búsqueda, recopilación, organización, valoración, crítica e información de datos bibliográficos (Hernández, et al., 2018), basados en

los fundamentos de la extracción acuosa y secado por aspersión al igual que los agentes de pared o microencapsulantes de esta operación unitaria.

9.2. Técnicas de Investigación

La observación

Técnica de recogida de datos que supone un acercamiento a la consecución de los objetivos planteados (Pellicer et al., 2013), tomando al investigador como el intérprete en cuanto se vea afectado el proceso de microencapsulación del extracto de cedrón como respuesta a la modificación de las variables independientes como la temperatura de alimentación y flujo de aire.

Pruebas de laboratorio

Técnica considerada como un medio por el cual se corrobora los análisis del extracto acuosos y del polvo producto de la sexta corrida caracterizada por 150°C como temperatura de entrada del aire y 500 ml/h como flujo de alimentación de la emulsión, los análisis desarrollados permitieron definir el potencial de hidrogeno, humedad, densidad, porcentaje de solidos solubles, capacidad antioxidante reductora del hierro al extracto acuoso, así como también la humedad, densidad aparente, densidad compacta de los polvos.

9.3. Diseño Experimental

9.3.1. Descripción del diseño experimental

El diseño experimental y el procesamiento de los resultados del secado por aspersión (microencapsulación) se desarrolló mediante el programa Design Expert 8.0.6 de Stat-Ease Corporation, EE.UU., aplicando un modelo de superficie de respuesta IV óptimo, estableciendo 9 corridas experimentales como factores las temperaturas de entrada de 130°C, 140°C, 150°C y velocidad de flujo de alimentación del aire (500 ml/h, 600 ml/h y 700ml/h). Esta herramienta permitió observar las mejores respuestas del rendimiento, humedad y eficacia de la microencapsulación, generando un método de optimización numérica y un modelo matemático que describe la variación de la variable de respuesta.

9.3.2. Tabla de Variables

Tabla 6 Variables de la investigación

Variable Dependiente	Variabes independientes	Indicadores
<ul style="list-style-type: none"> • Microencapsulación de la extracción del cedrón 	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura del aire • Flujo de alimentación 	<ul style="list-style-type: none"> • Humedad • Densidad • Polifenoles • Rendimiento • Antioxidantes • Fluidez

Fuente: (Iglesias, D. & Pichucho, P., 2021)

Tabla 7 Diseño experimental

Detalle	Unidad	Tipo	Valor Mínimo	Valor Intermedio	Valor Máximo
Flujo de alimentación	ml/h	Numérico	500	600	700
Temperatura de entrada de aire al proceso de microencapsulado	°C	Numérico	130	140	150

Fuente: (Iglesias, D. & Pichucho, P., 2021)

Tabla 8 Descripción de las corridas

Corrida	Flujo de alimentación (ml/h)	Temperatura de entrada del aire (°C)
1	600	150
2	600	140
3	700	150
4	700	130
5	500	130
6	500	150
7	600	140
8	700	140
9	500	140

Fuente: (Iglesias, D. & Pichucho, P., 2021)

9.4. Materiales y Métodos

9.4.1. Materiales-materia prima, equipos y reactivos

Materia Prima

- Extracto acuoso de cedrón
- Goma arábica grado alimentario
- Maltodextrina grado alimentario

Equipos

- Balanza analítica de precisión de 3200 G desde 0,01g
- Balanza analítica 220 0,001 sensor magnético 4 decimales
- Bomba generadora de vacío marca Rocker- 300
- Centrifugadora (BOECO C-28A)
- Rota evaporador
- Bomba de vacío de agua
- Desecador de vidrio con tapa
- Espectrofotómetro
- Estufa (Mettler Universal 30)
- pH metro
- Spray Dryer (SD-303)
- Ultraturrax (Coleparmer)

Materiales

- Bandejas de papel aluminio
- Papel aluminio
- Papel filtro
- Fundas Ziplo
- Botella plástica
- Tijeras
- Varilla de agitación
- Matraces Erlenmeyer 100 mL

Reactivos

- Carbonato de sodio
- Solución Fehling
- Ácido gálico
- Etanol para análisis
- Cloruro de hierro
- Acetato de sodio
- Ácido acético
- TPTZ
- Sal de Mohr
- Ácido clorhídrico

9.4.2. Extracción de los componentes bioactivos del cedrón

Se recolectó 500g de hojas de cedrón en óptimas condiciones (tiernas y sin floración) posteriormente se procedió a la selección de las hojas estas se retiraron la ayuda de una tijera, exponiéndolas tres días al ambiente y luego en la estufa a una temperatura de 45°C en bandejas de aluminio para evitar la volatilización de metabolitos secundarios y la pérdida del porcentaje de humedad, la misma que al final del proceso se ubicó al 3,15 %.

Las temperaturas recomendadas para el secado de la hojas de plantas medicinales se realiza con temperaturas bajas de secado entre 30 y 50°C esto ayuda a proteger los principios activos sensibles (Bogers et al., 2006).

Al finalizar el proceso de secado de los 500 gramos de hojas frescas de cedrón (*Aloysia citrodora*) comenzó el proceso de molienda con la ayuda de un molino manual logrando obtener un polvo fino de 162.75 gramos. La reducción del tamaño de las partículas aumenta el contacto superficial entre las muestras y los disolventes de extracción; la molienda de las muestras por su parte produce una muestra pulverizada más homogénea y pequeña de un tamaño de partícula inferior a 0,5 mm, ideal para una extracción eficaz lo que permite un mejor contacto superficial con los disolventes de extracción. (Azwanida, 2015).

9.4.3. Extracción hidroalcohólica de la planta

La extracción hidroalcohólica del producto de la pulverización de las hojas de cedrón se basa en la preparación de una disolución alcohólica al 90% en donde se sumerge y se pone en contacto por 24 horas a 40°C los 162.28 gramos de polvo de cedrón con el afán de recoger su centro activo en la solución alcohólica (Gavilanes, 2019).

El proceso de extracción es un paso importante para la caracterización del extracto de la planta. De hecho, está influenciado por varios factores como el tamaño de la partícula, el estado de la planta ya sea seca o fresca, el volumen de la sustancia, la naturaleza del disolvente, la mezcla de disolventes en diferentes proporciones y el volumen del disolvente (Costa-Machado et al., 2013).

9.4.4. Eliminación del disolvente alcohólico del extracto

Se realizó en un evaporador RE-2000 de Biobase en donde los parámetros de operación fueron 50°C como su temperatura, 70 rpm y una presión de la bomba al vacío de 0.065MPa permitiendo así obtener 100 ml de extracto libre de alcohol.

Un evaporador rotatorio permite purificar el extracto eliminando el disolvente mediante un proceso de evaporación en donde el etanol es el disolvente de uso frecuente porque tiene una propiedad polar parecida a la del agua y ambos son generalmente reconocidos como seguros (Anugrahwati et al., 2016).

9.4.5. Caracterización del extracto acuoso de cedrón

9.4.5.1. Determinación del pH del extracto

El pH de los extractos alcohólicos es ligeramente superior al valor registrado en extracto acuoso, ambos de carácter ligeramente ácido. (Pérez et al., 2016). Se utiliza un potenciómetro cuando se desea medir la diferencia potencial que se produce entre un electrodo de trabajo y uno de referencia, al estar ambos electrodos sumergidos en una solución a la cual se requiere medir su pH. (Byrne et al., 1988).

9.4.5.2. Determinación de humedad

Para la determinación de humedad se pesó 10 g de microencapsulado y se colocó en la estufa a 105°C por 24 horas posteriormente se retira y se coloca en el desecador por 30 min, se procede a pesar en una balanza analítica y se obtuvo el porcentaje de pérdida tras presentar un peso constante, luego se calculó el contenido de humedad calculado utilizando la Ecuación (Mohammed et al., 2017).

$$\%H = \frac{W_1 - W_2}{W_1} * 100$$

Donde:

W1: Peso de la muestra (g) antes del secado en horno.

W2: Peso de la muestra (g) después del secado en horno.

9.4.5.3. Capacidad antioxidante reductora de hierro (FRAP)

El método FRAP se fundamenta en la reducción del hierro férrico (Fe+3) presente en el reactivo de FRAP hasta la forma ferrosa (Fe+2) por presencia de antioxidantes.

Reactivo FRAP: buffer ácido acético-acetato de sodio (pH 3,6), TPTZ (2,4,6-tri(2-piridil)-s-triazina) y FeCl₃ Se genera una coloración azul, de intensa proporcionalidad a la capacidad reductora de la muestra (se genera un complejo ferroso-TPTZ) que puede cuantificarse por colorimetría (593nm) en base a un patrón de sulfato ferroso.

9.4.5.4. Determinación de polifenoles totales

El análisis se realizó por el método de Folin-Ciocalteu. Para la determinación de fenoles es necesario utilizar el reactivo de Folin-Ciocalteu en medio básico esto ayudará identificando mediante la coloración azul. Los componentes del reactivo de Folin-Ciocalteu son una mezcla de wolframato sódico y molibdato sódico en ácido fosfórico, el ácido fosfomolibdotúngstico formado, de color amarillo.

Para la determinación de Fenoles Totales se mezclaron 50 μL de muestra, 1000 μL solución Folin-Ciocalteu (1:10 V/V) y 500 μL de carbonato de sodio (7,5 %). La mezcla se homogenizó y calentó a 45 $^{\circ}\text{C}$ por 30 minutos, se midió la absorbancia a 765 nm en un lector multi-modal Cytation 3, marca BioTek (Vermont, USA). La absorbancia final de cada muestra se comparó con una curva estándar de calibración de ácido gálico (40-200 mg/l) propuesta por (Rioja et al., 2018) en el análisis físicoquímica de quinua.

Se pesa el picnómetro a 35 $^{\circ}\text{C}$, se ajusta el volumen del picnómetro y se seca. Cuando el picnómetro alcance la temperatura de la caja de la balanza, se pesa. Se registra la densidad absoluta del agua destilada a 35 $^{\circ}\text{C}$. Se quita el agua del picnómetro, y una vez frío se pesa nuevamente (Arroyo et al., 2008).

$$m = m_2 - m_1$$

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Donde:

m_1 = masa del picnómetro vacío (g)

m_2 = masa del picnómetro más la muestra (g)

ρ = densidad (g/mL)

V = volumen del picnómetro mL

9.4.5.5. Acidez titulable

Para aplicar el método de la acidez titulable se realiza el siguiente experimento en una alícuota de 5 ml depositada en un vaso de precipitados y se coloca 3 gotas de fenolftaleína, a titulación se hizo con NaOH (Salinas et al., 2012).

9.4.6. Optimización del proceso de microencapsulación

Para la preparación de 500 g de emulsión se pesaron 290 g de extracto de cedrón, 75 g de agua destilada, 70 g de goma arábiga y 70 g de maltodextrina, preparándose la misma cantidad de emulsión para todas las corridas de manera similar a lo expuesto por (Anwar & Farhana, 2018).

Tabla 9 Formulación de la emulsión

Materia Prima	Masa g	Contenido %
Agua destilada	290	58
Extracto de cedrón	70	14
Goma arábiga	70	14
Maltodextrina	70	14
TOTAL	500	100

Fuente: (Iglesias, D. & Pichucho, P., 2021)

9.4.6.1. Secado por aspersión de la mezcla homogénea

Una vez formulada la mezcla homogénea a base de extracto acuoso de cedrón de acuerdo a la bibliografía disponible de microencapsulación se prepararon 9 emulsiones que fueron la alimentación del proceso de microencapsulado con las siguientes condiciones como flujo de alimentación (VFA) 500, 600 y 700 ml/h y temperaturas de entrada de aire que van desde 130,140 y 150°C, parámetros que fueron seleccionado en el proceso de microencapsulación basándose en las investigaciones (Müller et al., 2002).

9.4.6.2. Determinación del rendimiento del microencapsulado

La fórmula del rendimiento de microencapsulación, se puntualiza como la cantidad de microcápsulas obtenidas sobre la cantidad de microcápsulas esperadas (Sánchez, 2009).

$$\% \text{ del rendimiento} = \frac{\text{cantidad de microcapsulas obtenidas}}{\text{cantidad de microcapsulas esperadas}} * 100$$

9.4.6.3. Determinación del porcentaje de eficacia de microencapsulación

La suspensión de microcápsulas fue centrifugada a 5000 rpm/15 min para separar los polifenoles microencapsulados. Luego se determinó la concentración de polifenoles del sobrenadante. El contenido de polifenoles sin microencapsular se obtiene mediante un lavado de las microcápsulas con etanol al 60%, en el disolvente de lavado se cuantifica la cantidad de polifenoles que no fueron encapsulados. La eficiencia de micro encapsulamiento fue calculada (%EE) con la siguiente fórmula (González et al., 2015).

$$\%EE = \frac{(A - B)}{A} * 100$$

9.4.6.4. Técnica de determinación de polifenoles

Para la determinación de polifenoles se tomó en cuenta el numeral 9.4.5.4

9.4.7. Caracterización del microencapsulado optimizado

9.4.7.1. Determinación del pH.

Para el análisis de pH se tomó en cuenta el numeral 9.4.5.1

9.4.7.2. Determinación de la humedad

Para realizar este análisis se tomó como referencia el numeral 9.4.5.2

9.4.7.3. Determinación de densidad aparente

Para determinar la densidad aparente y densidad compacta de las muestras, se pesaron 0.5 g de polvo y fueron agregadas a una probeta en donde se buscó definir su volumen a partir de la escala

para determinar ambas densidades por medio de la relación entre la masa y volumen. (R.G. Kumar et al., 2017).

$$D_a = \frac{m}{v}$$

D_a =densidad aparente

m = masa de la muestra en gramos se usó 0.5 g

v= volumen de la muestra ml

9.4.7.4. Determinación de densidad compacta

En el caso de la densidad compacta se utilizó un gramo de polvo y se procedió a golpear por 50 veces las muestras de forma manual con el afán de alcanzar una diferencia significativa de volumen en cuanto al volumen mostrada en la probeta de la determinación de densidad aparente para luego por medio del cociente entre la masa del polvo y su volumen poder determinar su densidad compacta (R.G. Kumar et al., 2017).

$$D_c = \frac{m}{V_c}$$

D_c= densidad compacta

m= masa de la muestra en gramos se usó 1 g

V_c= volumen de la muestra compactada ml

9.4.7.5. Capacidad antioxidante reductora de hierro (FRAP)

Para este análisis se tomó como referencia la metodología propuesta en el numeral 9.4.5.3.

9.4.7.6. Solubilidad

Se pesó 1 g de polvo se colocó en 100ml de agua destilada se agita manualmente hasta que se solubilice toda la muestra se centrifugan a las siguientes condiciones 5260 rpm durante 5 minutos se coloca de 25 ml de la muestra y pesa a caja Petri, por último se seca en la estufa a 105 °C se calculó mediante la siguiente formula (Parra, 2010).

$$\text{Solubilidad} = \frac{\text{Peso solidos} * 4}{\text{Peso muestra}} * 100$$

9.4.7.7. Determinación de la Higroscopia

Para la determinación de la higroscopiedad se pesó 0.5g del microencapsulado en cada caja Petri y se dejó en un desecador con una solución de sulfato de sodio con una humedad relativa del 80%, después de una semana se retiraron las muestras u se volvió a pesar con el afán de poder aplicar la siguiente formula (Gavilanes, 2019).

$$\text{higroscopiedad} \frac{g}{100g} = \frac{\text{peso mcps final} - \text{peso mcps inicial}}{\text{peso mcps inicial}} * 100$$

9.4.7.8. Determinación del índice de Carr

La diferencia entre la densidad aparente y la densidad compacta conforman el numerado del cociente entre esta resta y la densidad compacta dato que permitió conocer el índice de compresibilidad de Carr, como una muestra de que el polvo producto del secado por aspersión se aloja de manera aleatoria en la probeta en la determinación del volumen para el cálculo de la densidad aparente y necesita para la determinación de la densidad compacta un procedimiento mecánico a fin de poder homogenizar el polvo en la probeta es así que la densidad de golpe en cambio, indica la densificación que se produce en un polvo, al someterlo en vibración sin ser compactado mediante presión, un proceso sencillo que consiste en dar uniformidad a la muestra y con ello disminuir los espacios que queden disponibles para el aire y afecten al resultado de lo prescrito anteriormente (Bae & Lee, 2008a).

$$\text{Indice da carr} = \frac{\text{densidad aparente} - \text{densidad compactada}}{\text{densidad compactada}} * 100$$

9.4.7.9. Determinación del índice de Haussner

Utilizando el volumen de material compactado, y pesando la masa utilizada en la prueba, fue posible encontrar la masa específica compactada. Dividiendo la masa específica compactada por el aparente, se encontró el índice de Haussner (Milhomem & Luz, 2016).

$$\text{Indice haussner} = \frac{\text{densiada compactada}}{\text{densidad aparente}}$$

9.4.7.10. Determinación del ángulo de reposo

El ángulo de reposo es importante para el diseño de sistemas de procesamiento, almacenamiento y transporte de materiales, es así que se determinó por medio de la altura y radio del cono en el que reposará la muestra microencapsulada es así que gracias a (Teferra, 2019) se sustenta que para los materiales muy finos y pegajosos, el ángulo de reposo es alto. Los materiales con un ángulo de reposo bajo son muy fluidos y pueden ser transportados utilizando la fuerza gravitacional o un poco de energía.

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{h}{r}\right)$$

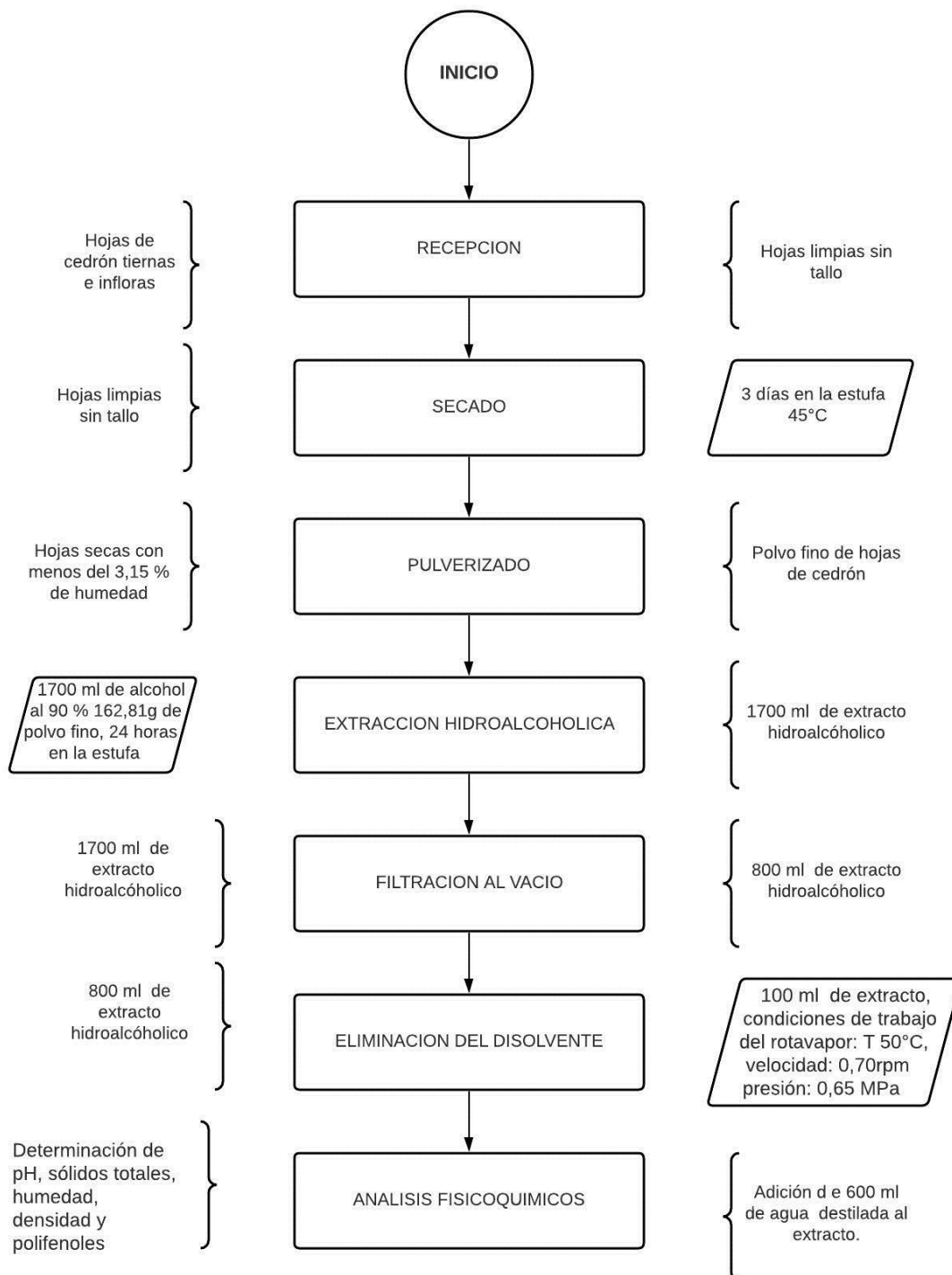
θ= ángulo de reposo

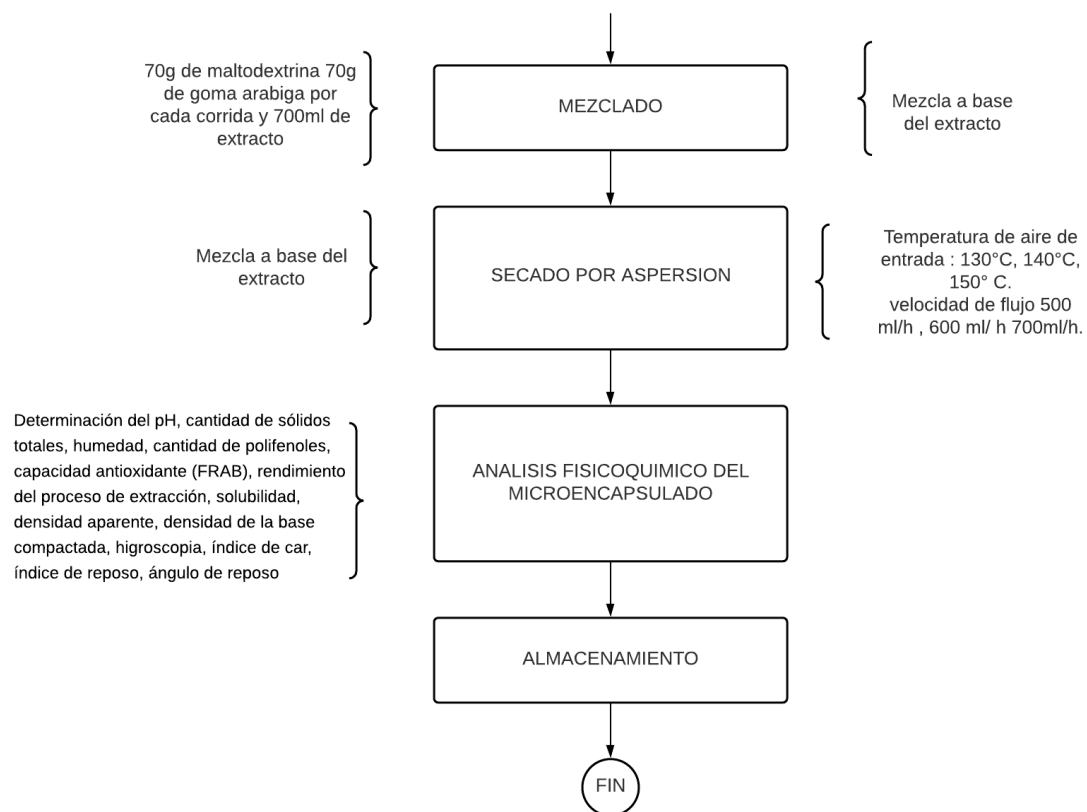
h= altura del cono

r= radio

9.4.8. Diagrama de Flujo de Proceso

Figura 11 Diagrama de flujo del proceso de microencapsulación





Fuente: (Iglesias, D. & Pichucho, P., 2021)

10. Análisis y Discusión de Resultados

10.1. Extracción de los componentes bioactivos de cedrón

Para el secado del cedrón (*Aloysia citrodora*) se pesó 500g de hojas frescas obteniendo 162,81g de polvo seco. Posteriormente se realizó la extracción a las siguientes condiciones relación 1:10 de masa disolvente, 90% v/v de etanol, 24 horas y una temperatura de 60°C, proceso que permitió obtener 100ml de extracto acuoso de cedrón.

10.2. Caracterización del extracto acuoso de cedrón

Tabla 10 Análisis fisicoquímicos del extracto de cedrón

Parámetros	Medida
Potencial de hidrógeno	7,18
Humedad (% m/m)	94,55
Densidad(g/cm ³)	1,010
Sólidos solubles (° Brix)	9,7
Capacidad antioxidante reductor del hierro (µM Fe 2+/g muestra)	1802,23

Fuente: (Iglesias, D. & Pichucho, P., 2021)

La tabla 10 expone el pH del extracto de cedrón de 7,18, valor característico de los extractos acuosos. (Pérez et al., 2016) en su estudio de las propiedades fisicoquímicas de las ciruelas amarillas u ovos en donde se identificó un valor de pH entre 6,6 y 7,1 para la extracción alcohólica de sus hojas y raíces al igual que el extracto acuoso de *Sapindus Saponaria* o jaboncillo con un valor de 7,09 en la extracción propuesta por (Mena et al., 2015), situación que se le atribuye al alto contenido de taninos, saponinas, polisacáridos y flavonoides propios de esta planta.

La humedad del extracto de cedrón fue de 94,55 (%m/m), valor que se asemeja a lo realizado por (Serratos et al., 2008) con el extracto acuoso de almendra, investigación que reporta como humedad un valor de 5,86% en contraste con lo reportado por (Arrazola et al., 2014) en donde el contenido de humedad de extractos de berenjena se reporta en un 3,43% al igual que con el extracto de Taraxaco (diente de león) y un 2,86% de humedad determinada por(Tello et al., 2020) es así que esos límites dan validez al proceso de extracción de cedrón y su cantidad de agua retenida.

En el caso de la densidad del extracto de cedrón es semejante a la densidad del agua, como se observa en la tabla 10 con un $1,010 \text{ g/cm}^3$ valor característico de los extractos acuosos como se observa en la investigación realizada por (Cáceres et al., 2013) acerca de la actividad antifúngica de extractos acuosos de especias como 0,9977 para la canela, 0,9977 para el clavo de olor y 0,9975 para el orégano valores que corroboran el hecho de ser similares al agua debido a ser un líquido no viscoso y polar.

La determinación de sólidos solubles por medio de su cuantificación en grados Brix muestran un valor de 9,7 en el caso del extracto de cedrón de manera similar con lo expuesto por (Heredia et al., 2021) para el néctar de guanábana 12°Brix de naturaleza viscosa, característica de ser un néctar y de manera similar con el $14,65^\circ\text{Brix}$ del extracto de higo (*Ficus carica*) desarrollado por (Manzanarez-Tenorio et al., 2020).

En la determinación de la capacidad antioxidante reductora de hierro la extracción de cedrón presentó ($1802,23 \mu\text{M/g}$ de muestra), de tal manera que es comparable con lo expuesto con el extracto de berenjena (8,3 a $9.1 \text{ Mm}/100\text{g}$) estudiado por (Arrazola et al., 2014) $15,8 \mu\text{g/ml}$ y $8,2 \mu\text{g/ml}$ para el extracto alcohólico y acuoso respectivamente de alcachofa (Boncun et al., 2013).

10.3. Optimización del proceso de microencapsulación de cedrón

En la tabla 11 se evidencia la matriz experimental para la microencapsulación del extracto de cedrón en función al rendimiento, humedad y eficacia del microencapsulamiento.

Tabla 11 Matriz experimental para la microencapsulación del extracto de cedrón

Corrida	TAE (°)	VFA (ml/h)	Rendimiento (%)	Humedad (%)	Eficacia del encapsulamiento (%)
1	150	600	94,90	4,23	89,47
2	140	600	93,05	4,53	92,31
3	150	700	94,40	4,11	85,00
4	130	700	87,83	5,10	87,88
5	130	500	83,63	4,85	87,50
6	150	500	95,72	3,75	94,74
7	140	600	90,31	4,52	92,00
8	140	700	93,17	4,82	88,89
9	140	500	90,97	4,26	91,67

Fuente: (Iglesias, D. & Pichucho, P., 2021)

Por medio de la tabla 12 se expone las variables que desarrollan un análisis de varianza en función del modelo lineal codificado del rendimiento obtenido en el microencapsulado.

Tabla 12 Descripción de los indicadores y porcentaje de rendimiento

Indicador	Rendimiento (%)
Intercepto	91,05
X _{VFA}	0,85
X _{TAE}	4,50*
R ²	0,861
R ² ajustado	0,815
R ² predicho	0,607
F modelo	18,58*
F falta de ajuste	0,69
Precisión adecuada	11,11

Fuente: (Iglesias, D. & Pichucho, P., 2021)

VFA: velocidad de flujo de alimentación.

TAE: temperatura del aire de entrada.

REN: rendimiento del microencapsulado.

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

**Valor significativo para $p \leq 0,00$

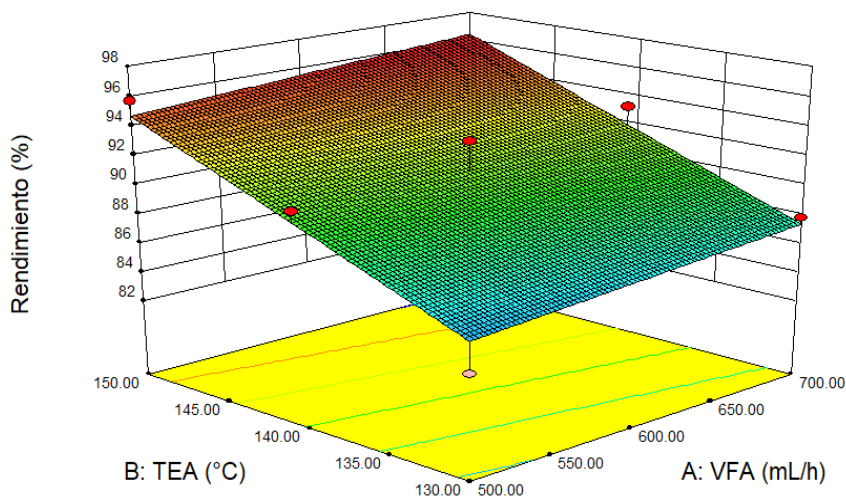
Los rendimientos de los polvos variaron desde un 90,97 hasta un 95,72 %, valores que representan un significativo aumento en comparación con lo expuesto por (Bae & Lee, 2008b) en donde se obtuvieron valores de rendimiento desde el 44 al 95% en la microencapsulación de polvos sabor a pino, además de un 59,7% de rendimiento en la extracción de aceite esencial de orégano microencapsulado en almidón-goma arábica y maltodextrina propuesta por (R. V. de B. Fernandes et al., 2014).

El análisis de varianza expuesto en la tabla 12 indicó un valor F del modelo lineal mayor al mostrado en la tabla de Fisher con un valor significativo para $p < 0,05$ mostrando diferencias significativas en contraste con la prueba para la tabla de ajuste.

El modelo propuesto presenta un valor de R² alto 0,815 debido a la adición de términos que no son significativos al modelo, situación que es perceptible al incrementar términos no significativos. Por medio de R² ajustado, se observa además en la tabla 11 que tanto el R² ajustado y predicho no tiene una mayor diferencia siendo esta de 0,2 siguiendo la sugerencia de (Stat-Ease, 2010).

La figura 12 representa la superficie de respuesta respecto al rendimiento y las condiciones de operación de la microencapsulación, en donde se observa una relación directamente proporcional entre la temperatura de entrada de aire y el rendimiento, al igual que la relación directamente proporcional que mantiene el flujo de la alimentación de emulsión al equipo, esta relación permite observar que a medida que aumenta la temperatura de alimentación del aire al equipo de microencapsulación disminuyendo el contenido de humedad de los polvo de manera similar con lo expuesto por (Fazaeli et al., 2012) en el secado por atomización del jugo de morera negra al igual que en el secado por atomización de extracto de fruta de Gac con una disminución de humedad del 5,3% al 3,9% al aumentar la temperatura de 120 a 200°C , lo que confirma que las temperaturas de entrada de aire más altas mejoran la transferencia de calor y disminuyen la humedad de los polvos.

Figura 12 Superficie de respuesta para el rendimiento de la microencapsulación



Fuente: (Iglesias, D. & Pichucho, P., 2021)

10.4. Evaluación del modelo para la humedad

La tabla 13 expone las variables del modelo codificado del comportamiento de la humedad respecto a la temperatura de entrada del aire y velocidad de flujo de alimentación de la microencapsulación.

Tabla 13 Descripción del porcentaje de humedad

Indicador	Humedad (% m/m)
Intercepto	4,52
X_{VFA}	0,20*
X_{TAE}	0,48*
R^2	0,939
R^2 ajustado	0,918
F modelo	45,93*
F falta de ajuste	86,65
Precisión adecuada	19,28

Fuente: (Iglesias, D. & Pichucho, P., 2021)

VFA: velocidad de flujo de alimentación.

TAE: temperatura del aire de entrada.

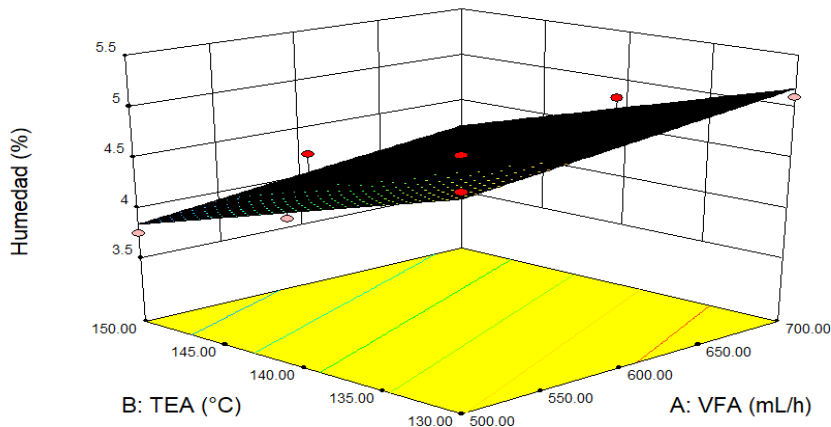
REN: rendimiento del microencapsulado

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

**Valor significativo para $p \leq 0,001$

Se observa en la tabla 13 un valor F diferente al mostrado en la tabla de Fisher que le otorga diferencia significativa $p < 0,05$ y permite negar la hipótesis nula en cuanto a la influencia de la temperatura y flujo de alimentación con la humedad del microencapsulado. Respecto al valor de R^2 y R^2 ajustado es notoria una diferencia de 0,2 puntos según lo recomendado por (Stat-Ease, 2010) mostrando una concordancia entre dichos valores de manera similar con lo expuesto en la microencapsulación del extracto acuoso de cáscara de granada desarrollado por (Sharayei et al., 2020) en donde se obtuvo una humedad del 4,12% en los polvos libres de agentes de pared, 4,14% de humedad al utilizar un 5% de maltodextrina de manera similar con el 4,73% de humedad conseguido al utilizar un 5% de ciclodextrina.

Figura 13 Superficie de respuesta para la humedad de las muestras



Fuente: (Iglesias, D. & Pichucho, P., 2021)

En la figura 13 se evidencia el modelo para humedad, donde al aumentar la temperatura de aire de entrada y disminuir la velocidad de flujo de alimentación y disminuye la humedad de las microcápsulas. Existe influencia de la velocidad de flujo de alimentación y la temperatura de aire de entrada con la humedad de los polvos, mostrando una menor adherencia a las paredes del equipo e incrementando el rendimiento (Reineccius, 2006).

10.5. Eficiencia de la microencapsulación

Por medio de la tabla 14 se expone las variables que desarrollan un análisis de varianza en función del modelo cuadrático codificado de la eficiencia obtenido en el microencapsulado.

Tabla 14 Descripción del porcentaje rendimiento del microencapsulado

Indicador	EEM (%)
Intercepto	91,70
X_{VFA}	-2,02*
X_{TAE}	0,86
X_{VFA}^2	-0,97
X_{TAE}^2	-2,18
$X_{TAE}X_{VFA}$	-2,53*
R^2	0,954
R^2 ajustado	0,877
F modelo	12,39*
F falta de ajuste	34,51
Precisión adecuada	0,163

Fuente: (Iglesias, D. & Pichucho, P., 2021)

VFA: velocidad de flujo de alimentación.

TAE: temperatura del aire de entrada.

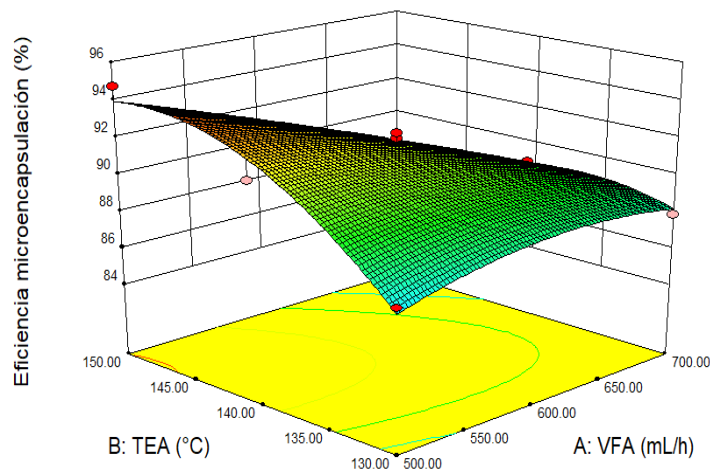
EEN: eficacia del microencapsulado.

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

**Valor significativo para $p \leq 0,00$

Es notario en la tabla 14 una diferencia significativa del valor F respecto al valor de la tabla de Fisher $p < 0,05$ al igual que una diferencia sugerida de 0,2 entre el valor de R^2 y R^2 ajustado lo que permite mostrar una concordancia de estos dos últimos índices del modelo planteado (Stat-Ease, 2010).

Figura 14 Superficie de respuesta para la eficiencia de la microencapsulación



Fuente: (Iglesias, D. & Pichucho, P., 2021)

Respecto a la eficiencia del microencapsulado es notoria la respuesta que tiene esta variable frente al incremento de la temperatura, de tal manera que la temperatura a la cual se obtiene la mayor eficiencia de la microencapsulación está enmarcada en el rango superior que se escogió para este diseño experimental. En base a la velocidad de flujo de alimentación se observa una relación inversamente proporcional con la eficiencia del proceso de microencapsulación.

Respecto al análisis de varianza y el modelo cuadrático expuesto para la eficiencia del microencapsulado se observa en la tabla 14 una diferencia menor a la sugerida por (Stat-Ease, 2010) de 0,2 puntos en cuanto al valor de R^2 y R^2 ajustado en contraste con la diferencia del valor de F y su diferencia con el valor reportado en la tabla de Fisher, valores que muestran diferencia significativa ($p < 0,05$) y permiten validar la relación que tiene la temperatura de aire a la entrada y el flujo de alimentación con la eficiencia del microencapsulado.

10.6. Optimización del proceso de microencapsulado

Tabla 15 Optimización del proceso de microencapsulación

VFA	TEA	RENDIMIENTO	EFICACIA DE LA ENCAPSULACION	HUMEDAD	DESEABILIDAD
500.00	150.00	94.7092	93.9658	3.845	0.922

Fuente: (Iglesias, D. & Pichucho, P., 2021)

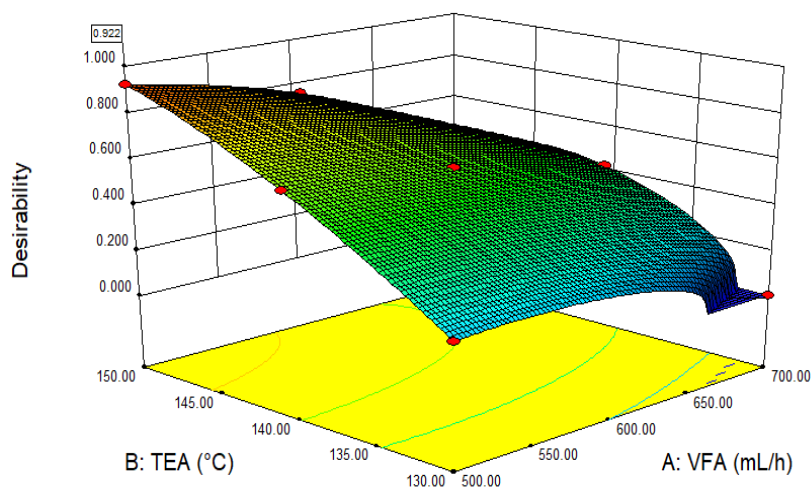
La superficie de respuesta para la optimización del proceso de microencapsulación representada en la figura 15 obedece a la variación de la temperatura de entrada de aire y la velocidad de flujo de alimentación de la emulsión al equipo como un factor delimitante en el modelo en cuanto a la interacción de las variables del proceso.

El flujo de alimentación al equipo de microencapsulado de 500 ml/h y 150°C como la temperatura de entrada del aire permitieron un 93,97% de eficacia en la microencapsulación del extracto acuoso de cedrón, al igual que el 3, 845% de humedad de los polvos en contraste con la humedad de los polvos obtenidos por (Sharayei et al., 2020) que van en el orden de 4,12 a 4,73% debido a un mayor rango de temperaturas que van desde 40 a 200°C en una microencapsulación del extracto de cáscara de granada al 5% y 10% de maltodextrina utilizada.

El rendimiento del microencapsulado es 94,70%, en contraste con lo expuesto por (Hernández et al., 2020) en donde se obtuvo un 33% de rendimiento en la microencapsulación de tuna y un 92,54% expuesto por (Sharayei et al., 2020) como rendimiento del proceso de microencapsulación de extracto de cáscara de granada con un 10% de ciclodextrina y 87,26% al utilizar 10% de maltodextrina.

La eficacia de la microencapsulación de cedrón es del 93,92%, de manera similar a la eficacia del 96,08% obtenida por (Li et al., 2018) en la microencapsulación de proteína de leche, sin embargo se han reportado eficiencias menores a las obtenidas la microencapsulación de cedrón, como es el caso de (Saikia et al., 2015) con una eficiencia del 80% para el extracto fenólico de pulpa de Avertrhoa carambola.

Figura 15 Superficie de respuesta para la optimización



Fuente: (Iglesias, D. & Pichucho, P., 2021)

10.7. Caracterización del microencapsulado óptimo

En la tabla 16 se evidencia las características del microencapsulado optimizado, el mismo que fue obtenido mediante un flujo de alimentación al equipo de 500 ml/h y una temperatura de entrada de aire de 150°C condiciones que permitieron obtener un mayor rendimiento y eficacia del proceso.

Tabla 16 Caracterización del polvo

Característica	Resultado
Rendimiento (%)	94,70
Humedad (%)	3,68
Eficacia de microencapsulación (%)	93,92
Higroscopicidad (g/100g)	13,4
Densidad aparente (g/ml)	0,3213
Densidad compactada	0,5712
Potencial de hidrógeno	5,24
Ángulo de reposo	34,30
Solubilidad (%)	92
Índice de Hausner	2,17
Índice de Car	0,54
Capacidad antioxidante reductor del hierro ($\mu\text{M Fe } 2+/\text{g muestra}$)	320,10
Polifenoles totales (mg/g)	0,12

Fuente: (Iglesias, D. & Pichucho, P., 2021)

De acuerdo a lo determinado en la higroscopicidad del microencapsulado de cedrón se obtuvo un valor de 13g/100g que evidencia similitud con lo expuesto por (Frascareli et al., 2012) con el microencapsulado de café 16,57 g/100g a las mismas condiciones en cuanto a la temperatura de alimentación de 150°C.

El polvo tiene una densidad aparente de 0,3213 g/ml y densidad compacta de 0,5712 g/mL, en contraste con la densidad del extracto de carotenoides de los pétalos de mastuerzo microencapsulado con goma arábica al 20% de densidad aparente 0,926 g/cm³ expuesto por (Juscamaita et al., 2017), ambos estudios presentan diferencias en cuanto a la densidad reportada por (Paini et al., 2015) en la microencapsulación de compuestos fenólicos de orujo de oliva de densidad 0,19 g/ml diferencia expuesta debido a las condiciones de operación del microencapsulado desarrollo a 130°C y 100 g/l como flujo de alimentación.

El polvo presentó un pH de 5,24 similar a lo expuesto por (García-Tejeda et al., 2015) en la investigación de acetilación de almidones de maíz normales y cerosos como agentes encapsuladores de antocianinas de maíz microencapsulación en donde expone un pH superior a 6,0 con temperaturas de 100 a 121°C para el maíz morado; en la investigación de (Giusti & Wrolstad, 2003) se expone un pH de 3 en las antocianinas del ácido cítrico 0,1 M.

El ángulo de reposo del polvo es de 34,50 en la investigación de (Nik et al., 2019) señala que los ángulos mayores a 50° presentara una fluidez no apropiada, al tener ángulos desde 40 a 45° la fluidez será libre he ideal los valores de esta investigación que se refiere a las propiedades antioxidantes y fisicoquímicas de los compuestos bioactivos microencapsulados en extractos de semillas de *Securigera securidaca* (L.) por cocrystalización son de 0,5 mm de ángulo de reposo siendo uno de los valores más altos, de manera similar en el estudio realizado por (Lewandowski et al., 2020) expone la medición de las microcapsulas con un valor de 0,714 a 6,83103 Kg/Kg.

La solubilidad del polvo tiene 92% al comparar con otros estudios como es el de (Wang et al., 2013) el resultado es de 0,125 g/g, en la investigación de las proteínas vegetales a bajas concentraciones como emulsionantes naturales para una microencapsulación de aceite esencial de naranja mediante secado por aspersión el valor que se expone de la solubilidad va

desde 70 a 20 % (Francisco et al., 2020) siendo el valor más alto el que corrobora esta investigación.

El índice de Hausner de los polvos es de 2,17 y el índice de Carr 0,54 en estudios similares se expone la relación entre los dos índices que estuvo entre 0,10 a 3,95 en la investigación realizada por (Boyano-Orozco et al., 2020) con la investigación de microencapsulación de extracto de cáscara de rambután mediante secado por aspersion, en la investigación del potencial de los agregados esféricos de almidón de taro como material de pared para microencapsulación por secado: Propiedades funcionales, físicas y térmicas los valores expuestos van desde 1,01 a 14,7 (Hoyos-Leyva et al., 2018).

La capacidad antioxidante reductora del hierro (FRAP) se ubicó en 320,10 $\mu\text{M Fe}^{2+}/\text{g}$ muestra en el microencapsulado de cedrón a diferencia del 70,2% en el extracto de arándano de la variedad biloxi reportada por (Arteaga & Hubert, 2016) en un proceso caracterizado por 120°C como temperatura del aire en la alimentación con un 11,89% de maltodextrina. Es así que la determinación de la capacidad antioxidante en la presente investigación presenta una mayor similitud respecto a los 188,68 $\mu\text{M Fe}^{2+}/\text{g}$ expuestos en la extracción de hojas de *Senecio rufescens* desarrollado por (Aguilar et al., 2020).

La cantidad de polifenoles totales es de 0,12 mg/g en el microencapsulado de cedrón al comparar con la cascara de limón mandarina alcanzado por (Ordoñez-Gómez et al., 2018) con 0,05 al 2,27 g/ 100g por lo que el resultado de este proyecto está en el rango óptimo.

11. Impactos del Proyecto de Investigación

Técnicos

Los impactos técnicos que genera la presente investigación están enmarcados en el producto de la microencapsulación de extracto de cedrón como una fuente de generación de alimentos sustentables y de producción sostenible en el tiempo, de carácter exportable en torno a la necesidad de su consumidor aprovechando la riqueza organoléptica del cedrón y sirviendo como plataforma para la creación de microcápsulas de diferentes variedades de hierbas aromáticas de la región.

A su vez proporcionara a las industrias alimentarias, compuestos bioactivos que actúan como una barrera que impiden reacciones químicas, fomenta de esta manera el aumento de la vida útil, promoviendo la liberación gradual y facilitando la manipulación al modificar el estado físico del compuesto que serán usados en la conservación algunos productos.

Sociales

La iniciativa de la producción de microencapsulado genera en la población la necesidad de un consumo diario de recursos naturales bajo el concepto de vida sana capaz de aprovechar los recursos naturales y la conservación de las propiedades organolépticas utilizados en el ámbito de la medicina ancestral bajo el precepto de una industrialización capaz de conservar la riqueza del producto natural.

Se incita a los moradores a promover la producción de la materia prima cedrón siendo una planta de beneficio por su gran potencial agroindustrial, lo que permitirá generar un desarrollo adecuado en el ámbito social y económico de la parroquia San Buenaventura quienes se dedican a la comercialización de plantas medicinales.

Ambientales

La generación de un producto a base de cedrón presente en la región sierra del Ecuador fomenta la conservación ambiental en función de la exploración y explotación de recursos naturales de manera provisoria al cuidado del medio ambiente que gracias a un proyecto rentable y sostenible en el tiempo es capaz de conservar la riqueza de nuestra tierra.

Así también, se impulsará a las industrias a utilizar compuestos naturales y ser más amigables con el medio ambiente, obviando el uso de aditivos químicos que incitan la degradación del medio ambiente y por ende afectaciones a la salud humana.

12. Presupuesto

Tabla 17 Presupuesto materia prima vegetal

Recursos	Cantidad	Unidades	V. Unitario	V. Total
MATERIA PRIMA				
<i>Aloysia Citrodora</i>	7	Kg	1,00	7
SUBTOTAL				7

Fuente: (Iglesias, D. & Pichucho, P., 2021)

Tabla 18 Presupuesto de materiales y suministros

MATERIALES Y SUMINISTROS				
Bandejas de papel aluminio	2	u	1,32	2,64
Papel aluminio	1	u	2,00	2
Papel filtro	1	u	1,40	1,4
Fundas Ziplo	50	u	0,072	3,6
Botella plàstica	2	u	0,18	0,36
Tijeras	1	u	0,75	0,75
Varilla de agitaciòn	1	u	2,50	2,5
Matraz Erlenmeyer 100ml	3	u	4,50	13,5
Tubos para muestras	8	u	0,40	3,2
Recipientes plàsticos	50	u	0,072	3,6
SUBTOTAL				33,55

Fuente: (Iglesias, D. & Pichucho, P., 2021)

Tabla 19 Presupuesto recursos humanos

RECURSO HUMANOS				
Postulantes	2	-	-	-
Tutor	1	-	-	-
Lectores	3	-	-	-
Mano de obra	2	días	2,5	610
SUBTOTAL				610
VIATICOS				
Transporte	1	días	12,00	12,00
SUBTOTAL				12,00

Fuente: (Iglesias, D. & Pichucho, P., 2021)

Tabla 20 Presupuesto de equipos

EQUIPOS			
Balanza analítica 220 0,001 sensor magnético 4 decimales	1 u	979,99	979,99
Balanza analítica de precisión de 3200 G desde 0,01g	1 u	350,00	350,00
Bomba generadora de vacío marca Rocker -300	1 u	498,00	498,00
Centrifuga (BOECO C-28A)	1 u	16000,00	16000,00
Rotaevaporador	1 u	1567,00	1567,00
Bomba de vacío de agua	1 u	300,00	300,00
Desecador de vidrio con tapa	1 u	75,00	75,00
Espectrofotometro	1 u	2100,00	2100,00
Estufa (Memmert Universal 30)	1 u	6500,00	6500,00
pH metro	1 u	13,00	13,00
Spray Dryer (SD - 303)	8 u	52,64	421,12
Ultraturrax (Coleparmer)	8 u	5,60	44,80
SUBTOTAL			28848,91

Fuente: (Iglesias, D. & Pichucho, P., 2021)

Tabla 21 Presupuesto de reactivos

REACTIVOS			
SOLUCIONES			
Carbonato de sodio	50 g		50
Solución Foling	100 ml		150
Ácido gálico	10 g		100
Etanol para análisis	10 L		100
Cloruro de hierro	50 g		50
Acetato de sodio	20 mL		50
Ácido acético	200 mL		50
TPTZ	2 g		200
Sal de mohr	2 g		100
Ácido clorhídrico	100 mL		50
SUBTOTAL			900

Fuente: (Iglesias, D. & Pichucho, P., 2021)

13. Cronograma de Actividades

Tabla 22 Cronograma de actividades

Actividades	Abril Semana				Mayo Semana				Junio Semana				Julio Semana				Agosto Semana			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Designación de tema de titulación I		X	X		X															
Aprobación del tema de proyecto					X															
Designación de tutor						X														
Información general							X													
Justificación del proyecto									X											
Beneficiarios del proyecto									X											
El problema de investigación										X										
Planteamiento de los objetivos											X									
Actividades y descripción de actividades en base con los objetivos													X							
Fundamentación científica técnica													X							
Metodología y diseño experimental														X						
Presupuesto para la elaboración del proyecto															X					
Revisión del proyecto de investigación por parte del tutor																	X			
Sustentación del proyecto de investigación																		X		
Informe del resultado final del proyecto de investigación																			X	X

Fuente: (Iglesias, D. & Pichucho, P., 20

14. Conclusiones y Recomendaciones

14.1. Conclusiones

Mediante metodologías establecidas por otros investigadores se logró obtener 100ml de extracto acuoso de cedrón (*Aloysia Citrodora*) que presentó las siguientes características: pH 7,18; humedad 94,55 % m/m, densidad 1,010 g/ cm³ sólidos solubles 9,7° Brix, capacidad antioxidante 1802,23 μ M Fe 2+/g muestra.

Por medio de la optimización, se obtuvo un modelo óptimo, con una temperatura del aire de entrada a 150°C y velocidad de flujo de alimentación de 500ml/h, donde se consiguió un rendimiento del 94,7% y una eficacia del proceso de encapsulación de 93,9% a l igual que una humedad del polvo de 3,845%.

Basándose en técnicas fisicoquímicas se caracterizó a la microcápsula optimizada obteniéndose: humedad 3,68%, higroscopicidad 13,4g/100g, densidad aparente 0,3213 g/ml, densidad compacta 0,5712, , pH 5,24, ángulo de reposo de 34,30, solubilidad 92 %, índice de Hausner 2,17, índice de Car 0,54, capacidad antioxidante reductor del hierro (FRAP) 320,10 (μ M Fe 2+/g muestra) y polifenoles totales 0,12 mg/g comprobado así que los materiales encapsulante goma arábica/ Maltodextrina tiene una buena emulsificación y retención de compuestos volátiles que contribuyen a la estructura de la pared encapsulante permitiendo la formación de polvos sin enmascarar el sabor, mayor fluidez y alta cohesividad.

14.2. Recomendaciones

Conservar la metodología propuesta para futuros análisis de microencapsulados en favor del aprovechamiento de las bondades de las plantas.

Elaborar productos alimenticios orientados a corroborar la utilidad del microencapsulado como una herramienta capaz de mantener las capacidades organolépticas de la fuente natural al ser suministrados en productos de consumo masivo.

Desarrollar una micrografía de barrido del polvo obtenido en el proceso de microencapsulación con el afán de conocer la interacción de las micropartículas en suspensión tanto en base seca como en base húmeda.

15. Referencias

- Aguilar, E., Bonilla, P., & Encio, E. (2020). Capacidad antioxidante de extractos obtenidos de las hojas de *Senecio rufescens* DC. *Revista Sociedad Química Del Perú*, 86(4), 1–12.
- Anugrahwati, M., Purwaningsih, T., Rustina, Manggalarini, J. A., Alnavis, N. B., Wulandari, D. N., & Pranowo, H. D. (2016). Extraction of Ethanolic Extract of Red Betel Leaves and Its Cytotoxicity Test on HeLa Cells. *Procedia Engineering*, 148, 1402–1407. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.06.569>
- Anwar, E., & Farhana, N. (2018). Formulation and Evaluation of Phytosome-Loaded Maltodextrin-Gum Arabic Microsphere System for Delivery of *Camellia sinensis* Extract. *Journal of Young Pharmacists*, 10(2s), S56–S62. <https://doi.org/10.5530/jyp.2018.2s.11>
- Arrazola, G., Herazo, I., & Alvis, A. (2014). Microencapsulación de Antocianinas de Berenjena (*Solanum melongena* L.) mediante Secado por Aspersión y Evaluación de la Estabilidad de su Color y Capacidad Antioxidante: Anthocyanins Microencapsulation of Eggplant (*Solanum melongena* L.) and Evaluation of. *Información Tecnológica*, 25(3), 31–42. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642014000300006>
- Arroyo, Y., Carrasco, M., Bueno, A., Cardeña, R., & Luízar, O. (2008). Obtención y caracterización fisicoquímica y funcional de las fibras dietéticas del níspero común (*Mespilus germanica*). *Revista Sociedad Química Del Perú*, 74(4), 269–281.
- Arteaga, A., & Hubert, A. (2016). -191-Optimización de la capacidad antioxidante, contenido de antocianinas y capacidad de rehidratación en polvo de arándano (*Vaccinium corymbosum*) microencapsulado con mezclas de hidrocoloides. *Scientia Agropecuaria*, 7(3), 191–200.
- Azwanida, N. (2015). A Review on the Extraction Methods Use in Medicinal Plants, Principle, Strength and Limitation. *Medicinal & Aromatic Plants*, 04(03). <https://doi.org/10.4172/2167-0412.1000196>
- Bae, E. K., & Lee, S. J. (2008a). Microencapsulation of avocado oil by spray drying using whey protein and maltodextrin. *Journal of Microencapsulation*, 25(8), 549–560. <https://doi.org/10.1080/02652040802075682>

- Bae, E. K., & Lee, S. J. (2008b). Microencapsulation of avocado oil by spray drying using whey protein and maltodextrin. *Journal of Microencapsulation*, 25(8), 549–560. <https://doi.org/10.1080/02652040802075682>
- Barrientos Ramírez, L., Arvizu, M. L., Salcedo Pérez, E., Villanueva Rodríguez, S., Vargas Radillo, J. J., Barradas Reyes, B. A., & Ruiz López, M. A. (2019). Contenido de polifenoles y capacidad antioxidante de *Physalis chenopodifolia* Lam. silvestre y cultivo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 10(51), 182–200. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i51.323>
- Bogers, R., Craker, L., & Lange, D. (2006). Pantas aromáticas. In *Medicinal and Aromatic Plants: Agricultural, Commercial, Ecological, Legal, Pharmacological and Social Aspects* (pp. 237–252).
- Boncun, B., Ruiz, G., Soto, M., Venegas, E., & Ruidias, D. (2013). Capacidad antioxidante in vitro de los extractos acuosos e hidroetanólicos de las hojas de *Cynara scolymus* L. “alcachofa” frente al 2, 2-difenil-1-picrilhidrazilo. *Pharmaciencia*. <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/farmabioq/article/view/169>
- Boyano-Orozco, L., Gallardo-Velázquez, T., Meza-Márquez, O. G., & Osorio-Revilla, G. (2020). Microencapsulation of Rambutan Peel Extract by Spray Drying. *Foods*, 9(7), 899. <https://doi.org/10.3390/foods9070899>
- Byrne, R. H., Robert-Baldo, G., Thompson, S. W., & Chen, C. T. A. (1988). Seawater pH measurements: an at-sea comparison of spectrophotometric and potentiometric methods. *Deep Sea Research Part A. Oceanographic Research Papers*, 35(8), 1405–1410. [https://doi.org/10.1016/0198-0149\(88\)90091-X](https://doi.org/10.1016/0198-0149(88)90091-X)
- Cáceres, I., Colorado, R., Salas, E., Muñoz, L., & Hernández, L. (2013). NoActividad Antifúngica in vitro de Extractos Acuosos de Especies contra *Fusarium oxysporum*, *Alternaria alternata*, *Geotrichum candidum*, *Trichoderma* spp., *Penicillium digitatum* y *Aspergillus niger* Title. *Scielo.Org*. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092013000200003
- Conde, Clemente; Tovar, Candelaria; Méndez, G. (2021). Actividad antioxidante del extracto etanólico de *Capsicum baccatum* L. *ProQuest*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4662064>
- Costa-Machado, A. R. M., Bastos, J. K., & de Freitas, L. A. P. (2013). Dynamic maceration

- of *Copaifera langsdorffii* leaves: a technological study using fractional factorial design. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 23(1), 79–85. <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2012005000116>
- Dellacassa, E., & Bandoni, A. (2003). Hierbaluisa *Aloysia citriodora* Palau. *SciELO.Org*, 3(1), 19–25.
- Esquivel, B. (2015). Microencapsulación mediante secado. *SciELO.Org*, 16(2), 180–192.
- Esquivel, B., Ochoa, L., & Rutiaga, O. (2015). MICROENCAPSULACIÓN MEDIANTE SECADO POR ASPERSIÓN DE COMPUESTOS BIOACTIVOS. In *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha* (Vol. 16, pp. 180–192). <https://www.redalyc.org/pdf/813/81343176006.pdf>
- Fazaeli, M., Emam-Djomeh, Z., Kalbasi Ashtari, A., & Omid, M. (2012). Effect of spray drying conditions and feed composition on the physical properties of black mulberry juice powder. *Food and Bioproducts Processing*, 90(4), 667–675. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2012.04.006>
- Fernandes, L. P., Candido, R. C., & Oliveira, W. P. (2012). Spray drying microencapsulation of *Lippia sidoides* extracts in carbohydrate blends. *Food and Bioproducts Processing*, 90(3), 425–432. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2011.12.001>
- Fernandes, R. V. de B., Borges, S. V., & Botrel, D. A. (2014). Gum arabic/starch/maltodextrin/inulin as wall materials on the microencapsulation of rosemary essential oil. *Carbohydrate Polymers*, 101, 524–532. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.09.083>
- Francisco, C. R. L., de Oliveira Júnior, F. D., Marin, G., Alvim, I. D., & Hubinger, M. D. (2020). Plant proteins at low concentrations as natural emulsifiers for an effective orange essential oil microencapsulation by spray drying. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 607, 125470. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2020.125470>
- Frascareli, E. C., Silva, V. M., Tonon, R. V., & Hubinger, M. D. (2012). Effect of process conditions on the microencapsulation of coffee oil by spray drying. *Food and Bioproducts Processing*, 90(3), 413–424. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2011.12.002>
- García-Tejeda, Y. V., Salinas-Moreno, Y., & Martínez-Bustos, F. (2015). Acetylation of normal and waxy maize starches as encapsulating agents for maize anthocyanins microencapsulation. *Food and Bioproducts Processing*, 94, 717–726.

- <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2014.10.003>
- Gavilanes, S. (2019). *Optimización del proceso de extracción hidroalcohólica a partir del orégano (Origanum vulgare L.)*.
- Gharsallaoui, A., Roudaut, G., Chambin, O., Voilley, A., & Saurel, R. (2007). Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. *Food Research International*, 40(9), 1107–1121. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2007.07.004>
- Giusti, M. M., & Wrolstad, R. E. (2003). Acylated anthocyanins from edible sources and their applications in food systems. *Biochemical Engineering Journal*, 14(3), 217–225. [https://doi.org/10.1016/S1369-703X\(02\)00221-8](https://doi.org/10.1016/S1369-703X(02)00221-8)
- González, R. E., Tarón, A., & Morón, L. B. (2015). Formación de Microcápsulas de Tamaño Controlado por Gelación Iónica Utilizando Mezclas Biopoliméricas Binarias. *Información Tecnológica*, 26(6), 31–38. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642015000600005>
- Granda, M. (1988). Estudios sobre la medicina tradicional en Cuba. *Revista Cubana de Farmacología*, 22(3), 77–90.
- Guardiola, Elena; Baños, J. (2013). *Eponimia mèdica catalana. Els epònims d'Antoni Palau: el gènere Palaua i l'Aloysia citrodora Palau*.
- Heredia, W., Párraga, C., Salvatierra, J., García, J., & Heredia, E. (2021). Néctar de fruta con extracto acuoso de hoja de guanábana (*Annona muricata L.*): Calidad fisicoquímica, sensorial y funcional. *Manglar*. <https://erp.untumbes.edu.pe/revistas/index.php/manglar/article/view/241/366>
- Hernández, J., Cerón, A., Moctezuma, J., González, M., & Valdez, I. (2020). procesamiento de tuna de nopal (*Opuntia robusta*) a partir del secado por aspersión para la obtención de un microencapsulado. *Revista de Ingeniería y Tecnologías Para El Desarrollo Sustentable*, 8(1), 30–35.
- Hoyos-Leyva, J., Bello-Pérez, L. A., Agama-Acevedo, E., & Alvarez-Ramirez, J. (2018). Potential of taro starch spherical aggregates as wall material for spray drying microencapsulation: Functional, physical and thermal properties. *International Journal of Biological Macromolecules*, 120, 237–244. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.08.093>
- Jamekhorshid, A., Sadrameli, S. M., & Farid, M. (2014). A review of microencapsulation

- methods of phase change materials (PCMs) as a thermal energy storage (TES) medium. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 31, 531–542. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.12.033>
- Juscamaita, L., Pérez, T., Espinoza, C., Quispe, M., Hinostroza, G., Flores, O., & Manyari, G. (2017). Evaluación de la estabilidad de carotenoides y actividad antioxidante de la flor de mastuerzo (*tropaeolum majus* L.) en la microencapsulación por spray-drying. *Revista Sociedad Química Del Perú*, 83(3), 12.
- Krishnaiah, D., Sarbatly, R., & Nithyanandam, R. (2012). Microencapsulation of *Morinda citrifolia* L. extract by spray-drying. *Chemical Engineering Research and Design*, 90(5), 622–632. <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2011.09.003>
- Lewandowski, A., Zbiciński, I., & Jaskulski, M. (2020). Microencapsulation in foam spray drying. *Drying Technology*, 38(1–2), 55–70. <https://doi.org/10.1080/07373937.2019.1614047>
- López, O. (2010). *Microencapsulation of oily substances by aspersion drying*. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75152010000300013
- Manzanarez-Tenorio, L. E., Ruiz Cruz, S., Márquez-Ríos, E., Ornelas-Paz, J. de J., Del-Toro-Sánchez, C. L., Wong-Corral, F. J., Suárez-Jiménez, G. M., Dévora-Isiordia, G. E., & Holguin-Soto, R. (2020). Microencapsulación de extractos de higo (*Ficus carica*) por coacervación compleja y evaluación de su capacidad antioxidante//Microencapsulation of fig (*Ficus carica*) extracts by complex coacervation and evaluation of its antioxidant capacity. *Biotecnia*, 22(2), 70–77. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v22i2.1247>
- Martínez, Isabel; Periago, María; Ros, G. (2000). Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. *Scielo.Org*. http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0004-06222000000100001&script=sci_arttext&tlng=en
- Mena, L., Tamargo, B., Salas, E., Plaza, L., Blanco, Y., Otero, A., & Sierra, G. (2015). Determination of saponins and others secondary metabolites in aqueous extracts of *Sapindus saponaria* L. (jaboncillo). *Scielo.Org*. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s1028-47962015000100010
- Milhomem, F. O., & Luz, J. A. M. (2016). Experimentos simples para estudo de graneis. *holos*, 3, 114. <https://doi.org/10.15628/holos.2016.2126>
- Mohammed, N. K., Tan, C. P., Manap, Y. A., Alhelli, A. M., & Hussin, A. S. M. (2017).

- Process conditions of spray drying microencapsulation of *Nigella sativa* oil. *Powder Technology*, 315, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2017.03.045>
- Müller, R. ., Radtke, M., & Wissing, S. . (2002). Nanostructured lipid matrices for improved microencapsulation of drugs. *International Journal of Pharmaceutics*, 242(1–2), 121–128. [https://doi.org/10.1016/S0378-5173\(02\)00180-1](https://doi.org/10.1016/S0378-5173(02)00180-1)
- Nesterenko, A., Alric, I., Silvestre, F., & Durrieu, V. (2013). Vegetable proteins in microencapsulation: A review of recent interventions and their effectiveness. *Industrial Crops and Products*, 42, 469–479. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.06.035>
- Nik, A. B., Vazifedoost, M., Didar, Z., & Hajirostamloo, B. (2019). The antioxidant and physicochemical properties of microencapsulated bioactive compounds in *Securigera securidaca* (L.) seed extract by co-crystallization. *Food Quality and Safety*, 3(4), 243–250. <https://doi.org/10.1093/fqsafe/fyz022>
- Nunes, G. L., Boaventura, B. C. B., Pinto, S. S., Verruck, S., Murakami, F. S., Prudêncio, E. S., & de Mello Castanho Amboni, R. D. (2015a). Microencapsulation of freeze concentrated *Ilex paraguariensis* extract by spray drying. *Journal of Food Engineering*, 151, 60–68. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.10.031>
- Nunes, G. L., Boaventura, B. C. B., Pinto, S. S., Verruck, S., Murakami, F. S., Prudêncio, E. S., & de Mello Castanho Amboni, R. D. (2015b). Microencapsulation of freeze concentrated *Ilex paraguariensis* extract by spray drying. *Journal of Food Engineering*, 151, 60–68. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.10.031>
- Olaru, G., & Popa, E. M. (2018). *Microencapsulation of Essential Oils Obtained From Natural Herbal for Use in the Food Industry*. XXII, 64–69.
- Ordoñez-Gómez, E. S., Reátegui-Díaz, D., & Villanueva-Tiburcio, J. E. (2018). Total polyphenols and antioxidant capacity of peel and leaves in twelve citrus. *Scientia Agropecuaria*, 9(1), 123–131. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.01.13>
- Pacheco, F. (2020). *Polifenoles y actividad antioxidante de extractos acuosos de cálices de Hibiscus sabdariffa L.* [https://www.researchgate.net/publication/341343483_Polifenoles_y_actividad_antiox idante_de_extractos_acuosos_de_calices_de_Hibiscus_sabdariffa_L](https://www.researchgate.net/publication/341343483_Polifenoles_y_actividad_antiox_idante_de_extractos_acuosos_de_calices_de_Hibiscus_sabdariffa_L)
- Paini, M., Aliakbarian, B., Casazza, A. A., Lagazzo, A., Botter, R., & Perego, P. (2015). Microencapsulation of phenolic compounds from olive pomace using spray drying: A

- study of operative parameters. *LWT - Food Science and Technology*, 62(1), 177–186.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.01.022>
- Parra, R. (2010). Microencapsulación de Alimentos. *Scielo.Org*.
<http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v63n2/a20v63n01.pdf>
- Pellicer, I., Vivas-Elias, P., & Rojas, J. (2013). La observación participante y la deriva: dos técnicas móviles para el análisis de la ciudad contemporánea. El caso de Barcelona. *EURE (Santiago)*, 39(116), 119–139. <https://doi.org/10.4067/S0250-71612013000100005>
- Pérez, Y., Rdríguez, E., Aguilar, B., Gonzáles, M., & Hung, B. (2016). Caracterización fisicoquímica de extractos de Spondias mombin L. *Scielo.Org*, 28(1), 444–449.
- R.G. Kumar, L., Chatterjee, N. S., Tejpal, C. S., Vishnu, K. V., Anas, K. K., Asha, K. K., Anandan, R., & Mathew, S. (2017). Evaluation of chitosan as a wall material for microencapsulation of squalene by spray drying: Characterization and oxidative stability studies. *International Journal of Biological Macromolecules*, 104, 1986–1995. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.03.114>
- Rama, D., Shami, T., & Bhasker, R. (2009). *Microencapsulation Technology and Applications* (pp. 1–14).
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.849.9194&rep=rep1&type=pdf>
- Reineccius, G. (2006). *Flavor Chemistry and Technology*.
- Rioja, A., Beatriz, V., Aliaga, E., Tejada, L., Book, O., Mollinedo, P., & Peñarrieta, M. (2018). Determination of the total antioxidant capacity, total phenols, and the enzymatic activity in a non-diary beverage based on grains of chenopodium quinoa. *Revista Sociedad Química La Paz, Bolivia*, 35(5), 9.
- Saikia, S., Mahnot, N. K., & Mahanta, C. L. (2015). Optimisation of phenolic extraction from Averrhoa carambola pomace by response surface methodology and its microencapsulation by spray and freeze drying. *Food Chemistry*, 171, 144–152. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.08.064>
- Salinas, Y., Zúñiga, A., Sánchez, V., & Sánchez, C. (2012). Color en cÁlices de jamaica (hibiscus sabdariffa l.) y su relación con características fisicoquímicas de sus extractos acuosos. *Revista Chapingo, Serie Horticultura*, 18(3), 395–407. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2011.08.038>

- Sánchez, R. (2009). Encapsulación de ácido ascórbico mediante secado por aspersión, utilizando quitosano como material de pared. *Scielo.Org*. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmiq/v9n2/v9n2a7.pdf>
- Schoubben, A., Blasi, P., Giovagnoli, S., Rossi, C., & Ricci, M. (2010). Development of a scalable procedure for fine calcium alginate particle preparation. *Chemical Engineering Journal*, 160(1), 363–369. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2010.02.062>
- Serratos, J., Carreón, J., Castañeda, H., Garzón, P., & García, J. (2008). Composición química-nutricional y de factores antinutricionales en semillas de parota (*enterolobium cyclocarpum*). *Scielo.Org*. http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0378-18442008001100015&script=sci_arttext&tlng=en
- Sharayei, P., Azarpazhooh, E., & Ramaswamy, H. S. (2020). Effect of microencapsulation on antioxidant and antifungal properties of aqueous extract of pomegranate peel. *Journal of Food Science and Technology*, 57(2), 723–733. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-04105-w>
- Simon-Brown, K., Solval, K. M., Chotiko, A., Alfaro, L., Reyes, V., Liu, C., Dzandu, B., Kyereh, E., Goldson Barnaby, A., Thompson, I., Xu, Z., & Sathivel, S. (2016). Microencapsulation of ginger (*Zingiber officinale*) extract by spray drying technology. *LWT*, 70, 119–125. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.02.030>
- Stat-Ease. (2010). Design expert software. *StatEase*. <https://www.statease.com/>
- Teferra, T. F. (2019). Engineering Properties of Food Materials. In *Handbook of Farm, Dairy and Food Machinery Engineering* (pp. 45–89). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814803-7.00003-8>
- Tello, J., López, O., Pérez, Y., Ruiz, V., & Carpio, C. (2020). Anti-inflammatory and Cytotoxic Potential of an Aqueous Extract from *Taraxacum officinale* (dandelion). *Revista Cubana de Plantas Medicinales*. <http://www.revplantasmedicinales.sld.cu/index.php/pla/article/view/801/432>
- Tirado, D. F., Montero, P. M., & Acevedo, D. (2015). Estudio Comparativo de Métodos Empleados para la Determinación de Humedad de Varias Matrices Alimentarias. *Información Tecnológica*, 26(2), 03–10. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642015000200002>
- Ulcuango, M. (2010). *Diseño y construcción del control de temperatura eléctrico de una unidad de secado por atomización* [Escuela Politécnica Nacional].

<https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/2647>

Wang, G., Chen, J., & Shi, Y. (2013). Preparation of microencapsulated xanthophyll for improving solubility and stability by nanoencapsulation. *Journal of Food Engineering*, 117(1), 82–88. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.01.045>

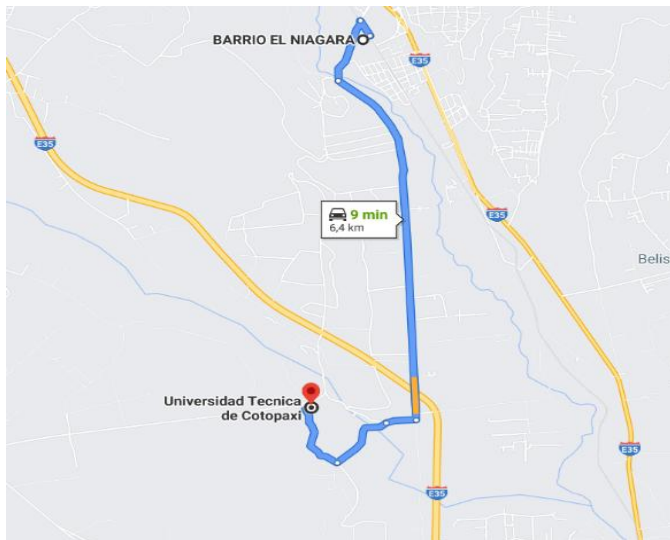
Woo, M. W., & Bhandari, B. (2013). Spray drying for food powder production. In *Handbook of Food Powders* (pp. 29–56). Elsevier. <https://doi.org/10.1533/9780857098672.1.29>

Zamayo, Yessica; Pfruyo, R. (2011). *Evaluación del efecto citoprotector gástrico y efecto hepatoprotector del extracto seco hidroalcohólico al 70% de plantago major l. (llantén) en animales de experimentación*. <http://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/1067/253T20110047.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

16. Anexos

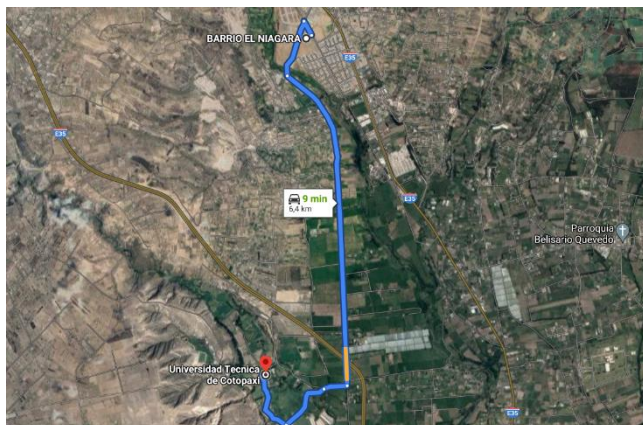
Anexo N° 1. Ubicación geográfica

Anexo N° 1.1. Mapa físico



Mapa físico de la ubicación de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Provincia de Cotopaxi, donde se elaborará el proyecto de investigación.

Anexo N° 1.2 Mapa satelital



Vista satelital de la ubicación de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Provincia de Cotopaxi, donde se elaborará el proyecto de investigación.

Anexo N° 2. Datos del tutor

CÉDULA DE CIUDADANÍA : 0502645435

FECHA DE NACIMIENTO : 15/10/1984

ESTADO CIVIL : Casado

CIUDAD : Latacunga

DOMICILIO : La Merced, Quijano y Ordoñez y Juan Abel
Echeverría 7-60

TELÉFONO : 032802455/0999084592

LUGAR/OCUPACIÓN ACTUAL : DOCENTE UNIVERSIDAD TÉCNICA DE
COTOPAXI

TELÉFONO : 0322253162

CORREO ELECTRÓNICO : rojas_orlando1984@hotmail.com



Anexo N° 3 Datos del estudiante**DATOS PERSONALES**

NOMBRES Y APELLIDOS:	Daniela Lizbeth Iglesias Chérrez
LUGAR Y FECHA DE NACIMIENTO:	22 de noviembre de 1989
CÉDULA DE CIUDADANÍA:	1724444458
SEXO:	Femenino
ESTADO CIVIL:	Soltera
DIRECCIÓN:	Conocoto Urb. puente de piedra 1era etapa
TELÉFONO:	0984190177/3617322
E-MAIL:	iglesiasdaniela23@hotmail.com

FORMACIÓN ACADÉMICA

**UNIDAD EDUCATIVA HERMANO MIGUEL LA SALLE | BACHILLERATO QUÍMICO
BIÓLOGO**

2008

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI | INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL -
EGRESADA**

2021

EXPERIENCIA LABORAL

PASANTIAS | HELADERIA SKYNNY

2019

Recepción de materia prima, elaboración de helados, control de calidad, empaque de producto final.

PASANTIAS | PARMALAT

2020

Polifuncional control de calidad, mantenimiento, bodega

PASANTIAS | UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

2020

Recolección de información de publicaciones y concursos vigentes, elaboración de certificados.

REFERENCIAS

Ing. Xavier Tapia

EMPRESA PARMALAT

Telefono: 0999587808

E-mail: xavier.Tapia@parmalat.com.ec

Ing. Pablo Herrera

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI “CENTRO DE EMPRENDIMIENTO”

Telefono: 0998397454

E-mail: pablo.herrera0259@utc.edu.ec

CURSOS REALIZADOS

- PRINCIPIOS BÁSICOS ELABORACIÓN DE PRODUCTOS LÁCTEOS
JUNIO 2021 - GAD MUNICIPALIDAD DE AMBATO
- WEBINAR: LA INDUSTRIA DE LOS SUPER ALIMENTOS
28 DE JUNIO 2021 - EMPRESA LEBENS
- PROCESAMIENTO DE FRUTAS Y HORTALIZAS
MARZO 2021 - GAD MUNICIPALIDAD DE AMBATO
- SEMINARIO BUENAS PRACTICAS DE MANUFACTURA EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA
13 DE JULIO – 7 DE AGOSTO 2020 - UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
- EL IVA. CASOS PRACTICOS Y COSTOS CASOS PRÁCTICOS MANEJO DE MACROS CONTABLES
29 DE JULIO – UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
- GESTIÓN DE LA AGROINDUSTRIA UTC COMO EJE DE DESARROLLO EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA
19 AL 21 DE AGOSTO 2020 – UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
- I CONGRESO INTERNACIONAL DE INNOVACIÓN Y EMPRENDIMIENTO EN TIEMPOS DE PANDEMIA Y POST PANDEMIA
24 AL 26 DE AGOSTO 2021 – UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
- SEMINARIO EN LINE SOBRE A APLICACIÓN DE LOS MUCILAGOS EN EL SECTOR AGROINDUSTRIAL-DIFUSIÓN DE RESULTADOS DEL PROYECTO MUCILAGOS
29 AL 31 DE JULIO 2020- UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
- I CONGRESO BINACIONAL ECUADOR – PERÚ AGROPECUARIA, MEDIO AMBIENTE Y TURISMO
21 AL 23 DE ENERO 2019 – UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
- II SEMINARIO INTERNACIONAL AGROINDUSTRIAL DESAFIOS EN NUESTRA REGIÓN EN PROCESOS TECNOLÓGICOS DESARROLLO E INNOVACIÓN, INVESTIGACIÓN Y PUBLICACIÓN DE ARTÍCULOS CIENTÍFICOS.
03 AL 05 DE JUNIO 2019 – UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
- II CONGRESO INTERNACIONAL DE AGROINDUSTRIAS, CIENCIA TECNOLOGÍA E INGENIERÍA DE ALIEMNTOS
26 AL 28 DE ABRIL 2018 – CENTRO DE ESTUDIOS MULTIDICCIPLINARIOS EL LIBERTADOR
- SEMINARIO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA, CIENCIA Y TECNOLOGÍA
20 AL 22 DE JUNIO 2018 – UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
- TÉCNICAS Y PROCESOS PARA LA ELABORACIÓN DEL CUERO
22 DE NOVIEMBRE 2019 - ANCE

Anexo N° 4 Datos estudiante

NOMBRES Y APELLIDOS : Paula Estefania Pichucho Molina

CÉDULA DE CIUDADANÍA : 050334945-8

FECHA DE NACIMIENTO : 15 de noviembre de 1994

ESTADO CIVIL : Soltera

CIUDAD : Latacunga

DOMICILIO : Gualundún, Isla Rábida y Tomas de Berlanga S/N

TELÉFONO : 032 8080628/ 0995806283

ESTUDIOS REALIZADOS

PRIMARIA : Centro Educativo de Reforma Integral “CERIT”

SECUNDARIA : Instituto Tecnológico Superior “Victoria Vasconez Cuvi”

SUPERIOR : Universidad Técnica de Cotopaxi

Anexo N° 5 Aval del Traductor



AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del trabajo de investigación cuyo título versa:

“DESARROLLO DE UN MICROENCAPSULADO DE CEDRÓN (ALOYSIA

CITRODORA), MEDIANTE SECADO POR ASPERSIÓN”, presentado por: **Iglesias Chérrez Daniela Lizbeth y Pichucho Molina Paula Estefanía**, egresados de la Carrera de Agroindustria, perteneciente a la **Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, julio del 2021

Atentamente,

A handwritten signature in black ink that reads 'Alison Mena B.' with a horizontal line underneath.

MSc. Alison Mena Barthelotty
**DOCENTE CENTRO DE
 IDIOMAS C.C. 0501801252**



Firmado electrónicamente por:

**MARCO
 PAUL
 BELTRAN
 SEMBLANTE
 S**



**CENTRO
 DE IDIOMAS**

Anexo N° 6 Informe de Anti plagio



Document Information

Analyzed document	Marco-teorico-y-resultados-Iglesias-Pichucho_final.docx (D111120110)
Submitted	8/10/2021 12:32:00 AM
Submitted by	
Submitter email	fjmontaluisa@espe.edu.ec
Similarity	1%
Analysis address	fjmontaluisa.espe@analysis.arkund.com

Sources included in the report

W URL: <https://www.redalyc.org/pdf/813/81343176006.pdf>
Fetched: 7/20/2020 6:28:00 AM

 2

Figura 16: Secado de las hojas de cedrón



Fuente: (Iglesias, D. & Pichucho, P., 2021)

Figura 17: Molienda de las hojas de cedrón



Fuente: (Iglesias, D. & Pichucho, P., 2021)

Figura 18: Extracción del disolvente



Fuente: (Iglesias, D. & Pichucho, P., 2021)

Figura 19: Secado de las muestras



Fuente: (Iglesias, D. & Pichucho, P., 2021)

Figura 20: Microencapsulado



Fuente: (Iglesias, D. & Pichucho, P., 2021)