



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

**“DESARROLLO DE UN MICROENCAPSULADO A BASE DE ORÉGANO
(*Origanum Vulgare, L*), MEDIANTE SECADO POR ASPERSIÓN”**

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

Autores:

Chamba Quijije Yomaira Elizabeth

Quispe Tigmasa Sebastián Ignacio

Tutor/Docente:

Rojas Molina Jaime Orlando Quím. Mg.

LATACUNGA – ECUADOR

Agosto 2021

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yomaira Elizabeth Chamba Quijije, con cédula de ciudadanía No. 2101033104; y, Sebastián Ignacio Quispe Tigmasa, con cédula de ciudadanía No. 0502580186 declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: “Desarrollo de un microencapsulado a base de orégano (*origanum vulgare, l*), 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 a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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

Latacunga, 12 de agosto 2021

Yomaira Elizabeth Chamba Quijije
Estudiante
C.C: 210103310-4

Sebastián Ignacio Quispe Tigmasa
Estudiante
C.C: 050258018-6

Quím. Mg. Jaime Rojas Molina
Docente Tutor
CC: 050264543-5

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 **CHAMBA QUIJIJE YOMAIRA ELIZABETH**, identificada con cédula de ciudadanía **210103310-4**, 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 Encargado, 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** son personas naturales estudiantes de la carrera de **Ingeniería Agroindustrial**, titulares de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “**Desarrollo de un microencapsulado a base de orégano (*origanum vulgare, l*), mediante secado por aspersion**”, el cual se encuentra elaborado según los requerimientos académicos propios de la Facultad según las características que a continuación se detallan:

Historial académico.

Inicio de la carrera: octubre 2016- marzo 2017

Finalización de la carrera: Abril - agosto 2021

Aprobación en Consejo Directivo: 20 de mayo del 2021

Tutor: Quím. Mg. Jaime Orlando Rojas Molina

Tema:” Desarrollo de un microencapsulado a base de orégano (*origanum vulgare, l*), mediante secado por aspersion”.

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.
- f) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declaran 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** podrán 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.

Yomaira Elizabeth Chamba Quijije

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 **QUISPE TIGMASA SEBASTIÁN IGNACIO**, identificada con cédula de ciudadanía **050258018-6**, de estado civil soltera a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, el Ingeniero Ph.D. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector Encargado, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - EL CEDENTE son personas naturales estudiantes de la carrera de Ingeniería Agroindustrial, titulares de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “Desarrollo de un microencapsulado a base de orégano (*origanum vulgare, l*), mediante secado por aspersion.”, el cual se encuentra elaborado según los requerimientos académicos propios de la Facultad según las características que a continuación se detallan:

Historial académico.

Inicio de la carrera: Abril -2016- agosto 2016

Finalización de la carrera: Abril-agosto-2021

Aprobación en Consejo Directivo. - 20 de mayo del 2021

Tutor: Quím. Jaime Orlando Rojas Molina Mg

Tema: “Desarrollo de un microencapsulado a base de orégano (*origanum vulgare, l*), mediante secado por aspersion”

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 12 días del mes de agosto del 2021.

Sebastián Ignacio Quispe Tigma

EL CEDENTE

Ing. Ph.D. Cristian Tinajero Jiménez

LA CESIONARIA

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

“DESARROLLO DE UN MICROENCAPSULADO A BASE DE ORÉGANO (*ORIGANUM VULGARE, L*), MEDIANTE SECADO POR ASPERSIÓN”, de Chamba Quijije Yomaira Elizabeth y Quispe Tigmasa Sebastián Ignacio, de la Carrera de Ingeniería Agroindustrial, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 12 de agosto del 2021

Quím. Mg. Jaime Orlando Rojas Molina

DOCENTE TUTOR

CC: 050264543-5

AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente informe de investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi y por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, los postulantes Yomaira Elizabeth Chamba Quijije y Sebastián Ignacio Quispe Tigmaasa, con el título del Proyecto de Investigación: “DESARROLLO DE UN MICROENCAPSULADO A BASE DE ORÉGANO (*Origanum Vulgare, L*), MEDIANTE SECADO POR ASPERSIÓN”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para hacer sometidos 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. Manuel Fernández Paredes
CC: 050151160-4

Lector 2

Ing. Mg. Edwin Cevallos Carvajal
CC: 050186485-4

Lector 3

Quím. Mg. Gustavo Sandoval Cañas
CC: 171369753-8

AGRADECIMIENTO

Primero, agradezco a Dios, ser divino por darme la vida y guiar mis pasos día a día, porque se hizo realidad un sueño anhelado por mí. A mis padres Juan y Benedita que estuvieron presentes en cada decisión y paso que tomaba, por confiar siempre en mí, estoy muy agradecida con ellos porque económicamente y moralmente siempre estuvieron a mi lado.

A mis profesores porque durante toda la carrera profesional han aportado con un granito de arena en mi formación y en especial a los Ing. Fabian Cerda, Ing. Maricela Trávez y Ing. Gabriela Arias, por sus consejos, enseñanzas y más que toda su amistad.

A mis amigos Sebastián Q, Daniela I, y Bexy E, por su amistad y apoyo incondicional en los buenos y malos momentos, gracias por sus amistades amigos.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi por darme la oportunidad de estudiar y ser una profesional.

Yomaira Chamba Q.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer primero a Dios por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mi esposa Alexandra quien con sus palabras y amor inyectó en mi fortaleza e ímpetu para cumplir mis objetivos y metas.

A mi tutor de tesis, Quim. Jaime Orlando Rojas Molina por su paciencia, disponibilidad y generosidad para compartir su experiencia y amplios conocimientos sólidos sobre la elaboración de la tesis. Le agradezco también por sus siempre atentas y rápidas respuestas a las diferentes inquietudes surgidas durante el desarrollo de este trabajo, lo cual se ha visto también reflejado en los buenos resultados obtenidos.

Quiero agradecer finalmente a las autoridades de mi querida Universidad Técnica de Cotopaxi, a la Facultad de Ciencias Agropecuarias de recursos naturales, a mis profesores quienes con sus valiosos conocimientos hicieron que pueda crecer día a día como profesional, gracias a cada uno de ustedes por su paciencia, dedicación, apoyo incondicional y amistad.

Sebastián Quispe T.

DEDICATORIA

Ya un año y seis meses de la partida de mi madre Benedita Quijije.

Le dedico con todo mi corazón mi tesis a la mujer que me dio la vida, la que me vio nacer y fue mi fuente de energía para terminar la universidad, mi MADRE, ella quien ha sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos, valores, sé que desde el cielo me estará iluminando y bendiciendo para seguir adelante con mis proyectos.

A mi padre Juan Chamba y hermanos: Wilinton, Melissa, Johan y Eydan porque ellos siempre estuvieron a mi lado apoyándome en los momentos más difíciles, y fueron los que permanecieron a mi lado ayudándome, a mis tíos no solo por estar presente aportando buenas cosas a mi vida, sino por los grandes lotes de felicidad y diversas emociones que siempre me han causado y hemos vivido a diario.

Yomaira Chamba Q.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi madre, María Tigmasa, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a usted he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy, es un orgullo y privilegio ser su hijo, sus consejos han formado en mí un hombre de valores y principios fuertes, te amo mamá.

A mi padre, que desde el cielo está orgulloso por la meta que he conseguido, y en el hombre en el cual me he convertido, gracias a los dos por haberme dado la vida y la felicidad de cumplir poder cumplir mis metas.

A toda mi familia, mis hermanos, mi esposa Alexandra y mi amada hija Sofía quien con sus sonrisas y ocurrencias me ha regalado felicidad, me ha hecho un mejor padre y un gran ser humano. A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

Finalmente quiero dedicar esta tesis a mis dos amigas Yomaira y Daniela, por apoyarme cuando más las necesito, por extender su mano en momentos difíciles, por el cariño y compañerismo brindado cada día, de verdad mil gracias, siempre las llevo en mi corazón.

Sebastián Quispe T.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: “DESARROLLO DE UN MICROENCAPSULADO A BASE DE ORÉGANO (*ORIGANUM VULGARE, L*), MEDIANTE SECADO POR ASPERSIÓN”.

AUTORES: Chamba Quijije Yomaira Elizabeth

Quispe Tigmasa Sebastián Ignacio

RESUMEN

En la presente investigación se desarrolló un microencapsulado a base de orégano (*Origanum Vulgare,*) mediante secado por aspersión. Se desecó la planta de orégano en una estufa (modelo Universal 30) por 24 horas a una temperatura de 105 °C. Para la extracción de compuestos bioactivos, se utilizó la relación masa/disolvente 1:10, a una temperatura de 60°C por 24 horas en una solución 90% v/v de alcohol. Mediante análisis fisicoquímicos se caracterizó al extracto obteniendo resultados de pH 5,88, humedad 98,21%, capacidad antioxidante 1902,45 ($\mu\text{M Fe}^{2+}$ /g muestra), 8,1 °Brix y una densidad de 1,0526 g/mL.

Para la microencapsulación se utilizó como material encapsulante la mezcla de goma arábiga y maltodextrina, las corridas se plantearon mediante el programa Desing Expert 8.0.6 estableciendo 9 corridas, se trabajó con dos factores; flujo de alimentación (600 mL/h; 500 mL/h; 700 mL/h) y temperatura de entrada de aire (130 °C; 140 °C; 150 °C) y tres variables respuesta: humedad, rendimiento y eficacia de la microencapsulación. Mediante la optimización de los modelos del diseño experimental se determinó como condiciones óptimas a 500 mL/h de velocidad de flujo de alimentación y 150°C de temperatura de aire de entrada obteniéndose variables respuestas de humedad 3,35%, rendimiento 93,44% y eficacia de 94,89%. Posteriormente se realizaron análisis fisicoquímicos al polvo optimizado con valores de humedad 3,15%, densidad aparente 0,24g/mL, densidad compactada 0,48g/mL, higroscopia 21,49%, solubilidad 92%, rendimiento 95,15%, capacidad antioxidante 402 ($\mu\text{M Fe}^{2+}$ /g), polifenoles totales 0,15 mg/g, ángulo de reposo 31, 58°.

Palabras clave: Microencapsulado, extracto de orégano, capacidad antioxidante, eficiencia del microencapsulado, polifenoles, superficie respuesta.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES

TITLE: “DEVELOPMENT OF A MICRO ENCAPSULATION BASED ON ORÉGANO (ORIGANUM VULGARE, L), BY SPRAY DRYING”.

AUTHORS: Chamba Quijije Yomaira Elizabeth

Quispe Tigmasa Sebastián Ignacio

ABSTRACT

In the present research, a microencapsulation based on oregano (*Origanum Vulgare*,) was developed by spray drying; first the plant was dehydrated in a Universal 30 model oven for 24 hours at a temperature of 105 °C, for the extraction of bioactive compounds a mass/solvent ratio of 1.10 was used, at 60°C for 24 hours and 90% m/m alcohol: 10, at 60°C for 24 hours and 90% m/m alcohol, by means of physicochemical analysis the extract was characterized obtaining results of pH 5.88, humidity 98.21%, iron reducing antioxidant capacity ($\mu\text{M Fe}^{2+}$ /g sample) 1902.45, 8.1 °Brix and a density of 1.0526 g/ml.

For microencapsulation, the encapsulating material used was a mixture of gum arabic and maltodextrin, the runs were proposed using the Desing Expert 8.0.6 program, establishing 9 runs, working with two factors; feed flow (600 ml/h; 500 ml/h; 700 ml/h) and air inlet temperature (130 °C; 140 °C; 150 °C) and three response variables: humidity, yield and microencapsulation efficacy. By optimizing the experimental design models, the optimum conditions were determined as 500 ml/h feed flow rate and 150°C inlet air temperature, obtaining response variables of 3.35% humidity, 93.44% yield and 94.89% efficiency, Subsequently, physicochemical analyses were carried out on the optimized powder with values of humidity 3.15%, apparent density 0.24g/ml, compacted density 0.48g/ml, hygroscopy 21.49%, solubility 92%, yield 95.15, antioxidant capacity 402($\mu\text{M Fe}^{2+}$ /g), total polyphenols 0.15 mg/g, angle of repose 31.58°.

Keywords: Microencapsulation, Oregano extract, antioxidant capacity, microencapsulation efficiency, polyphenols, surface response.

ÍNDICE GENERAL

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 DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	ix
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	x
AGRADECIMIENTO	xi
AGRADECIMIENTO	xii
DEDICATORIA	xiii
DEDICATORIA	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT	xvi
ÍNDICE GENERAL.....	xvii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	xxi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xxii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xxiii
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	2
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	3
3.1. Beneficiarios Directos:	3
3.2. Beneficiarios Indirectos:	3
4. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
5. OBJETIVOS	5
5.1. Objetivo general	5
5.2. Objetivo específico.....	5
6. ACTIVIDADES	6
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA.....	7
7.1. Antecedentes	7
7.2. MARCO TEORICO	9
7.2.1. Orégano	9
7.2.1.1. Historia del orégano.....	9
7.2.1.2. Descripción general	9
7.2.1.3. Descripción botánica	9
7.2.1.4. Composición química del orégano.....	10

7.2.1.5.	Contenido nutricional	10
7.2.2.	Compuestos fenólicos	10
7.2.3.	Extracto de orégano	11
7.2.4.	Extracto hidroalcohólico (extracto líquido condensado)	11
7.2.5.	Capacidad Antioxidante	11
7.2.6.	Microencapsulación	11
7.2.6.1.	Importancia de la microencapsulación	12
7.2.6.2.	Tipos de microcápsulas	13
7.2.6.3.	Método de microencapsulación	13
7.2.7.	Secado por aspersión	15
7.2.7.1.	Etapas del secado por aspersión	15
7.2.8.	Maltodextrina	16
7.2.9.	Goma arábica	16
7.2.10.	Temperatura de alimentación	17
7.2.10.1.	Temperatura de aire de entrada	17
7.2.10.2.	Temperatura de aire de salida	17
8.	HIPÓTESIS	19
9.	METODOLOGIA/DISEÑO EXPERIMENTAL	19
9.1.	Tipos de investigación	19
9.1.1.	Investigación experimental	19
9.1.2.	Investigación cuantitativa	19
9.1.3.	Investigación bibliográfica	19
9.1.4.	Investigación descriptiva	20
9.2.	Métodos de investigación	20
9.2.1.	Método inductivo	20
9.2.2.	Método científico	20
9.3.	Tablas de variables	21
9.4.	Diseño experimental	21
9.4.1.	Descripción del diseño experimental	21
9.4.2.	Descripción de las corridas	22
9.5.	MATERIALES Y MÉTODOS	22
9.5.1.	Extracción de los compuestos bioactivos de la planta de orégano mediante disolventes hidroalcohólicos	22
9.5.1.1.	Preparación del extracto hidroalcohólico	22
9.5.2.	Caracterización el extracto acuoso de orégano (<i>Origanum vulgare, L</i>)	23

9.5.2.1.	Determinación del potencial hidrogeno del extracto.	23
9.5.2.2.	Sólidos solubles.....	23
9.5.2.3.	Humedad del extracto	23
9.5.2.4.	Capacidad antioxidante reductora de hierro (FRAP).....	24
9.5.2.5.	Densidad	25
9.5.3.	Optimización el proceso de microencapsulación del orégano (<i>Origanum vulgare, L</i>) en función al rendimiento, humedad y eficacia de la microencapsulación.	25
9.5.3.1.	Secado por aspersion	26
9.5.3.2.	Determinación del rendimiento del microencapsulado.....	27
9.5.3.3.	Determinación del porcentaje de eficacia de microencapsulación	27
9.5.4.	Caracterización del microencapsulado obtenido del proceso de secado por aspersion en función de las propiedades fisicoquímicas.....	28
9.5.4.1.	Determinación del potencial hidrogeno.....	28
9.5.4.2.	Determinación de humedad.....	28
9.5.4.3.	Sólidos totales	29
9.5.4.4.	Determinación de densidad aparente.....	29
9.5.4.5.	Densidad compactada	30
9.5.4.6.	Determinación del contenido de polifenoles.....	30
9.5.4.7.	Capacidad antioxidante reductora de hierro (FRAP).....	30
9.5.4.8.	Solubilidad	30
9.5.4.9.	Higroscopia.....	31
9.5.4.10.	Determinación de Índice de Carr.....	31
9.5.4.11.	Ángulo de reposo	32
9.5.4.12.	Diagrama de flujo.....	33
10.	ANALISIS Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS	33
10.1.	Extracción de los compuestos bioactivos de la planta de orégano mediante disolventes hidroalcohólicos.	33
10.2.	Caracterización el extracto acuoso de orégano (<i>Origanum vulgare, L</i>) mediante ensayos fisicoquímico.....	34
10.3.	Optimización proceso de microencapsulación del orégano (<i>Origanum vulgare, L</i>) en función al rendimiento, humedad y eficacia de la microencapsulación.	36
10.4.	Caracterización del microencapsulado obtenido por el proceso de secado en función a las propiedades fisicoquímicas.	43
11.	IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES)	46
11.1.	Impactos técnicos.....	46
11.2.	Impactos sociales	46

11.3.	Impactos ambientales	46
12.	PRESUPUESTO.....	47
13.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	49
13.1.	Conclusiones	49
13.2.	Recomendaciones	50
14.	REFERENCIAS	51
15.	ANEXOS	60
Anexo No. 1.	Aval de Traducción.....	60
Anexo No. 2.	Hoja de vida del docente tutor.....	61
Anexo No. 3.	Hoja de vida postulante.....	62
Anexo No. 4.	Hoja de vida postulante.....	64
Anexo No. 5.	Evidencias de la parte práctica del proyecto de investigación.....	66
Anexo No. 6.	Cronograma.....	69

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Estructura general de las microcápsulas	12
Ilustración 2: Morfología de los diferentes estilos de microcápsulas tipo matriz.	13

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfica 1: Modelo del rendimiento. VFA: velocidad del flujo de alimentación, TAE: temperatura del aire de entrada.	37
Gráfica 2: Modelo de la humedad. VFA: velocidad del flujo de alimentación, TAE: temperatura del aire de entrada.	38
Gráfica 3: Eficiencia microencapsulación.....	41
Gráfica 4: Optimización del proceso.	42

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Sistema de tareas en relación a los objetivos planteados	6
Tabla 2: Taxonomía del Orégano	9
Tabla 3: Características físico-química de la microcápsula.....	18
Tabla 4: Variables e indicadores del diseño experimental	21
Tabla 5: Detalles del diseño	21
Tabla 6: Descripción de los tratamientos de estudio.....	22
Tabla 7: Formulación de la emulsión	26
Tabla 8: Fluidez de polvo según índice de Carr	32
Tabla 9: Propiedades de flujo y ángulos de reposo correspondientes	32
Tabla 10: Análisis fisicoquímico.....	34
Tabla 11: Matriz experimental para la microencapsulación del extracto de orégano	36
Tabla 12: Parámetros del modelo codificado para el rendimiento (%)	36
Tabla 13: Parámetros del modelo codificado de humedad	38
Tabla 14: Parámetros del modelo codificado de eficacia de la microencapsulación.....	40
Tabla 15: Optimización de los modelos del diseño experimental.....	42
Tabla 16: Caracterización de los análisis físico-químico.	43

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

Desarrollo de un microencapsulado a base de orégano (*origanum vulgare, l*), mediante secado por aspersión.

Lugar de ejecución:

Barrio: Salache Bajo

Parroquia: Eloy Alfaro

Cantón: Latacunga

Provincia: Cotopaxi Zona: 3

País: Ecuador

Institución: Universidad Técnica de Cotopaxi.

Facultad que auspicia

Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales (CAREN)

Carrera que auspicia:

Ingeniería Agroindustrial

Nombres del equipo de investigación:**Tutor:**

Quím. Mg. Orlando Rojas

Postulantes:

Chamba Quijije Yomaira Elizabeth

Quispe Tigmaasa Sebastián Ignacio

Área de Conocimiento:

- Ingeniería de Industria y construcción.
- Sub áreas: Industria y producción.

Línea de investigación:

- Desarrollo y seguridad alimentaria.
- Procesos Industriales.

Sub líneas de investigación de la Carrera:

- Optimización de los procesos tecnológicos agroindustriales.
- Investigación-innovación y emprendimiento.

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El orégano *vulgare* pertenece a la familia de las Lamiaceae, se puede obtener del mismo aceites esenciales aromáticos e indiscutibles beneficios medicinales. Dentro de su composición química, predomina los compuestos volátiles, también se han encontrado compuestos no volátiles especialmente los polifenoles que pueden tener características benéficas. A su vez tienen propiedades nutritivas, antisépticas, diuréticas y antibacterianas. El timol, carvacrol y terpineol son los principios activos que se encuentra en el aceite esencial (Hassan et al., 2000).

Las propiedades que posee el extracto de orégano han sido objeto de varios estudios debido a su capacidad antioxidante y al interés por ser utilizado como un aditivo alimentario. Esta planta posee características muy destacadas que pueden ser utilizadas en las industrias alimentarias, pues esta planta al ser utilizada como aditivo daría un importante valor agregado a las materia prima, para de esta forma favorecer la inocuidad y estabilidad de los alimentos, y además protegerlos contra alteraciones oxidativas (Parra Huertas, 2011).

Los efectos antioxidantes de diferentes compuestos que encontramos en los alimentos están relacionados con la prevención de enfermedades, los mismos tienen la capacidad de proteger a las células del daño oxidativo, que produce envejecimiento y enfermedades crónico degenerativas como el cáncer, las enfermedades cardiovasculares y diabetes. Los compuestos antioxidantes como tocoferoles, carotenoides, ácido ascórbico, compuestos fenólicos, pueden ser utilizados en la industria alimentaria pues reducen el grado de oxidación de los alimentos, muchos de ellos actúan atrapando el radical libre que provoca la oxidación generando así una estabilidad de la molécula, esto evita cambios en la calidad y vida útil de muchos alimentos (Nunes et al., 2015).

En la industria alimentaria se utiliza la técnica de microencapsulación pues ayuda a proteger a un material que puede ser sólido, líquido o gaseoso. El mismo puede liberar contenido a velocidad controlada bajo condiciones específicas o establecidas. Es una de las técnicas que protege a los compuestos bioactivos de elementos alterantes como el calor o la humedad, además mantiene estabilidad y propiedades del principio activo que se esté microencapsulando (Parra Huertas, 2011).

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

3.1. Beneficiarios Directos:

Los productores 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 170.489 habitante en el cantón Latacunga.

3.2. Beneficiarios Indirectos:

Las industrias de alimentos, industrias biotecnológicas y los/as estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi de la carrera de Ingeniería Agroindustrial con la microencapsulación de extracto acuoso que contienen componentes bioactivos (polifenoles) del orégano.

4. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

Los alimentos son preservados durante el mayor tiempo posible, dado que un alimento que se altera puede proliferar hongos y bacterias. Sin embargo, la mayor parte de los aditivos alimentarios que conocemos hoy en día son sintéticos, en tiempos remotos nuestros antepasados conservaban los alimentos con la adición de sal, azúcar o dióxido de azufre, donde todo era natural. Además, los alimentos que consumimos que no pueden ser considerados del todo frescos como son las frutas o las verduras, la mayoría contienen unos componentes que prometen ser útiles para preservar los alimentos, pero que pueden actuar de forma negativa para nuestra salud (FAO, 2018).

Algunos aditivos alimentarios causan efectos negativos para la salud humana, sobre todo cuando se consumen en altas dosis y a largo plazo. Por ejemplo, el glutamato mono sódico que es utilizado como potenciador de sabor, la carragenina como agente gelificante derivado de las algas rojas que como aditivo alimentario produce inflamación, y neoplastia intestinal, estos aditivos se asocian con la presencia del asma, edemas alérgicos, rinitis y urticaria (Bejarano & Suárez, 2015).

Los antioxidantes de origen vegetal han provocado gran interés en investigadores, debido a la riqueza de contenido de biomoléculas naturales y compuestos antioxidantes tales como los

ácidos fenólicos, flavonoides, tocoferoles que son benéficos en la industria alimentaria (Manzanarez et al., 2020).

La microencapsulación es uno de los métodos de conservación el cual permite la protección de moléculas dentro de la capa de recubrimiento, por lo tanto juega un papel importante de proteger, preservar el alimento para evitar pérdidas, mejorando la calidad del alimento y a su vez incrementar la eficacia del procesamiento, por ejemplo la estabilización de los polifenoles presentes para el uso en la industria alimentaria (Parra Huertas, 2011).

La falta de industrialización de la planta del orégano hace de esta investigación un aliado fundamental para la generación de diversos productos agroindustriales innovadores y con ello inducir al investigador a la búsqueda de nuevas aplicaciones para la planta de orégano, su extracto y su aplicabilidad en ámbitos enfocados hacia la inocuidad alimentaria y la salud (Sagñay, 2019).

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo general

- Desarrollar un microencapsulado a base de orégano (*Origanum vulgare, L*), mediante secado por aspersión.

5.2. Objetivo específico

- Extraer los compuestos bioactivos de la planta de orégano mediante disolventes hidroalcohólicos.
- Caracterizar el extracto acuoso de orégano (*Origanum vulgare, L*).
- Optimizar el proceso de microencapsulación del orégano (*Origanum vulgare, L*) en función al rendimiento, humedad y eficacia de la microencapsulación.
- Caracterizar el microencapsulado obtenido del proceso de secado por aspersión en función de las propiedades fisicoquímicas.

6. ACTIVIDADES

Tabla 1: Sistema de tareas en relación a los objetivos planteados

OBJETIVO	ACTIVIDAD (TAREAS)	RESULTADOS DE ACTIVIDAD	MEDIOS DE LA VERIFICACIÓN (TÉCNICAS INSTRUMENTOS)	DE E
OBJETIVO ° 1				
Extraer los compuestos bioactivos de la planta de orégano mediante disolventes hidroalcohólicos.	Obtener los compuestos bioactivos del orégano mediante disolventes hidroalcohólicos	Extracto hidroalcohólico de orégano.	Secado del orégano. Pulverización de la planta. Extracción hidroalcohólica de los compuestos bioactivos de la planta y eliminación del disolvente alcohólico del extracto.	
OBJETIVO ° 2				
Caracterizar el extracto acuoso de orégano (<i>Origanum vulgare, L.</i>).	Ensayos fisicoquímicos al extracto acuoso de orégano.	Resultados de caracterización del extracto acuoso de orégano.	Determinación del potencial hidrogeno pH, sólidos totales, humedad, FRAP y densidad.	
OBJETIVO ° 3				
Optimizar el proceso de microencapsulación del orégano (<i>Origanum vulgare, L.</i>) en función al rendimiento, humedad y eficacia de la microencapsulación	Microencapsular los compuestos bioactivos del orégano.	Obtención de microencapsulados a base de orégano	Elaboración de una mezcla homogénea con extracto acuoso de orégano, maltodextrina y goma rabia. Secado por aspersion de la mezcla homogénea, controlando las condiciones establecidas en el diseño experimental. Determinación de las variables respuestas (humedad, rendimiento y eficacia de los microencapsulados). Almacenamiento de los polvos en un lugar fresco.	

OBJETIVO ° 4

Caracterizar el microencapsulado obtenido del proceso de secado por aspersión en función de las propiedades fisicoquímicas.	Caracterización fisicoquímica del mejor polvo optimizado.	Datos de la caracterización del mejor polvo optimizado.	Determinación del potencial hidrogeno (pH), sólidos totales, humedad, polifenoles, FRAP, rendimiento del proceso de extracción, solubilidad, higroscopicidad, densidad aparente, Densidad compactada, Índice de Carr y ángulo de reposo.
---	---	---	--

Elaborado por: (Chamba Y; Quispe S)

7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA

7.1. Antecedentes

El orégano (*Oresdzanum Vulgare L*) es una especie nativa de Europa, que fue introducida en la flora ecuatoriana, posee compuestos antioxidantes, por lo que no sólo es considerado benéfico para la salud humana, sino que además puede sustituir los aditivos sintéticos de los alimentos (Lozano et al., 2005).

Las propiedades del orégano han sido estudiadas para sustituir los aditivos o antioxidantes sintéticos en los alimentos, el orégano tiene un excelente poder antioxidante y antimicrobiano contra microorganismos patógenos como *Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, entre otros (Sánchez et al., 2018).

Entre las variedades de orégano se han encontrado altos niveles de antioxidantes (>140 mmol/100 g), el principal precursor de estas sustancias antioxidantes que poseen las plantas son los glicósidos y el orégano a partir de sus hojas secas se ha identificado como principal antioxidante glucósido fenólico capaz de inhibir la oxidación lipídica en los alimentos (Sánchez et al., 2018).

La microencapsulación de secado por aspersión es una técnica muy utilizada para proteger los antioxidantes y compuestos fenólicos de las plantas de factores ambientales como luz, oxígeno, humedad, temperatura. En este proceso se utiliza compuestos puros o mezclas de materiales como gomas, proteínas, polisacáridos, y polímeros como la maltodextrina que se utiliza como material de pared en el proceso de microencapsulación por su alta efectividad para la conservación de componentes antioxidantes en la mayoría de extractos acuosos (Sánchez et al., 2018).

Según, Akhavan Mahdavi et al., (2016) quien realizó un estudio sobre la influencia de diferentes tipos de materiales de pared y las características físicas de los polvos secados por aspersión, en esta investigación mediante análisis como el contenido de humedad, higroscopicidad, solubilidad, densidad aparente y compactada se caracterizó al polvo microencapsulado.

Para Acosta et al., (2017) quien realizó un estudio para determinar la capacidad antioxidante y antimicrobiana de tres extractos acuosos y evaluar su potencial como preservante, dio como resultados una mejor capacidad antioxidante para el extracto acuoso de las hojas de orégano.

Nunes et al., (2015) realizó en su investigación un extracto concentrado de hojas de mate y lo microencapsuló con malto dextrina mediante secado por aspersión., aquí se investigó el efecto de la concentración de maltodextrina (20%, 30% y 40%) sobre los compuestos fenólicos, actividad antioxidante, rendimiento de microencapsulación, contenido de humedad, higroscopicidad, además, las microcápsulas producidas con maltodextrina mostraron mejor retención y mayor estabilidad a 4 C durante 45 días.

Según Gavilánez (2020) quien determinó mediante análisis fisicoquímicos los compuestos del orégano como flavonoides, alcaloides, quininas, saponinas, triterpenos, compuestos fenólicos en mayor proporción y al ser sometida la droga cruda con una solución hidroalcohólica, se determinó el contenido de polifenoles totales y la capacidad antioxidante, dando como resultado el extracto obtenido con una capacidad antioxidante de 10491,4 mg/L.

Según Navarro et al., (2020) quien utilizó la metodología de superficie respuesta para determinar las condiciones óptimas de extracción, usando dos factores: concentración de etanol y tiempo de extracción, se realizó la microencapsulación con maltodextrina mediante secado por aspersión, aquí se originó microcápsulas de tamaño homogéneo (5 μ m), ausencia de grietas y fisuras, y preservaron su capacidad antioxidante durante su almacenamiento.

Fernandes et al., (2012) realizó un estudio de microencapsulación de secado por aspersión, el extracto seleccionado se sometió a secado por pulverización. Como material para las microcápsulas se utilizaron mezclas de maltodextrina y goma arábiga al aumentar en la proporción de goma arábiga a maltodextrina presenta un efecto positivo sobre la retención de timol. L. sidoides.

Las investigaciones mencionadas se relacionan con la investigación en curso del desarrollo de un microencapsulado mediante secado por aspersión de aceites esenciales, semillas o extractos acuosos que tienen propiedades antioxidantes, por esa razón actúan como aditivos alimentarios

o usos similares de conservación de alimentos, a su vez usan como material de pared en el proceso microencapsulado la maltodextrina y goma arábica.

7.2. MARCO TEORICO

7.2.1. Orégano

7.2.1.1. Historia del orégano

El nombre orégano proviene de la terminología griega “*Origanum*” procedente de dos palabras, “*oros*” montaña y “*ganos*”, su nombre significa la alegría de las montañas esta planta que tiene una fragancia intensa: Es nativa de Europa, Asia y Ecuador es apreciada una planta culinaria. Se cultiva en regiones templadas se conoce como planta aromática medicinal, también es cultivada por sus propiedades terapéuticas, apícolas es de sabor amargo; Es una planta herbácea, mide hasta de 60cm de altura; El tallo es derecho, anguloso, ramificado (Abalco, 2020).

7.2.1.2. Descripción general

Las hojas son ovaladas tienen acabado en punta, las cuáles, brotan de dos en cada nudo, se usan como medicamentos y en la alimentación y bebidas el orégano se consumió como condimentos y conservantes de alimentos: Se usa para trastornos respiratorio como tos, asma y bronquitis. A su vez las personas lo usan para trastornos gastrointestinales como acidez e hinchazón (Abalco, 2020).

7.2.1.3. Descripción botánica

Existen 3 diferentes géneros de orégano los cuales pertenecen a la familia de Lamiaceae (Labiatae).

Tabla 2: Taxonomía del Orégano

Orégano <i>Origanum vulgare l</i>	
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Lamiales
Familia:	Lamiaceae
Subfamilia:	Nepetoideae
Tribu:	Mentheae

Fuente: (Tellez, 2017).

7.2.1.4. Composición química del orégano

Para Tellez (2017) existen especies vegetales que son aromáticas, pues estas contienen alcaloides y glucósidos de interés farmacológicos son productos del metabolismo secundario, entre los principales podríamos mencionar los siguientes:

Ácidos: Rosmarínico (Planta y hojas) palmítico, esteárico, oleico, ursólico, cafeico, cáprico (Planta)

Minerales: Potasio, magnesio, manganeso, zinc, cobre, hierro (Planta)

Taninos (Planta)

Vitaminas: Niacina, beta- caroteno (Planta).

7.2.1.5. Contenido nutricional

Es una planta muy rica en varias vitaminas, minerales y también es rica en proteínas. Hoy en día es ampliamente usada, ya que posee vitaminas como la C, la vitamina A, la vitamina B12 y la vitamina K. Asimismo posee minerales como el sodio, el hierro, el potasio y el magnesio que son muy importantes para el organismo (Tellez, 2017).

7.2.2. Compuestos fenólicos

El término compuestos fenólicos engloba a todas aquellas sustancias que poseen varias funciones de fenol, nombre popular del hidroxibenceno, unidas a estructuras aromáticas o alifáticas. Únicamente, algunos compuestos fenólicos de la familia de los ácidos fenoles no son polifenoles, sino monofenoles. Tienen su origen en el mundo vegetal, son unos de los principales metabolitos secundarios de las plantas (Gimeno, 2004).

Los fenoles o compuestos fenólicos se oxidan con mucha facilidad experimentando la oxidación mucho antes que otras sustancias también muy oxidables. Esto le concede una cualidad especialmente antioxidante a fin de equilibrar la oxidación producida por radicales libres, productos químicos, la luz, etc. (Mosquera & Zambrano, 2011).

Según estudios recientes corroboran que una de las principales causas del envejecimiento prematuro y enfermedades peligrosas como el cáncer, enfermedades cardiovasculares, neurodegenerativas o la diabetes reside en la acumulación excesiva en el cuerpo humano de productos derivados del oxígeno (Marisa Ribeiro et al., 2020).

7.2.3. Extracto de orégano

Existen plantas medicinales y aromáticas entre ellas el orégano que se encuentran cultivadas en huertos caseros que sustituyen las necesidades alimenticias y medicinales de las familias que la cultivan, para la extracción del orégano se realiza por una concentración de una disolución de sustancias vegetales con un disolvente de agua en combinación con alcohol. El extracto de orégano en particular, es una excelente opción para extraer los compuestos activos ya que además de poseer actividades antisépticas y antimicrobianas, se caracteriza por tener efecto altamente antioxidantes debido a su contenido de ácidos fenólicos y flavonoides (Valdez, 2018).

7.2.4. Extracto hidroalcohólico (extracto líquido condensado)

Se obtienen a través de una materia prima desecada de origen vegetal puede ser de la planta o una parte de ella por medio de maceramiento se utilizan como solventes alcohol 90% y agua cantidades el cual debe presentar sedimentación, color y el aroma característico de la planta (Avendaño, 2019).

7.2.5. Capacidad Antioxidante

Para Londoño, (2014) & Coronado H. et al., (2015) La actividad antioxidante es la capacidad de una sustancia para inhibir la degradación oxidativa (por ejemplo, la peroxidación lipídica), de tal manera que un antioxidante actúa, principalmente, gracias a su capacidad para reaccionar con radicales libres, se utilizan en la industria alimentaria adicionados a las grasas u otros productos para retrasar los procesos de oxidación, en tanto previenen el comienzo de la rancidez oxidativa

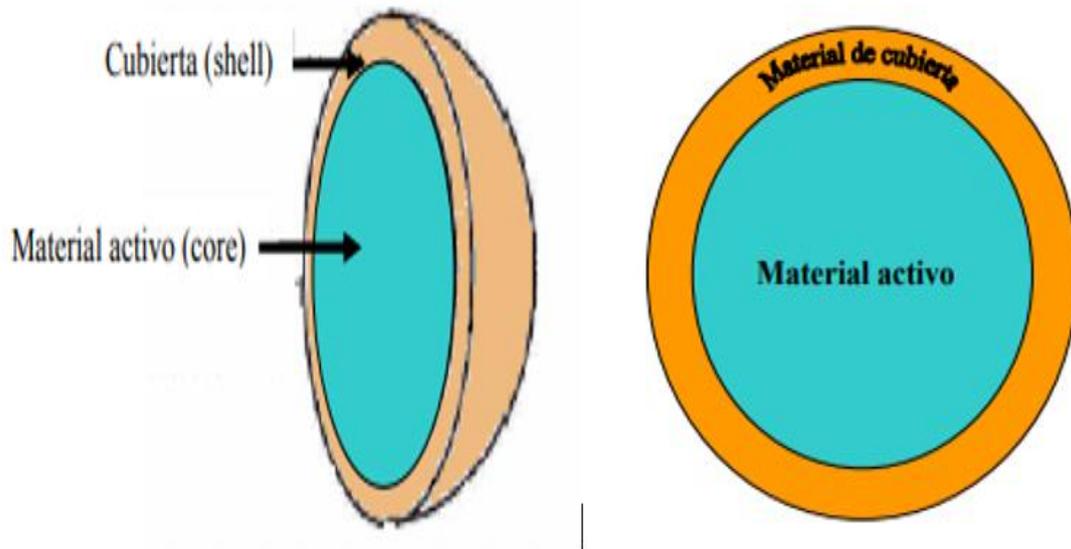
Los antioxidantes que provienen de las plantas son considerados antioxidantes exógenos, estos provienen de la dieta, tales como la vitamina E (α -tocoferol), la vitamina C (ácido ascórbico), el α -caroteno (provitamina A), el cobre, el selenio, el zinc, el manganeso, los polifenoles, los licopenos, los ácidos egálicos, los flavonoides, la quercitina, la hesperidina, las catequinas y los taninos (Quintana & Calderón, 2009).

7.2.6. Microencapsulación

La microencapsulación es el recubrimiento de partículas en estado sólido, líquido o gaseoso, es una técnica que protege las sustancias que son sensibles a la luz, el aire entre otros, y ayuda a obtener componentes activos con sus propiedades. El principal objetivo es preservar los ingredientes, transformando los componentes líquidos en partículas sólidas y facilitar un contorno de liberación controlada. Existen diferentes métodos de microencapsulación, físico y

químico. En el proceso físico tenemos secado por aspersión, enfriamiento por pulverización, atomización por disco giratorio, recubrimiento en lecho fluido y extrusión. En el método químico contiene simple y coacervación compleja, polimerización interfacial y fase separación (Adolfo & Huertas, 2010).

Ilustración 1: Estructura general de las microcápsulas



Nota: Elaborado por (Lozano Berna, 2009).

En líneas generales se puede decir que la microencapsulación protege al material encapsulado (núcleo) de factores ambientales adversos como humedad, pH, oxidación, que puedan afectar la calidad del producto y acortar su vida (Esquivel et al., 2015).

7.2.6.1. Importancia de la microencapsulación

El uso de la tecnología de microencapsulación abarca campos muy variados, desde los usos en el campo de la agricultura donde se utiliza para formular insecticidas, fungicidas y algunos fertilizantes hasta la industria alimentaria donde las microcápsulas son utilizadas para mantener los atributos y propiedades de sustancias como grasas, colorantes, aromas. Las microcápsulas que contienen alimentos liberan su contenido mediante la preparación de las comidas o al ser consumidos donde el sistema gástrico se encarga de separar las paredes que cubren a la capsula y se libera el contenido (Lozano Berna, 2009, p. 5).

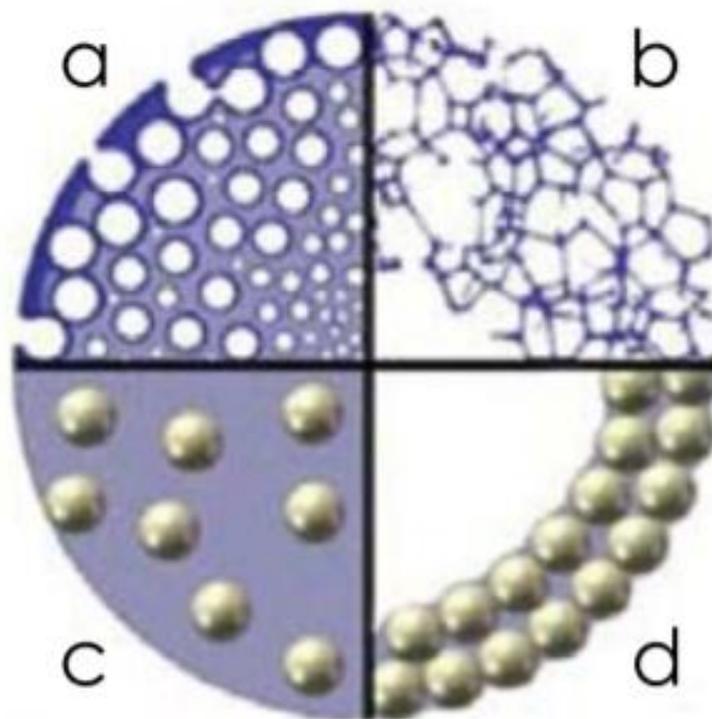
En esta perspectiva podríamos decir que la microencapsulación de componentes alimenticios ofrece varias alternativas. Por ejemplo, protección componentes como vitaminas y minerales de agentes destructivos como luz, pH, proteger durante el almacenamiento los nutrientes de

algunos alimentos de reactivos o sustancias que puedan alterar la calidad del producto. (Lozano Berna, 2009, p. 3).

7.2.6.2. Tipos de microcápsulas

Se clasifican en tres categorías de acuerdo a su morfología: mononucleares, polinucleares y tipo matriz. Las microcápsulas mononucleares tienen un revestimiento alrededor del núcleo, mientras que las polinucleares poseen de varios núcleos dentro de la pared. En la encapsulación tipo matriz, el material del núcleo se distribuye homogéneamente en el material de la pared puede presentarse en diferentes estructuras: en forma de espuma, en la cual el material activo se reparte en toda la cápsula y la cubierta (a), en forma de red con una estructura (Lozano Berna, 2009).

Ilustración 2: Morfología de los diferentes estilos de microcápsulas tipo matriz.



Nota: Elaborado por (Vehring, 2008).

abierta (b) microcápsulas donde se encuentra disperso el material activo dentro de la matriz que actúa como cubierta, tanto en la esfera llena (c) como en la periferia (d) (Vehring, 2008).

7.2.6.3. Método de microencapsulación

Existen diferentes métodos de microencapsulación, físico y químico.

En el proceso físico:

Secado por aspersión: Es el proceso que más se utiliza para microencapsular ingredientes activos, especialmente en la industria alimenticia; debido a su bajo costo, tiene buena estabilidad del producto final y eficacia de encapsulación respectivamente alta. Este método consiste en esparcir el material líquido y formar gotas debido a que el solvente se evapora al entrar en contacto con una corriente de gas caliente para formar una fina película del recubrimiento el cual será utilizado (Gharsallaoui et al., 2007).

Recubrimiento en lecho fluido: Se utiliza para el recubrimiento de partículas sólidas que tienen principio activo en un sistema de lecho fluido. Las partículas que se mantienen en suspensión agradeciendo a la corriente de aire que penetra por la parte inferior a la vez que se pulveriza la disolución del polímero de recubrimiento.

Extrusión: La emulsión del material activo y el de recubrimiento forman gotas al pasar por un dispositivo extrusor a alta presión. El alginato de calcio es utilizado como material de recubrimiento. Se ha utilizado esta técnica para encapsular microorganismos, enzimas, ácidos grasos y prebióticos por lo que genera microcápsulas pocas porosas que el secado por aspersión, a su vez duplica su costo y el empleo de extrusores de tornillo a alta presión genera grandes fuerzas de cizallamiento que son perjudiciales para la estabilidad de materiales sensibles del núcleo, como el aceite omega.

La coextrusión o extrusión centrífuga es una tecnología de extrusión: en la cual una solución acuosa de polímero caliente fluye a través del tubo exterior, la sustancia que se desea encapsular pasa por el tubo interior y ambos fluidos son descargados finalmente en una corriente del fluido transportador. Es utilizada para encapsular aceites y microorganismos (Shinde et al., 2014).

En el proceso químico:

Simple y coacervación compleja: Existen varias técnicas para tal fin, la coacervación, es un término usado en química coloidal para denotar el proceso de separación de fase asociativa incitado por la transformación de factores como pH, fuerza iónica, temperatura y solubilidad bajo condiciones controladas (Shinde et al., 2014).

Se puede clasificar en coacervación simple y compleja, la primera tiene un solo polímero involucrado y se forman coacervados a causa de un mecanismo de deshidratación o "déficit de agua" causado por la adición de una sal o líquido de solvatación; En la segunda depende de las interacciones iónicas entre dos o más polímeros de carga opuesta, totalmente proteínas y

polisacáridos, los cuales conducen a la formación de coacervado y la separación de fases (Quintana Cristancho et al., 2019)

Polimerización interfacial: se caracteriza por la formación de paredes por medio de la polimerización aligerada de monómeros en la superficie de las gotitas de material de núcleo disperso. Consiste en el núcleo y monómero reactivo soluble en aceites las gotas se forman gracias a la emulsión de la fase orgánica, mientras un catalizador forma la polimerización del monómero, la formación de polímeros insolubles en las sustancias activa hidrofóbica se colocan como cubiertas en las sustancias activas. Algunos de los polímeros almacenados como material de recubrimiento son las poliamidas, poliuretanos; los cuales son utilizados a la larga para la preparación de microcápsulas de farmacéuticos, proteínas, antioxidantes etc. (Jiang & Schwendeman, 2001).

7.2.7. Secado por aspersión

Es una operación donde un producto líquido es atomizado en una corriente de gas caliente como nitrógeno (Lozano Berna, 2009). La sustancia que se utiliza en el aspersor puede ser una solución con diferentes características, esta operación va a depender primero del tipo de material inicial y de los parámetros de operación, esta técnica produce polvos finos de (10-50 μ m) o polvos de (2-3mm), es así que la técnica de secado por aspersión es muy utilizada para producir polvos microencapsulados de distintos alimentos (Cardona Tangarife et al., 2021).

La viscosidad y velocidad de flujo de alimentación, la temperatura de aire de secado, el contacto del aire caliente y la gota en la cámara de secado, así como el tipo de secado van a tener gran incidencia en la producción de polvos secados por aspersión (Abalco, 2020).

El secado por aspersión es eficiente para los proceso de microencapsulación cuando se obtiene una cantidad máxima del material núcleo dentro de las partículas del polvo, la microcápsula con una buena estabilidad previene la pérdida de compuestos volátiles del producto, obteniendo así una excelente vida útil del producto, además se considera de mucha importancia conocer las características del material a secar pues de esto depende las características final del producto (Gonzales Esquivel et al., 2015).

7.2.7.1.Etapas del secado por aspersión

Atomización: esta técnica se la pueda utilizar mediante el empleo de presión o energía centrifuga, esta etapa se constituye de manera principal en la transferencia de calor entre el aire seco y líquido para que así exista una trasmisión de masa y calor (Lozano Berna, 2009).

Contacto de gota-aire caliente: en esta etapa ocurre el proceso de atomización, aquí empieza la etapa de secado, se puede distinguir el sentido de corriente paralela y contracorriente en función de donde se encuentre localizado el atomizador y el aspersor de aire caliente (Lozano Berna, 2009).

Se hace uso de temperaturas de aire de entrada para el sentido de contracorriente paralela (150-2020°C) y para temperaturas de salida (150-220°C), en el trascurso de la etapa de contracorriente el líquido es rociado en vía opuesta a la efusión de aire caliente, es aquí donde el producto seco es expuesto a altas temperaturas, este es un factor que limita la aplicación en productos sensibles al calor (Lozano et al., 2005).

Evaporación de agua: tan pronto como las gotas toman contacto con el aire caliente, se establece el equilibrio de temperatura y presión parcial de vapor. Es así que la transferencia de calor ocurre del aire al producto, esto se debe de forma principal a la diferencia de temperatura y la transferencia de calor que ocurre en la dirección contraria influenciada por la presión de vapor(Lozano Berna, 2009).

Separación del producto seco y aire húmedo: esta fase se realiza mediante un ciclón ubicado de manera externa cámara de secado lo cual reduce la pérdida de producto a la atmósfera. Las partículas más espesas se aglomeran en el fondo de la cámara de secado y las más finas cruzan a través del ciclón y se separan del aire húmedo (Lozano Berna, 2009).

7.2.8. Maltodextrina

Es un material de pared producido por la hidrólisis ácida o enzimática del almidón. Es una excelente solución entre costo y eficiencia. A pesar de tener un alto contenido en sólidos, tiene baja viscosidad, inodoro, incoloro, además puede formar un polvo muy líquido sin ocultar el sabor original (García et al., 2018).

7.2.9. Goma arábica

Este material no tiene sabor, pero tiene gran incidencia en el aroma de los alimentos, es soluble, tiene baja viscosidad, es emulsionante y es muy variable al momento de envasar alimentos, además funciona como un polímero biodegradable de origen natural que es utilizado como base

para la encapsulación de enzimas. La combinación de goma arábiga y maltodextrina ofrece propiedades como soporte sólido, para los extractos atomizados (García et al., 2018).

7.2.10. Temperatura de alimentación.

Esta propiedad modifica la emulsión de la mezcla, su viscosidad y su capacidad para homogeneizarse, a una temperatura más larga el tamaño de la gota y la viscosidad tienden a reducirse, a altas temperaturas puede ocurrir una degradación de algunos componentes sensible al calor, los niveles de secado deben ser ajustados de una manera correcta para que exista un suministro de velocidad de alimentación adecuada antes de que la gota tome contacto con la superficie de la cámara de secado (Medina-Torres et al., 2013).

7.2.10.1. Temperatura de aire de entrada

En esta operación es muy importante establecer los parámetros de operación para evitar daños al producto, la velocidad de aire de entrada tiene estrecha relación con la velocidad de secado y el contenido de agua del producto final. Los riesgos que ocurren al manejar temperaturas de alimentación altas y bajas son muy notables en las características finales del producto pues se corre el riesgo de obtener polvos con alta densidad, poca fluidez, evaporación excesiva, degradación del componente encapsulado (Santiago-Adame et al., 2015).

7.2.10.2. Temperatura de aire de salida.

Esta fase se la considera como una medida de control del secador, esta depende de manera principal de la temperatura de aire de entrada que puede variar de 50 a 80°C, este parámetro es muy utilizado para la microencapsulación de compuestos alimentarios como fenoles, antioxidantes, etc. (Medina-Torres et al., 2013).

Para evaluar la calidad de las cápsulas obtenidas por los métodos de encapsulación se considera realizar una valoración en relación a su contenido fenólico total, actividad antioxidante, eficiencia de microencapsulación, morfología, contenido de humedad, actividad de agua, disolución, higroscopicidad, color, además es importante identificar la retención de compuestos fenólicos después del proceso de secado por aspersion (Nunes et al., 2015).

Tabla 3: Características fisicoquímica de la microcápsula.

Características fisicoquímicas de la microcápsula	
Humedad	Es el contenido de vapor de agua que se encuentra presente en el producto, este parámetro se puede medir por técnicas tradicionales o mediante el uso de diferentes equipos (Krishnaiah et al., 2012).
Densidad aparente	Es la relación entre el volumen y el peso seco, incluyendo huecos y poros que contenga.
Densidad compactada	Aquí se hace uso de un cilindro graduado, el cilindro se golpea para obtener la medida de la densidad compactada.
Higroscopia	La higroscopicidad se define como la habilidad de un material de absorber la humedad en un ambiente de alta humedad relativa (Bhusari et al., 2014).
Solubilidad	Es la facilidad con la que los polvos se distribuyen como partículas individuales en la fase líquida.
Índice de carr	Este parámetro me ayuda a determinar la capacidad de las sustancias polvosas para compactarse, este análisis me ayuda a definir si el polco tiene un flujo excelente o pésimo.
Capacidad reductora de hierro	En este método se determina la capacidad antioxidante de forma indirecta, se fundamenta en el poder que tiene una sustancia antioxidante para reducir el Fe^{3+} a Fe^{2+} que es menos antioxidante. El método de FRAP puede ser útil en combinación con otros métodos para productos que contengan distintos tipos de antioxidantes (Agudo, 2002).
Ángulo de reposo	El polvo se descarga desde una altura determina sobre una placa Petri donde obtiene forma de un cono. A partir del radio de la placa de Petri y de la altura del cono formado por el polvo, se determina el ángulo de reposo (Pastuña-Pullutasig et al., 2016).

Elaborado por: (Chamba Y, Quispe S)

8. HIPÓTESIS

Ho: El flujo de alimentación y la temperatura de aire de entrada no permiten la microencapsulación de un extracto a base de orégano.

Ha: El flujo de alimentación y la temperatura de aire de entrada si permiten la microencapsulación de un extracto a base de orégano.

9. METODOLOGIA/DISEÑO EXPERIMENTAL

9.1. Tipos de investigación

9.1.1. Investigación experimental

En este tipo de investigación tiene un enfoque científico-técnico y va a depender de las decisiones que tome el investigador para realizar los experimentos, es aquí donde se tiene el control, manipulación y observación de las variables en estudio que para esta investigación son la velocidad de flujo de alimentación y la temperatura de aire de entrada que permite la microencapsulación de un extracto acuoso a base de orégano. Este tipo de investigación se empleó para determinar las corridas que se realiza en la microencapsulación del extracto.

9.1.2. Investigación cuantitativa

Consideramos que la presente investigación es cuantitativa primero porque utilizaremos análisis matemáticos y estadísticos para explicar un fenómeno y segundo porque analizaremos datos cuantitativos sobre variables respuestas, aquí haremos uso de registros que nos ayudaran a observar los fenómenos estudiados. La diferencia entre la investigación cualitativa y cuantitativa es que la primera estudia la semejanza entre variables cuantificadas y la segunda es aplicada a los valores que arroja la investigación que se está efectuando.

Consiste en evaluar los datos de manera científica o numérica de variables previamente determinadas, esta investigación ayuda a darle una conexión que va más allá de un listado de datos establecidos como resultados precisos de las corridas de microencapsulación, este tipo de investigación se implementará en el proceso de optimización de la microencapsulación.

9.1.3. Investigación bibliográfica

El objetivo principal de la investigación es la obtención de diferentes tipos de conocimiento, para lo cual se utilizan como fuentes de datos libros, artículos, sitios web y documentales. Se

utiliza para indicar las fuentes recopiladas de información sobre microencapsulación, secado por aspersión, materiales de encapsulación, orégano, extractos acuosos de orégano, compuestos bioactivos, compuestos fenólicos, polifenoles etc.

9.1.4. Investigación descriptiva

Se hará uso de esta investigación pues ayudará a detallar de manera puntual las características de la población que se va a estudiar, esta investigación no explica el fenómeno sino que lo describe, por ejemplo la descripción de las técnicas de extracción de compuestos bioactivos del extracto acuoso de orégano, la metodología de superficie respuesta que describe la variación entre la temperatura de aire de entrada y la velocidad de flujo de alimentación, la descripción y discusión bibliográfica de los resultados obtenidos, es así que esta investigación es de mucha importancia en el presente proyecto.

9.2. Métodos de investigación

9.2.1. Método inductivo

Se realiza el uso de observaciones específicas, este método será aplicado tanto para para la hipótesis nula como para la hipótesis alternativa, mediante la observación y la recopilación de información podremos dar sustento a la información recopilada, por ejemplo las características físico-química que debe cumplir el extracto acuoso de orégano y el polvo optimizado, además se clasifica la información obtenida estableciendo un diagrama de flujo en el cual explica de forma resumida el proceso a seguir para la parte experimental de la investigación.

9.2.2. Método científico

Se aplica el método científico en la microencapsulación del extracto pues las metodologías utilizadas, los datos obtenidos, las bibliografías citadas no son técnicas o datos empíricos sino hechos reales y comprobados, mediante el uso de este método se obtendrán nuevos conocimientos sobre la microencapsulación del extracto acuoso de orégano que puede servir para futuras investigaciones.

9.3. Tablas de variables

Tabla 4: Variables e indicadores del diseño experimental

Variable dependiente	Variabes independientes	Indicadores
Microencapsulación de la extracción acuosa de orégano.	Flujo de alimentación.	Humedad
		Fluidez
		Densidad
		Físico
		Higroscopia
		Solubilidad
		Rendimiento
	Temperatura de aire de entrada	Polifenoles totales
		Químico
		Eficacia del microencapsulado

Elaborado por: (Chamba, Y; Quispe, S)

9.4. Diseño experimental

9.4.1. Descripción del diseño experimental

Para el diseño experimental del proceso de microencapsulación del extracto acuoso de orégano, se utilizó el programa Desing Expert 8.0.6 aplicando un modelo de superficie de respuesta estableciendo 9 corridas utilizando los factores flujo de alimentación (600 mL/h; 500 mL/h; 700 mL/h) y temperatura de entrada de aire (130 °C; 140 °C; 150 °C).

Tabla 5: Detalles del diseño

Detalle	U	Tipo	Mínimo	Máximo
Fujo de alimentación	mL/h	Numérico	500	700
Temperatura de entrada de aire	°C	Numérico	130	150

Elaborado por: (Chamba Y, Quispe S)

9.4.2. Descripción de las corridas

Tabla 6: Descripción de los tratamientos de estudio

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

Elaborado por: (Chamba Y, Quispe S)

9.5. MATERIALES Y MÉTODOS

9.5.1. Extracción de los compuestos bioactivos de la planta de orégano mediante disolventes hidroalcohólicos.

Se realizó la recepción e inspección de la materia prima (*Oréganum vulgare L*), no debe presentar deterioros ni plagas y con la ayuda de unas tijeras se seleccionó las hojas más verdes y se clasificó un total de 500g de hojas verdes.

Las hojas seleccionadas se las envió a la estufa de secado marca Memmert (modelo universal 30) a una temperatura de 65° C por 3 días, después se pulverizo las hojas secas de orégano mediante el uso de un molino de mano marca Corona, se obtuvo un total de 237,34 g de hojas secas de orégano.

9.5.1.1.Preparación del extracto hidroalcohólico

Para la preparación del extracto hidroalcohólico se siguió la metodología dispuesta por Gavilánez, (2020) , bajo las siguientes condiciones: relación 1:10 masa disolvente, 60°C por 24 horas y 90 % v/v de alcohol, se preparó el extracto hidroalcohólico con 235,5g de pulverizado en 2,3 litros de alcohol.

Una vez transcurrido el tiempo de reposo se realizó un primer filtrado mediante el uso de una tela lienzo con el fin de eliminar la mayor cantidad de sólidos de la disolución, después se hizo un segundo filtrado con la ayuda de una bomba generadora de vacío marca Rocker-300 y papel filtro por lo menos 2 veces con la finalidad de retirar todo el material suspendido en la disolución.

El volumen de la disolución obtenida fue de 2,4 litros, después se colocó la disolución del filtrado en el rota vapor marca SHB-III (Bomba de vacío tipo circulación de agua) a una temperatura de 50°C, 50 rpm y 0,065MPa para eliminar el disolvente etanólico.

Se obtuvo total de 120 mL de extracto de orégano el cual se almaceno en frasco ámbar y se almaceno a temperatura de refrigeración.

9.5.2. Caracterización el extracto acuoso de orégano (*Origanum vulgare*, L).

9.5.2.1.Determinación del potencial hidrogeno del extracto.

Se siguió la metodología dispuesta por Salinas & Moreno et al., (2012), mediante lectura directa con un potenciómetro portátil (marca LATRE pH-b12 0.00 - 14.00 pH) donde se tomaron 10mL de la muestra de extracto en un vaso de precipitación de 75mL, después se introdujo el lente del potenciómetro en la solución y se anotó los resultados.

9.5.2.2.Sólidos solubles

Se utilizó la metodología dispuesta por Salinas & Moreno et al., (2012), con el empleo de un refractómetro digital marca MA871, se calibro el equipo mediante agua destilada, se colocó de 1-2 gotas de las muestras en el lente del refractómetro, El resultado se obtuvo como porcentaje de sólidos solubles totales.

9.5.2.3.Humedad del extracto

Se empleó la metodología dispuesta por Krishnaiah et al., (2012), mediante técnica tradicional de calentamiento en una estufa, refiriendo su peso al peso total de la muestra y expresada como porcentaje. Se pesó un crisol previamente tarado al cual se añadió 10g de extracto de orégano, este procedimiento se lo realizo por duplicado, después se colocó el crisol con la muestra en la estufa de secado a una temperatura de 105°C durante 4 horas, el período de tiempo comienza cuando se tiene la temperatura deseada.

Una vez transcurrido el tiempo de secado, se retiró las muestras de la estufa y se colocó en el

deseCADador hasta que alcance la temperatura ambiente (20 minutos aproximadamente), despuEs se pesó el crisol en la balanza analítica y se volvió a colocar la muestra en la estufa nuevamente por 30 minutos. DespuEs se retiró las muestras de la estufa, se llevó a enfriar nuevamente en el desecador y se pesó de nuevo en la balanza analítica, este procedimiento de desecación se lo debe realizar hasta tener un peso constante. Para el cálculo de humedad se utilizó la siguiente ecuación dispuesta por Zaragosa (2015).

$$\% \text{ Humedad} = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} * 100$$

Donde:

% humedad: Porcentaje de humedad.

m1: masa inicial del crisol vacío.

M2: Masa del crisol más las microcápsulas antes de secar (g).

M3: Masa del crisol más las microcápsulas despuEs del secado (g).

9.5.2.4. Capacidad antioxidante reductora de hierro (FRAP)

Este método se fundamenta en el poder que tiene una sustancia antioxidante para reducir el Fe³⁺ a Fe²⁺ que es menos antioxidante. El complejo férrico-2,4,6-tripiridil-s-triazina (TPTZ) incoloro es reducido al complejo ferroso coloreado, este método espectrofotométrico que mide la absorbancia del Fe²⁺, cuando la sustancia de estudio es más antioxidante cuando mayor es la reducción y mayor la concentración de Fe²⁺ más alta es la señal de absorbancia (Agudo, 2002).

El mecanismo del FRAP transfiere electrones, a diferencia de otros métodos donde se produce captura de radicales libres, el FRAP puede ser útil en combinación con otros métodos para productos que contengan distintos tipos de antioxidantes (Agudo, 2002).

La sustancia FRAP tiene 0,0078 g de 2,4,6-tri (2-piridil)-1,3,5-triazina (TPTZ, Fluka, Sigma-Aldrich, Buchs, Suiza), a este se le añade una gota de HCl (1:1), más 2,5 mL de HCl 40 mM y se disuelve. DespuEs se agrega 25 mL de buffer acetato (pHb= 3,6) y 2,5 mL de una disolución 20 mM de FeCl³, se calentó a 37 °C por 15 min. Para la prueba se tomaron 50 µL del extracto y 50 µL de etanol al 50 % mediante un tubo de ensayo de 10 mL. DespuEs se agregan 1,5 mL del reactivo FRAP. Se deja reposar a 25°C por 30 min y se lee la absorbancia a 593 nm (Gavilánez, 2020).

La identificación de la actividad antioxidante se efectuó mediante una curva de calibración de Fe^{2+} usando sal de Mohr $[\text{Fe}(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$ como modelo, según la ecuación descrita por Gavilanez, (2020):

$$AAT = \frac{(A - a) * V * FD}{b * PM}$$

Dónde:

AAT: Actividad antioxidante total.

A: Absorbancia del extracto.

a: Intercepción de la curva de calibración.

b: Pendiente de la curva de calibración.

V: Volumen del extracto (mL).

fd: Factor de dilución de la muestra

9.5.2.5. Densidad

Se pesó el picnómetro vacío y seco, luego se colocó el extracto a la temperatura de 25 °C durante 15 min, el exceso de líquido sobrenadante en el picnómetro se secó con toallas absorbentes y se procedió a pesar. Se limpió se secó nuevamente y se pesó el picnómetro con el agua destilada a 25°C (Ordóñez, 2016).

$$\text{Ecuación: } D = \frac{M1 - M}{M2 - M}$$

M1: Peso del picnómetro con la muestra (g)

M2: Peso del picnómetro con el agua (g)

M: Peso el picnómetro vacío (g).

9.5.3. Optimización el proceso de microencapsulación del orégano (*Origanum vulgare*, L) en función al rendimiento, humedad y eficacia de la microencapsulación.

Para la preparación de 500 g de emulsión, se pesaron 290 g de agua destilada, 70,00 g de extracto de orégano, 70,00 g de goma arábiga USP GRADE y 70,00 de maltodextrina, se preparó la misma cantidad de emulsión para todas las corridas. Se prepararon emulsiones de extracto en agua, con 42 % de sólidos de acuerdo al método descrito por (Tuyen, 2014) con

algunas modificaciones. Para este proceso se usó goma arábica y maltodextrina como materiales encapsulantes, se utilizan estas gomas como pared de revestimiento mediante la técnica de secado por aspersión, con la finalidad de proteger el extracto a base de orégano de procesos oxidativos. Se disolvió la goma arábica con 290 g de agua destilada, se agregó la maltodextrina y finalmente se añadió el extracto, manteniendo una temperatura de 65°C, posteriormente se llevó a un proceso de microfluidización en un agitador Ultraturrax marca Coleparmer, el cual se homogeneizó por 3 min a 10000 rpm; con el fin de tener una emulsión estable. Estudios realizados en la microencapsulación de extractos de semilla de mango demuestran que al combinar goma arábica y maltodextrina se logra obtener una buena estabilidad en el sistema de emulsión y eficiencia en el producto microencapsulado (Maisuthisakul & Gordon, 2012).

Tabla 7: Formulación de la emulsión

Formulación de la emulsión		
Materia prima	Masa (g)	Contenido (%)
Agua destilada	290	58
Extracto de orégano	70,00	14
Goma arábica	70,00	14
Maltodextrina	70,00	14
TOTAL	500	100

Elaborado por: (Chamba Y, Quispe S).

9.5.3.1. Secado por aspersión

El secado se ejecutó en un atomizador rotatorio mobile minor atomizador secador (Niro Atomizer Ltd., Copenhague) con las siguientes condiciones operativas: velocidad de rotación del atomizador de 25.000 min⁻¹, velocidad de flujo de alimentación de 500, 600 y 700 mL/h, temperaturas de entrada aire de 130, 140 y 150 °C, y temperatura del aire de salida de 75 ± 2 °C, los factores de velocidad de flujo de alimentación y temperatura de aire de entrada fueron seleccionadas para preparar 500 g de la emulsión para cada ejecución experimental. Una de las ventajas de este método, en comparación con otros procesos de microencapsulación, es un proceso rápido y económico, además de su sencillez, es que es apropiado para elementos muy versátiles y termo sensibles (López Hernández, 2010).

Las microcápsulas obtenidas se almacenaron en lugares frescos y se conservaron las 9 corridas en fundas herméticas, se almacenó en un desecador a 20 °C selladas y rotuladas para su posterior análisis. Los factores de trabajo fueron la temperatura de aire de entrada (TAE) y velocidad del flujo de alimentación y las variables respuestas la humedad (%), rendimiento (%) y eficacia de la microencapsulación (López Hernández, 2010).

9.5.3.2. Determinación del rendimiento del microencapsulado

Este parámetro se determinó en base a la relación entre los gramos de polvo microencapsulado y los sólidos totales, en otras palabras se refleja la proporción de microcápsulas obtenidas, este parámetro se obtiene por la fórmula descrita por Calero et al., (2008).

$$\% \text{ de rendimiento} = \frac{(MC + MCP) - MC}{MT} * 100$$

Donde

R: rendimiento (% m/m).

MC: masa del colector.

MCP: masa del microencapsulado.

MT: masa total de sólidos totales de la alimentación.

9.5.3.3. Determinación del porcentaje de eficacia de microencapsulación

Técnica de polifenoles

Este parámetro se estableció de acuerdo al método mencionado por Slinkard y Singleton (1997) mediante el uso de reactivo Folin-Ciocalteu. La muestra se preparó con 1 g de orégano en polvo. Se combinó 50 µL de la muestra con 2,5 mL de disolución acuosa de Folin-Ciocalteu diluida 1:10. Después se agitó y se dejó reposar la mezcla por 5 min. Se agregó 2 mL de una disolución al 7,5 % (m/v) de Na₂CO₃. Se agitó de nuevo y se dejó reposar por 2 h, después se leyó la absorbancia a 765 nm. Se trabajó con ácido gálico como modelo entre 100 y 900 mg/L. Los fenoles totales se expresaron como ácido gálico de orégano, mediante la siguiente ecuación descrita por Gaviláñez, (2020).

$$PT = \frac{(A - a) * V * \frac{fd}{100}}{P.M}$$

Dónde:

CF: Contenido de polifenoles totales.

A: Absorbancia.

a: Intercepto de la curva de calibración.

b: Pendiente de la curva de calibración.

V: Volumen total del extracto (mL).

fd: Factor de dilución de la muestra.

P.M: Masa de la muestra.

Se centrifugó a 5000 rpm/15 min la fase dispersa de las microcápsulas con el fin de retirar los polifenoles microencapsulados. Después se estableció la concentración de polifenoles del centrifugado obtenido. Los polifenoles que no fueron microencapsulados se obtuvieron mediante el lavado de las microcápsulas con etanol al 60%, la cantidad de polifenoles no encapsulados se cuantificaron en el disolvente de lavado. La eficiencia de microencapsulamiento fue deducida (%EE) con la fórmula descrita por González et al., (2015).

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

Donde:

A: es la concentración de polifenoles totales en la suspensión.

B: es la concentración de polifenoles sin microencapsular

9.5.4. Caracterización del microencapsulado obtenido del proceso de secado por aspersión en función de las propiedades fisicoquímicas.

9.5.4.1.Determinación del potencial hidrogeno.

Para la determinación del potencial de hidrógeno se disolvió 6 g de polvo microencapsulado en 25 ml de agua destilada, este procedimiento se lo realizó para las 9 corridas de extracto de orégano, la disolución se midió con un pH-metro (marca LATRE pH-b12 0.00 - 14.00 pH), mediante lectura directa se obtuvo el resultado de pH de la muestra (Perrazo, 2018).

9.5.4.2.Determinación de humedad.

Se pesó en una bandeja pequeña de aluminio previamente tarada 10g de muestra de polvo microencapsulado de orégano, se realiza este procedimiento por duplicado, se colocó la muestra en la estufa de secado a una temperatura de 105°C durante 24 horas, el período de tiempo comienza cuando se tiene la temperatura deseada, se retiró las muestras de la estufa, se llevó a enfriar nuevamente en el desecador y se pesó de nuevo en la balanza analítica, este procedimiento de desecación se lo debe realizar hasta tener un peso constante. Para el cálculo de humedad se utilizó la ecuación descrita por (Zaragoza, 2015).

$$\% \text{ Humedad} = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} * 100$$

Donde:

% humedad: Porcentaje de humedad.

m1: masa inicial del crisol vacío.

m2: masa del crisol vacío más la muestra húmeda.

m3: masa del crisol vacío más la muestra seca.

9.5.4.3.Sólidos totales

Para la cuantificación de sólidos totales se utilizó una balanza de humedad, este valor se obtendrá por diferencia de peso que será expresado en porcentaje.

% sólidos totales = 100 - % humedad

9.5.4.4.Determinación de densidad aparente

Se pesó 0,5 g de muestra de polvo microencapsulado y se agregó en una probeta graduada de 10mL, se anotó el volumen aparente sin realizar ningún tipo de tratamiento y se calculó con la ecuación descrita por Baranauskaite et al., (2017):

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

Donde:

Da: densidad aparente.

m: masa de la muestra (g).

V: volumen de la muestra (mL).

9.5.4.5. Densidad compactada

Se colocó 1 g de polvo microencapsulado en una probeta graduada de 10 mL, esta se golpeó ligeramente en una superficie recta 50 veces a una altura de 10 cm. La densidad compactada se calculó mediante la siguiente ecuación (Baranauskaite et al., 2017).

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

Donde:

D_c: densidad compactada.

m: masa de la muestra (g).

V_c: volumen de la muestra compactada (mL)

9.5.4.6. Determinación del contenido de polifenoles

Los compuestos fenólicos se midieron de acuerdo al método descrito por Slinkard y Singleton (1997) con el reactivo de Folin-Ciocalteu. La preparación de la muestra consistió en tomar 1 g de orégano en polvo. Se mezclaron 50 µL de la muestra con 2,5 mL de disolución acuosa de Folin-Ciocalteu diluida 1:10. La mezcla se agitó y se dejó en reposo durante 5 min. Se adicionaron 2 mL de una disolución al 7,5 % (m/v) de Na₂CO₃. Se agitó nuevamente, se dejó reposar durante 2 h y se leyó la absorbancia a 765 nm. Se utilizó ácido gálico como patrón entre 100 y 900 mg/L. El contenido de fenoles totales se expresó como ácido gálico de orégano. Para la determinación de los polifenoles se realizó con la fórmula planteada en el punto 9.7.2.

9.5.4.7. Capacidad antioxidante reductora de hierro (FRAP)

Para la determinación de la capacidad antioxidante reductora de hierro se siguió la metodología planteada en el punto 9.7.2.

9.5.4.8. Solubilidad

Se mezcló 1 g de muestra del polvo con 100 mL de agua destilada durante 5 min con un agitador. Luego se transfiere la solución a un tubo, se agita manualmente hasta que se solubilice toda la muestra, se transfiere a tubos para su centrifugación a 5260 rpm durante 5 min, se toma una muestra representativa de 25 mL del sobrenadante a una cápsula, y luego se coloca en un horno a 105 °C hasta alcanzar peso constante. Se calculó mediante la siguiente ecuación descrita por Baranauskaite et al., (2017).

$$\text{solubilidad} = \frac{\text{peso sólidos} * 4}{\text{peso de la muestra}} * 100$$

9.5.4.9. Higroscopia

Para la determinación de la higroscopia se cumplió el método propuesto por Cai & Corke, (2000) se pesó 0,5 g del microencapsulado en cada caja Petri y se dejó en el desecador que contenía una solución de sulfato de sodio con una humedad relativa de 80%. En una semana de haber dejado las muestras se retiran del desecador y se pesan. El resultado es calculado según la siguiente ecuación el cual se expresa en g de humedad por 100 g de sólidos secos Luna Guevara et al., (2016).

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

Donde:

Peso mcps inicial: Peso de micropartículas inicial.

Peso mcps final: Peso de micropartículas después de una semana.

9.5.4.10. Determinación de Índice de Carr

Se define como la compresibilidad de una muestra pulverulenta o granulada. Se calcula según la fórmula matemática descrita por Rojas, (2019).

$$Ic \frac{Dc - Da}{Dc} * 100$$

Donde:

IC: índice de Carr.

Da: densidad a granel.

Dc: densidad compactada

Tabla 8: Fluidéz de polvo según índice de Carr

Índice de Carr (%)	Fluidéz
>15	Muy buena
15 – 20	Buena
20 – 35	Aceptable
35 – 45	Mala
>45	Muy mala

Fuente: (Jinapong et al., 2008)

9.5.4.11. Ángulo de reposo

La fluidéz se determina mediante el cálculo del ángulo de reposo el cual se realiza con un embudo ANORSA. Se utiliza una hoja de papel milimétrico a una altura de 7 cm del papel colocar el embudo en una pinza de soporte metálico colocando el centro del papel milimétrico, se mide el diámetro y la altura del cono formado y se calculó el ángulo de reposo mediante la ecuación descrita por Baranauskaite et al., (2017).

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

Donde:

Θ : ángulo de reposo

\tan^{-1} : tangente

h : altura del cono

r : Radio de cono

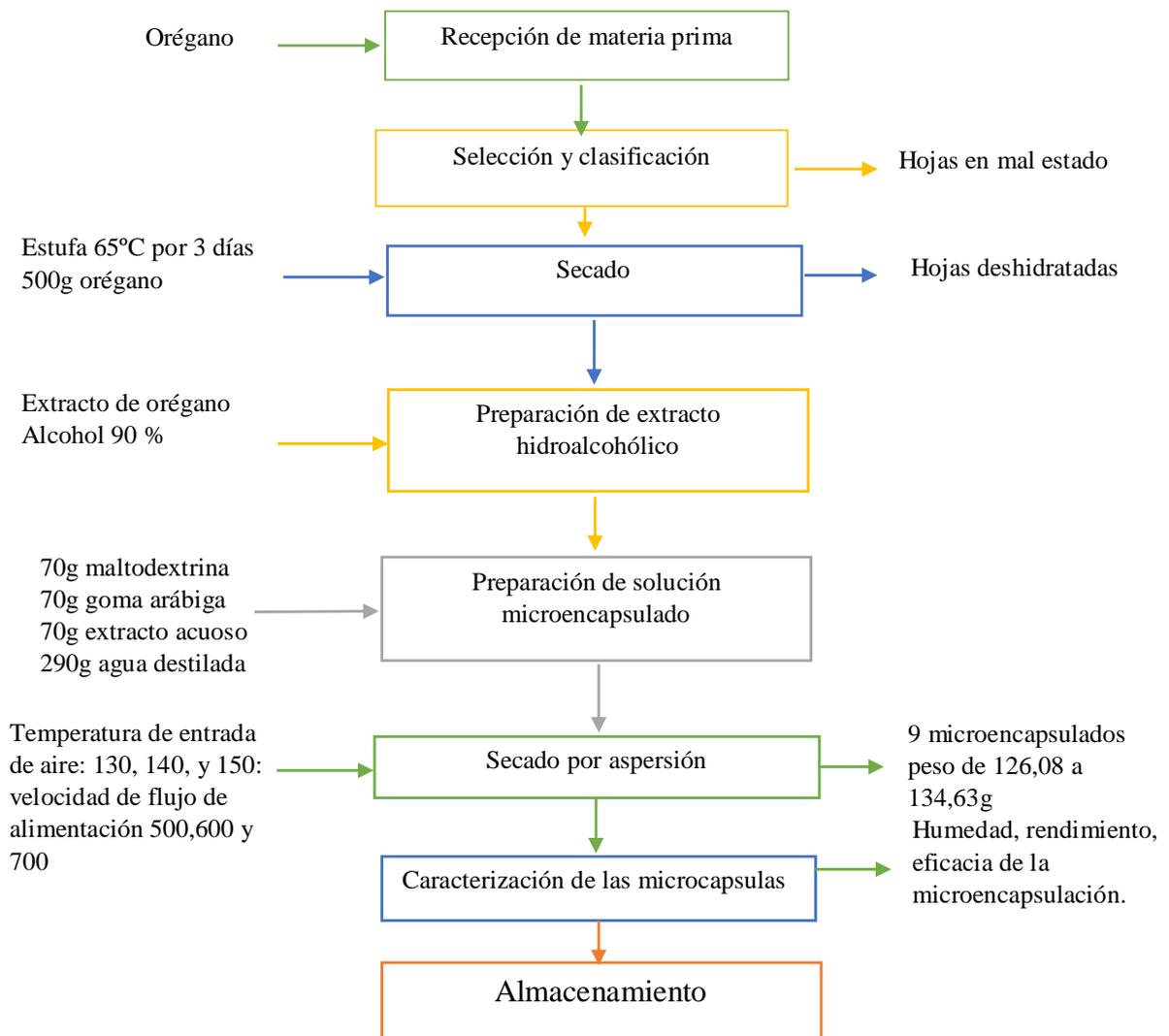
Tabla 9: Propiedades de flujo y ángulos de reposo correspondientes

Ángulo de reposo (°)	PROPIEDADES DE FLUJO
25-30	Excelentes
31-35	Buenas
36-40	Correctas
41-45	Pasables
46-55	Pobres
56-65	Muy pobres
> 66	Muy, muy pobres

Elaborado por: (Chamba Y. & Quispe S)

Fuente: (Begoña, n.d.)

9.5.4.12. Diagrama de flujo



10. ANALISIS Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS

10.1. Extracción de los compuestos bioactivos de la planta de orégano mediante disolventes hidroalcohólicos.

Bajo las condiciones de extracción 1:10 masa disolvente, a 60°C por 24 horas y 90 % v/v de alcohol, se obtuvo 105mL de extracto hidroalcohólico a base de orégano. Según (Aravena, 2014) menciona que los compuestos fenólicos son responsables del potencial benéfico que ofrece el orégano.

10.2. Caracterización el extracto acuoso de orégano (*Origanum vulgare*, L) mediante ensayos fisicoquímico.

Tabla 10: Análisis fisicoquímico del extracto de orégano

Parámetro	Resultado
pH	5,88
Sólidos Totales (%)	1,79
Humedad (%)	98,21
Capacidad antioxidante reductor del hierro ($\mu\text{M Fe/g muestra}$)	1902,45
$^{\circ}\text{Brix}$	8,1
Densidad (g/mL)	1,0526

Elaborado por: (Chamba Y. & Quispe S)

La muestra de extracto hidroalcohólico a base de orégano tiene un pH de 5,88, podemos considerar que el extracto es ligeramente ácido. Fernández et al., (2012) reporta valores de pH 6,28 para extractos acuosos de *Lippia sidoides*, 5,96 para extractos de hojas frescas de *Petiveria alliacea* L. Ochoa et al.,(2013). 5,69 para extracto hidroalcohólico de caléndula Rojas & Rojas (2018), en base a las investigaciones realizadas se puede decir que la mayoría de extractos hidroalcohólicos presenta valores ligeramente ácidos. La relación planta: disolvente tiene gran influencia sobre el pH de los extractos, que tiende a disminuir a la inversa de este parámetro.

Los sólidos totales se determinaron mediante diferencia de peso con base al valor de la humedad, obteniendo un valor de 1,79%. Acosta et al., (2017) reporta valores de sólidos totales de 1,5 % para la determinación de sólidos a partir de extractos acuosos de orégano, chincho y acedera. Akhavan et al., (2016) menciona valores de 2,18% en sólidos totales en extractos hidroalcohólicos a base de agracejo. 3,21% para extractos acuosos de *lippia sidoides* Fernández et al., (2012), los valores de sólidos totales consultados tiene gran semejanza al valor de la investigación, la mayoría de investigaciones se utilizan valores de análisis iguales o parecidos (temperatura de secado, peso de la muestra, tiempo de secado). Se evidenció una evaporación completa del agua de la muestra, fue determinado mediante diferencia de peso en función de la humedad.

La humedad del extracto presenta un valor de 98,21%, Akhavan et al., (2016) reporta valores de humedad de 82,79% para extractos acuosos de orégano, chincho y acedera. 81,59% para extractos hidroalcohólicos de manzanilla y salvia Padilla (2015). 88,75% para determinación

de Taninos presente en extractos acuosos de *Baccharis genistelloides* Herrera, et al., (2017). El valor de humedad es alto debido a que para la preparación del extracto se utilizó la relación 1:10 otorgando al solvente el 90% de la composición del extracto, es así que durante el proceso de determinación de humedad hubo una evaporación completa del solvente.

El extracto hidroalcohólico a base de orégano al presentar poder reductor tiene la capacidad de donar electrones al Fe^{3+} para convertirlo en Fe^{2+} , esto conlleva, finalmente a decir que el extracto tiene actividad antioxidante, el extracto de orégano contiene cuatro veces más flavonoides conocido por su alto poder antioxidante que puede ser empleada para la prevención de la oxidación en alimentos (Lozano et al., 2005). Los resultados para la capacidad antioxidante reductor del hierro mostraron que el extracto acuoso de orégano presento una actividad antioxidante con un valor de $1902,45 \mu\text{M Fe}^{2+}/\text{g}$ muestra. Carvajal de Pabón et al., (2011) cuantificaron para extractos metabólicos de hojas de granadilla valores de $233,097 \mu\text{M Eq Fe}^{2+}/100 \text{ g}$ de extracto. $700,53 \mu\text{M Eq Fe}^{2+}/100 \text{ g}$ de extracto para evaluación de la actividad antioxidante de extractos orgánicos de semillas de *heliocarpus* Martínez (2007). $825,11$ y $1919,99 \mu\text{M Eq Fe}^{2+}/100 \text{ g}$ de extracto para caracterización fenólica y capacidad antioxidante de extractos a base manzanilla y hierba buena Flores et al., (2019). La capacidad antioxidante del extracto hidroalcohólico tiene estrecha relación al porcentaje del disolvente durante la extracción, por lo tanto, a mayor concentración de disolvente, mayor será la concentración de compuestos antioxidante totales.

La densidad del extracto presento un valor de $1,05\text{g/mL}$. Ochoa et al.,(2013) reporta valores de densidad de $1,1451\text{g/mL}$ para caracterización de extractos totales de hojas frescas de *Petiveria alliacea* (hierba de ajo). $0,9302 \text{ g/mL}$ para extracto hidroalcohólico de caléndula Rojas & Rojas (2018). $1,050\text{-}1,80 \text{ g/mL}$ para extracto hidroalcohólicos de opio, Viveros (2018). En cuanto a la densidad obtenida de extracto de orégano son valores similares a la densidad del agua $1,000\text{g/mL}$ se debe a la viscosidad del extracto y porque se utiliza como disolvente el etanol, el valor de densidad reportado tiene estrecha relación con la concertación de solvente pues la densidad va a variar a altas y bajas.

$^{\circ}\text{Brix}$ en el extracto presenta un valor de $8,1$, Akhavan et al., (2016) reporta valores de $10,5$ $^{\circ}\text{Brix}$ para extractos acuosos de orégano, chincho y acedera. $7,8$ a partir de extractos de orégano (*oréganum vulgare*) Mantilla (2018). Los grados $^{\circ}\text{Brix}$ reportados tiene estrecha relación con la concentración de solvente utilizado, por lo tanto, en investigaciones reportan que a altas concentraciones de solvente menor será el contenido de grados $^{\circ}\text{Brix}$ en el extracto.

10.3. Optimización proceso de microencapsulación del orégano (*Origanum vulgare*, L) en función al rendimiento, humedad y eficacia de la microencapsulación.

La Tabla 11 reporta la matriz experimental para la microencapsulación del extracto de orégano en función al rendimiento, humedad y eficacia de la microencapsulación.

Tabla 11: Matriz experimental para la microencapsulación del extracto de orégano

	TAE (°)	VFA (mL/h)	Rendimiento (%)	Eficacia del encapsulamiento (%)	Humedad (%)
1	150	600	94,23	92,00	3,56
2	140	600	90,01	90,86	3,99
3	150	700	93,13	88,25	4,01
4	130	700	85,13	81,00	4,90
5	130	500	82,12	88,00	4,45
6	150	500	95,15	94,00	3,15
7	140	600	89,12	91,11	4,01
8	140	700	92,16	85,00	3,80
9	140	500	87,23	90,22	4,12

VFA: velocidad de flujo de alimentación, TAE: temperatura de aire de entrada;

Elaborado por: (Chamba Y. & Quispe S)

La tabla 12 reporta el modelo codificado para el rendimiento, donde se mostró que el factor F del modelo de regresión indicó que el modelo lineal fue mayor que el valor de la tabla de Fisher, por lo tanto, se rechazó la hipótesis nula y se finiquitó que el modelo y las diferencias fueron significativas. La prueba realizada para la falta de ajuste no dio significativa.

Tabla 12: Parámetros del modelo codificado para el rendimiento (%)

Indicador	Rendimiento (%)
Intercepto	89,23
X_{VFA}	0,29
X_{TAE}	5,12*
R^2	0,905
R^2 ajustado	0,874
F modelo	28,68*
F falta de ajuste	7,15
Precisión adecuada	13,81

VFA: velocidad de flujo de alimentación.

TAE: temperatura del aire de entrada.

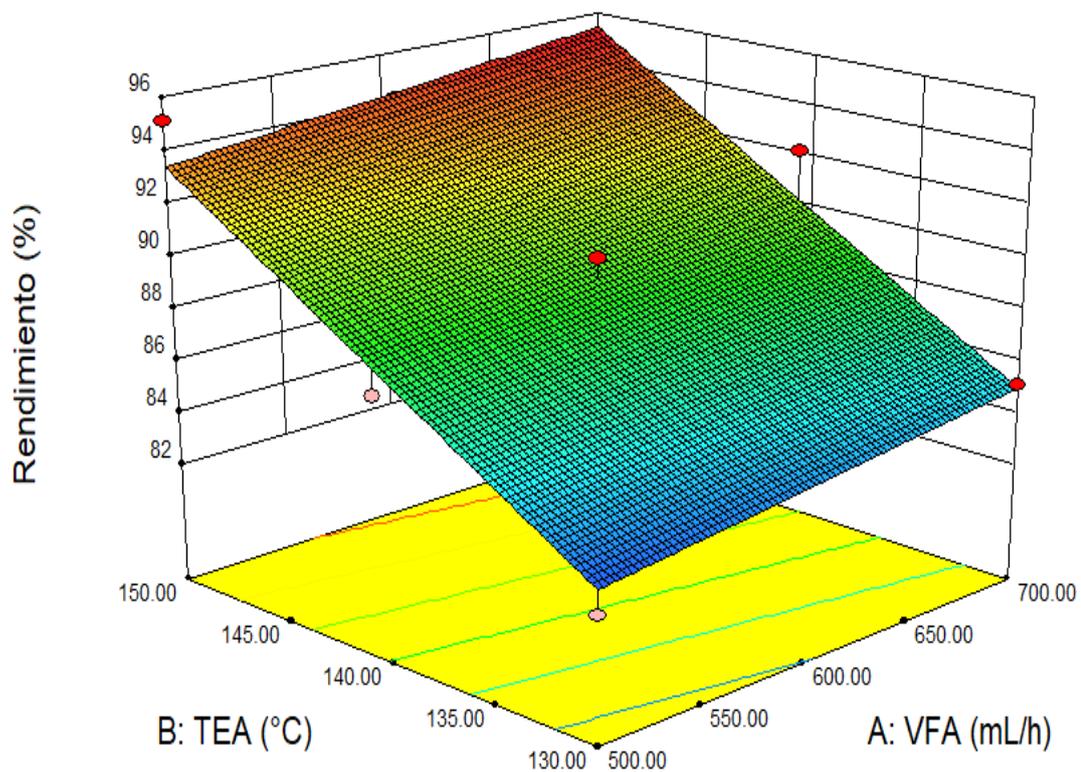
REN: rendimiento de la microencapsulación.

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

**Valor significativo para $p \leq 0,005$.

Se evidencia que existe diferencia significativa ($p < 0,05$) por lo tanto el coeficiente de determinación R^2 es alto, pero se considera que puede estar sobrevalorado, el R^2 ajustado decrece cuando hay términos significativos la diferencia que hay entre ambos es de 0,031. En estudios realizados por Fernandes et al., (2012) de microencapsulación de secado por aspersión de extractos de *Lippia sidoides* con mezclas de carbohidratos el rendimiento estuvo entre 46,2 a 68,2%. Investigaciones realizados por Pastuña-Pullutasig et al., (2016) sobre la microencapsulación de aceite de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) mediante secado por aspersión la temperatura de entrada fue de 150 °C, con un rendimiento del $82,10 \pm 0,99\%$. Las temperaturas de secado más bajas generaron un producto húmedo que tendía a adherirse a la cámara de secado y a la pared del ciclón, por lo tanto, es recomendable trabajar a temperaturas de 150° que garantiza un producto con baja humedad.

Gráfica 1: Modelo del rendimiento. VFA: velocidad del flujo de alimentación, TAE: temperatura del aire de entrada.



El modelo lineal de rendimiento se considera óptimo para el diseño experimental. La velocidad de flujo de alimentación y la temperatura de entrada de aire resultaron significativo, por lo que el rendimiento aumenta con una temperatura de entrada de aire alta y cuando la velocidad de flujo es baja, que influye directamente en el rendimiento, lo que puede deberse a que cantidades pequeñas de emulsión permiten una mejor transferencia de calor y masa, que ocasiona un decremento de las diferencias de temperaturas del aire de entrada y salida. Como consecuencia de ello, se produce un polvo con menor humedad y, por consiguiente, una menor adherencia a las paredes del equipo e incremento del rendimiento (Reineccius, 2006).

Evaluación del modelo para la humedad

Tabla 13: Parámetros del modelo codificado de humedad

Indicador	Humedad (% m/m)
Intercepto	4,06
X_{VFA}	0,17*
X_{TAE}	-0,55*
R^2	0,795
R^2 ajustado	0,727
F modelo	11,64*
F falta de ajuste	406,11
Precisión adecuada	9,355

VFA: velocidad de flujo de alimentación.

TAE: temperatura del aire de entrada.

HUM: humedad.

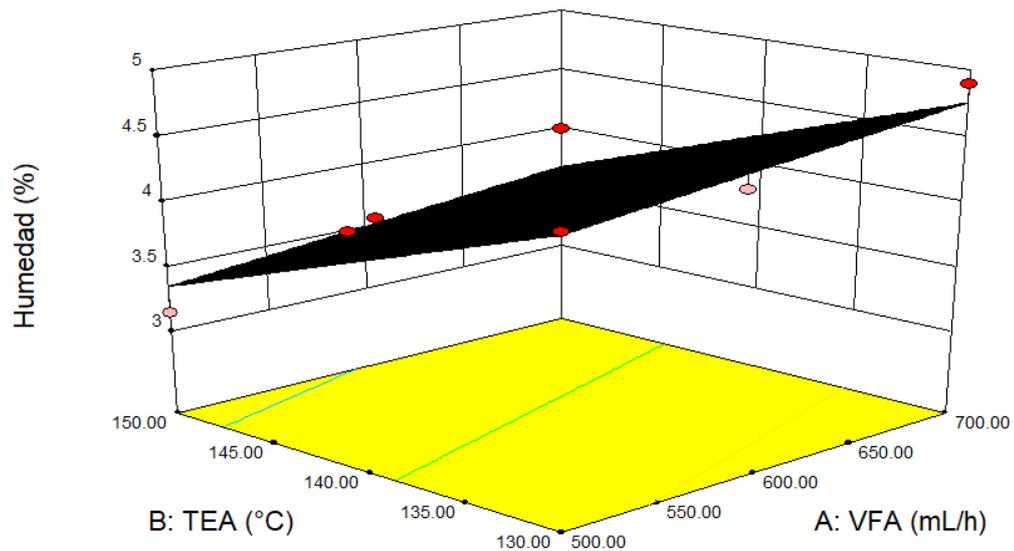
*Valor significativo para $p \leq 0,05$.

**Valor significativo para $p \leq 0,005$.

En la tabla 13 se evidencia el modelo codificado de humedad, existe diferencia significativa ($p < 0,05$), en el coeficiente de determinación R^2 es alto, pero se considera que puede estar sobrevalorado, el R^2 ajustado decrece cuando hay términos significativos la diferencia que hay entre ambos es de 0,068. Los resultados obtenidos de humedad están entre 3,15 a 4,90%, según Daza et al., (2016); Goula & Adamopoulos, (2010); Medina-Torres et al., (2019) el porcentaje

de humedad de los polvos alcanzados mediante secado por aspersión oscilan entre 1,50 % y 9,55 %; podemos decir que una humedad baja impide la afluencia entre partículas y un incremento en la dispersión del polvo, es así que cuando se incrementa la temperatura baja la humedad (Meza & Luis Boyano Orozco, 2020).

Gráfica 2: Modelo de la humedad. VFA: velocidad del flujo de alimentación, TAE: temperatura del aire de entrada.



A mayor temperatura de aire de entrada y menor velocidad de flujo de alimentación tendremos polvos con menor humedad, la temperatura del aire de entrada en el modelo lineal es significativa para $p \leq 0,05$, el modelo obtenido para humedad presenta la temperatura de entrada de aire con signo negativo y la velocidad del flujo de alimentación con signo positivo. Para Jittanit et al.,(2011) señalan que a temperaturas más altas de entrada de aire, existe una gradiente de temperatura mayor entre la alimentación atomizada y el aire de secado, lo que resulta en una mayor fuerza motriz para la evaporación del agua, produciendo polvos con menor contenido de humedad; los valores de humedad obtenidos son cercanos a los reportados por Paini et al., (2015) en el secado por aspersión de extracto de fruta Gac (con una disminución en el contenido de humedad de 5,3% a 3,9% al aumentar IT de 120 a 200 C).

El modelo para ambos factores presento influencia significativa sobre la humedad de los polvos la VFA con signo positivo y la TAE con signo negativo.

Evaluación del modelo para la eficacia de la microencapsulación

En la tabla 14 se visualiza que el factor F del modelo de regresión indico que el modelo lineal fue mayor que el valor de la tabla de Fisher, por lo tanto, se rechazó la hipótesis nula y se acepta

la alternativa debido a que el modelo y las diferencias fueron significativas. La prueba realizada para la falta de ajuste no dio significativo.

Tabla 14: Parámetros del modelo codificado de eficacia de la microencapsulación

Indicador	Eficiencia
	microencapsulación (%)
Intercepto	88,57
X_{VFA}	-3,00*
X_{TAE}	3,34*
R^2	0,867
R^2 ajustado	0,822
F modelo	19,47*
F falta de ajuste	106,55
Precisión adecuada	13,16

VFA: velocidad de flujo de alimentación.

TAE: temperatura del aire de entrada.

RAE: retención de aceite esencial.

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

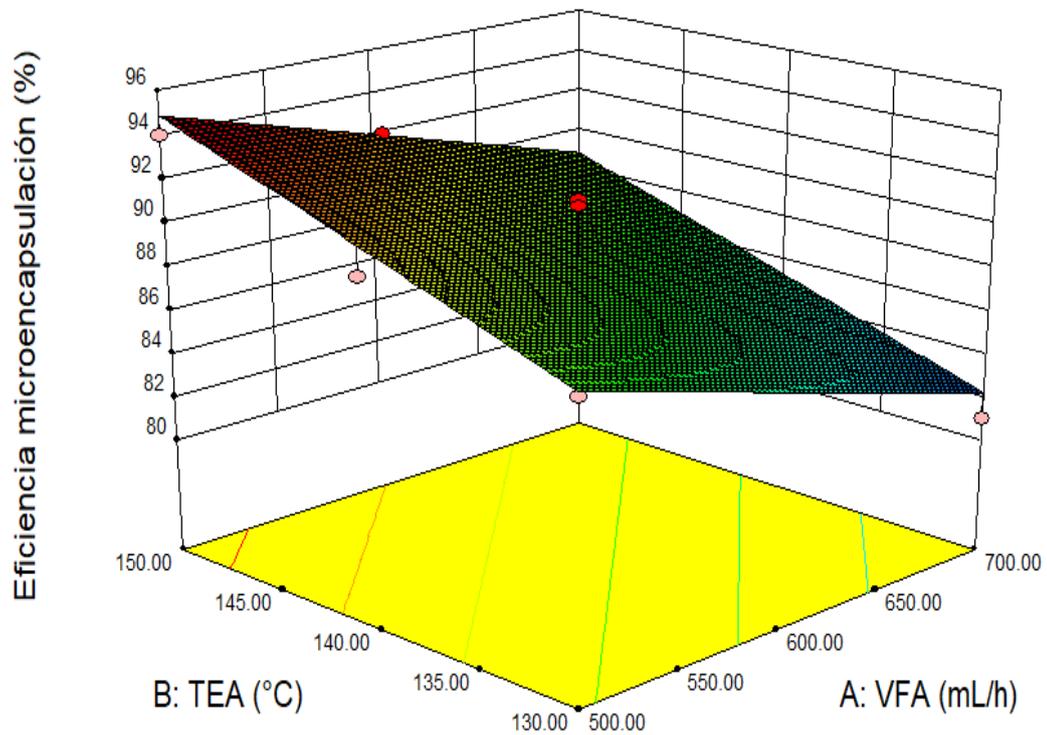
**Valor significativo para $p \leq 0,005$.

De acuerdo a los resultados que se mencionan en la tabla 14 para la determinación de eficacia, la velocidad del flujo de alimentación y temperatura de entrada de aire son factores significativos para ($p \leq 0,05$) mediante la tabla de Fisher con una relación inversa. Al analizar el signo de los coeficientes, la eficacia del microencapsulado aumenta cuando hay una mayor temperatura de aire de entrada y disminuye cuando la velocidad del flujo de alimentación es menor.

Los polvos microencapsulados tiene un rendimiento del 85,13% al 91,15%, en otros estudios sobre la microencapsulación se reportan valores de eficiencia comprendidos entre 89,06% a 96,21% para optimización de microencapsulación de antocianinas naturales con maltodextrina, goma arábica y gelatina (Akhavan Mahdavi et al., 2016). 97,38% para efecto de la combinación de maltodextrina con goma arábica (Karrar et al., 2020). 91,74% a 91,77% para microencapsulado maltodextrina y goma arábica de aceite de semilla de *curcubita* (López et al., 2009). 88% a 98% para microencapsulación de vitamina A combinaciones de goma arábica,

maltodextrina y almidón (Ribeiro et al., 2020). 98,1% a 99,1% para microencapsulación de polifenoles de uva con maltodextrina, goma arábica como materiales de revestimiento (Tolun et al., 2016).

Grafica 3: Eficiencia microencapsulación



La grafica 3 presenta la superficie respuesta obtenida para la eficacia del microencapsulado, podemos observar que la eficacia del secado aumenta considerablemente con la variación de la temperatura de aire de entrada y disminuye cuando la velocidad de flujo de aire es menor alcanzando su valor más alto de 94,89%. Las condiciones del secado por aspersión como: temperaturas de entrada y salida, caudal de alimentación, flujo de aire y humedad, tamaño de partícula de polvo son los factores que pueden afectar la eficiencia de la encapsulación (Akhavan Mahdavi et al., 2016).

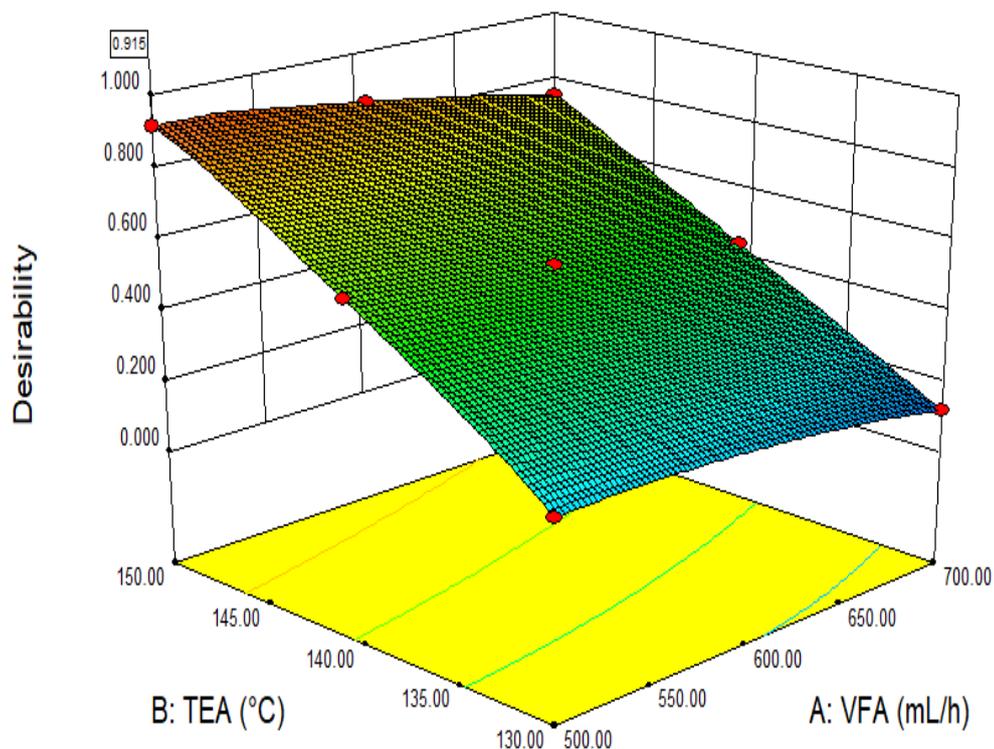
Entonces podemos afirmar que la temperatura de entrada de aire para la microencapsulados es un factor clave que influye en la eficiencia del microencapsulado pues tiene más influencia sobre la velocidad del flujo de alimentación.

Tabla 15: Optimización de los modelos del diseño experimental.

N.º	Velocidad de flujo de alimentación	Temperatura de entrada de aire	Eficiencia de microencapsulación	Humedad	Deseabilidad	Rendimiento
1	500	150	94,8986	3,35591	0,915	93,448

Fuente: Chamba Y & Quispe S

La Tabla 15 evidencia la optimización matemática para las variables respuestas de rendimiento, eficiencia de la microencapsulación y humedad, para lo cual se procedió a generar modelos utilizando la velocidad de flujo de alimentación y temperatura de aire de entrada obteniendo una en función deseabilidad 0,915, que estuvo cerca de 1. Con esta combinación, se encontraron los siguientes valores: 93,448% de rendimiento de polvo, 94,89 de eficiencia en la microencapsulación 3,35% de contenido de humedad. En otro estudio sobre la optimización de microencapsulación de antocianinas naturales con maltodextrina y goma arábiga reporta valores máximos de deseabilidad justo por encima del 0,55 (Akhavan Mahdavi et al., 2016).

Gráfica 3: Optimización del proceso.

Se debe aclarar que no se realizó microencapsulados con temperaturas superiores de 150°C debido a que los extractos pueden sufrir disminución de su composición química y reológica.

10.4. Caracterización del microencapsulado obtenido por el proceso de secado en función a las propiedades fisicoquímicas.

Los análisis fisicoquímicos son parámetros que facilitan la comprensión de la organización y distribución de las partículas que forman parte de una matriz alimentaria y las modificaciones que pueden sufrir el componente microencapsulado. Gracias a estas técnicas podemos conocer las características y propiedades de este tipo de polvos que pueden ser utilizados como aditivos alimentarios (Zhang et al., 2020).

Tabla 16: Caracterización del análisis fisicoquímico al polvo optimizado.

Parámetros	Resultados
Temperatura de entrada de aire (°C)	150
Flujo de alimentación (mL/h)	500
Humedad %	3,15
Densidad aparente (g/mL)	0,24
Densidad compactada (g/mL)	0,48
Ángulo de reposo	31,58
Higroscopia %	21,49
Solubilidad %	92
Rendimiento %	95,15
Índice de Carr	50
pH	4,97
Capacidad antioxidante reductor del hierro ($\mu\text{M Fe}^{2+}$ /g muestra)	402
Polifenoles totales (mg/g)	0,15

Elaborado por: (Chamba Y. & Quispe S)

La humedad de la microcápsula es de 3,15% que fueron similares a los obtenidos por (Medina-Torres et al., 2019) en estudios sobre microencapsulación de ácido gálico mediante secado por atomización con mucílago de aloe vera (*aloe barbadensis miller*), menciona que el porcentaje de humedad de los polvos que se obtienen mediante secado por aspersión oscilan entre 1,50 % y 9,55 %; un valor de humedad depreciable impide la fluencia entre partículas y se tendrá una mejor fluidez de los polvo, por lo tanto, el producto final obtuvo una humedad baja.

La densidad aparente del polvo microencapsulado presento un valor de 0,24 g/mL, en otras investigaciones se reportan valores de 0,43 g/mL para optimización de microencapsulación de antocianinas naturales con maltodextrina, goma arábiga y gelatina (Akhavan Mahdavi et al., 2016). 0,16 para optimización de microencapsulación de antocianinas naturales con maltodextrina, goma arábiga y gelatina (Karrar et al., 2020), se puede decir que el aumento de

la concentración de maltodextrina, la alta temperatura de entrada de aire provoca una menor densidad aparente y mayores tamaños de macropartículas.

La densidad compactada del polvo microencapsulado presento un valor de 0,48g/mL, en otra investigación se reportan valores de 0,34 para optimización de microencapsulación de antocianinas naturales con maltodextrina, goma arábica y gelatina (Karrar et al., 2020).

La higroscopicidad del polvo microencapsulado presento un valor de 21,49%, en investigaciones donde se utilizó maltodextrina y goma arábica para procesos de microencapsulación se reporta un valor de 19,53% (Akhavan Mahdavi et al., 2016), los valores de higroscopicidad aumentan inversamente con el contenido de humedad, de modo que un menor contenido de humedad del polvo indicara una mayor higroscopicidad.

La solubilidad de la microcápsula óptima es de 92% la solubilidad decrece a mayor temperatura y viceversa, si es endotérmico, se obtuvo como rendimiento un 92%, este parámetro ayudo a establecer la corrida más óptima, la misma que está dentro de los parámetros mencionados por Luna Guevara et al., (2016) en microencapsulación de algunos compuestos bioactivos mediante secado por aspersión. La solubilidad que posee un polvo es indispensable para su restauración y el recurso de los combinados encapsulados, es importante mencionar que los productos en polvo poseen una solubilidad mayor del 90 % Cardona Tangarife et al., (2021) en aspectos tecnológicos de la microencapsulación de compuestos bioactivos en alimentos mediante secado por aspersión, el valor de la solubilidad del microencapsulado se asemeja a los valores reportados por los autores, esto indica que los polvos microencapsulados del orégano son solubles en agua, lo que sugiere que el producto en polvo podría agregarse a varios productos en la industria alimentaria.

Se obtuvo un pH de 4,97 por lo cual los valores de pH en disoluciones acuosas resultan ser inferiores a 2, se favorece la forma estructural más estable, apreciándose el color rojo intenso. Sin embargo, a valores de pH superiores a 7, se presentan las formas quinoidales que se degradan rápidamente por oxidación de microencapsulación por atomización a partir de un extracto de los cálices de hibisco sabdariffa (Campo-Fernández et al., 2021).

El ángulo de reposo proporcionó un valor de 31,58, en estudios de Co-crystallization of Honey with Sucrose Bhandari et al., (1998) los polvos que exhiben ángulos de reposo menores que 40°C, generalmente presentan propiedades de flujo libre, mientras que ángulos arriba de 50°C indican cohesividades o problemas de flujo; por lo tanto el resultado es de flujo libre.

La capacidad antioxidante reductor del hierro del polvo microencapsulado presentó un valor de 402. Boyano et al., (2020) reporta un valor de 938,99 $\mu\text{M Fe}^{2+}$ /g muestra para concentraciones de agente encapsulante del 10% y 626,50 $\mu\text{M Fe}^{2+}$ /g muestra para una concentración del 13% para microencapsulación de extracto de rumbatán con maltodextrina mediante secado por aspersión, los resultados indican que el contenido de la capacidad antioxidante disminuye con la concentración de agente encapsulante, este dato tiene estrecha concordancia con los resultados obtenidos, pues en la investigación se utilizó una concentración del 14% de maltodextrina.

Los polifenoles totales del polvo microencapsulado tienen un valor de 0,15mg/g. Paini et al., (2015) reporta valores de polifenoles de 2,1 mg/g para microencapsulación de compuestos fenólicos de orujo, los polifenoles se ven afectados por las altas temperaturas de entrada utilizadas en el proceso de secado.

Para el polvo microencapsulado existe un rendimiento del 95,15%. Paini et al., (2015) reporta un rendimiento del 94,5%. Para Calero et al., (2008) reporta un rendimiento de 76,14 % , el rendimiento del microencapsulado se ve afectado en gran medida a las altas temperaturas de aire de entrada pues este parámetro será menor o mayor en función del aumento o disminución de la temperatura de aire de entrada.

11. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES)

11.1. Impactos técnicos

La presente investigación ostenta un impacto técnico porque facilita a las industrias alimentarias, componentes antioxidantes compuestos bioactivos microencapsuladas que actúan como barrera en las reacciones químicas, fortaleciendo el aumento de vida útil, facilitando la manipulación al modificar el estado físico del compuesto que será usado en algunos productos.

11.2. Impactos sociales

El orégano es una planta de mayor interés por su valor nutricional y el potencial agroindustrial es por eso que se incentiva a los agricultores a producir este tipo de materia prima, permitirá generar un desarrollo adecuado en el ámbito social y económico de las comunidades en los sectores más apartados de la provincia.

11.3. Impactos ambientales

El proyecto de investigación a realizar tiene por objetivo incentivar a las industrias de alimentos y de encapsulación a utilizar compuestos naturales y concientizar sobre el daño al medio ambiente, evitando el uso de aditivos químicos que provoquen degradación al medio y por ende afecciones a la salud humana.

12. PRESUPUESTO

RECURSOS	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
HUMANOS				
Tutor	1	-	-	-
Lectores	3	-	-	-
Postulantes	2	-	-	-
EQUIPOS				
Varilla agitadora de vidrio	1	u	2,5	2,5
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	350
Bomba generadora de vacío marca Rocker -300	1	u	498	498
Centrifuga (BOECO C-28A)	1	u	16000	16000
Rota evaporador	1	u	1567	1567
Bomba de vacío de agua	1	u	300	300
Desecador de vidrio con tapa	1	u	75	75
Espectrofotómetro modelo	1	u	2100	2100
Estufa (Mettler Universal 30)	1	u	6500	6500
Potenciómetro	1	u	13	13
Spray Dryer (SD - 303)	8	corridas	52,64	421,12
Ultraturrax (Coleparmer)	8	corridas	5,6	4408
SUBTOTAL				33214,61
MATERIALES Y SUMINISTROS				
Matraces Erlenmeyer 100mL	3	u	4,5	13,5
Tubos de sangre	8	u	0,4	3,2
Papel filtro	1	m	2	2
Fundas ziploc	50	u	0,072	3,6
Recipientes de plástico 100mL	50	u	0,072	3,6
Papel aluminio	2	m	2	4
Bandejas de aluminio	2	u	1.32	2.64
SUBTOTAL				29,9

Reactivos				
Carbonato de sodio (50USD)	50	g	1	50
Foling.	100	mL	1,50	150
ácido gálico	10	g	10	100
Etanol	10	l	10	100
FeCl	50	g	1	50
Acetato de sodio	20	g	2,50	50
Ácido acético	200	mL	0,25	50
2 g TPTZ	2	g	100	200
Sal de mohr	2	g	50	100
Ácido clorhídrico	100	mL	0,50	50
SUBTOTAL				900
MATERIA PRIMA				
Orégano				
Goma arábica grado alimentario	2	kg	8,67	17,34
Maltodextrina grado alimentario	2	kg	2,5	5
alcohol (60%)	2	gal	7	14
Subtotal				36,34
MATERIALES/OFICINA				
Esfero	2	u	0,5	1.00
Cuaderno	1	u	0,4	0.40
Marcador	1	u	1.25	1.25
Impresiones	800	u	0,02	16
Cd con portada	3	u	1,25	3,75
Empastados	3	u	15	45
Internet	4	meses	35	140
SUBTOTAL				207,40
TOTAL				34384,25

Elaborado por: (Chamba Y. & Quispe S)

13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

13.1. Conclusiones

- ✚ El proceso de extracción se realizó mediante metodologías optimizadas de otras investigaciones manteniendo condiciones, de relación 1:10 masa disolvente. A 60°C por 24 horas y 90% m/m de alcohol, obteniendo 120mL de extracto hidroalcohólico con las siguientes características: pH 5,88, humedad 98,21%, capacidad antioxidante 1902,45 $\mu\text{M Fe}^{2+}/\text{g}$, 8,1°Brix y densidad 1,0526g/mL.
- ✚ Mediante la optimización numérica se obtuvo como tratamiento óptimo la corrida número 6 del proceso de microencapsulación del extracto de orégano a una velocidad de flujo de alimentación 500 mL/h y temperatura de aire de entrada de 150 °C, en función de estas dos variables respuestas se obtuvo los siguientes resultados: de 95,15% de rendimiento, 94% de eficacia de microencapsulación y 3,15% de humedad.
- ✚ Mediante ensayos fisicoquímicos se caracterizó al microencapsulado optimizado, obteniendo las siguientes características pH 4,97, humedad 3,15%, excelente solubilidad 92%, rendimiento 95,15%, ángulo de reposo 31,58°, densidad aparente 0,24g/mL densidad compactada 0,48g/mL, higroscopicidad 21,49% e índice de carr 50, capacidad antioxidante 402 $\mu\text{M Fe}^{2+}/\text{g}$, polifenoles (mL/g) 0,15.

13.2. Recomendaciones

- ✚ Mantener las metodologías que se investigó de otros autores para que se conserven las condiciones de la obtención del extracto acuoso y así favorecer el proceso de extracción de los compuestos bioactivos de la planta, la selección del solvente es un factor muy importante pues el mismo puede determinar el éxito de un proceso de extracción en particular.
- ✚ Utilizar los polvos microencapsulados para investigaciones a futuro sobre su posible uso como aditivo alimentario en la formulación de distintos alimentos, identificar su posible actividad antioxidante sobre el alimento y las alteraciones que pueda sufrir.
- ✚ Analizar las características morfológicas de los polvos microencapsulados a base del extracto acuoso de orégano (*Origanum Vulgare L.*) por el método de microscopia de barrido (SEM), calorimetría y termogravimétrico (TGA) para determinar el tamaño y forma de la microcápsula.

14. REFERENCIAS

- Abalco, T. (2020). *Phytochemical characterization of the essential oil of oregano (O. vulgare L.) by gas chromatography from two provinces of Ecuador*. In *SELL Journal* (Vol. 5, Issue 1). Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Químicas, carrera de química de alimentos. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/17874>
- Acosta, L., Lizardo, A., & Kristy, Y. (2017). *Caracterización y obtención de preservantes microencapsulados a partir de Extractos Acuosa de Orégano (Origanum vulgare), Chincho (Tagetes elliptica) y Acedera (Rumex crispus)* [Universidad San Ignacio de Loyola]. <http://repositorio.usil.edu.pe/handle/USIL/2768>
- Akhavan Mahdavi, S., Jafari, S. M., Assadpoor, E., & Dehnad, D. (2016). *Microencapsulation optimization of natural anthocyanins with maltodextrin, gum Arabic and gelatin*. *International Journal of Biological Macromolecules*, 85, 379–385. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.01.011>
- Aravena, G. (2014). *Bioaccesibilidad De Los Compuestos Bioactivos Timol Y Carvacrol , Presentes En Orégano Y Tomillo , Al Ser Incorporados En Matriz Farinácea Bajo Diferentes Condiciones De Procesamiento*. In *Tesis* (Vol. 49). <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2014/ega663b/doc/ega663b.pdf>
- Baranauskaite, J., Kubiliene, A., Marksa, M., Petrikaite, V., I. K. V., Baranauskas, A., & Bernatoniene, J. (2017). *The Influence of Different Oregano Species on the Antioxidant Activity Determined Using HPLC Postcolumn DPPH Method and Anticancer Activity of Carvacrol and Rosmarinic Acid*. 2017. <https://doi.org/10.1155/2017/1681392>
- Bejarano, J. J., & Suárez, L. M. (2015). *Algunos peligros químicos y nutricionales del consumo de los alimentos de venta en espacios públicos*. *Revista de La Universidad Industrial de Santander. Salud*, 47(3), 349–360. <https://doi.org/10.18273/revsal.v47n3-2015011>
- Bhandari, B. R., Datta, N., D'Arcy, B. R., & Rintoul, G. B. (1998). *Co-crystallization of Honey with Sucrose*. *LWT - Food Science and Technology*, 31(2), 138–142. <https://doi.org/10.1006/FSTL.1997.0316>
- Bhusari, S. N., Muzaffar, K., & Kumar, P. (2014). *Effect of carrier agents on physical and microstructural properties of spray dried tamarind pulp powder*. *Powder Technology*,

266. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2014.06.038>
- Cai, Y. Z., & Corke, H. (2000). *Production and properties of spray-dried Amaranthus betacyanin pigments*. *Journal of Food Science*, 65(7). <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2000.tb10273.x>
- Calero, J., Sánchez, Y. F., Torrez, R., Hermann, E., & López., K. (2008). *Elaboración y Caracterización de microcápsulas gastrorresistentes de Diclofenac obtenidas por Gelificación Iónica*. *Universitas (León): Revista Científica de La UNAN León*, 2(1), 27–30. <https://doi.org/10.5377/universitas.v2i1.1640>
- Campo-Fernández, M., Granja-Rizzo, D. F., Matute-Castro, N. L., Cuesta-Rubio, O., & Márquez-Hernández, I. (2021). *Microencapsulation by spray drying from an extract of the calyces of hibiscus sabdariffa l.* *Revista Colombiana de Química*, 50(1). <https://doi.org/10.15446/rcq.v50n1.88424>
- Cardona Tangarife, D. P., Patiño Arias, L. P., & Ormaza Zapata, A. M. (2021). *Aspectos tecnológicos de la microencapsulación de compuestos bioactivos en alimentos mediante secado por aspersión*. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 22(1), 1–21. https://doi.org/10.21930/rcta.vol22_num1_art:1899
- Carvajal de Pabón, M., Turbay, S., Rojano, B., Álvarez, M., Restrepo, L., Álvarez, M., Bonilla, C., Ochoa, C., & Sánchez, N. (2011). *Algunas especies de Passiflora y su capacidad antioxidante Some Passiflora species and their antioxidant capacity*. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 16(4), 354–363. <http://scielo.sld.cu/pdf/pla/v16n4/pla07411.pdf>
- Coronado H., M., Vega Y León, S., Gutiérrez T., R., Marcela, V. F., & Radilla V., C. (2015). *Antioxidantes: Perspectiva actual para la salud humana*. *Revista Chilena de Nutrición*, 42(2), 206–212. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182015000200014>
- Daza, L. D., Fujita, A., Fávoro-Trindade, C. S., Rodrigues-Ract, J. N., Granato, D., & Genovese, M. I. (2016). *Effect of spray drying conditions on the physical properties of Cagaita (Eugenia dysenterica DC.) fruit extracts*. *Food and Bioproducts Processing*, 97. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2015.10.001>
- FAO. (2018). *Aditivos alimentarios*.
- 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>
- Flores, J., Rodríguez, L., Hernández, L., & Maldonado, G. (2019). *Caracterización fenólica y capacidad antioxidante de plantas de uso medicinal*. *Revista de Investigación y Desarrollo En Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 4(1), 834–840. <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume4/4/9/117.pdf>
- García, C. M., Fernández, M., López, O. D., Delgado-Roche, L., Nogueira, A., Castiñeira, M., & Medrano, E. A. (2018). *Spray drying of shark liver oil pool: Effects on physical-chemical properties and antioxidant capacity*. *Journal of Pharmacy & Pharmacognosy Research*, 6(1), 35–44.
- Gavilánez, S. (2020). *Optimización del proceso de extracción hidroalcohólica a partir del orégano (*origanum vulgare l.*)* [Universidad Técnica de Cotopaxi]. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6690>
- Gharsallaoui, A., Roudaut, G., Chambin, O., Voilley, A., & Saurel, R. (2007). *Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview*. In *Food Research International* (Vol. 40, Issue 9). <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2007.07.004>
- Gonzales Esquivel, B. ., Ochoa Martínez, L. A., & Rutiaga-Quiñones, O. . (2015). *Microencapsulación mediante secado por asperción de compuestos bioactivos*. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 16(0), 180–192.
- González, R. E., Tarón, A., & Morón, L. B. (2015). *Formación de microcápsulas de tamaño controlado por gelación iónica utilizando mezclas biopoliméricas binarias*. *Informacion Tecnologica*, 26(6). <https://doi.org/10.4067/S0718-07642015000600005>
- Goula, A. M., & Adamopoulos, K. G. (2010). *A new technique for spray drying orange juice concentrate*. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 11(2). <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2009.12.001>
- Hassan, M., Atiquzzaman, M., Lecona-Urbe, S., & González de Mejía, E. (2000). *Performance of TCP/ Oregano: Properties, composition and biological activity*. In *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* (Vol. 54, Issue 1). Artech House.
- Herrera, A., Quimis, L., Sorroza, A., Garcia, S., Mariscal, W., & Mariscal, S. (2017). *Determinación de Taninos y Cumarinas presente en la planta tres filos (*Baccharis genistelloides*)*. *Polo Del Conocimiento*, 2(7), 500–522.

<https://doi.org/10.23857/pc.v2i7.257>

- Jiang, W., & Schwendeman, S. P. (2001). *Stabilization of a model formalinized protein antigen encapsulated in poly(lactide-co-glycolide)-based microspheres*. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 90(10). <https://doi.org/10.1002/jps.1106>
- Jinapong, N., Suphantharika, M., & Jamnong, P. (2008). *Production of instant soymilk powders by ultrafiltration , spray drying and fluidized bed agglomeration*. 84, 194–205. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.04.032>
- Jittanit, W., Chantara-In, M., Deying, T., & Ratanavong, W. (2011). *Production of tamarind powder by drum dryer using maltodextrin and arabic gum as adjuncts*. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 33(1). https://www.researchgate.net/publication/280743289_Production_of_tamarind_powder_by_drum_dryer_using_maltodextrin_and_Arabic_gum_as_adjuncts
- Karrar, E., Mahdi, A. A., Sheth, S., Mohamed Ahmed, I. A., Manzoor, M. F., Wei, W., & Wang, X. (2020). *Effect of maltodextrin combination with gum arabic and whey protein isolate on the microencapsulation of gurum seed oil using a spray-drying method*. *International Journal of Biological Macromolecules*, 171, 208–216. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.12.045>
- 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>
- Londoño, L. (2014). *Antioxidantes: importancia biológica y métodos para medir su actividad PARTE III / PART III*. Grupo de Investigación En Ugeniería de Alimentos GRIAL, 1, 129–162. <http://hdl.handle.net/10567/133>
- López Hernández, O. D. (2010). *Microencapsulation of oily substances by aspersion drying / Microencapsulación de sustancias oleosas mediante secado por aspersion*. *Revista Cubana de Farmacia*, 44(3). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75152010000300013
- López, O., Márquez, T., Mayo, O., Toledo, C., & Pérez, E. (2009). *Características del Aceite de Semillas de Cucurbita pepo L. Microencapsulado mediante Secado por Aspersion con Maltodextrina y Goma Arábica*. *Latin American Journal of Pharmacy*, 28(4), 629.

http://www.latamjpharm.org/trabajos/28/4/LAJOP_28_4_2_11_JBX374IK8W.pdf

- Lozano Berna, M. (2009). *Obtencion de microencapsulados de zumo de opuntia stricta mediante secado por atomizacion*. Escuela Técnica Superior de Ingenieria Industrial. <https://core.ac.uk/download/pdf/60416955.pdf>
- Lozano, C., Loarca, G., Uribe, S., & Mejía, G. (2005). El orégano: propiedades, composición y actividad biológica de sus componentes. Scielo. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222004000100015
- Luna Guevara, J. J., López Fuentes, J. M., Jiménez González, O., & Luna Guevara, L. (2016). *Microencapsulación de algunos compuestos bioactivos mediante secado por aspersión / Microencapsulation of some bioactive compounds through spray drying*. CIBA Revista Iberoamericana de Las Ciencias Biológicas y Agropecuarias, 5(10), 39. <https://doi.org/10.23913/ciba.v5i10.56>
- Maisuthisakul, P., & Gordon, M. H. (2012). *Influence of polysaccharides and storage during processing on the properties of mango seed kernel extract (microencapsulation)*. Food Chemistry, 134(3). <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.03.054>
- Mantilla, A. (2018). *Evaluación de la produccion flavonoides a partir de orégano (origanum vulgare) mediante la técnica de suspensiones celulares* [Universidad de Santander]. <https://repositorio.udes.edu.co/>
- Manzanarez, L., Cruz, S., Márquez, E., & Ornelas, J. D. J. (2020). *Microencapsulación de extractos de higo (Ficus carica) por coacervación compleja y evaluación de su capacidad antioxidante*. Biotecnia, 22(2), 70–77. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-14562020000200070
- Marisa Ribeiro, A., Estevinho, B. N., & Rocha, F. (2020). *Microencapsulation of polyphenols - The specific case of the microencapsulation of Sambucus Nigra L. extracts - A review*. Trends in Food Science and Technology, 105(February), 454–467. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.03.011>
- Martínez, J. (2007). “ *Evaluación de la actividad antioxidante de extractos orgánicos de semillas de heliocarpus terebinthinaceus*. Universidad Tecnología de la Mixteca. http://jupiter.utm.mx/~tesis_dig/10150.pdf

- Medina-Torres, L., García-Cruz, E. E., Calderas, F., González Laredo, R. F., Sánchez-Olivares, G., Gallegos-Infante, J. A., Rocha-Guzmán, N. E., & Rodríguez-Ramírez, J. (2013). *Microencapsulation by spray drying of gallic acid with nopal mucilage (Opuntia ficus indica)*. *LWT - Food Science and Technology*, 50(2). <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.07.038>
- Medina-Torres, L., Núñez-Ramírez, D. M., Calderas, F., González-Laredo, R. F., Minjares-Fuentes, R., Valadez-García, M. A., Bernad-Bernad, M. J., & Manero, O. (2019). *Microencapsulation of gallic acid by spray drying with aloe vera mucilage (aloe barbadensis miller) as wall material*. *Industrial Crops and Products*, 138, 111461. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.06.024>
- Meza, O., & Luis Boyano Orozco. (2020). *Microencapsulación de extracto de cáscara de rambután*. 1–17. <https://doi.org/10.3390/alimentos9070899>
- Mosquera, E., & Zambrano, G. (2011). *Compuestos fenolicos de oregano* (Vol. 2019, Issue 2). Universidad Laica Eloy Alfaro.
- Navarro, K., Herrera, N., Calixto, R., & SantistebaN, P. (2020). *Extraction and microencapsulation of antioxidant compounds from Oenocarpus bataua Mart seed*. *Scientia Agropecuaria*, 11(4), 547–554. <https://doi.org/10.17268/SCI.AGROPECU.2020.04.10>
- Nunes, G. L., Boaventura, B. C. B., Pinto, S. S., Verruck, S., Murakami, F. S., Prudêncio, E. S., & De Mello Castanho Amboni, R. D. (2015). *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>
- Ochoa, A., Marin, J., Rivero, D., & Aguilera, E. (2013). *Caracterización física , físico-química y química de extractos totales de hojas frescas de Petiveria alliacea L . con acción antimicrobiana*. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 44(1), 52–59. <https://www.redalyc.org/pdf/579/57929946007.pdf>
- Ordóñez, L. (2016). *Evaluación antibacteriana de extracto de mosquera (Croton elegans.) frente a : (Staphylococcus aureus ATCC: 25923, Streptococcus pyogenes ATCC: 19615, Streptococcus pneumoniae ATCC: 49619 y Streptococcus mutans ATCC: 25175), patógenos de enfermedades respiratorias*. [Universidad Politécnica Salesiana]. <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5081/1/UPS-CYT00109.pdf>

- Padilla, E. (2015). *Formulación y control de calidad de un enjuague bucal elaborado a partir de los extractos totales de Matricaria recutita L. (Manzanilla) y de Salvia officinalis L. (Salvia)* [Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/6321/1/T-UCE-0008-059.pdf>
- 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*, 62(1), 177–186. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.01.022>
- Parra Huertas, R. A. (2011). *Food microencapsulation: a review (revision de microencapsulacion de alimentos)*. *Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín*, 63(2), 5669–5684.
- Pastuña-Pullutasig, A., López-Hernández, O., Debut, A., Vaca, A., Rodríguez-Leyes, E., Vicente, R., Gonzalez, V., González-Sanabia, M., & Tapia-Hernández, F. (2016). *Microencapsulación de aceite de sacha inchi (Plukenetia volubilis L.) mediante secado por aspersión*. *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas*, 45(3), 422–437. <https://doi.org/10.15446/rcciquifa.v45n3.62029>
- Perrazo, M. (2018). *Estudio de secado por aspersión para la obtención de pulpa de uvilla (Physalis peruviana L) en polvo*. [Universidad Tecnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/>
- Quintana Cristancho, L. R., Calvo, F., & Alvarez, O. (2019). *Análisis comparativo de la microencapsulación de aceite de aguacate entre el método de coacervación compleja y el secado por atomización*. In Universidad de los Andes. Uniandes. <http://hdl.handle.net/1992/44606>.
- Quintana, M., & Calderón, J. (2009). *La capacidad antioxidante total. Bases y aplicaciones*. *Revista de Educación Bioquímica*, 28, 89–101. <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=49016098004>
- Ribeiro, A. M., Shahgol, M., Estevinho, B. N., & Rocha, F. (2020). *Microencapsulation of Vitamin A by spray-drying, using binary and ternary blends of gum arabic, starch and maltodextrin*. *Food Hydrocolloids*, 108, 106029. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106029>

- Rojas, J. (2019). *Microencapsulación de extractos de chile habanero (capsicum chinense) empleando secado por aspersión y co2 supercritico* [Universidad de Cádiz]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=221223>
- Sagñay, E. (2019). *Evaluación de la capacidad antioxidante de la planta de orégano (Origanum vulgare) procedente de tres localidades del cantón Cotacachi, provincia de Imbabura*. In *Ayan* (Vol. 8, Issue 5). Universidad Central del Ecuador. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/20535>.
- Salinas-Moreno, Y., Zúñiga-Hernández, A. R. E., Torre, L. B. J. D. La, Serrano-Altamirano, V., & Sánchez-Feria, 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, D., Vargas, M., Ortega, R., & Piñeros, Y. (2018). *Extracción y encapsulación de compuestos fenólicos provenientes de cascarilla de arroz*. Scielo. <http://www.scielo.org.co/pdf/rccqf/v47n3/0034-7418-rccqf-47-03-410.pdf>
- Santiago-Adame, R., Medina-Torres, L., Gallegos-Infante, J. A., Calderas, F., González-Laredo, R. F., Rocha-Guzmán, N. E., Ochoa-Martínez, L. A., & Bernad-Bernad, M. J. (2015). *Spray drying-microencapsulation of cinnamon infusions (Cinnamomum zeylanicum) with maltodextrin*. *LWT - Food Science and Technology*, 64(2), 571–577. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.06.020>
- Shinde, T., Sun-Waterhouse, D., & Brooks, J. (2014). *Co-extrusion Encapsulation of Probiotic Lactobacillus acidophilus Alone or Together with Apple Skin Polyphenols: An Aqueous and Value-Added Delivery System Using Alginate*. *Food and Bioprocess Technology*, 7(6). <https://doi.org/10.1007/s11947-013-1129-1>
- Tellez, L. (2017). *Caracterización de los aceites esenciales de seis eecotippos de orégano (Origanum vulgare ssp.) procedentes del valle de Urubamba – Cusco; Perú*. Universidad Nacional Agraria La Molina. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3479>
- Tolun, A., Altintas, Z., & Artik, N. (2016). *Microencapsulation of grape polyphenols using maltodextrin and gum arabic as two alternative coating materials: Development and characterization*. *Journal of Biotechnology*, 239, 23–33. <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2016.10.001>

- Valdez, B. (2018). *Efecto de un bioempaque eco-friendly con características antimicrobianas y antioxidantes a base de fibra de cítricos y extracto de orégano, sobre las características fisicoquímicas y microbiológicas de Cyprinus carpio*. Universidad Autónoma del estado de México. <http://hdl.handle.net/20.500.11799/68343>
- Vehring, R. (2008). *Pharmaceutical particle engineering via spray drying*. In *Pharmaceutical Research* (Vol. 25, Issue 5). <https://doi.org/10.1007/s11095-007-9475-1>
- Viveros, P. (2018). *Extractos Medicinales de Plantas* (A. Casanova (ed.); 1st ed.). <http://www.memoriachilena.gob.cl/archivos2/pdfs/MC0059652.pdf>
- Zaragosa, U. (2015). *Práctica 1: determinación de humedad en alimentos*. Planta Piloto de Ciencias y Tecnologías de Alimentos., 1–7. <https://ppcta.unizar.es/>
- Zhang, C., Ada Khoo, S. L., Chen, X. D., & Quek, S. Y. (2020). *Microencapsulation of fermented noni juice via micro-fluidic-jet spray drying: Evaluation of powder properties and functionalities*. *Powder Technology*, 361, 995–1005. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2019.10.098>
- Novoa Casanova, T. P. (2019). *Evaluación de la composición química y capacidad antioxidante de la planta de orégano (Origanum vulgare L.)*. Universidad Central del Ecuador. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/17874/1/T-UCE-0008-CQU-081.pdf>
- Sánchez Molina, D., Vargas-Porras, M., Ortega-Toro, R., & Piñeros-Castro, Y. (2018, 24 septiembre). *Extracción y encapsulación de compuestos fenólicos provenientes de cascarilla de arroz*. Scielo. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-74182018000300410&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- Vera, J. F. Zambrano, J. I. (2017). *Extracción de aceite esencial de orégano mediante arrastre de vapor* [Trabajo de investigación, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí extensión Chone]. Repositorio Institucional <https://repositorio.ulead.edu.ec>

15. ANEXOS

Anexo No. 1. Aval de Traducción.



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 A BASE DE ORÉGANO (*ORIGANUM VULGARE, L*), MEDIANTE SECADO POR ASPERSIÓN”**, presentado por: **Chamba Quijije Yomaira Elizabeth y Quispe Tigmasa Sebastián Ignacio**, egresados de la Carrera de Ingeniería en Agroindustrias, 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, appearing to read 'Alison Mena B.', written over a horizontal line.

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



Firmado e legalizado por:
**MARCO PAUL
BELTRAN
SEMBLANTES**



**CENTRO
DE IDIOMAS**

Anexo No. 2. Hoja de vida del docente tutor.**ROJAS MOLINA JAIME ORLANDO**

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

ESTUDIOS REALIZADOS Y TÍTULOS OBTENIDOS

NIVEL	TÍTULO OBTENIDO	INSTITUCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR	FECHA DE REGISTRO	CÓDIGO DEL REGISTRO CONESUP SENESCYT
TERCERO	Químico en Alimentos	Universidad Central del Ecuador	2009-09-21	1005-09-946545
CUARTO	Master En Sistemas de Gestión de Calidad	Universidad Central del Ecuador	2015-10-14	1005-15-86069925

HISTORIAL PROFESIONAL**FACULTAD EN LA QUE LABORA:**

Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

ÁREA DEL CONOCIMIENTO EN LA CUAL SE DESEMPEÑA:

Ingeniería, Industria y Construcción / Ingeniería en Alimentos / Ciencia de los Alimentos / Seguridad e Inocuidad Alimentaria / Ingeniería de Procesos.

FECHA DE INGRESO A LA UTC: 2015

Anexo No. 3. Hoja de vida postulante.

Cédula de ciudadanía : 2101033104

Fecha de nacimiento : 27/09/1997

Estado civil : Soltera

Ciudad : Shushufindi

Domicilio : Shushufindi- Sucumbíos - Ecuador

Teléfono : 0989814897

Lugar/ocupación actual : Estudiante de la universidad técnica de Cotopaxi

Correo electrónico : jomairaelizabeth99@hotmail.com

Correo institucional : yomaira.chamba3104@utc.edu.ec



Estudios Primarios: Escuela fiscal mixta 12 de Octubre (Shushufindi)

Estudio Secundario: Internado el Tabernáculo (Latacunga)

Academia nuevo amanecer (7 de julio)

Título de Corte y confección

Colegio: Guillermo Bustamante Cevallos (Jivino Verde)

Título de Bachiller: Bachillerato general unificado “Ciencias Generales”

Estudio Superior: Universidad Técnica De Cotopaxi

Nivel: Cursando Décimo Semestre De Ingeniería Agroindustrial.

CURSOS Y CERTIFICADOS:

TIPO	NOMBRE	INSTITUCION	HORAS	FECHA
II Congreso	Congreso internacional de agroindustrias ciencias tecnológicas e industria de alimentos	Universidad estatal	40 horas	26- 27- 28 de abril 2018
Seminario	Seminario internacional de ingeniería, ciencias y tecnología agroindustrial	Universidad técnica de Cotopaxi	40 horas	20 al 22 de junio 2018
Congreso	técnicas y procesos para la elaboración de cuero	ANCE	40 horas	22 de Nov 2019
I Congreso	Congreso binacional Ecuador-Perú	Universidad técnica de Cotopaxi	10 horas	
	LA EMPRESA LEBENS - CAPACITACIONES CIA. LTDA.		8 horas	21 AL 23 enero 2019
	WEBINAR EMPRENDE EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA	LA EMPRESA LEBENS - CAPACITACIONES CIA. LTDA.	48 horas	25 de mayo de 2021,
	WEBINAR LA IMPORTANCIA DE LA INOCUIDAD EN LA AGROINDUSTRIA	Hackaton post crisis		06 de abril de 2021
	Hackaton post crisis	Realizado por la Casa Legislativa de Sucumbíos		20- 23 abril 2020
	Socialización de la Ley Orgánica Integral para Prevenir y Erradicar la Violencia contra la Mujer			31 de julio de 2020

Anexo No. 4. Hoja de vida postulante.



• **Datos personales**

Apellidos y nombres: Quispe Tigmasa Sebastián Ignacio

C.I: 050258018-6

Lugar y fecha de nacimiento: Latacunga, 27 de octubre de 1994.

Estado civil: Unión Libre

Domicilio: Latacunga, Parroquia Guaytacama – barrio San Sebastián.

Correo electrónico: ignacioquispe391@gmail.com/sebastian.quispe0186@utc.edu.ec

• **Formación académica**

Estudios primarios

Escuela fiscal “Vicente Rocafuerte”

Estudios secundarios

Colegio Técnico”14 de Octubre”

Colegio experimental “Provincia de Cotopaxi”

Título obtenido: Bachiller en Ciencias Sociales.

Estudios universitarios

Universidad Técnica De Cotopaxi

Título obtenido: Ingeniero Agroindustrial.

IDIOMAS

Español: nativo

Inglés: Intermedio, suficiencia en ingles nivel B1

CURSOS REALIZADOS

- Certificado de asistencia al seminario de B.M.P, «correcta manipulación de alimentos e inocuidad alimentaria» realizado en la Universidad Técnica de Cotopaxi aprobado con 40 horas académicas.
- Certificado de asistencia al seminario «industria de la curtiembre en Ecuador» realizado en la ciudad de Ambato por la asociación nacional de curtidores (ANCE) aprobado con 20 horas académicas.
- Curso sobre Tratamiento y procesamiento cárnico y embutido realizado en el colegio regional de ingenieros en alimentos CRINAL.

- Formación como auditor interno en sistemas de inocuidad alimentaria ISO 2200 Y FSSC 2200 realizado en CRINAL, aprobado por 40 horas académicas.
- Certificado como auditor interno BMP y HACCP - programa de controles preventivos del FSMA para la industria alimentaria, realizado en CRINAL, aprobado por 40 horas académicas.
- Curso de formación: notificación sanitaria para alimentos y manejo de Ecuapas realizado en CRINAL.
- Asistencia al evento nacional sobre la importancia del laboratorio en la obtención de una notificación sanitaria realizado por la ingeniera Carla Aulestia del colegio regional de ingenieros en alimentos CRINAL.
- Curso sobre diseño e innovación de productos de manufactura, realizado en CRINAL, aprobado con 40 horas académicas.
- Curso sobre el control de calidad de la leche realizado por el Consultorio en gestión alimentaria y empresarial dictado por el ingeniero Maco Cevallos.
- Taller realizado sobre la deuda y el apalancamiento financiero dictado por Renzo Aguirre-director de EELA.

Anexo No. 5. Evidencias de la parte práctica del proyecto de investigación.

Imagen 1: Recepción y clasificación de las hojas de orégano **Imagen 2:** Secado de las hojas de orégano



Fuente: (Chamba, Y; Quispe, S)

Imagen 3: Pulverizado de las hojas secas de orégano



Imagen 4: Filtrado del extracto



Fuente: (Chamba, Y; Quispe, S)

Imagen 5: Extracción de compuestos volátiles

Fuente: (Chamba, Y; Quispe, S)

Imagen 6: Extracto de orégano**Imagen 7:** Medición de (°Brix) del extracto

Fuente: (Chamba, Y; Quispe, S)

Imagen 8: Medición del pH del polvo microencapsulado

Imagen 9: Medición del ángulo de reposo del polvo



Fuente: (Chamba, Y; Quispe, S)

Imagen 10: Medición de la higroscopia del polvo

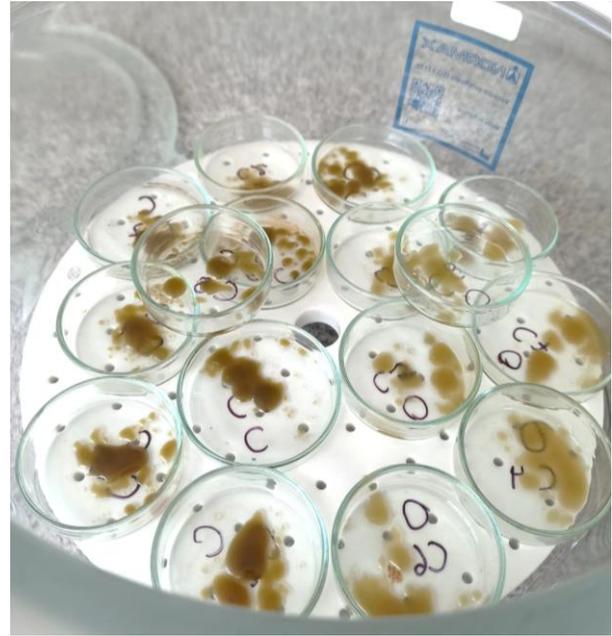
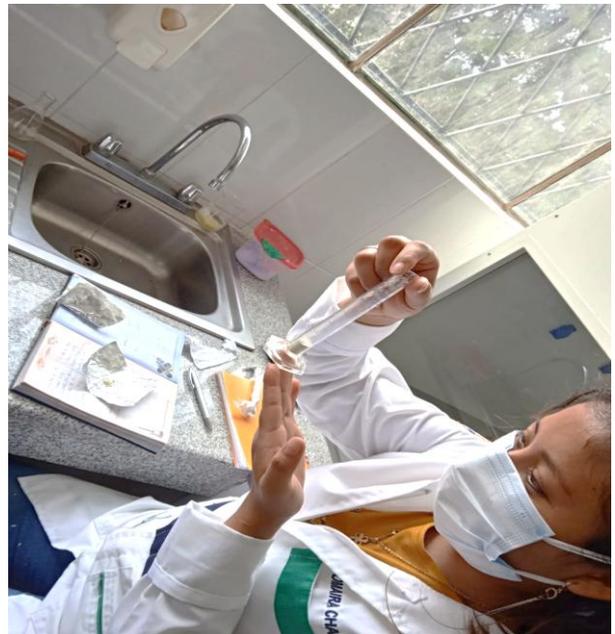


Imagen 11: Medición de la solubilidad del polvo



Fuente: (Chamba, Y; Quispe, S)

Imagen 12: Densidad aparente y compactada del polvo



Anexo No. 6. Cronograma.

Actividades	abr-21				may-21				jun-21				jul-21			
	Semanas				Semanas				Semanas				Semanas			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Elaboración de objetivos: general - específico y justificación.	X	X														
Planteamiento del problema de investigación.			X	X												
Presentación y defensa del plan de titulación.					X											
Planteamiento de las actividades en función de los objetivos.						X										
Fundamentación científico técnica.						X	X									
Planteamiento de la metodología para el diseño experimental.							X									
Extracción de los compuestos bioactivos de planta de orégano.							X									
Caracterización fisicoquímica del extracto.									X							
Optimización del proceso de microencapsulación.										X	X					
Revisión de las metodologías para la caracterización fisicoquímica del mejor polvo optimizado.											X					
Caracterización fisicoquímica del mejor polvo optimizado.											X	X				
Análisis y discusión de resultados.											X	X				
Revisión del proyecto de investigación por parte del docente tutor.													X			
Entrega del proyecto de investigación													X	X	X	