



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“DESARROLLO DE UN ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO (*Origanum Vulgare L.*)
MICROENCAPSULADO, MEDIANTE SECADO POR ASPERSIÓN”**

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingenieras
Agroindustriales

Autores

Andrade Imbago Karen Pamela

Tapia Guerrero Lidia Jasmin

Tutor

Quím. Rojas Molina Jaime Orlando. Mg

LATACUNGA - ECUADOR

Febrero 2020

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

“Nosotros **Andrade Imbago Karen Pamela**, con C.C. 175352189-5 y **Tapia Guerrero Lidia Jasmin**, con C.C 050406352-0 declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: **“DESARROLLO DE UN ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO (*Origanum Vulgare* L.) MICROENCAPSULADO, MEDIANTE SECADO POR ASPERSIÓN”**, siendo el **Quím. Jaime Orlando Rojas Molina Mg.** tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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


Latacunga, 14 de febrero 2020

F.....

Andrade Imbago Karen Pamela
C.C: 175352189-5

F.....

Tapia Guerrero Lidia Jasmin
C.C: 050406352-0

F.....

Quím. Jaime Orlando Rojas Molina Mg.
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 **Andrade Imbago Karen Pamela**, identificado con C.C. N° **1724938103**, de estado civil soltera y con domicilio en Latacunga, Ciudadela Vásconez Cuvi, y **Tapia Guerrero Lidia Jasmin**, identificado con C.C. N° **050406352-0**, de estado civil casada y con domicilio en Latacunga, barrio San Felipe a quien en lo sucesivo se denominará **LAS CEDENTES**; y, de otra parte, el Ing. MBA. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez Barrio El Ejido Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **EL CESIONARIO** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **LAS CEDENTES** 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 aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare* L.) microencapsulado, mediante secado por aspersión**”, el cual se encuentra elaborado según los requerimientos académicos propios de la Facultad según las características que a continuación se detallan:

Historial académico. – Abril - 2015-Agosto-2015-October-2019-Marzo-2020

Aprobación CD. – 15 de noviembre del 2019

Tutor: Quím. Jaime Orlando Rojas Molina Mg

Tema: Desarrollo de un aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare* L.) microencapsulado, mediante secado por aspersión.

CLÁUSULA SEGUNDA. - **EL CESIONARIO** 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, **LAS CEDENTES** autorizan **AL CESIONARIO** 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 **LAS CEDENTES**, transfieren definitivamente **AL CESIONARIO** 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 **EL CESIONARIO** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LAS CEDENTES** 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 **EL CESIONARIO** 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 **LAS CEDENTES** podrán utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - EL CESIONARIO podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LAS CEDENTES** 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 17 días, del mes de febrero del 2020.

F.....

Andrade Imbago Karen Pamela

C.C: 175352189-5

LA CEDENTE

F.....

Tapia Guerrero Lidia Jasmin

C.C: 050406352-0

LA CEDENTE

F.....
Ing. MBA. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez

EL CESIONARIO




AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“DESARROLLO DE UN ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO (*Origanum Vulgare* L.) MICROENCAPSULADO, MEDIANTE SECADO POR ASPERSIÓN”, de Andrade Imbago Karen Pamela, con C.C. 175353189-5 y Tapia Guerrero Lidia Jasmin, con C.C 050406352-0, 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, 07 de febrero del 2020

F.....


Quím. Jaime Orlando Rojas Molina Mg.

CC: 050264543-5


APROBACIÓN DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

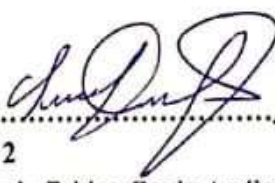
En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente informe de investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi y por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, los postulantes **Andrade Imbago Karen Pamela** y **Tapia Guerrero Lidia Jasmin**, con el título de proyecto de investigación: “**DESARROLLO DE UN ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO (*Origanum Vulgare* L.) MICROENCAPSULADO, MEDIANTE SECADO POR ASPERSIÓN**”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para hacer sometidos al acto de Sustentación del Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes según la normativa institucional.

Latacunga, 07 de febrero del 2020

Para constancia firman:


F.....
Lector 1
Ing. Franklin Antonio Molina Borja Mg.
CC: 050182143-3


F.....
Lector 2
Ing. Edwin Fabian Cerda Andino Mg.
CC: 050136980-5


F.....
Lector 3
Ing. Manuel Enrique Fernández Paredes Mg.
CC: 050151160-4

AGRADECIMIENTO

Nuestro agradecimiento va dirigido a Dios que con su infinito amor y misericordia que nos ha sabido guiar por el camino del bien.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi, a la Carrera de Ing. Agroindustrial por abrirme las puertas de tan prestigiosa Institución para poder alcanzar un peldaño más en nuestra vida profesional. En especial al Quím. Orlando Rojas ya que gracias a su apoyo incondicional hemos podido culminar con éxito nuestro tema de investigación.

Un reconocimiento muy especial a nuestras familias por ser el pilar fundamental de nuestras vidas, que con su apoyo incondicional fueron nuestra ayuda en todo momento con entrega y sacrificio, reviviendo muchos instantes de amor y logrando con ello que nuestro sueño se haya hecho realidad. Gracias

DEDICATORIA

A mi madre Beatriz por toda su entrega, apoyo incondicional en todo momento a pesar de la dificultad de los mismos, por su coraje y fortaleza para guiarme por el camino del bien, a mi familia y amigos, a todos quienes día a día estuvieron a mi lado.

Karen P. Andrade I.

El presente trabajo se lo dedico a mi esposo Luis y mi hija Isabella, a mis padres David y Silvia, a mis hermanos, quienes han sido mi guía en este largo camino que ha llegado a su fin para dar inicio a otra etapa más en mi vida profesional. Gracias por haber confiado y apoyarme los amo mucho

Jasmin Tapia G.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

Título: Desarrollo de un aceite esencial de orégano (*Origanum Vulgare* L.) microencapsulado, mediante secado por aspersión.

AUTORAS

Andrade Imbago Karen Pamela

Tapia Guerrero Lidia Jasmin

RESUMEN

En la presente investigación se desarrolló un aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare* L.) microencapsulado, para ello se empleó el método de secado por aspersión, recurriendo al equipo Spray Dryer modelo SD-303 de la Planta Piloto del Departamento de Ciencias de Alimentos y Biotecnología (DECAB) de la Escuela Politécnica Nacional; como material encapsulante se utilizó una mezcla polimérica de goma arábica/maltodextrina con un porcentaje de 9,3 % y 18,7% respectivamente. Los elementos de estudio fueron seleccionados de acuerdo a antecedentes investigativos que se han obtenido previamente, mediante la optimización se establecieron 8 corridas y los factores de control fueron flujo de alimentación de 0,6 L/h, 0,8 L/h y 1 L/h y temperatura de entrada de aire a 160 °C, 180 °C y 200 °C. En los polvos microencapsulados se analizaron antioxidantes y retención de aceites y propiedades físico-químicas como: humedad, higroscopicidad, solubilidad y fluidez, posteriormente se utilizó el programa Design Expert 8.0.6 (Stad-Ease Inc., Minneapolis, EE.UU.) para el procesamiento de los datos obtenidos, siguiendo el diseño de superficie respuesta. Mediante la optimización se determinó la mejor corrida del polvo microencapsulado con un flujo de alimentación de 0,6 L/h y temperatura 200 °C presentando las siguientes características: 1351,70 $\mu\text{M Fe}^{2+}/\text{g}$ de muestra capacidad antioxidante, 92,10% de retención de aceites esenciales y 88,53% de rendimiento.

Palabras Clave: microencapsulación, orégano, microfluidización, actividad antioxidante.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES

Theme: “Development of essential oil of oregano (*Origanum vulgare* L.) microencapsulated, by spray drying”

Authors: Andrade Imbago Karen Pamela

Tapia Guerrero Lidia Jasmin

ABSTRACT

In the present investigation, an essential oil of oregano (*Origanum vulgare* L.) microencapsulated was developed, for this the method of drying by aspersion was used, resorting to the equipment Spray Dryer model SD-303 of the Pilot Plant of the Department of Sciences of Food and Biotechnology (DECAB) of the National Polytechnical School; as encapsulating material a polymeric mixture of Arabic gum/maltodextrin with a percentage of 9.3 % and 18.7 % respectively was used. The study elements were selected according to a previously obtained research background. Through optimization, eight runs were established, and the control factors were feed flow of 0.6 L/h, 0.8 L/h, and 1 L/h and air inlet temperature at 160 °C, 180 °C, and 200 °C. In the microencapsulated powders, antioxidants and oil retention and physical-chemical properties such as moisture, hygroscopicity, solubility, and flowability were analyzed. Subsequently, the Design Expert 8.0.6 program (Stat-Ease Inc., Minneapolis, USA) was used to process the data obtained, following the response surface design. Through optimization, the best run of the microencapsulated powder was determined with a feed flow of 0.6 L/h and temperature 200 °C presenting the following characteristics: 1351.70 µM Fe²⁺/g of sample antioxidant capacity, 92.10% essential oil retention and 88.53% yield.

Keywords: Microencapsulation, oregano, microfluidization, antioxidant activity.

ÍNDICE

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	i
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	v
APROBACIÓN DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	vi
AGRADECIMIENTO	vii
DEDICATORIA	viii
RESUMEN	ix
ABSTRAC	¡Error! Marcador no definido.
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiv
ÍNDICE DE IMÁGENES	xiv
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xv
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. JUSTIFICACIÓN	2
3. BENEFICIARIOS	3
3.1. Beneficiarios Directos.....	3
3.2. Beneficiarios Indirectos	3
4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	3
5. OBJETIVOS	4
5.1. Objetivo general.....	4
5.2. Objetivos específicos	4
6. ACTIVIDADES Y SISTEMAS DE TAREAS DE LOS OBJETIVOS	5
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO/TÉCNICA	6
7.1. Antecedentes	6
7.2. Fundamentación Teórica.....	8
7.2.1. Orégano (<i>Origanum vulgare</i> L.).....	8
7.2.2. Microencapsulación	10
7.2.3. Cromatografía	14
7.3. Marco conceptual.....	17
8. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS	18
8.1. Hipótesis nula	18
8.2. Hipótesis alternativa	18

9.	METODOLOGÍA/ DISEÑO EXPERIMENTAL	19
9.1.	Tipos de investigación	19
9.2.	Métodos de investigación	20
9.3.	Técnicas de investigación	20
9.4.	Instrumentos de investigación	20
9.5.	Materiales y equipos	21
9.6.	Metodología	23
9.6.1.	Metodología de elaboración del Microencapsulado	23
9.6.2.	Diagrama de flujo del proceso	24
9.6.3.	Cromatografía de Gases	25
9.6.4.	Preparación de la emulsión	25
9.6.5.	Obtención de las microcápsulas mediante el secado por aspersion	26
9.6.6.	Caracterización química	26
9.6.7.	Caracterización Físico-química	29
9.6.8.	Diseño Experimental.....	33
9.6.9.	Variables	34
10.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	35
10.1.	Caracterización del aceite esencial de orégano.....	35
10.1.1.	Análisis cromatográfico del aceite esencial de orégano.....	35
10.1.2.	Análisis de la capacidad antioxidante del aceite de orégano	36
10.2.	Optimización del microencapsulado.....	36
10.2.1.	Capacidad antioxidante	37
10.2.2.	Retención de aceite.....	39
10.2.3.	Rendimiento de la microencapsulación.....	41
10.3.	Optimización el proceso de secado por aspersion en función de la capacidad antioxidante, rendimiento y retención de aceite.	43
10.4.	Análisis físico-químicos	44
10.4.1.	Humedad de las microcápsulas	44
10.4.2.	Solubilidad	46
10.4.3.	Higroscopicidad	48
10.4.4.	Determinación de la fluidez del polvo	50
11.	IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES)	53
12.	PRESUPUESTO	54

13.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	55
13.1.	Conclusiones	55
13.2.	Recomendaciones	56
14.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57
15.	ANEXOS.....	61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Sistema de tareas en relación a los objetivos planteados	5
Tabla 2.	Clasificación taxonómica del orégano (<i>Origanum vulgare</i> L.).....	9
Tabla 3.	Composición química de aceite esencial de orégano	10
Tabla 4.	Métodos de microencapsulación	11
Tabla 5.	Materiales de grado alimentario utilizados para la encapsulación	13
Tabla 6.	Características físico-químicas de las microcápsulas	16
Tabla 7.	Formulación de la emulsión	25
Tabla 8.	Fluidez de un polvo según el índice de Carr	31
Tabla 9.	Interpretación del índice de Hausner	32
Tabla 10.	Propiedades de flujo y sus correspondientes ángulos de reposo	33
Tabla 11.	Descripción del diseño.....	33
Tabla 12.	Descripción de los tratamientos de estudio	34
Tabla 13.	Descripción de las variables de estudio	34
Tabla 14.	Composición química del aceite de orégano	35
Tabla 15.	Actividad antioxidante total del aceite de orégano.....	36
Tabla 16.	Valores de antioxidantes obtenidos para cada corrida.....	37
Tabla 17.	Análisis de varianza-antioxidantes	37
Tabla 18.	Valores de retención de aceites obtenidos para cada corrida	39
Tabla 19.	Análisis de varianza- retención de aceites.....	39
Tabla 20.	Valores de rendimiento obtenidos para cada corrida.....	41
Tabla 21.	Análisis de varianza-rendimiento	41
Tabla 22.	Resultados de la optimización	43
Tabla 23	Valores de humedad obtenidos para cada corrida	44
Tabla 24.	Análisis de varianza-humedad.....	45
Tabla 25.	Valores de solubilidad obtenidos para cada corrida	46

Tabla 26. Análisis de varianza-solubilidad.....	47
Tabla 27. Valores de higroscopicidad obtenidos para cada corrida	48
Tabla 28. Análisis de varianza-higroscopicidad.....	49
Tabla 29. Valores de índice de Carr obtenidos para cada corrida	50
Tabla 30. Presupuesto para la propuesta del proyecto.....	54
Tabla 31. Datos de calibración curva FRAP	68
Tabla 32. Datos calculados para densidad aparente y compactada	69

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Aval de traducción.....	61
Anexo 2. Lugar de ejecución del proyecto de investigación.....	62
Anexo 3. Datos informativos del docente Tutor	63
Anexo 4. Datos informativos del estudiante	64
Anexo 5. Datos informativos del estudiante	65
Anexo 6. Ficha técnica goma arábica	66
Anexo 7. Ficha técnica de la maltodextrina	67
Anexo 8. Curva de calibración FRAP	68
Anexo 9. Densidad aparente y compactada.....	69

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Orégano (<i>Origanum vulgare</i> L.).....	8
Imagen 2. Composición de una microcápsula de aceite	10
Imagen 3. Tipos de microcápsulas	11
Imagen 4. Proceso de microencapsulación mediante el secado por aspersion	12
Imagen 5. Cromatógrafo de gases	15
Imagen 6. Poder antioxidante reductor de Hierro (FRAP).....	15

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Superficie de respuesta para antioxidantes de las microcápsulas.....	38
Gráfico 2. Superficie de respuesta para retención de aceites esenciales de las microcápsulas.....	40
Gráfico 3. Superficie de respuesta para rendimiento de las microcápsulas.....	42
Gráfico 4. Optimización de acuerdo a las variables respuesta	43
Gráfico 5. Superficie de respuesta para la humedad de las microcápsulas	45
Gráfico 6. Superficie de respuesta para la solubilidad de las microcápsulas	47
Gráfico 7. Superficie de respuesta para la higroscopicidad de las microcápsulas.....	49
Gráfico 8. Superficie de respuesta para índice de Carr, índice de Hausner.....	51
Gráfico 9. Superficie de respuesta para ángulo de reposo de las microcápsulas.....	52
Gráfico 10. Curva de Calibración FRAP	68

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Materia prima	70
Fotografía 2. Equipo Spray Dryer SD-303.....	70
Fotografía 3. Equipo Bomba peristáltica Masterflex	71
Fotografía 4. Equipo Ultraturrax Colempalmer	71
Fotografía 5. Preparación de la emulsión a microencapsular.....	72
Fotografía 6. Secado de la emulsión en el Spray Dryer SD-303.....	72
Fotografía 7. Polvo microencapsulado	73
Fotografía 8. Polvo microencapsulado de las 8 corridas.....	73
Fotografía 9. Preparación de reactivo FRAP	74
Fotografía 10. Curva de calibración FRAP	74
Fotografía 11. Medición de antioxidantes por el método FRAP.....	75
Fotografía 12. Análisis físico-químicos (Humedad)	75
Fotografía 13. Análisis físico-químicos (Ángulo de reposo)	75
Fotografía 14. Análisis físico-químicos (Fluidez).....	75
Fotografía 15. Análisis físico-químicos (Higroscopicidad)	75

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

Desarrollo de un aceite esencial de orégano (*Origanum Vulgare L.*) microencapsulado, mediante secado por aspersión.

Fecha de inicio:

Marzo 2019

Fecha de finalización:

Febrero 2020

Lugar de ejecución:

- **País:** Ecuador
- **Provincia:** Cotopaxi, Zona 3
- **Cantón:** Latacunga
- **Barrio:** Salache
- **Lugar:** Universidad Técnica de Cotopaxi, Laboratorios de la Carrera de Ingeniería Agroindustrial. (Anexo 2)

Facultad que auspicia:

Facultad académica de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

Carrera que auspicia:

Ingeniería Agroindustrial

Equipo de Trabajo:

Tutor:

Quím. Rojas Molina Jaime Orlando Mg. (Anexo 3)

Postulantes:

Andrade Imbago Karen Pamela (Anexo 4)

Tapia Guerrero Lidia Jasmin (Anexo 5)

Área de Conocimiento:

Industria, producción y construcción

Línea de investigación:

Desarrollo y seguridad alimentaria

Sub líneas de investigación de la Carrera:

Desarrollo de nuevos productos agroindustriales e ingredientes bioactivos para uso alimentario.

2. JUSTIFICACIÓN

El orégano (*Origanum vulgare* L.) es una planta de la familia lamilacaea, crece en forma silvestre en Europa y que fue introducida a América en el siglo XV cuyo valor comercial se debe a sus características como especia, condimento y propiedades medicinales (Koksal, 2011).

El aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare* L.), contiene cuatro grupos principales de fenoles como carvacrol y timol que actúan como antisépticos y antioxidantes, mientras que los terpenos, pineno y terpineno poseen propiedades antisépticas, antivirales, anti-inflamatorias y anestésicas. (Ruiz, 2007), menciona que estos compuestos no son aprovechados en su totalidad debido a su tendencia oxidativa y alteraciones lipídicas por su alto contenido de ácidos grasos, por ello han sido estudiadas nuevas técnicas que permiten contrarrestar dicha actividad.

La microencapsulación en aceites esenciales se usa para agregar funcionalidad y mejorar la estabilidad de compuestos bioactivos, entre sus principales ventajas se encuentra: enmascarar sabores y olores desagradables de los productos, proteger los compuestos de oxidación y de reacciones indeseables, así como de condiciones adversas de luz, calor y gases; fomentando su vida útil y liberación controlada del contenido de la micropartícula (Nesterenko, 2013).

En la industria alimentaria hoy en día la microencapsulación ha logrado obtener óptimos resultados, además de su uso en procesamiento y empaado, mejorando el sabor, aroma, estabilidad, valor nutritivo, apariencia de sus productos y es económicamente efectivo.

La presente investigación se enfocó en el desarrollo de un polvo microencapsulado de aceite esencial de orégano en la cual se usó diferentes flujos de alimentación y temperaturas de entrada aire, mediante secado por aspersión con goma arábica y maltodextrina como material encapsulante.

3. BENEFICIARIOS

3.1. Beneficiarios Directos

- Productores de orégano de la Provincia de Cotopaxi, Cantón Latacunga
- Productores de aceites esenciales

3.2. Beneficiarios Indirectos

- Industrias biotecnológicas
- Industrias de Alimentos
- Universidad Técnica de Cotopaxi, Carrera de Ingeniería Agroindustrial

4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En la industria alimentaria los aditivos son empleados en la elaboración de alimentos, sin embargo, esta industria enfrenta una creciente exigencia por parte del consumidos sobre el uso de los aditivos naturales, lo que conduce a la búsqueda de fuentes con menor impacto sobre la salud, siendo los aceites esenciales una opción, al emplear aceites esenciales con alto contenido de ácidos grasos insaturados, la oxidación es una de las principales causas de deterioro y, por ende, de la pérdida de calidad, ya que convierte a los productos en inaceptables para el consumo. Las reacciones oxidativas, además de afectar a las características organolépticas, la disminución del valor nutricional debido a la degradación de las vitaminas liposolubles y ácidos grasos esenciales, también son responsables de la formación de compuestos poliméricos potencialmente tóxicos.

Los aceites esenciales son usados como ingredientes funcionales por sus compuestos bioactivos sin embargo el desarrollo de tecnologías de producción, extracción y purificación compatibles con la aplicación del producto en la industria alimentaria no ha logrado la conservación y estabilización de estas moléculas para que mantengan intactas sus funcionalidades a lo largo del tiempo y durante los procesos de transformación que puedan sufrir, por ello se han efectuado estudios en los cuales una de las tecnologías más prometedoras es la microencapsulación.

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo general

- Obtener un polvo microencapsulado de un aceite esencial de orégano (*Origanum Vulgare* L.) mediante secado por aspersión con goma arábiga y maltodextrina.

5.2. Objetivos específicos

- Caracterizar la composición química del aceite esencial de orégano mediante cromatografía de gases con detector de masas.
- Optimizar el proceso de secado por aspersión de un aceite esencial de orégano en función del flujo de alimentación y temperatura de entrada aire, mediante análisis de la capacidad antioxidante, rendimiento y retención de aceites.
- Determinar las propiedades físico-químicas de los polvos obtenidos mediante el secado por aspersión.

6. ACTIVIDADES Y SISTEMAS DE TAREAS DE LOS OBJETIVOS

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

OBJETIVO	ACTIVIDAD (TAREAS)	RESULTADO DE LA ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD (TÉCNICAS E INSTRUMENTOS)
<p>Objetivo 1. Caracterizar la composición química del aceite esencial de orégano mediante cromatografía de gases con detector de masas.</p>	<p>Análisis del aceite mediante cromatografía de gases.</p>	<p>Resultados de la cromatografía de gases (composición química del aceite esencial de orégano)</p>	<p>Mediante cromatografía de gases, se determinó el contenido de ácidos grasos por el método 108.003 del (Institute for Nutraceutical Advancement, s.f.)</p>
<p>Objetivo 2. Optimizar el proceso de secado por aspersión de un aceite esencial de orégano en función del flujo de alimentación y temperatura de entrada aire mediante análisis de la capacidad antioxidante, rendimiento y retención de aceites.</p>	<p>Toma de las muestras de polvo para realizar los análisis.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Antioxidantes (FRAP) - Rendimiento - Retención de aceites 	<p>Resultados de las propiedades químicas.</p>	<p>Se desarrolló mediante la técnica FRAP para antioxidantes, rendimiento y retención de aceites.</p>
<p>Objetivo 3. Determinar las propiedades físico-químicas de los polvos obtenidos mediante secado por aspersión.</p>	<p>Análisis físico-químicas</p> <ul style="list-style-type: none"> - Humedad - Densidad Compactada - Densidad aparente - Índice de Carr - Índice de Hausner - Solubilidad - Higroscopicidad 	<p>Resultados de las propiedades físico-químicas</p>	<p>Se realizó la caracterización físico-químicas mediante métodos de humedad, fluidez, solubilidad e higroscopicidad.</p>

7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO/TÉCNICA

7.1. Antecedentes

Según estudios realizados de (Flores–Belmont, 2013), en su investigación de “Microencapsulación de compuestos activos con quitosano”: menciona que la microencapsulación es un procedimiento que incrementa o mantiene la viabilidad de diversos compuestos bioactivos. En la investigación se enmarcó que el quitosano es un biopolímero que se emplea como materia encapsulante y demostró tener biocompatibilidad con distintos compuestos bioactivos.

En el estudio de (León Méndez, 2015), de “Caracterización la actividad antioxidante del aceite esencial de orégano francés (*Plectranthus amboinicus L*)”, menciona que: el aceite esencial que se obtuvo por hidrodestilación e hidrodestilación asistida por radiación con microondas, a partir de las hojas; se determinó densidad relativa a 20 °C, índice de refracción; solubilidad de los aceites esenciales en etanol (70 % v/v) y rotación óptica.

En el estudio realizado por (Matiz Melo, 2015), “Microencapsulación de aceite esencial de tomillo (*Thymus vulgaris*) en matrices poliméricas de almidón de ñame (*Dioscorea rotundata*)” modificado menciona que: la hidrólisis y posterior lipofilización del almidón de ñame (*D. rotundata*), permite la microencapsulación de aceite esencial de tomillo (*T. vulgaris*) con una eficiencia mayor al 98%, en donde el amiloplasto nativo original se constituye en un microrreservorio de este aceite.

Según investigaciones de “Composición química del aceite esencial de hojas de orégano (*Origanum vulgare*)” realizadas por (Acevedo, 2013): se ha analizado químicamente el orégano (*Origanum vulgare*) para determinar la variabilidad en la composición química empleando cromatografía de gases acoplada con espectrometría de masas.

Según (López O. D., 2015), en su tema de investigación de “Microencapsulación de sabores mediate secado por aspersion” menciona: la microencapsulación de sabores utilizados comúnmente en las industrias de alimentos y farmacéutica; como resultados se alcanza un adecuado rendimiento del proceso y se demostró la efectividad del proceso de microencapsulación por espectroscopia infrarroja.

Según (Jimenez, 2012), en su tema de investigación realizada “Caracterización y microencapsulación de compuestos bioactivos del mortiño (*Vaccinium floribundum*, Kunth)” menciona: la caracterización de los compuestos bioactivos puede ser realizada a partir de varios métodos. A partir de este punto, las técnicas más utilizadas para la caracterización de compuestos bioactivos son la cromatografía líquida de alto rendimiento (HPLC), combinada con técnicas de espectrofotometría UV VIS y espectrometría de masas.

Según el estudio de “Impacto de gelatina complementado con goma arábica, Tween 20, y β -ciclodextrina en la microencapsulación de orégano Turco” realizado por (Baranauskaite J. K., 2019): el uso de gelatina como material principal de revestimiento, en la suplementación con goma arábica, Tween 20, y β -ciclodextrina, no sólo mejoró la eficiencia de encapsulación, pero también aumentó la liberación in vitro de los dos principales compuestos activos de ácido extracto-rosmarínico orégano Turco y carvacrol. El rendimiento del producto fue 85,63%.

Según investigaciones de (Fernandes, 2018), con el tema “El aceite esencial de orégano microencapsulado en conservación de queso parmesano rallado” menciona que: la aplicación de aceite de orégano microencapsulado fue eficaz inhibiendo el crecimiento de 19 los hongos y la levadura durante 45 días de almacenamiento de queso rallado. El estudio confirma el efecto antimicrobiano de aceite de orégano y el mantenimiento de las microcápsulas.

7.2. Fundamentación Teórica

7.2.1. Orégano (*Origanum vulgare* L.)

7.2.1.1. Descripción botánica



Imagen 1. Orégano (*Origanum vulgare* L.)

Es una planta de la familia Lamiaceae, crece en forma silvestre en Europa y que fue introducida América en el siglo XV, procedente de Oriente Medio. El nombre genérico, *Origanum*, deriva del griego oros y gafos, que significa adorno o alegría de la montaña, por su aspecto y aroma agradables cuando la planta está en flor; el nombre específico, *vulgare*, indica la relativa facilidad con que la podemos encontrar (Arcila-Lozano, 2004).

Planta herbácea perenne, aromática, de entre 30 y 80 cm de alto. Tallo erecto, redondo, ligeramente piloso. Hojas ovadas, pilosas o lampiñas, opuestas o dispuestas en cruz. Flores rosadas, purpuras y blancas, reunidas en densas espigas rodeadas, terminales o laterales (Cebrián, 2010).

Tabla 2. Clasificación taxonómica del orégano (*Origanum vulgare* L.)

Nombre científico	<i>Origanum vulgare</i> L.
Nombre común	Orégano, Furiégano, Mejorana Silvestre, Oriégano, Perigüel
Reino	Plantae
Familia	Lamilacaea
Orden	Lamiales
Subclase o clase	Magnoliopsida

Fuente: (Acevedo, 2013)

7.2.1.2. Composición química

El orégano (*Origanum vulgare* L) presenta concentraciones de macronutrientes: 9.93 g de agua, 9 g de proteína, 4.28 g de lípidos, 68.92 g de carbohidratos y 7.87 g de cenizas, por cada 100 g de orégano seco (Acevedo, 2013).

7.2.1.3. Aceite de orégano

Los aceites esenciales son líquidos aromáticos y volátiles obtenidos de plantas, normalmente se forman en células especiales que se encuentran en hojas y tallos; estos son fuentes ricas de compuestos biológicamente activos tales como terpenoides y ácidos fenólicos. Estos actúan como agentes antibacterianos, antivirales, antifúngicos, insecticidas y poseen una composición química compleja que consiste en una mezcla de sustancias orgánicas como hidrocarburos, alcoholes, aldehídos, cetonas, ésteres, entre otros (Ferrándiz-García, 2015).

Dentro de una gran variedad de aceites esenciales; el aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare* L.) está caracterizado por su actividad antioxidante y antimicrobiana. Estas actividades se deben principalmente a los dos fenoles: timol, carvacrol e hidrocarburos monoterpénicos: p-cimeno y γ -terpineno que se presentan en menor concentración (Acevedo, 2013).

Tabla 3. Composición química de aceite esencial de orégano

Compuesto	(%)
p-Cimeno	11,66
γ -Terpineno	5,51
Timol	67,51
Carvacrol	1,82
Cariofileno	5,38
α - Bergamoteno	1,32
trans- α -Bergamoteno	1,65
Óxido de cariofileno	2,22

Fuente: (Acevedo, 2013)

7.2.2. Microencapsulación

Es una técnica mediante en la cual pequeñas gotas líquidas, partículas gaseosas o sólidas, se recubren con una pared polimérica porosa conteniendo una sustancia activa. El término microencapsulación en la industria de alimentos se refiere a la encapsulación de sustancias de bajo peso molecular o de pequeñas cantidades de determinados compuestos (Parra, 2011).

Una microcápsula se encuentra formada por el material de núcleo o fase interna que es el compuesto bioactivo al cual se quiere proteger con el material de pared o cápsula que es el recubrimiento, el cual puede conformarse por la combinación de uno o más polímeros sean naturales o artificiales; el propósito de la microencapsulación es preservar su contenido contra el medio ambiente, humedad, pH y oxidación (Bakry, 2016).

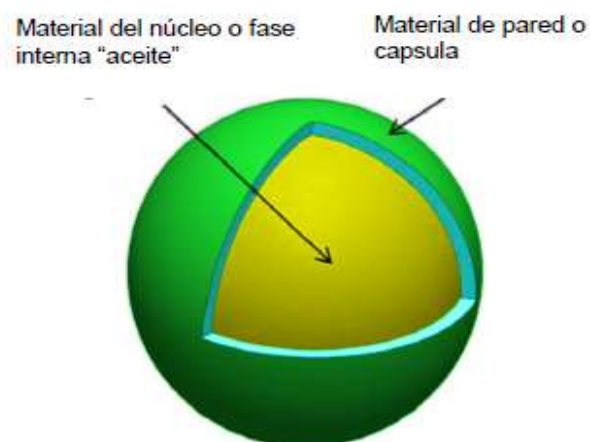


Imagen 2. Composición de una microcápsula de aceite

Fuente: (Bakry, 2016)

7.2.2.1. Morfología de las microcápsulas

La microcápsula es una pequeña esfera, recubierta, no debe tener rajaduras ni huecos, cuanto más irregular sea menor será su poder de protección al núcleo y esto generará degradación oxidativa o hidrolítica durante su almacenamiento (Estevinho, 2013).

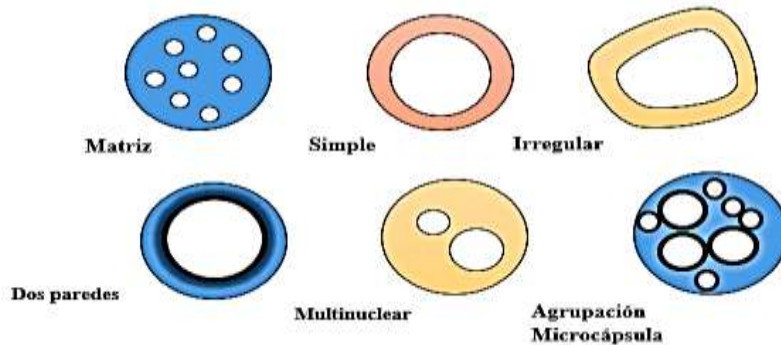


Imagen 3. Tipos de microcápsulas

Fuente: Adaptado de (Estevinho, 2013)

7.2.2.2. Métodos de microencapsulación

Se clasifican en dos grupos:

- **Mecánicos:** Implican cambios físicos y uso de tecnología para otorgar estabilidad a las microcápsulas.
- **Químicos:** Involucran reacciones de polimerización que pueden mejorarse con la variación de las condiciones de procesos.

Tabla 4. Métodos de microencapsulación

Métodos de Microencapsulación	
Métodos Químicos	Métodos Físicos
Coacervación simple	Secado por aspersión
Coacervación compleja	Secado por congelamiento
Inclusión molecular	Extrusión
Gelificación ionotrópica	Lecho fluidizado
Polimerización interfacial	Co-cristalización
Evaporación de solvente	Emulsificación
Atrapamiento de liposomas	Preparación de suspensión
Inclusión compleja	
Electroinyección o técnica electrohidrodinámica.	

Fuente: (Gaonkar, 2014)

El tipo de método se empleará teniendo en cuenta las características físico-químicas del material de pared, núcleo a emplear y tamaño de microcápsula.

a) Microencapsulación mediante secado por aspersión

Esta técnica es la más usada en la industria alimentaria, ya que proporciona una alta eficacia de las microcápsulas, el principio de secado por aspersión se basa en la dispersión de un sólido o líquido en un solvente que entra en contacto con un gas (generalmente aire) que se encuentre a una temperatura que sea capaz de evaporarlo, para la obtención de un material seco (Anandharamakrishnan, 2015).

Este proceso consta de tres pasos, el primero consiste en la preparación de la emulsión que contendrá el material de núcleo y al material de pared, el segundo es la atomización de la emulsión en la cámara de aspersión y por último se da el secado de las pequeñas gotas de la emulsión atomizada al entrar en contacto con el aire caliente (Bakry, 2016).

Las propiedades físico-químicas del producto resultante, como el tamaño, forma de partículas y contenido de humedad, se pueden controlar a través de la configuración del equipo empleado y la manipulación de las variables del proceso.

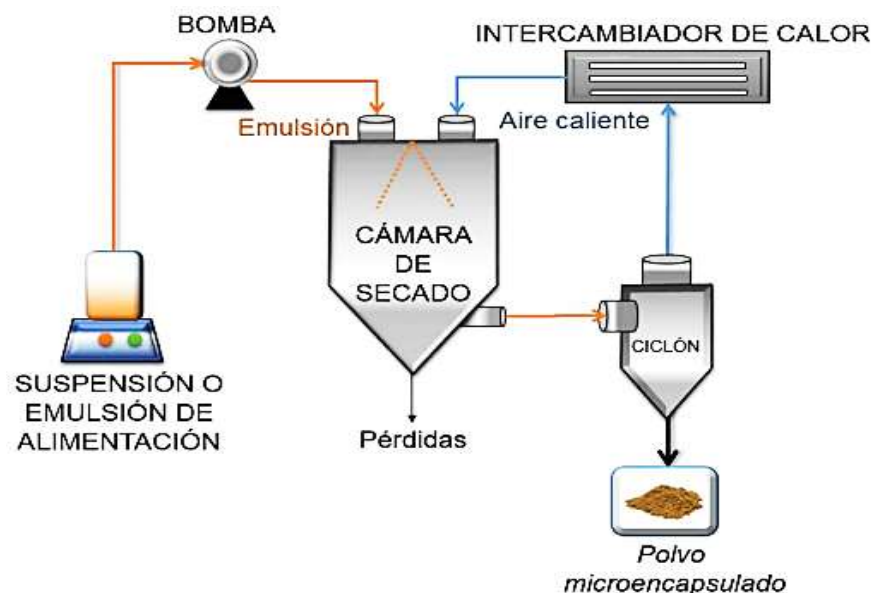


Imagen 4. Proceso de microencapsulación mediante el secado por aspersión

Fuente: (García-Chacón, 2017)

7.2.2.3. Material encapsulante

Son materiales capaces de formar películas capaces de proteger al núcleo y se pueden seleccionar de una amplia variedad de polímeros naturales o sintéticos, dependiendo el compuesto a encapsular.

Tabla 5. Materiales de grado alimentario utilizados para la encapsulación

Clases de material	Tipos de materiales
Proteínas	Proteínas de leche Proteínas de soya Proteínas del trigo Proteínas del maíz
Polisacáridos	Productos de almidón, maltodextrinas, dextrinas. Gomas, agar, alginatos, carragenanos, pectina, carboximetilcelulosa, quitosano.
Lípidos	Aceites y grasa naturales Mono y digliceridos Fosfolípidos Glicolipidos Ceras

Fuente: Adaptado de (Agustin, 2013) (Guevara, 2019).

- a. **Goma arábiga:** Es un hetero-polisacárido formado por moléculas D-galactosa, proviene del exudado de la Acacia de Senegal, tiene la capacidad de absorber superficies lipofílicas, actúa como coloide protector, es considerado un buen agente formador de capsulas y películas por su alto peso molecular; es un compuesto utilizado en procesos de secado por aspersión ya que a mayor cantidad incrementa la protección de la encapsulación (García, 2012). Los valores correspondientes a las características físicas, químicas y microbiológicas se describen en el **Anexo 6**.
- b. **Maltodextrina:** Un polisacárido obtenido de la hidrólisis ácida o enzimática de varios almidones, es altamente soluble en agua, tiene un sabor agradable, no tiene color, tiene funciones multifacéticas que incluyen aumento de volumen, buenas propiedades de formación de película, habilidad de unir sabores y grasas, además de la reducción a la permeabilidad al oxígeno (Tapia-Ulloa, 2018). Los valores correspondientes a las características físicas, químicas y microbiológicas se describen en el **Anexo 7**.

7.2.3. Cromatografía

Es un método de separación de componentes estrechamente relacionados en mezclas complejas, la fase móvil de las cromatografías, permite desplazar a la muestra, puede ser un gas, un líquido o un fluido súper crítico esta fase móvil se hace pasar a través de una fase estacionaria, con la que es inmisible, y que se fija con una columna o a una superficie sólida. Las dos fases se eligen de tal forma, que los componentes de la muestra se distribuyen de modo distinto entre la fase móvil y la fase estacionaria. Aquellos componentes que son fuertemente retenidos por las fases estacionarias se mueven lentamente con el flujo de la fase móvil; por el contrario, los componentes que se unen débilmente a la fase estacionaria, se mueven con rapidez. Como consecuencia de la distinta volatilidad los componentes de las muestras se separan en bandas o zonas discretas que pueden analizarse cualitativamente o cuantitativamente (Skoog, 2008).

7.2.3.1. Caracterización físico-química de las microcápsulas

- Características químicas de las microcápsulas

a. Cromatografía de gases

Es la técnica utilizada para la separación de compuestos orgánicos e inorgánicos térmicamente estables y volátiles. La cromatografía gas-líquido lleva a cabo la separación por medio del reparto de los componentes de una mezcla química, entre una fase gaseosa que fluye (móvil) y una fase líquida estacionaria sujeta a un soporte sólido. En la cromatografía de gases los componentes de una muestra vaporizada se separan como consecuencia del reparto entre una fase gaseosa y una fase estacionaria contenida en una columna. Al efectuar una separación cromatografía de gases, la muestra se vaporiza y se inyecta en la cabeza de la columna. La elución se lleva a cabo mediante el flujo de una fase móvil de gas inerte. A diferencia de la mayoría de las otras técnicas cromatográficas la fase móvil no interactúa con las moléculas de los compuestos a separar, su única función es transportar los compuestos a través de la columna (Skoog, 2008).

La cromatografía de gases es ampliamente utilizada en el análisis de aceites esenciales, ya que cuantifica componentes específicos que podrían ser indicativos de calidad del aceite y para detectar antioxidantes y compuestos volátiles (Kamiya, 2017).

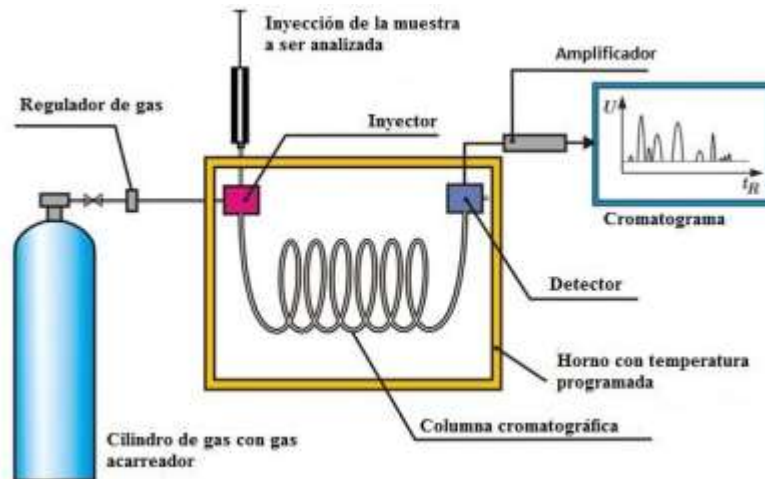


Imagen 5. Cromatógrafo de gases

Fuente: (Skoog, 2008)

b. Poder antioxidante reductor de Hierro (FRAP)

Se basa en el principio de que los antioxidantes son sustancias capaces de reducir el ion férrico al estado ferroso; en esta forma, el ion forma un complejo coloreado con el compuesto 2,4,6-Tripiridyl-s-Triazine (TPTZ) (Sasikumar, 2012). Este método es, por tanto, un método que no evalúa la capacidad neutralizadora de radicales libres de la muestra estudiada, sino su capacidad reductora por transferencia de electrones.

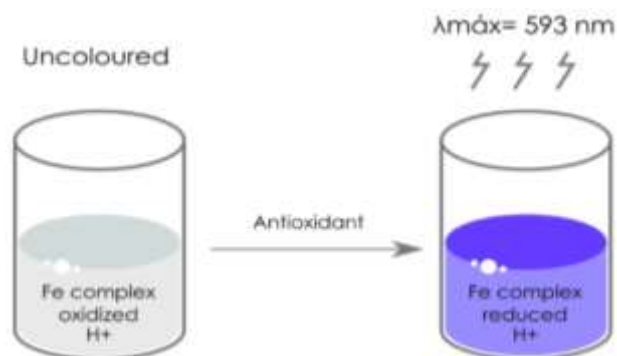


Imagen 6. Poder antioxidante reductor de Hierro (FRAP)

Fuente: (Skoog, 2008)

- **Características físico-químicas de las microcápsulas**

Tabla 6. Características físico-químicas de las microcápsulas

Características físico- químicas de las Microcápsulas	
Humedad	Es el porcentaje que ocupa el agua en la masa total de materia sólida, la cantidad óptima de humedad de un granulado se considera entre el 3 y 5 %.
Solubilidad	Es la velocidad y nivel en que los componentes de las partículas de polvo se disuelven en agua.
Higroscopicidad	Es la capacidad de los materiales para absorber la humedad atmosférica.
Densidad aparente	Es el volumen ocupado por una masa conocida, incluyendo los espacios entre las partículas y porosidad de la mezcla.
Densidad compactada	Es el volumen ocupado por una masa conocida, en esta no se incluyen los espacios entre las partículas y la porosidad de la mezcla, por lo tanto, se trata de llenar todos los espacios entre partículas con polvo mediante una compactación.
Índice de Carr	Se basa en las densidades aparente y compactada del polvo para proporcionar una relación empírica con el flujo.
Índice de Hausner	Medidas de la compresibilidad de un polvo dado que las interacciones entre las partículas que afectan las propiedades que determinan la densidad aparente de un polvo también afectan el flujo del polvo.
Ángulo de reposo	Está formado entre la horizontal y la pendiente, cuando un polvo se deja caer libremente las partículas de sólidos se agrupan formando un cono. Su determinación es el método más usado para determinar el comportamiento del flujo de los polvos.

Elaborado por: (Andrade, K; Tapia, L, 2020)

Fuente: Adaptado de (Jinapong, 2008)

7.3. Marco conceptual

- **Ácido graso:** Es una biomolécula de naturaleza lipídica formada por una larga cadena hidrocarbonada lineal, de diferente longitud o número de átomos de carbono.
- **Actividad antioxidante:** Es una molécula capaz de retardar o prevenir la oxidación de otras moléculas.
- **Antioxidante:** Es una sustancia que, cuando está presente a baja concentración comparada con la de un sustrato oxidable, previene o retrasa significativamente la oxidación del sustrato.
- **Compuesto bioactivo:** Tipo de sustancia química que se encuentra en pequeñas cantidades en las plantas y ciertos alimentos (como frutas, verduras, nueces, aceites y granos integrales).
- **Emulsión:** Es la suspensión coloidal de un líquido (fase dispersa) en otro que sea inmisible en él (fase continua).
- **Lipofílica:** Es el comportamiento de toda molécula que tiene afinidad por los lípidos.
- **Maltodextrina:** Es una mezcla de polímeros de glucosa que aparecen como resultado de la hidrólisis del almidón
- **Microcápsula:** El núcleo puede ser de naturaleza líquida o sólida incluido en una especie de reservorio recubierto por una película del material.
- **Microencapsulación:** Es una técnica mediante la cual pequeñas gotas líquidas, partículas gaseosas o sólidas, se recubren con una pared polimérica porosa conteniendo una sustancia activa.
- **Microfluidización:** Formación y caracterización de emulsiones.
- **Oxidación:** Es una reacción química de transferencia de electrones de una sustancia a un agente oxidante.
- **Polímeros:** Son macromoléculas (generalmente orgánicas) formadas por la unión mediante enlaces covalentes de una o más unidades simples llamadas monómeros.
- **Secado por aspersión:** Es el proceso mediante el cual se convierte un producto o alimentación de un estado líquido inicial a otro pulverizado.

8. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS

8.1. Hipótesis nula

El flujo de alimentación y temperatura de entrada de aire, no altera la capacidad antioxidante, rendimiento, eficiencia y propiedades físico-químicas en los polvos obtenidos mediante secado por aspersión de un aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare* L.).

8.2. Hipótesis alternativa

El flujo de alimentación y temperatura de entrada de aire, altera la capacidad antioxidante, rendimiento, eficiencia y propiedades físico-químicas en los polvos obtenidos mediante secado por aspersión de un aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare* L.).

9. METODOLOGÍA/ DISEÑO EXPERIMENTAL

9.1. Tipos de investigación

Investigación experimental

Consiste en la manipulación de una variable experimental no comprobada, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o porque causa se produce una situación o acontecimiento en particular. Este tipo de investigación se empleó para determinar entre las corridas, cual es el más óptimo.

Investigación cuantitativa

Permite evaluar los datos de manera científica o de forma numérica con ayuda de la estadística. Se empleó al obtener resultados precisos que se implementó en el proceso de optimización de la microencapsulación.

Investigación bibliográfica

El principal objetivo de esta investigación es la obtención de conocimientos de diferentes índoles, para ello se utilizó libros, artículos, sitios web, documentales como fuentes. Se aplicó para recopilar información acerca de microencapsulación, secado por aspersion, material encapsulante, orégano, compuestos bioactivos, entre otros.

Investigación descriptiva

En esta investigación se ven, se analizan las características y propiedades para se pueda clasificar, agrupar o sintetizar, para luego profundizar en el tema. En la investigación descriptiva se trabaja sobre la realidad de los hechos y su correcta interpretación. Se utilizó para la interpretación de los datos y resultados obtenidos de la investigación de manera adecuada y precisa.

9.2. Métodos de investigación

Método inductivo

Se utiliza el método inductivo cuando la observación de los hechos particulares se obtiene proposiciones generales, es aquel que se establece un principio general una vez realizado el estudio, análisis de hechos y fenómenos en particular. El método fue aplicado para la hipótesis nula y la hipótesis alternativa.

Método deductivo

Es aquel que lleva los principios descubiertos a casos particulares, a partir de un enlace de juicios, para luego aplicarlo a casos individuales y comprobar así su validez. Se utilizó para identificar la corrida óptima mediante la evaluación de los parámetros físico-químicos, definir las conclusiones del trabajo de investigación y plantear las debidas recomendaciones.

Método científico

Ofrece un conjunto de técnicas y procedimientos para la obtención de un conocimiento teórico con validez y comprobación científica mediante el uso de instrumentos fiables que no dan lugar a la subjetividad. Se utilizó durante la ejecución del diseño experimental, para comprobar las hipótesis planteadas.

9.3. Técnicas de investigación

Técnica de observación

Es una técnica que consiste en observar atentamente el fenómeno, hecho o caso, tomar información y registrarla para su posterior análisis. Esta técnica se empleó con la finalidad de identificar las características químicas y físico-químicas de los polvos obtenidos mediante microencapsulación.

9.4. Instrumentos de investigación

Ficha de observación

Es un tipo de instrumento que se usa para conocer la manera como se desarrollan las actividades y los resultados. Se utilizó para registrar los datos experimentales obtenidos de los diferentes análisis químicos y físico-químicos realizados.

9.5. Materiales y equipos

Materia Prima

- Aceite esencial de orégano
- Goma arábica grado alimentario
- Maltodextrina grado alimentario

Equipos

- Agitador eléctrico (TERMO CIENTEFIC CIMAREC SP131325Q)
- Balanza (Precisa XB 320)
- Balanza analítica (BOECO-BAS 31 plus)
- Baño María (BOECO PWB-8)
- Bomba peristáltica (Masterflex 77201-60)
- Centrifuga (BOECO C-28A)
- Cromatógrafo de gases (Agilent 7890)
- Desecador
- Espectrofotómetro modelo
- Estufa (Mettler Universal 30)
- Potenciómetro (Ec Temper)
- Spray Dryer (SD-303)
- Ultraturrax (Coleparmer)

Materiales de Laboratorio

- Agitador
- Balas de agitación
- Balón de aforo de 100 mL, 1L
- Bureta
- Capsulas de metal
- Embudo de vidrio
- Gradilla
- Matraces erlenmeyer 100 mL
- Micro pipeta capacidad 1000 μ L
- Micro pipeta capacidad 50 μ L

- Papel filtro
- Pinza nuez
- Pinzas de metal
- Pipetas
- Probetas
- Puntas
- Soporte universal
- Tubos de ensayo 10 mL
- Tubos de sangre
- Vasos de precipitación

Reactivos

- Acetato de sodio trihidratado ($\text{NaAc} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)
- Ácido acético glacial
- Agua destilada
- Cloruro férrico
- Frap (Ferric Reducing Antioxidant Power)
- Hidróxido de potasio, grado analítico
- Hidroxido de sodio NaOH
- Sal de Mohr [$\text{Fe}(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$]
- TPTZ [2,4,6-tri (2-piridil)-1,3,5-triazina]

Otros materiales

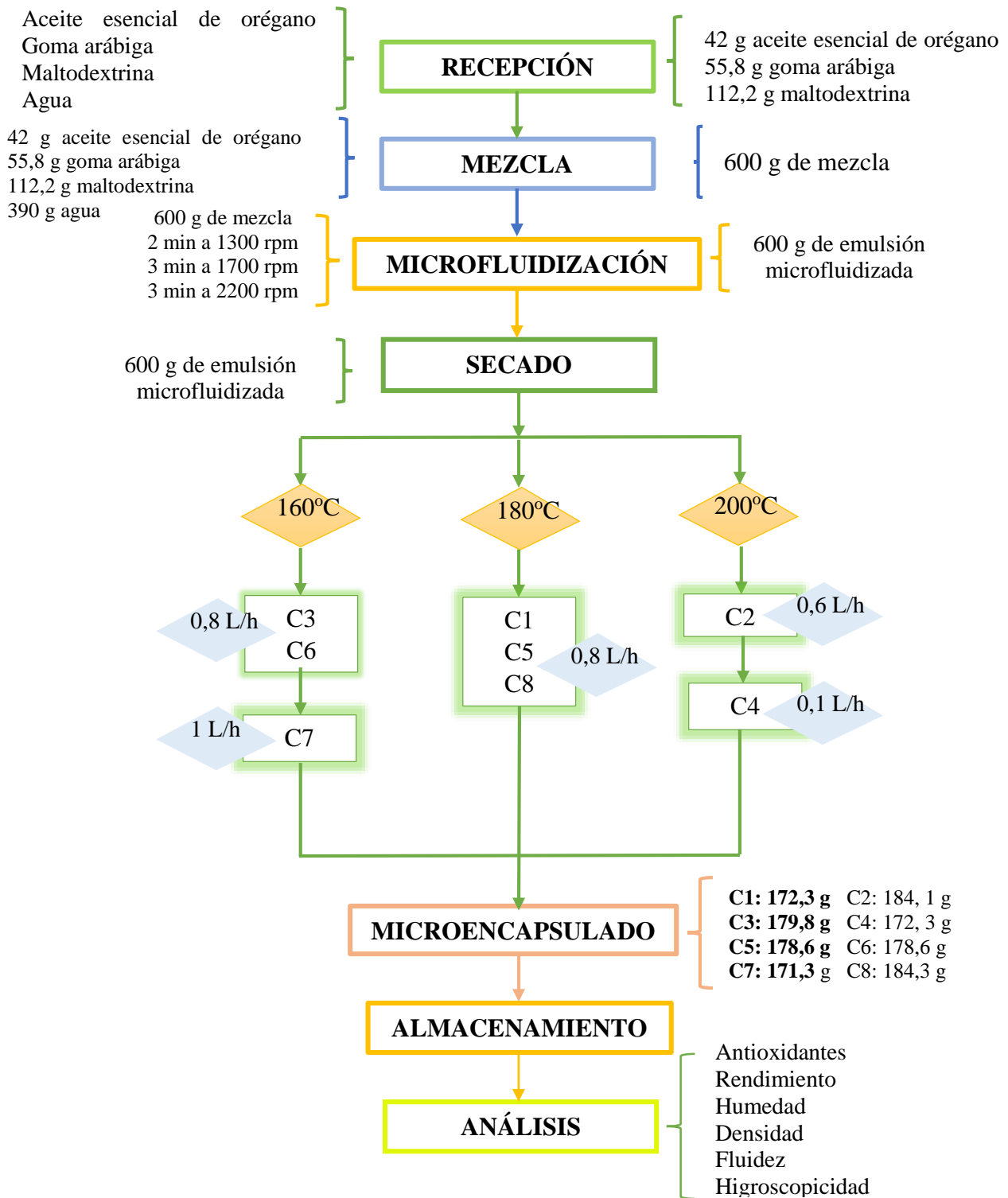
- Frascos ámbar 5ml, 250ml
- Fundas herméticas polietileno
- Papel aluminio
- Limpia pipas
- Papel secante
- Jabón

9.6. Metodología

9.6.1. Metodología de elaboración del Microencapsulado

- **Recepción:** Se verifico parámetros de calidad, de las materias primas empleadas, para el aceite se realizó cromatografía de gases con detector de masas, y los materiales encapsulantes se verificaron por medio de las fichas técnicas.
- **Mezcla:** Se mezclaron los ingredientes a una temperatura de 65°C.
- **Microfluidización:** Se realizó la formación de la emulsión entre el material central y el de pared, homogenizando los compuestos.
- **Secado:** Se atomizó dentro de una corriente de aire caliente, al evaporarse el agua los sólidos remanentes forman una cápsula rodeando a la sustancia de interés por atracción másica.
- **Microencapsulación:** La recolección de las microcápsulas obtenidas se realizó mediante ciclones; los parámetros más importantes que deben controlarse durante este proceso son: las temperaturas de entrada y salida del aire de secado, el flujo de alimentación del producto a secar el tiempo de residencia y el acondicionamiento de la materia prima.
- **Almacenamiento:** Debe mantenerse a temperatura ambiente en empaques de polietileno, para que no exista aumento en la humedad.
- **Análisis:** Propiedades químicas y físico-químicas.

9.6.2. Diagrama de flujo del proceso



Elaborado por: (Andrade, K; Tapia, L, 2020)

9.6.3. Cromatografía de Gases

Se determinó el contenido de ácidos grasos por el método 108.003 del (Institute for Nutraceutical Advancement, s.f.), con la respectiva modificación descrita a continuación, las muestra fueron analizadas en el Centro de Productos Naturales del Centro Nacional de Investigaciones Científicas de Cuba; para la preparación de las muestras respectivas, se pesaron 150 mg de aceite de orégano, se añadió 1 mL de solución de patrón interno (ácido C13:0, a 10 mg. mL⁻¹ en metanol), y 3 mL de cloruro de acetilo al 10 % (v/v) en metanol, se cerró el tubo de ensayo y se llevó a 85 °C (2 h), aplicando agitación discontinua. Se enfrió y se añadieron 4 mL de hexano y 4 mL de agua destilada. Se adicionaron 4 mL de etanol, se agitó de manera manual por unos segundos y se colocó una alícuota de 3 mL de la fase orgánica en otro tubo de ensayos, en el que se adicionaron 4 mL de hexano y 4 mL de hidróxido de sodio 1 M en metanol. Se cerró y agitó (15 min), luego se adicionaron 4 mL de agua destilada y nuevamente se agitó (15 min). Se dejó en reposo y se transfirió una alícuota de 2 mL hacia un vial de 4 mL de capacidad, del que se tomaron 60 µL y se diluyeron en 1,5 mL de hexano para el respectivo análisis. El cual se realizó en un cromatógrafo Agilent 7890 A (EE. UU.), utilizando una columna capilar HP-88 Agilent. La temperatura inicial fue de 140 °C con un incremento gradual de 5 °C hasta llegar a 200 °C; el flujo de analito empleado fue de 0,3801 L/h, el flujo de gas (H2) fue de 30 mL/min y el flujo de aire fue de 300 mL/min.

9.6.4. Preparación de la emulsión

Tabla 7. Formulación de la emulsión

Formulación de la emulsión		
Materia Prima	G	%
Agua destilada	390 g	65 %
Aceite esencial de orégano	42 g	7 %
Goma arábica	55,8 g	9,3 %
Maltodextrina	112,2 g	18,7 %
TOTAL	600 g	100 %

Elaborado por: (Andrade, K; Tapia, L, 2020)

Para la preparación de 600 g de emulsión, se pesaron 390 g de agua destilada, 42 g de aceite, 55,8 g de goma arábica y 112,2 de maltodextrina, se preparó la misma cantidad de emulsión para todas las corridas.

Se prepararon emulsiones de aceite en agua, con 35 % de sólidos de acuerdo al método descrito por (Tuyen, 2014) con algunas modificaciones. Para ello se usó goma arábica y maltodextrina como materiales encapsulantes; primero se disolvió la goma arábica con 390 g de agua destilada, después se agregó la maltodextrina, finalmente se añadió el aceite, estos se mantuvieron a una temperatura de 65 °C y se llevó a un proceso de microfluidización en un agitador Ultraturrax marca Coleparmer, por 2 min a 1300 rpm, 3 min a 1700 rpm, 3 min a 2200 rpm; con el fin de disminuir el tamaño de los glóbulos grasos y tener una emulsión estable.

9.6.5. Obtención de las microcápsulas mediante el secado por aspersión

Las emulsiones preparadas se secaron en un atomizador Spray Dryer SD-303 de la Planta Piloto, del Departamento de ciencias de alimentos y biotecnología (DECAB), de la Escuela Politécnica Nacional; fueron alimentadas a tres velocidades de 0,6 L/h, 0,8 L/h y 1 L/h a tres temperaturas de entrada de aire de secado de 160,180 y 200 °C, con 600 g de emulsión para cada corrida. Inicialmente el atomizador se precalentó para asegurar que las temperaturas sean las correctas; se alimentaron las emulsiones al equipo por medio de una bomba peristáltica marca Masterflex modelo 77201-60 y el caudal de alimentación se controló por la velocidad de rotación. Las microcápsulas obtenidas se almacenaron en fundas herméticas, debidamente selladas y rotuladas para su posterior análisis.

9.6.6. Caracterización química

9.6.6.1. Poder Antioxidante Reductor de Hierro (FRAP)

Se usa para medir la capacidad antioxidante de la muestra reduciendo el hierro férrico a ferroso; colocando el medio de reacción el complejo Fe^{3+} -TPTZ a un pH bajo; en presencia de agentes reductores se reduce a Fe^{2+} -TPTZ desarrollando un color azul intenso con una absorbancia de 593 nm.

Para la preparación del reactivo FRAP se utilizó:

- 0,0078 g de TPTZ [2,4,6-tri (2-piridil)-1,3,5-triazina]
- 2,5 mL de HCl 40 mM
- 25 mL de buffer acetato (pH= 3,6)
- 2,5 mL de una disolución 20 mM de FeCl₃
- Incubar 37 °C durante 15 min.

Para la determinación de antioxidantes tanto en los aceites y polvos obtenidos se añadió:

- 50 µL del extracto de la muestra en un tubo de ensayo de 10 mL.
- Posteriormente, se adiciono 1,5 mL del reactivo FRAP.
- Se incubó a 37 °C durante 30 minutos y se analiza la absorbancia a 593 nm.

El cálculo de la actividad antioxidante se realizó por medio de una curva de calibración de Fe²⁺ empleando la sal de Mohr [Fe (NH₄)₂SO₄] como patrón, según la ecuación siguiente: (Krishnaiah, 2011).

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

Donde:

ATT: Actividad antioxidante total.

A: Absorbancia del extracto.

a: Intercepto de la curva de calibración.

b: Pendiente de la curva de calibración.

V: Volumen del extracto (mL).

fd: factor de dilución de la muestra.

PM: Masa de la muestra.

La lectura para los aceites se realizará por triplicado y el resultado final se expresará como Fe²⁺ en µmol/g de aceite.

9.6.6.2. Rendimiento (%).

Antes del proceso de secado por aspersión se debe controlar y calcular la cantidad de sólidos totales presentes en la emulsión. Al final del secado pesar la masa de las microcápsulas de aceite y utilizar la siguiente ecuación para calcular el rendimiento del proceso.

$$\text{Rendimiento } (\%) = \frac{(MC + MCP) - MC}{MT} \times 100$$

Donde:

MC: masa del colector.

MCP: masa del microencapsulado de aceite.

MT: masa total de sólidos totales de la alimentación.

9.6.6.3. Retención de aceites

El contenido de aceite medido será analizado mediante la técnica de microextracción en fase sólida de compuestos volátiles de aceites esenciales de especias en aromas secos (HS-SPME), en combinación con cromatografía de gases y espectrometría de masas (Sánchez, 2011). El contenido teórico de aceite está dado por la cantidad colocada en la emulsión. La retención de aceite fue calculada por la siguiente ecuación:

$$RS = \frac{\text{Contenido de aceite retenido}}{\text{Contenido de aceite teórico}}$$

9.6.7. Caracterización físico-química

9.6.7.1. Humedad de las microcápsulas

Se determinó mediante el método AOAC 950.46 (2005). Se pesó 5 g de microcápsulas y fueron secadas en una estufa a 150 °C por un tiempo de 3 h. Las muestras se retiraron de la estufa, se enfriaron en una campana de desecación y se registraron los pesos.

$$H\% = \frac{M2 - M3}{M2 - M1} \times 100$$

Donde:

H (%): Humedad en porcentaje de masa.

M1: Masa de la placa vacía.

M2: Masa de la placa más las microcápsulas antes de secar (g).

M3: Masa de la placa más las microcápsulas después del secado (g).

9.6.7.2. Solubilidad

Según la metodología de por (Cano-Chauca, 2005). Se pesó 1g de polvo se colocó en 100 mL de agua destilada, 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 y se pasa a cajas Petri. Finalmente se seca en una estufa a 105 °C durante una noche. Se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Solubilidad} = \frac{(\text{Peso sólidos} * 4)}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

9.6.7.3. Higroscopicidad

Para la determinación de la higroscopicidad se pesó 1 g del polvo, colocado en una caja Petri dentro de una desecadora con una disolución saturada de cloruro de sodio para ello se pesó 25g de sal y se disolvió en 100 ml de agua destilada a 25 °C. La higroscopicidad se expresó como g de agua/100 g sólidos secos, según la siguiente ecuación (Tonon, 2009).

$$h = \frac{(m_f - m_p) * 100}{m_p} - \frac{H}{100}$$

Donde:

h : higroscopicidad.

m_f : masa final después de una semana (g).

m_p : masa de polvo (1 g).

H : humedad inicial del polvo.

9.6.7.4. Determinación de la fluidez del polvo

- Densidad aparente

Para la densidad aparente se pesó 0,5 g de muestra y se agregó en una probeta, luego se anotó el volumen que ocupó el polvo. Se calculó con la siguiente ecuación (Baranauskaite, 2017).

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

Donde:

Da : densidad aparente.

m : masa de la muestra (g).

V : volumen de la muestra (mL).

- **Densidad compactada**

Se colocó 1 g de polvo en una probeta graduada de 10 mL, esta es golpeada ligeramente en la mesa de trabajo 50 veces a una altura de 10 cm. Se calculó al dividir la masa del polvo entre el volumen final ocupado en la probeta (Baranauskaite, 2017).

Se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$Dc = \frac{m}{Vc}$$

Donde:

Dc: densidad compactada.

m: masa de la muestra (g).

Vc: volumen de la muestra compactada (mL).

- **Índice de Carr**

La fluidez del polvo se expresa como índice de Carr (CI) o compresibilidad. Se obtuvo con la siguiente ecuación (Baranauskaite, 2017)

$$CI = \frac{(Dc - Da)}{Dc} * 100$$

Donde:

CI: índice de Carr.

Da: densidad a granel.

Dc: densidad compactada.

Tabla 8. Fluidez de un polvo según el índice de Carr

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

Elaborado por: (Andrade, K; Tapia, L, 2020)

Fuente: (Jinapong, 2008)

- Índice de Hausner

El índice de Hausner de $< 1,25$ indica un polvo con libre flujo, mientras que uno $> 1,25$ indica una capacidad de flujo pobres. Se calculó con la siguiente ecuación (Baranauskaite, 2017)

$$IH = \frac{Dc}{Da}$$

Donde:

IH: índice de Hausner.

Da: densidad a granel.

Dc: densidad compactada.

Tabla 9. Interpretación del índice de Hausner

Índice de Hausner	Fluidez
1.09 - 1.10	Excelente
1.10 - 1.14	Muy Buena
1.14 - 1.19	Buena
1.19 - 1.25	Regular
>1.25	Pobre

Elaborado por: (Andrade, K; Tapia, L, 2020)

Fuente: (Jinapong, 2008)

- Ángulo de reposo

Se determinó mediante el método de embudo. La muestra previamente pesada se coloca en un embudo, se ajusta la altura del embudo a 20 cm. Se deja caer la muestra libremente, se mide el diámetro y la altura del cono formado y se calculó el ángulo de reposo mediante la siguiente ecuación (Baranauskaite, 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 10. Propiedades de flujo y sus correspondientes ángulos de reposo

Flujo	Ángulo de reposo
Libre flujo	25 – 30° 31 – 35°
Bastante cohesivo	36 – 40° 41 – 45°
Cohesivo	46 – 55°
Muy pobre	56 – 65°
Extremadamente pobre	>66°

Elaborado por: (Andrade, K; Tapia, L, 2020)

Fuente: (Jinapong, 2008)

9.6.8. Diseño Experimental

Para el proceso microencapsulación del aceite esencial de orégano, se utilizó el programa Desing Expert 8.0.6 para el diseño experimental aplicando un modelo de superficie de respuesta estableciendo 8 corridas utilizando los factores flujo de alimentación (0,6 L/h; 0,8 L/h; 1 L/h) y temperatura de entrada de aire (160 °C; 180 °C; 200 °C).

Tabla 11. Descripción del diseño

Detalle	U	Tipo	Mínimo	Máximo
Flujo de alimentación	L/h	Numérico	0,6	1
Temperatura de entrada de aire	°C	Numérico	160	200

Elaborado por: (Andrade, K; Tapia, L, 2020)

Tabla 12. Descripción de los tratamientos de estudio

Corrida	Flujo de alimentación (L/h)	Temperatura de entrada del aire (°C)
1	0,8	180
2	0,6	200
3	0,8	160
4	1	200
5	0,8	180
6	0,8	160
7	1	160
8	0,8	180

Elaborado por: (Andrade, K; Tapia, L, 2020)

9.6.9. Variables

Tabla 13. Descripción de las variables de estudio

Variables Dependiente	Variables Independientes	Indicadores	
Microencapsulación de un aceite esencial de orégano	Flujo de alimentación (L/h)	Físico-químicas	Humedad Solubilidad Higroscopicidad Fluidez Densidad
	Temperatura de entrada de aire	Químicos	Antioxidantes Cromatografía de Gases

Elaborado por: (Andrade, K; Tapia, L, 2020)

10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

10.1. Caracterización del aceite esencial de orégano

10.1.1. Análisis cromatográfico del aceite esencial de orégano

Mediante cromatografía de gases, se determinó el contenido de ácidos grasos por el método 108.003 del (Institute for Nutraceutical Advancement, s.f.), con la respectiva modificación, los análisis se realizaron por duplicado para que exista repetitividad de los resultados garantizando exactitud y precisión.

Tabla 14. Composición química del aceite de orégano

Compuesto	%
p-Cimeno	9,20
Óxido de cariofileno	4,78
γ -Terpineno	4,03
α - Bergamoteno	1,20
Timol	49,13
Carvacrol	15,11
Eugenol	1,60
Cariofileno	4,20
9,12-octadecadienoico	4,03
9,12,15. octadecatrienal	2,08
2-metil-hexanal	4,64
trans- α -Bergamoteno	1,12
Total	100,00

Elaborado por: (Andrade, K; Tapia, L, 2020)

Se caracterizó mediante la cromatografía de gases con detector de masas GC-MS, el contenido de ácidos grasos del aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare* L.), siendo el Timol (49,13%) el componente mayoritario, seguido por Carvacrol (15,11 %), p-Cimeno (9,20 %), γ -Terpineno (4,03 %), cariofileno (9,20 %), óxido de cariofileno (4,78 %), 2-metil-hexanal (4,64 %) trans- α -Bergamoteno (1,12 %), Eugenol (1,60 %), 9,12,15.octadecatrienal (2,08 %), Cariofileno (4,20 %), 9,12-octadecadienoico (2,08 %), y α - Bergamoteno (1,20 %), estos resultados se los puede evidenciar en la Tabla 14. Estos datos fueron comparados con la

investigación realizada por (Acevedo, 2013), donde el timol es el componente mayoritario con el 67,51 % ya que actúa como agente antioxidante y antimicrobiano; este quimiotipo es frecuente en esta especie, sin embargo, se presentan algunas diferencias cuantitativas en su composición debido a varios factores de cosecha, postcosecha, altitud, tipo de suelo, método de extracción y condiciones de almacenamiento.

10.1.2. Análisis de la capacidad antioxidante del aceite de orégano

Tabla 15. Actividad antioxidante total del aceite de orégano

	uM Fe²⁺/g muestra
Aceite esencial de Orégano (<i>Origanum vulgare</i> L.)	1081,11
	1058,89
	1070,00

Elaborado por: (Andrade, K; Tapia, L, 2020)

En la Tabla 15 indica los valores obtenidos de actividad antioxidante que se encuentran entre 1058,89 a 1081,11 uM Fe²⁺/g muestra ya que posee una mayor proporción de ácidos grasos libres como timol y carvacrol, demostrados en el análisis cromatográfico del aceite esencial de orégano realizados en la presente investigación, estos son considerados como antioxidantes, los resultados se midieron de acuerdo al método de Poder antioxidante reductor de Hierro (FRAP).

10.2. Optimización del microencapsulado

Para el proceso de microencapsulación se aplicó el programa Design Expert 8.0.6 (Stat-Ease Inc., Minneapolis, EE.UU.) mediante el diseño superficie respuesta, los análisis de cada corrida se realizaron por triplicado, para garantizar la repetitividad y reproducibilidad de los resultados.

10.2.1. Capacidad antioxidante

La Tabla 16 evidencia los valores obtenidos de capacidad antioxidante, estos fueron medidos de acuerdo al método FRAP, que se encuentran entre 1290,23 a 1420,71 $\mu\text{M Fe}^{2+}/\text{g}$ de muestra.

Tabla 16. Valores de antioxidantes obtenidos para cada corrida

Corrida	FACTORES		RESPUESTA
	Flujo de alimentación (L/h)	Temperatura de entrada del aire ($^{\circ}\text{C}$)	$\mu\text{M Fe}^{2+}/\text{g}$ de muestra
1	0,8	180	1343,26
2	0,6	200	1351,70
3	0,8	160	1361,26
4	1	200	1290,23
5	0,8	180	1343,56
6	0,8	160	1420,71
7	1	160	1312,22
8	0,8	180	1358,89

Elaborado por: (Andrade, K; Tapia, L, 2020)

Tabla 17. Análisis de varianza-antioxidantes

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrados Medios	Valor F	p-Valor Prob > F
Modelo	7170,19424	2	3585,09712	5,81258636	0.0496 *
A-Flujo de alimentación	4928,83279	1	4928,83279	7,99121064	0.0368 *
B-T entrada del aire	3898,81053	1	3898,81053	6,3212159	0.0536 ns
Residual	3083,90869	5	616,781739		
Falta de Ajuste	1156,81927	2	578,409637	0,90044027	0.4940 ns
Error Puro	1927,08942	3	642,36314		
Total	10254,1029	7			
R^2	0,69925124				
R^2 Ajustado	0,57895174				
R^2 Predicho	-0,2060301				

Elaborado por: (Andrade, K; Tapia, L, 2020)

* Significativo

** Altamente Significativo

ns Nada Significativo

La Tabla 17 presenta la significancia del análisis de varianza y los coeficientes estimados. Los valores inferiores a 0,05 indican que los términos del modelo son significativos para la variable respuesta Flujo de Alimentación (A) con 0,0368 y con un nivel de confianza del 69,92 % de la variabilidad de contenido de antioxidantes, por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula.

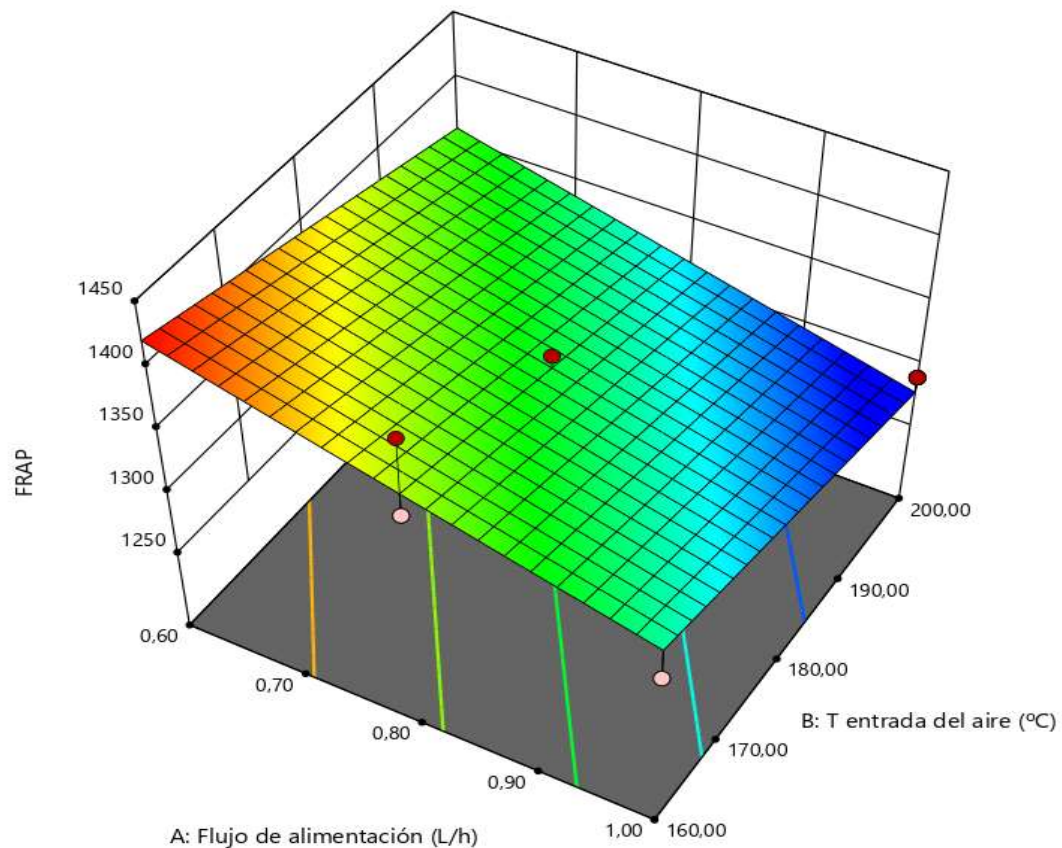


Gráfico 1. Superficie de respuesta para antioxidantes de las microcápsulas

Elaborado por: (Andrade, K; Tapia, L, 2020)

En el Gráfico 1 se refleja la superficie respuesta obtenida para la capacidad antioxidante máxima de $1420,71 \mu\text{M Fe}^{2+}/\text{g}$ de muestra con un flujo de alimentación de $0,8 \text{ L/h}$ y temperatura de $160 \text{ }^\circ\text{C}$ y mínima de $1290,23 \mu\text{M Fe}^{2+}/\text{g}$ de muestra con un flujo de alimentación de 1 L/h y temperatura de $200 \text{ }^\circ\text{C}$; esta superficie de respuesta indica que la capacidad de antioxidantes de los polvos obtenidos de microencapsulación se incrementa a medida que el flujo de alimentación y temperatura disminuye, por ello la capacidad antioxidante se ve afectado por su fácil volatilización, tanto en sus términos lineales como su interacción; los antioxidantes que se encuentran presentes son monofenoles como timol y carvacrol en mayor proporción.

10.2.2. Retención de aceite

En la Tabla 18 se manifiestan los valores de retención de aceite de los polvos microencapsulados obtenidos mediante la técnica de microextracción en fase sólida de compuestos volátiles de aceites esenciales (HS-SPME), los valores se encuentran entre 84,20% a 93,20 %.

Tabla 18. Valores de retención de aceites obtenidos para cada corrida

FACTORES			RESPUESTA
Corrida	Flujo de alimentación (L/h)	Temperatura de entrada del aire (°C)	Retención %
1	0,8	180	90,60
2	0,6	200	92,10
3	0,8	160	84,70
4	1	200	93,20
5	0,8	180	89,00
6	0,8	160	84,20
7	1	160	85,50
8	0,8	180	89,80

Elaborado por: (Andrade, Tapia; 2020)

Tabla 19. Análisis de varianza- retención de aceites

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrados Medios	Valor F	p-Valor Prob > F
Modelo	79,0945047	2	39,5472524	48,4143944	0.0005 **
A-Flujo de alimentación	0,79421626	1	0,79421626	0,97229255	0.3694 ns
B-T entrada del aire	77,6505373	1	77,6505373	95,0610602	0.0002**
Residual	4,08424528	5	0,81684906		
Falta de Ajuste	2,67924528	2	1,33962264	2,86040422	0.2018 ns
Error Puro	1,405	3	0,46833333		
Total	83,17875	7			
R²	0,95089797				
R² Ajustado	0,93125716				
R² Predicho	0,80387526				

Elaborado por: (Andrade, K; Tapia, L, 2020)

La Tabla 19 presenta la significancia del análisis de varianza y los coeficientes estimados. Los valores inferiores a 0,05 indican que los términos del modelo son significativos para la variable respuesta Temperatura de entrada de aire (B) con 0,0002 y con un nivel de confianza del 95,09% de la variabilidad de retención de aceites, por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula.

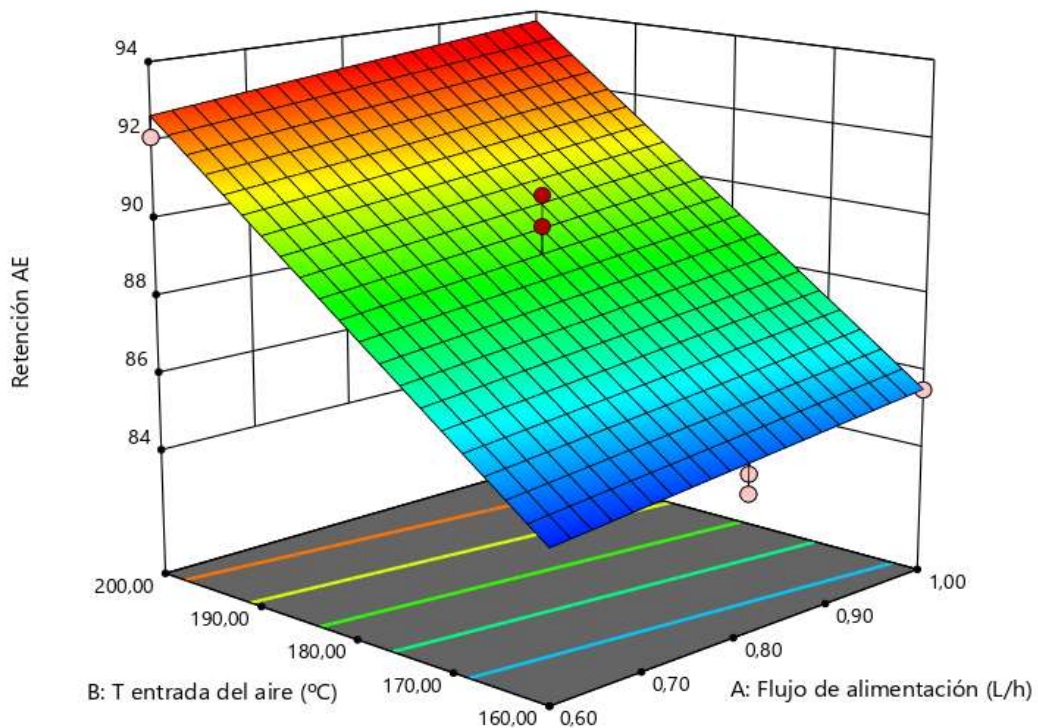


Gráfico 2. Superficie de respuesta para retención de aceites esenciales de las microcápsulas

Elaborado por: (Andrade, K; Tapia, L, 2020)

En el Gráfico 2 se da a conocer la superficie respuesta de los polvos obtenidos mediante la microencapsulación, obteniéndose una Retención de Aceites máxima de 93,20 % con un flujo de alimentación de 0,6 L/h y temperatura de 200 °C y como mínima de 84,20 % con un flujo de alimentación de 0,8 L/h y temperatura de 160 °C; esto nos indica que la retención de aceites esenciales se incrementa a medida que la temperatura de secado aumenta, en investigaciones similares los principales parámetros del proceso que afectan la retención de los compuestos volátiles durante la microencapsulación son temperatura de entrada de aire, contenido de sólidos del material de alimentación (emulsión), peso molecular, concentración, viscosidad del material de alimentación, tamaño del glóbulo de la emulsión y de la gota atomizada. (Bringas-Lantigua, 2012).

10.2.3. Rendimiento de la microencapsulación

La Tabla 20 expone los valores de rendimiento que se encuentran entre 82,29% a 88,53%, cabe recalcar que para la determinación del rendimiento obtenido no se considera la cantidad de agua incorporada en la mezcla, ya que se evapora y se elimina casi en su totalidad durante el secado de las emulsiones.

Tabla 20. Valores de rendimiento obtenidos para cada corrida

Corrida	FACTORES		RESPUESTA
	Flujo de alimentación (L/h)	Temperatura de entrada del aire (°C)	Rendimiento %
1	0,8	180	82,71
2	0,6	200	88,53
3	0,8	160	86,30
4	1	200	82,66
5	0,8	180	85,68
6	0,8	160	85,49
7	1	160	82,29
8	0,8	180	88,38

Elaborado por: (Andrade, K; Tapia, L, 2020)

Tabla 21. Análisis de varianza-rendimiento

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrados Medios	Valor F	p-Valor Prob > F
Modelo	27,20	2	13,60	4,08	0,0891 ns
A-Flujo de alimentación	26,06	1	26,06	7,81	0,0382 *
B-T entrada del aire	0,0234	1	0,0234	0,0070	0,9365 ns
Residual	16,68	5	3,34		
Falta de Ajuste	0,2293	2	0,1147	0,0209	0,9794 ns
Error Puro	16,45	3	5,48		
Total	43,88	7			
R^2	0,6199				
R^2 Ajustado	0,4678				
R^2 Predicho	0,4577				

Elaborado por: (Andrade, K; Tapia, L, 2020)

En la Tabla 21 expresa la significancia del análisis de varianza y los coeficientes estimados. Los valores inferiores a 0,05 indican que los términos del modelo son significativos para la variable respuesta Flujo de Alimentación (A) con 0,0382 y con un nivel de confianza del 61,99% de la variabilidad de rendimiento por lo tanto se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula.

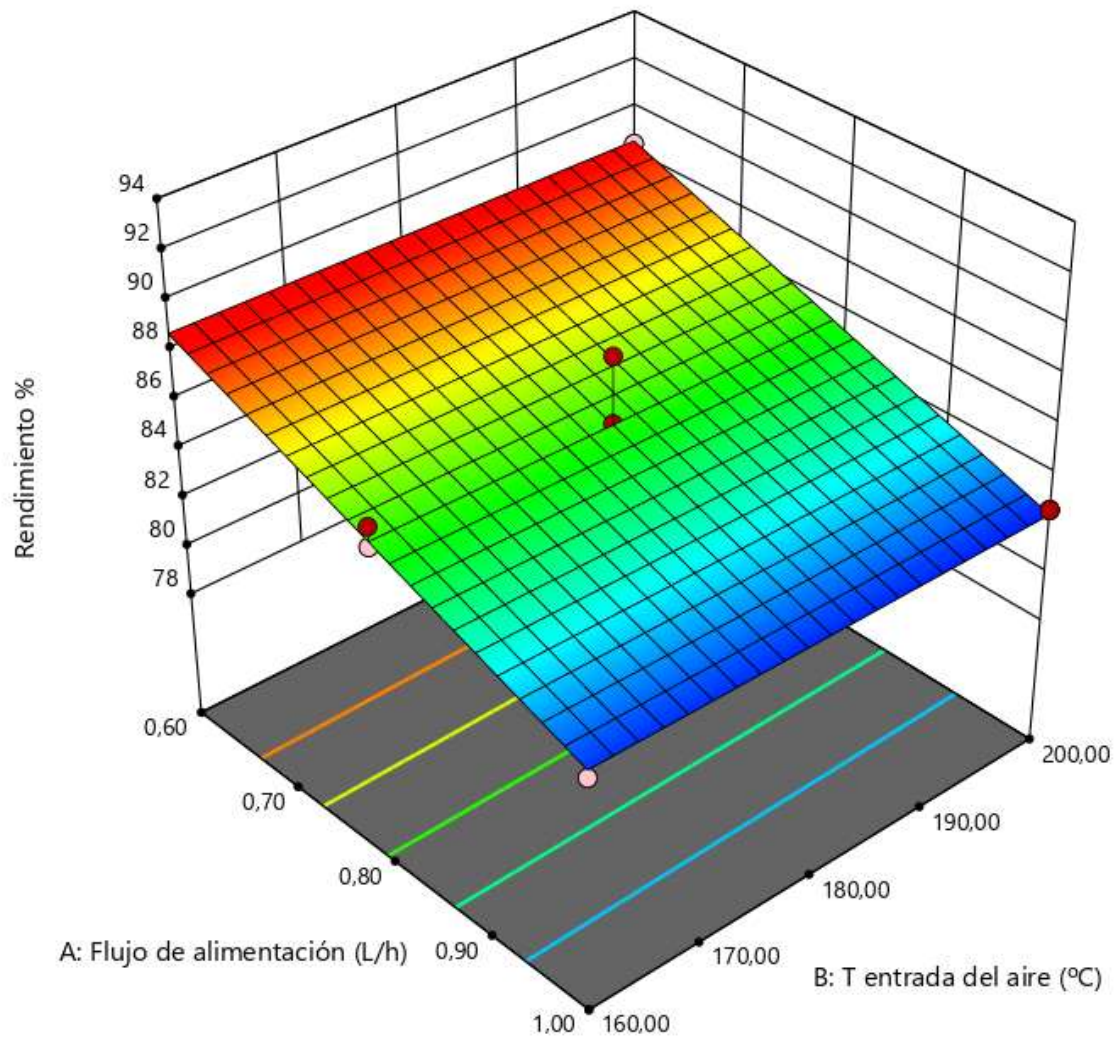


Gráfico 3. Superficie de respuesta para rendimiento de las microcápsulas

Elaborado por: (Andrade, K; Tapia, L, 2020)

El Gráfico 3 presenta la superficie respuesta obtenida para el rendimiento, donde se observa que el rendimiento de secado aumenta considerablemente con la variación de flujo de alimentación y con el incremento de la temperatura de secado, alcanzando su valor más alto de 88,53 % a una temperatura de 200 °C y flujo de alimentación de 0,6 L/h. Si la temperatura de secado es insuficiente, el agua presente en las gotas atomizadas no podrá ser evaporada completamente, por lo que estas tienden a pegarse en las paredes de la cámara de secado por ello como valor mínimo se obtuvo un rendimiento de 82,29% a una temperatura de 160 °C y flujo de alimentación de 1 L/h. Resultados similares fueron reportados por (Pastuña-Pullutasig, 2016) en su investigación de microencapsulados de aceite de Sacha Inchi obteniendo un rendimiento del 82,10%.

10.3. Optimización el proceso de secado por aspersión en función de la capacidad antioxidante, rendimiento y retención de aceite.

Una vez comprobado el ajuste y adecuación del modelo se procedió a la optimización de las variables de respuesta: antioxidantes, rendimiento y retención de aceites esenciales, mediante su maximización.

Tabla 22. Resultados de la optimización

Detalle	Unidad
Flujo de alimentación	0,6 L/h
Temperatura	200 °C
Capacidad antioxidante	1351,70 $\mu\text{M Fe}^{2+}$ /g de muestra
Retención de aceites esenciales	92,10 %
Rendimiento	88,53 %

Elaborado por: (Andrade, K; Tapia, L, 2020)

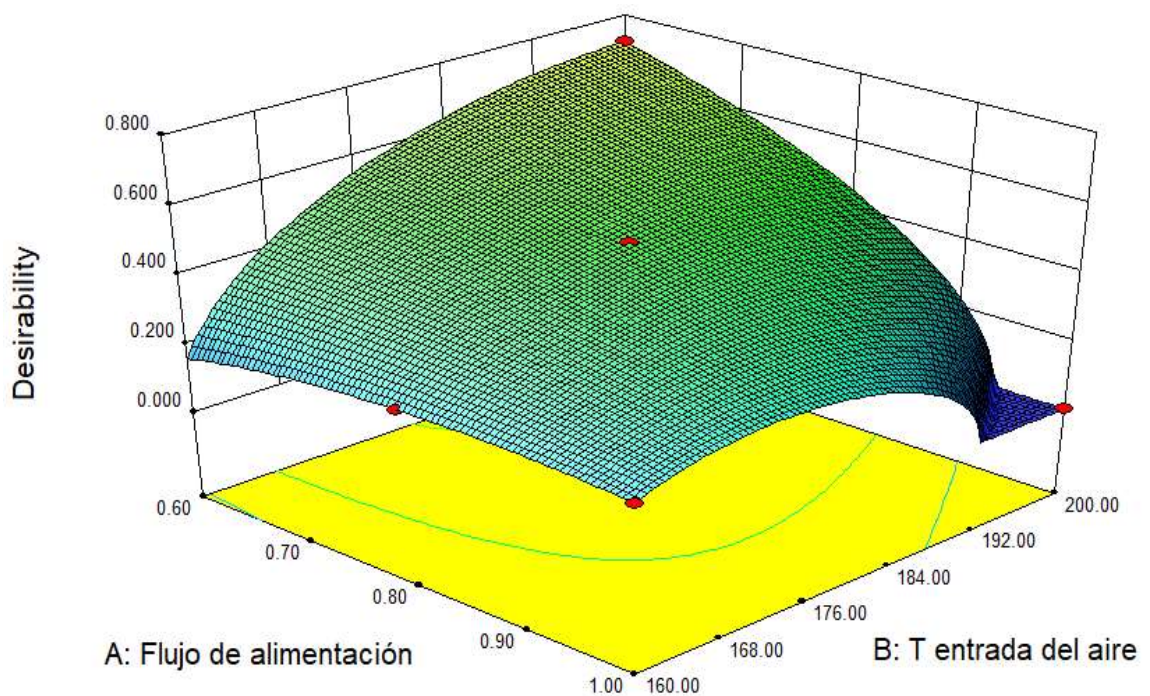


Gráfico 4. Optimización de acuerdo a las variables respuesta

Elaborado por: (Andrade, K; Tapia, L, 2020)

En el Gráfico 4 la superficie respuesta obtenida para la optimización de las variables evaluadas, del grafico de contorno, el punto definido por el flujo de alimentación es de 0,6 L/h y temperatura de entrada de aire es de 200 °C este fue sugerido como el más adecuado para la microencapsulación de aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare* L.). De acuerdo a los resultados obtenidos ya que con esta combinación se lograron valores de 1351,70 $\mu\text{M Fe}^{2+}/\text{g}$ de muestra para capacidad antioxidante, 92,10 % de retención de aceites esenciales y 88,53 % de rendimiento.

10.4. Análisis físico-químicos

10.4.1. Humedad de las microcápsulas

En la Tabla 23 se expresa los valores de los porcentajes de las humedades obtenidas, esto se realizó mediante el método AOAC 950.46 (2005). El contenido de humedad de las microcápsulas estuvo comprendido en un rango de 3,84 a 4,28 %.

Tabla 23 Valores de humedad obtenidos para cada corrida

Corrida	FACTORES		RESPUESTA
	Flujo de alimentación (L/h)	Temperatura de entrada del aire (°C)	Humedad %
1	0,8	180	4,02
2	0,6	200	3,84
3	0,8	160	4,03
4	1	200	4,00
5	0,8	180	4,07
6	0,8	160	4,28
7	1	160	3,94
8	0,8	180	4,11

Elaborado por: (Andrade, K; Tapia, L, 2020)

Tabla 24. Análisis de varianza-humedad

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrados Medios	Valor F	p-Valor Prob > F
Modelo	0,0277	2	0,0138	0,7766	0,5085 ns
A-Flujo de alimentación	6,138E-06	1	6,138E-06	0,0003	0,9859 ns
B-T entrada del aire	0,0264	1	0,0264	1,48	0,2783 ns
Residual	0,0891	5	0,0178		
Falta de Ajuste	0,0520	2	0,0260	2,10	0,2686 ns
Error Puro	0,0371	3	0,0124		
Total	0,1168	7			
R^2	0,2370				
R^2 Ajustado	-0,0682				
R^2 Predicho	-2,4256				

Elaborado por: (Andrade, K; Tapia, L, 2020)

En la Tabla 24 se muestra la significancia del análisis de varianza y de los coeficientes estimados, los valores inferiores a 0,05 indican que los términos del modelo son significativos. Para la variable respuesta humedad se observa que el modelo resultó no significativo debido a que los factores A (flujo de alimentación) y B (temperatura de entrada de aire) obtuvieron valores mayores a 0,05 y un nivel de confianza del 23,70% por lo tanto, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa.

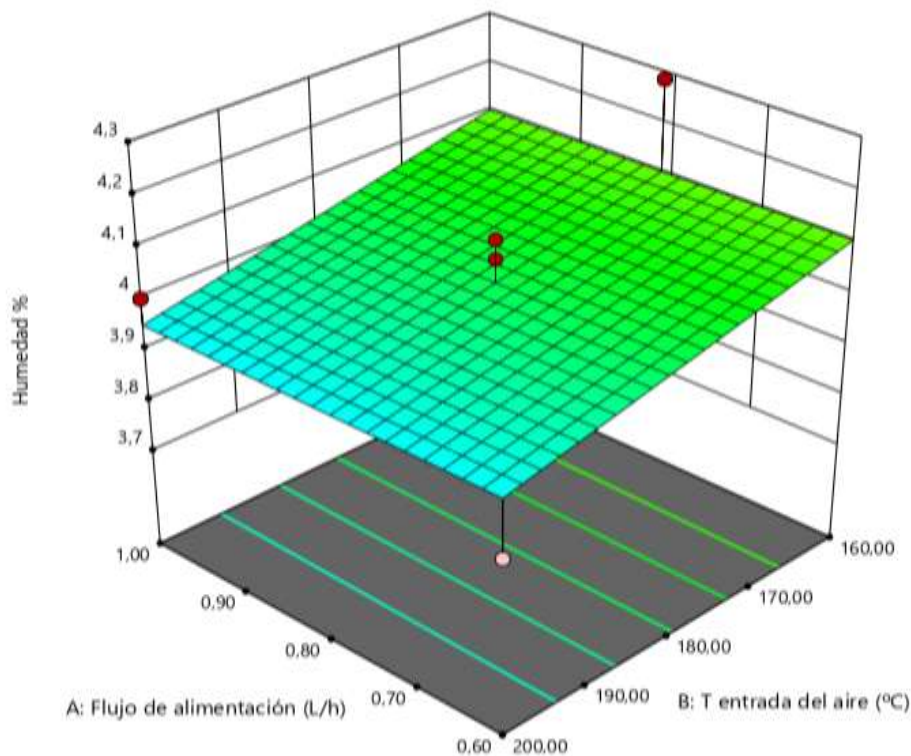


Gráfico 5. Superficie de respuesta para la humedad de las microcápsulas

Elaborado por: (Andrade, K; Tapia, L, 2020)

En el Gráfico 5 la superficie respuesta ajustada para la humedad de las microcápsulas en función de los factores se puede observar que a medida que disminuye el flujo de alimentación y la temperatura aumenta el contenido de humedad de las microcápsulas disminuye, el mejor resultado presenta una humedad de 3,84 % con un flujo de alimentación de 0,6 L/h y temperatura de 200 °C. Los factores más importantes que se debe controlar es la temperatura de secado ya que al incrementar acelera la velocidad de evaporación del agua en las partículas, si la temperatura es baja se producen microcápsulas densas, que no fluyen con facilidad, tienden a aglomerarse mientras que con el flujo de alimentación a altas velocidades incrementa la humedad. (Gharsallaoui, 2007). En el estudio realizado de encapsulación de secado por aspersión de aceite esencial de chía obtuvo una humedad de 4,34 a 5,38 %, similares a los valores encontrados en la presente investigación. (Rodea-González, 2012).

10.4.2. Solubilidad

En la Tabla 25 se presentan los valores de los porcentajes de solubilidad obtenidas mediante el método propuesto por (Cano-Chauca, 2005), están comprendido entre 59,12 % a 88,27 %.

Tabla 25. Valores de solubilidad obtenidos para cada corrida

FACTORES			RESPUESTA
Corrida	Flujo de alimentación (L/h)	Temperatura de entrada del aire (°C)	Solubilidad %
1	0,8	180	60,33
2	0,6	200	76,13
3	0,8	160	84,15
4	1	200	88,27
5	0,8	180	59,12
6	0,8	160	84,13
7	1	160	64,01
8	0,8	180	60,13

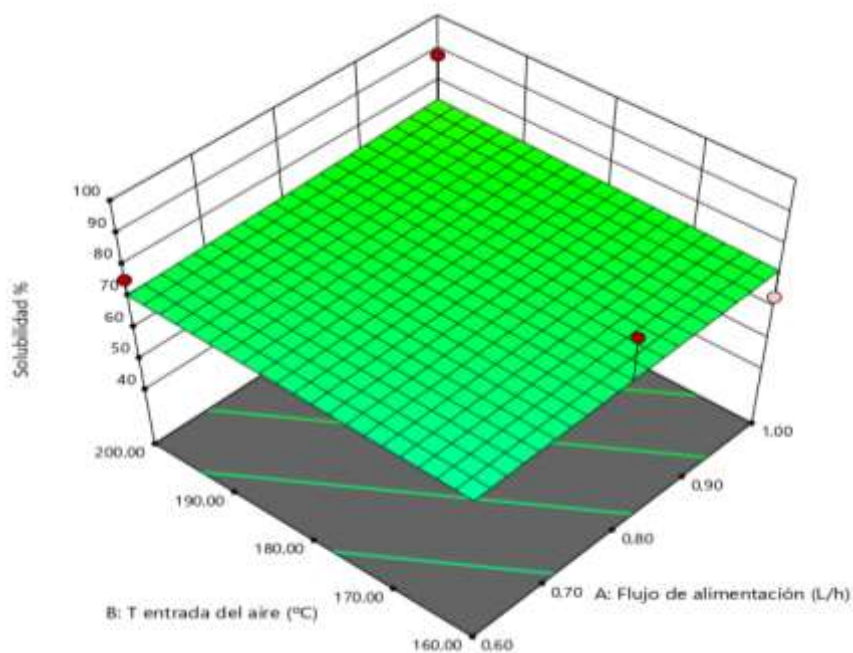
Elaborado por: (Andrade, K; Tapia, L, 2020)

Tabla 26. Análisis de varianza- solubilidad

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrados Medios	Valor F	Valor P Prob > F
Modelo	12,19	2	6,1	0,0285	0,9721 ns
A-Flujo de alimentación	8,67	1	8,67	0,0405	0,8484 ns
B-T entrada del aire	6,31	1	6,31	0,0295	0,8704 ns
Residual	1070,86	5	214,17		
Falta de Ajuste	1070,01	2	535,01	1896,22	0.0001 **
Error Puro	0,8464	3	0,2821		
Total	1083,05	7			
R^2	0,0113				
R^2 Ajustado	-0,3842				
R^2 Predicho	-5,3321				

Elaborado por: (Andrade, K; Tapia, L, 2020)

En la Tabla 26 se muestra la significancia del análisis de varianza y de los coeficientes estimados, los valores inferiores a 0,05 indican que los términos del modelo son significativos. Para la variable respuesta solubilidad se observa que el modelo resultó no significativo debido a que los factores A (flujo de alimentación) y B (temperatura de entrada de aire) obtuvieron valores mayores a 0,05 y un nivel de confianza del 1,13 % por lo tanto, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa.

**Gráfico 6.** Superficie de respuesta para la solubilidad de las microcápsulas

Elaborado por: (Andrade, K; Tapia, L, 2020)

En el Gráfico 6 se refleja la superficie de respuesta obtenida para solubilidad, se puede observar que máxima es de 88,27 % con un flujo de alimentación de 1 L/h y temperatura de 200 °C y como mínima de 59,12 % con un flujo de alimentación de 0,8 L/h y temperatura de 180 °C, por ello el flujo de alimentación y temperatura de aire aumentan se presentan mejores resultados, según el estudio de (Jittanit, 2011) menciona que, a mayor temperatura y flujo de alimentación, mayor es la solubilidad del producto independiente de la concentración del material encapsulante.

10.4.3. Higroscopicidad

En la Tabla 27 se demuestran los valores de los porcentajes de higroscopicidad, que estuvo comprendido entre 12,91 % a 17,69 %.

Tabla 27. Valores de higroscopicidad obtenidos para cada corrida

Corrida	FACTORES		RESPUESTA
	Flujo de alimentación (L/h)	Temperatura de entrada del aire (°C)	Higroscopicidad %
1	0,8	180	14,87
2	0,6	200	12,91
3	0,8	160	17,69
4	1	200	14,90
5	0,8	180	14,91
6	0,8	160	14,89
7	1	160	15,93
8	0,8	180	14,86

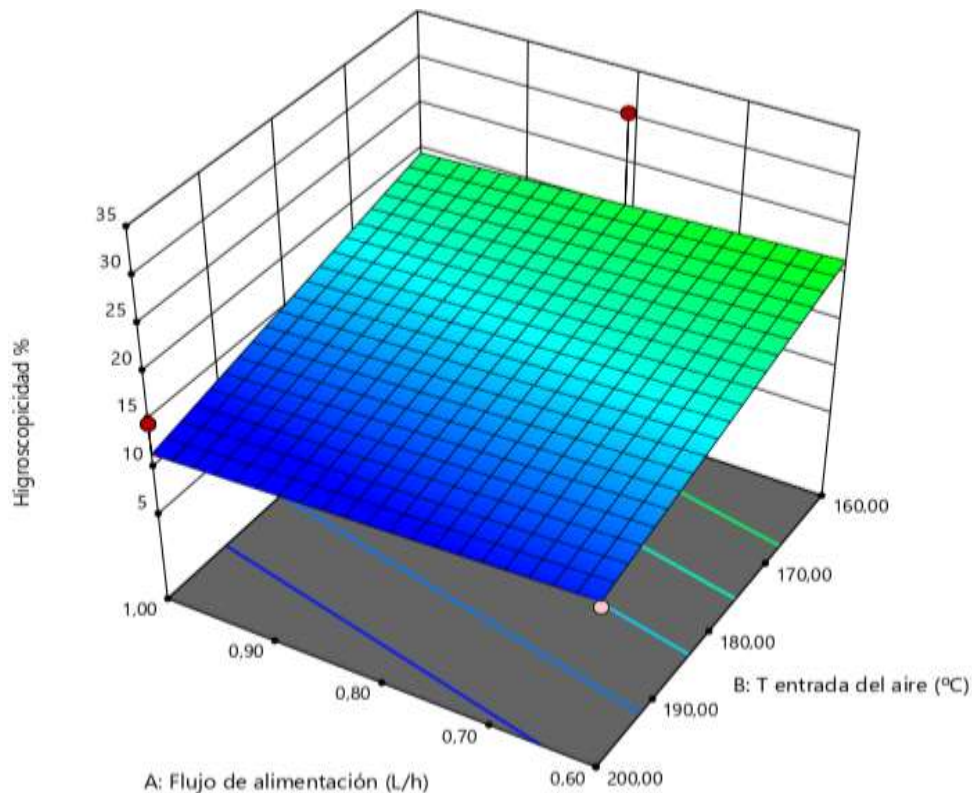
Elaborado por: (Andrade, K; Tapia, L, 2020)

Tabla 28. Análisis de varianza-higroscopicidad

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrados Medios	Valor F	Valor P Prob > F
Modelo	78,29	2	39,14	1,40	0,3289 ns
A-Flujo de alimentación	2,51	1	2,51	0,0896	0,7767 ns
B-T entrada del aire	78,04	1	78,04	2,79	0,1556 ns
Residual	139,75	5	27,95		
Falta de Ajuste	57,83	2	28,91	1,06	0,4488 ns
Error Puro	81,92	3	27,31		
Total	218,04	7			
<i>R</i>²	0,3590				
<i>R</i>² Ajustado	0,1027				
<i>R</i>² Predicho	-1,7282				

Elaborado por: (Andrade, K; Tapia, L, 2020)

La Tabla 28 manifiesta la significancia del análisis de varianza y los coeficientes estimados. Los valores inferiores a 0,05 indican que los términos del modelo son significativos. Para la variable respuesta higroscopicidad se observa que el modelo resultó no significativo debido a que los factores A (flujo de alimentación) y B (temperatura de entrada de aire) obtuvieron valores mayores a 0,05 y un nivel de confianza del 35,90 % por lo tanto, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa.

**Gráfico 7.** Superficie de respuesta para la higroscopicidad de las microcápsulas

Elaborado por: (Andrade, K; Tapia, L, 2020)

En el Gráfico 7 se expone la superficie respuesta obtenida para higroscopicidad, obtuvo mínimo de 12,91 % con un flujo de alimentación de 0,6 L/h y temperatura de 200 °C, el máximo es de 17,69 % con un flujo de alimentación de 0,8 L/h y temperatura de 160 °C, por lo tanto, a menor flujo de alimentación y mayor temperatura se obtiene una mejor higroscopicidad.

En la investigación de (Champagne, 2007) señala que los polvos con higroscopicidad inferiores al 2 % son considerados poco higroscópicos y estables, mientras que los productos con higroscopicidad entre el 2 a 15 % son considerados moderadamente higroscópicos y pueden sufrir reacciones de deterioro aceleradas durante el almacenamiento, según los resultados obtenidos los polvos microencapsulados presentan una moderada higroscopicidad.

10.4.4. Determinación de la fluidez del polvo

Las características del flujo de polvo se investigan habitualmente utilizando métodos como Índice de Carr, Índice de Hausner para ello es necesario conocer la densidad aparente y compactada cuyos valores se pueden observar en el Anexo 9 y el Ángulo de reposo es otro método para medir la fluidez del polvo.

- Índice de Carr, Índice de Hausner y Ángulo de reposo

En la Tabla 29 se da a conocer los valores de los porcentajes de Índice de Carr comprendido entre 32,74 % a 43,02 %, índice de Hausner 1,49 % a 1,74 % y Ángulo de reposo de 33,33 ° a 48,67 °.

Tabla 29. Valores de índice de Carr obtenidos para cada corrida

Corrida	FACTORES		RESPUESTA		
	Flujo de alimentación (L/h)	Temperatura de entrada del aire (°C)	Índice Carr	Índice de Hausner	Ángulo de Reposo
1	0,8	180	42,47	1,74	39,00
2	0,6	200	42,14	1,73	33,33
3	0,8	160	38,71	1,63	35,67
4	1	200	41,89	1,72	48,67
5	0,8	180	42,25	1,73	38,33
6	0,8	160	41,93	1,72	43,33
7	1	160	32,74	1,49	41,00
8	0,8	180	43,02	1,76	41,33

Elaborado por: (Andrade, K; Tapia, L, 2020)

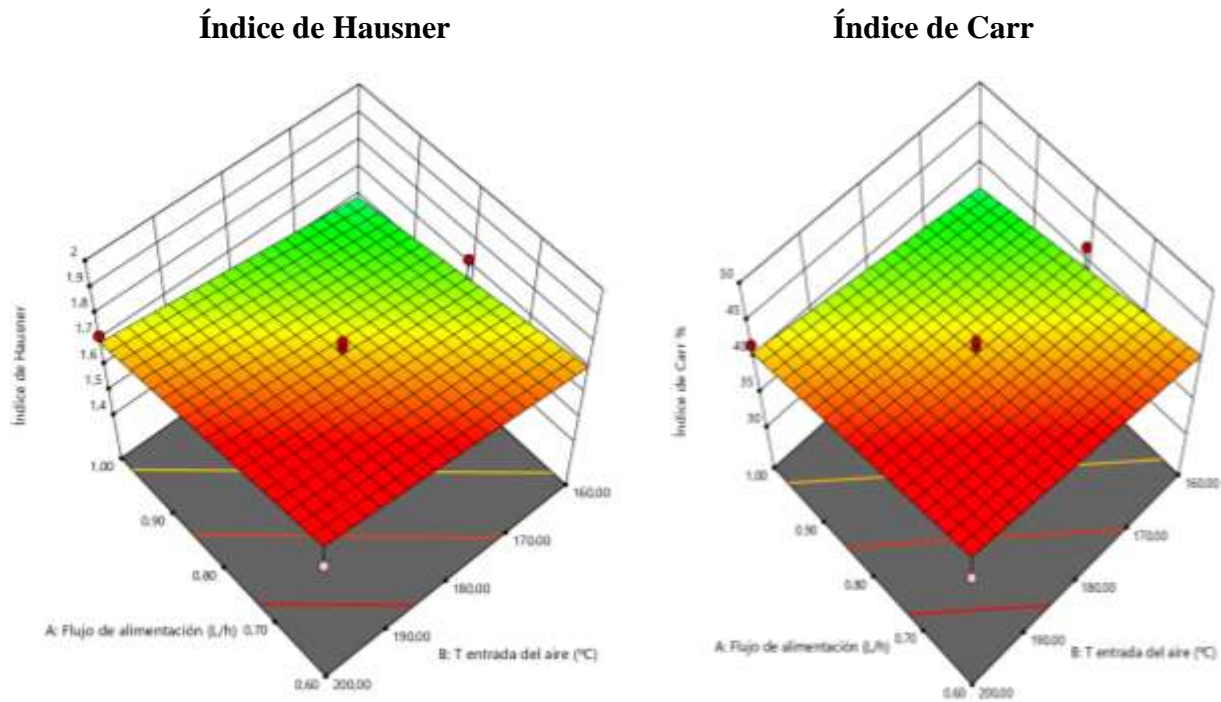


Gráfico 8. Superficie de respuesta para índice de Carr, índice de Hausner

Elaborado por: (Andrade, K; Tapia, L, 2020)

En el Gráfico 8 muestra el Índice de Carr e Índice de Hausner, que fueron calculados en base a la densidad aparente, densidad compactada de cada polvo, estas se utilizaron para el cálculo de IC que se encuentra entre 32,74 % a 43,02 % e IH de 1,49 % a 1,74 %.

El Índice de Carr fue de 43,02 % según las clasificaciones que muestra la Tabla 6 (Jinapong, 2008), el polvo es de pobre fluidez ya que posee un porcentaje 35 a 45%, este último parámetro se encuentra en concordancia con el índice de Hausner, el cual fue de 1,74, por tanto, este polvo se considera con capacidad de flujo pobre y altamente cohesivo; mientras más cohesivo sea un polvo, menor será su fluidez. Lo anterior se cumple al comparar los resultados de ambos parámetros con los valores reportados por (Santhalakshmy, 2015) donde IC es de 36,1 % e IH es de 1,57.

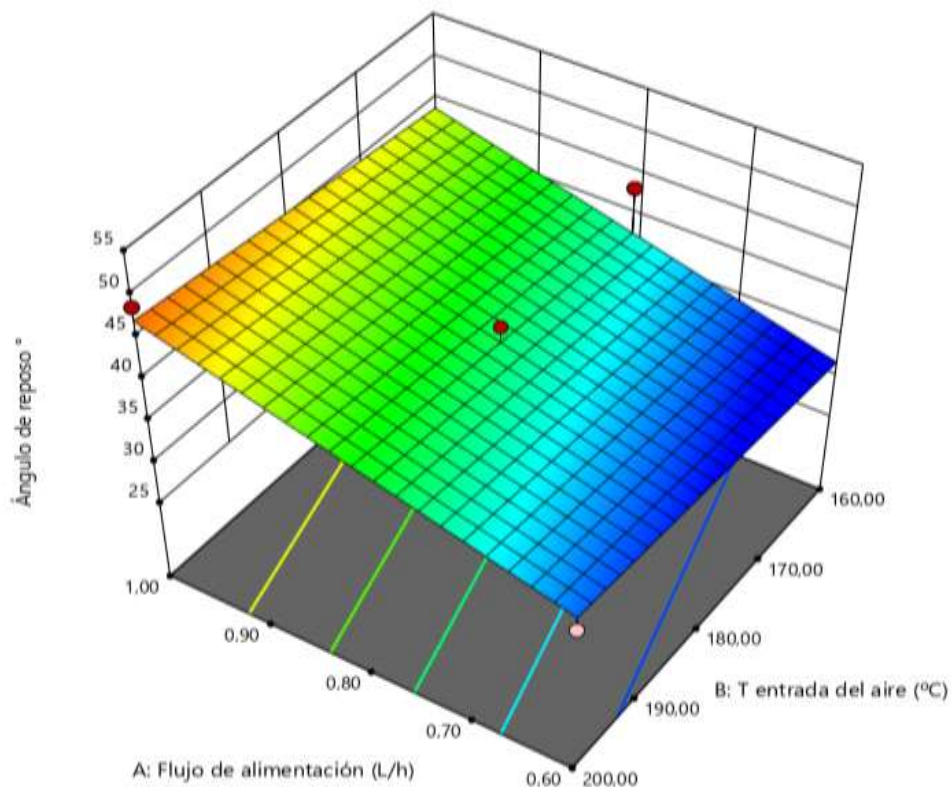


Gráfico 9. Superficie de respuesta para ángulo de reposo de las microcápsulas

Elaborado por: (Andrade, K; Tapia, L, 2020)

El polvo microencapsulado se considera cohesivo, de acuerdo al ángulo de reposo obteniendo un valor máximo de $48,67^\circ$, según la Tabla 9, sobre propiedades de flujo correspondientes a ángulo de reposos el polvo es cohesivo si se encuentra en un rango de $46 - 55^\circ$ (Jinapong, 2008), mientras que el minimizado es de $33,33^\circ$ reportando valores similares a (Romero, 2014) quien obtuvo para los polvos de jugo de zarzamora clarificado, obtenidos por gelificación, aspersión, liofilización y congelación liofilización, ángulos de $18,76^\circ$; $32,80^\circ$ y $35,16^\circ$ respectivamente.

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

Técnicos

La presente investigación genera impactos técnicos ya que proporciona a las industrias alimentarias, compuestos bioactivos microencapsulados que actúa como una barrera que evitan reacciones químicas, fomenta el aumento de la vida útil, promoviendo la liberación gradual y facilitando su manipulación al modificar el estado físico del compuesto que serán usados en la preservación algunos productos.

Sociales

Se incentiva a los agricultores a producir la materia prima siendo una planta de interés debido a su potencial agroindustrial, lo que permitirá generar un desarrollo adecuado en el ámbito social y económico de las comunidades de los sectores más vulnerables de la provincia.

Ambientales

Al implementar el proyecto de investigación, se incentivará a las industrias a utilizar compuestos naturales y ser más amigables con el medio ambiente, evitando el uso de aditivos químicos que provocan la degradación del medio ambiente y por ende afecciones a la salud humana.

12. PRESUPUESTO

Tabla 30 Presupuesto para la propuesta del proyecto

RECURSOS	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
HUMANOS				
Tutor	1	-	-	-
Lectores	3	-	-	-
Postulante	1	-	-	-
EQUIPOS				
Agitador Eléctrico (TERMO CIENTEFIC CIMAREC)	1	u	712,00	71,20
Balanza (Precisa XB 320)	1	u	1488,90	148,89
Balanza Analítica (BOECO-BAS 31 plus)	1	u	3500,00	350,00
Baño María (BOECO PWB-8)	1	u	1113,09	111,31
Bomba Peristáltica (Masterflex 77201-60)	9	Corridas	18,88	169,92
Centrifuga (BOECO C-28A)	1	u	2700,32	270,03
Cromatógrafo de Gases (Agilent 7890)	10	Corridas	45,40	454,00
Desecador	1	u	874,72	87,47
Espectrofotómetro modelo	1	u	2538,00	253,80
Estufa (Memmert Universal 30)	1	u	1244,00	134,40
Potenciómetro (Ec Temper)	1	u	55,87	55,87
Spray Dryer (SD-303)	9	Corridas	52,64	473,76
Ultraturrax (Coleparmer)	9	Corridas	5,60	50,40
Subtotal				\$ 2.631,05
MATERIALES Y SUMINISTROS				
Balas de Agitación	2	u	4,30	8,60
Balón de Aforo de 100 mL	4	u	5,60	22,40
Matraces Erlenmeyer 100 mL	18	u	4,50	81,00
Tubos de Sangre	20	u	0,40	8,00
Papel Filtro	1	m	2,00	2,00
Frascos Ámbar 5mL	9	u	0,30	2,70
Frascos Ámbar 250mL	9	u	0,46	4,14
Fundas herméticas polietileno	50	u	0,09	4,50
Papel Aluminio	3	u	2,00	6,00
Limpia pipas	100	u	0,02	2,00
Papel Secante	1	u	9,30	9,30
Jabón	1	Lt	6,50	6,50
Subtotal				\$ 157,14
REACTIVOS				
Hidróxido de Potasio, grado analítico	100	mL	14,00	14,00
Cloruro Férrico	100	g	22,76	22,76
TPTZ [2,4,6-tri (2-piridil)-1,3,5-triazina]	1	g	78,37	78,37
Sal de Mohr [Fe(NH ₄) ₂ SO ₄]	500	g	21,00	21,00
Acetato de sodio trihidratado (NaAc.3H ₂ O)	100	g	21,00	21,00
Ácido acético glacial	500	mL	0,02	9,00
Hidróxido de Sodio NaOH	1	Lt	5,00	5,00
Subtotal				\$ 171,13
MATERIA PRIMA				
Aceite esencial de orégano	1	Lt	150,00	150,00
Goma arábica grado alimentario	1	g	9,52	9,52
Maltodextrina grado alimentario	2	kg	1,45	2,90
Subtotal				\$ 150,00
MATERIALES/OFICINA				
Carpetas	2	u	0,50	1,00
Esferos	6	u	0,40	2,40
Copias, Impresiones	800	u	0,02	16,00
Anillados	8	u	1,25	10,00
Cds con portada	4	u	1,25	5,00
Empastados	4	u	15,00	60,00
Internet	3	Meses	25,00	75,00
Subtotal				\$ 169,40
TRANSPORTE				
Escuela Politécnica Nacional	6	U	5,10	30,60
Subtotal				\$ 30,60
			SUBTOTAL	\$ 3.309,32
			Imprevistos	\$ 496,40
			TOTAL	\$ 3.805,72

Elaborado por: (Andrade, K; Tapia, L, 2020)

13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

13.1. Conclusiones

- Se caracterizó la composición química del aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare* L.), mediante cromatografía de gases con detector de masas donde se obtuvo un 49,13% de Timol y 15,11% de Carvacrol definiéndose como componentes mayoritarios, otros componentes encontrados fueron: p-Cimeno, γ -Terpineno, cariofileno, óxido de cariofileno, 2-metil-hexanal, trans- α -Bergamoteno, Eugenol, 9,12,15 octadecatrienal, Cariofileno, 9,12-octadecadienoico, y α - Bergamoteno; poniendo así en manifiesto el potencial del aceite esencial para su aplicación en distintas áreas de la industria alimentaria por su contenido de antioxidantes
- De acuerdo a los resultados obtenidos de la optimización de microencapsulación el mejor resultado fue la corrida 2 con flujo de alimentación de 0,6 y temperatura de secado 200 °C, presentando las siguientes características: de 1351,70 $\mu\text{M Fe}^{2+}/\text{g}$ para capacidad antioxidante, 92,10% de retención de aceites y 88,53% de rendimiento debido a que se observó significancia estadística.
- Para verificar la calidad de los polvos obtenidos se realizaron análisis físico-químicos presentando valores de humedad, higroscopicidad, solubilidad, y fluidez comprobado que los materiales encapsulantes goma arábica/ maltodextrina tiene una buena emulsificación y retención de compuestos volátiles que contribuyen a la estructura de la pared encapsulante permitiendo la formación de polvos con características optimas, libres flujo sin enmascarar el sabor; demostrando que a mayor humedad el comportamiento de los polvos refleja poca fluidez y alta cohesividad.

13.2. Recomendaciones

- Se recomienda analizar las características morfológicas del encapsulado de orégano (*Origanum Vulgare* L.) por el método de microscopia de barrido (SEM) y termogravimétrico (TGA) con el fin de conocer tamaño y forma.
- Extender el trabajo de investigación mediante la aplicación del polvo obtenido como aditivo en un alimento con el fin de evaluar la vida en anaquel y alteraciones de las características del producto.
- Realizar pruebas con otros materiales encapsulantes, proporciones de los mismo y diferentes tipos de aceites esenciales.
- Evaluar otros métodos de microencapsulación usando las técnicas de nanoencapsulación y coacervación.

14. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, D., Navarro, M., & Monroy, L. (2013). *Composición química del aceite esencial de hojas de orégano (Origanum vulgare)*. *Información tecnológica*, 24(4), 43-48.
- Agustin, J., & Sanguansri, H. (2013). Encapsulantes para Procesos de Microencapsulación. *Memorias Del VI Simposium Internacional de alimentos*.
- Anandharamakrishnan, C. (2015). *Spray drying techniques for food ingredient encapsulation*. John Wiley & Sons.
- Arcila-Lozano, C., Loarca-Piña, G., Lecona-Urbe, S., & González de Mejía, E. (2004). El orégano: propiedades, composición y actividad biológica de sus componentes. *Archivos Latinoamericanos de nutrición*, 54, 110-111.
- Bakry, A. M., Abbas, S., Ali, B., Majeed, H., Abouelwafa, M. Y., Mousa, A., & Liang, L. (2016). Microencapsulation of oils: A comprehensive review of benefits, techniques, and applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(1), 143-182.
- Baranauskaite, J., Ivanauskas, L., Masteikova, R., Kopustinskiene, D., Baranauskas, A., & Bernatoniene, J. (2017). Formulation and characterization of Turkish oregano microcapsules prepared by spray-drying technology. *Pharmaceutical development and technogy*, 22(6), 792-803.
- Baranauskaite, J., Kopustinskiene, D. M., & Bernatoniene, J. (2019). Impact of gelatin supplemented with gum Arabic, Tween 20, and β -Cyclodextrin on the microencapsulation of Turkish oregano extract. *Molecules*, 24(1), 176.
- Bringas-Lantigua, M. A., & Pino, J. A. (2012). Microencapsulación de saborizantes mediante secado por atomización. *Revista ReCiTeIA.*, 34-68.
- Cano-Chauca, M., Stringheta, P. C., Ramos, A. M., & Cal-Vidal, J. (2005). Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 6(4), 420-428.
- Cebrián, J. (2010). *Diccionario Integral de Plantas Medicinales*. 1ra edición. Integral. Barcelona.
- CETEC. (2017). Encapsulación de compuestos sensibles a la temperatura para aditivación de polímeros biodegradables. *Proyecto INFO*, 20-25.
- Champagne, C. P., & Fustier, P. (2007). Microencapsulation for the improved delivery of bioactive compounds into foods. *Current opinion in biotechnology*, 18(2), 184-190.
- Estevinho, B. N., F, R., Santos, L., & Alves, A. (2013). Microencapsulation with chitosan by spray drying for industry applications. *Trends in Food Science & Technology*, 31(2), 138-155.
- Fernandes, R. V., Botrel, D. A., Monteiro, P. S., Borges, S. V., Souza, A. U., & Mendes, L. E. (2018). Microencapsulated oregano essential oil in grated parmesan cheese conservation. *International Food Research Journal*, 25(2), 661-669.

- Ferrándiz-García, M. (2015). *Encapsulación de aceites esenciales funcionales para su aplicación en agricultura*.
- Flores–Belmont, I. A., & Jiménez–Munguía, M. T. (2013). Microencapsulación de compuestos activos con quitosano. *Temas selectos de ingeniería de alimentos*, 7(1), 48-56.
- Gaonkar, R., Niraj, A., Ramsh, I., & Robert, M. (2014). Microencapsulación de aceite esencial de naranja. *Reviews in Food Science*, 45(10), 312-320.
- García-Chacón, J. M. (2017). *Desarrollo de microencapsulados enriquecidos en carotenoides a partir de residuos de frutas tropicales para uso como colorantes naturales en alimentos*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia-Sede Bogotá.
- García, A., & López, A. (2012). *Biopolímeros utilizados en la encapsulación*. Recuperado el 20 de Septiembre de 2019, de Temas selectos de Ingeniería de Alimentos: [http://www.udlap.mx/wp/tsia/No6-Vol-1/TSIA-6\(1\)-Garcia-Ceja-et-al-2012.pdf](http://www.udlap.mx/wp/tsia/No6-Vol-1/TSIA-6(1)-Garcia-Ceja-et-al-2012.pdf)
- Gharsallaoui, A., Roudaut, G., Chambin, O., Voilley, A., & Saurel, R. (2007). Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. *Food research international*, 40(9), 1107-1121.
- Guevara, B., Quispe, B. (2019). *Optimización del proceso de microencapsulación de aceite de palta obtenido por CO2 supercrítico*. Universidad del Centro de Perú, Facultad de Ingeniería de industrias Alimentarias, Guancayo-Perú.
- Institute for Nutraceutical Advancement. (s.f.). *Method 108.003, Fatty Acid Content*. Obtenido de URL: <http://www.nsf.org/busines/>
- Jimenez, S., Guevara, R., Miranda, R., Feregrino, A., Torres, I., & Vazquez, M. (2012). Functional properties and quality characteristics of bioactive compounds in berries: biochemistry, biotechnology and genomics. *Food research international*, 54(1), 1195-1207.
- Jinapong, N., Suphantharika, M., & Jamnong, P. (2008). Production of instant soymilk powders by ultrafiltration, spray drying and fluidized bed agglomeration. *Journal of Food Engineering*, 84(2), 194-205.
- 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 & Technology*, 33(1).
- Kamiya, N., Lacina, M., Tolosa, D., Contreras, C., Lagoria, S., & Ruiz, R. M. (2017). Desarrollo y validación de una metodología para la determinación de residuos de orto-fenilfenol en aceite esencial de frutas cítricas en Tucumán, R. Argentina. *Revista industrial y agrícola de Tucumán*, 87(2), 45-53.
- Koksal, E., Bursal, E., Dikici, E., Tozoglu, F., & Gulcin, I. (2011). Antioxidant activity of *Melissa officinalis* leaves. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(2), 217-222.
- Krishnaiah, D., Sarbatly, R., & Nithyanandam, R. (2011). A review of the antioxidant potential of medicinal plant species. *Food and Bioproducts Processing*, 217-233.

- León Méndez, G., Fortich, O., del Rosario, M., Torrenegra, M. E., & Gil González, J. (2015). Extraction, characterization and antioxidant activity of essential oil from *Plectranthus amboinicus* L. *Revista Cubana de Farmacia*, 49(4), 709-718.
- López, O. D; Turiño, L.W; Nogueira, A. (2015). Microencapsulación de sabores mediante secado por aspersión. *Alimentos, Ciencia e Investigación.*, 23(1), 65-69.
- López, O., Márquez, T., Mayo, O., Toledo, C., & Pérez, E. (2009). Características del aceite de semillas de Cucurbita pepo L. microencapsulado mediante secado por aspersión con maltodextrina y goma arábica. *Latin American Journal of Pharmacy*, 28(4), 628-632.
- Lupo, B., González, C., & Maestro, A. (2012). Microencapsulación con alginato en alimentos. Técnicas y aplicaciones. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 3(1), 130-151.
- Matiz Melo, G. E., Fuentes López, K., & León Méndez, G. (2015). Microencapsulation of thyme (*Thymus vulgaris*) essential oil in polymeric matrices based on modified yam (*Dioscorea rotundata*) starch. *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas*, 44(2).
- Nesterenko, A. A., Silvestre, F., & Durrieu, V. (2013). Vegetable proteins in microencapsulation: A review of recent interventions and their effectiveness. *Industrial crops and products*. 42, 469-479.
- Parra, R. A. (2011). Microencapsulación de alimentos. *Revista Facultad Nacional de Agronomía.*, 5669-5684.
- Pastuña-Pullutasig, A., López-Hernández, O., Debut, A., Vaca, A., Rodríguez-Leyes, E., Vicente, R., & Tapia-Hernández, F. (2016). Microencapsulation of oil sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) by spray drying. *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas*, 45(3), 422-437.
- Rodea-González, D. A., Cruz-Olivares, J., Román-Guerrero, A., Rodríguez-Huezo, M. E., Vernon-Carter, E. J., & Pérez-Alonso, C. (2012). Spray-dried encapsulation of chia essential oil (*Salvia hispanica* L.) in whey protein concentrate-polysaccharide matrices. *Journal Food Engineering*, 111(1), 102-109.
- Romero, H. (2014). Obtención y caracterización de un polvo de almidón de papa adicionado con antocianinas y bacterias probióticas como potencial ingrediente funcional. *UNIVERSIDAD VERACRUZANA*.
- Ruiz, M. L., Mendoza, S. O., & Zavala, J. (2007). *Determinación de compuestos fenólicos de tres poblaciones de orégano (Lippia graveolens Kunt)*. Obtenido de Universidad Autónoma de Querétaro Facultad de Ciencias Naturales.
- Sánchez, H. M., Palomares, S. G., & Reyes, T. R. (2011). Caracterización de compuestos volátiles durante el secado por aspersión de jugo de sandía (*Citrullus lanatus* Thunb.). *Investigación y Ciencia*, 19(51), 10-15.
- Sánchez, Y., & Pino, J. (2011). Headspace solid-phase microextraction analysis of volatile compounds from spice essential oils in dry flavourings. *Food Science y Technology*, 46, 2118-2123.

- Santhalakshmy, S., Bosco, S. J., Francis, S., & Sabeena, M. (2015). Effect of inlet temperature on physicochemical properties of spray-dried jamun fruit juice powder. *Powder Technology*, 274, 37-43.
- Sasikumar, J., Assevatham, S., & Kumar, D. (s.f.). *Studies on in vitro free radical scavenging activity of Bixa orellana L.6. . bark extract* Int J Oharm Sci 2012; 4 (2): 719-72.
- Skoog, D. A., Holler, F. J., & Nieman, T. A. (2008). *Principios de análisis instrumental*.
- Tapia-Ulloa, A. (2018). *Efecto de la microencapsulación en la actividad antimicrobiana de extractos de plántulas de aristotelia chilensis y crinodendron patagua cultivadas in vitro*. UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE.
- Tonon, R. V., Brabet, C., Pallet, D., Brat, P., & Hubinger, M. D. (2009). Physicochemical and morphological characterisation of açai (*Euterpe oleraceae* Mart.) powder produced with different carrier agents. *International journal of food science & technology*, 44(10), 1950-1958.
- Tuyen, C. K., Nguyen, M. H., Roach, P. D., & Stathopoulos, C. E. (2014). Microencapsulation of Gac oil: Optimisation of spray drying conditions using response surface methodology. *Powder Technology*, 264, 298-309.

15. ANEXOS

Anexo 1. Aval de traducción



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

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 del proyecto de investigación al Idioma Inglés presentado por las señoritas Egresadas de la Carrera de INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL, de la FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES, KAREN PAMELA ANDRADE IMBAGO Y LIDIA JASMIN TAPIA GUERRERO cuyo título versa "DESARROLLO DE UN ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO (*Origanum Vulgare* L.) MICROENCAPSULADO, MEDIANTE SECADO POR ASPERSIÓN", que 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 las peticionarias hacer uso de presente certificado de la manera ética que estimen conveniente.

Latacunga, 12 de febrero de 2020

Atentamente

Mg. Bolívar Maximiliano Cevallos Galarza
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C: 091082166-9





Universidad
Técnica de
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

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 del proyecto de investigación al Idioma Inglés presentado por las señoritas Egresadas de la Carrera de **INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**, de la **FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**, **KAREN PAMELA ANDRADE IMBAGO Y LIDIA JASMIN TAPIA GUERRERO** cuyo título versa **“DESARROLLO DE UN ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO (*Origanum Vulgare* L.) MICROENCAPSULADO, MEDIANTE SECADO POR ASPERSIÓN”**, que 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 las peticionarias hacer uso de presente certificado de la manera ética que estimen conveniente.

Latacunga, 12 de febrero de 2020

Atentamente

Mg. Bolívar Maximiliano Cevallos Galarza
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C: 091082166-9



Anexo 2. Lugar de ejecución del proyecto de investigación



Fuente: <https://www.google.com/maps/search/latacunga+/@0.0819519,-77.2607643,1>

Anexo 3. Datos informativos del docente Tutor**DATOS PERSONALES****APELLIDOS:** Rojas Molina**NOMBRES:** Jaime Orlando**ESTADO CIVIL:** Casado**CÉDULA DE CIUDADANÍA:** 050264543-5**NÚMERO DE CARGAS FAMILIARES:** 1**LUGAR Y FECHA DE NACIMIENTO:** Latacunga 15/10 /1984**DIRECCIÓN DOMICILIARIA:** la Merced, Quijano Ordoñez y Juan Abel Echeverría 7-60**TELÉFONO CONVENCIONAL:** 032-802455**TELÉFONO CELULAR:** 0999084592**E-MAIL INSTITUCIONAL:** orlando.rojas@utc.edu.ec**E-MAIL PERSONAL:** rojas_orlando1984@hotmail.com**TIPO DE DISCAPACIDAD:** Ninguna**# DE CARNET CONADIS:** N/A**ESTUDIOS REALIZADOS Y TÍTULOS OBTENIDOS**

NIVEL	TÍTULO OBTENIDO	INSTITUCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR	FECHA DE REGISTRO	CÓDIGO DEL REGISTRO CONESUP O 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 4. Datos informativos del estudiante**DATOS PERSONALES****NOMBRES:** Andrade Imbago Karen Pamela**FECHA DE NACIMIENTO:** 09 de junio de 1996**NACIONALIDAD:** Ecuatoriano**DIRECCION:** Ciudadela Vásconez Cuvi**TELEFONO:** (032) 2811-592**CELULAR:** 0998081295**E-MAIL:** karen.andrade1895@utc.edu.ec**ESTADO CIVIL:** Soltera**FORMACIÓN ACADÉMICA****ESTUDIOS PRIMARIOS:** Unidad Educativa José Acosta Vallejo (Cayambe)**ESTUDIOS SECUNDARIOS:** Colegio Natalia Jarrín (Cayambe)**IDIOMA:** Suficiencia de Inglés "B1"**ESTUDIOS SUPERIOR:** Universidad Técnica De Cotopaxi**NIVEL:** Cursando noveno semestre de ingeniería agroindustrial.**CURSOS REALIZADOS**

- II Seminario internacional de inocuidad en alimentos.
- II Congreso internacional de agroindustrias, ciencia tecnología e ingeniería de alimentos 2018.
- I congreso Binacional Ecuador-Perú Agropecuaria, medio ambiente y turismo 2019

Firma

Anexo 5. Datos informativos del estudiante

DATOS PERSONALES

APELLIDOS Y NOMBRES: Lidia Jasmin Tapia Guerrero

CEDULA: 050406352-0

FECHA DE NACIMIENTO: 04 de noviembre de 1993

ESTADO CIVIL: Casada

NACIONALIDAD: Ecuatoriana

CIUDAD: Latacunga

DOMICILIO: San Felipe

CELULAR: 0998446012

E-MAIL: lidia.tapia0@utc.edu.ec

FORMACIÓN ACADÉMICA

ESTUDIOS PRIMARIOS: Lic. Jaime Andrade Fabara

DIRECCIÓN: Las Fuentes

ESTUDIOS SECUNDARIOS: Colegio Instituto Tecnológico Victoria Vásquez Cuví.

DIRECCIÓN: Latacunga

ESTUDIOS UNIVERSITARIOS: Universidad Técnica de Cotopaxi (Noveno semestre).

IDIOMAS: Suficiencia de Inglés "B1"

CURSOS REALIZADOS

II Seminario Internacional de inocuidad de alimentos.

II Congreso Internacional de Agroindustrias, Ciencia y Tecnología e Ingeniería de alimentos 2018.



.....
Lidia Tapia

Firma

Anexo 6. Ficha técnica goma arábica

129, Chemin de Croisset
CS 94151 - 76723 Rouen
France
Tel: 33 (0)2 32 85 18 18
Fax 33 (0)2 32 89 19 19



NAME OF PRODUCT **INSTANTGUM BA**
LOT NUMBER **190736**
DATE OF MANUFACTURE **14/07/2019**
EXPIRY DATE **14/07/2022**

CERTIFICATE OF ANALYSIS			
TEST	METHOD	SPECIFICATIONS	RESULT
DESCRIPTION		White to yellowish-white powder	White to yellowish-white powder
pH OF 25% SOLUTION	Eur.Ph 2.2.2	4.1 to 5.3	4.9
COLOR OF 25% SOLUTION	Lovibond	<=16	16.8
VISCOSITY OF 25% SOLUTION	Brookfield LVP 60 rpm	60 to 100 mPa.s	75 mPa.s
MOISTURE (5h -105°C)	USP 921 Method III	<=3.0%	3.0%
ACID INSOLUBLE MATTERS	Eur.Ph	<=0.1%	0.07%
TOTAL ASHES	Eur.Ph	<=4%	3.8%
ACID INSOLUBLE ASHES	USP 561	<=0.5%	0.5%
MESH SIZE through 63 µm	Vibra sifting	<=10%	15%
LEAD*	ICP -OES/ICP-MS	<=0.1 ppm	<=0.1 ppm
ARSENIC*	ICP -OES/ICP-MS	<=0.5 ppm	<=0.5 ppm
MERCURY*	SAA	<=0.1 ppm	<=0.1 ppm
CADMIUM*	ICP -OES/ICP-MS	<=0.1 ppm	<=0.1 ppm
TOTAL HEAVY METAL*	FCC Method II	<=5 ppm	<=5 ppm
GLUCOSE AND FRUCTOSE*	Eur.Ph	Passes test	Passes test
STARCH, DEXTRIN AND AGAR*	Eur.Ph	Passes test	Passes test
STERCULIA GUM*	Eur.Ph	Passes test	Passes test
TRAGACANTHA*	Eur.Ph	Passes test	Passes test
TANNINS	Eur.Ph	Passes test	Passes test
IDENTIFICATION*	Eur.Ph	Passes test	Passes test
TOTAL PLATE COUNT	ISO 4833-1	<=500/g	<=500/g
AEROBIC MESOPHILIC SPORES	ISO 4833-1	<=300/g	<=300/g
YEAST AND MOLDS	ISO 6611	<=100/g	<=100/g
E.COLI	ISO 7251	ABS/5g	ABS/5g
SALMONELLA	ISO 6579-1	ABS/25g	ABS/25g

* tested analytically (product of the same grade)

Comply with the EC regulation, 231/2012
Conform to Eur.Ph, USP/NF, FCC



SERQUEUX, 2019 July 25th



The information contained in this bulletin is correct to the best of our knowledge. The recommendations or regulations herein are made without guarantee or representation as to result, upon the condition of our own highest care control. We suggest that you conduct the recommended treatment in full before in your own laboratory prior to use. This treatment is to be reserved as the best of our copyright in patent. They are provided only as a service of information.

Société anonyme au capital de 11 000 000 € - R.C. Rouen 8141 770 830

Anexo 7. Ficha técnica de la maltodextrina

ORIGINAL



秦 皇 岛 骊 骅 淀 粉 股 份 有 限 公 司
QINHUANGDAO LIHUA STARCH CO., LTD.

Address: No.89, Lihua Street, Funing District, Qinhuangdao City, Hebei Province, China

Tel: +86 335 6034581 Fax: +86 335 6034278 E-mail: lihuastarch@163.com

TECHNICAL DATE SHEET

Description of Goods: MALTODEXTRIN DE10-12

Observe Standard: GB/T20884-2007

Characters: WHITE POWDER WITH YELLOWISH SHADOW, NON IRREGULAR SHAPE, NON VISIBLE IMPURITIES BY NAKED EYES, WITH THE SPECIAL FLAVOR OF MALTODEXTRIN, SWEETISH OR NOT, NO ODOR

Shelf Life: 24 MONTHS

TEST ITEM	TEST BASE
DE VALUE, % (M/M)	10-12
WATER, % (M/M)	≤6.0
SOLUBILITY	≥98.0%
PH VALUE	4.5-6.5
SULPHATE ASH % (M/M)	≤0.6
IODINE TEST	NEGATIVE
ARSENIC(AS), MG/KG	≤0.5
PB, MG/KG	≤0.5
COLIFORMS (MPN/100 G)	≤30
TOTAL PLATE COUNT (cfu/g)	≤3000
SALMONELLA	ABSENT

Anexo 8. Curva de calibración FRAP

Tabla 31. Datos de calibración curva FRAP

CONCENTRACIÓN	CURVA PATRON
0	0
100	0,119
200	0,228
300	0,327
500	0,52
700	0,66
1000	0,889

Elaborado por: (Andrade, K; Tapia, L, 2020)

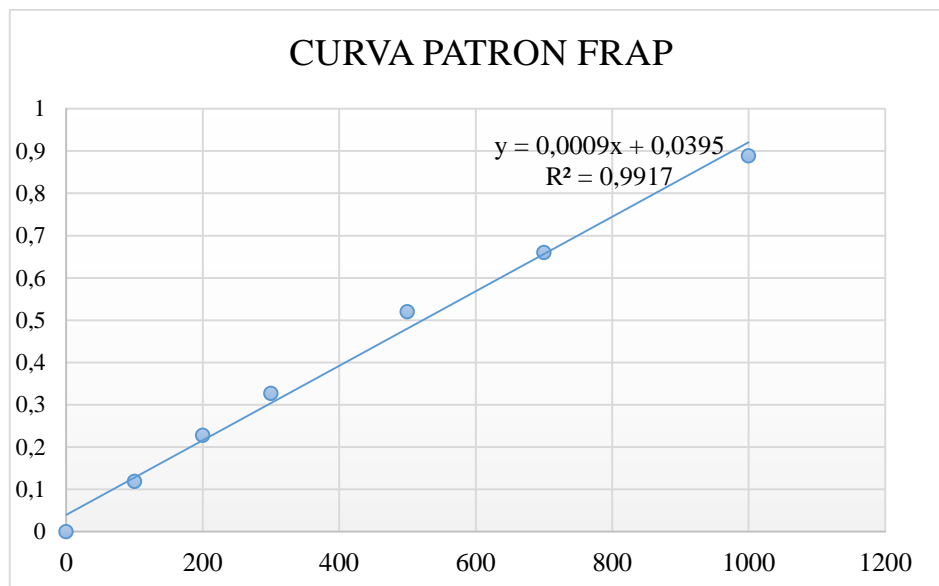


Gráfico 10. Curva de calibración FRAP

Elaborado por: (Andrade, K; Tapia, L, 2020)

CURVA DE CALIBRACIÓN FRAP

- Pesar en balanza analítica 0,3922 g de sal Mohr $[\text{FeSO}_4(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}]$. Trasvasar cuantitativamente hacia volumétrico (matraz aforado) de 100mL con agua destilada. Antes de enrasar adicionar 1 mL de HCl (1:1).
- Tomar alícuota de 1,2,3,5,7,10 mL (medidas en bureta) y diluir a 100 mL con agua destilada. Estas diluciones corresponden a las concentraciones de 100, 200, 300 y 1000 uM de Fe^{2+} (catión ferroso).

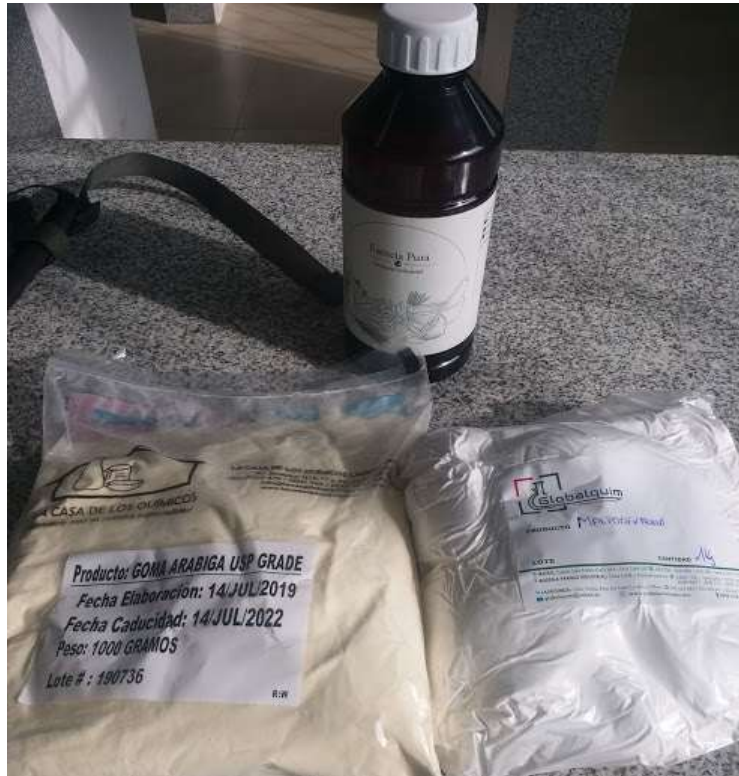
Anexo 9. Densidad aparente y compactada

Tabla 32. Datos calculados para densidad aparente y compactada

Corrida	FACTORES		RESPUESTA	
	Flujo de alimentación (L/h)	Temperatura de entrada del aire (°C)	DENSIDAD APARENTE	DENSIDAD COMPACTADA
1	0,8	180	0,32	0,56
2	0,6	200	0,34	0,58
3	0,8	160	0,35	0,57
4	1	200	0,34	0,58
5	0,8	180	0,32	0,56
6	0,8	160	0,32	0,56
7	1	160	0,36	0,53
8	0,8	180	0,34	0,59

Elaborado por: (Andrade, K; Tapia, L, 2020)

Fotografía 1. Materia prima



Fuente: (Andrade, K; Tapia, L, 2020)

Fotografía 2. Equipo Spray Dryer SD-303



Fuente: (Andrade, K; Tapia, L, 2020)

Fotografía 3. Equipo Bomba peristáltica Masterflex



Fuente: (Andrade, K; Tapia, L, 2020)

Fotografía 4. Equipo Ultraturrax Colepalmer



Fuente: (Andrade, K; Tapia, L, 2020)

Fotografía 5. Preparación de la emulsión a microencapsular



Fuente: (Andrade, K; Tapia, L, 2020)

Fotografía 6. Secado de la emulsión en el Spray Dryer SD-303



Fuente: (Andrade, K; Tapia, L, 2020)

Fotografía 7. Polvo microencapsulado



Fuente: (Andrade, K; Tapia, L, 2020)

Fotografía 8. Polvo microencapsulado de las 8 corridas



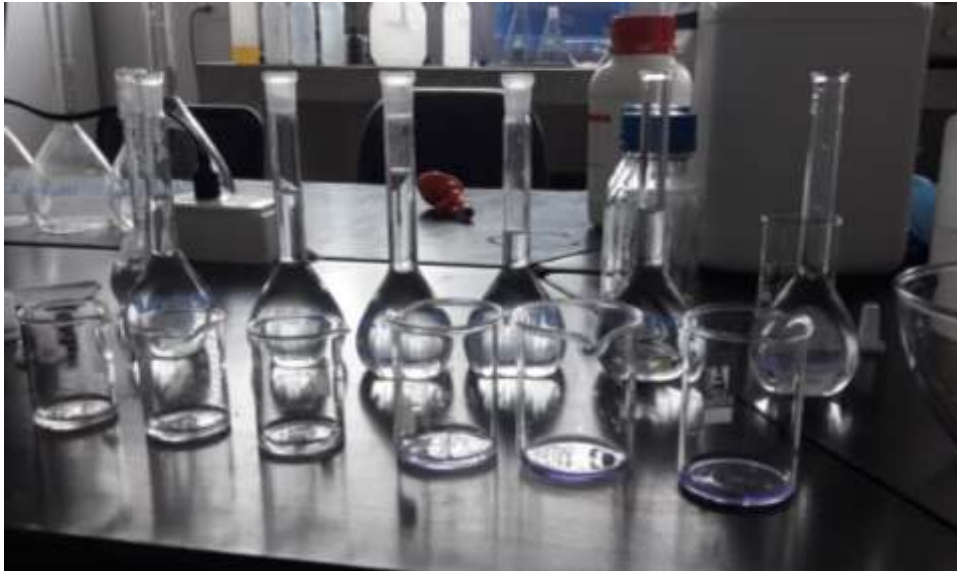
Fuente: (Andrade, K; Tapia, L, 2020)

Fotografía 9. Preparación de reactivo FRAP



Fuente: (Andrade, K; Tapia, L, 2020)

Fotografía 10. Curva de calibración FRAP



Fuente: (Andrade, K; Tapia, L, 2020)

Fotografía 11. Medición de antioxidantes por el método FRAP



Fuente: (Andrade, K; Tapia, L, 2020)

Fotografía 12. Análisis físico-químicos (Humedad)



Fuente: (Andrade, K; Tapia, L, 2020)

Fotografía 13. Análisis físico-químicos (Ángulo de reposo)



Fuente: (Andrade, K; Tapia, L, 2020)

Fotografía 14. Análisis físico-químicos (Fluidez)



Fuente: (Andrade, K; Tapia, L, 2020)

Fotografía 15. Análisis físico-químicos (Higroscopicidad)



Fuente: (Andrade, K; Tapia, L, 2020)