

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y
METALURGIA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS**



**MICROENCAPSULACIÓN DE ÁCIDO CARMÍNICO
MEDIANTE SECADO POR ATOMIZACIÓN**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

PRESENTADO POR:

Bach. Prudencio OCHOA FLORES

Bach. Yanet COSINGA ESLAVA

ASESOR:

Dr. Antonio Jesus MATOS ALEJANDRO

AYACUCHO - PERÚ

2023

DEDICATORIA

A Dios, por guiar mi vida en todo momento, por ser mi fortaleza e inteligencia y permitir el desarrollo de esta investigación de manera exitosa, a mis padres, Eugenia Adriana Flores Orosco y Prudencio Ochoa Cucho; por ser el apoyo emocional y económico, a mis queridos hermanos por su comprensión, cariño y permanente apoyo durante mi formación personal y profesional.

Prudencio Ochoa Flores

Dedico en primer lugar a Dios, por su bendición a diario a lo largo de mi vida me protege y me lleva por el camino del bien, en segundo lugar, a mis padres: Donato Cosinga Laura y Herminia Eslava Riveros por su apoyo incondicional y moral, en tercer lugar, a mis hermanos por su apoyo emocional y comprensión para seguir adelante con mis estudios y por ultimo a mi asesor por las enseñanzas y las guías para lograr mi objetivo.

Yanet Cosinga Eslava

AGRADECIMIENTO

Expresamos un profundo agradecimiento a quienes hicieron posible la realización de este proyecto de investigación.

A nuestra alma mater la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia y de manera especial a mi querida Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias, gestora del conocimiento de la ciencia y la cultura en sus diversas manifestaciones.

Agradecemos a toda la plana de docentes, ingenieros, maestros y doctores de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, por la gran capacidad de transmitir a través de la escuela profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias, experiencias, conocimientos y orientaciones durante toda la etapa de nuestro estudio universitario y formación profesional.

Al Dr. Antonio Jesús Matos Alejandro, por sus enseñanzas y el apoyo brindado en el seguimiento y monitoreo para realizar este trabajo de investigación.

A nuestros añorados, padres, hermanos y nuestros amigos, por su cariño, apoyo, comprensión y aliento para continuar en el camino profesional y de la vida; agradecemos a todas las personas que de una u otra manera contribuyeron a que este sueño sea posible.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar los parámetros del secado por atomización en la microencapsulación de ácido carmínico con características apropiadas. El uso de colorantes naturales ha ido creciendo debido a que en los últimos años (2009-2019) los usos de colorantes artificiales han producido perjuicios en la salud; como alergias y formación de tumores cancerígenos (Lizárraga, 2019, p. 61)

Para la microencapsulación del ácido carmínico, primero se obtuvo los sólidos solubles y el ácido carmínico, como segundo paso determinó los parámetros óptimos de secado por microencapsulación del ácido carmínico, teniendo como variables independientes: La temperatura de secado $T_1 = 150\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $T_2 = 200\text{ }^{\circ}\text{C}$ en la atomización y la concentración del agente encapsulante $C_1 = 5\%$ y $C_2 = 15\%$. Las variables respuestas fueron el rendimiento de sólidos solubles, solubilidad, rendimiento de ácido cítrico, humedad, absorbancia y pH, por el método de diseño estadístico compuesto central que formuló 13 tratamientos.

En la extracción de los sólidos solubles se obtuvo un rendimiento de 25,62 % utilizando el ácido cítrico como solvente de extracción, en la microencapsulación del ácido carmínico de los 13 tratamientos, el rendimiento óptimo obtenido fue de 65,40 %, en la determinación de la humedad en el secado por atomización resulta con una humedad final óptima de 5,01 %, mientras que el pH obtenido en la microencapsulación del ácido carmínico fue de 7,6 utilizando como agente encapsulante a la maltodextrina, en la prueba de la solubilidad realizada se obtuvo una solubilidad total, ya que después de la dilución no quedo partículas en suspensión en la solución, esto debido a que la microencapsulación fue de forma amorfa, en la prueba de poder de colorear se obtuvo una absorbancia de 0,30 como valor óptimo 21,68 %, y finalmente en la prueba de concentración de ácido carmínico se obtuvo 21,68%.

Palabra clave: optimización, ácido carmínico, microencapsulación

ABSTRACT

The objective of this research work was to evaluate the parameters of spray drying in the microencapsulation of carminic acid with appropriate characteristics. The use of natural colorants has been growing because in recent years (2009-2019) the uses of artificial colorants have produced health damages; such as allergies and formation of carcinogenic tumors (Lizárraga, 2019, p. 61).

For the microencapsulation of carminic acid, first the soluble solids and carminic acid were obtained, as a second step determined the optimal drying parameters for microencapsulation drying of carminic acid, having as independent variables: The drying temperature $T1= 150\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $T2= 200\text{ }^{\circ}\text{C}$ in atomization and the concentration of the encapsulating agent $C1 = 5\%$ and $C2= 15\%$. The response variables were soluble solids yield, solubility, citric acid yield, moisture, absorbance and pH, by the central composite statistical design method that formulated 13 treatments.

In the extraction of soluble solids a yield of 25,62 % was obtained using citric acid as extraction solvent, in the microencapsulation of carminic acid of the 13 treatments, the optimum yield obtained was 65,40 %, in the determination of the humidity in the drying by atomization it results with an optimum final humidity of 5,01 %, while the pH obtained in the microencapsulation of carminic acid was 7,6 using maltodextrin as encapsulating agent, in the solubility test carried out, total solubility was obtained, since after dilution no particles remained in suspension in the solution, this is due to the fact that the microencapsulation was in an amorphous form, in the coloring power test, an absorbance of 0,30 was obtained as an optimum value of 21,68 %, and finally in the carminic acid concentration test, 21,68 % was obtained.

Keyword: optimization, carminic acid, microencapsulation.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	2
GENERALIDADES	2
1.1. Planteamiento del problema	2
1.2. Formulación del problema	3
1.2.1. Problema principal	3
1.2.2. Problemas específicos.....	3
1.3. Objetivos	4
1.3.1. Objetivo General	4
1.3.2. Objetivos Específicos.	4
1.4. Delimitación del problema	4
1.4.1. Espacial	4
1.4.2. Temporal	5
1.5. Variables e indicadores	5
1.5.1. Variable independiente	5
1.5.2. Variables dependientes	5
1.6. Hipótesis	5
1.6.1. Hipótesis general	5
1.6.2. Hipótesis específica	5
CAPÍTULO II	7
MARCO TEÓRICO	7
2.1. Antecedentes de la investigación	7
2.1.1. A nivel internacional	7
2.1.2. A nivel nacional	9
2.2. Colorantes	10
2.3. Cochinilla	11

2.4. Descripción del insecto	12
2.5. Taxonomía.....	13
2.6. Propiedades físicas.....	14
2.7. Clasificación de la calidad de cochinilla	14
Consiste en la selección del producto la clasificación, en rangos de calidad.....	14
2.8. Composición química	15
2.9. Producción de la cochinilla.....	15
2.10. Historia de la cochinilla	16
2.11. Usos de la cochinilla.....	16
2.12. Extractos de cochinilla.....	16
2.12.1. Ácido carmínico	17
2.12.1.1. <i>Propiedades físicas de ácido carmínico.....</i>	<i>17</i>
2.12.1.2. <i>Propiedades químicas del ácido carmínico.....</i>	<i>18</i>
2.12.1.3. <i>Usos del ácido carmínico.....</i>	<i>18</i>
2.12.1.4. <i>Ventajas y desventajas</i>	<i>18</i>
2.13. Proceso para la obtención del ácido carmínico.....	19
2.14. Obtención del ácido carmínico	19
2.14.1. Descripción de los procesos	20
2.15. Microencapsulamiento	21
2.15.1. Agentes utilizados en la microencapsulación	22
2.16. Microencapsulación por secado por aspersion.....	23
2.16.1. Rendimiento de la microencapsulación (EY)	23
2.16.2. Etapas de secado por atomización	24
2.16.3. Aplicaciones en la Industria Alimentaria	25
2.16.4. Prueba de calidad del microencapsulado.....	26
2.17. Superficie de respuesta.....	26
2.18. Optimización utilizando el método de Diseño central compuesto	27

2.19. Software STATGRAPHICS	28
CAPÍTULO III.....	29
MATERIALES Y MÉTODOS	29
3.1. Lugar de ejecución	29
3.2. Planteamiento metodológico.....	29
3.2.1. Nivel de investigación	29
3.2.2. Tipo de investigación.....	29
3.2.3. Tipo de análisis estadístico.....	30
3.3. Materiales	30
3.3.1. Materiales	30
3.3.2. Equipos.....	30
3.3.3. Reactivos	30
3.3.4. Métodos.....	31
3.3.4.1. Diseño experimental de la microencapsulación del ácido carmínico mediante secado por atomización	31
3.3.4.2. Análisis fisicoquímico del secado por atomización microencapsulado del ácido carmínico	31
3.3.5. Proceso de extracción del ácido carmínico.....	32
3.3.6. Proceso de microencapsulación.....	35
3.3.7. Rendimiento de la extracción de sólidos solubles.....	39
3.3.8. Rendimiento del secado por atomización.....	39
3.3.9. Humedad (Método Association of Analytical Communities 930.15, 2005) ..	39
3.3.10. Determinación del pH (Método AOAC 981.12, 2005)	39
3.3.11. Determinación de solubilidad.....	40
3.3.12. Determinación del poder de colorear por lectura de absorbancia.....	41
3.3.13. Determinación de la concentración del ácido carmínico	42
3.4. Diseño experimental de la microencapsulación del ácido carmínico mediante secado por atomización.....	43

CAPÍTULO IV	45
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	45
4.1. Análisis fisicoquímico y estadístico de la microencapsulación de ácido carmínico mediante secado por atomización	45
4.1.1. Rendimiento de la extracción de sólidos solubles	46
4.1.2. Solubilidad.....	47
4.1.3. Poder de colorear.....	48
4.1.4. Rendimiento del secado por atomización microencapsulado.....	52
4.1.5. Humedad del ácido carmínico microencapsulado	56
4.1.6. pH del ácido carmínico microencapsulado	60
4.1.7. Concentración del ácido carmínico microencapsulado	63
4.1.8. Calidad de la cochinilla utilizada en el secado por atomización microencapsulado	67
CONCLUSIONES	69
RECOMENDACIONES.....	70
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71
ANEXOS.....	76

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Relación de los colores percibidos y la longitud de onda	11
Tabla 2. Composición y características de cochinilla en base seca	12
Tabla 3. Propiedades físicas de la cochinilla	14
Tabla 4. Características de las distintas calidades de cochinilla	14
Tabla 5. Composición química de la cochinilla (En base húmeda)	15
Tabla 6. Resultados del diseño compuesto central	31
Tabla 7. Diseño compuesto central para el análisis de superficie de 13 tratamientos.....	43
Tabla 8. Resultados de las variables respuestas del ácido carmínico microencapsulado según el programa STATGRAPHICS	45
Tabla 9. Análisis de varianza para absorbancia	48
Tabla 10. Coeficiente de regresión para la absorbancia.....	50
Tabla 11. Maximización en la optimización de la absorbancia de la microencapsulación del ácido carmínico	51
Tabla 12. Análisis de Varianza para Rendimiento	52
Tabla 13. Coeficiente de regresión para Rendimiento	54
Tabla 14. Maximización del rendimiento de la microencapsulación del ácido carmínico	55
Tabla 15. Análisis de Varianza para Humedad	56
Tabla 16. Coeficiente de regresión para Humedad.....	58
Tabla 17. Maximización en la optimización de la humedad de la microencapsulación del ácido carmínico	59
Tabla 18. Análisis de Varianza para pH.....	60
Tabla 19. Coeficiente de regresión para pH.....	61
Tabla 20. Maximización en la optimización del pH de la microencapsulación del ácido carmínico	63
Tabla 21. Análisis de Varianza para concentración de ácido carmínico	64
Tabla 22. Coeficiente de regresión para la concentración de ácido carmínico	65
Tabla 23. Maximización en la optimización de la concentración del ácido carmínico en el secado por atomización microencapsulado	67

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Etapas del ciclo de vida de la cochinilla <i>Dactylopius coccus</i> Costa.	13
Figura 2. Estructura química del ácido carmínico	17
Figura 3. Diagrama de operaciones del proceso	20
Figura 4. Proceso de secado por atomización	23
Figura 5. Ciclón o venturi para el proceso de separación del producto seco	25
Figura 6. Diseños centrales compuestos para optimización.	27
Figura 7. Descripción del proceso de extracción del ácido carmínico	32
Figura 8. Selección de la cochinilla seca	33
Figura 9. Molienda de la cochinilla	33
Figura 10. Extracción del ácido carmínico	34
Figura 11. Filtrado al vacío del extracto de ácido carmínico	35
Figura 12. Solución del ácido carmínico a una concentración de 0,2 M en 1 L	36
Figura 13. Soluciones de maltodextrina a diferentes concentraciones	36
Figura 14. Soluciones del ácido carmínico con maltodextrina	37
Figura 15. Ácido carmínico microencapsulado	38
Figura 16. Equipo BUCHI Mini Spray Dryer B-290	38
Figura 17. Cinta medidora de pH 1-14 marca JENWAY	40
Figura 18. Solución de ácido carmínico centrifugado	41
Figura 19. Solución del ácido carmínico microencapsulado	41
Figura 20. Espectrofotómetro modelo SpectroScam 50V	42
Figura 21. Secado de la solución de los sólidos solubles extraídos	46
Figura 22. Solución del ácido carmínico microencapsulado	47
Figura 23. Resultado del diagrama de Pareto en la optimización de la absorbancia ..	49
Figura 24. Resultado de la interacción de la maltodextrina a 5 y 15% de concentración para la optimización de la absorbancia	49

Figura 25. Resultado gráfico por superficie de respuesta en la absorbancia del ácido carmínico microencapsulado	50
Figura 26. Resultado gráfico de contornos de la superficie de respuesta.....	51
Figura 27. Resultado del diagrama de Pareto en la optimización del rendimiento	52
Figura 28. Resultado de la interacción de la maltodextrina a 5 y 15% de concentración para la optimización del rendimiento	53
Figura 29. Resultado gráfico por superficie de respuesta en el rendimiento del ácido carmínico microencapsulado	54
Figura 30. Resultado gráfico de contornos de la superficie de respuesta.....	55
Figura 31. Resultado del diagrama de Pareto en la optimización de la humedad	57
Figura 32. Resultado de la interacción de la maltodextrina a 5 y 15% de concentración para la optimización de la humedad.....	57
Figura 33. Resultado gráfico por superficie de respuesta en la humedad del ácido carmínico microencapsulado	58
Figura 34. Resultado gráfico de contornos de la superficie de respuesta.....	59
Figura 35. Resultado del diagrama de Pareto en la optimización del pH.....	60
Figura 36. Resultado de la interacción de la maltodextrina a 5 y 15% de concentración para la optimización del pH.....	61
Figura 37. Resultado gráfico por superficie de respuesta en el pH del ácido carmínico microencapsulado	62
Figura 38. Resultado gráfico de contornos de la superficie de respuesta.....	62
Figura 39. Resultado del diagrama de Pareto en la optimización de la concentración de ácido carmínico	64
Figura 40. Resultado de la interacción de la maltodextrina a 5 y 15% de concentración para la optimización de la concentración del ácido carmínico	65
Figura 41. Resultado gráfico por superficie de respuesta en la concentración del ácido carmínico secado por atomización microencapsulado.....	66
Figura 42. Resultado gráfico de contornos de la superficie de respuesta.....	66

INTRODUCCIÓN

El colorante natural tiene una gran aceptación, ya que ofrecen una alternativa más saludable y segura a los productos químicos artificiales utilizados en la industria alimentaria. Es por ello que se está utilizando en mayor medida los colorantes naturales obtenidas a partir de plantas, algas, hongos y seres vivos como la cochinilla (*Dactylopius coccus*). El ácido carmínico como colorante natural se extrae a partir de la cochinilla, y es utilizada en la industria de alimentos y cosméticos para dar un color rojo a los alimentos o a bebidas. Dicha extracción se realiza mediante la extracción acuosa, posteriormente precipitado con alcohol y agua para su filtración y secado (Delgado et al, 2018, p. 41).

La microencapsulación puede encapsular sustancias sólidas, líquidas y gaseosas de en partículas pequeñas, forma una capa fina alrededor del producto (por ejemplo, acidulantes, grasas y sabores), así como productos enteros (pasas, nueces y productos de confitería), (Desai & Jin Park, 2005, p. 11). La microencapsulación es una técnica que va siendo utilizado cada vez más debido a su interés en la agricultura, medicina, y alimentos; en los alimentos se utiliza para el recubrimiento de colorantes, aceites, saborizantes e ingredientes de mayor tamaño (Parra, 2011, p. 1).

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1. Planteamiento del problema

En la actualidad el uso de colorantes naturales se ha ido incrementando considerablemente siendo el Perú el puesto 11 en la exportación del mundo, principalmente del ácido carmínico.

El ácido carmínico es utilizado como colorante natural con diversas aplicaciones en la Industria Alimentaria. Sin embargo, se ha demostrado que la estabilidad en su coloración de este compuesto es afectada por la variación del pH y temperatura. Una forma de mejorar dicha estabilidad es la microencapsulación mediante secado por atomización (Delgado et al., 2018, p. 41).

A pesar de ser un colorante muy utilizado en los alimentos para dar color a los productos cárnicos, mermeladas, helados y productos lácteos como el yogurt y quesos, la obtención es muy prolongada y con un uso excesivo de etanol u otro como solvente de extracción como ácido cítrico; teniendo problemas de secado en el rendimiento y sensibilidad a los cambios como son la variación de pH, y temperatura. Se realiza la microencapsulación al extracto con diferentes concentraciones del agente encapsulante para evitar dichos daños en la obtención del ácido carmínico.

Las industrias que extraen colorantes naturales utilizan en exceso solventes para su extracción dañando el medio ambiente; por ello, es necesario optimizar el proceso de obtención de dichos colorantes sin alterar su estabilidad en el proceso de secado por atomización ya que; se ha demostrado que la estabilidad en su coloración de este compuesto es afectada por la variación del pH y temperatura (Delgado, et al, 2018, p.

41).

En función de mejorar su conservación mediante la microencapsulación. Para disminuir el deterioro se utilizó el método convencional y económico, siendo la microencapsulación mediante secado por atomización, identificado por proteger sustancias sensibles a cambios externos dentro de una matriz, para prolongar la vida útil y facilitar su uso en la industria alimentaria (Díaz et al., 2017, p.2).

El producto final obtenido en la microencapsulación tiene diferentes tamaños, cuando tienen el rango de tamaño entre 0,2 y 5000 micras se denominan microcápsulas, cuando el intervalo es mayor que 5000 micras son macrocápsulas, y nanocápsulas cuando el tamaño es inferior a 0,2 micras (King, 1995, p. 29).

Se hace necesario realizar una investigación sobre el microencapsulamiento y así obtener parámetros favorables, como las características del líquido de secado (viscosidad, caudal de alimentación), el aire de secado (temperatura, presión) y la concentración del agente encapsulante.

Como también es necesario conocer el efecto de las variables de proceso (temperatura y concentración del agente encapsulante), sobre las características del polvo de ácido carmínico (contenido de humedad, pH, solubilidad, poder de colorear y rendimiento).

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema principal

- ✓ ¿Cuáles serán los parámetros de microencapsulación por secado por atomización para encapsular ácido carmínico con características apropiadas?

1.2.2. Problemas específicos

- ✓ ¿Cuál es el porcentaje de extracción de los sólidos solubles de la cochinilla con una solución de ácido cítrico?
- ✓ ¿Cuál es el contenido de ácido carmínico de la cochinilla a partir de los sólidos solubles obtenidos?
- ✓ ¿Cuáles son los efectos del secado por atomización en la microencapsulación de ácido carmínico sobre la solubilidad, pH, humedad, poder de colorear y

rendimiento de los sólidos solubles microencapsulado?

- ✓ ¿Cuál es la calidad de la cochinilla utilizada para la microencapsulación mediante secado por atomización?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

- ✓ Evaluar los parámetros del secado por atomización en la microencapsulación de ácido carmínico con características apropiadas.

1.3.2. Objetivos Específicos.

- ✓ Analizar el porcentaje de extracción de los sólidos solubles de la cochinilla.
- ✓ Determinar el contenido de ácido carmínico de la cochinilla a partir de los sólidos solubles obtenidos.
- ✓ Analizar los resultados de la microencapsulación de ácido carmínico mediante secado por atomización.
- ✓ Determinar la humedad, pH, solubilidad, poder de colorear y rendimiento de los sólidos solubles microencapsulado.
- ✓ Determinar la calidad de la cochinilla utilizada en la microencapsulación mediante secado por atomización.

1.4. Delimitación del problema

1.4.1. Espacial

La cochinilla se obtuvo en el mercado Magdalena del Distrito de Jesús Nazarena, Provincia Huamanga y departamento de Ayacucho.

La investigación se desarrolló en el laboratorio de Análisis de alimentos de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias y en el laboratorio de Control de Calidad de la Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

1.4.2. Temporal

Se realizó la investigación en el periodo de enero del 2023 hasta mayo del 2023.

1.5. Variables e indicadores

Para el diseño del experimento se definieron las siguientes variables:

1.5.1. Variable independiente

- Temperaturas de la cámara de secado por atomización de 150°C y 200°C.
- Concentración de la maltodextrina como agente encapsulante 5 % y 15 %.

1.5.2. Variables dependientes

- Propiedades fisicoquímicas del ácido carmínico microencapsulado mediante secado por atomización (contenido de humedad, rendimiento de los sólidos solubles microencapsulado, solubilidad, pH, poder de colorear).
- Contenido de los sólidos solubles en la extracción mediante la solución de ácido cítrico.
- Contenido de ácido carmínico en el secado por atomización microencapsulado.
- Calidad de la cochinilla utilizada.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis general

Hs

- En la microencapsulación de ácido carmínico mediante secado por atomización los parámetros adecuados mantienen las características apropiadas.

Ho

- En la microencapsulación de ácido carmínico mediante secado por atomización los parámetros adecuados no mantienen las características apropiadas.

1.6.2. Hipótesis específica

Hs1

- La microencapsulación de ácido carmínico mediante secado por atomización nos permite analizar las propiedades fisicoquímicas.

H01

- La microencapsulación de ácido carmínico mediante secado por atomización no nos permite analizar las propiedades fisicoquímicas.

Hs2

- El sólido soluble permite evaluar el porcentaje de extracción de la cochinilla.

H02

- El sólido soluble no permite evaluar el porcentaje de extracción de la cochinilla.

Hs3

- El secado por atomización microencapsulado permite analizar el contenido de ácido carmínico.

H03

- El secado por atomización microencapsulado no permite analizar el contenido de ácido carmínico.

Hs4

- El contenido de humedad y ácido carmínico permite determinar la calidad de la cochinilla.

H04

- El contenido de humedad y ácido carmínico no permite determinar la calidad de la cochinilla.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

La extracción del ácido carmínico se realiza mediante la extracción acuosa, para su filtración y secado.

Dentro de los principales trabajos de investigación ubicamos los siguientes:

2.1.1. A nivel internacional

Cardona et al. (2021) “Aspectos tecnológicos de la microencapsulación de compuestos bioactivos en alimentos mediante secado por aspersión” (pp. 1-21). Menciona que la atomización tiene un amplio uso en la industria alimentaria para la obtención de alimentos en polvo y en la microencapsulación que albergan compuestos funcionales para su conservación.

Díaz et al. (2017) “Efecto de la encapsulación en secado por atomización de biocomponentes de pitahaya amarilla con interés funcional” (pp. 23-34). Menciona, la pitahaya amarilla contiene polifenoles que podría causar un efecto fisiológico; estos biocomponentes son sensibles a la luz y condiciones ambientales; por ello se sometió a la microencapsulación mediante el secado por atomización para preservar y evaluar

los efectos que tiene sobre los polifenoles.

Esquivel et al. (2015) “Microencapsulación mediante secado por aspersión de compuestos bioactivos” (pp. 180-192). Menciona que la microencapsulación de alimentos enmascara sabores y olores desagradables y protegen de la oxidación, así como de condiciones adversas a la luz.

Figuroa et al. (2016) “Microencapsulación mediante secado por aspersión de aceite de mora (*Rubus glaucus*) extraído con CO₂ supercrítico” (pp. 39-47). Valoro a diferentes rendimientos y eficiencia del proceso de secado por aspersión y el microencapsulamiento, donde se obtuvieron rendimientos de 84,2% a 91,8%.

López (2005) “Relación entre métodos de secado de cochinilla silvestre (*Dactylopius sp*) y el rendimiento de ácido carmínico” (p. 1). Obtuvo un mejor resultado del ácido carmínico en el secado en estufa comparado con el secado expuesto al calor del sol.

López (2015) “Microencapsulación de sabores mediante secado por aspersión” (pp. 65-69). Nos dice que la microencapsulación no afecta la redispersión de los sabores microencapsulados produciendo un mejor rendimiento en el proceso y conlleva a una nanoemulsión de los sabores.

Parra (2011) en la Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín, “Microencapsulación de Alimentos” (p.1). Realizó la importancia de la microencapsulamiento de alimentos empleando agentes encapsulantes a los polisacáridos.

Saavedra (2017) “Microencapsulación de aceite de pescado mediante secado por atomización convencional y libre de agua: Optimización y caracterización” (2017). Describe que al realizar la microencapsulación se prolonga la vida útil y se puede controlar la liberación de olores y sabores extraños utilizando como agente encapsulante la hidroxipropilcelulosa.

Existe poca información dirigida hacia esta investigación sobre temas de microencapsulamiento del ácido carmínico mediante secado por atomización. A nivel de investigaciones es importante en las comunidades generar el intercambio de conocimiento impulsando su desarrollo y mejora poblacional. Es necesario continuar el estudio integral del microencapsulamiento del ácido carmínico ya que ayuda en la mejora tecnológica en la industria alimentaria y conserva mejor sus características

naturales, evitando la oxidación y degradación.

2.1.2. A nivel nacional

Amaya (2009) “Cultivo de Tuna (*Opuntia ficus indica*)” (p. 5). Indica que la tuna es un alimento de suma importancia en la economía en zonas altoandinas, ya que esta planta se produce en zonas áridas por el alto rendimiento. Esta planta crece con mucha facilidad en lugares desfavorables para la vegetación.

Erazo y Caso, (2001) “Diseño de una Planta de Producción de Carmín y Annato” (p. 49). Menciona que la cochinilla en estado vivo contiene 10% de ácido carmínico, que después de un secado óptimo, las condiciones para su utilización deben estar comprendidas en los rangos de 9% a 22% para el ácido carmínico, 10%-20% de agua, 6%-8% para grasas y 0,5%-2% para ceras con solubilidad en cualquier porcentaje de mezcla de alcohol y agua.

“Estudio del equilibrio de adsorción del ácido carmínico con quitosano en polvo y evaluación de la eficiencia de adsorción a partir de una muestra acuosa” (Incháustegui, 2018, p.1). Realiza la cuantificación mediante análisis fisicoquímicos del ácido carmínico.

Cárdenas et al. (2015) “Evaluación de tipo de encapsulante y temperatura de aire de secado por atomización en el contenido de ácido ascórbico, carotenoides totales y capacidad antioxidante de tumbo (*Passiflora mollisima L.*)” (pp. 1-10). Utilizó dos tipos de agentes encapsulantes que fueron la goma arábica y carboximetilcelulosa, en el secado por aspersión a diferentes concentraciones para finalmente realizar los análisis físico-químicas.

Huayllahuamán (2019) “Microencapsulación de aceite esencial de menta negra (*Mentha piperita L.*) por atomización” (pp. 1-17). Extrajo el aceite esencial por arrastre de vapor de la menta negra para después determinar los parámetros, y realizar la microencapsulación utilizando como agente encapsulante la goma arábica.

Juscamaita (2017) “Evaluación de la estabilidad de carotenoides y actividad antioxidante de la flor de mastuerzo (*Tropaeolum majus L.*) en la microencapsulación por Spray-Drying” (pp. 282-293). Utilizó la microencapsulación mediante el secado por atomización en los carotenoides extraído de los pétalos de color amarillos de mastuerzo con diferentes soluciones para poder encapsularlos utilizando la

maltodextrina y goma arábiga como agentes encapsulantes.

Ochoa (2019) “Evaluación de los parámetros de secado por atomización en el contenido de vitamina C de microencapsulado de copoazú (*Theobroma Grandiflorum*)” (pp. 3-7). Menciona que presenta muchas pérdidas en el aprovechamiento de la pulpa del Copoazú debido a la falta de técnicas de conservación; debido a eso realizó la investigación para poder aprovechar el secado por atomización sobre el contenido de la vitamina C mediante análisis de humedad, rendimiento y características físico-químicas.

2.2.Colorantes

Son compuestos que dan color permanente, solubles en agua o disolventes orgánicos. Los colorantes son compuestos orgánicos de origen mineral o animal que se utilizan en la industria textil y alimentaria, aunque no se utilizan mucho debido a que son tóxicos (Ayala, 2008, p.36).

Los colorantes se añaden a los alimentos para darle color y preservar su vida útil para mejorar su apariencia y darle una mayor aceptabilidad del producto; en muchos casos los consumidores para decidir adquirir un producto tienen una imagen pre concebida sobre el color, dicha apariencia juega un rol importante en la decisión de compra (Pérez, 2014, p. 15).

Los colorantes pueden ser artificiales y naturales. Los colorantes artificiales son elaborados mediante reacciones químicas y no se encuentran en la naturaleza; a pesar de que solo algunos son aprobados para su uso. Por otro lado, los colorantes naturales si se encuentran en la naturaleza desde la antigüedad, como el ácido carmínico extraído de la cochinilla. Dentro de los colorantes naturales más empleados en la industria alimentaria se encuentran los carotenoides, betalaína, clorofila y ácido carmínico (Cano, 2011, p. 24).

El color se percibe mediante la estimulación de la retina ocular. En la siguiente tabla se muestra la relación entre la longitud de onda y los colores percibidos.

Tabla 1*Relación de los colores percibidos y la longitud de onda*

Color	Longitud de onda
Rojo	625 – 740 nm
Naranja	590 – 625 nm
Amarillo	565 – 590 nm
Verde	520 – 565 nm
Cian	500 - 520 nm
Azul	450 – 500 nm
Añil	430 – 450 nm
Violeta	380 – 430 nm

Nota. Fuente: Castañeda, (2011).

Para los productos alimenticios, la apariencia visual es un factor determinante para su aceptación de los consumidores; estas características también funcionan como indicadores de calidad. Por tanto, la estabilidad del color durante el almacenamiento es una preocupación central de su extracción (Castañeda, 2011, p. 12).

2.3.Cochinilla

La cochinilla es un insecto *Dactylopius coccus* que habita sobre las pencas de la tuna como huésped, y se desarrolla parasitariamente por el lado no expuesto al sol. La cochinilla es un insecto oriundo de México y de países andinos como Ecuador, Perú y Bolivia. No está debidamente explotada en la industria pese a ser el Perú uno de los primeros productores de la cochinilla en el mundo (Pérez, 2014, p. 5).

De acuerdo con Pérez, (2014), menciona que la composición química de la cochinilla está definida por las grasas, ceras, agua, cenizas, sustancias nitrogenadas y el agente colorante, el ácido carmínico. Una cochinilla de calidad aceptable para el proceso de elaboración del carmín, debe contener entre 9 y 22% de ácido carmínico, (p. 7).

Luego de un secado apropiado, las condiciones para su utilización deben estar dentro de los rangos establecidos en la tabla 1 (Erazo y Caso, 2001, p. 49).

Tabla 2*Composición y características de cochinilla en base seca*

Composición y Características	%
Ácido carmínico	9 a 22
Grasas	6 a 8
Ceras	0,5 a 2
Agua	10 a 20
Sustancias Minerales	15 a 30
Sustancias Nitrogenadas	15 a 30
Solubilidad	En cualquier % de mezcla alcohol/agua

Nota. Fuente: Erazo y Caso, (2001).

2.4.Descripción del insecto

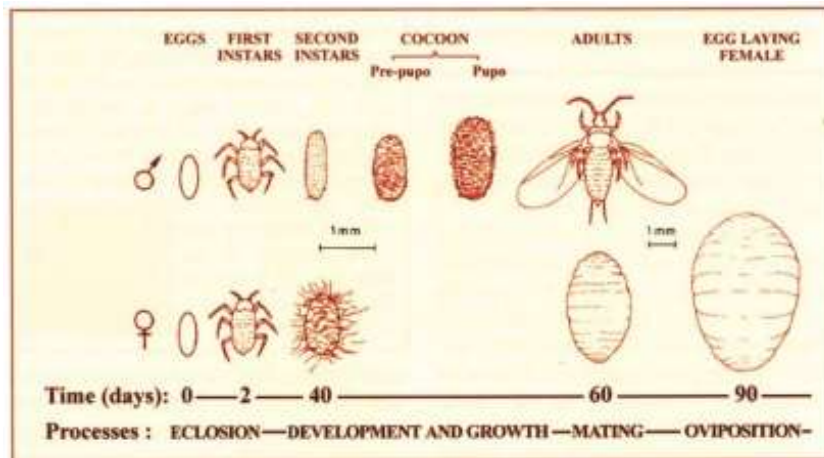
La cochinilla se reproduce en la misma planta, una vez colocado los huevos la cochinilla hembra la cubre con una cera blanca para proteger de amenazas externas a ella; como la lluvia, sol, corriente de aire y depredadores. La hembra es un insecto de forma ovalada, arrugada, convexa y el color varía entre gris y negro rojizo; este último, cuando se ha eliminado la capa cerosa blanquecina mencionada (Pérez, 2014, p. 5).

La cochinilla hembra es más grande al macho, los machos tienen antenas, alas y patas delgadas para que puedan trasladarse de un lugar a otro y fecundar a las hembras; sin embargo, desde que llega a su estado adulto, el insecto macho tiene de 3 a 4 días para fecundar a las hembras ya que luego muere. Asimismo, por cada macho adulto, el cual tiene un tamaño de 2,2mm de longitud, existen aproximadamente entre 150 y 200 hembras. La cochinilla *Dactylopius coccus* hembra contiene en su interior el colorante de ácido carmínico, el cual, mediante un proceso industrial o casero, puede ser extraído para que posteriormente se elabore el colorante natural Carmín de Cochinilla (Pérez, 2014, p. 6).

Estos insectos se agrupan sobre las pencas de las tunas en grandes poblaciones cerosas. Se distinguen los machos de las hembras por su diminuto tamaño y sus alas (Martínez, 2007, p. 170).

Figura 1

*Etapas del ciclo de vida de la cochinilla *Dactylopius coccus* Costa.*



Nota. El gráfico representa el ciclo de vida de *Dactylopius coccus*.

Extraído de Nicoli, (2014) (p,14)

El contenido de ácido carmínico encontrado en la cochinilla se encuentra en mayor cantidad cuando el insecto es sexualmente maduro, lo cual se da entre los 90 – 120 días de vida, justo antes de que la deposición de huevos inicie, momento en que deben contener aproximadamente 22% de su peso seco como pigmento (Nicoli, 2014, p. 15).

2.5.Taxonomía

La clasificación vigente es la propuesta por el coccidologo italiano Costa y publicada en 1835; corresponde a la siguiente clasificación taxonómica (Huamani et al., 2015, p. 21).

Phylum: Artropoda

Clase: Insecta

Orden: Homóptera

Sub-Orden: Sternorrhyncha

Súper familia: Coccoidea

Familia: *Dactylopidae*

Género: *Dactylopius*

Especie: *Dactylopius Coccus*

Nombre común: Cochinilla

2.6. Propiedades físicas

Es importante las propiedades físicas de la cochinilla, (Huamani et al., 2015, p. 27).

Tabla 3

Propiedades físicas de la cochinilla

Propiedades físicas	Característica
Color	Rojo oscuro
Forma	Ovalada
Sabor	Agrio
Peso	0,006 g
Tamaño	5 mm
Alimentación	La savia de sus pencas
Clima	Seco y cálido
Textura	Suave

Nota. Fuente Huamani et al. (2015).

2.7. Clasificación de la calidad de cochinilla

Consiste en la selección del producto la clasificación, en rangos de calidad.

Tabla 4

Características de las distintas calidades de cochinilla

Características	Primera	Segunda	Tercera
	Calidad	Calidad	Calidad
Humedad	8 – 10 %	11 12 %	13 – 15 %
Ceniza	0 – 10 %	0 – 10 %	0 – 10 %
Ácido carmínico	16 – 23 %	9 – 15 %	1 – 8 %
Tamaño de malla	1/16"	1/32"	1/44"
Impurezas	3 %	8 %	10 %

Nota. Fuente: Reyes, (2017).

2.8.Composición química

Según Delgado et al., (2018), la grana varía mucho según las condiciones ambientales como: temperatura, terreno, clima, etc. La composición química esta defina por las grasas, ceras, agua, ceniza, sustancias nitrogenadas y el agente colorante, y el ácido carmínico, (p. 32).

Tabla 5

Composición química de la cochinilla (En base húmeda)

Composición	Porcentaje
Ácido carmínico	10-22 %
Proteína	40-45%
Grasa	10-12%
Carbohidratos	10-12%
Ceras	2-3%
Cenizas	3-5%
Humedad	10-12%

Nota. Fuente: Huamani et al. (2015).

La cochinilla en solución acuosa tiene un pH de 5,2. El contenido de humedad máxima para su comercialización es de 12% (Huamani et al., 2015, p. 28).

2.9.Producción de la cochinilla

El recojo se puede realizar tres o cuatro veces al año, el recojo se debe realizar cuidadosamente de manera manual, lo que significa un proceso de cepillado de las paletas; el proceso inicial incluye matar a los insectos y secar mediante métodos naturales (secado solar durante 4-5 horas por 6 días o a la sombra por 20-30 días) o artificiales (sistemas de aire caliente, 50-70 °C, 60 % humedad relativa, durante 3-4 horas), hasta un contenido de humedad de 7 a 10%; este segundo método, permite un secado más uniforme, disminuye la contaminación e incrementa la calidad de la materia. Después del secado, la cochinilla se limpia, a modo de eliminar las impurezas como espinas, arenas y otros elementos extraños. La cochinilla presenta diferentes calidades según el contenido de ácido carmínico, humedad y metales pesados. Respecto al contenido de ácido carmínico se considera bueno un valor superior a 22%;

siempre se buscan cochinillas con un mayor contenido de ácido carmínico (Nicoli, 2014, p. 16).

2.10. Historia de la cochinilla

La cochinilla es un insecto nativo de México, Centro América y Perú, habiéndose encontrado evidencias de su uso como colorante desde el siglo X; en las que se ha demostrado que sus vestimentas y túnicas eran teñidas con cochinilla desde los tiempos pre-colombinos.

Debido a su buen costo y valor comercial durante el siglo XIX, se introdujeron plantaciones en muchos lugares del mundo; a pesar de esto, el mayor beneficio económico fuera de América, solo se obtuvo en las Islas Canarias. El uso del colorante natural se vio reducido una vez apareció los colorantes sintéticos alrededor de 1950; es en los recientes años que, debido a un interés del consumidor final por productos naturales, por el conocimiento de efectos tóxicos y cancerígenos que se les otorga a los colorantes sintéticos, es que ha resurgido el interés por emplear colorantes naturales (Nicoli, 2014, p. 17).

2.11. Usos de la cochinilla

A partir de la cochinilla se obtienen diversos productos, que son utilizados en la industria alimentaria, cosméticos y textil para darle color rojizo de diferentes tonos; principalmente se utiliza en las bebidas, mermeladas, yogurt, quesos, etc.

También se obtiene extractos alcohólicos, ácido carmínico y las alúminas. Utilizándose para la industria farmacéutica y alimentos, por su inocuidad y por su estabilidad a variaciones de pH (Delgado et al., 2018, p. 34).

2.12. Extractos de cochinilla

El extracto de la cochinilla es un color rojo que se extraen, que contienen principalmente el ácido carmínico, que se obtienen por la extracción y cristalización con agua y/o etanol formando complejos, en presencia de proteínas se ennegrecen y son sensibles a los cambios de pH.

Se utilizan para dar un color rojo a los alimentos a partir de concentrados líquidos o en polvo. Los productos que se obtienen a partir de la cochinilla con extracciones de ácido

carmínico de hasta 50% depende de las condiciones ambientales, (Delgado, et al. 2018, p. 34).

2.12.1. Ácido carmínico

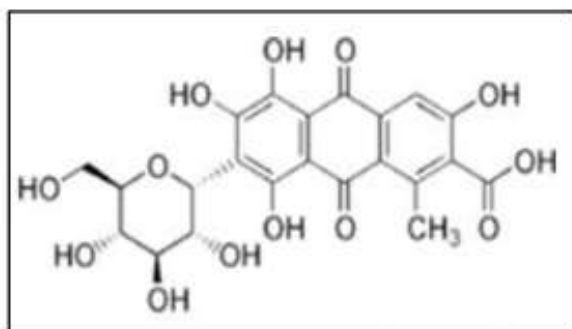
El ácido carmínico está ligado covalentemente a proteínas. Su fórmula empírica es $C_{22}H_{20}O_{13}$, peso molecular 492,20 (Erazo & Caso, 2001, p. 49).

Este ácido, cuyo punto de fusión es 136°C , tiene una mejor resistencia a la oxidación química y al calor, comparado con los colores sintéticos (Pérez, 2014, p. 8).

Se utiliza como un colorante natural color rojo. Se utiliza como colorante en cosméticos y como E-120 en los alimentos. Se utiliza en los productos de alta gama por ser un colorante caro con respecto al precio (Delgado et al., 2018, p. 40).

Figura 2

Estructura química del ácido carmínico



Nota. El gráfico representa la estructura química del ácido carmínico.

Extraído de Lizárraga, et al. (2019) (p. 90).

La estructura del ácido carmínico, correctamente descrita es: ácido 7-glucopiranosyl 1-3, 5, 6, 8-tetrahidroxi-1 metil-9, 10-dioxi-2 antracencarboxílico.

2.12.1.1. *Propiedades físicas de ácido carmínico*

Es un polvo de color rojo oscuro brillante e insípido e inodoro, el ácido carmínico se cristaliza en forma de prisma brillante de color rojo, es soluble en agua o alcohol y soluciones alcalinas; es insoluble en éter, benceno y cloroformo. Se descompone a 135°C .

Es estable a la luz, tratamientos térmicos, oxidación y dióxido de azufre, son sensibles al pH (Huamani, et al, 2015, p. 41).

2.12.1.2. *Propiedades químicas del ácido carmínico*

No es constante a temperaturas elevadas, debido a esto no sea podido determinar el punto de fusión, a 250 °C se ennegrece, a 140 °C pierde solubilidad con el agua y a 130 °C se oscurece. Tiene resistencia a la oxidación química y al calor; su propiedad principal es su enorme poder colorante que supera a otros colorantes. No es toxico para el cuerpo humano. Su coloración varía según su pH: Naranja a un pH menor a 4.8, Rojo-naranja entre 4,8 a 6,2 y Violeta a un pH mayor a 6,2 (Huamani et al., 2015, p. 42).

2.12.1.3. *Usos del ácido carmínico*

Es un colorante ideal para alimentos con pH mayor a 3,5 como en la industria láctea, para dar color a de productos cárnicos, para colorear conservas de vegetales en general, mermeladas, caramelos, gomas de mascar, confitería, pastelería, repostería, galletería, helados, queso, yogurt; así como en bebidas alcohólicas y no alcohólicas. En la industria farmacéutica se utiliza en teñido de pastillas, gotas, antibióticos, jarabes, soluciones, suspensiones cápsulas y gelatinas, etc. En la industria cosmética y otras industrias en menor grado (Delgado et al., 2018, p. 44).

2.12.1.4. *Ventajas y desventajas*

Ventajas:

Se comercializa en diferentes formas como en polvo, atomizado y en soluciones. Compite con los colorantes de la betarraga, betanina y las antocianinas.

Desventaja:

La principal desventaja es la insolubilidad en soluciones de pH bajos. Sin embargo, se ha demostrado que la estabilidad en su coloración de este compuesto es afectada por la variación del pH y temperatura (Delgado et al., 2018, p. 41-44).

2.13. Proceso para la obtención del ácido carmínico

El ácido carmínico se obtiene de la cochinilla por diferentes técnicas de extracción. En una de ellas se realiza una mezcla de agua, carbonato de potasio, alcohol en una relación de 1:10 y cochinilla, a la cual se lleva a ebullición por 7 minutos, se deja reposar y se filtra (Agrade, 2009, p. 25).

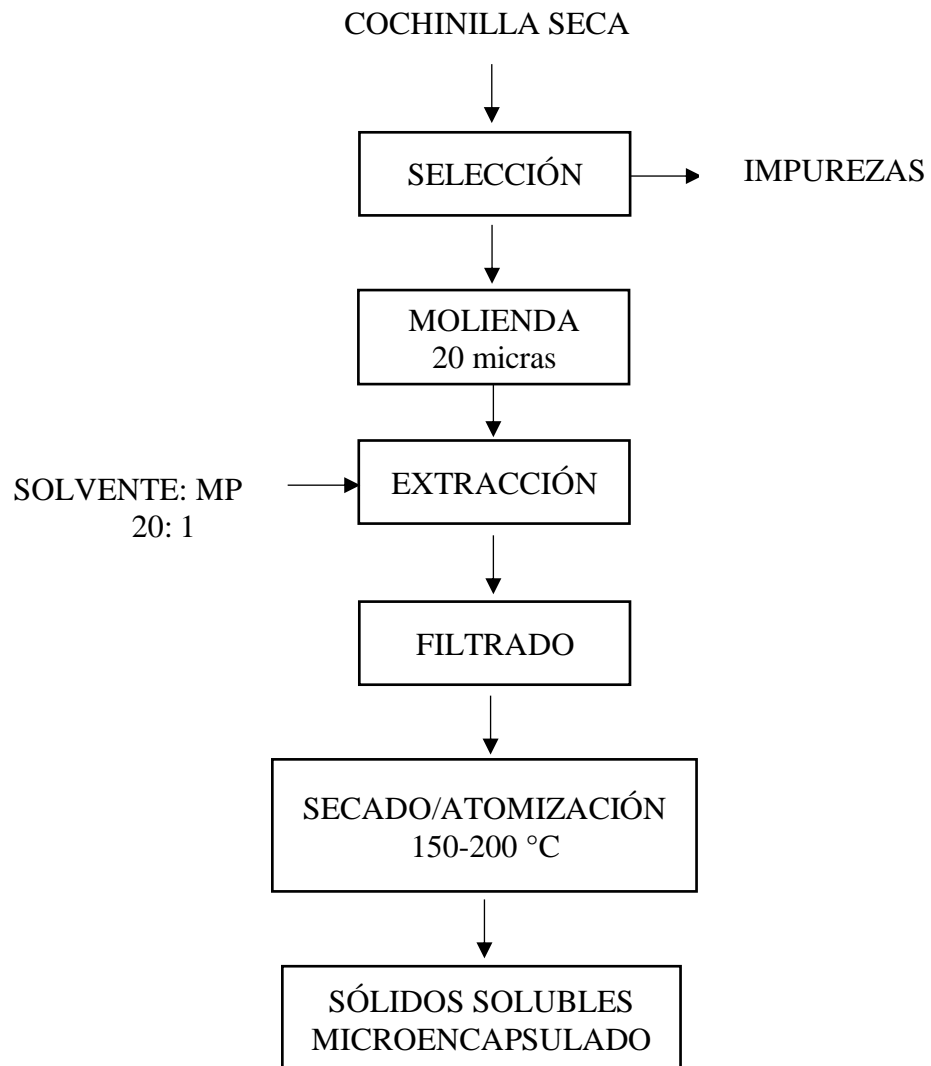
En la extracción de la cochinilla es para la obtención del ácido carmínico. Para esto, se realiza un tratamiento de la materia prima, la cochinilla debe estar seca, muerta y libre de materias extrañas, el cual puede consistir en colocarlo en una solución que eliminará los residuos tales como la cera del animal. Posteriormente se realiza la molienda para reducir el tamaño de las partículas de cochinilla y obtener mayor rendimiento de la extracción; seguidamente, se procede a la extracción mediante el uso de una solución básica, filtración y finalmente, se aumenta la concentración de la solución. El extracto de cochinilla puede ser comercializado; sin embargo, los productos elaborados a partir de este son el ácido carmínico como producto final y el carmín de cochinilla, ambos con mayor valor comercial que el simple extracto de cochinilla (Pérez, 2014, p. 10).

2.14. Obtención del ácido carmínico

En la figura 3 se muestra el diagrama de bloques de la extracción del ácido carmínico utilizando una solución de ácido cítrico como solvente, a temperatura de ebullición durante 1 hora.

Figura 3

Diagrama de operaciones del proceso



Nota. El gráfico representa el diagrama de operaciones del proceso de extracción del ácido carmínico.

Extraído de Pérez, M.A. (2014) (p. 22).

2.14.1. Descripción de los procesos

La materia prima es la cochinilla hembra adulta seca; ya que en esas condiciones el insecto presenta mayores contenidos de ácido carmínico en su interior.

- a) **Selección:** Esta etapa permite separar todas las materias extrañas de la cochinilla y así garantizar un mejor rendimiento en el proceso, mediante el porcentaje de impurezas obtenidas.

- b) **Molienda:** En esta etapa se reduce las partículas de cochinilla a un diámetro de 20 micras, con el fin de que la solución utilizada tenga mayor contacto con las partículas de la materia prima y así lograr una mejor y más rápida extracción.
- c) **Extracción:** La cochinilla molida es mezclada con la solución de ácido cítrico con un pH de 5,6 en una relación de 1:20, respectivamente; la temperatura debe estar en ebullición de 92 °C, manteniéndola durante 60 minutos. Esta operación se da mediante agitación constante a 120 rpm.

De la extracción se obtiene una solución que contiene ácido carmínico; además, sólidos insolubles. El extracto obtenido es aproximadamente 300-400 mL.
- d) **Filtrado:** La solución obtenida anteriormente es llevada a un filtro para separar el extracto del residuo húmedo compuesta por sólidos insolubles.
- e) **Secado:** El extracto se lleva al atomizador para su posterior secado y microencapsulado, hasta tener una humedad menor a 3% (Pérez, 2014, pp. 22-25).

2.15. Microencapsulamiento

La microencapsulación es una operación para poder encapsular compuestos activos altamente inestables a diferentes factores como la presencia de luz, pH, oxígeno, acidez. Estos compuestos pueden ser las vitaminas, carotenoides, flavonoides, y compuestos fenólicos, etc.

Es un proceso rápido donde el solvente es generalmente el agua. Para encapsular es necesario un compuesto de interés y las condiciones de operación del equipo atomizador, con finalidad de optimizar el proceso.

La encapsulación consiste en una cubierta (agente encapsulante) que rodea a un compuesto activo, formando microcápsulas. Las razones principales para la microencapsulación en los alimentos son: proteger de la luz, la humedad, el oxígeno y la radiación UV, también para proteger los componentes alimenticios sensibles de otros ingredientes durante el almacenamiento, proteger contra la pérdida nutricional y preservar aromas y sabores.

Los puntos críticos de microencapsulación son: la composición del material de encapsulación y el núcleo, la calidad del alimento, la elección correcta del agente encapsulante. Sin embargo, el factor más decisivo en la elección es el costo del material de la pared, que la encapsulación puede alcanzar hasta el 95% del precio del

producto final.

La microencapsulación de sustancias sensibles mediante secado por atomización permite la protección contra la evaporación, oxidación y otras reacciones químicas. Las conversiones de líquido a polvos secos son fáciles de manejar, una de las primeras motivaciones para el uso de la microencapsulación (Ochoa, 2019, pp. 23-26).

2.15.1. Agentes utilizados en la microencapsulación

Hoy en día existen diferentes polímeros utilizados como materiales de recubrimiento para encapsulación, ya sean orgánicos o inorgánicos, que protegen el producto encapsulado, su función es proteger diversas sustancias contra la humedad, oxidación, luz ultravioleta, etc.

Estos polímeros utilizados son resinas (agar, alginato, carragenano, acacia), carbohidratos (almidón, dextrano, azúcares, jarabe de maíz, maltodextrina), celulosa (celulosa, metilcelulosa, carboximetilcelulosa, etc.), lípidos (cera, parafina, proteínas). (gluten, caseína, albúmina) y algunos materiales inorgánicos (por ejemplo, sulfato de calcio) (Csernoch et. al, 2018, p. 86).

a. Maltodextrina

Se obtiene a partir de una mezcla de polímeros obtenidos por hidrólisis ácida o enzimática del almidón, es un polvo blanco inodoro, soluble en el cuerpo humano, la viscosidad es baja en altas concentraciones y oculta el sabor original de la sustancia. Es un polímero muy utilizado en la industria alimentaria, barato y bastante eficaz (Csernoch et. al, 2018, p. 86).

b. Gomas

En su mayoría son inodoros, pero pueden cambiar el sabor y el gusto del producto alimenticio original, son solubles, tienen baja viscosidad, tienen propiedades emulsionantes y son muy versátiles para la mayoría de los métodos de encapsulación. Los ejemplos incluyen goma de algarroba, goma guar, goma de tamarindo, goma gelana y goma xantana. La goma arábica se utiliza como agente encapsulante debido a sus propiedades biodegradables en enzimas producidas por *Thermomonas* sp., como la endoglucosa. En comparación con la enzima libre, la temperatura óptima para la endoglucanasa cambia (50-55°C), el valor del pH y la estabilidad mejoran significativamente, además, protege la actividad de la enzima en presencia de agentes

de limpieza, durabilidad mejorada. (Parra, 2011, p. 7).

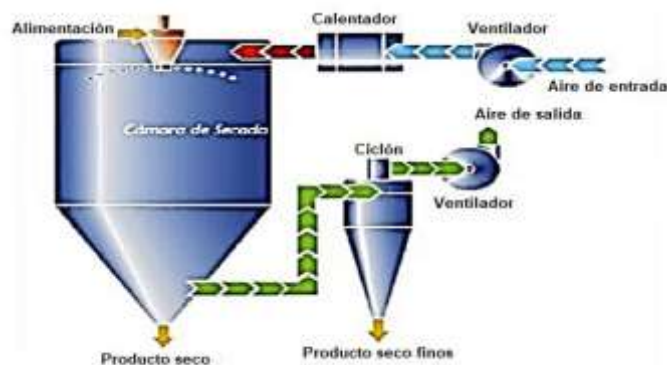
2.16. Microencapsulación por secado por aspersión

Alrededor del 80-90% de los ingredientes microencapsulados en la industria alimentaria moderna son obtenidas mediante este proceso. El polvo resultante posee partículas de tamaño en un rango comprendido entre 10-50 μm .

La aplicación del secado por aspersión en la microencapsulación a base de una emulsión consta de tres pasos básicos; la preparación de la dispersión o emulsión a procesar, la homogenización de la dispersión y la atomización de la emulsión en la cámara de secado (Copado, 2020, p. 67).

Figura 4

Proceso de secado por atomización



Nota. El gráfico representa el proceso de secado por atomización.

Extraído de Pérez, (2017).

2.16.1. Rendimiento de la microencapsulación (EY)

Según Figueroa et al (2016), el rendimiento de la microencapsulación utilizando la maltodextrina como agente encapsulante es de 90%, este valor fue obtenido con la relación entre el contenido de sólidos totales en polvo resultante y el total de contenido de sólidos en la mezcla de alimentación expresado como porcentaje, (pág. 41).

$$\text{EY (\%)} = \frac{W_m}{W_0} \times 100$$

Donde:

EY = rendimiento de la microencapsulación en porcentaje de masa

W_m = peso total de microcápsulas obtenido en base seca(g)

W_0 = sólidos totales de entrada en la emulsión, sólidos solubles y agente encapsulante (g)

2.16.2. Etapas de secado por atomización

En el proceso de secado por atomización existen tres etapas en el proceso de secado por atomización, que se detalla a continuación:

A. Atomización.

Es el proceso más importante para lograr la dispersión de la solución en finas gotas y así poder realizar el secado. La cantidad de alimentación depende del tipo de atomizador y las características del producto final obtenido, a mayor energía para dispersión, las gotas son más pequeñas. Al conocer las características del producto final en polvo se puede conocer el tipo de atomizador que se va utilizar en el proceso de secado. En el proceso de pulverización de la industria alimentaria, hay tres atomizadores con diferentes rangos de tamaño de gota, que incluyen: una rueda giratoria con un tamaño de gota de 1-600 μm y una boquilla de presión de líquido con un tamaño de gota de 10-900 μm . Tamaño de gota de μm , en la boquilla de presión de dos fluidos, el tamaño de gota es de 5-300 μm . Estos secadores funcionan a una temperatura de entrada alta de 120 a 300°C y tienen un tiempo de secado muy corto de 1 a 2 segundos dependiendo de la cantidad de producto a secar. (Pérez, 2017, p. 8).

B. Mezcla del aire con la gota atomizada y evaporación del líquido.

Al interior del atomizador consta de una cámara de secado en forma cilíndrica donde llega las partículas en gotas, donde el flujo de aire caliente las evapora en 1 a 2 segundos y se obtiene el producto final en polvo. El tipo de atomizador es el que define la forma del cilindro, debido al que el ángulo del aerosol es el que determina la trayectoria de las gotas, el diámetro y altura del cilindro en el que ocurre el proceso de secado (Pérez, 2017, p. 10).

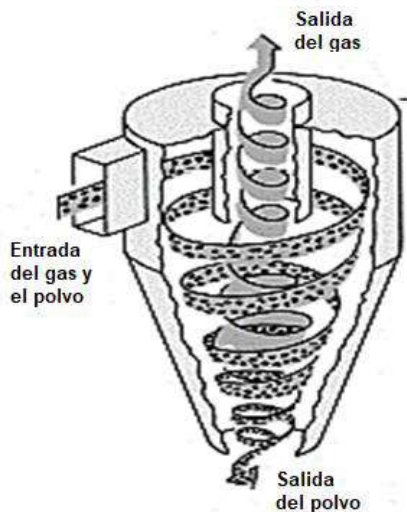
C. Separación del producto seco.

Esta es la parte final del proceso donde las partículas y el aire pasan por un compartimiento llamado ciclón, dentro de este compartimiento la fuerza centrífuga es

utilizada para mover las partículas hacia la pared y separar estas partículas del aire. Para definir el funcionamiento del ciclón se tiene 3 características (el diámetro de la partícula, densidad y viscosidad), las separaciones de estas partículas están en el rango de 5 a 100 micras (Pérez, 2017, p. 11).

Figura 5

Ciclón o venturi para el proceso de separación del producto seco



Nota. El gráfico representa el ciclón de la separación del producto seco.

Extraído de Pérez, (2017).

2.16.3. Aplicaciones en la Industria Alimentaria

La aplicación del secado por aspersión depende del producto y de la sustancia o principio activo que se desea microencapsular.

- a. Reducir la velocidad de secado de la sustancia microencapsulada hacia el medio externo.
- b. Permitir la liberación de manera gradual y controlada de la sustancia recubierta, bajo condiciones específicas de humedad, pH, acción de enzimas, etc.
- c. Disminuir la exposición del producto a factores externos, principalmente en aquellas sustancias sensibles al calor, la luz o la humedad y en caso de compuestos altamente reactivos que tienden a oxidarse fácilmente en presencia de oxígeno.
- d. Ayudar la exposición de la sustancia que se microencapsula, ya que mediante esta técnica se puede convertir un material en fase líquida a fase sólida.

- e. Cubrir el mal sabor o el mal olor de algunas sustancias usadas como aditivos en alimentos (Pérez, 2017, pp. 5-6).

2.16.4. Prueba de calidad del microencapsulado

En la determinación de la calidad de la microencapsulación hay diversas pruebas para conocer cómo reacciona el microencapsulado; entre las pruebas están la solubilidad, higroscopicidad, % de ceniza, fluidez, humedad, actividad acuosa, rendimiento de proceso, morfología y tamaño de las microcápsulas, estabilidad de color, análisis sensorial, peso, densidad, unitaria del encapsulado y distribución celular (Parra, 2011, p. 12).

a) Solubilidad

La solubilidad es menor La solubilidad es una de las pruebas más importantes porque a los alimentos con mayor contenido de agua se les añaden productos en polvo, y esta prueba demuestra que cuando las microcápsulas son amorfas, son más solubles y por tanto se disuelven más rápido. La forma cristalina es menos soluble. (Jarrín, 2021, p. 29).

b) Higroscopicidad

La higroscopicidad es una prueba de las microcápsulas, que incluye el mantenimiento de la humedad del aire mediante absorción; cuanto mayor es la higroscopicidad, menor es la calidad de las microcápsulas. (Jarrín, 2021, p. 29).

2.17. Superficie de respuesta

Las superficies de respuesta son la técnica más utilizada en la optimización de alimentos. Su propósito es determinar la relación entre los factores en estudio y la variable dependiente. Son métodos estadísticos utilizados para resolver problemas donde la respuesta óptima está influenciada por múltiples factores. Factores cuantitativos (Reyes, 2005 y Alarcón 2015).

Apaza (2018), indica que el programa de STATGRAPHICS existen diferentes diseños utilizados en la optimización de una respuesta que son:

- Diseño central compuesto

- Diseño factorial a tres niveles
- Diseño Draper-Lin
- Diseño de Box-Behnken

2.18. Optimización utilizando el método de Diseño central compuesto

El método de diseño central compuesto tiene las siguientes partes:

1. De un diseño factorial completo o diseño factorial fraccionado.

Necesita un número de experimentos de acuerdo con $N = k^2 + 2k + c_p$, donde k es el número de factores y c_p es el número de repeticiones del punto central.

2. Un diseño adicional, a menudo un punto estrella en el diseño en el que los puntos experimentales se encuentran en una distancia de su centro.

Los valores de α depende de los números de las variables y pueden ser calculadas por:

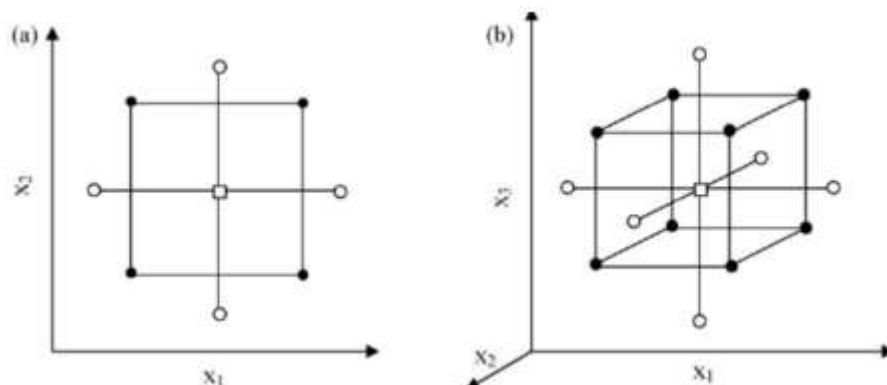
$\alpha = 2^{(k-p)/4}$, para dos, tres o cuatro variables respectivamente.

3. Un punto central.

Todos los factores son estudiados en cinco niveles ($-\alpha, -1, 0, +1, +\alpha$) (Cabrera, 2014, p. 45).

Figura 6

Diseños centrales compuestos para optimización.



Nota. El gráfico representa el punto medio mediante el método Box-Behnken. Fuente: Cabrera (2014) p. 45.

El diseño compuesto central (DCC) es un método adecuado para el montaje de una

superficie cuadrática y ayuda a optimizar los parámetros efectivos con un número mínimo de experimentos, así como analizar la interacción entre los parámetros.

La figura 7 (a y b), muestra representaciones de compuesto central diseños para la optimización de dos y tres variables, respectivamente, (Cabrera, 2014, p. 46).

2.19. Software STATGRAPHICS

Es una herramienta que se utiliza en el análisis de datos de un proyecto donde cuenta con funciones estadísticas avanzadas para poder realizar el análisis de manera más simple, los procedimientos para los que se usa el software son (Alarcón, 2015, p. 11),

- Estadística básica y análisis exploratorio de datos.
- Análisis de varianza y regresión.
- Control estadístico de procesos (gráficos de control, análisis de sistemas de medición, análisis de la capacidad).
- Diseño de experimentos
- Seis Sigma
- Análisis de la fiabilidad y datos de vida.
- Métodos multivariantes y no paramétricos.
- Análisis de series temporales y predicción.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

La presente tesis se desarrolló en el laboratorio de Análisis de alimentos de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias y en el laboratorio de Control de Calidad de la Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

3.2. Planteamiento metodológico

3.2.1. Nivel de investigación

Es de nivel experimental debido a que se tiene variables independientes (temperatura de la cámara de secado y concentración del agente encapsulante) que serán manipuladas con el fin de obtener ácido carmínico microencapsulado. Las características fisicoquímicas (pH, rendimiento, solubilidad, poder de colorear y la humedad), vienen a ser las variables dependientes

3.2.2. Tipo de investigación

Pertenece a un tipo de investigación cuantitativa ya que se tiene el manejo de las variables.

3.2.3. Tipo de análisis estadístico

Para la presente tesis de investigación se utilizó el análisis estadístico (ANOVA) con un nivel de confianza al 95% en el programa de Statgraphics.

3.3. Materiales

3.3.1. Materiales

- ✓ 13 vasos precipitado de 100 mL
- ✓ 3 vasos precipitados de 600 mL
- ✓ 3 varillas de vidrio
- ✓ Fiola de 100 mL
- ✓ 1 mortero
- ✓ Papel filtro
- ✓ 1 Fiola de 1L
- ✓ 3 vasos precipitados de 300 mL
- ✓ Matraz Kitasato
- ✓ Espátula
- ✓ Bolsas de papel con cierre hermético
- ✓ Papel filtro

3.3.2. Equipos

- ✓ BUCHI Mini Spray Dryer B-290
- ✓ Bomba a vacío marca: GAST
- ✓ Cocina eléctrica marca: GERHARDT
- ✓ Estufa marca: MEMMERT
- ✓ Balanza analítica marca: OKAUS
- ✓ pH-metro marca: JENWAY
- ✓ Centrífuga marca: JANETZKI
- ✓ Espectrofotómetro: SPECRTOSCAN 50V

3.3.3. Reactivos

- ✓ Solución de ácido cítrico a pH de 5,6
- ✓ Maltodextrina de 5% a 15% de concentración

3.3.4. Métodos

3.3.4.1. Diseño experimental de la microencapsulación del ácido carmínico mediante secado por atomización

El diseño estadístico utilizado para la investigación fue el diseño central compuesto ya que nos permite hacer experimentos secuenciales, permitiendo ampliar experimentos al agregar puntos axiales y centrales; para obtener dichos puntos se utilizó el programa de STATGRAPHICS, teniendo como variables independientes la temperatura de la cámara de secado, T1= 150 °C y T2= 200 °C, y la concentración de la maltodextrina, C1= 5% y C2=10%.

Los detalles del diseño se presentan en la siguiente tabla, en el cual se obtuvo 13 tratamientos como se muestran a continuación.

Tabla 6

Resultados del diseño compuesto central

	BLOQUE	Temperatura	Maltodextrina
		Celcius	Porcentaje
	Entero	Numérico	Numérico
1	1	175.0	10.0
2	1	139.645	10.0
3	1	210.355	10.0
4	1	175.0	10.0
5	1	200.0	15.0
6	1	150.0	5.0
7	1	200.0	5.0
8	1	150.0	15.0
9	1	175.0	17.0711
10	1	175.0	10.0
11	1	175.0	10.0
12	1	175.0	10.0
13	1	175.0	2.92893

Al obtener dichos resultados, se obtuvieron 5 diferentes temperaturas y 5 diferentes concentraciones de maltodextrina; teniendo como resultado final 8 combinaciones a diferentes temperaturas y concentraciones de maltodextrina y 5 combinaciones a la misma temperatura y concentración del agente encapsulante, resultando un total de 13 combinaciones.

3.3.4.2. Evaluación fisicoquímica del secado por atomización microencapsulado del ácido carmínico

La determinación del análisis fisicoquímico es importante en el secado por atomización microencapsulado del ácido carmínico, estas variables nos

mostraron el contenido de humedad, pH, solubilidad, poder de colorear, rendimiento de la extracción de los sólidos solubles y el contenido del ácido carmínico.

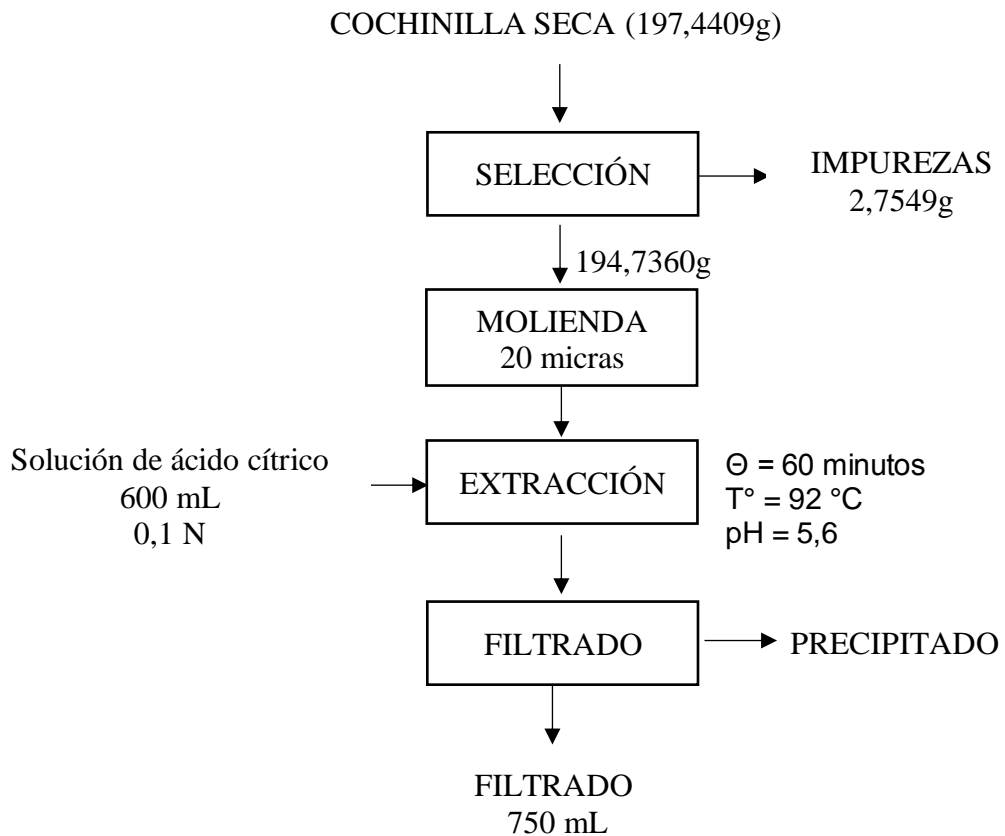
- Humedad: AOAC 930.15
- pH: AOAC 981.12
- Rendimiento: Porcentaje
- Solubilidad: Dilución en agua
- Poder de colorear: Absorbancia a 495 nm
- Calidad: Porcentaje de humedad y ácido carmínico

3.3.5. Proceso de extracción del ácido carmínico

La cochinilla utilizada fue comprada en el mercado de Magdalena del Distrito de Jesús Nazarena.

Figura 7

Descripción del proceso de extracción del ácido carmínico



- **Selección:** Se seleccionó las impurezas como palillos y piedras de la cochinilla, obteniendo un rendimiento de 98,63%:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{materia prima final}}{\text{materia prima inicial}} * 100$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{194,7360 \text{ g}}{197,4409 \text{ g}} * 100$$

$$\text{Rendimiento} = 98,63 \%$$

Figura 8

Selección de la cochinilla seca



- **Molienda:** En un mortero se procedió a triturar la cochinilla y así poder reducir su tamaño en partículas finas 20 micras aproximadamente para una mejor extracción.

Figura 9

Molienda de la cochinilla



- **Extracción:** Se colocó en un vaso precipitado de 600 mL, 35 g de cochinilla molida, para después añadir la solución de ácido cítrico con un pH de 5,6 en una relación de 1:20; se calentó la temperatura hasta el punto de ebullición de 92 °C, manteniéndola durante 60 minutos con constante agitación a 120 rpm para evitar quemaduras de la muestra.

De esta extracción se obtuvo una solución que contenía al ácido carmínico, y sólidos insolubles obteniendo aproximadamente 300-400 mL. Se realizó una sola extracción.

La extracción se realizó a un pH ácido de 5,6 debido a que anteriormente se realizó una prueba preliminar con 3 diferentes pH siendo estos 5,6; 8,6 y 6,0; obteniendo un mejor rendimiento a un pH de 5,6.

Figura 10

Extracción del ácido carmínico



- **Filtrado:** La solución obtenida anteriormente fue llevada a un filtro de porosidad 5-11 um a una presión cercana a cero, durante 2 horas para un filtrado rápido y separar el residuo de la parte líquida rica en ácido carmínico de la fase compuesta por sólidos insolubles.

Figura 11

Filtrado al vacío del extracto de ácido carmínico



3.3.6. Proceso de microencapsulación

Al obtener el filtrado de ácido carmínico se separó en dos partes iguales de 750 mL, una se llevó a estufa y se realizó el secado para determinar el rendimiento y la otra parte de la solución obtenida se diluyó, hasta un litro con agua destilada para poder realizar la microencapsulación, utilizando la maltodextrina a diferentes concentraciones como agente encapsulante.

Figura 12

Solución del ácido carmínico a una concentración de 0,2 M en 1 L



- Se realizó mediante una prueba preliminar con tratamientos tal como se indica en la tabla 6, estos valores iniciales se tomaron como referencia basados en trabajos anteriores sobre la microencapsulación tomando como agente encapsulante a la maltodextrina a diferentes pesos, obtenidas según el programa de optimización staticgraphic centurión versión 19.

Figura 13

Soluciones de maltodextrina a diferentes concentraciones



- Una vez obtenida las 13 muestras según el diseño central compuesto obtenida con el programa STATGRAPHICS con agente encapsulante a codificadas de M1 hasta M13, para añadir la solución del ácido carmínico 50 mL medidos en una fiola para traspasarlo a los vasos precipitados.

Figura 14

Soluciones del ácido carmínico con maltodextrina



- ✚ Se encendió el compresor del equipo BUCHI Mini Dryer B-290 para disponer de aire permanentemente, para el funcionamiento del disco centrifugo del secador.
- ✚ Se encendió el ventilador de circulación de aire, luego colocamos la temperatura a la cual se desea atomizar, esperamos que el sistema de calentamiento llegue a dicha temperatura y se estabilice.
- ✚ Una vez estabilizada la presión y flujo de aire, alimentamos la muestra al disco centrifugo, dándose por iniciado el proceso de secado por atomización.
- ✚ Al concluir la inyección de la solución, cerramos gradualmente la inyección de aire comprimido hacia el disco centrifugo, apagar el sistema resistivo y continuar la circulación del aire con el compresor, para el enfriamiento gradual del equipo.
- ✚ Una vez que haya bajado considerablemente la temperatura de entrada del aire, detuvimos el funcionamiento del ventilador.
- ✚ Descargamos el frasco de colección en polvo seco, recolectamos todo el producto seco del interior de la cámara, tuberías y el ciclón y lo colamos en papel kraft cada muestra.

Figura 15

Ácido carmínico microencapsulado



✚ Se limpió el secador por atomización.

Figura 16

Equipo BUCHI Mini Spray Dryer B-290



Nota: El equipo se encuentra en el laboratorio de control de calidad de la Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica

3.3.7. Rendimiento de la extracción de sólidos solubles

Se llevó a estufa a 100 °C durante 24 horas aproximadamente la solución del ácido carmínico para poder eliminar el agua en exceso y así determinar el rendimiento de extracción mediante la siguiente ecuación:

$$EM (\%) = \frac{\text{Peso final seco}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

3.3.8. Rendimiento del secado por atomización

La variable rendimiento de la materia seca, se determinó aplicando el método mencionado por Figueroa et al. (2016), esto se calculó con la siguiente ecuación:

$$EY (\%) = \frac{W_m}{W_0} \times 100$$

Donde:

EY = rendimiento de la microencapsulación en porcentaje de masa

W_m = peso total de microcápsulas obtenido en base seca(g)

W_0 = sólidos totales de entrada en la emulsión, sólidos solubles y agente encapsulante (g)

3.3.9. Humedad (Método Association of Analytical Communities 930.15, 2005)

En una balanza analítica se pesó aproximadamente 0,5 gramos de la cochinilla y se colocó en una estufa a 100 ± 5 °C. por 24 horas, al término del tiempo se tapó el recipiente y se colocó en un desecador por un tiempo de 5 minutos, luego se registró el peso final y el porcentaje de humedad se determinó por diferencia de pesos entre la muestra húmeda y la muestra seca.

3.3.10. Determinación del pH (Método AOAC 981.12, 2005)

En un vaso de 100 mL se colocó 1 gramo de muestra de cochinilla y se añadió 50 mL de agua destilada; se dejó en reposo con agitaciones suave, finalmente se midió el pH con tiras medidoras de pH.

Figura 17

Cinta medidora de pH 1-14 marca JENWAY



3.3.11. Determinación de solubilidad

Para ver la solubilidad del producto final se realizó, según Serna et al. (2014), los siguientes pasos:

- Pesamos 0,5 g del ácido carmínico microencapsulado.
- Mezclamos con 10 mL de agua destilada.
- Llevamos a una centrifuga a 2500 rpm por 5 minutos y tomamos el sobrenadante.
- Pesamos las placas Petri (P_0).
- Pesamos el sobrenadante en las placas (P_1) y determinamos el peso del sobrenadante húmedo por diferencia de pesos ($P_1 - P_0$).
- La solubilidad es calculada mediante la siguiente relación:

$$\% \text{ Solubilidad en agua} = \frac{\text{peso del sobrenadante humedo}}{\text{peso de la muestra humeda}} * 100$$

Figura 18

Solución de ácido carmínico centrifugado



3.3.12. Determinación del poder de colorear por lectura de absorbancia

- ✚ Se pesó 0,05 g de muestra y se diluyó en 50 mL, las 13 muestras obtenidas, para posteriormente ser llevadas al espectrofotómetro.

Figura 19

Solución del ácido carmínico microencapsulado



- ✚ Conectamos el equipo a la línea de 220V y encendimos el espectrofotómetro.
- ✚ Se dejó estabilizar por 5 minutos aproximadamente.
- ✚ Ajustamos la longitud de onda a 495 nm.
- ✚ Colocamos en el compartimiento de muestra la cubeta que contenga la solución “blanco” y llevamos la absorbancia a cero.
- ✚ Se cambió la cubeta de la solución “blanco” por la cubeta de las soluciones problema y se leyó las absorbancias respectivas.
- ✚ Retiramos las cubetas, lo lavamos con cuidado y secamos.

Figura 20

Espectrofotómetro modelo SpectroScam 50V



3.3.13. Determinación de la concentración del ácido carmínico

- ✚ Conectamos el espectrofotómetro a la corriente de 220V, encendimos y dejamos estabilizar por un tiempo de 10 minutos.
- ✚ Seleccionamos la absorbancia como modo de medición.
- ✚ Seleccionamos el valor de longitud de onda a 495 nm.
- ✚ Calibramos el equipo con la solución “blanco” (diluimos 0,75 mL de solución de HCL 2N a 25 mL) colocando a una cubeta de cuarzo y ajustamos la absorbancia a cero.
- ✚ Pesamos 0.05g de ácido carmínico microencapsulado en un matraz Erlenmeyer de 100 mL y agregamos 15 mL de solución de HCL 2N.
- ✚ Separamos en tres fracciones de 15 mL de la solución y la destinamos para la determinación de la absorbancia.
- ✚ Leímos la absorbancia de cada fracción a 495 nm de longitud de onda.
- ✚ Una vez obtenida la lectura de la absorbancia se determinó la concentración del ácido carmínico mediante la siguiente ecuación:

$$Cx = \frac{Ax}{Ao} * Co$$

Dónde:

Cx = concentración de la muestra (ppm)

Ax = absorbancia de la muestra

Ao = absorbancia del ácido de 100% de pureza =1,39 (x=495nm)

Co = concentración del ácido (100 ppm).

3.4. Diseño experimental de la microencapsulación del ácido carmínico mediante secado por atomización.

Utilizamos el diseño central rotacional como diseño estadístico para optimizar la microencapsulación del ácido carmínico mediante secado por atomización: las variables independientes fueron: La temperatura de secado T1= 150 °C y T2= 200 °C en la atomización y la concentración del agente encapsulante C1 = 5% y C2= 15%. Las variables respuestas fueron el rendimiento, humedad, absorbancia y pH. Los datos obtenidos mediante el diseño se presentan en la siguiente tabla, el cual nos dio un total de 13 tratamientos.

Tabla 7

Diseño compuesto central para el análisis de superficie de 13 tratamientos

N°	Código	Temperatura (°C)	Concentración (%)
1	M1	175	10
2	M2	139,645	10
3	M3	210,355	10
4	M4	175	10
5	M5	200	15
6	M6	150	5
7	M7	200	5
8	M8	150	15
9	M9	175	170,711
10	M10	175	10
11	M11	175	10
12	M12	175	10
13	M13	175	292,893

Los resultados fueron analizados considerando el coeficiente de determinación (R^2), el análisis de varianza (ANOVA), diagramas de Pareto, gráfica de interacción, coeficiente de regresión, superficie de respuesta, optimización y gráfico de contornos de la superficie de respuesta. Fue empleado una regresión no lineal para los datos experimentales y para identificar los términos relevantes del modelo.

$$Y = \beta_0 + \sum \beta_i x_i + \sum \beta_{ii} x_i^2 + \sum_i \sum_j \beta_{ij} x_i x_j + \epsilon \quad (1)$$

Donde:

- β_0 : Término compensatorio.
- β_i : Término dependiente o el efecto lineal del factor de entrada.
- $\beta_{ii} x_i^2$: Efecto cuadrático del factor de entrada.
- $\beta_{ij} x_{ij}$: Efecto de interacción lineal-lineal.
- Entre el factor de entrada x_i y x_j . (Jaramillo et al., 2013).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis fisicoquímico y estadístico de la microencapsulación de ácido carmínico mediante secado por atomización

En la Tabla 8 se reporta los resultados del rendimiento, humedad y pH del ácido carmínico microencapsulado, sometidos a los 13 tratamientos.

Tabla 8

Resultados de las variables respuestas del ácido carmínico microencapsulado según el programa STATGRAPHICS

MUESTRA	RENDIMIENTO (%)	HUMEDAD (%)	pH	Absorbancia	[] ÁC. CARMÍNICO (%)
M1	59,7815	5,1724138	6,500	0,304	21,8705
M2	36,0879	4,5725646	7,000	0,296	21,2950
M3	57,0023	4,3103448	7,000	0,298	21,4388
M4	60,3467	3,3277870	6,500	0,297	21,3669
M5	59,6219	4,5207957	6,500	0,302	21,7266
M6	40,3304	5,0781250	6,000	0,300	21,5827
M7	55,0506	5,2044610	6,000	0,299	21,5108
M8	53,2353	4,8042705	7,000	0,298	21,4388
M9	61,4630	4,4755245	7,000	0,295	21,2230
M10	48,2644	5,3742802	6,000	0,301	21,6547
M11	60,0123	5,6818182	6,500	0,304	21,8705
M12	58,0139	5,4307116	6,500	0,296	21,2950
M13	72,4894	4,2968750	6,500	0,299	21,5108

Los resultados obtenidos mostrados en la tabla 8, se obtuvieron de acuerdo a la tabla del anexo 1.

❖ Determinación del rendimiento

M1

Peso del polvo microencapsulado = 5,0765g

Peso de la maltodextrina = 5g

Peso de sólidos solubles = 3,4918g

$$\text{Rendimiento} = \frac{5,0765 \text{ g}}{5\text{g}+3,4918\text{g}} \times 100$$

$$\text{Rendimiento} = 59,7815\%$$

Se realiza el mismo procedimiento para los 13 tratamientos y así obtener el rendimiento de cada uno de ellos.

4.1.1. Rendimiento de la extracción de sólidos solubles

Los resultados de la determinación del rendimiento de la extracción se muestran a continuación.

Peso de la muestra = 194,7362 g

Peso final = 49,8823 g

Figura 21

Secado de la solución de los sólidos solubles extraídos



$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{peso final}}{\text{peso inicial}} \times 100$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{49,8823 \text{ g}}{194,7362 \text{ g}} \times 100$$

$$\text{Rendimiento} = 25,6153\% = 26\%$$

Según Huamani et al. (2015); la cantidad de ácido carmínico encontrado en la cochinilla es de 10-22%; sin embargo, en la extracción se obtuvo un rendimiento de 26%, siendo este resultado mayor a lo mencionado por dicho autor, debido a que en la extracción de los sólidos solubles no se encuentran únicamente el ácido carmínico, sino también otros componentes.

4.1.2. Solubilidad

Al finalizar la centrifugación se observó que no hubo partículas sin disolver en los tubos, obteniendo un 100% de solubilidad.

Figura 22

Solución del ácido carmínico microencapsulado



Según lo mencionado por Jarrín (2021), al añadir una sustancia a un alimento si se diluye en su totalidad nos indica que presenta una forma amorfa y por ello la solubilidad es mayor, mientras que si la sustancia es de forma cristalina la solubilidad disminuye. De acuerdo a lo mencionado por dicho autor, en la prueba realizada se

obtuvo una solubilidad total, ya que después de la dilución no quedo partículas en la solución, indicándonos que la microencapsulación fue de forma amorfa.

4.1.3. Poder de colorear

Al realizar la lectura de la absorbancia, se realizó los siguientes cálculos para determinar la influencia de las variables independientes en su composición del ácido carmínico, que se muestran a continuación.

Tabla 9

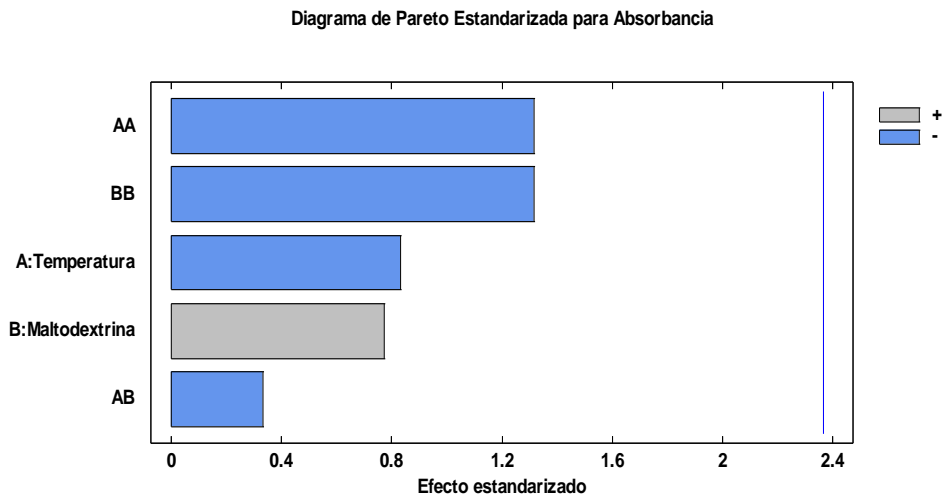
Análisis de varianza para el poder de colorear

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Temperatura	0,00000624994	1	0,00000624994	0,69	0,4333
B:Maltodextrina	0,00000542162	1	0,00000542162	0,60	0,4642
AA	0,0000156523	1	0,0000156523	1,73	0,2298
AB	0,000001	1	0,000001	0,11	0,7493
BB	0,0000156521	1	0,0000156521	1,73	0,2298
Error total	0,0000633283	7	0,0000090469		
Total (corr.)	0,000103692	12			

En la tabla 9 se observa que la variación es de 0 efectos tienen un valor-P menor que 0,05, indicando que no hay significancia entre los 13 tratamientos, con un nivel de confianza del 95,0%.

Figura 23

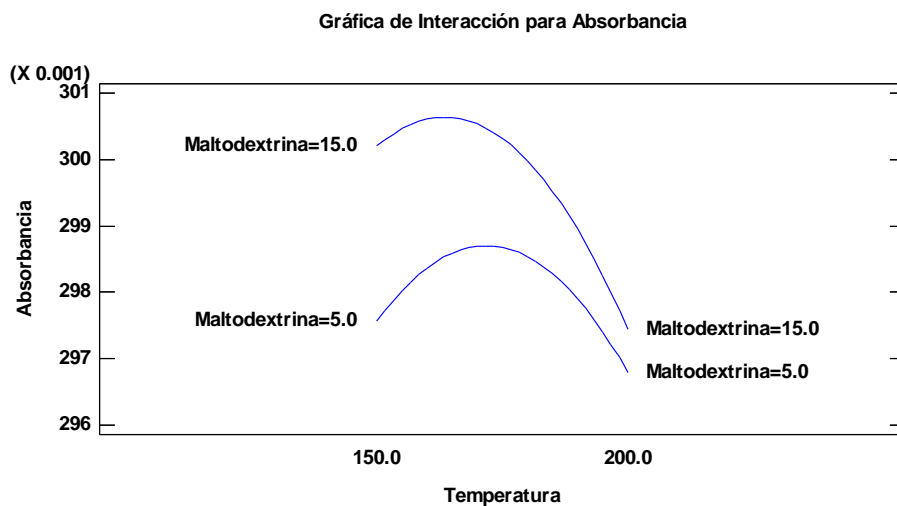
Resultado del diagrama de Pareto en la optimización del poder de colorear



En la figura 23, se observa que no hay significancia del poder de colorear con respecto a la temperatura y concentración de la maltodextrina.

Figura 24

Resultado de la interacción de la maltodextrina a 5 y 15% de concentración para la optimización de la absorbancia



Se observa en la figura 24, que la temperatura del secado y la concentración de la maltodextrina son independientes entre sí.

Tabla 10

Coefficiente de regresión para el poder de colorear

Coefficiente	Estimado
constante	0,219039
A:Temperatura	0,000844661
B:Maltodextrina	0,00206464
AA	-0,00000240005
AB	-0,000004
BB	-0,0000599997

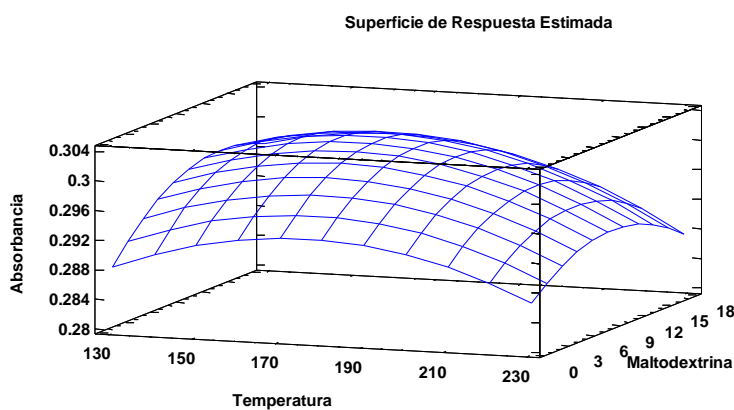
Las variables estudiadas no generan variación para el caso del poder de colorear, ya que los resultados son estadísticamente iguales.

La ecuación del modelo ajustado es:

$$P. \text{ de colorear} = 0,219 + 0,000844661 * A + 0,00206464 * B - 0,0000024 * A^2 - 0,000004 * A * B - 0,0000599997 * B^2$$

Figura 25

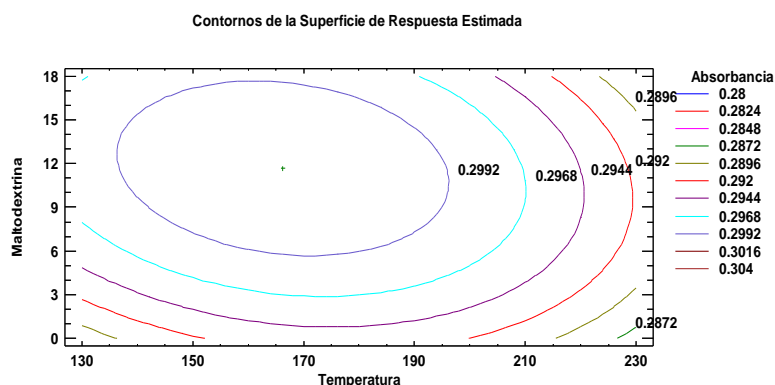
Resultado gráfico por superficie de respuesta del poder de colorear del ácido carmínico microencapsulado



En la figura 25, se observa que el poder de colorear es mayor en los puntos centrales de la temperatura (150 °C a 200 °C) y a valores intermedios con respecto a la concentración de la maltodextrina (10%).

Figura 26

Resultado gráfico de contornos de la superficie de respuesta



La figura 26, nos muestra valores máximos de la absorbancia como condiciones óptimas del experimento.

Optimización de la absorbancia para el poder de colorear

Meta: maximizar Absorbancia

Valor óptimo = 0,301292

Tabla 11

Maximización en la optimización del poder de colorear de la microencapsulación del ácido carmínico

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Temperatura	139,645	210,355	166,237
Maltodextrina	2,92893	17,0711	11,6626

La tabla 11, muestra la combinación de los niveles de los factores, la cual maximiza Absorbancia sobre la región indicada siendo 0,301292.

La apariencia del color para los alimentos es un factor determinante como indicadores de calidad y aceptación de los consumidores. Por lo tanto, la estabilidad del color es una preocupación central de su extracción (Castañeda, 2011). De acuerdo a los resultados obtenidos la absorbancia es similar en todos los tratamientos indicando igualdad del color; este resultado es bueno ya que nos indica que es uniforme a diferentes temperaturas de secado y concentraciones del agente encapsulante.

4.1.4. Rendimiento del secado por atomización microencapsulado

Al realizar los cálculos del rendimiento de la microencapsulación, se realizó el análisis de varianza (ANOVA), y diagramas de superficie de respuesta, de acuerdo a los datos obtenidos en la Tabla 8, que se muestran a continuación.

Tabla 12

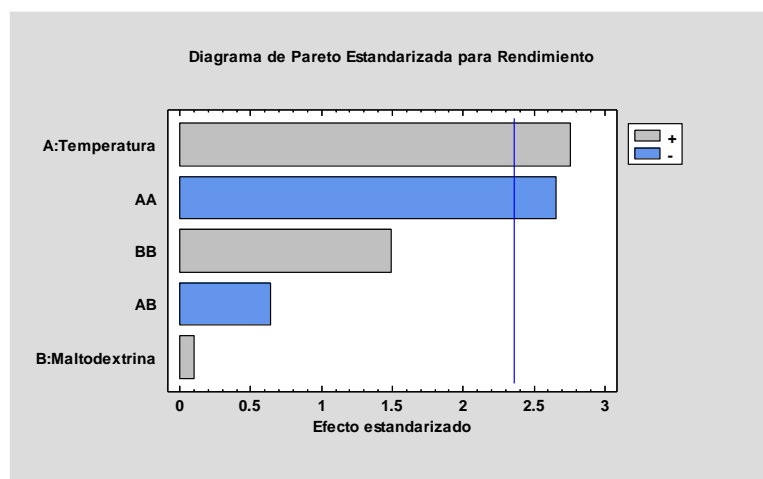
Análisis de Varianza para Rendimiento

Fuente	Suma de Cuadrados	G.L.	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Temperatura	321,111	1	321,111	7,62	0,0280
B:Maltodextrina	0,442929	1	0,442929	0,01	0,9212
AA	297,963	1	297,963	7,07	0,0325
AB	17,3622	1	17,3622	0,41	0,5413
BB	93,7461	1	93,7461	2,23	0,1793
Error total	294,818	7	42,1168		
Total (corr.)	1076,57	12			

En la Tabla 12 se observa que la variación entre los tratamientos es alta ya que estadísticamente hay significancia ($p < 0,05$), esto nos indica que la Temperatura influye estadísticamente de manera independiente en el rendimiento de la microencapsulación mientras que la concentración de la maltodextrina no influye.

Figura 27

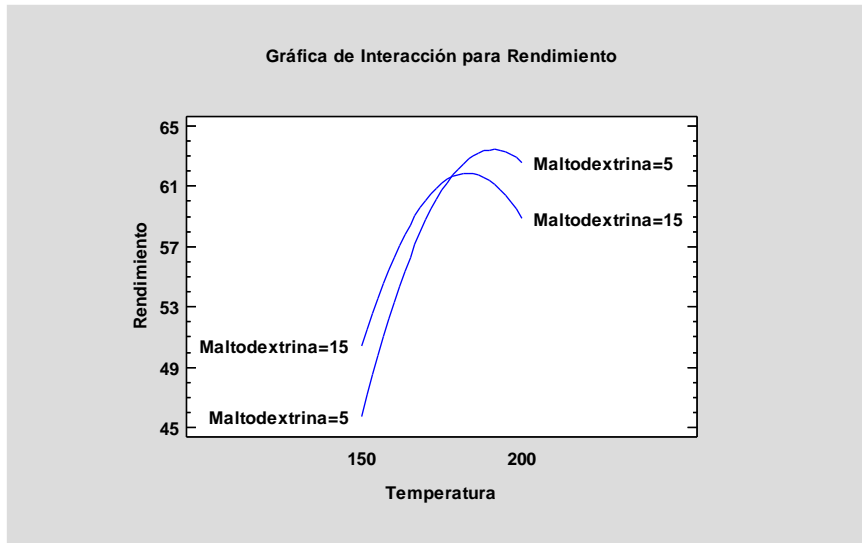
Resultado del diagrama de Pareto en la optimización del rendimiento en las variables independientes



En la figura 27, se observa el diagrama de Pareto en la que se interpreta que la temperatura tiene un nivel de significancia ($p < 0,05$) al igual que la interacción cuadrática de la temperatura respecto al rendimiento de la microencapsulación del ácido carmínico.

Figura 28

Resultado de la interacción de la maltodextrina a 5 y 15% de concentración para la optimización del rendimiento



Se observa en la figura 28, que las concentraciones de la maltodextrina 5% y 15% son dependientes entre si y existe efecto en la interacción entre el factor temperatura y rendimiento del ácido carmínico microencapsulado y la interacción en el efecto cuadrático de la temperatura. Esta gráfica obtenida no nos brinda la información exacta es por ello que la información que nos brinda la interacción debe ser corroborada con el ANVA (Tabla 6), el cual indica que si existe efecto de la temperatura y la interacción cuadrática de la temperatura (valor P-menor que 0,05).

Tabla 13

Coficiente de regresión para Rendimiento

Coficiente	Estimado
constante	-322,711
A:Temperatura	4,08514
B:Maltodextrina	0,0270586
AA	-0,0104716
AB	-0,0166672
BB	0,146838

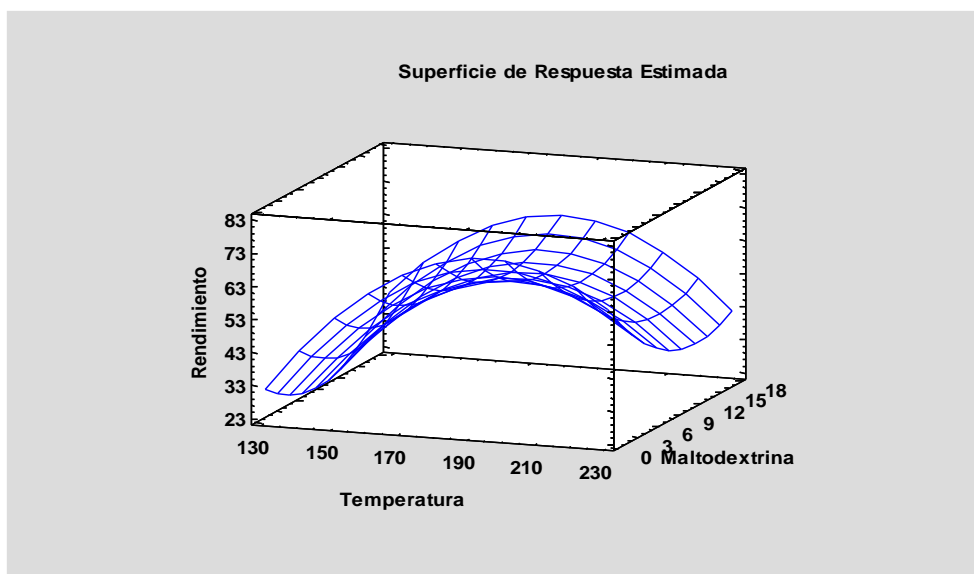
Los factores estudiados generan variación para el caso del rendimiento, ya que los resultados son estadísticamente diferentes (valor-P menor que 0,05).

La ecuación del modelo ajustado es:

$$\text{Rendimiento} = -322,711 + 4,08514 * A + 0,0270586 * B - 0,0104716 * A^2 - 0,0166672 * A * B + 0,146838 * B^2$$

Figura 29

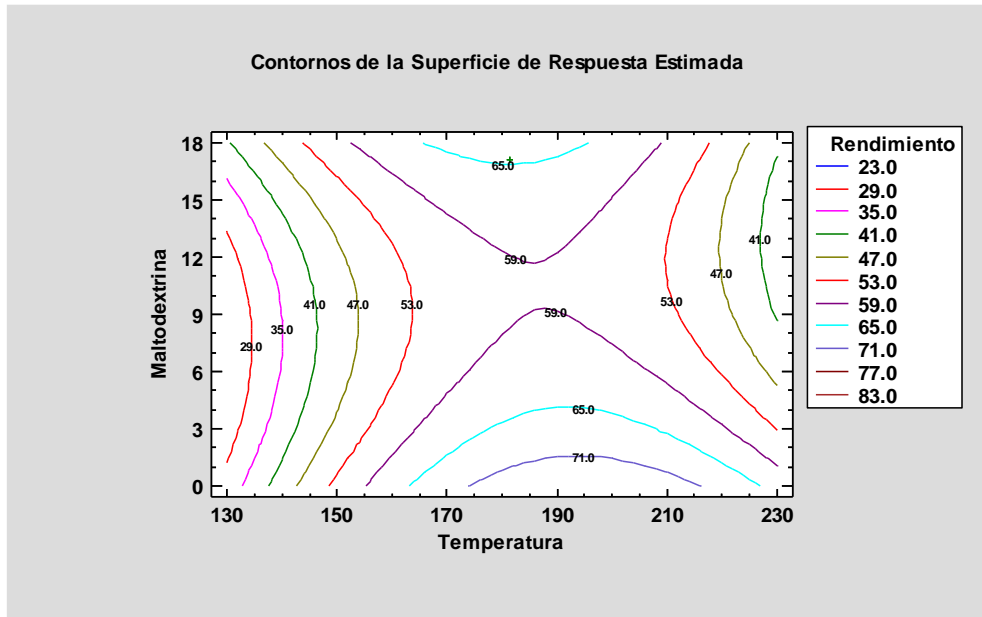
Resultado gráfico por superficie de respuesta en el rendimiento del ácido carmínico microencapsulado



En la figura 29, se observa que el rendimiento es mayor en los puntos centrales de la temperatura (140 °C a 210 °C) y a valores mayores con respecto a la concentración de la maltodextrina (15%).

Figura 30

Resultado gráfico de contornos de la superficie de respuesta



La figura 30, se observa valores para mejorar el rendimiento máximo de la microencapsulación con las temperaturas y concentración de maltodextrina para localizar condiciones óptimas del experimento.

Optimización del rendimiento

Meta: maximizar Rendimiento

Valor óptimo = 65,3973

Tabla 14

Maximización del rendimiento de la microencapsulación del ácido carmínico

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Temperatura	139,645	210,355	181,476
Maltodextrina	2,92893	17,0711	17,0711

La tabla 14, se observa la optimización de los niveles de los factores, la cual maximiza el Rendimiento sobre la región indicada siendo 181,476 °C de temperatura y 17,0711% de maltodextrina para obtener un rendimiento de 65,3973%.

Según los datos obtenidos de la tabla 6, podemos afirmar que, de los 13 tratamientos, resultó la muestra 9, el mejor rendimiento de 65,3973%. Según Copado (2020), el secado por aspersión en la microencapsulación a base de una emulsión consta de tres pasos básicos; la preparación de la dispersión o emulsión a procesar, la

homogenización de la dispersión y la atomización de la emulsión en la cámara de secado; Figueroa et al (2016), mencionan que el rendimiento de la microencapsulación utilizando la maltodextrina como agente encapsulante es de 90%, el valor obtenido se encuentra por debajo de lo mencionado por dichos autores, mientras que Ochoa (2019), indica que el proceso de secado por atomización cuenta con un rendimiento de producción de 12-13%.

4.1.5. Humedad del ácido carmínico microencapsulado

De acuerdo a las combinaciones para obtener los 13 tratamientos, se evaluó la humedad de la microencapsulación del ácido carmínico mediante secado por atomización, cuyos resultados se obtuvieron según la tabla 8.

Tabla 15

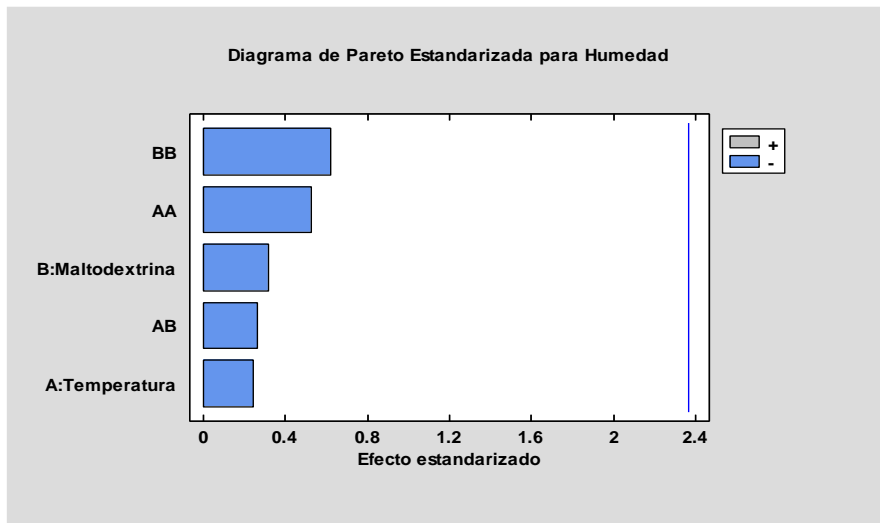
Análisis de Varianza para Humedad

Fuente	Suma de Cuadrados	de G.L.	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Temperatura	0,0348446	1	0,0348446	0,06	0,8182
B:Maltodextrina	0,0621071	1	0,0621071	0,10	0,7593
AA	0,169188	1	0,169188	0,28	0,6152
AB	0,041984	1	0,041984	0,07	0,8009
BB	0,23444	1	0,23444	0,38	0,5555
Error total	4,28169	7	0,61167		
Total (corr.)	4,77839	12			

En la Tabla 15, observamos que la variación entre los tratamientos sobre la microencapsulación del ácido carmínico es mínima y estadísticamente no es significativa ($p > 0,05$).

Figura 31

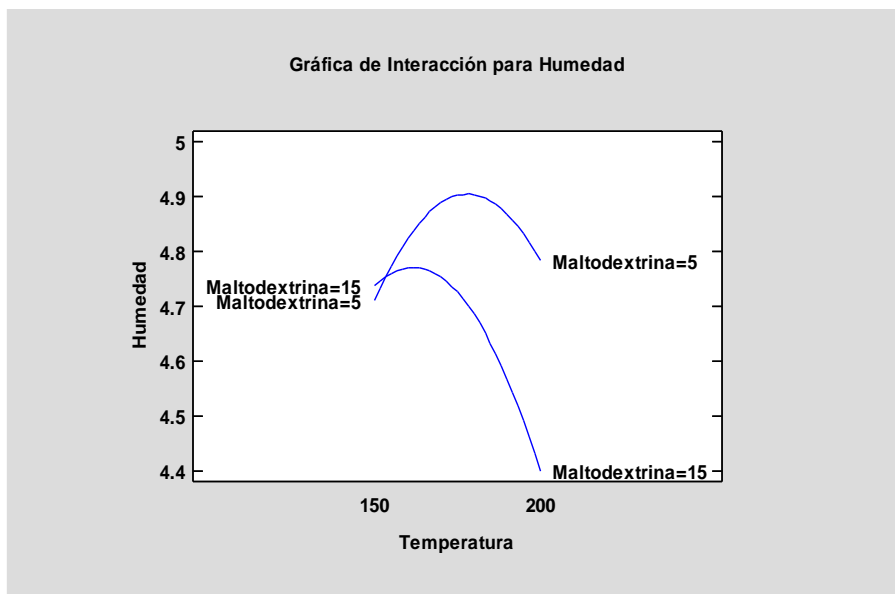
Resultado del diagrama de Pareto en la optimización de la humedad



La figura 31, se observa que no hay significancia de la humedad con respecto a la temperatura y concentración de la maltodextrina.

Figura 32

Resultado de la interacción de la maltodextrina a 5 y 15% de concentración para la optimización de la humedad



Observamos que en la figura 32, las variables son independientes entre sí y no existe efecto en la interacción entre el factor temperatura y concentración de la maltodextrina (valor P- mayor que 0,05).

Tabla 16

Coefficiente de regresión para Humedad

Coefficiente	Estimado
constante	-4,17472
A:Temperatura	0,09289
B:Maltodextrina	0,272669
AA	-0,000249525
AB	-0,0008196
BB	-0,00734307

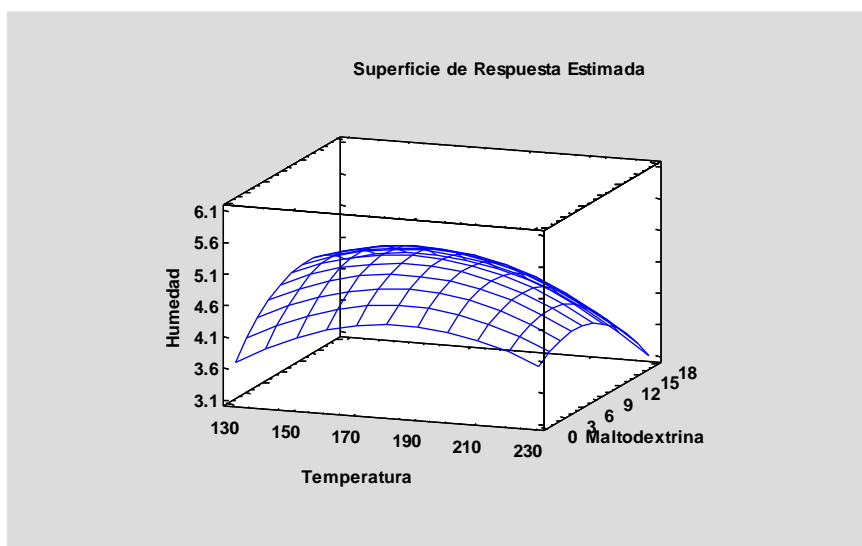
Los factores estudiados no generan variación para el caso de la humedad, ya que los resultados son estadísticamente iguales (valor-P mayor que 0,05).

La ecuación del modelo ajustado es:

$$\text{Humedad} = -4,17472 + 0,09289 * A + 0,272669 * B - 0,000249525 * A^2 - 0,0008196 * A * B - 0,00734307 * B^2$$

Figura 33

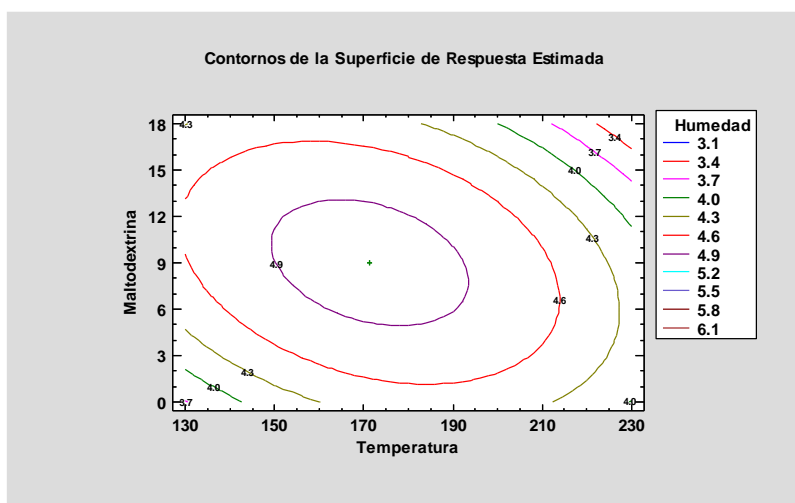
Resultado gráfico por superficie de respuesta en la humedad del ácido carmínico microencapsulado



En la figura 33, se observa que la humedad es mayor en los puntos centrales de la temperatura (150 °C a 200 °C) y a valores mayores con respecto a la concentración de la maltodextrina (15%).

Figura 34

Resultado gráfico de contornos de la superficie de respuesta



La figura 34, se observa la superficie de respuesta, nos muestra valores máximos de la humedad en la microencapsulación con las temperaturas y concentración de maltodextrina para localizar condiciones óptimas del experimento.

Optimización de la humedad

Meta: maximizar Humedad

Valor óptimo = 5,011

Tabla 17

Maximización en la optimización de la humedad de la microencapsulación del ácido carmínico

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Temperatura	139,645	210,355	171,358
Maltodextrina	2,92893	17,0711	9,0037

La tabla 17 nos indica que la combinación de los niveles de los factores, la cual maximiza la Humedad sobre la región indicada siendo 5,011% en la microencapsulación del ácido carmínico.

Según Ochoa (2019), reporta que el proceso de secado por atomización cuenta con una humedad final del polvo < 5 %. De la tabla 17 se observa que la humedad óptima es de 5,011%, este valor obtenido es muy cercano a 5%, esto debido a la microencapsulación donde cubre al ácido carmínico y no permite la evaporación de la humedad a valores inferiores.

4.1.6. pH del ácido carmínico microencapsulado

A los 13 tratamientos de la microencapsulación de ácido carmínico mediante secado por atomización, se sometió al análisis químico proximal para medir el pH de los tratamientos.

Tabla 18

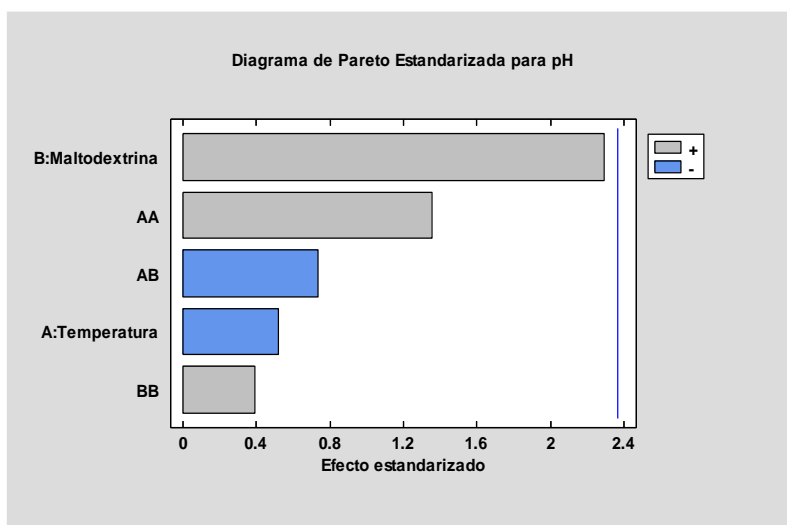
Análisis de Varianza para pH

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A:Temperatura	0,0312503	1	0,0312503	0,27	0,6193
B:Maltodextrina	0,608915	1	0,608915	5,26	0,0555
AA	0,213037	1	0,213037	1,84	0,2169
AB	0,0625	1	0,0625	0,54	0,4862
BB	0,0173905	1	0,0173905	0,15	0,7098
Error total	0,809841	7	0,115692		
Total (corr.)	1,73077	12			

En la Tabla 18, se observa que la variación entre los tratamientos sobre el pH de la microencapsulación del ácido carmínico es mínima indicándonos estadísticamente que no es significativa ($p > 0,05$).

Figura 35

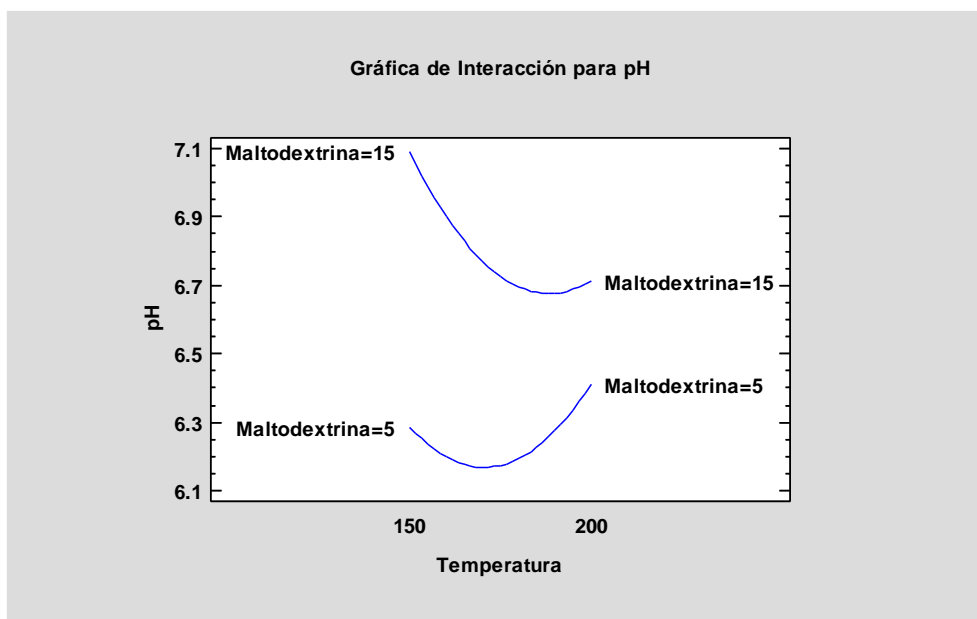
Resultado del diagrama de Pareto en la optimización del pH



La figura 35, se observa que no hay significancia del pH con respecto a la temperatura y concentración de la maltodextrina.

Figura 36

Resultado de la interacción de la maltodextrina a 5 y 15% de concentración para la optimización del pH



Observamos que en la figura 36, que las variables son independientes entre sí y no existe efecto en la interacción entre el factor pH (valor-P mayor que 0,05), esto lo podemos corroborar con la información del ANVA.

Tabla 19

Coefficiente de regresión para pH

Coefficiente	Estimado
constante	13,3107
A:Temperatura	-0,0905
B:Maltodextrina	0,190179
AA	0,00028
AB	-0,001
BB	0,00199995

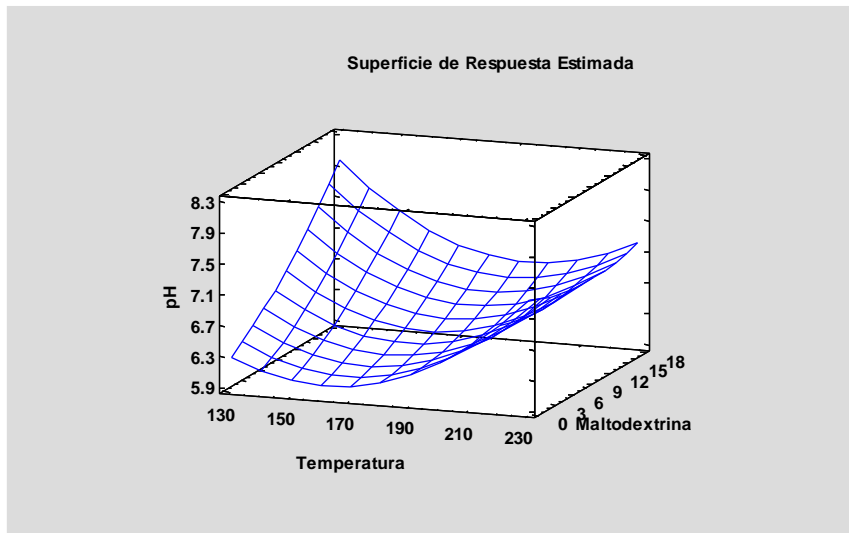
Los factores estudiados no generan variación para el caso del pH, ya que los resultados son estadísticamente iguales (valor-P mayor que 0,05).

La ecuación del modelo ajustado es

$$\text{pH} = 13,3107 - 0,0905 * A + 0,1902 * B + 0,00028 * A^2 - 0,001 * A * B + 0,0020 * B^2$$

Figura 37

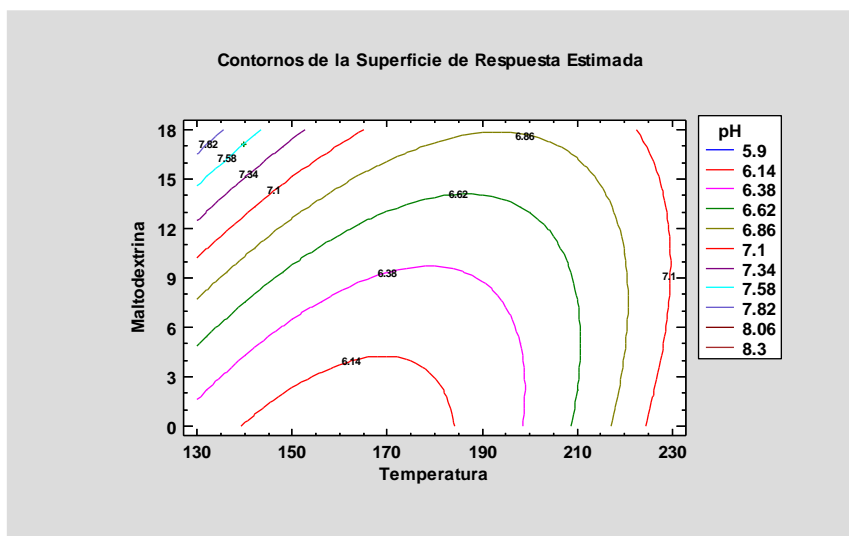
Resultado gráfico por superficie de respuesta en el pH del ácido carmínico microencapsulado



En la figura 37, observamos que el pH es menor en los puntos centrales de la temperatura (150 °C a 200 °C) y a valores menores con respecto a la concentración de la maltodextrina (15%).

Figura 38

Resultado gráfico de contornos de la superficie de respuesta



La figura 38, nos muestra valores máximos del pH en la microencapsulación con las

temperaturas y concentración de maltodextrina para localizar condiciones óptimas del experimento.

Optimización del pH

Meta: maximizar pH

Valor óptimo = 7,57855

Tabla 20

Maximización en la optimización del pH de la microencapsulación del ácido carmínico

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Temperatura	139,645	210,355	139,645
Maltodextrina	2,92893	17,0711	17,0711

La tabla 20, muestra la combinación de los niveles de los factores, la cual maximiza el pH sobre la región indicada, siendo el pH óptimo 7,6.

Huamani et al., (2015) indican que la solución acuosa de la cochinilla tiene un pH de 5,2. De acuerdo a los resultados obtenidos según la tabla 20 el rango de pH obtenido es de 7,6; siendo este valor mayor a lo mencionado por dichos autores. Esto debido a la utilización del agente encapsulante, ya que la maltodextrina tiene un pH mayor al ácido carmínico.

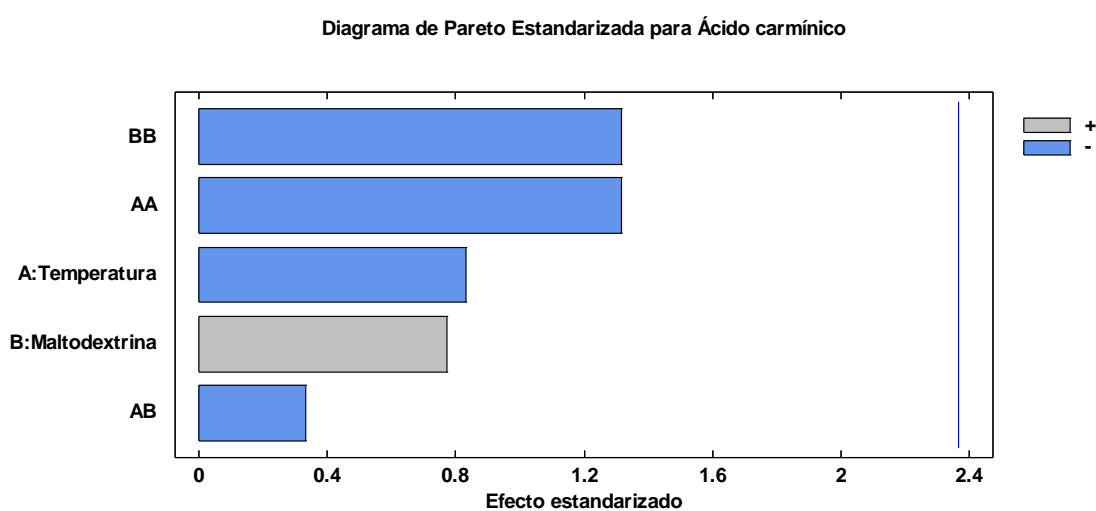
4.1.7. Concentración del ácido carmínico microencapsulado

Una vez realizado lo cálculos según la tabla 8 de la concentración de ácido carmínico secado por atomización microencapsulado se realizó el análisis de varianza (ANVA), como se muestra a continuación.

Tabla 21*Análisis de Varianza para concentración de ácido carmínico*

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Temperatura	0,032333	1	0,032333	0,69	0,4334
B:Maltodextrina	0,0280464	1	0,0280464	0,60	0,4643
AA	0,0809802	1	0,0809802	1,73	0,2299
AB	0,0051768	1	0,0051768	0,11	0,7493
BB	0,0810167	1	0,0810167	1,73	0,2299
Error total	0,327808	7	0,0468297		
Total (corr.)	0,53667	12			

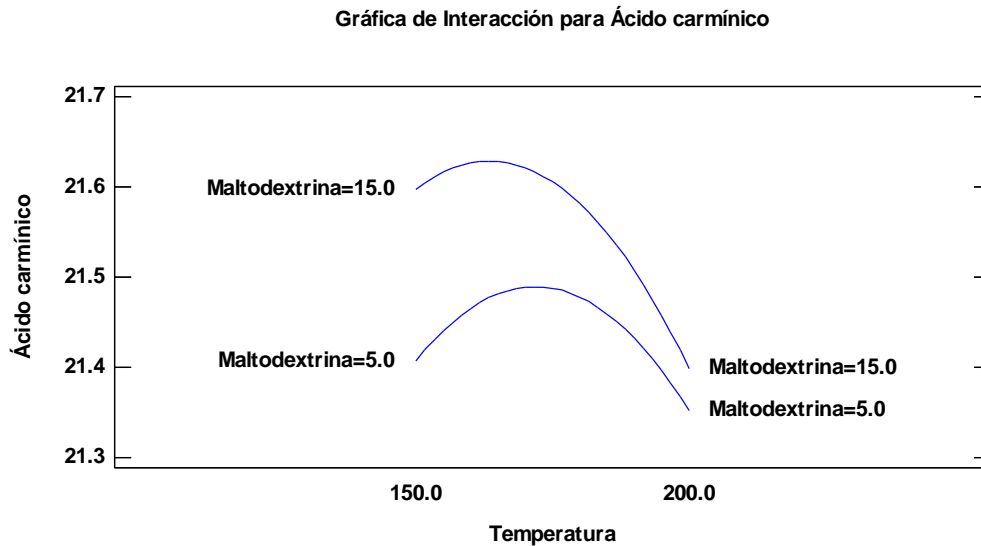
En la tabla 21, se observa que la variación entre los tratamientos sobre la concentración de ácido carmínico del secado por atomización microencapsulado a diferentes concentraciones de maltodextrina no tienen diferencia significativa ya que el valor-P es mayor que 0,05.

Figura 39*Resultado del diagrama de Pareto en la optimización de la concentración de ácido carmínico*

En la figura 39, se observa que hay significancia de la concentración de ácido carmínico con respecto a la temperatura y concentración de la maltodextrina.

Figura 40

Resultado de la interacción de la maltodextrina a 5 y 15% de concentración para la optimización de la concentración del ácido carmínico



Se observa en la figura 40, que las variables son independientes entre sí y no existe efecto en la interacción de la concentración del ácido carmínico.

Tabla 22

Coefficiente de regresión para la concentración de ácido carmínico

Coefficiente	Estimado
constante	15,7591
A:Temperatura	0,060756
B:Maltodextrina	0,14854
AA	-0,000172631
AB	-0,0002878
BB	-0,00431668

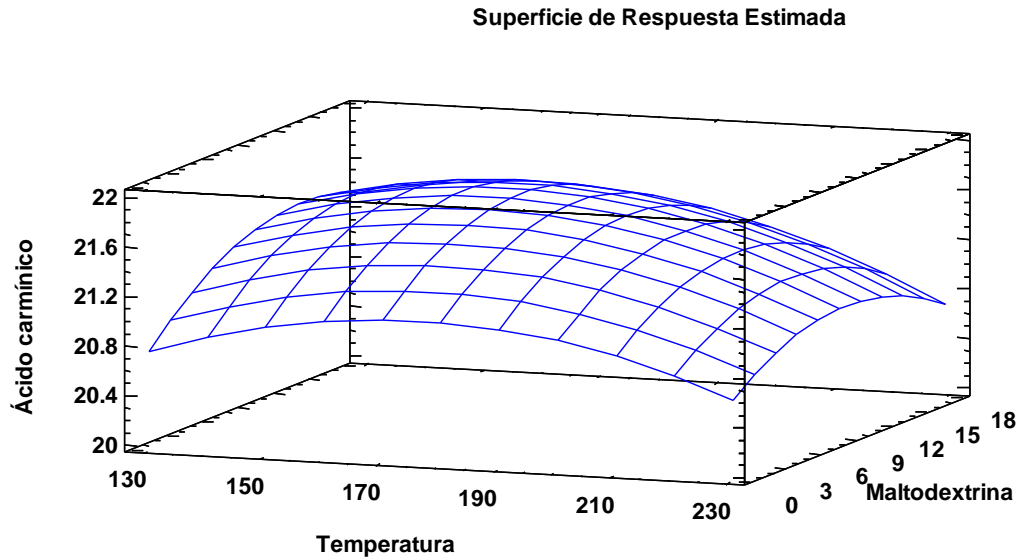
Los factores estudiados no generan variación para el caso de la concentración del ácido carmínico. Ya que los resultados son estadísticamente iguales.

La ecuación del modelo ajustado es:

$$[\text{ác. car.}] = 15,7591 + 0,060756 * A + 0,14854 * B - 0,000172631 * A^2 - 0,0002878 * A * B - 0,00431668 * B^2$$

Figura 41

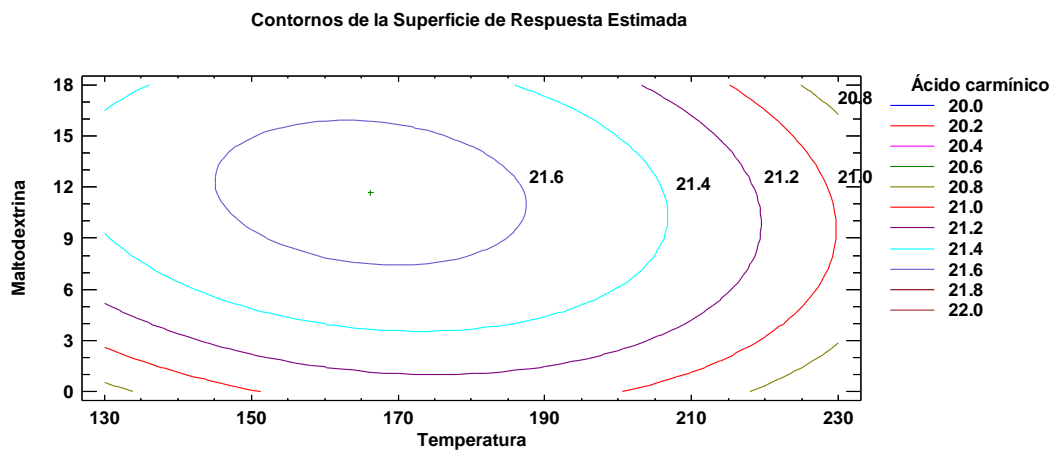
Resultado gráfico por superficie de respuesta en la concentración del ácido carmínico secado por atomización microencapsulado



En la figura 41, observamos que la concentración de ácido carmínico es mayor en el punto cercano a 160 °C y a valores mayores con respecto a la concentración de la maltodextrina (15%).

Figura 42

Resultado gráfico de contornos de la superficie de respuesta



La figura 42, nos muestra valores máximos de la concentración de ácido carmínico en el secado por atomización microencapsulado y concentración de la maltodextrina para

localizar condiciones óptimas del experimento.

Optimización de la concentración del ácido carmínico

Meta: maximizar Ácido carmínico

Valor óptimo = 21,6756

Tabla 23

Maximización en la optimización de la concentración del ácido carmínico en el secado por atomización microencapsulado

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Temperatura	139,645	210,355	166,237
Maltodextrina	2,92893	17,0711	11,6626

La tabla 23, muestra la combinación de los niveles de los factores, la cual maximiza la concentración del ácido carmínico, obteniendo una concentración óptima de 21,6756%.

Erazo y Caso (2001), mencionan que la concentración de ácido carmínico es de 9 a 22% después de la extracción. De acuerdo a los resultados obtenidos según la tabla 23 la concentración de ácido carmínico es de 21,68 %, indicándonos que está dentro del rango establecido y próximo al valor máximo.

4.1.8. Calidad de la cochinilla utilizada en el secado por atomización microencapsulado

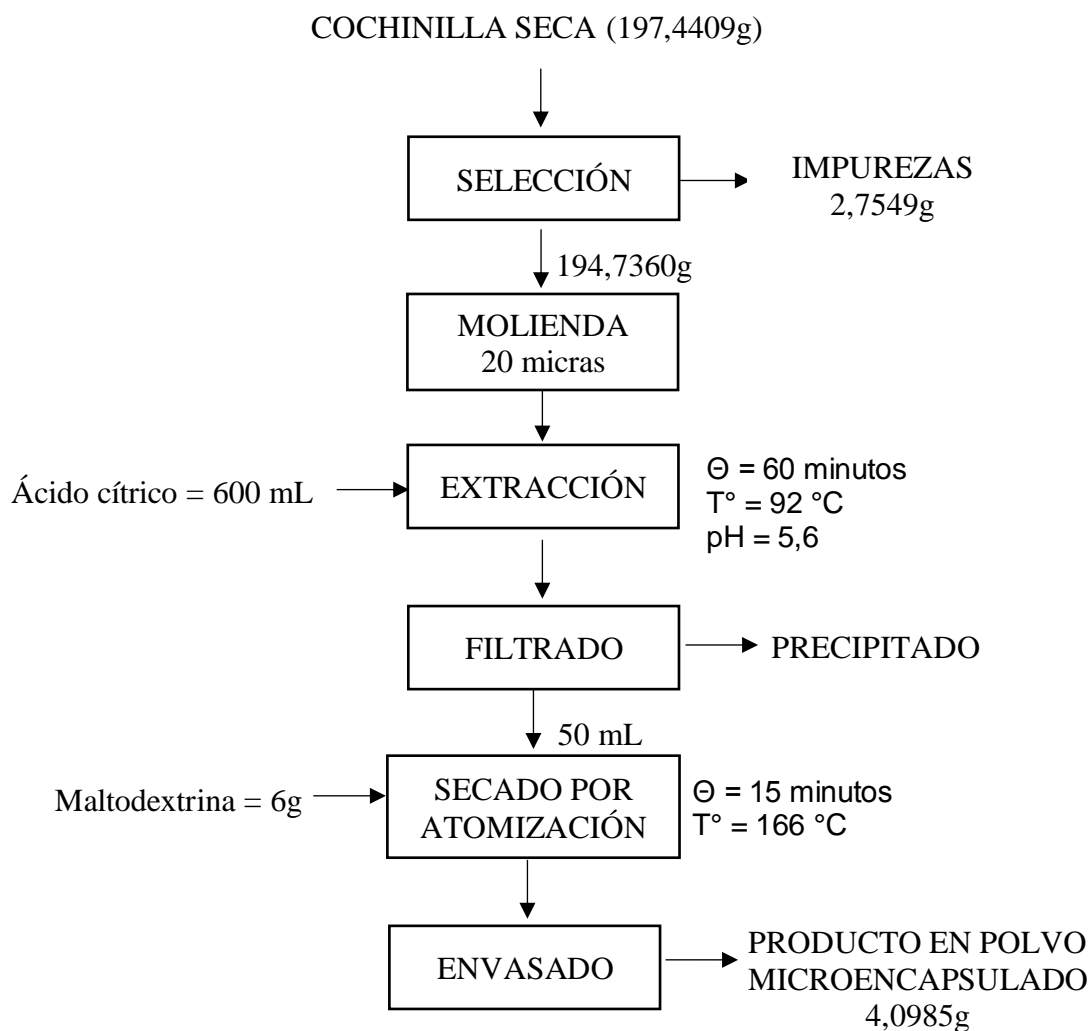
De acuerdo a los resultados obtenidos de humedad y ácido carmínico 5,011% y 21,68% respectivamente, se determinó que la calidad de la cochinilla utilizada.

Reyes (2017), menciona que la cochinilla de primera calidad tiene una humedad de 8-10% y un rendimiento del ácido carmínico de 16-23%. Según los resultados obtenidos la cochinilla utilizada es de primera calidad.

4.1.9. Propuesta de proceso productivo

Figura 43

Diagrama de flujo del proceso productivo propuesto



Balance de materia global

Tabla 24

Balance de materia global en la microencapsulación de ácido carmínico

ENTRADA			SALIDA		
Producto	peso (g)	%	Producto	peso (g)	%
cochinilla	194,74	24,44	Sólidos solubles microencapsulado	61,34	31,50
solución	602,00	75,56	vapor de agua	42,02	68,50

De acuerdo a la Tabla 24, se obtuvo un rendimiento de 31,50% de sólidos solubles microencapsulado a partir de 194,74 g de cochinilla.

CONCLUSIONES

1. Se evaluó los efectos del secado por atomización en la microencapsulación del ácido carmínico como el pH, poder de colorear, solubilidad, humedad y rendimiento.
2. Durante el estudio la calidad de la cochinilla utilizada en el secado por atomización microencapsulado, se utilizó una cochinilla de primera calidad en función al contenido de ácido carmínico, porcentaje de humedad e impurezas.
3. El análisis del porcentaje de extracción de los sólidos solubles de la cochinilla resultó 26% de porcentaje de extracción.
4. Durante el estudio del contenido de ácido carmínico de la cochinilla a partir de los sólidos solubles, obtuvimos un resultado de 21,68% de ácido carmínico.
5. Al realizar la microencapsulación de ácido carmínico mediante secado por atomización se encontró que la humedad es de 5,01%, pH de 7,6, solubilidad 100%, poder de colorear 0,30 y rendimiento de los sólidos solubles microencapsulado 65,40%.

RECOMENDACIONES

1. Realizar la optimización con mayor número de tratamientos y así obtener mejores resultados en la investigación.
2. Realizar ensayos con otros agentes encapsulantes y buscar nuevos métodos de extracción del ácido carmínico.
3. Utilizar el ácido carmínico microencapsulado para dar color a diferentes productos que se utilizan colorantes artificiales y así reducir las enfermedades producidas por el consumo de alimentos con alto contenido de insumos químicos.
4. Almacenar el producto en envases impermeables ya que el agente encapsulante utilizado es muy soluble en agua y por ende al tener contacto con la humedad puede llegar a malograrse y reducir el tiempo de vida útil.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agrade Rodríguez, A. (2009). *Evaluación de seis métodos para la extracción de ácido carmínico obtenida a partir de cochinilla (Dactylopius coccus costa) según condiciones de laboratorio de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala* [Tesis para optar el título profesional, Universidad San Carlos de Guatemala]. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2467.pdf
- Alarcón, C. (2015). *Optimización de parámetros de extracción de antocianinas del maíz morado (ZEA mayz L.) por el método de superficie de respuesta y verificación experimental* [Tesis para optar el título profesional, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/1279>
- Apaza, R. (2018). *Optimización de la formulación para la elaboración de hamburguesa a partir de doncella (Pseudoplatystoma fasciatum Linnaeus) mediante superficie respuesta* [Tesis para optar el título profesional, Universidad Nacional de Ucayali]. <http://hdl.handle.net/10757/654533>
- Ayala Bendezú, T. (2008). *Proyecto de instalación de una planta de procesamiento de tuna en el distrito de Chincho provincia de Angaraes departamento de Huancavelica* [Tesis para optar el título profesional, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. <https://core.ac.uk/reader/323341330>
- Cabrera Castro, J. J. (2014). *Optimización de variables de proceso para la reducción del tiempo de reproceso en el reactor tipo Batch, en la manufactura de adhesivos PU por medio de diseño experimental MSR* [Tesis de Maestría, Centro de Innovación Aplicada a Tecnologías Competitivas]. <https://ciatec.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1019/111/1/TESIS%20J.%20DE%20JESUS%20CABRERA%20CASTRO.pdf>
- Cano Lasso, A. P. (2011). *Extracción y uso de tres pigmentos naturales a partir de tomate de árbol (solanum betaceum cav.), mortiño (vaccinium mytillus l.) y mora de castilla (rubus glaucus) como alternativa colorante natural para alimentos* [Tesis para optar el título profesional, Universidad de las Fuerzas Armadas]. <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/4929>

- Castañeda, Felipe. (2011). *Evaluación de los factores responsables de la Decoloración del licor de Almendras Denominado tipo Amaretto* [Tesis doctoral, Instituto Politécnico Nacional]. <http://www.repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/12578>
- Copado, Claudia. (2020). *Microencapsulación de compuestos bioactivos de Chía (*Salvia hispánica L.*) aplicación en tecnología de alimentos* [Tesis doctoral, Universidad Nacional de la Plata]. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/107568>
- Cuentas Barrios, C. I.; Cancino Chávez, K. (2021). *Influencia del envase y temperatura de almacenaje en el tiempo de vida útil del chicharrón artesanal de cerdo en concordancia a la NTS N° 071 DIGESA/MINSA; 2008.* [Tesis de Maestría, Universidad Ricardo Palma]. https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/4448/m-sist-cal-t030_15726723_m%20%20%20cuentas%20barrios.pdf?sequence=1&isallowed=y
- Csernoch, C., Gallo, A., & Mazzobre, M. (2018). Optimización de Microcápsulas de Antocianinas y Maltodextrina por Liofilizado. *Revista Tecnología Y Ciencia*, (30), 81–87. <https://rtyc.utn.edu.ar/index.php/rtyc/article/view/140>
- Delgado Ulloa, O. I.; Roque Cueva, A. S. (2018). *Influencia de la temperatura y cantidad de Na_2CO_3 en la extracción de ácido carmínico a partir de *Dactylopius coccus costa* “cochinilla”* [Tesis para optar el título profesional, Universidad Nacional de Trujillo]. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/10525>
- Desai, K. G. H., & Jin Park, H. (2005). Recent developments in microencapsulation of food ingredients. *Drying technology*, 23(7), 1361-1394. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1081/DRT-200063478>
- Diaz L. Y.; Torres S. L.; Serna A. J.; Sotelo I. L. (2017). Efecto de la Encapsulación en secado por Atomización de Biocomponentes de Pitahaya Amarilla con Interés Funcional. *Información Tecnológica*, 28(6), 12.

<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642017000600004>

Erazo, R., & Caso, M. J. (2001). Diseño de una planta de producción de carmín y annato. *Revista Peruana de Química e Ingeniería Química*, 4(1), 48-56. <https://docplayer.es/33946986-Diseno-de-una-planta-de-produccion-de-cariviin-y-annato.html>.

Figueroa Martínez, P. M.; Hurtado Benavides, A. M.; Ceballos Ortiz, M. A. (2006). “Microencapsulación mediante secado por aspersión de aceite de mora (*Rubus glaucus*) extraído con CO₂ supercrítico,” *Rev. Colomb. Química*, vol. 45, no. 2, (noviembre), 39. <http://dx.doi.org/10.15446/rev.colomb.quim.v45n2.57481>

King, A. H. (1995). Encapsulation of food ingredients: A review of available technology, focusing on hydrocolloids. Vol. 590, 26-39. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/bk-1995-0590>

Hoher, G., Cascaes, B., Rodrigues, L., Schneider, P. (2020). Análise dos parâmetros de um sistema de aquecimento de água via box-behken. VIII Congresso Brasileiro de Energia Solar-Fortaleza. <https://anaiscbens.emnuvens.com.br/cbens/article/view/774>

Huamani Zuñiga, I. E.; Mamani Martínez, G. Y. (2015). *Evaluación comparativa de los métodos thorpe y francés para la obtención de carmín a partir de la cochinilla (*Dactylopius coccus costa*) en el distrito de la joya* [Tesis para optar el título profesional, Universidad Nacional de San Agustín]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/226>

Jaramillo, A., Echevarria, A., Hormaza, A. (2013). Diseño Box-Behnken para la optimización de la adsorción del colorante azul ácido sobre residuos de flores. *Ing.cienc.* 9(18): 75-91. <http://www.eafit.edu.co/ingciencia>

Jarrín, K. (2021). *Obtención de microcápsulas de colágeno hidrolizado enriquecido con pulpa de Ananas comusus (piña) mediante el método de secado por atomización para su posterior aplicación en la industria alimentaria* [Tesis para optar el título profesional, Universidad de las Fuerzas Armadas]. <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/29280>

- Leite, C. Ventura, C. (2020). Optimization of gallic acid-loaded transfersomes using a Box-Behnken factorial design. *Biomed Biopharm Res.* 17(2): 209-221. DOI: <https://doi.org/10.19277/bbr.17.2.244>
- Lizárraga Morón, C. A.; Álvarez Revilla, E. (2019). *Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta de ácido carmínico y carmín extraído de la cochinilla (*Dactylopius coccus costa*)* [Tesis para optar el título profesional, Universidad de Lima]. https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/9336/Liz%C3%A1rraga_Mor%C3%B3n_Carlos_Augusto.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Martínez Rivero, M. A. (2007). La cochinilla rosada del hibisco, *Maconellicoccus hirsutus* (Green), un peligro potencial para la agricultura cubana. *Revista Protección Veg.*, 22(3), 166-182. <http://scielo.sld.cu/pdf/rpv/v22n3/rpv04307.pdf>
- Nicoli Gonzáles, V. (2014). *Optimización de los parámetros de pH, temperatura y tiempo de reacción en el proceso de laqueado para la producción de colorante natural carmín, a partir de *Dactylopius coccus Costa* “Cochinilla”* [Tesis para optar el título profesional, Universidad Católica de Santa María]. https://core.ac.uk/download/pdf/198130251.pdf?fbclid=IwAR2yXuK1szBmpQkOZWY2qepEpxo1qWQ6G0ugFz1UGOOS3JarC_75esKlY3Q
- Ochoa Huamán, E. (2019). *Evaluación de los parámetros de secado por atomización en el contenido de vitamina C de microencapsulado de copoazú (*Theobroma Grandiflorum*)* [Tesis para optar el título profesional, Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios]. <http://repositorio.unamad.edu.pe/handle/UNAMAD/492>
- Official method of Analysis, AOAC (2005). 18 th Edition, Association of Officiating Analytical Chemists, Washington DC, Method 935.14 and 992.24. <https://scirp.org/reference/referencespapers.aspx?referenceid=3280163>
- Parra Huertas, R. A. (2011). Revisión: Microencapsulación de Alimentos. *Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín*, 63(2), 1-2. <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v63n2/a20v63n01.pdf>

- Pérez, J. (2017). *Obtención de polvo deshidratado de guanábana mediante secado por atomización* [Tesis para optar el título profesional, Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/11562>
- Pérez Quiroz, M. A. (2014). *Estudio técnico para la implementación de una planta procesadora de cochinilla para la obtención del carmín* [Tesis para optar el título profesional, Universidad Católica del Perú]. https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/5654/PE REZ_MIGUEL_PLANTA_PROCESADORA_COCHINILLA_OBTENCIÓN_CARMIN.pdf?sequence=1
- Reyes, G., Corzo, O., & Bracho, N. (2005). Optimización de la deshidratación osmótica de sardina mediante la metodología de superficies de respuesta. *Revista científica*, 15(4), 377-384. <https://www.redalyc.org/pdf/959/95915412.pdf>
- Reyes, Y. (2017). *Evaluación de cochinilla exhausta para su formulación como alimento balanceado para animales* [Tesis para optar el título profesional, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/3399/1/TESIS%20AI164_Rey.pdf
- Sáenz, C. (2006). Utilización agroindustrial del nopal. *Boletín de servicios agrícolas de la FAO*, (162), 103. <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/120301/Utilizacion-agroindustrial-del-nopal.pdf?sequence=1>
- Serna, L., Torres, C. & Ayala, A. (2014). Evaluación de Polvos Alimentarios obtenidos de Cáscaras de Mango (*Mangifera indica*) como fuente de Ingredientes Funcionales. *Información tecnología* 26(2). <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v26n2/art06.pdf>

ANEXOS

Anexo 1

Tabla de resultados del rendimiento del ácido carmínico microencapsulado

Muestra	Maltodextrina (g)	Peso ácido carmínico (g)	Peso microencapsulado (g)	Rendimiento (%)
M1	5	3,491761	5,0765	59,7815
M2	5	3,491761	3,0645	36,0879
M3	5	3,491761	4,8405	57,0023
M4	5	3,491761	5,1245	60,3467
M5	7,5	3,491761	6,5535	59,6219
M6	2,5	3,491761	2,4165	40,3304
M7	2,5	3,491761	3,2985	55,0506
M8	7,5	3,491761	5,8515	53,2353
M9	8,5	3,491761	7,3705	61,4630
M10	5	3,491761	4,0985	48,2644
M11	5	3,491761	5,0961	60,0123
M12	5	3,491761	4,9264	58,0139
M13	1,5	3,491761	3,6185	72,4894

El anexo 1 muestra los resultados del rendimiento del ácido carmínico microencapsulado obtenido en polvo a partir de la solución con el agente encapsulante.

Anexo 2

Tabla de resultados de la humedad del ácido carmínico microencapsulado

Muestra	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Humedad (%)
M1	0,580	0,550	5,1724138
M2	0,503	0,480	4,5725646
M3	0,580	0,555	4,3103448
M4	0,601	0,581	3,3277870
M5	0,553	0,528	4,5207957
M6	0,512	0,486	5,0781250
M7	0,538	0,510	5,2044610
M8	0,562	0,535	4,8042705
M9	0,715	0,683	4,4755245
M10	0,521	0,493	5,3742802
M11	0,528	0,498	5,6818182
M12	0,534	0,505	5,4307116
M13	0,512	0,490	4,2968750

Anexo 3

Tabla de resultados de la medición del pH del ácido carmínico microencapsulado

Muestra	pH
M1	6,500
M2	7,000
M3	7,000
M4	6,500
M5	6,500
M6	6,000
M7	6,000
M8	7,000
M9	7,000
M10	6,000
M11	6,500
M12	6,500
M13	6,500

Anexo 4

Panel de fotografías

Figura 44

Lectura del pH de la solución del ácido cítrico



Figura 45

Selección de la cochinilla seca

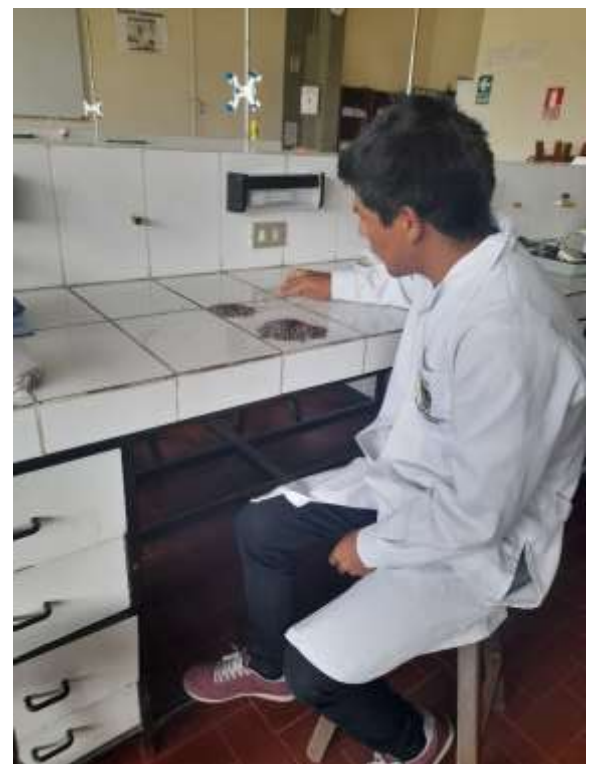


Figura 46

Pesado de la cochinilla seleccionada



Figura 47

Molido de la cochinilla



Figura 48

Extracción del ácido carmínico con la solución de ácido cítrico



Figura 49

Filtrado de la extracción del ácido carmínico al vacío



Figura 50

Solución del ácido carmínico diluido para los 13 tratamientos



Figura 51

Maltodextrina a diferentes concentraciones



Figura 52

Muestras del ácido carmínico a diferentes concentraciones de maltodextrina



Figura 53

Microencapsulación del ácido carmínico



Figura 54

Ácido carmínico microencapsulado



Figura 55

Centrifugado del ácido carmínico microencapsulado para determinar la solubilidad



Figura 56

Dilución del ácido carmínico para determinar el poder de colorear



Figura 57

Espectrofotómetro para la lectura de la absorbancia del ácido carmínico microencapsulado



Figura 58

Medición del pH



**UNSCH**FACULTAD DE INGENIERÍA
**QUÍMICA Y
METALURGIA****ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS:**

(Reglamento de grados y títulos, aprobado con RCU N° 314-2021-UNSCH-CU)

**“MICROENCAPSULACION DE ACIDO CARMINICO MEDIANTE SECADO
POR ATOMIZACION”****Expositor: Prudencio OCHOA FLORES
Bachiller en Ingeniería en Industrias Alimentarias**

Expediente N° 2353444.

Resolución Decanal N° 145-2023-UNSCH-FIQM/D.

Fecha: 21-09-2023.

- 01 -

En la Sala de Conferencias “Pedro VILLENA HIDALGO” de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, ubicada en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (H-121), siendo las once de la mañana con cinco minutos del día lunes veinticinco de setiembre del año dos mil veintitrés, se reunieron el Bachiller en Ingeniería en Industrias Alimentarias **Prudencio OCHOA FLORES**, los Docentes Miembros del Jurado de Sustentación Ingenieros: Mg. Cipriano MENDOZA ROJAS, Dr. Alfredo ARIAS JARA e Ing. Jorge Adalberto MALAGA JUAREZ, bajo la Presidencia del Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA (Decano de la FIQM), Dr. Antonio Jesús MATOS ALEJANDRO (Docente Asesor de la Tesis), el Mg. Fredy Rober PARIONA ESCALANTE (Secretario-Docente) y el público asistente.

Acto seguido, el Presidente del Jurado de Sustentación dispuso que el Secretario Docente dé lectura a los antecedentes tramitados para el presente Acto Público de Sustentación de la Tesis: **“MICROENCAPSULACION DE ACIDO CARMINICO MEDIANTE SECADO POR ATOMIZACION”**, presentado por el Bachiller **Prudencio OCHOA FLORES**. A continuación, el Secretario-Docente procedió a dar lectura a la Resolución Decanal N° 145-2023-UNSCH-FIQM/D.

Luego, el Presidente del Jurado invitó al Bachiller **Prudencio OCHOA FLORES**, a pasar al estrado y exponer su trabajo de Tesis en un tiempo máximo de cuarenta y cinco minutos.

Terminada la exposición de la Bachiller, el Presidente invitó a los Señores Miembros del Jurado de Sustentación a que formulen sus preguntas y señalen sus observaciones, en el siguiente orden: Ing. Jorge Adalberto MALAGA JUAREZ, Dr. Alfredo ARIAS JARA y Mg. Cipriano MENDOZA ROJAS. Luego el Presidente invitó al Dr. Antonio Jesús MATOS ALEJANDRO para que, en su condición de Docente Asesor, se sirva levantar las observaciones del Jurado y efectuar las aclaraciones que considere conveniente.

Concluyo con esta etapa el Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA, en su condición de Presidente.



UNSCH

FACULTAD DE INGENIERÍA
QUÍMICA Y
METALURGIA

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS:

(Reglamento de grados y títulos, aprobado con RCU N° 314-2021-UNSCH-CU)

“MICROENCAPSULACION DE ACIDO CARMINICO MEDIANTE SECADO POR ATOMIZACION”

Expositor: Prudencio OCHOA FLORES
Bachiller en Ingeniería en Industrias Alimentarias

Expediente N° 2353444.

Resolución Decanal N° 145-2023-UNSCH-FIQM/D.

Fecha: 21-09-2023

- 02-

Culminada la etapa de preguntas, el Presidente del Jurado invitó al Sustentante y al público para que se sirvan abandonar la Sala de Conferencias con la finalidad de permitir al Jurado de Sustentación deliberar sobre la evaluación a otorgar. Se alcanzó el siguiente resultado. **APROBADA POR UNANIMIDAD PROMEDIO CATORCE (14).**

Finalmente el Presidente del Jurado dispuso que se invite al Sustentante y al público asistente a que se sirvan ingresar a la Sala de Conferencias, y anunció que el Bachiller **Prudencio OCHOA FLORES**, ha resultado **APROBADA POR UNANIMIDAD**, y por lo tanto a partir de la fecha la Universidad y la Facultad cuenta con un flamante **INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS** y le augura éxitos en su desempeño profesional.

Siendo las doce del medio día con cincuenta y cinco minutos se dio por concluido el acto académico de Sustentación de Tesis. En fe de lo cual firmamos:

Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA
Presidente

Mg. Cipriano MENDOZA ROJAS
Miembro

Dr. Alfredo ARIAS JARA
Miembro

Ing. Jorge Adalberto MALAGA JUAREZ
Miembro

Mg. Fredy Rober PARIONA ESCALANTE
Secretario Docente



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS:
(Reglamento de grados y títulos, aprobado con RCU N° 314-2021-UNSCH-CU)

**"MICROENCAPSULACION DE ACIDO CARMINICO MEDIANTE SECADO
POR ATOMIZACION"**

Expositora: Yanet COSINGA ESLAVA
Bachiller en Ingeniería en Industrias Alimentarias

Expediente N° 2353444.

Resolución Decanal N° 145-2023-UNSCH-FIQM/D.

Fecha: 21-09-2023.

- 01 -

En la Sala de Conferencias "Pedro VILLENA HIDALGO" de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, ubicada en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (H-121), siendo las once de la mañana con cinco minutos del día lunes veinticinco de setiembre del año dos mil veintitrés, se reunieron la Bachiller en Ingeniería en Industrias Alimentarias **Yanet COSINGA ESLAVA**, los Docentes Miembros del Jurado de Sustentación Ingenieros: Mg. Cipriano MENDOZA ROJAS, Dr. Alfredo ARIAS JARA e Ing. Jorge Adalberto MALAGA JUAREZ, bajo la Presidencia del Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA (Decano de la FIQM), Dr. Antonio Jesús MATOS ALEJANDRO (Docente Asesor de la Tesis), el Mg. Fredy Rober PARIONA ESCALANTE (Secretario-Docente) y el público asistente.

Acto seguido, el Presidente del Jurado de Sustentación dispuso que el Secretario Docente dé lectura a los antecedentes tramitados para el presente Acto Público de Sustentación de la Tesis: **"MICROENCAPSULACION DE ACIDO CARMINICO MEDIANTE SECADO POR ATOMIZACION"**, presentado por la Bachiller **Yanet COSINGA ESLAVA**. A continuación, el Secretario-Docente procedió a dar lectura a la Resolución Decanal N° 145-2023-UNSCH-FIQM/D.

Luego, el Presidente del Jurado invitó a la Bachiller **Yanet COSINGA ESLAVA**, a pasar al estrado y exponer su trabajo de Tesis en un tiempo máximo de cuarenta y cinco minutos.

Terminada la exposición de la Bachiller, el Presidente invitó a los Señores Miembros del Jurado de Sustentación a que formulen sus preguntas y señalen sus observaciones, en el siguiente orden: Ing. Jorge Adalberto MALAGA JUAREZ, Dr. Alfredo ARIAS JARA y Mg. Cipriano MENDOZA ROJAS. Luego el Presidente invitó al Dr. Antonio Jesús MATOS ALEJANDRO para que, en su condición de Docente Asesor, se sirva levantar las observaciones del Jurado y efectuar las aclaraciones que considere conveniente.

Concluyo con esta etapa el Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA, en su condición de Presidente.



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS:

(Reglamento de grados y títulos, aprobado con RCU N° 314-2021-UNSCH-CU)

"MICROENCAPSULACION DE ACIDO CARMINICO MEDIANTE SECADO POR ATOMIZACION"

Expositora: Yanet COSINGA ESLAVA
Bachiller en Ingeniería en Industrias Alimentarias

Expediente N° 2353444.

Resolución Decanal N° 145-2023-UNSCH-FIQM/D.

Fecha: 21-09-2023.

- 02-

Culminada la etapa de preguntas, el Presidente del Jurado invitó a la Sustentante y al público para que se sirvan abandonar la Sala de Conferencias con la finalidad de permitir al Jurado de Sustentación deliberar sobre la evaluación a otorgar. Se alcanzó el siguiente resultado. **APROBADA POR UNANIMIDAD PROMEDIO TRECE (13)**

Finalmente el Presidente del Jurado dispuso que se invite al Sustentante y al público asistente a que se sirvan ingresar a la Sala de Conferencias, y anunció que la Bachiller **Yanet COSINGA ESLAVA**, ha resultado **APROBADA POR UNANIMIDAD**, y por lo tanto a partir de la fecha la Universidad y la Facultad cuenta con una flamante **INGENIERA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS** y le augura éxitos en su desempeño profesional.

Siendo las doce del medio día con cincuenta y cinco minutos se dio por concluido el acto académico de Sustentación de Tesis. En fe de lo cual firmamos:

Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA
Presidente

Mg. Cipriano MENDOZA ROJAS
Miembro

Dr. Alfredo ARIAS JARA
Miembro

Ing. Jorge Alberto MALAGA JUAREZ
Miembro

Mg. Fredy Rober PÁRIONA ESCALANTE
Secretario Docente



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El Director de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, hace CONSTAR:

Que, la Srta. Yanet COSINGA ESLAVA y el Sr. Prudencio OCHOA FLORES de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias han remitido, con el aval y por intermedio de su asesor el Ing. Antonio Jesús Matos Alejandro, la Tesis: "*Microencapsulación de ácido carmínico mediante secado por atomización*"; y se precisa con el Informe de Originalidad de Turnitin, que el índice de similitud del trabajo es de 26% y que se ha generado el Recibo digital que confirma el Depósito que el trabajo ha sido recibido por Turnitin con fecha octubre 26 de 2023 e Identificador de la Entrega N° 2207932555.

Se expide la presente, para los fines pertinentes.

Ayacucho, octubre 27 de 2023.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA
E.F.P. DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Ing° C.P. Antonio J. Matos Alejandro
DIRECTOR

c.c. : Archivo digital.
Constancia N° 166

MICROENCAPSULACIÓN DE ÁCIDO CARMÍNICO MEDIANTE SECADO POR ATOMIZACIÓN

por PRUDENCIO OCHOA FLORES Y YANET COSINGA ESLAVA

Fecha de entrega: 26-oct-2023 08:21a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2207932555

Nombre del archivo: OCHOA_PRUDENCIO_Y_COSINGA_YANET_TESIS_FINAL_OCTUBRE.pdf (794.14K)

Total de palabras: 14146

Total de caracteres: 72760

MICROENCAPSULACIÓN DE ÁCIDO CARMÍNICO MEDIANTE SECADO POR ATOMIZACIÓN

INFORME DE ORIGINALIDAD

26%

INDICE DE SIMILITUD

26%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

12%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	7%
2	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	3%
3	docplayer.es Fuente de Internet	3%
4	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	2%
5	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	2%
6	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	ciatec.repositorioinstitucional.mx Fuente de Internet	1%
8	www.dspace.uce.edu.ec Fuente de Internet	1%

9	sedici.unlp.edu.ar Fuente de Internet	1 %
10	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	1 %
11	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	1 %
12	repositorio.utn.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
13	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
14	1library.co Fuente de Internet	<1 %
15	revistas.unal.edu.co Fuente de Internet	<1 %
16	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1 %
17	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	<1 %
18	fundacionkoinonia.com.ve Fuente de Internet	<1 %
19	repositorio.uta.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
20	secgen.unajma.edu.pe	

Fuente de Internet

<1 %

21

Submitted to SEK International Schools

Trabajo del estudiante

<1 %

22

www.researchgate.net

Fuente de Internet

<1 %

23

pt.scribd.com

Fuente de Internet

<1 %

24

www.coursehero.com

Fuente de Internet

<1 %

25

repository.uamerica.edu.co

Fuente de Internet

<1 %

26

doczz.es

Fuente de Internet

<1 %

27

es.scribd.com

Fuente de Internet

<1 %

28

hdl.handle.net

Fuente de Internet

<1 %

29

bdigital.unal.edu.co

Fuente de Internet

<1 %

30

repositorio.unj.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía Activo