

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN  
CRISTÓBAL DE HUAMANGA  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD  
ESCUELA PROFESIONAL DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA**



Microencapsulación del extracto de antocianinas de los  
frutos de *Sambucus nigra L.* mediante secado por  
aspersión

Tesis para obtener el título profesional de Químico  
Farmacéutico

Presentado por el:

Bach. VICUÑA CAVERO, EDUARDO JOVANNY

Asesor:

Dr. MARCO ROLANDO ARONÉS JARA

AYACUCHO – PERÚ

2022

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

RESOLUCIÓN DECANAL N° 442-2022-FCSA-UNSCH-D

**BACHILLER: Eduardo Jovanny, VICUÑA CAVERO**

En la ciudad de Ayacucho, siendo las nueve de la mañana del día veintidós del mes de julio del año dos mil veintidós, se reunieron a través de la plataforma virtual los docentes miembros del jurado de la Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica, para el acto de sustentación de trabajo de tesis titulado: "**MICROENCAPSULACIÓN DEL EXTRACTO DE ANTOCIANINAS DE LOS FRUTOS DE SAMBUCUS NIGRA L. MEDIANTE SECADO POR ASPERSIÓN**". Presentado por el bachiller **Eduardo Jovanny, VICUÑA CAVERO** para optar el título profesional de Químico Farmacéutico. Los miembros del Jurado de Sustentación conformado por:

Presidenta : Prof. Maricela López Sierralta

Miembros : Prof. José A. Yarleque Mujica

Prof. Edgar Cárdenas Landeo

Prof. Osmar H. Huaraca Cárdenas

Asesor : Prof. Marco R. Arones Jara

Secretario Docente (e): Osmar H. Huaraca Cárdenas

Con el quorum de reglamento se dio inicio la sustentación de tesis, el presidente de la comisión pide al secretario docente dar lectura a los documentos presentados por el recurrente, resolución decanal y algunas indicaciones al sustentante.

Da inicio la exposición el Bachiller: Eduardo Jovanny VICUÑA CAVERO, una vez concluida. El presidente de la comisión solicita a los miembros del jurado evaluador realizar sus respectivas preguntas, seguidamente da pase al asesor de tesis Profesor Marco R. Arones Jara, para que pueda elucidar algunas preguntas, interrogantes, aclaraciones.

La presidenta invita al sustentante abandonar el espacio virtual para que puedan proceder con la calificación.

### RESULTADO DE LA EVALUACIÓN FINAL

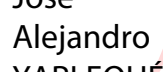
Bachiller: **Eduardo Jovanny, VICUÑA CAVERO**

JURADOS	TEXTO	EXPOSICIÓN	PREGUNTAS	P. FINAL
Prof. Maricela López Sierralta	18	18	18	18
Prof. José A. Yarleque Mujica	17	17	16	17
Prof. Edgar Cárdenas Landeo	17	17	17	17
Prof. Osmar H. Huaraca Cárdenas	18	18	18	18
Prof. Marco R. Arones Jara	18	18	18	18
PROMEDIO FINAL				18


De la evaluación realizada por los miembros del jurado calificador, llegaron al siguiente resultado: Aprobar al Bachiller **Eduardo Jovanny, VICUÑA CAVERO**; Quien obtuvo la nota final de Dieciocho (18) para la cual los miembros del jurado evaluador firman al pie del presente, siendo las diez con cincuenta y seis horas de la mañana, se da por concluido el presente acto académico virtual.

  
Firmado digitalmente por  
**MARICELA LÓPEZ SIERRALTA**  
Fecha: 2022.07.22  
11:05:37 -05'00'


Prof. Maricela López Sierralta  
Presidente

  
Firmado digitalmente por  
**José Alejandro YARLEQUÉ MUJICA**  
Fecha: 2022.07.22  
11:18:55 -05'00'


Prof. José A. Yarleque Mujica  
Miembro

  
Firmado digitalmente por  
**CÁRDENAS LANDEO EDGAR**  
Fecha: 2022.07.22  
10:52:34 -05'00'


Prof. Edgar Cárdenas Landeo  
Miembro

  
Firmado digitalmente por  
**Osmar Héctor Huaraca Cárdenas**  
Fecha: 2022.07.22  
10:47:31 -05'00'

Prof. Osmar H. Huaraca Cárdenas  
Miembro

  
Firmado digitalmente por  
**Marco R. Aronés Jara**  
Fecha: 2022.07.23  
18:15:54 -05'00'

Prof. Marco R. Aronés Jara  
Miembro asesor

  
Firmado digitalmente por  
**Osmar Héctor Huaraca Cárdenas**  
Fecha: 2022.07.22  
10:47:51 -05'00'

Prof. Osmar H. Huaraca Cárdenas  
Secretario Docente

### **DEDICATORIA**

A Dios, mis padres y personas que siempre me apoyaron para la realización de mis metas.

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, por ser la Institución forjadora de mi formación profesional.

A la Facultad de Ciencias de la Salud y en especial a toda la plana docente de la Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica, por brindarme los conocimientos y experiencias profesionales al servicio de la sociedad.

A mi asesor Dr. Marco Rolando Aronés Jara, por su valioso asesoramiento, colaboración y apoyo en la conducción del presente trabajo.

## ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	5
2.1 Antecedentes del estudio .....	5
2.2 Sambucus nigra L. ....	6
2.3 Microencapsulación de polifenoles .....	6
2.4 Hipótesis .....	9
III. DISEÑO METODOLÓGICO .....	11
3.1 Tipo de investigación .....	11
3.2 Definición de la población y muestra .....	11
3.3. Métodos instrumentales para la recolección de datos .....	11
3.4. Procedimiento para la recolección de datos .....	11
3.4.1. Preparación del extracto de antocianinas .....	11
3.4.2 Determinación del contenido de fenoles totales .....	12
3.4.3 Determinación del contenido de antocianinas .....	12
3.4.4 Determinación de la actividad antioxidante .....	13
3.5 Diseño de investigación.....	13
3.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	14
IV. RESULTADOS .....	15
V. DISCUSIONES .....	23
VI. CONCLUSIONES.....	27
VII. RECOMENDACIONES .....	29
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31
ANEXOS .....	37

## INDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Composición Diseño central compuesto (CCD) usado para la optimización de los parámetros de microencapsulación del extracto de frutos de <i>S. nigra</i> L. mediante secado por aspersión.	12
Tabla 2. Datos de la muestra a partir de un experimento completamente aleatorizado de doble factor.	13
Tabla 3. Composición del extracto de frutos de <i>Sambucus nigra</i> L. utilizado en el experimento de diseño central compuesto (CCD) para su microencapsulación.	17
Tabla 4. Resultados experimentales para el análisis de superficie de respuesta y comparación de medias mediante ANOVA unidireccional y prueba de Tukey post-hoc.	18
Tabla 5. Regresión de superficie de respuesta de interacción de los parámetros analíticos y las condiciones de microencapsulación (concentración de maltodextrina y temperatura de entrada).	19
Tabla 6. Optimización de respuesta de la obtención de microencapsulados de frutos de <i>S. nigra</i> .	21

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Superficie de respuesta obtenida para el experimento de diseño central compuesto en la microencapsulación del extracto de frutos de <i>S. nigra</i> .	20



## ÍNDICE DE ANEXOS

	Página
Anexo 1. Certificado de la clasificación taxonómica de <i>Sambucus nigra</i> .	38
Anexo 2. Análisis estadístico	39
Anexo 3. Matriz de consistencia.	43

Microencapsulación del extracto de antocianinas de los frutos de *Sambucus nigra* L. mediante secado por aspersión

Autor: Eduardo Jovanny Vicuña Cavero

Asesor: Marco Rolando Aronés Jara

### RESUMEN

Las antocianinas son pigmentos inestables a factores como el pH, la luz, la temperatura, entre otros; por lo que, la microencapsulación se usa como método de protección de sus componentes activos. En ese sentido se planteó el objetivo de determinar las condiciones óptimas para la microencapsulación del extracto de antocianinas de los frutos de *Sambucus nigra* L. mediante secado por aspersión. La extracción de antocianinas se realizó utilizando como solvente una solución acuosa acidulada con ácido fosfórico a pH 2,3. El extracto fue filtrado y microencapsulado con maltodextrina adicionado directamente al extracto, mediante secado por aspersión, en trece experimentos con temperatura de entrada entre 165,8 -194,14°C y concentración de maltodextrina entre 0,58 -3,4% establecidos a través de un diseño central compuesto. Se evaluó el contenido de fenoles totales (TPC), antocianinas (TAC) y la actividad antioxidante (AA) para determinar las condiciones óptimas de la microencapsulación a través del análisis de superficie de respuesta. El TPC osciló entre  $50,95 \pm 0,3$  y  $73,14 \pm 0,6$  mg GAE/g de extracto ( $p < 0,05$ ). El TAC osciló entre  $1295,87 \pm 2,3$  y  $2920,37 \pm 3,9$  g/100 g de extracto y la AA varió entre  $20,00 \pm 0,1$  y  $24,23 \pm 0,6\%$  ( $p < 0,05$ ). Se concluye que las condiciones óptimas para la microencapsulación del extracto de antocianinas de los frutos de *S. nigra* L. mediante secado por aspersión respecto al TPC y AA son concentración de maltodextrina 0,58% y temperatura de entrada de 165,8°C y para el TAC es 1,35% y 174,4°C.

**Palabras clave:** Microencapsulación, extracto de frutos de *Sambucus nigra*, optimización.

## ABSTRACT

Anthocyanins are unstable pigments to factors such as pH, light, temperature, among others; therefore, microencapsulation is used as a method of protection of its active components. In this sense, the objective was to determine the optimal conditions for the microencapsulation of the anthocyanin extract of the fruits of *Sambucus nigra* L. by means of spray drying. Anthocyanin extraction was performed using an aqueous solution acidified with phosphoric acid at pH 2.3 as solvent. The extract was filtered and microencapsulated with maltodextrin added directly to the extract, by spray drying, in thirteen experiments with inlet temperature between 165.8 -194.14°C and maltodextrin concentration between 0.58 -3.4% established at through a central composite design. The content of total phenols (TPC), anthocyanins (TAC) and antioxidant activity (AA) were evaluated to determine the optimal conditions for microencapsulation through response surface analysis. The TPC ranged between  $50.9 \pm 0.3$  and  $73.1 \pm 0.6$  mg GAE.g<sup>-1</sup> of extract ( $p < 0.05$ ). The TAC ranged between  $1295.87 \pm 2.3$  and  $2920.37 \pm 3.9$  g.100 g<sup>-1</sup> of extract and the AA varied between  $20.00 \pm 0.1$  and  $24.23 \pm 0.6\%$  ( $p < 0.05$ ). It is concluded that the optimal conditions for the microencapsulation of the anthocyanin extract from the fruits of *S. nigra* L. by spray drying with respect to TPC and AA are maltodextrin concentration 0.58% and inlet temperature of 165.8°C and for TAC it is 1.35% and 174.4°C.

**Keywords:** Microencapsulation, *Sambucus nigra* fruit extract, optimization.

## I. INTRODUCCIÓN

Las antocianinas son pigmentos vegetales responsables de una amplia variedad de colores en flores y frutos<sup>1</sup>. Son solubles en agua y extremadamente inestables, ya que se degradan fácilmente por diversos factores como el pH, la luz, la presencia de oxígeno, enzimas, ácido ascórbico, dióxido de azufre o sulfito, iones metálicos y copigmentos<sup>2</sup>. Debido a que son compuestos inestables, su protección es un desafío para los investigadores; no obstante, tienen un papel prometedor que desempeñar en la industria alimentaria<sup>3</sup>.

Por lo que, la microencapsulación se ha convertido en un método viable para compuestos bioactivos que presentan sensibilidad a factores ambientales como temperatura, luz y oxígeno<sup>4-6</sup>. Uno de los procesos más utilizados en la industria alimentaria para la microencapsulación es el secado por atomización o aspersión, por sus bajos costos operativos, lo que permite tener una producción a gran escala y obtener polvo seco como producto final<sup>7</sup>.

*Sambucus nigra* L. (saúco) es una especie, cuyos frutos contienen principalmente azúcares, ácidos orgánicos, antocianinas y quercetinas<sup>8</sup> y que muy a pesar de que abunda en la región de Ayacucho, es una especie que no es utilizada ni aprovechada como recursos medicinal ni alimenticio. Su integración en algunos productos alimenticios y farmacéuticos puede ser algo rentable y beneficioso para prevenir diferentes enfermedades. Sin embargo, se han asociado varias limitaciones con su uso, debido a su baja biodisponibilidad y estabilidad en condiciones ambientales<sup>9</sup>. Una solución viable es el uso de técnicas de microencapsulación, ya que permite la protección de los compuestos mediante su incorporación en una matriz protectora, preservando las funcionalidades bioquímicas de estas sustancias<sup>9,10</sup>.

Las antocianinas son tintes naturales hidrófilos compatibles con formulaciones de gel a base de agua, como maltodextrina y almidones, las cuales se utilizan como moléculas de recubrimiento para matrices polares<sup>11</sup>.

La maltodextrina se forma por hidrólisis parcial, lo que da como resultado diferentes valores de dextrosa equivalente; presenta alta solubilidad en agua, baja viscosidad, bajo contenido de azúcar y produce soluciones incoloras<sup>12,13</sup>.

Actualmente existe una creciente demanda por parte de los consumidores de alimentos que a la vez proporcionen beneficios para la salud. Así, la industria alimentaria ha buscado alternativas para desarrollar nuevos productos que contengan compuestos que promuevan la salud<sup>14</sup>.

En el ámbito científico, existen de pocos estudios sobre la microencapsulación de extractos de *Sambucus nigra* L., lo cual constituye un potencial de estudio en la línea de investigación de la microencapsulación de compuestos bioactivos de plantas medicinales, especialmente de *S. nigra*.

La existencia de pocos estudios sobre la microencapsulación de extractos de *Sambucus nigra* L. constituye un alto potencial de estudio en este campo de investigación, centrado en la microencapsulación de esta planta. Por lo que, varios autores han discutido la encapsulación de compuestos antioxidantes, y la mayoría de ellos han logrado resultados exitosos<sup>15,16</sup>.

Actualmente las investigaciones referentes a los antioxidantes y su actividad biológica están en constante desarrollo; los antioxidantes naturales han sido muy bien aceptados entre los consumidores y han potencializado el mercado de estos productos como complementos nutricionales.

*S. nigra* es una planta abundante, que está disponible en varias regiones del mundo (Europa, Asia, África del Norte y EE. UU.)<sup>17</sup>, y que ha sido introducido en el Perú de manera exitosa y en nuestra región de Ayacucho es usada de manera ornamental. Su integración en algunos productos alimenticios y farmacéuticos puede ser, en el futuro, algo rentable y beneficioso para prevenir las enfermedades. Los extractos de saúco son ricos en polifenoles con varias ventajas terapéuticas y medicinales. *S. nigra*, conocida como “elderberry” o “saúco”, ha sido clasificado como el 18º suplemento dietético a base de hierbas más vendido en el mercado de medicamentos, alimentos y masas en EE.UU. en el 2011, y según un informe del 2010 de la Asociación Europea de Cultivadores de Hierbas, *S. nigra* (flores y bayas) fue la planta medicinal más cosechada para el comercio de exportación y para la producción de té y fitofarmacéuticos en Bulgaria y Rumania<sup>18</sup>.

La Agencia Europea de Medicamentos y la European Scientific Cooperative on Phytotherapy, aprueban el uso tradicional de los frutos para el estreñimiento y las

afecciones catarrales. Además, que algunos estudios clínicos apuntan la utilidad del fruto de saúco en el tratamiento de los síndromes gripales, reduciendo la intensidad y duración de sus síntomas<sup>19</sup>.

En el ámbito tecnológico, la microencapsulación de compuestos bioactivos de plantas medicinales, particularmente el método de secado por aspersión, constituye una alternativa interesante para preservar las características químicas y biológicas de drogas vegetales. Además, el Centro de Desarrollo, Análisis y Control de Calidad de Medicamentos y Fitomedicamentos de la Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, cuenta como un Mini Spray Buchi-290, que permite el desarrollo de la línea de investigación de microencapsulación mediante secado por aspersión.

Por las consideraciones descritas en esta investigación se planteó el problema de investigación: ¿Cuáles son las condiciones de temperatura y concentración de maltodextrina óptimas para la microencapsulación del extracto de antocianinas de los frutos de *Sambucus nigra* L. obtenidas mediante secado por aspersión? Asimismo, se planteó los siguientes objetivos:

**Objetivo general:**

Determinar las condiciones óptimas para la microencapsulación del extracto de antocianinas de los frutos de *Sambucus nigra* L. mediante secado por aspersión.

**Objetivos específicos:**

- Evaluar el contenido de fenoles en las microcápsulas del extracto de antocianinas de los frutos de *Sambucus nigra* L. obtenidas mediante secado por aspersión por efecto de la variación de la temperatura y concentración de maltodextrina.
- Evaluar el contenido de antocianinas totales en las microcápsulas del extracto de antocianinas de los frutos de *Sambucus nigra* L. obtenidas mediante secado por aspersión por efecto de la variación de la temperatura y concentración de maltodextrina.
- Evaluar la actividad antioxidante de las microcápsulas del extracto de antocianinas de los frutos de *Sambucus* L. obtenidas mediante secado por aspersión por efecto de la variación de la temperatura y concentración de maltodextrina.



## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes del estudio

Bryła et al.<sup>20</sup>, en el 2015, evaluaron la encapsulación de los compuestos bioactivos de *Sambucus nigra* en liposomas, más precisamente en lecitinas, con el objetivo de utilizar las microcápsulas resultantes en la industria alimentaria. Investigaron el uso de tres tipos de lecitinas y, al final, observaron que ninguno de ellos podía producir cápsulas con valores aceptables de estabilidad y eficiencia de encapsulación, simultáneamente.

Opris et al.<sup>21</sup>, en el 2017, estudiaron el efecto del extracto de *Sambucus nigra* y las nanopartículas de oro fitosintetizadas en ratas diabéticas. El uso de nanopartículas de oro (NP) conjugadas con productos naturales mostró buenos resultados en la reducción de la hemoglobina glucosilada y presenta un efecto antiinflamatorio. Evaluaron el efecto antidiabético de los NP funcionalizados con el extracto de *Sambucus nigra* en el modelo experimental de diabetes en ratas y concluyeron que los NP presentan un gran potencial para su uso adicional como adyuvantes en la terapia diabética debido al aumento de la defensa antioxidante y reducción de la actividad de metaloproteinasas e inflamación en el tejido hepático.

Stănciuc et al.<sup>22</sup>, en el 2018, desarrollaron estudios sobre los mecanismos de unión de bioactivos de *Sambucus nigra* mediante proteínas de suero para una microencapsulación eficiente. Estimaron los parámetros de unión entre las proteínas del suero y las antocianinas y los flavonoides del extracto de saúco. Estos experimentos revelaron la presencia de un proceso de enfriamiento dinámico, que implica la existencia de múltiples modos de unión para la interacción entre proteínas de suero y bioactivos del extracto. Además, los compuestos bioactivos de saúco se encapsularon con éxito utilizando aislados de proteínas de suero y pectina como materiales de recubrimiento. Las antocianinas encapsuladas mostraron una estabilidad significativamente mayor cuando se sometieron a



tratamiento térmico, mientras que se encontró un aumento en el contenido de flavonoides con el aumento de la temperatura y el tiempo de mantenimiento.

La existencia de pocos estudios sobre la microencapsulación de extractos de *Sambucus nigra* L. constituye un alto potencial de estudio en este campo de investigación, centrado en la microencapsulación de esta planta. Por lo que, varios autores han discutido la encapsulación de compuestos antioxidantes, y la mayoría de ellos han logrado resultados exitosos<sup>15,16</sup>.

## 2.2 *Sambucus nigra* L.

*S. nigra* (sauco) es un pequeño árbol o arbusto, de 1 a 8 m de altura que tiene un olor fuerte. La **corteza** es de color pardusco, con fracturas longitudinales y surcos profundos. Las **hojas** son opuestas, imparipennadas, con 5-7 folíolos elípticos-lanceolados, dentados. La **inflorescencia** es una umbela con muchas flores de color blanco lechoso. El **fruto** es una drupa subsférica de color negro violeta brillante<sup>23</sup>. La planta se encuentra en bosques, claros y setos desde el nivel del mar hasta elevaciones montañosas (1400 msnm). La planta crece de forma silvestre en Europa, Asia, África del Norte y América del Norte<sup>24</sup>. Se cultiva a pequeña escala en algunos países del norte de Europa<sup>25</sup>. En el Perú, específicamente en Ayacucho es una especie introducida.

*S. nigra* está compuesto principalmente por azúcares, ácidos orgánicos, antocianinas y quercetinas. Contiene antocianinas: cianidina 3-sambubiósido-5-glucósido, cianidina 3,5-diglucósido, cianidina 3-sambubiósido, cianidina 3-glucósido y cianidina 3-rutinósido. La antocianina más abundante en el fruto del sauco fue la cianidina 3-sambubiósido, que representa más de la mitad de todas las antocianinas identificadas. Del grupo de las quercetinas, se identificaron la quercetina 3-rutinosido y la quercetina 3- glucósido; éste último es prevalente en los frutos negros<sup>8</sup>. Las semillas del fruto desecado contienen un 0,1% de hemaglutinina<sup>19</sup>.

Tradicionalmente se emplea como diaforético y como laxante suave. Se han descrito sus efectos inmunoestimulantes, antiviral (inhibe la replicación de los virus de la gripe A y B, así como su unión a las células), antiinflamatorio, antioxidante y antibacteriano (*Helicobacter pilori* y *Staphylococcus aureus* resistente a la meticilina)<sup>19</sup>.

## 2.3 Microencapsulación de polifenoles

La **encapsulación** es una técnica en la que una o más partículas sólidas, líquidas o gaseosas quedan atrapadas dentro de alguna forma de matriz, quedando

rodeadas por un material de recubrimiento<sup>26,27</sup>. Esta **matriz** puede ser sólida o líquida, homogénea o heterogénea, y microscópica o macroscópica<sup>28,29</sup>. El ingrediente a atrapar se llama material "activo", "núcleo", "fase interna" o "relleno"; mientras que el material que forma la matriz se denomina "pared", "agente encapsulante", "caparazón", "material de soporte" o "membrana"<sup>30</sup>. Esta técnica protege el principio activo del medio externo<sup>31</sup>.

Para una **encapsulación eficaz**, con una estabilidad de las micropartículas y las características requeridas del producto final, es necesario hacer una selección adecuada de los **agentes de encapsulación**<sup>29</sup>. Existe una enorme gama de diferentes materiales que pueden usarse como agentes de recubrimiento, que pueden ser polímeros naturales, semisintéticos o sintéticos<sup>31</sup>, para encapsular polifenoles, como células de levadura,  $\beta$ -ciclodextrinas, mezclas de alginato, quitosano, gelatina, maltodextrina, proteínas, goma arábiga, goma de mezquite, entre otros<sup>32</sup>.

La **selección del material** de la pared y la elección del **método de encapsulación** son interdependientes y, ambos, determinarán las propiedades químicas y físicas de las micropartículas. Depende de las propiedades físicas y químicas de los materiales de núcleo y revestimiento, las características de liberación del compuesto encapsulado, la aplicación final de las cápsulas, el tipo de microcápsulas deseada (tamaño y forma), la escala de producción y los costos<sup>26</sup>. En cada uno de los procedimientos disponibles, es necesario optimizar los parámetros de procesamiento, adaptándolos de acuerdo con el propósito final de las cápsulas<sup>31</sup>. Actualmente, existen numerosos **métodos de microencapsulación**, como el secado por pulverización<sup>31</sup>.

El **secado por pulverización** es un proceso continuo y de ciclo único, donde el compuesto activo, disperso, solubilizado o emulsionado en una solución, suspensión o emulsión del agente encapsulante, se homogeneiza y se atomiza en el compartimiento calentado de un secador por atomización y, después de la evaporación del disolvente, se seca, se recuperan las micropartículas<sup>29</sup>. Por lo tanto, durante este procedimiento, se produce la transformación de los líquidos, alimentados al secador por pulverización, en polvos estables y de fácil aplicación<sup>10,29</sup>.

La **ventaja del secado por pulverización**, radica en que este método tiene la capacidad de disminuir la actividad del agua, garantizar la estabilidad microbiológica, evitar procesos de degradación, reducir los costos de

almacenamiento y transporte y mejorar la solubilidad instantánea del producto final<sup>9</sup>.

La principal **desventaja del secado por pulverización** es la formación de partículas con tamaño y forma no uniformes, así como la tendencia de las partículas a agregarse<sup>27</sup>. Este problema se ve afectado por la proporción de núcleo a revestimiento, la porosidad de las partículas, el tipo de compuesto activo y el entorno donde se incorporarán las partículas. La retención del compuesto activo después del secado por pulverización será mejor si es menos volátil, menos polar y tiene un peso molecular más bajo<sup>10</sup>. Por otro lado, esta técnica está restringida a un número limitado de agentes encapsulantes, que deben ser solubles en agua a un nivel aceptable<sup>29</sup>.

Normalmente, la **eficiencia de encapsulación del secado por aspersión** varía en un rango de 10 a 90%, que depende de la composición y propiedades del material de la pared, de las características del núcleo, de la relación de masa pared/núcleo y de las condiciones del proceso de secado por pulverización (tipo de atomización, temperatura de entrada y salida de aire, flujo de aire y niveles de humedad<sup>10</sup>). Las condiciones de secado por pulverización también pueden afectar las propiedades finales de las cápsulas y, por esa razón, deberían ser cuidadosamente seleccionados<sup>29</sup>.

Teniendo en cuenta la temperatura del aire de entrada, se muestra que, con el aumento de este parámetro, los materiales volátiles en la superficie de las partículas (como el agua y el etanol) se evaporan más efectivamente y su contenido disminuye; en consecuencia, esto conduce a un aumento en la cantidad de materia sólida (compuesto activo y material de pared) que se puede recuperar del secador por pulverización, lo que contribuye a un mayor rendimiento del producto. Sin embargo, las temperaturas demasiado altas durante el procedimiento pueden causar la transformación o incluso la pérdida de compuestos activos volátiles y un desequilibrio entre la velocidad de evaporación y la velocidad de formación de partículas, lo que puede conducir a una reducción de la eficiencia del proceso<sup>29</sup>.

Por lo tanto, es importante encontrar una condición óptima de temperatura de entrada para cada procedimiento. Sin embargo, durante el proceso de secado por pulverización, los componentes activos se someten a esta variable solo unos pocos milisegundos, manteniéndose más tiempo en la botella de recolección del producto<sup>26</sup>. Por esa razón, la temperatura de salida y el tiempo de secado total se

consideran más importantes que la temperatura de entrada. Las dos variables de temperatura están interrelacionadas: cuanto mayor es la temperatura de entrada, mayor es la temperatura de salida. Relativamente al tiempo total de secado, como en el caso de la temperatura, existe una condición óptima: si esta variable es demasiado corta, el compuesto activo no podría encapsularse por completo; Si es demasiado largo, causaría pérdidas económicas innecesarias<sup>10</sup>. Al final, las mejores condiciones de secado por pulverización que permitirán la preparación de micropartículas con características adecuadas considerando su propósito final son un compromiso entre todos estos parámetros.

#### **2.4 Hipótesis**

El contenido de fenoles totales, antocianinas y la actividad antioxidante de las microcápsulas obtenidas del fruto de *S. nigra* mediante secado por aspersión varían según la temperatura de entrada y la concentración de maltodextrina.

### III. DISEÑO METODOLÓGICO

#### 3.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación es aplicada, ya que pretende determinar las condiciones óptimas de microencapsulación del extracto de antocianinas de *S. nigra* y así mantener sus características químicas y biológicas<sup>33</sup>.

#### 3.2 Definición de la población y muestra

a) **Población.**- Frutos de *S. nigra* L. que crecen en el valle de Muyurina.

b) **Muestra.**- Dos kilos los frutos maduros de *S. nigra* L. que crecen en el valle de Muyurina.

#### 3.3. Métodos instrumentales para la recolección de datos

El extracto de antocianinas se obtuvo de frutos de *S. nigra* L. secados por liofilización y obtenidos mediante maceración dinámica. El extracto fue microencapsulado con maltodextrina, mediante secado por aspersión utilizando el atomizador Mini Spray Buchi-290. Se evaluó el contenido de fenoles totales, antocianinas y la actividad antioxidante para determinar las condiciones óptimas de la microencapsulación<sup>34</sup>.

#### 3.4. Procedimiento para la recolección de datos

##### 3.4.1. Preparación del extracto de antocianinas

Los frutos de *Sambucus nigra* L. se secaron por liofilización utilizando un liofilizador LABOTEC operado a -42°C y 0,013 mbar durante 48 horas. La extracción de antocianinas se realizó utilizando como solvente de extracción una solución acuosa acidulada con ácido fosfórico a pH 2,3. El método de extracción fue por maceración dinámica a 100 rpm, a temperatura ambiente por 24 horas. El extracto fue filtrado y microencapsulado con maltodextrina adicionado directamente al extracto, mediante secado por aspersión utilizando un atomizador Mini Spray Buchi-290, a diferentes temperaturas de entrada y concentraciones de maltodextrina establecidos a través de un diseño central compuesto (CCD) (Tabla 1). Se evaluó el contenido de fenoles totales (TPC), antocianinas (TAC) y la

actividad antioxidante (AA) para determinar las condiciones óptimas de la microencapsulación.

**Tabla 1.** Diseño central compuesto (CCD) usado para la optimización de los parámetros de microencapsulación del extracto de frutos de *S. nigra* L. mediante secado por aspersión.

Ensayo	Temperatura (°C)	Maltodextrina (%)
1	165,80	2,00
2	170,00	1,00
3	170,00	3,00
4	180,00	2,00
5	180,00	2,00
6	180,00	2,00
7	180,00	2,00
8	180,00	2,00
9	180,00	0,58
10	180,00	3,40
11	190,00	1,00
12	190,00	3,00
13	194,14	2,00

### 3.4.2 Determinación del contenido de fenoles totales

La cuantificación de fenoles totales en los microencapsulados se realizó usando el reactivo Folin-Ciocalteu (RFC) según lo descrito por Sousa et al.<sup>35</sup>. La concentración se calculó a partir de la curva patrón de ácido gálico ( $y = 0,01x - 0,007$ ) y el contenido de fenoles totales fue expresado en miligramos equivalentes de ácido gálico por gramo de extracto seco (mgEAG/g).

### 3.4.3 Determinación del contenido de antocianinas

La cuantificación de antocianinas se realizó el método descrito por Del Carpio et al.<sup>36</sup>. Se preparó una solución del microencapsulado de 10 mg/mL en etanol 70°, a partir del cual se prepararán una solución de 1 mg/mL en buffer pH 1,0 y otra en buffer pH 4,5 por triplicado. Se midió la absorbancia a 520 nm y 720 nm, usando

como blanco las soluciones buffer respectivas. Se calculó el contenido de antocianinas (mg/100 g), según la ecuación:

$$\text{Antocianinas totales (mg/100 g)} = \left( \frac{A^* \times \text{PM}}{\epsilon \times l} \times \text{FD} \times \frac{V_{\text{mp(mL)}}}{W_{\text{mp(g)}}} \right) \times 100$$

donde, A\*: diferencia de absorbancias en las dos longitudes de onda; PM: peso molecular para cianidina-3-glicósido (449,2 g/mol); FD: factor de dilución;  $\epsilon$ : coeficiente de extinción molar para cianidina-3-glicósido (26900 L.mL<sup>-1</sup>.cm<sup>-1</sup>); l: longitud de paso de celda (1 cm).

#### 3.4.4 Determinación de la actividad antioxidante

La actividad antioxidante se realizó por el método DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidracilo) descrito por Sousa et al.<sup>35</sup>. Se preparó una curva estándar de DPPH 1 a 40  $\mu\text{g/mL}$  ( $y = 0,028x - 0,015$ ) y para la determinación de la actividad antioxidante en los microencapsulados se prepararon soluciones de 25; 50; 100; 150; 200 y 250  $\mu\text{g/mL}$ . Para la reacción, se midió alícuotas de 300  $\mu\text{L}$  de cada solución y se adicionó 2,7 mL de solución de DPPH (40  $\mu\text{g/mL}$ ), transcurrido 30 minutos se midió la absorbancia a 515 nm, calibrando el espectrofotómetro con el blanco (300  $\mu\text{L}$  de agua y 2,7 mL de DPPH). La actividad antioxidante se calculó con la siguiente fórmula:

$$\text{AA\%} = \left[ \frac{A_c - (A_m - A_b)}{A_c} \right] \times 100$$

donde, AA(%): Porcentaje de actividad antioxidante; Ac: Absorbancia del control; Am: Absorbancia de la muestra; Ab: Absorbancia del blanco.

#### 3.5 Diseño de investigación

El diseño es experimental de tipo experimento factorial de dos factores. El primer factor es la concentración de maltodextrina (Factor A) y el segundo factor es la temperatura de entrada (Factor B)<sup>37,38</sup>.

El diseño se muestra en la Tabla 2:

**Tabla 2.** Datos de la muestra a partir de un experimento completamente aleatorizado de doble factor.

Factor A	Factor B			
	1	2	...	b
1	X <sub>11i</sub>	X <sub>12i</sub>		X <sub>1bi</sub>
2	X <sub>21i</sub>	X <sub>22i</sub>		X <sub>2bi</sub>

---

.			
.			
.			
a	$X_{a1n}$	$X_{a2n}$	$X_{abl}$

---

### 3.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los resultados se presentan como promedio de tres repeticiones. Los datos se evaluaron mediante análisis de superficie de respuesta, análisis de varianza y comparaciones múltiples de Tukey con un 95% de nivel de confianza. Se utilizó el software SPSS versión 20.0 y Minitab 19.



## **IV. RESULTADOS**

**Tabla 3.** Composición del extracto de frutos de *Sambucus nigra L.* utilizado en el experimento de diseño central compuesto (CCD) para su microencapsulación.

<b>N°</b>	<b>Ensayo</b>	<b>Resultado</b>
01	Contenido de compuesto fenólicos (mg GAE/g ext.)	72,06 ± 0,67
02	Contenido de antocianinas (mg/100 g ext.)	3583,6 ± 30,6
03	Actividad antioxidante (µg/mL)	34,33 ± 1,67

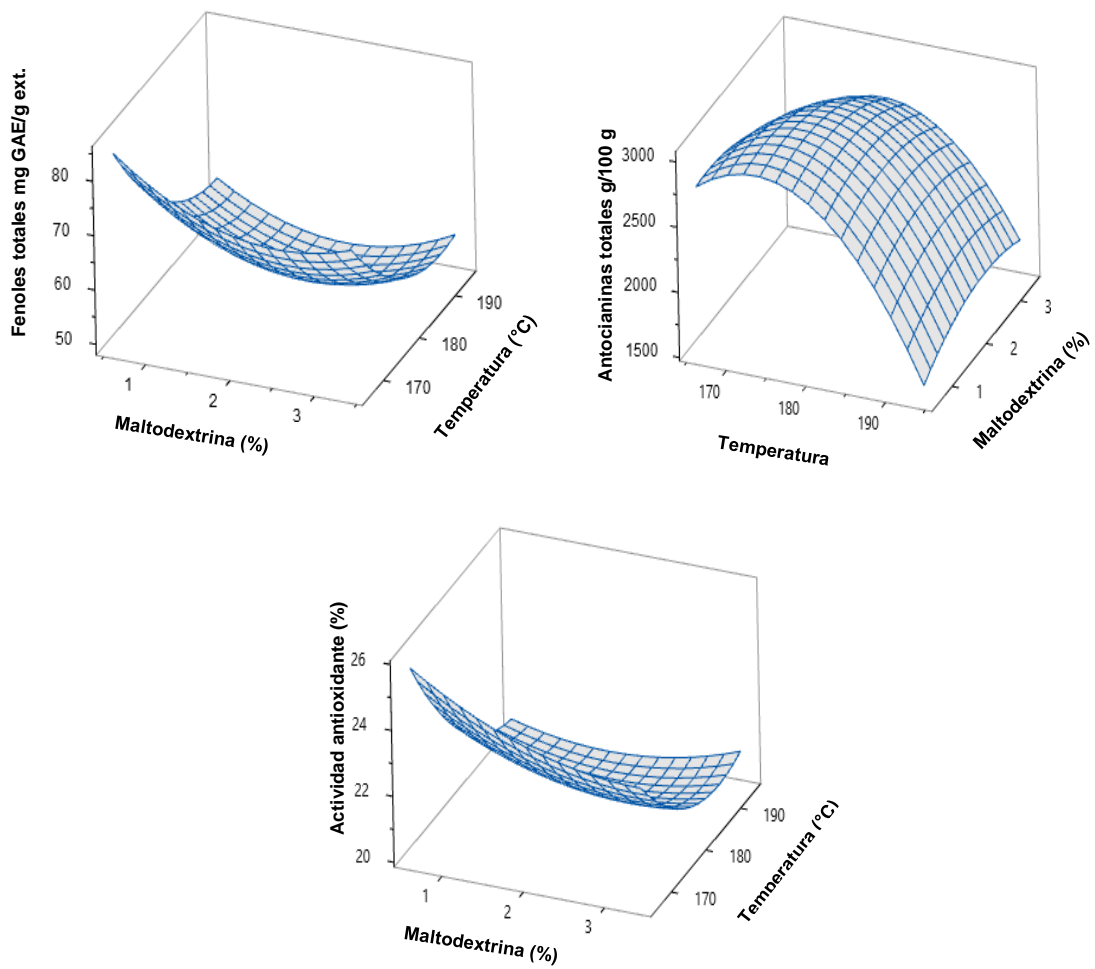
**Tabla 4.** Resultados experimentales para el análisis de superficie de respuesta y comparación de medias mediante ANOVA unidireccional y prueba de Tukey post-hoc.

Observación	Resultados experimentales				
	MDX (%)	T (°C)	TPC (mg GAE/g)	TAC (g/100 g)	AA (%)
M1	2,0	165,8	71,86 ± 0,3 <sup>a</sup>	2846,60 ± 5,5 <sup>e</sup>	23,80 ± 0,32 <sup>d</sup>
M2	1,0	170,0	73,14 ± 0,6 <sup>a</sup>	2920,37 ± 3,9 <sup>f</sup>	24,23 ± 0,6 <sup>d</sup>
M3	3,0	170,0	67,60 ± 0,2 <sup>a,b</sup>	2549,03 ± 4,3 <sup>b</sup>	22,37 ± 0,22 <sup>c</sup>
M4	2,0	180,0	52,92 ± 0,9 <sup>d,e</sup>	2949,90 ± 2,9 <sup>f,g</sup>	20,57 ± 0,1 <sup>a,b</sup>
M5	2,0	180,0	53,15 ± 0,6 <sup>d,e</sup>	2989,23 ± 4,4 <sup>g</sup>	20,87 ± 0,1 <sup>a,b</sup>
M6	2,0	180,0	56,70 ± 0,1 <sup>d,e</sup>	2933,10 ± 4,8 <sup>f</sup>	20,93 ± 0,3 <sup>a,b</sup>
M7	2,0	180,0	56,65 ± 0,3 <sup>d,e</sup>	2828,93 ± 2,4 <sup>d</sup>	21,33 ± 0,2 <sup>b,c</sup>
M8	2,0	180,0	57,01 ± 0,4 <sup>d,e</sup>	2783,13 ± 0,9 <sup>d,e</sup>	21,33 ± 0,22 <sup>b,c</sup>
M9	0,6	180,0	65,13 ± 4,2 <sup>b,c</sup>	2559,50 ± 5,8 <sup>b</sup>	21,73 ± 0,32 <sup>b,c</sup>
M10	3,4	180,0	58,67 ± 0,5 <sup>c,d</sup>	2511,37 ± 0,9 <sup>b</sup>	21,50 ± 0,22 <sup>b,c</sup>
M11	1,0	190,0	52,77 ± 0,4 <sup>d,e</sup>	2672,60 ± 3,1 <sup>c</sup>	20,57 ± 0,3 <sup>a,b</sup>
M12	3,0	190,0	50,95 ± 0,3 <sup>e</sup>	2651,20 ± 2,9 <sup>c</sup>	20,00 ± 0,1 <sup>a</sup>
M13	2,0	194,1	52,29 ± 0,7 <sup>d,e</sup>	1295,87 ± 2,3 <sup>a</sup>	20,47 ± 0,3 <sup>a,b</sup>

MDX: Concentración de maltodextrina; T: Temperatura de entrada; TPC: Contenido total de fenoles; TAC: Contenido total de antocianinas; AA: Actividad antioxidante

**Tabla 5.** Regresión de superficie de respuesta de interacción de los parámetros analíticos y las condiciones de microencapsulación (concentración de maltodextrina y temperatura de entrada).

	Parámetros analíticos		
	Fenoles totales (TPC)	Antocianinas (TAC)	Actividad antioxidante (AA)
<b>Coefficientes codificados</b>			
<i>Término</i>	<b>p-valor</b>	<b>p-valor</b>	<b>p-valor</b>
Constante	0,000	0,000	0,000
Maltodextrina	0,021	0,053	0,055
Temperatura (°C)	0,000	0,665	0,000
Maltodextrina*Maltodextrina	0,004	0,052	0,113
Temperatura (C)*Temperatura (°C)	0,003	0,561	0,010
Maltodextrina*Temperatura (°C)	0,381	0,637	0,159
<b>Análisis de varianza</b>			
<i>Fuente</i>	<b>p-valor</b>	<b>p-valor</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	0,000	0,156	0,000
Lineal	0,000	0,127	0,000
Maltodextrina	0,021	0,053	0,055
Temperatura (°C)	0,000	0,665	0,000
Cuadrado	0,002	0,130	0,021
Maltodextrina* Maltodextrina	0,004	0,052	0,113
Temperatura (C)*Temperatura (°C)	0,003	0,561	0,010
Interacción de 2 factores	0,381	0,637	0,159
Maltodextrina*Temperatura (°C)	0,381	0,637	0,159
Falta de ajuste	0,424	0,002	0,187



**Figura 1.** Superficie de respuesta obtenida para el experimento de diseño central compuesto en la microencapsulación del extracto de frutos de *S. nigra*.

**Tabla 6.** Optimización de respuesta de la obtención de microencapsulados de frutos de *S. nigra*.

<b>Parámetros analíticos</b>	<b>Valor esperado</b>	<b>Condiciones óptimas</b>	
		<b>Maltodextrina (%)</b>	<b>Temperatura (°C)</b>
Fenoles totales (mg GAE/g de ext.)	84,35	0,58	165,80
Antocianinas (g/100 g)	2997,18	1,35	174,4
Actividad antioxidante (%)	25,75	0,58	165,80

## V. DISCUSIONES

La presente investigación tuvo como objetivo microencapsular el extracto de frutos de *S. nigra* mediante el uso de maltodextrina como agente encapsulante a diferentes concentraciones y diferentes valores de temperatura de entrada en el Mini Spray Buchi-290, a través de un diseño central compuesto. Se midió el contenido de fenoles totales (TPC), antocianinas (TAC) y actividad antioxidante como parámetros para evaluar el proceso de microencapsulación. La optimización de la respuesta del proceso se realizó a través de un diseño de experimentos (Doe) utilizando el paquete estadístico Minitab 19.

La Tabla 3 presenta la composición proximal del extracto de frutos de *Sambucus nigra* L. utilizado en el experimento de diseño central compuesto (CCD) para la microencapsulación de frutos de *S. nigra*. El contenido de fenoles totales fue de  $72,06 \pm 0,67$  mg GAE/g de extracto. El contenido de antocianinas es apreciable, y se contrasta por lo informado por en estudios anteriores<sup>39</sup>; aunque superiores a lo reportador por Młynarczyk et al. <sup>40</sup>. Así mismo, el extracto presenta una moderada actividad antioxidante, a una concentración de 250  $\mu\text{g/mL}$ , evaluada por el radical libre DPPH.

Se puede mencionar en primer lugar que los micropolvos obtenidos quedaron retenidos parcialmente en la cámara de secado por aspersión y en las paredes del ciclón, en una medida que depende de la retención de agua durante el proceso de secado y el contenido de humedad final del polvo<sup>41,42</sup>. En este estudio se despreciaron los efectos de la retención de los micropolvos, sólo se consideró el material microencapsulado que llegó al recipiente del colector.

En la Tabla 3 se puede observar que la concentración inicial del extracto utilizado para la microencapsulación fue de  $72,06 \pm 0,67$  mg GAE/g de ext. y el contenido de TCP en los microencapsulados osciló entre  $50,95 \pm 0,3$  y  $73,14 \pm 0,6$  mg GAE/g de ext., valores que guardan relación con la proporción de agente encapsulante adicionado.

En la Tabla 4 se informa los resultados experimentales para el análisis de superficie de respuesta, con su respectivo análisis de varianza unidireccional y la prueba de comparaciones múltiples de Tukey post-hoc. La observación M2 que cuyas condiciones de microencapsulación fueron 1% de maltodextrina y 170°C reportó un contenido de fenoles totales, antocianinas y por ende la mayor actividad antioxidante significativamente mayor a las demás observaciones; así mismo, la observación M12 reportó los parámetros analíticos menores.

En la Tabla 5, se informa los resultados de la regresión de superficie de respuesta de interacción de los parámetros analíticos y las condiciones de microencapsulación (concentración de maltodextrina y temperatura de entrada).

El contenido de compuestos fenólicos después del proceso de secado por aspersión se vio afectados por la concentración del encapsulante maltodextrina (Tabla 5) por la temperatura de entrada ( $p < 0,05$ ), aunque no se vio afectada por los efectos combinados ( $p = 0,381$ ). La constante para el TPC es significativa ( $p < 0,05$ ). La concentración de maltodextrina al cuadrado y temperatura de entrada al cuadrado son significativas ( $p < 0,05$ ) para el TPC. Sin embargo, la interacción maltodextrina con temperatura no es significativa ( $p = 0,381$ ) para el TPC. Se observa que el TPC es significativo ( $p < 0,05$ ) para todos los coeficientes, excepto para la interacción maltodextrina con temperatura ( $p = 0,381$ ), por lo que se recomienda evaluar este parámetro analítico en un proceso de optimización posterior y quitar los términos que no le hacen efecto a la variable. Del análisis de varianza se observa, que hay efecto lineal significativo ( $p < 0,05$ ) para el TPC, también existe efecto cuadrático significativo ( $p = 0,002$ ) y no existe falta de ajuste para el TPC ( $p = 0,424$ ) ya que lo ideal es que el valor de falta de ajuste quede mayor o igual a 0,05, aunque no siempre se puede lograr. Por lo tanto, el agente encapsulante fue la variable más significativa para maximizar el TPC de los microencapsulados en condiciones experimentales y estuvo relacionado con un efecto de dilución observado cuando se incrementó la concentración de maltodextrina. Este resultado se contrasta con lo obtenido por Robert et al.<sup>43</sup> en la microencapsulación de jugo de granada con maltodextrina como agente encapsulante, y por Mishra et al.<sup>44</sup> en la encapsulación de extractos de *Emblica officinalis*.

El contenido de antocianinas después del proceso de secado por aspersión no se vio afectados por la concentración del encapsulante maltodextrina (Tabla 5) por la temperatura de entrada ni por el efecto combinado de las condiciones de



microencapsulación ( $p < 0,05$ ). La constante para el TAC es significativa ( $p < 0,05$ ). La concentración de maltodextrina al cuadrado y temperatura de entrada al cuadrado no son significativas ( $p > 0,05$ ) para el TAC. Asimismo, la interacción maltodextrina con temperatura de entrada no es significativa ( $p = 0,637$ ) para el TAC. Se observa que el TAC no es significativo para todos los coeficientes ( $p > 0,05$ ), aunque los efectos de la concentración de maltodextrinas son ligeramente no significativos ( $p = 0,052$ ) quitar los términos de TAC ya que no le hacen efecto a la variable. Del análisis de varianza se observa, que no hay efecto lineal significativo ( $p = 0,156$ ) para el TAC, tampoco existe efecto cuadrático significativo ( $p = 0,130$ ) y existe falta de ajuste para el TAC ( $p = 0,002$ ).

La actividad antioxidante mostrada por lo microencapsulados (20 – 24%) después del proceso de secado por aspersión no se vio afectados por la concentración del encapsulante maltodextrina ni por los efectos combinados (Tabla 5), aunque sí por la temperatura de entrada. La principal contribución surgió en el término cuadrático de la temperatura. La constante para la AA es significativa ( $p < 0,05$ ). La concentración de maltodextrina al cuadrado no es significativa ( $p = 0,13$ ), aunque la temperatura de entrada al cuadrado es significativa ( $p = 0,010$ ) para la AA. La interacción maltodextrina con temperatura de entrada no es significativa ( $p = 0,159$ ) para la AA. Se observa que la AA es significativo ( $p = 0,010$ ) para la temperatura, por lo que se recomienda tener en cuenta la temperatura de entrada para un proceso de optimización posterior. Del análisis de varianza se observa que hay efecto lineal significativo ( $p < 0,05$ ) para la AA, también existe efecto cuadrático significativo ( $p = 0,021$ ) y no existe falta de ajuste para la AA ( $p = 0,187$ ) ya que lo ideal es que el valor de falta de ajuste quede mayor o igual a 0,05; aunque no siempre se puede lograr. Los resultados demostraron que el agente encapsulante no mostró ninguna capacidad para neutralizar el radical DPPH como tal, lo que confirma resultados previos de la literatura<sup>44,45</sup>. Los valores máximos de la AA se alcanzaron cuando se presentó la mayor relación compuestos activo/encapsulante (es decir, concentración de maltodextrina al 1%), lo que confirma la tendencia destacada en estudios previos<sup>46–48</sup>.

La inercia de la maltodextrina con respecto al mecanismo redox y reductores es posiblemente la base de la mayor estabilidad antirradical y de almacenamiento de los microencapsulados con maltodextrina. Así se observó una mayor retención de las propiedades antioxidantes durante el almacenamiento en comparación con el rendimiento de diferentes agentes portadores, como la  $\beta$ -ciclodextrina y goma

arábiga<sup>49</sup>. Por lo tanto, se concluye, por un lado, las microcápsulas tienen una acción protectora hacia los compuestos polifenólicos y, por otro, no desencadena reacciones secundarias, preservando su bioactividad.

Con los resultados experimentales para el análisis de superficie de respuesta obtenidos y presentados en la Tabla 4, se procedió a calcular las condiciones óptimas de la respuesta para la obtención de microencapsulados de frutos de *S. nigra* (Tabla 6 y Figura 1). Las condiciones óptimas para la microencapsulación del extracto de antocianinas de los frutos de *Sambucus nigra* L. mediante secado por aspersión respecto al contenido de fenoles totales y actividad antioxidante son concentración de maltodextrina 0,58% y temperatura de entrada de 165,8°C, obteniendo un TPC 84,35 mg GAE/g de ext. y 25,75% de actividad antioxidante. Respecto al contenido de antocianinas las condiciones óptimas son 1,35% de maltodextrina y 174,4°C, obteniendo un TAC de 2997,18 g/100 g de extracto. Por lo que se recomienda realizar la microencapsulación del extracto de frutos de *S. nigra* a dichas condiciones.

## VI. CONCLUSIONES

1. Las condiciones óptimas para la microencapsulación del extracto de antocianinas de los frutos de *Sambucus nigra* L. mediante secado por aspersion respecto al contenido de fenoles totales y actividad antioxidante son concentración de maltodextrina 0,58% y temperatura de entrada de 165,8°C y para el contenido de antocianinas es 1,35 y 174,4°C.
2. El contenido de fenoles en las microcápsulas del extracto de antocianinas de los frutos de *Sambucus nigra* L. obtenidas mediante secado por aspersion por efecto de la temperatura de entrada y concentración de maltodextrina osciló entre  $50,95 \pm 0,3$  y  $73,14 \pm 0,6$  mg GAE/g de extracto ( $p < 0,05$ )
3. El contenido de antocianinas totales en las microcápsulas del extracto de antocianinas de los frutos de *Sambucus nigra* L. obtenidas mediante secado por aspersion por efecto de la variación de la temperatura de entrada y concentración de maltodextrina osciló entre  $1295,87 \pm 2,3$  y  $2920,37 \pm 3,9$  g/100 g de extracto.
4. La actividad antioxidante de las microcápsulas del extracto de antocianinas de los frutos de *Sambucus* L. obtenidas mediante secado por aspersion por efecto de la variación de la temperatura de entrada y concentración de maltodextrina varió entre  $20,00 \pm 0,1$  y  $24,23 \pm 0,6\%$  ( $p < 0,05$ ).

## **VII. RECOMENDACIONES**

1. Realizar estudios sobre biodisponibilidad y estabilidad de los microencapsulados del extracto de frutos de *S. nigra* obtenidos en la presente investigación.
2. Se recomienda continuar con otros estudios sobre microencapsulación del extracto de frutos de *S. nigra* utilizando otros agentes encapsulantes.
3. Complementar los estudios de microencapsulación de extractos con análisis microscópicos utilizando microscopía electrónica de barrido y análisis de los componentes activos mediante HPLC-MSM.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Gravrilova V, Kajdžanoska M, Gjamovski V, Stefova M. Separation, Characterization and Quantification of Phenolic Compounds in Blueberries and Red and Black Currants by HPLC–DAD–ESI-MS. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2011;59(8):4009–18.
2. Lui Y, Tikunov Y, Schouten RE, Marcelis LFM, Visser RGF, Bovy A. Anthocyanin Biosynthesis and Degradation Mechanisms in Solanaceous Vegetables: A Review. *Frontiers in Chemistry*. 2018;6:1–17.
3. da Rosa JR, Nunes GL, Motta MH, Fortes JP, Cezimbra Weis GC, Rychecki Hecktheuer LH, et al. Microencapsulation of anthocyanin compounds extracted from blueberry (*Vaccinium* spp.) by spray drying: Characterization, stability and simulated gastrointestinal conditions. *Food Hydrocolloids*. 2019;89:742–8.
4. Champagne CP, Fustier P. Microencapsulation for the improved delivery of bioactive compounds into foods. *Current Opinion in Biotechnology*. 2007;(18):184–90.
5. de Vos P, Fass MM, Spasojevic M, Sikkema J. Encapsulation for preservation of functionality and targeted delivery of bioactive food components. *International Dairy Journal*. 2010;20(292–302).
6. Menezes CR, Barin JS, Chicoski AJ, Zepka LQ, Jacob-Lopes E, Fries ILM. Microencapsulação de probióticos: Avanços e perspectivas. *Ciência Rural* [Internet]. 2013;43(7):1309–16. Available from: <https://bit.ly/3nayNgu>
7. Dordevic V, Balanc B, Belscak-Cuitanovic A, Levic S, Trifkovic K, Kalusevic A. Trends in encapsulation technologies for delivery of food bioactive compounds. *Reviews Food Engineering*. 2015;7:452–90.
8. Veberic R, Jakopic J, Stampar F, Schmitzer V. European elderberry (*Sambucus nigra* L.) rich in sugars, organic acids, anthocyanins and selected polyphenols. *Food Chemistry*. 2009;114(2):511–5.
9. Aliakbarian B, Paini M, Casazza AA, Perego P. Effect of Encapsulating Agent on Physical-Chemical Characteristics of Olive Pomace Polyphenols-Rich Extracts. *Chemical Engineering Transactions*. 2015;43.
10. Balanc B, Trifkovic K. Trends in encapsulation technologies for delivery of food bioactive compounds. *Food Chemistry Reviews*. 2015;7(4).

11. Idham Z, Muhamad II, Sarmidi MR. Degradation kinetics and color stability of spray-dried encapsulates anthocyanins from *Hibiscus Sabdariffa* L. *Journal of Food Process Engineering*. 2013;35:522–42.
12. Mahdavi SA, Jafari SM, Assadpoor E, Dehnad D. Microencapsulation optimization of natural anthocyanins with maltodextrin, gum Arabic and gelatin. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2016;85:379–85.
13. Stoll I, Costa TMH, Jablonski A, Flores SH, Rios AO. Microencapsulation of anthocyanins with different wall materials and its application in active biodegradable films. *Food and Bioprocess Technology*. 2016;9:172–81.
14. Rein MJ, Renouf M, Cruz-Hernández C, Actis-Goretta L, Thakkar SK, da Silva Pinto M. Bioavailability of bioactive food compounds: A challenging journey to bioefficacy. *British Journal of Clinical Pharmacology*. 75(3):588–602.
15. Bakowska-barczak AM, Kolodziejczyk PP. Black currant polyphenols : Their storage stability and microencapsulation. *Industrial Crops and Products*. 2011;34:1301–9.
16. Boonchu T, Utama-ang N. Optimization of extraction and microencapsulation of bioactive compounds from red grape (*Vitis vinifera* L.) pomace. *Journal of Food Science and Technology*. 2015;52:783–92.
17. Ciocoiu M, Badescu M, Badulescu O, Badescu L. The beneficial effects on blood pressure, dyslipidemia and oxidative stress of *Sambucus nigra* extract associated with renin inhibitors. *Pharmaceutical Biology*. 2016;54(12):3063–7.
18. Młynarczyk K, Walkowiak-Tomczak D, Łysiak GP. Bioactive properties of *Sambucus nigra* L. as a functional ingredient for food and pharmaceutical industry. *Journal of Functional Foods* [Internet]. 2018;40:377–90. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1756464617306977>
19. Vanaclocha B, Cañigüeral S. *Fitoterapia. Vademécum de prescripción*. 5a ed. Barcelona: Elsevier; 2019.
20. Bryla A, Lewandowicz G, Juzwa W. Encapsulation of elderberry extract into phospholipid nanoparticles. *Journal of Food Engineering*. 2015;167:185–9.
21. Opris R, Tatomir C, Olteanu D, Moldovan R, Moldovan B, David L, et al. The effect of *Sambucus nigra* L. extract and phytosynthesized gold nanoparticles

- on diabetic rats. The effect of *Sambucus nigra* L extract and phytosynthesized gold nanoparticles on diabetic rats. 2017;150:190–200.
22. Stănciuc N, Oancea AM, Aprodu I. Investigations on binding mechanism of bioactives from elderberry (*Sambucus nigra* L.) by whey proteins for efficient microencapsulation. *Journal of Food Engineering*. 2018;223:197–207.
  23. Pignatti S. *Flora d'Italia*. Vol. 2. Bologna: Edagricole; 1982.
  24. Senica M, Stampar F, Veberic R, Mikulic-Petkovsek M. Processed elderberry (*Sambucus nigra* L.) products: A beneficial or harmful food alternative? *LWT - Food Science and Technology* [Internet]. 2016;72:182–8. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S002364381630247X>
  25. Akbulut M, Ercisli S, Tosun M. Physico-chemical characteristics of some wild grown European elderberry (*Sambucus nigra* L.) genotypes. *Pharmacognosy Magazine* [Internet]. 2009;5(20):320–3. Available from: <http://www.phcog.com/text.asp?2009/5/20/320/58153>
  26. Estevinho BN, Carlan I, Blaga A, Rocha F. Soluble vitamins (vitamin B12 and vitamin C) microencapsulated with different biopolymers by a spray drying process. *Powder Technology*. 2016;289:8.
  27. Estevinho BN, Damas AM, Martins P, Rocha F. Study of the inhibition effect on the microencapsulated enzyme  $\beta$ -galactosidase. In: *Environmental Engineering and Management Journal*. p. 1923–30.
  28. Aguir J, Estevinho BN, Santos L. Microencapsulation of natural antioxidants for food application – The specific case of coffee antioxidants – A review. *Trends in Food Science & Technology*. 2016;58:21–39.
  29. Nogueiro Estevinho B, Rocha F, Santos L, Alves A. Microencapsulation with chitosan by spray drying for industry applications – A review. *Trends in Food Science & Technology*. 2013;31(2):138–55.
  30. Davidov-Pardo G, McClemnets DJ. Resveratrol encapsulation: Designing delivery systems to overcome solubility, stability and bioavailability issues. *Trends in Food Science & Technology*. 2014;38(2):88–103.
  31. Carvalho IT, Estevinho BN, Santos L. Application of microencapsulated essential oils in cosmetic and personal healthcare products - a review. *International Journal of Cosmetic Science* [Internet]. 2016;38(2):109–19. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ics.12232>

32. Davidov-Pardo G, Arozarena I, Marín-Arroyo MR. Optimization of a Wall Material Formulation to Microencapsulate a Grape Seed Extract Using a Mixture Design of Experiments. *Food and Bioprocess Technology*. 2013;6:941–51.
33. Supo J. Seminarios de investigación científica. Tipos de investigación [Internet]. 2012. Available from: <https://bit.ly/3zfkoby>
34. Marisa Ribeiro A, Estevinho BN, Rocha F. Microencapsulation of polyphenols - The specific case of the microencapsulation of *Sambucus Nigra L.* extracts - A review. *Trends in Food Science & Technology* [Internet]. 2020;105:454–67. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0924224418301390>
35. Sousa CM de M, Silva HR e, Vieira-Jr. GM, Ayres MCC, Costa CLS da, Araújo DS, et al. Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais. *Química Nova*. 2007 Apr;30(2):351–5.
36. del Carpio Jiménez C, Serrano Flores C, Giusti M. Caracterización de las antocianinas de los frutos de *Berberis boliviana* Lechler. *Revista de la Sociedad Química del Perú*. 2009;75(1):76–86.
37. Hernández Sampieri R, Fernández Collado C, Baptista Lucio P. *Metodología de la investigación*. 5a ed. México: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.; 2010.
38. Daniel WW. *Bioestadística: Base para el análisis de las ciencias de la salud*. 3a ed. México: EDITORIAL LIMUSA. S.A de C.V.; 1991.
39. Duymuş HG, Göger F, Başer KHC. In vitro antioxidant properties and anthocyanin compositions of elderberry extracts. *Food Chemistry*. 2014 Jul;155:112–9.
40. Młynarczyk K, Walkowiak-Tomczak D, Łysiak GP. Bioactive properties of *Sambucus nigra L.* as a functional ingredient for food and pharmaceutical industry. *Journal of Functional Foods*. 2018 Jan;40:377–90.
41. Roos YH. Importance of glass transition and water activity to spray drying and stability of dairy powders. *Lait*. 2002 Jul;82(4):475–84.
42. Tolun A, Altintas Z, Artik N. Microencapsulation of grape polyphenols using maltodextrin and gum arabic as two alternative coating materials: Development and characterization. *Journal of Biotechnology*. 2016 Dec;239:23–33.



43. Robert P, Gorena T, Romero N, Sepulveda E, Chavez J, Saenz C. Encapsulation of polyphenols and anthocyanins from pomegranate (*Punica granatum*) by spray drying. *International Journal of Food Science & Technology*. 2010 Jun 21;45(7):1386–94.
44. Mishra P, Mishra S, Mahanta CL. Effect of maltodextrin concentration and inlet temperature during spray drying on physicochemical and antioxidant properties of amla (*Emblica officinalis*) juice powder. *Food and Bioprocess Processing*. 2014 Jul;92(3):252–8.
45. Şahin-Nadeem H, Dinçer C, Torun M, Topuz A, Özdemir F. Influence of inlet air temperature and carrier material on the production of instant soluble sage (*Salvia fruticosa* Miller) by spray drying. *LWT - Food Science and Technology*. 2013 Jun;52(1):31–8.
46. de Souza VB, Fujita A, Thomazini M, da Silva ER, Lucon Jr JF, Genovese MI, et al. Functional properties and stability of spray-dried pigments from Bordo grape (*Vitis labrusca*) winemaking pomace. *Food Chemistry*. 2014;164:380–6.
47. Tuyen CK, Nguyen MH, Roach PD. Effects of spray drying conditions on the physicochemical and antioxidant properties of the Gac (*Momordica cochinchinensis*) fruit aril powder. *J Food Eng*. 2010;98(3):385–92.
48. Silva PI, Stringheta PC, Teófilo RF, de Oliveira IRN. Parameter optimization for spray-drying microencapsulation of jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba*) peel extracts using simultaneous analysis of responses. *Journal of Food Engineering*. 2013 Aug;117(4):538–44.
49. Wilkowska A, Ambroziak W, Adamiec J, Czyżowska A. Preservation of Antioxidant Activity and Polyphenols in Chokeberry Juice and Wine with the Use of Microencapsulation. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2017 Jun;41(3):e12924.

## ANEXOS

**Anexo 1**  
**Certificación de identificación taxonómica**

**CONSTANCIA**

**LA BIOLOGA LAURA AUCASIME MEDINA ESPECIALISTA EN  
TAXONOMÍA Y SISTEMÁTICA DE PLANTAS DEJA CONSTANCIA:**

Que, el Centro de Desarrollo, Análisis y Control de Calidad de Medicamentos y Fito medicamentos "Marco A. Garrido Malo", ha solicitado la identificación de una muestra vegetal para trabajo de Investigación.

Dicha muestra ha sido estudiada y determinada según el Sistema de Clasificación de Cronquist. A. 1988, siendo su taxonomía la siguiente:

DIVISIÓN	:	MAGNOLIOPHYTA
CLASE	:	MAGNOLIOPSIDA
SUB CLASE	:	ASTERIDAE
ORDEN	:	DIPSACALES
FAMILIA	:	CAPRIFOLIACEAE
GENERO	:	<i>Sambucus nigra</i> L.
N.V.	:	"sauco"

Se expide la certificación correspondiente a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Ayacucho, 23 de Noviembre del 2021

  
LAURA AUCASIME MEDINA  
BIÓLOGA  
Reg. C.B.P. N° 583 C.R. - XIII

## Anexo 2

### Análisis de superficie de respuesta

#### FENOLES TOTALES

Regresión de superficie de respuesta: FT vs. MDX. Temperatura (°C)

Coefficientes codificados

Término	Coef	EE del		Valor T	Valor p	FIV
		coef.				
Constante	55,113	0,892		61,78	0,000	
MDX	-2,960	0,996		-2,97	0,021	1,00
Temperatura (°C)	-11,476	0,998		-11,49	0,000	1,00
MDX*MDX	6,39	1,51		4,23	0,004	1,02
Temperatura (°C)*Temperatura (°C)	6,55	1,51		4,33	0,003	1,02
MDX*Temperatura (°C)	1,86	1,99		0,94	0,381	1,00

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
1,99463	96,12%	93,35%	83,82%

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	5	690,115	138,023	34,69	0,000
Lineal	2	560,793	280,397	70,48	0,000
MDX	1	35,153	35,153	8,84	0,021
Temperatura (°C)	1	525,659	525,659	132,12	0,000
Cuadrado	2	128,903	64,452	16,20	0,002
MDX*MDX	1	71,173	71,173	17,89	0,004
Temperatura (°C)*Temperatura (°C)	1	74,473	74,473	18,72	0,003
Interacción de 2 factores	1	3,482	3,482	0,88	0,381
MDX*Temperatura (°C)	1	3,482	3,482	0,88	0,381
Error	7	27,850	3,979		
Falta de ajuste	3	13,034	4,345	1,17	0,424
Error puro	4	14,816	3,704		
Total	12	717,965			

Ecuación de regresión en unidades no codificadas

$$FT = 1308 - 31,7 \text{ MDX} - 12,74 \text{ Temperatura (°C)} + 3,213 \text{ MDX*MDX} + 0,03262 \text{ Temperatura (°C)*Temperatura (°C)} + 0,0933 \text{ MDX*Temperatura (°C)}$$

Optimización de respuesta: FT

Parámetros

Respuesta	Meta	Inferior	Objetivo	Superior	Ponderación	Importancia
FT	Máximo	50,9545	73,1447		1	1

Solución

Solución	MDX	Temperatura (°C)	FT Ajuste	Deseabilidad compuesta
1	0,58	165,8	84,3502	1

### Predicción de respuesta múltiple

Variable	Valor de configuración
MDX	0,58
Temperatura (°C)	165,8

Respuesta	Ajuste	EE de ajuste	IC de 95%	IP de 95%
FT	84,35	2,98	(77,31. 91,39)	(75,88. 92,82)

## ANTOCIANINAS

Regresión de superficie de respuesta: mg/100 g vs. Temperatura (°C). MDX

### Coefficientes codificados

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	2898	159	18,26	0,000	
Temperatura (°C)	-414	178	-2,33	0,053	1,00
MDX	-80	177	-0,45	0,665	1,00
Temperatura (°C)*Temperatura (°C)	-628	269	-2,33	0,052	1,02
MDX*MDX	-164	269	-0,61	0,561	1,02
Temperatura (°C)*MDX	175	354	0,49	0,637	1,00

### Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
354,854	61,98%	34,82%	0,00%

### Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	5	1436914	287383	2,28	0,156
Lineal	2	709359	354679	2,82	0,127
Temperatura (°C)	1	683743	683743	5,43	0,053
MDX	1	25634	25634	0,20	0,665
Cuadrado	2	697146	348573	2,77	0,130
Temperatura (°C)*Temperatura (°C)	1	685060	685060	5,44	0,052
MDX*MDX	1	46890	46890	0,37	0,561
Interacción de 2 factores	1	30611	30611	0,24	0,637
Temperatura (°C)*MDX	1	30611	30611	0,24	0,637
Error	7	881450	125921		
Falta de ajuste	3	851238	283746	37,57	0,002
Error puro	4	30212	7553		
Total	12	2318363			

### Ecuación de regresión en unidades no codificadas

$$\text{mg}/100 \text{ g} = -90247 + 1079 \text{ Temperatura } (^{\circ}\text{C}) - 1303 \text{ MDX} - 3,13 \text{ Temperatura } (^{\circ}\text{C}) * \text{Temperatura } (^{\circ}\text{C}) - 82 \text{ MDX} * \text{MDX} + 8,7 \text{ Temperatura } (^{\circ}\text{C}) * \text{MDX}$$

### Ajustes y diagnósticos para observaciones poco comunes

Obs	mg/100 g	Ajuste	Resid	est.	
11	2673	2179	494	2,27	R
13	1296	1857	-561	-2,58	R

Residuo grande R

### Optimización de respuesta: mg/100 g

#### Parámetros

Respuesta	Meta	Inferior	Objetivo	Superior	Ponderación	Importancia
mg/100 g	Máximo	1295,85	2989,24		1	1

#### Solución

Solución	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	MDX	mg/100 g Ajuste	Deseabilidad compuesta
1	174,388	1,34909	2997,18	1

### Predicción de respuesta múltiple

Variable	Valor de configuración
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	174,388
MDX	1,34909

Respuesta	Ajuste	EE de ajuste	IC de 95%	IP de 95%
mg/100 g	2997	168	(2601. 3394)	(2069. 3925)

## ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE

### Regresión de superficie de respuesta: AA vs. MDX. Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )

#### Coefficientes codificados

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	20,995	0,189	111,13	0,000	
MDX	-0,485	0,211	-2,30	0,055	1,00
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	-1,906	0,211	-9,01	0,000	1,00
MDX*MDX	0,579	0,320	1,81	0,113	1,02
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )*Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	1,124	0,321	3,51	0,010	1,02
MDX*Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	0,665	0,422	1,58	0,159	1,00

#### Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0,422430	93,61%	89,04%	66,59%

## Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	5	18,2932	3,6586	20,50	0,000
Lineal	2	15,4385	7,7193	43,26	0,000
MDX	1	0,9437	0,9437	5,29	0,055
Temperatura (°C)	1	14,4953	14,4953	81,23	0,000
Cuadrado	2	2,5261	1,2630	7,08	0,021
MDX*MDX	1	0,5845	0,5845	3,28	0,113
Temperatura (°C)*Temperatura (°C)	1	2,1931	2,1931	12,29	0,010
Interacción de 2 factores	1	0,4437	0,4437	2,49	0,159
MDX*Temperatura (°C)	1	0,4437	0,4437	2,49	0,159
Error	7	1,2491	0,1784		
Falta de ajuste	3	0,8285	0,2762	2,63	0,187
Error puro	4	0,4206	0,1051		
Total	12	19,5423			

## Ecuación de regresión en unidades no codificadas

$$AA = 240,3 - 7,50 \text{ MDX} - 2,215 \text{ Temperatura (°C)} + 0,291 \text{ MDX*MDX} + 0,00560 \text{ Temperatura (°C)*Temperatura (°C)} + 0,0333 \text{ MDX*Temperatura (°C)}$$

## Optimización de respuesta: AA

### Parámetros

Respuesta	Meta	Inferior	Objetivo	Superior	Ponderación	Importancia
AA	Máximo	20,0180	24,2534		1	1

### Solución

Solución	MDX	Temperatura (°C)	AA Ajuste	Deseabilidad compuesta
1	0,58	165,8	25,7542	1

### Predicción de respuesta múltiple

Variable	Valor de configuración	EE de	Respuesta Ajuste	ajuste	IC de 95%	IP de 95%
MDX	0,58					
Temperatura (°C)	165,8					
AA	25,754	0,630	(24,264. 27,244)	(23,960. 27,548)		

**Anexo 3**  
**Matriz de consistencia**

**Título:** Microencapsulación del extracto de antocianinas de los frutos de *Sambucus nigra* L., mediante secado por aspersión

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p>¿Cuáles son las condiciones de temperatura y concentración de maltodextrina óptimas para la microencapsulación del extracto de antocianinas de los frutos de <i>Sambucus nigra</i> L. obtenidas mediante secado por aspersión?</p>	<p><b>Objetivo general:</b> Determinar las condiciones óptimas para la microencapsulación del extracto de antocianinas de los frutos de <i>Sambucus nigra</i> L. mediante secado por aspersión.</p> <p><b>Objetivos específicos:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Obtener microcápsulas del extracto de antocianinas de los frutos de <i>Sambucus nigra</i> L. mediante secado por aspersión a diferentes temperaturas y concentraciones de maltodextrina.</li> <li>2. Evaluar el contenido de fenoles en las microencápsulas del extracto de antocianinas de los frutos de <i>Sambucus nigra</i> L. obtenidas mediante secado por aspersión por efecto de la variación de la temperatura y concentración de maltodextrina.</li> <li>3. Evaluar el contenido de antocianinas totales en las microencápsulas del extracto de antocianinas de los frutos de <i>Sambucus nigra</i> L. obtenidas mediante secado por aspersión por efecto de la variación de la temperatura y concentración de maltodextrina.</li> <li>4. Evaluar la actividad antioxidante de las microencápsulas del extracto de antocianinas de los frutos de <i>Sambucus</i> L. obtenidas mediante secado por aspersión por efecto de la variación de la temperatura y concentración de maltodextrina.</li> </ol>	<p>El contenido de fenoles totales, antocianinas y la actividad antioxidante de las microcápsulas obtenidas del fruto de <i>S. nigra</i> mediante secado por aspersión varían según la temperatura de entrada y la concentración de maltodextrina.</p>	<p>Variable independiente Secado por aspersión a diferentes condiciones de temperatura de entrada y concentraciones de maltodextrina.</p> <p>Variables dependientes Contenido de fenoles totales Contenido de antocianinas totales Actividad antioxidante</p>	<p>Tipo de investigación El tipo de investigación es aplicada. Definición de la población y muestra a) Población.- Frutos de <i>S. nigra</i> L. que crecen en el valle de Muyurina. b) Muestra.- Dos kilos los frutos maduros de <i>S. nigra</i> L. que crecen en el valle de Muyurina.</p> <p>Métodos instrumentales para la recolección de datos El extracto de antocianinas se obtendrá de frutos de <i>S. nigra</i> L. secados por liofilización y obtenidos mediante maceración dinámica. El extracto será microencapsulado con maltodextrina, mediante secado por aspersión utilizando un Atomizador Mini Spray Buchi-290. Se evaluará el contenido de fenoles totales, antocianinas y la actividad antioxidante para determinar las condiciones óptimas de las microencapsulación<sup>34</sup>.</p> <p>Análisis estadístico Los datos se evaluarán mediante análisis de varianza (ANOVA) para un experimento completamente aleatorizado de doble factor a un nivel de significancia del 5%. Los resultados se presentarán como medias <math>\pm</math> desviación estándar. Todos los experimentos fueron realizados por triplicado. Se utilizará el software SPSS versión 20.0.</p>



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANA  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

El Instructor en Primera Instancia, designado con RD N° 331-2022-UNSCHFCSA/D, emite la presente

**CONSTANCIA**

**DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

A Eduardo Vicuña Cavero, Bachiller de la Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica de la Facultad de Ciencias de la Salud, en mérito a que la tesis titulada: "Microencapsulación del extracto de antocianinas de los frutos de *Sambucus nigra* L. mediante secado por aspersión", ha alcanzado un índice de similitud de 18% (dieciocho); cumpliendo satisfactoriamente lo establecido en el Art. 13 del Reglamento de Originalidad de Trabajos de investigación de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga mediante el uso del SOFTWARE TURNITIN.

En ese sentido, se emite la presente constancia en señal de conformidad.

Ayacucho, 30 de junio de 2022.

  
Prof. Marco ARONÉS JARA

Firmado digitalmente por  
Marco R. Aronés Jara  
Fecha: 2022.06.30  
19:14:03 -05'00'

-----  
Prof. Marco Aronés Jara  
Docente instructor - Primera instancia



**UNSCH**

FACULTAD DE  
CIENCIAS DE LA SALUD

ESCUELA PROFESIONAL DE  
FARMACIA Y BIOQUÍMICA



**CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD SEGUNDA INSTANCIA:**  
**TESIS DE PREGRADO**

(03-2022-EPFB-UNSCH)

La que suscribe, docente instructor de Tesis de Pregrado, luego de verificar la originalidad de la tesis de la Escuela profesional de Farmacia y bioquímica de la Facultad de Ciencias de la Salud, deja constancia que el trabajo de tesis titulado:

**Microencapsulación del extracto hidroalcohólico de los frutos de Sambucus nigra L. mediante secado por aspersión.**

Presentado por: **Bach. VICUÑA CAVERO, EDUARDO JOVANNY**

Ha sido sometido al análisis mediante el sistema TURNITIN concluyendo que presenta un porcentaje de **18% índice de similitud.**

Por lo que, de acuerdo con el porcentaje establecido en el Artículo 13° del Reglamento de Originalidad de Trabajos de investigación de pregrado de la UNSCH, **ES PROCEDENTE** conceder la Constancia de originalidad en segunda instancia.

Ayacucho, 04 de julio del 2022

  
Firmado digitalmente por  
MARICELA LÓPEZ  
SIERRALTA  
Fecha: 2022.07.04  
23:10:24 -05'00'

Mg. Marcela López Sierralta  
Docente. Instructor

cc.  
Archivo.

# Microencapsulación del extracto hidroalcohólico de los frutos de *Sambucus nigra* L. mediante secado por aspersión

*por* Eduardo Jovanny Vicuña Cavero,

---

**Fecha de entrega:** 04-jul-2022 11:00p.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 1866771218

**Nombre del archivo:** 0630\_Borrador\_de\_tesis\_Eduardo.pdf (735.4K)

**Total de palabras:** 9900

**Total de caracteres:** 53374

# Microencapsulación del extracto hidroalcohólico de los frutos de Sambucus nigra L. mediante secado por aspersión

## INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

9%

PUBLICACIONES

11%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://repositorio.unsch.edu.pe">repositorio.unsch.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
2	<a href="https://diposit.ub.edu">diposit.ub.edu</a> Fuente de Internet	1%
3	<a href="https://eprints.uanl.mx">eprints.uanl.mx</a> Fuente de Internet	1%
4	<a href="https://repositorio.lamolina.edu.pe">repositorio.lamolina.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	1%
6	<a href="https://www.slideshare.net">www.slideshare.net</a> Fuente de Internet	1%
7	<a href="https://repositorio.utn.edu.ec">repositorio.utn.edu.ec</a> Fuente de Internet	1%
8	<a href="https://naturistaalfonso.com">naturistaalfonso.com</a> Fuente de Internet	1%

9	<a href="https://repositorio.unicamp.br">repositorio.unicamp.br</a> Fuente de Internet	1 %
10	<a href="https://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080">repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080</a> Fuente de Internet	1 %
11	<a href="https://publications.lsmuni.lt">publications.lsmuni.lt</a> Fuente de Internet	1 %
12	<a href="http://www.lsmu.lt">www.lsmu.lt</a> Fuente de Internet	1 %
13	<a href="https://ri.ues.edu.sv">ri.ues.edu.sv</a> Fuente de Internet	1 %
14	<a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	1 %
15	Alexander V. Sirotkin, Adriana Kolesarova. "Food/medicinal herbs and their influence on health and female reproduction", Elsevier BV, 2022 Publicación	<1 %
16	<a href="https://pt.scribd.com">pt.scribd.com</a> Fuente de Internet	<1 %
17	<a href="https://repositorio.unal.edu.co">repositorio.unal.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %
18	<a href="http://web.www3.unicordoba.edu.co">web.www3.unicordoba.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %
19	<a href="https://repositorio.ual.es">repositorio.ual.es</a> Fuente de Internet	<1 %

---

20	<a href="https://repositorio.ug.edu.ec">repositorio.ug.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
21	<a href="#">Submitted to Universidad del Valle</a> Trabajo del estudiante	<1 %
22	<a href="https://etd.repository.ugm.ac.id">etd.repository.ugm.ac.id</a> Fuente de Internet	<1 %
23	<a href="#">Daisy Amaya - Chantaca, Adriana C. Flores - Gallegos, Anna Iliná, Cristóbal N. Aguilar et al. "Comparative extraction study of grape pomace bioactive compounds by submerged and solid - state fermentation", Journal of Chemical Technology &amp; Biotechnology, 2021</a> Publicación	<1 %
24	<a href="https://repositorio.uandina.edu.pe">repositorio.uandina.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
25	<a href="https://benthamopen.com">benthamopen.com</a> Fuente de Internet	<1 %
26	<a href="https://repositorio.ufsc.br">repositorio.ufsc.br</a> Fuente de Internet	<1 %
27	<a href="https://www.unavarra.es">www.unavarra.es</a> Fuente de Internet	<1 %
28	<a href="https://1library.co">1library.co</a> Fuente de Internet	<1 %
29	<a href="https://dspace.ankara.edu.tr">dspace.ankara.edu.tr</a> Fuente de Internet	<1 %

---

Excluir citas      Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía      Activo