



RECUPERACIÓN DE POLIFENOLES A PARTIR DE RESIDUOS DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE PULPA DE MORTIÑO

POLYPHENOLS RECOVERY FROM MORTIÑO PULP MANUFACTURING PROCESS WASTE

Orestes López Hernández; Mónica Silva Ordoñez; Yoel Hernández Navarro.

Universidad Técnica de Ambato, Ambato - Ecuador.

Email: od.lopez@uta.edu.ec

<https://doi.org/10.33789/talentos.9.2.170>

Resumen: *El mortiño (*Vaccinium meridionale*) es un fruto andino de interés comercial debido a su alto contenido en compuestos polifenólicos. El procesamiento de la fruta para obtener pulpas y jugos genera un residual semisólido húmedo, que aún contiene una importante cantidad de polifenoles. El objetivo del trabajo fue recuperar de este residual sus compuestos para aprovechar al máximo los antioxidantes que brinda la naturaleza a través de estos frutos. Se evaluaron mediante un diseño experimental diferentes parámetros que influyen en la extracción, siendo los adecuados, una relación residual/disolvente 1:10 y 45 minutos de tiempo de extracción a ebullición. Utilizando como disolvente agua, se obtuvo un extracto líquido rico en polifenoles, que se microencapsuló con maltodextrina mediante secado por aspersión. Posteriormente, se evaluó el producto microencapsulado, encontrándose un contenido de antocianinas de $122,95 \pm 4,50$ mg/100 g, un contenido de polifenoles totales de $616,44 \pm 17,30$ mg GAE/g. El producto obtenido posee un alto potencial como ingrediente funcional por su elevado contenido en antioxidantes naturales.*

Palabras Clave: *Vaccinium meridionale antocianinas, extracto, ingrediente funcional, microencapsulación, secado por aspersión.*

Recibido: 19 de junio de 2022

Online: 07 de octubre de 2022

Publicado como artículo científico en la Revista de Investigación Talentos 9 (2), 65-76

Acceptado: 30 de septiembre de 2022

Publicación Vol 9 (2): 01 de Julio de 2022

Abstract: *The mortiño (*Vaccinium meridionale*) is an Andean fruit of commercial interest due to its high content of polyphenolic compounds. The processing of the fruit to obtain pulps and juices generates a wet semi-solid residual, which still contains a significant amount of polyphenols. The objective of the work was to recover its compounds from this residual to make the most of the antioxidants that nature provides through these fruits. Different parameters that influence extraction were evaluated by means of an experimental design, the appropriate ones being a residual/solvent ratio of 1:10 and 45 minutes of boiling extraction time. Using water as solvent, a liquid extract rich in polyphenols was obtained, which was microencapsulated with maltodextrin by spray drying. Subsequently, the microencapsulated product was evaluated, finding an anthocyanin content of 122.95 ± 4.50 mg/100 g, a total polyphenol content of 616.44 ± 17.30 mg GAE/g. The product obtained has a high potential as a functional ingredient due to its high content of natural antioxidants.*

Keywords: *Vaccinium meridionale*, Anthocyanins, extract, functional ingredient, microencapsulation, spray drying.

I. INTRODUCCIÓN

Muchos frutos contienen sustancias antioxidantes, las cuales ayudan a disminuir la adquisición de enfermedades. Una de esas frutas es el mortiño (*Vaccinium meridionale*), conocido también como uva del monte, crece en los páramos ecuatorianos y por tanto se considera una especie endémica, es utilizada para elaborar una bebida tradicional del Ecuador, conocida como colada morada.

Durante algunos años, debido al limitado conocimiento sobre los beneficios que aporta el mortiño, su cultivo estuvo en peligro de desaparecer, sin embargo, hoy en día muchos agricultores de la zona fría del Ecuador han puesto gran empeño en la siembra de esta fruta, ya que muchas industrias alimenticias se encuentran fabricando productos funcionales, los cuales ayudan a una alimentación más segura en los humanos (Coba, et al., 2012).

El mortiño posee un alto contenido de antocianinas, estas principalmente se encuentran en la epidermis, por lo tanto, se debe trabajar al momento de procesar el fruto con toda su cáscara ya que contiene gran cantidad de antioxidantes. Las antocianinas son las encargadas de dar el color oscuro al fruto, y aparecen cuando el fruto se encuentra maduro (Gaviria, et al. 2009).

La estabilidad de las antocianinas es un favor crítico, por ello se ha empleado técnicas como la microencapsulación mediante secado por aspersión es uno de los métodos más empleados a escala industrial para incrementar la estabilidad de compuestos bioactivos (Shishir et al. 2018), (Campo, et al. 2021). En Ecuador existen plantas procesadoras de mortiño, que elaboran productos como mermeladas, vino y concentrados de mortiño que sirven como ingrediente funcional para otros productos y generan residuales del fruto que aún contienen antocianinas, por lo que el

objetivo fue desarrollar un procedimiento para extraer estas antocianinas y así aprovechar ese residuo agroindustrial, para recuperarlas y protegerlas a través de la microencapsulación mediante secado por aspersión.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Como material de partida se utilizaron los residuos de la producción de pulpa de mortiño (*Vaccinium meridionale*) de la empresa Andes Kinkuna S.A. Pujilí, Cotopaxi, Ecuador, refrigerados para utilizar en un período no mayor de 24 horas.

Para la obtención del extracto líquido se pesó el residual, se colocó en vasos de precipitados de 600 mL de capacidad y se adicionó el agua destilada correspondiente según las corridas del diseño experimental mediante relaciones de residual/agua de 1:10, 1:15 y 1:20. Las mezclas se calentaron en una plancha de calentamiento con agitación magnética (Isotemp, Fisher Scientific) hasta 92 °C durante el tiempo correspondiente según las corridas del diseño experimental, empleando tiempos de extracción de 15, 30 y 45 minutos. Posteriormente fueron centrifugadas a 4000 min⁻¹ durante 10 min y se recuperó el sobrenadante. Estas condiciones de extracción se combinaron en un diseño de superficie de respuesta 3², donde se empleó como variable de respuesta el contenido de polifenoles totales para determinar las mejores condiciones de extracción.

La determinación del contenido de polifenoles

se realizó por el método Folin-Ciocalteu (1927). Empleando Acido gálico (Merck) para la preparación de la curva de calibración. Las muestras de los extractos obtenidos fueron diluidas en relación 1:4, se colocaron en tubos de ensayo 0,1 ml de extracto líquido obtenido y 0,1 mL de Folin-Ciocalteu (Merck), se dejó reaccionar por 3 minutos después de mezclar en un vórtex (Mixer, Reino Unido), después se agregó 2 mL de solución 75 g/L de carbonato de sodio (Spectrum®), finalmente se completó el volumen con agua destilada en cada uno de los tubos hasta 5 mL, se esperó 1 hora para el desarrollo del color y se midió la absorbancia de cada una de las muestras en un espectrofotómetro UV-VIS (HACH, USA) a una longitud de onda de 750 nm todos los ensayos se realizaron por triplicado (Vasco, et al., 2009).

Para expresar los resultados en base seca se determinó la humedad de los extractos empleando una termobalanza (Citizen, USA) con aproximadamente 3 g de extracto y con los valores de porcentaje humedad se calculó el porcentaje de sólidos totales por diferencia del 100 % y la humedad.

La corrida experimental con mayor contenido de polifenoles se replicó en un mayor volumen, para esto se utilizó un recipiente de acero inoxidable en el cual se colocó 1 kg del residual con 10 L de agua destilada, se esperó que la mezcla alcanzara 92 °C, manteniendo agitación mecánica se mantuvo en estas condiciones durante 45 min. Posteriormente se centrifugó el contenido a 4000 min⁻¹ durante 10 min y se recuperó el sobrenadante. El extracto obtenido se concentró en un

rotoevaporador (IKA), a una temperatura de 80 °C con una velocidad de rotación de 200 min⁻¹, reduciendo el volumen de 6315 mL a 279 mL. Se determinó el contenido de sólidos totales y la concentración de antocianinas. Para la determinación de antocianinas se pesó 0,0048 g de muestra y se diluyó en 4,5 ml de agua destilada, se agitó en el vórtex (Mixer), y se midió la absorbancia en el espectrofotómetro UV-VIS (HACH, USA) a una longitud de onda de 535 nm.

Para el proceso de microencapsulación mediante secado por aspersión (Esquivel, et al., 2015), se mezclaron 250 mL de agua destilada con 154,48 g de maltodextrina (DE 10 MEELUNIE B.V), a 35 °C, con el fin de diluir la maltodextrina, después a esta solución se le adicionó en agitación magnética, 200 mL de extracto líquido concentrado y posteriormente se alimentó a un minispray dryer (Büchi B 290) empleando una temperatura de entrada a 150 °C y de salida de 90 °C. Se determinó el rendimiento del polvo obtenido luego del proceso de secado, relacionando la masa de polvo obtenido con la masa teórica alimentada al secador según el peso de la maltodextrina y los sólidos del extracto concentrado, expresándolo en porcentaje. Al polvo obtenido también se le determinó el contenido de antocianinas.

La eficiencia de microencapsulación se verificó mediante la 3.2.5. Espectroscopía Infrarroja de la transformada de Fourier (FTIR), donde se realizó una comparación entre las bandas de los grupos funcionales existentes en el extracto líquido, el microencapsulado y el polímero (maltodextrina), empleando un

espectrofotómetro de infrarrojo (Perkin-Elmer) con dispositivo de reflexión total atenuada (ATR).

Se empleó el programa estadístico Statgraphics Centurion XVI.I, para analizar el diseño experimental y para realizar las comparaciones del contenido de antocianinas antes y después de microencapsular.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla I se presentan los resultados del diseño experimental donde se recogen los volúmenes de extracto obtenido, los resultados de las determinaciones de humedad para el cálculo de los sólidos totales para expresar el contenido de polifenoles en base seca.

Como se aprecia en la Tabla I, hay una variación del contenido de sólidos que mantiene una proporcionalidad directa con las relaciones residual disolvente estudiadas con el objetivo de proporcionar que no se saturara el disolvente. El contenido de sólidos es mayor con la relación 1:10 y el mayor tiempo de extracción, lo cual es razonable si se tiene en cuenta que no se trata de un material vegetal sino del residuo de un proceso de obtención de una pulpa. Con respecto al contenido de polifenoles se aprecia que, es mayor con la relación 1:10 y un tiempo de 30 minutos, lo que demuestra que de los sólidos que se extraen una gran parte corresponde a los polifenoles donde están incluidas las antocianinas como compuestos abundantes y responsables del color en el fruto estudiado.

TABLA I.

Resultados del diseño experimental

No.	Relación (R/D)	Tiempo (min)	Volumen extracto (ml)	Humedad (%)	Sólidos totales (%)	Polifenoles Totales (mgGAE/g)
1	1:15	30	470	99,80±0,06	0,19±0,06	163,56±14,17
2	1:10	45	435	99,73±0,10	0,26±0,10	616,44±17,30
3	1:20	15	495	99,85±0,04	0,14±0,04	114,30±4,24
4	1:20	45	465	99,76±0,01	0,23±0,01	143,19±3,61
5	1:10	15	450	99,76±0,05	0,23±0,05	143,00±0,56
6	1:10	30	435	99,79±0,03	0,20±0,03	719,41±19,16
7	1:20	30	480	99,74±0,06	0,25±0,06	145,41±2,31
8	1:15	15	460	99,82±0,04	0,17±0,04	163,19±1,79
9	1:15	45	435	99,75±0,03	0,24±0,03	189,67±3,64

Estudios realizados por (Guerrero, et al., 2012) muestran que el mortiño (fruta entera) de la zona andina del Ecuador, posee un contenido de polifenoles de 1641,73 mgGAE/g, el contenido recuperado en la extracción indica que en el residuo queda una cantidad considerable de polifenoles teniendo en cuenta el contenido reportado para la fruta, demostrándose que no es recomendable desechar el residuo sino mejor aprovecharlos por el contenido de componentes bioactivos que contiene.

A continuación, se presenta la figura 1 donde se muestran los resultados del análisis estadístico de los resultados del diseño experimental en el que se empleó el contenido de polifenoles totales en base seca como variable de respuesta para determinar las mejores condiciones de extracción. Se presenta el análisis de varianzas a través del diagrama de Pareto, el ajuste del modelo (R^2) y las condiciones con que se alcanza el valor óptimo.

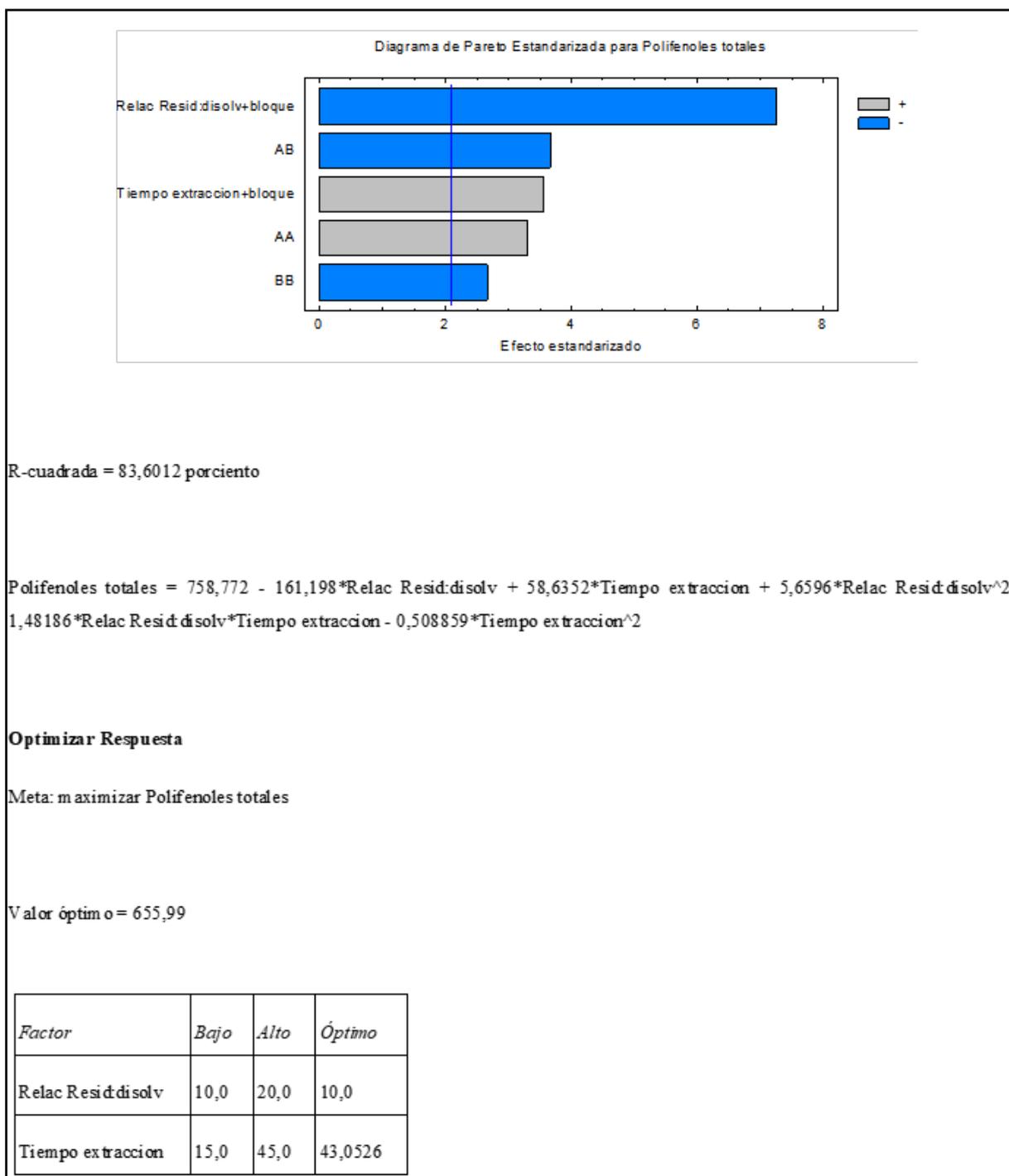


Fig. 1.

Resultados del diseño experimental

Como se observa en la figura 1, los resultados del análisis de varianza mostrados en el diagrama de Pareto en el que se aprecia que existe para un 95 % de confianza, una influencia significativa de los factores estudiados sobre el contenido de polifenoles,

además de haber interacción entre ellos. El análisis realizado ha permitido un ajuste del 83,6 %, indicando que el modelo ajustado representa en ese porcentaje el proceso estudiado y este modelo permitiría hacer procesos de simulación para evaluar el

comportamiento de los factores estudiados, indicándose que es posible alcanzar un valor óptimo de aproximadamente 656 mg/g de extracto cuando se emplea una relación residual:disolvente de 1:10 y un tiempo de 43 minutos.

A continuación, en la figura 2 se muestra el Gráfico de superficie de respuesta estimada donde se aprecia el comportamiento de los factores estudiados, así como su interacción.

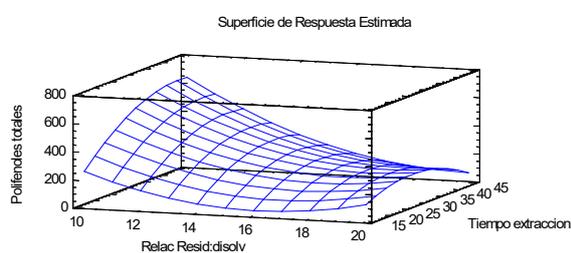


Fig. 2.

Gráfico de superficie de respuesta

En la figura 2 se representa el gráfico superficie de respuesta se aprecia que comportamiento se corresponde con un modelo cuadrático en el que se alcanza un máximo del contenido de polifenoles con la menor relación residual:disolvente, siendo 1:10 y con un tiempo de 43 minutos encontrándose muy próximo al valor extremo estudiado de 45 minutos sin embargo esta tendencia al declive puede atribuirse a la degradación que pueden experimentar los polifenoles cuando son sometidos a alta temperatura por un largo período de tiempo y al parecer en este caso eso comienza a ocurrir alrededor de los 45 minutos de exposición a la temperatura de 92 °C en infusiones y extractos (Olaokun, et al., 2020).

Como resultado del proceso de microencapsulación, se alcanzó un rendimiento de 91,7 %, valor que se considera adecuado según (Luna, et al., 2016) para un proceso a escala de laboratorio donde por naturaleza siempre la eficiencia es inferior a los procesos en escalas superiores por contar estos con percutores neumáticos que garantizan una máxima recuperación del polvo en el interior de los secadores.

Seguidamente en la figura 3 se muestra a través de un análisis de varianzas la comparación del contenido de antocianinas antes y después del proceso de microencapsulación como compuesto mayoritario representante de los polifenoles contenidos en el extracto y en el microencapsulado.

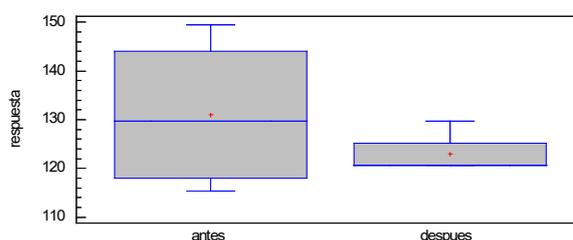


Fig. 3.

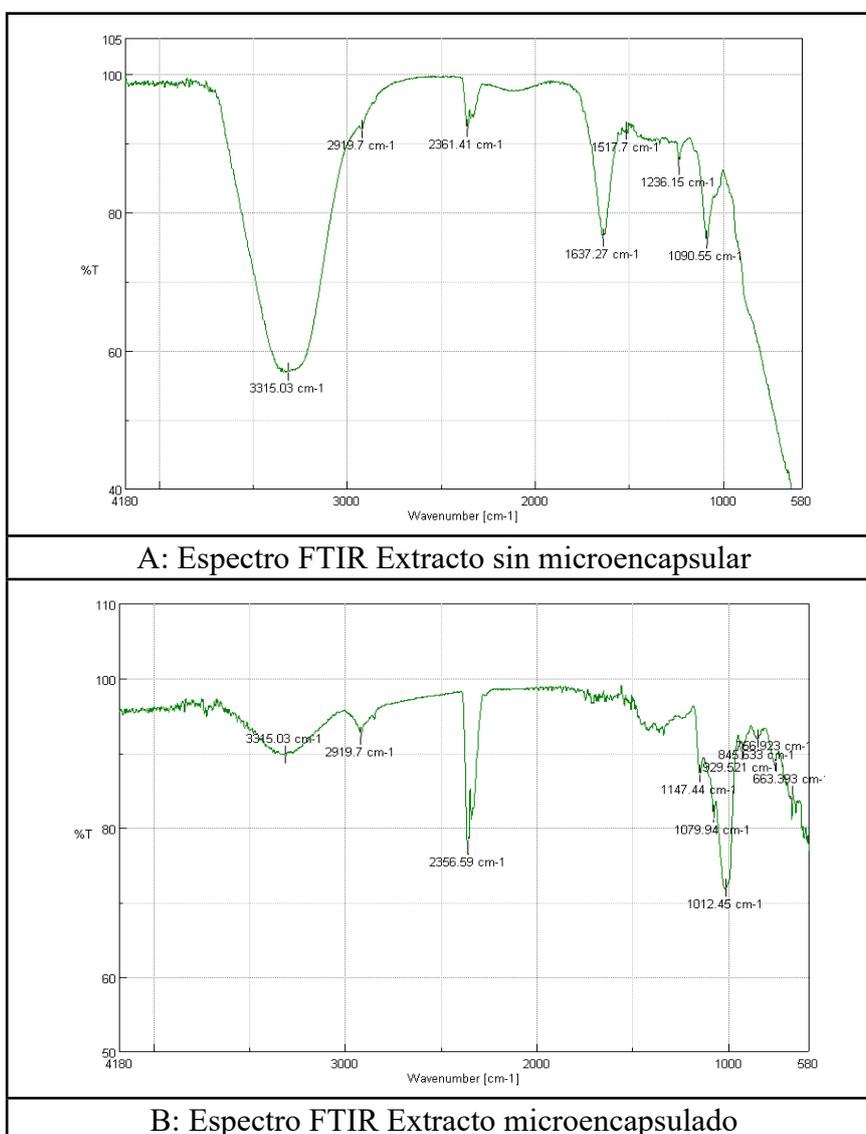
Comparación del contenido de antocianinas antes y después de microencapsular

En el diagrama de Caja y bigotes se demuestra que con un nivel de confianza del 95 %, no existen diferencias significativas entre el contenido de antocianinas antes y después del proceso de microencapsulación, lo que demuestra que el método empleado y el polímero protegen a las antocianinas de la degradación durante el proceso como se refiere en (Archaina, et al., 2019). Según (Gaviria, et al., 2012) en un estudio realizado en esta

misma fruta el contenido de antocianinas varió desde 4,2 hasta 271,9 mg eq cianidin-3-glucosido/100 g de fruta fresca al final de la maduración, encontrándose los valores de antocianinas recuperadas del residuo en correspondencia con este intervalo. Algunos autores como (Arrazola, et al., 2014) reportó una cantidad de antocianinas de 115 mg/100 g en cáscaras de berenjena y (Arencibia, et al., 2018) una cantidad de 320 mg/100 g en cáscaras de manzana roja, si se compara el valor obtenido considerando que es un residual de un proceso productivo se puede

afirmar que se recupera una cantidad elevada de antocianinas, incluso al comparar con arándanos (Zapata, et al., 2014) reportaron un valor de 70,32 mg/100 g, mucho menor al del residuo estudiado.

A continuación, en la figura 4 se reportan los espectros FTIR del extracto sin microencapsular en comparación con el microencapsulado y el polímero en un intervalo de frecuencias entre 580 y 4180 cm^{-1} .



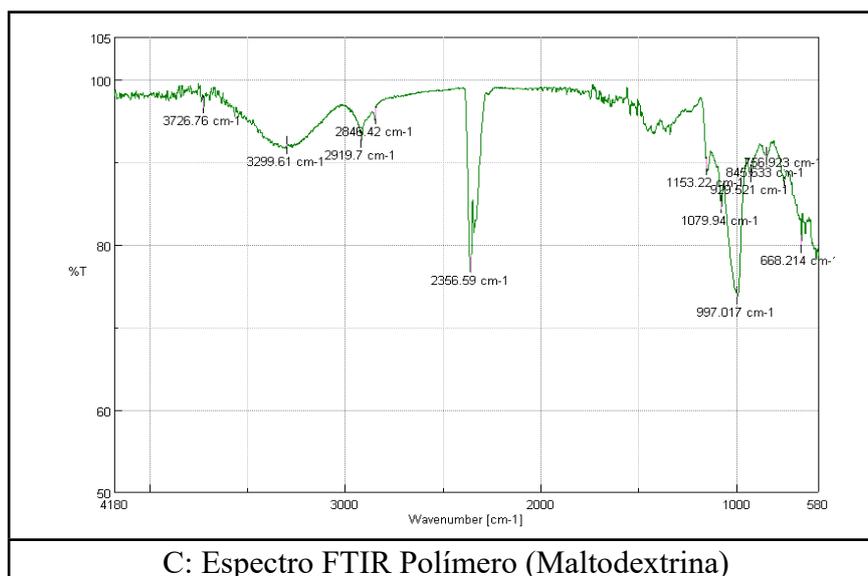


Fig. 4.

Espectros FTIR del extracto antes, después de microencapsular y del polímero

En la figura 4A, hay una banda que le corresponde el valor de $1637,27\text{ cm}^{-1}$ que representa la vibración del grupo OH con relación a los polifenoles presentes en el extracto sin microencapsular, lo cual no se aprecia en el espectro del microencapsulado (Figura 4B) ni en el del polímero (Figura 4C). Los espectros del producto microencapsulado (Figura 4B) y del polímero (Figura 4C), son muy similares, lo que indica que los polifenoles se encuentran eficientemente microencapsulados, es por ello que no se observa la banda correspondiente al grupo OH en el espectro del microencapsulado. Un resultado similar, pero para antocianinas de mora microencapsuladas con maltodextrina fue reportado por (Bastidas, et al., 2020).

A continuación en la figura 5, se muestra el espectro FTIR del microencapsulado en comparación con las microesferas reconstituidas en agua destilada.

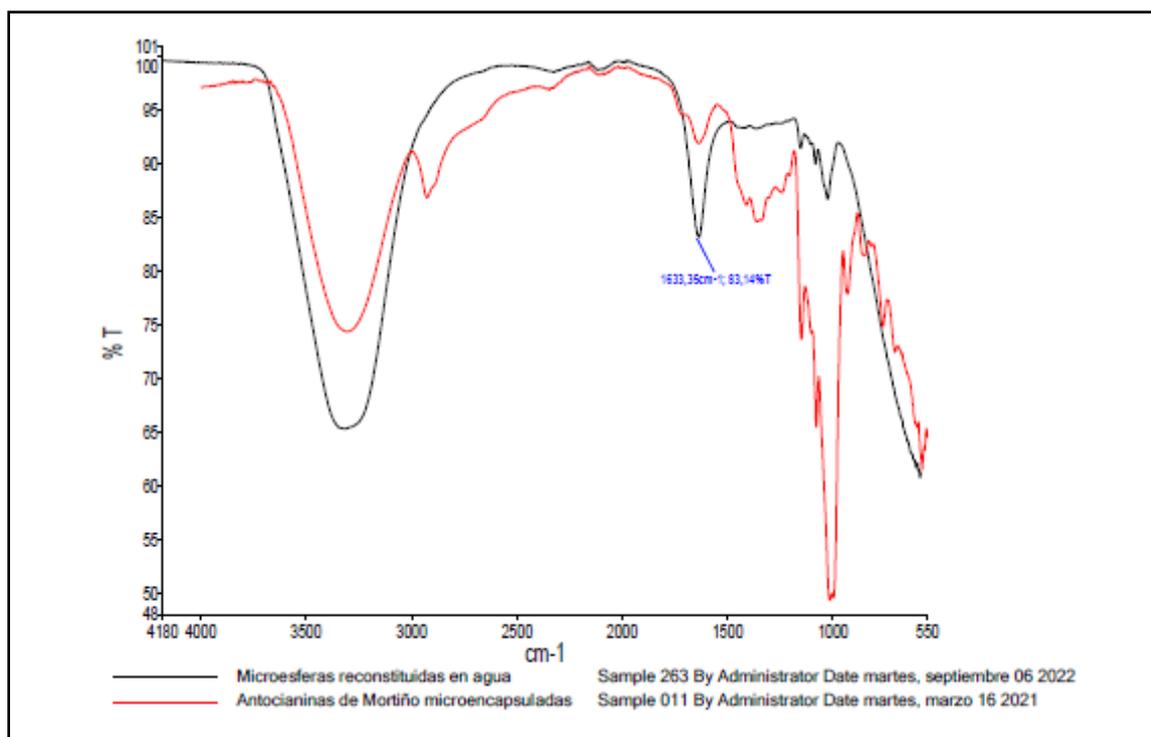


Fig. 5.

Espectros FTIR del microencapsulado y de las microesferas reconstituidas en agua

La presencia de la banda a 1633 cm^{-1} en las microesferas reconstituidas en agua destilada, evidencia la presencia de los polifenoles que estaban microencapsulados que al disolver la pared polimérica aparecen nuevamente en el espectro, indicando así su presencia y que estos no se degradaron durante el proceso de microencapsulación, esta banda no se observa con la misma intensidad en el microencapsulado ya que en el espectro solo se aprecia los compuestos que se encuentran distribuidos en la superficie, debido a que la eficiencia de microencapsulación nunca es de 100 %. Con esto se demuestra que se ha cumplido el objetivo de microencapsular los polifenoles, demostrándose que al disolver la pared polimérica estos son liberados.

IV. CONCLUSIONES

El estudio del tiempo de extracción de polifenoles a ebullición tiene una influencia marcada en el proceso de extracción, alcanzándose la mayor concentración de polifenoles con una relación residual/disolvente 1:10 y 45 minutos de tiempo de extracción. Se obtuvo mediante el secado por aspersión, un microencapsulado en polvo en el que se demostró por la Ley transformada de Fourier (FTIR) que los polifenoles se encuentran protegidos y que el proceso no afectó su concentración, rico en antocianinas recuperadas del residuo del proceso de producción de pulpa de mortiño, el cual sirve como ingrediente funcional y permite que se genere menos residuales al ser aprovechado una parte de este residual.

V. AGRADECIMIENTOS

A la planta de producción de la empresa Andes Kinkuna S.A. Ecuador, por facilitar el residual para este estudio.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Archaina, D., Vasile, F., Jiménez, J., Alamilla, L., Schebor, C. (2019) “Physical and functional properties of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) extract spray dried with maltodextrin-gum arabic mixtures”. *J Food Process Preserv*, 43(9): 1–9.
- Arencibia, J., Rodríguez, D., Casariego, A., García, M. (2018). “Optimización de la extracción de antocianinas a partir de manzana malaya (*Syzygium malaccense*)”. *Revista de Ciencias Farmacéuticas y Alimentarias*, 4(1): 65–76.
- Arrazola, G., Herazo, I., Alvis, A. (2014). “Microencapsulación de Antocianinas de Berenjena (*Solanum melongena* L) mediante Secado por Aspersión y Evaluación de la Estabilidad de su Color y Capacidad Antioxidante”. *Información tecnológica*, 25(3): La Serena. *versión On-line* ISSN 0718-0764.
- Bastidas, V., López, O., Hernández, Y. (2020). “Evaluación de la actividad antioxidante del contenido de antocianinas microencapsuladas de mora (*Rubus glaucus benth*)”. *Alimentos, Ciencia e Ingeniería*, 27(2).
- Campo, M., Granja, D., Matute, N., Cuesta, O., Márquez, I. (2021). “Microencapsulación mediante secado por atomización a partir de un extracto de los cálices de *Hibiscus sabdariffa* L”. *Rev. Colomb. Quim*, 50(1): 40–50.
- Coba S, Coronel, P., Verdugo, D., Paredes, K., Yugsi, M., & Huachi, E. (2012). “Estudio etnobotánico del mortiño (*Vaccinium floribundum*) como alimento ancestral y potencial alimento funcional.” *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida*, 16(2), 32-35.
- Esquivel, B., Ochoa, L., Rutiaga, O. (2015) “Microencapsulación mediante secado por aspersión de compuestos bioactivos”. *Rev. Iber. Tecnología Postcosecha*, 16(2): 180–192.
- Gaviria, C., Hernández, J., Lobo, M., Medina, C., & Rojano, B. (2012). “Cambios en la Actividad Antioxidante en Frutos de Mortiño (*Vaccinium meridionale* Sw.) durante su Desarrollo y Maduración.” *Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín*, 65(1): 6487-6495.
- Gaviria, C., Ochoa, C., Sánchez, N., Medina, C., Lobo, M., Galeano, P., Mosquera, A., Tamayo, A., Lopera, Y., & Rojano, B. (2009). “Actividad antioxidante e inhibición de la peroxidación lipídica de extractos de frutos de mortiño (*Vaccinium meridionale* SW).” *Boletín*

- Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas, 8(6), 344-378.
- Guerrero, C. & R. Rodríguez (2012). “Determinación del contenido de compuestos fenólicos totales y actividad antioxidante en fibra dietética extraída de cultivos ancestrales andinos para su utilización como suplemento alimenticio.” Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Universidad Técnica de Ambato.
- Luna, J., López, M., Jiménez, O., Luna, L. (2016). “Microencapsulación de algunos compuestos bioactivos mediante secado por aspersión”. Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias, 5(10): 1 – 11.
- Olaokun, O., Mkolo, N. (2020). “Biological activity of infusion and decoction extracts of *Hibiscus sabdariffa* L. calyces”. Bangladesh J Bot, 49(1): 171–177.
- Shishir, M., Xiea, L., Sunb, C., Zhenga, X., Chena, W. (2018). “Advances in micro and nano-encapsulation of bioactive compounds using biopolymer and lipid-based transporters.” Trends in Food Science & Technology 78: 34–60.
- Vasco, C., Riihinen, K., Ruales, J., & Kamal, A. (2009). “Chemical composition and phenolic compound profile of mortiño (*Vaccinium floribundum*).” J. Agric. Food Chem, 57: 8274-8281.
- Zapata, L., Heredia, A., Quinteros, C., Malleret, A., Clemente, G., & Cárcel, J. (2014). “Optimización de la extracción de antocianinas de arándanos”. Ciencia, docencia y tecnología, 25(49): 166–192.

