

DOI: <https://doi.org/10.61616/rvdc.v6i1.445>

Liofilización de Miel de Abeja usando Maltodextrina como Encapsulante para la Producción de Miel en Polvo

Angélica Estefanía Chérrez Neacato

aecherrez@utmachala.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-3645-9350>

Universidad Técnica de Machala

Machala, Ecuador

Janeth Alexandra Chillogalli Alonso

jchilloga2@utmachala.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0007-2790-7496>

Universidad Técnica de Machala

Machala, Ecuador

Jislayner Nicole Feijoo Fernández

jfeijoo7@utmachala.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0002-0419-5469>

Universidad Técnica de Machala

Machala, Ecuador

Jonathan Dario Rondal Simbaña

jonathan.rondals@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-1381-7784>

Universidad Nacional de Mar del Plata

Mar del Plata, Argentina

RESUMEN

La miel de abejas ha sido parte de la dieta humana durante décadas. Su composición incluye principalmente fructosa y glucosa, destacando por sus propiedades nutricionales y sensoriales. La textura de la miel varía según su contenido de agua y madurez, siendo un producto viscoso y propenso a la cristalización, lo que limita su uso en la industria alimentaria. Este trabajo tuvo como objetivo liofilizar miel de abejas microencapsulada en maltodextrina, generando un polvo más fácil de manipular para el consumo directo y la formulación de diversos alimentos procesados. Se utilizó miel multifloral, predominando *Eucalyptus globulus*, del Valle de los Chillos, Ecuador. Las formulaciones mezclaron soluciones de miel (miel:agua 1:1) con maltodextrina (MD 10-15) en proporciones 70:30 %, ultracongeladas y liofilizadas por 62 horas. Los polvos obtenidos se evaluaron en solubilidad, propiedades de flujo y características fisicoquímicas (pH, acidez, humedad, cenizas y actividad de agua), mostrando buena calidad funcional y estabilidad durante el almacenamiento. Una evaluación sensorial con panelistas semientrenados calificó atributos como sabor, dulzor, color y aroma, reflejando alta aceptación como endulzante alternativo. El análisis estadístico confirmó la viabilidad del proceso para aplicaciones industriales y comerciales innovadoras.

Palabras clave: miel de abeja, maltodextrina, liofilización, microencapsulación

Freeze-Drying of Honey using Maltodextrin as an Encapsulating Agent for Powdered Honey Production

ABSTRACT

Honey has been part of the human diet for decades. Its composition includes mainly fructose and glucose, standing out for its nutritional and sensory properties. The texture of honey varies according to its water content and maturity, being a viscous product prone to crystallization, which limits its use in the food industry. This study aimed to lyophilize honey microencapsulated in maltodextrin, generating a powder that is easier to handle for direct consumption and the formulation of various processed foods. Multifloral honey, predominantly from *Eucalyptus globulus*, from Valle de los Chillos, Ecuador, was used. The formulations mixed honey solutions (honey:water 1:1) with maltodextrin (MD 10-15) in 70:30 % ratios, which were ultra-frozen and lyophilized for 62 hours. The resulting powders were evaluated for solubility, flow properties, and physicochemical characteristics (pH, acidity, moisture, ash, and water activity), showing good functional quality and stability during storage. A sensory evaluation with semi-trained panelists rated attributes such as taste, sweetness, color, and aroma, reflecting high acceptance as an alternative sweetener. Statistical analysis confirmed the feasibility of the process for innovative industrial and commercial applications.

Keywords: honey, freeze-drying, maltodextrin, microencapsulation

INTRODUCCIÓN

La miel de abejas es un alimento natural ampliamente valorado por sus propiedades nutricionales, organolépticas y beneficios terapéuticos. Su composición, rica en glucosa, fructosa y compuestos bioactivos como antioxidantes, vitaminas y minerales, ha permitido su uso desde la antigüedad tanto en la alimentación como en aplicaciones medicinales (Castillo-Martínez et al., 2022). Sin embargo, sus características reológicas, alta osmolaridad, bajo contenido de agua, pH ácido y su susceptibilidad a la cristalización, plantean retos para su manipulación, almacenamiento y conservación, limitando su versatilidad en la industria alimentaria (Faustino y Pinheiro, 2021).

La transformación de la miel líquida en un producto en polvo mediante liofilización representa una solución innovadora para superar estas limitaciones. Este proceso de secado por sublimación no solo reduce significativamente el contenido de humedad, prolongando la vida útil del producto, sino que también permite mantener las propiedades organolépticas y funcionales originales de la miel (Islam et al., 2022; Nainggolan et al., 2024). Además, al disminuir la actividad de agua y evitar la compactación, se facilita la incorporación del producto en diversas aplicaciones industriales, como condimentos, mezclas secas, panificación y productos cárnicos (Mediani et al., 2022).

Para optimizar este proceso, es esencial emplear un agente estabilizante como la maltodextrina, que reduce la pegajosidad (antiaglomerante) y la compactación derivadas del alto contenido de azúcares de la miel. Investigaciones previas, como las de Cantero et al. (2023), han demostrado que la adición de maltodextrina mejora significativamente la viabilidad del liofilizado, proporcionando un producto en polvo con características físicas adecuadas y buena estabilidad durante el almacenamiento. Las propiedades de encapsulación de la maltodextrina permiten preservar el sabor y aroma en productos deshidratados, lo que

refuerza su utilidad en este contexto (Abidin et al., 2024)

A partir de estos antecedentes, este estudio aplica procesos en miel de abejas obtenida en la provincia de Pichincha, Ecuador. Esta región se caracteriza por la producción significativa de miel de abejas y ofrece un recurso valioso que podría beneficiarse de tecnologías de valor agregado como la liofilización. La investigación se enfoca en establecer condiciones óptimas al incorporar maltodextrina en una concentración específica para garantizar un producto de alta calidad funcional y sensorial.

Obtener un producto no solo mejoraría la practicidad de la miel en términos de almacenamiento y dosificación, sino que también ampliaría su aplicación en la industria alimentaria. De este modo, se busca contribuir al desarrollo tecnológico y al aprovechamiento sostenible de este recurso, generando una alternativa que responda tanto a las demandas industriales como a las expectativas del consumidor moderno.

METODOLOGÍA

El presente estudio adoptó un enfoque cuantitativo y un diseño experimental, centrado en la evaluación de las propiedades físicas, químicas, funcionales y sensoriales de la miel liofilizada. La investigación busca generar conocimiento práctico que permita mejorar el manejo y la valorización de la miel de abeja a través del desarrollo de un producto innovador.

Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar para evaluar diferentes formulaciones de solución de miel y maltodextrina (MD) sometidas al proceso de liofilización. Las proporciones de mezcla variaron en un rango de 85:15 a 40:60 (solución de miel: maltodextrina), siendo la formulación óptima identificada aquella con un 30 % de maltodextrina (70:30). La condición experimental se replicó tres veces para garantizar la confiabilidad de los resultados.

Población y muestra

La materia prima utilizada fue miel multifloral, obtenida en el Valle de los Chillos, provincia de Pichincha. La población de estudio incluyó las muestras de miel liofilizada preparadas bajo las condiciones definidas en el diseño experimental, y la evaluación sensorial fue realizada por un panel semientrenado de 50 participantes compuesto por estudiantes y docentes de la Facultad de Ciencias Químicas y de la Salud de la Universidad Técnica de Machala.

Recolección de datos

Se aplicaron técnicas estructuradas para la recolección de datos, utilizando procedimientos e instrumentos validados:

Preparación de las muestras:

Las muestras de miel liofilizada se obtuvieron mediante ultracongelación a -27 °C, seguida de un proceso de liofilización durante 62 horas.

Las mezclas iniciales fueron preparadas agitando soluciones de miel y agua (1:1) con maltodextrina (MD 10-15) en diferentes proporciones 85:15, 80:20, 75:25, 70:30, 60:40, 50:50 y 40:60, vertidas en bandejas metálicas rotuladas y sometidas al procedimiento previamente descrito.

Análisis fisicoquímico y funcional:

Las muestras de miel líquida y en polvo fueron preparadas de acuerdo con la metodología descrita en la AOAC 920.180 a las líneas referidas a la miel líquida y granulada.

Se realizó el análisis fisicoquímicos tanto para la miel en su estado natural como para el producto en polvo considerando los parámetros pH, acidez total según la metodología descrita en la Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN 1634:1989-02), contenido de cenizas según la metodología descrita en la AOAC 920.181, humedad mediante espectroscopía de infrarrojo en la AOAC 945.56. y actividad de agua método descrito en la AOAC 978.18.

Se determinó los parámetros de solubilidad según el protocolo reportado por Serna et al., (2014), propiedades de flujo descrito por Estupiñán et al., (2022) tanto densidad aparente y densidad compactada, ángulo de reposo se determinó de acuerdo con lo descrito por Rattes & Oliveira (2007)., Índice de Carr e Índice de Hausner del producto en polvo obtenido, se estimó de acuerdo con lo descrito por Jinapong et al., (2008).

Evaluación sensorial

Se utilizó una hoja de cata basada en una escala hedónica de 5 puntos para evaluar atributos como sabor, dulzor, color, apariencia y aroma.

Los datos se recopilaban a través de un cuestionario estructurado y se complementaron con preguntas cerradas sobre la intención de uso del producto.

Consideraciones éticas

El estudio fue conducido respetando principios éticos fundamentales, garantizando el consentimiento informado de los panelistas, la confidencialidad de sus respuestas y su participación voluntaria. Panelistas con antecedentes de alergias relacionadas con productos apícolas se excluyeron.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se analizaron las propiedades físicoquímicas (Tabla 1), funcionales (Tabla 2) y sensoriales de la miel liofilizada con maltodextrina (30%) como agente encapsulante, esta proporción facilitó el proceso de liofilización (Figura 1). Los resultados obtenidos evidencian la efectividad del proceso de liofilización y la contribución de la maltodextrina para mejorar las propiedades tecnológicas del producto final.

El polvo de miel con 30% de maltodextrina mostró una solubilidad del $95,32 \pm 4,56$ %, lo que indica una alta capacidad de reconstitución. Este hallazgo es consistente con estudios previos, donde se reportan valores similares para polvos de miel obtenidos mediante secado por

aspersión. La alta solubilidad puede atribuirse a las propiedades químicas de la miel (glucosa y fructosa) y a la maltodextrina, cuya estructura favorece la interacción con el agua (Abidin et al., 2024; Cantero et al., 2023).

En cuanto a la densidad aparente y compactada, se obtuvieron valores de $0,50 \pm 0,02$ g/mL y $0,52 \pm 0,02$ g/mL, respectivamente. Estos resultados reflejan un equilibrio entre porosidad y compacidad, lo que facilita el manejo y almacenamiento del polvo.

Algunos estudios han reportado valores comparables al utilizar maltodextrina y otros agentes encapsulantes. Asimismo, el ángulo de reposo de $27,92^\circ$ indica una excelente fluidez, corroborada por un Índice de Carr (4,764) y un Índice de Hausner (0,99), que sugieren baja cohesividad y compresibilidad. Esto asegura un fácil manejo del producto durante su envasado y aplicación (Pino et al., 2016; Vallejos et al., 2024).

El análisis fisicoquímico mostró diferencias significativas entre la miel líquida y la miel liofilizada (Tabla 1). El pH del polvo aumentó ligeramente ($5,2 \pm 0,00$), probablemente debido a la neutralidad de la maltodextrina, este cambio aunque leve, podría influir en las propiedades sensoriales y de estabilidad del producto, como lo ha sugerido Kuffo-Vélez et al. (2024).

En cuanto a la acidez total, disminuyó de $30,5 \pm 0,71$ meq/kg en la miel líquida a $9,5 \pm 0,71$ meq/kg en el polvo, esto podría relacionarse a que algunos ácidos volátiles (fórmico, butírico, láctico, entre otros) pueden perderse debido a la sublimación (Muñoz et al., 2018). Además, la adición de maltodextrina, que no contribuye significativamente a la acidez, diluye la concentración de ácidos presentes en la miel. Por lo tanto, la acidez total de la miel liofilizada tiende a ser menor que la de la miel líquida.

El contenido de humedad en el polvo ($1,54 \pm 0,05\%$) y su baja actividad de agua (0,437) confirman la eficacia del proceso de liofilización en la reducción del contenido de agua, lo que

contribuye a la estabilidad y a la prolongación de la vida útil del producto (Donno et al., 2025; Estupiñan-Amaya et al., 2020). Estos valores se encuentran dentro de los límites establecidos por normativas internacionales (CXS 12-1981) y son comparables con los reportados por (Pino et al., 2016).

En cuanto a la evaluación sensorial, el producto en polvo obtuvo una alta aceptación, el 94% de los encuestados afirmó que utilizaría el producto para endulzar alimentos, en cuanto a la evaluación descriptiva de los atributos los panelistas definieron la apariencia del polvo como “clara” la cual es atribuida a la presencia de maltodextrina, mientras que el aroma fue percibido como débil, posiblemente debido a la pérdida de compuestos aromáticos y carotenoides durante la liofilización (Bhatta et al., 2020; Singh et al., 2024).

El color claro y la textura uniforme del polvo fueron bien recibidos, lo que sugiere su potencial comercial como edulcorante. Además, la baja cohesividad y excelente fluidez del producto mejoran su manejo y aplicación en diferentes contextos (Kuffo-Vélez et al., 2024).

ILUSTRACIONES, TABLAS, FIGURAS.

Figura 1. Comportamiento de la miel liofilizada al 30% de maltodextrina



(A) durante la liofilización, (B), 3 min posteriores a la finalización del proceso de liofilizado (62 horas).

Tabla 1. Caracterización fisicoquímica de la miel de abeja y el polvo liofilizado

	Unidades	Miel de abeja	Polvo liofilizado
		$\bar{x} \pm SD$	$\bar{x} \pm SD$
pH	-	4,35 $\pm$ 0,07 ^a	5,2 $\pm$ 0,00 ^b
Acidez total	meq/kg	30,5 $\pm$ 0,71 ^a	9,5 $\pm$ 0,71 ^b
Cenizas	%	0,20 $\pm$ 0,09 ^a	0,13 $\pm$ 0,01 ^b
Humedad	%	17,73 $\pm$ 0,05 ^a	1,54 $\pm$ 0,05 ^b
Actividad de agua (A_w)	-	0,620 ^a	0,437 ^b

Nota. Los resultados fueron expresados como la media $\pm$ la desviación estándar de la muestra, medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). Tabla de elaboración propia.

Tabla 2. Propiedades funcionales de la miel en polvo

Propiedades Funcionales	Polvo con 30% de MD	
	Unidad	$\bar{x} \pm SD$
Solubilidad	%	95,32 $\pm$ 4,56
Densidad aparente	g/mL	0,50 $\pm$ 0,02
Densidad compactada	g/mL	0,52 $\pm$ 0,02
Ángulo de reposo	°	27,92 $\pm$ 0,00
Índice de Carr (CI)	-	4,764 $\pm$ 0,01
Índice de Hausner (HR)	-	0,99 $\pm$ 0,09

Nota. Los resultados fueron expresados como la media $\pm$ la desviación estándar de la muestra

CONCLUSIONES

La miel liofilizada encapsulada en maltodextrina 10-15 se presenta como una alternativa efectiva para preservar y manipular este producto, cumpliendo con estándares fisicoquímicos reconocidos internacionalmente, como el CXS 12-1981. Este cumplimiento normativo reafirma su potencial como un ingrediente funcional en diversas aplicaciones alimentarias.

Los resultados sensoriales revelan una aceptación positiva por parte de los consumidores, aunque ciertas características como el aroma débil y el color claro podrían requerir ajustes para satisfacer plenamente las expectativas de un público más amplio. Esto sugiere que, si bien el producto cumple con su propósito funcional, aún existe margen para optimizar sus propiedades organolépticas, garantizando una experiencia sensorial más completa y atractiva.

Desde un enfoque teórico, la incorporación de maltodextrina no solo facilita la liofilización,

sino que también contribuye a la estabilidad y manejabilidad del producto. Sin embargo, se identifican áreas de oportunidad en el perfeccionamiento de técnicas de encapsulación que podrían mejorar el perfil sensorial y ampliar su aceptación.

Entre las interrogantes no resueltas, destaca el impacto a largo plazo de esta tecnología en la estabilidad de compuestos bioactivos específicos de la miel, así como su efecto en diferentes matrices alimenticias bajo condiciones de almacenamiento variadas. Esto abre un campo de estudio que podría incluir investigaciones sobre formulaciones avanzadas y exploraciones más detalladas del comportamiento del consumidor.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abidin, N. Z., Hashim, H., Zubairi, S. I., Maskat, M. Y., Purhanudin, N., Awang, R., Ali, J. M., & Yaakob, H. (2024). Enhancing polytetrafluoroethylene (PTFE) coated film for food processing: Unveiling surface transformations through oxygenated plasma treatment and parameter optimization using response surface methodology. PLOS ONE, 19(5), 21. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0303931>
- AOAC International. (2023). Official method 920.180: Honey (liquid, strained, or comb) preparation of test sample. In AOAC Official Methods of Analysis (p.28). AOAC International.
- AOAC International. (2023). Official method 920.181: Ash of honey. In AOAC Official Methods of Analysis (p.29). AOAC International.
- AOAC International. (2023). Official method 945.56: Moisture in foods (infrared method) preparation of test sample. In AOAC Official Methods of Analysis. AOAC International.
- AOAC International. (2023). Official method 978.18: Water Activity of Canned Vegetables. In AOAC Official Methods of Analysis. AOAC International.

- Bhatta, S., Stevanovic Janezic, T., & Ratti, C. (2020). Freeze-Drying of Plant-Based Foods. *Foods*, 9(87), 22. <https://doi.org/10.3390/foods9010087>
- Cantero, L., González-Ceballos, L., Vallejos, S., Puertas, G., Fernández-Muiño, M. A., Sancho, M. T., & Osés, S. M. (2023). Impact of the Drying Procedure and Botanical Origin on the Physico-Chemical and Potentially Bioactive Properties of Honey Powders. *Foods*, 12(21), 3990. <https://doi.org/10.3390/foods12213990>
- Castillo-Martínez, T., García-Osorio, C., García-Muñiz, J. G., Aguilar-Ávila, J., & Ramírez-Valverde, R. (2022). Sugars and °Brix in honey from *Apis mellifera*, *Melipona beecheii*, and commercial honey from a local market in Mexico. *Veterinaria México OA*, 9, 12. <https://doi.org/10.22201/fmvz.24486760e.2022.950>
- Donno, D., Neirotti, G., Fioccardi, A., Razafindrakoto, Z. R., Tombozara, N., Mellano, M. G., Beccaro, G. L., & Gamba, G. (2025). Freeze-Drying for the Reduction of Fruit and Vegetable Chain Losses: A Sustainable Solution to Produce Potential Health-Promoting Food Applications. *Plants*, 14(2), 168. <https://doi.org/10.3390/plants14020168>
- Estupiñan-Amaya, M., Fuenmayor, C. A., & López-Córdoba, A. (2020). New Freeze-Dried Andean Blueberry Juice Powders for Potential Application as Functional Food Ingredients: Effect of Maltodextrin on Bioactive and Morphological Features. *Molecules*, 25(23), 15. <https://doi.org/10.3390/molecules25235635>
- Estupiñan-Amaya, M., Fuenmayor, C. A., & López-Córdoba, A. (2022). Evaluation of mixtures of maltodextrin and gum Arabic for the encapsulation of Andean blueberry (*Vaccinium meridionale*) juice by freeze-drying. *International Journal of Food Science & Technology*, 57(11), 7379-7390. <https://doi.org/10.1111/ijfs.15912>
- Faustino, C., & Pinheiro, L. (2021). Analytical Rheology of Honey: A State-of-the-Art Review. *Foods*, 10(8), 1709. <https://doi.org/10.3390/foods10081709>

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (1989). NTE INEN 1634:1989. Miel de abejas. Determinación de acidez libre.

Islam, M. K., Lawag, I. L., Sostaric, T., Ulrich, E., Ulrich, D., Dewar, T., Lim, L. Y., & Locher, C. (2022). Australian Honey-pot Ant (*Camponotus inflatus*) Honey—A Comprehensive Analysis of the Physiochemical Characteristics, Bioactivity, and HPTLC Profile of a Traditional Indigenous Australian Food. *Molecules*, 27(7), 15.

<https://doi.org/10.3390/molecules27072154>

Jinapong, N., Suphantharika, M., & Jamnong, P. (2008). Production of instant soymilk powders by ultrafiltration, spray drying, and fluidized bed agglomeration. *Journal of Food Engineering*, 84(2), 194-205. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.06.023>

Kuffo-Vélez, E. M., Guadamud-Loza, W. Y., & Muñoz-Murillo, J. P. (2024). Actividad antioxidante y propiedades sensoriales en bebida de soya y guayaba edulcorada con stevia. *Ingenium et Potentia*, 6(10), 22-37. <https://doi.org/10.35381/i.p.v5i8.3637>

Mediani, A., Hamezah, H. S., Jam, F. A., Mahadi, N. F., Chan, S. X. Y., Rohani, E. R., Che Lah, N. H., Azlan, U. K., Khairul Annuar, N. A., Azman, N. A. F., Bunawan, H., Sarian, M. N., Kamal, N., & Abas, F. (2022). A comprehensive review of drying meat products and the associated effects and changes. *Frontiers in Nutrition*, 9, 1057366.

<https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1057366>

Muñoz-López, C., Urrea-García, G. R., Jiménez-Fernández, M., Rodríguez-Jiménes, G. C., & Luna-Solano, G. (2018). Efecto de las condiciones de liofilización en propiedades fisicoquímicas, contenido de pectina y capacidad de rehidratación de rodajas de ciruela (*Spondias purpurea* L.). *Agrociencia*, 52(1), 1-14

- Nainggolan, E. A., Banout, J., & Urbanova, K. (2024). Recent Trends in the Pre-Drying, Drying, and Post-Drying Processes for Cassava Tuber: A Review. *Foods*, 13(11), 1778.
<https://doi.org/10.3390/foods13111778>
- Pino, J. A., Bringas-Lantigua, M., & Aragüez-Fortes, Y. (2016). Conocimientos actuales sobre el secado por aspersión de la miel. *Ciencia y Tecnología de Alimentos. Instituto de Investigaciones para la Industria Alimentaria. La Habana, Cuba*, 26(2), 74-81.
- Serna, L., Torres, C., & Ayala, A. (2014). Evaluación de polvos alimenticios obtenidos de cáscara de mango (*Mangifera indica*) como fuente de ingredientes funcionales. *Infotec*, 26(2), 1-9. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v26n2/art06.pdf>
- Singh, P., Pandey, V. K., Singh, R., & Dar, A. H. (2024). Spray-freeze-drying as emerging and substantial quality enhancement technique in food industry. *Food Science and Biotechnology*, 33(2), 231-243. <https://doi.org/10.1007/s10068-023-01409-8>
- Vallejos, O., Rivero, R., Archaina, D., Busch, V., Sanguinetti, A., Sosa, N., & Baldi Coronel, B. (2024). Obtención y caracterización de mieles deshidratadas por liofilización para uso tecnológico. *Eva Perón*, 24(3260FIB), 150-186.