

COMPARACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE INULINA EXTRAÍDA DE RAÍZ DE *Dahlia* spp. MEDIANTE DOS MÉTODOS DE EXTRACCIÓN

COMPARISON OF YIELD AND PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERISTICS OF INULIN EXTRACTED FROM *Dahlia* spp. ROOT USING TWO EXTRACTION METHODS

Ruiz López, Jordana Nicole^a, Mejía-Carranza, Jaime^b, Jiménez-Villeda Brenda Esmeralda^a, Martínez-Ramírez, Edna Zaranne^a, Ramírez-Gerardo, Marithza Guadalupe^a.

^aTecnológico Nacional de México/ITSOEH, División de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Paseo del Agrarismo 2000, Carr. Mixquiahuala – Tula km.2.5, Mixquiahuala de Juárez, C.P. 42700, Hidalgo, México. *mgramirez@itsoeh.edu.mx

^bUniversidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Ciencias Agrícolas. Carretera Toluca-Ixtlahuaca km 15, El Cerrillo, Centro Universitario, C.P. 50200, Tlaxaloya, Edo. de México.

RESUMEN. La inulina es un fructano con propiedades prebióticas que contribuye a la salud intestinal. En la industria alimentaria la inulina por sus propiedades techno funcionales se utiliza como sustituto de azúcares y grasas, además de contribuir como agente texturizante en la elaboración de bebidas y confitería. Dada su importante aplicación en el ámbito de salud y alimentario, se buscan métodos que permitan obtener un mayor rendimiento y características idóneas para su potencial aplicación tecnológica. Por lo tanto, el objetivo de la presente investigación fue extraer y comparar la inulina a través de dos métodos: Suspensión Filtración Sedimentación (SFS) y Congelación Descongelación Sedimentación (CDS), evaluando su rendimiento y características físicas y químicas. La inulina se obtuvo de raíz de *Dahlia* spp., lavada y deshidratada (40°C por 24 h), molida y tamizada (8 µm). El método SFS consistió en diluir el polvo de raíz de *Dahlia* spp en agua destilada a una temperatura de 85 °C para posteriormente pasar por dos fases de filtración, a la solución filtrada se agregó etanol (1:1) para inducir la cristalización manteniendo una temperatura de 2°C, finalmente se realizó una filtración (8 µm) En el método CDS el polvo de *Dahlia* spp. se realizó una suspensión polvo/agua (1:10), posteriormente un congelamiento (4°C) por 24 h, luego se descongeló a baño María (50°C), seguido de una filtración y sedimentación con etanol (1:1), finalmente se realizó una filtración al vacío y secado (30 °C por 24 h). En ambos métodos el polvo obtenido correspondiente a la inulina se pulverizó y se midieron las variables: rendimiento, pH, sólidos solubles totales (°Brix), acidez titulable y color. Los resultados indicaron valores de rendimiento entre 56 % y 27 % en los métodos de SFS y CDS, respectivamente, los sólidos solubles fueron más altos estadísticamente ($p < 0.05$) en el método SFS (8.07), mientras que las variables pH y humedad son muy similares en ambos métodos. Se concluye que el método SFS presentó un mayor rendimiento y en general valores mayores en las características químicas respecto del método CDS.

Palabras clave: fructanos, raíz tuberosa, prebióticos, métodos de extracción

ABSTRACT. Inulin is a fructan with prebiotic properties that contribute to gut health. In the food industry, due to its techno-functional properties, inulin is used as a sugar and fat substitute, as well as a texturizing agent in the production of beverages and confectionery. Given its important applications in the health and nutrition sectors, methods are being sought to obtain higher yields and characteristics suitable for its potential technological applications. Therefore, the objective of this research was to extract and compare inulin using two methods: Suspension Filtration Sedimentation (SFS) and Freeze-Thaw Sedimentation (FDS), evaluating their yield and physical and chemical. Inulin was obtained from *Dahlia* spp. roots after washing, dehydration (40°C for 24 h), grinding, and sieving (8 µm). The SFS method consisted of diluting *Dahlia* spp. root powder in distilled water at a temperature of 85 °C, followed by two filtration phases. Ethanol (1:1) was added to the filtered solution to induce crystallization, maintaining a temperature of 2 °C. Finally, a filtration (8 µm) was performed. In the CDS method, *Dahlia* spp. powder was prepared as a powder/water suspension (1:10), then frozen (4 °C) for 24 h, thawed in a water bath (50 °C), followed by filtration and sedimentation with ethanol (1:1), and finally vacuum filtration and drying (30 °C for 24 h). In both methods, the resulting inulin powder was pulverized, and the following variables were measured: yield, pH, total soluble solids (°Brix), titratable acidity. The results indicated yield values between 56 % and 27 % for the SFS and CDS methods, respectively. Soluble solids were statistically higher ($p < 0.05$) in the SFS method (8.07), while pH and moisture content were very similar in both methods. It is concluded that the SFS method showed a higher yield and, in general, higher values in chemical characteristics compared to the CDS method.

Key words: fructans, tuberous root, prebiotics, extraction methods.

INTRODUCCIÓN

La inulina es un polisacárido vegetal perteneciente al grupo de los fructanos, constituido principalmente por cadenas de fructosa con un residuo terminal de glucosa¹. Se encuentra naturalmente en raíces y tubérculos de diversas especies vegetales, donde funciona como reserva energética. La inulina es reconocida como una fibra dietética soluble con efecto prebiótico, ya que es fermentada por el microbiota intestinal benéfica, favoreciendo la salud digestiva y metabólica².

El interés por la inulina ha incrementado en los últimos años debido a sus múltiples aplicaciones en la industria alimentaria y su contribución a la formulación de alimentos funcionales. Entre sus principales propiedades tecnológicas destacan la mejora de textura, estabilidad y viscosidad de los productos, así como su uso como sustituto parcial de azúcares y grasas, permitiendo el desarrollo de alimentos con menor aporte calórico sin afectar la calidad sensorial³. La inulina se obtiene principalmente a partir de la raíz de achicoria; sin embargo, otras fuentes vegetales han despertado interés como alternativas viables. Entre ellas se encuentra la raíz tuberosa de *Dahlia* spp., (Asteraceae), conocida principalmente por su valor ornamental, pero que presenta una alta capacidad de acumulación de fructanos como la inulina.

La eficiencia del proceso de extracción de inulina es un factor determinante para su utilización. Los métodos fisicoquímicos basados en suspensión, calentamiento, filtración y precipitación con solventes como el etanol han sido empleados para la recuperación de este polisacárido. Asimismo, técnicas que incorporan etapas de congelación y descongelación han demostrado influir en el rendimiento y la pureza del producto final, lo que resalta la importancia de comparar distintas metodologías de extracción^{4,5}.

No obstante, aún existe información limitada respecto a la comparación directa de diferentes métodos de extracción de inulina a partir de *Dahlia* spp., particularmente en relación con el rendimiento y la calidad fisicoquímica del producto obtenido. Evaluar parámetros como pH, sólidos solubles totales, acidez titulable y color permite establecer la idoneidad del proceso para aplicaciones tecnológicas. En este contexto, el objetivo de la investigación se enfoca en comparar dos métodos fisicoquímicos de extracción

de inulina a partir de raíz tuberosa de *Dahlia* spp.: el método Suspensión, Filtración, Sedimentación (SFS) y el método dos Congelación Descongelación Sedimentación (CDS) con el fin de identificar el procedimiento que ofrezca mejores condiciones de rendimiento y calidad para su potencial uso en la elaboración de alimentos.

METODOLOGÍA

Material vegetal

La raíz de *Dahlia* spp fue cultivada en los campos experimentales de la Facultad de Ciencias agrícolas de la UAEMEX. La siembra fue a chorrillo y con aplicación de riegos por goteo. La densidad de siembra fue aproximadamente de 30,000 plantas por hectárea. Las raíces fueron recolectadas el 14 de agosto de 2024 de un cultivo de 90 días de edad, para su traslado en arpillas de plástico a los laboratorios de investigación del Instituto Tecnológico Superior del Occidente del Estado de Hidalgo.

Obtención de polvo de raíz de *Dahlia* spp.

Las raíces fueron lavadas con agua potable, para posteriormente eliminar la corteza de la raíz con ayuda de un pelador. Después se obtuvieron rodajas con un grosor entre 3 y 4 mm.

Las rodajas de raíz se deshidrataron a 40 °C durante 24 h en un deshidratador (Vevor®). Posteriormente, se realizó una molienda (Nutribullet® 600 w) y finalmente el polvo obtenido se tamizó a un tamaño de malla 100 (0.150 mm).

Métodos de extracción

El método suspensión, filtración, sedimentación (SFS), consistió en la preparación de una suspensión de polvo de raíz en agua destilada (relación 1:4), a una temperatura de 85 °C y posteriormente, sometida a dos etapas de filtración utilizando embudo de cristal con papel filtro (20 µm). A la suspensión filtrada se le añadió etanol en relación 1:1 para inducir la sedimentación y la cristalización para lo cual, la muestra se mantuvo a 2 °C durante 24 h. Finalmente, la inulina fue recuperada mediante filtración al vacío (Whatman® No. 4), secada a 30 °C por 24 h, molida y tamizada.

El método de CDS consistió en la preparación de una suspensión 1:10, la cual se congeló a 4 °C durante 24 h y posteriormente se descongeló a temperatura

ambiente o en baño María a 50 °C. Tras dos etapas de filtración, se indujo la sedimentación mediante la adición de etanol 1:1 y cristalización a 2 °C durante 24 h. La inulina se recuperó por filtración al vacío, seguida de secado a 30 °C por 24 h, molienda con un mortero dada la cantidad de muestra obtenida. El rendimiento de inulina para ambos métodos se obtuvo con la ecuación 1:

$$R = \frac{iob}{rD} \times 100 \quad \text{Ec. 1}$$

R = rendimiento (%)
 iob = inulina obtenida (g)
 rD = raíz de *Dahlia* spp (g)

La cuantificación de ceniza se realizó en una muestra de 3 g utilizando la ecuación 2:

$$\text{Cenizas (\%)} = \frac{\text{Peso de cenizas}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100 \quad \text{Ec. 2}$$

El contenido de humedad de la muestra se obtuvo por el método gravimétrico, para lo cual se pesaron 3 g de inulina obtenida y se secó a 105 °C por 24 h, hasta peso constante, el cálculo se realizó con la ecuación 3⁵:

$$\text{Humedad (\%)} = \frac{\text{Peso inicial} - \text{peso final}}{\text{Peso inicial}} \times 100 \quad \text{Ec. 3}$$

Para la medición de acidez titulable, sólidos solubles totales y pH de la inulina obtenida en ambos métodos se preparó una solución de 10 g de muestra y se disolvieron en 200 ml de agua caliente (80 °C), se dejó enfriar y se completó a 250 ml de agua destilada, posteriormente se filtró (Whatman® No.2). Para la medición de acidez titulable se tomó una alícuota de 10 ml, se tituló con NaOH 0.01N utilizando fenolftaleína como indicador hasta tener un color rosado persistente.

Los sólidos solubles se midieron colocando una gota en el refractómetro (ATAGO 3830®). El pH se obtuvo midiendo en 100 ml de la misma solución con un potenciómetro (HANNA, HI2211®), previa calibración con solución buffer pH=4 y pH= 7⁶.

Determinación de color

Se realizó la medición de color en las muestras de inulina obtenidas utilizando un colorímetro (Vinkolor, WN-1YIO-CX2Z®). Los parámetros de color considerados fueron L^* , a^* y b^* . L^* mide la luminosidad, a^* representa el eje verde-rojo y b^* representa el eje azul- amarillo y, para tener un punto de comparación también se incluyó polvo de inulina comercial dado que la calidad de inulina puede variar por el grado de polimerización⁷.

Observación microscópica de la inulina

Por otra parte, se realizaron observaciones microscópicas con la finalidad de identificar el tipo de aglomerado y la forma de los cristales en inulina extraída. Las observaciones se realizaron a 40x.

Análisis estadístico

Los análisis se realizaron en cada método de extracción por triplicado. Para encontrar posibles diferencias entre los métodos se realizó una prueba de t (0.05) para cada una de las variables evaluadas. Los parámetros de color se compararon con un ANOVA y se realizó una comparación de medias de Tukey ($p < 0.05$). El software estadístico utilizado fue InfoStat versión 2008.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos muestran diferencias estadísticas significativas en el rendimiento entre ambos métodos de extracción (SFS y CDS) (Tabla 1). El método SFS presentó un rendimiento del 56.4 %, mientras que el método CDS alcanzó únicamente el 27.1 %, lo que indica que en el método SFS hubo una recuperación de sólidos extraíbles a partir de la raíz de *Dahlia* spp. relevante. Es importante mencionar que el mayor rendimiento también puede indicar la presencia de otros compuestos además de la inulina como minerales, azúcares simples, pigmentos y compuestos fenólicos⁸.

El contenido de sólidos solubles fue mayor significativamente ($p < 0.05$) en el método SFS (8.07 ± 0.09) en comparación con el valor registrado en el método CDS (5.03 ± 0.06). Este comportamiento sugiere una mayor concentración de carbohidratos solubles en el extracto obtenido mediante SFS; sin embargo, es importante considerar que este valor no corresponde únicamente a inulina, ya que podrían

estar presentes otros azúcares solubles, como fructosa, derivados del proceso de extracción⁹.

Tabla 1. Rendimiento y características físicas y química de inulina obtenida en método de: sedimentación filtrado y centrifugación (SFS) y el método congelación descongelación y sedimentación (CDS).




Parámetros	Método SFS	Método CDS
Rendimiento (%)	56.4±0.0*	27.1±0.0*
Sólidos solubles (°Brix)	8.07 ± 0.09*	5.03 ± 0.06*
pH	6.14 ± 0.01	6.55 ± 0.02
Acidez titulable (%)	1.97 ± 0.13*	1.34 ± 0.26*
Humedad (%)	10.10 ± 0.04	10.52 ± 0.12
Cenizas (%)	2.13 ± 0.05*	1.53 ± 0.02*

Promedio N=9 ±DS, * indica diferencias estadísticas significativas para la variable evaluada (Prueba de t, P<0.05).

De manera similar, la acidez titulable fue mayor en SFS frente a CDS, lo que podría atribuirse a una mayor extracción de ácidos orgánicos presentes naturalmente en la matriz vegetal, un efecto común en métodos que involucran agitación y temperaturas más elevadas⁹. El pH de ambas muestras se mantuvo en un rango ligeramente ácido con tendencia al neutro, lo cual coincide con valores reportados para extractos ricos en fructanos¹¹.

Respecto al análisis de color (Tabla 2), la muestra obtenida en el método SFS presentó una mayor luminosidad, lo que indica una apariencia más clara en comparación con la inulina obtenida por CDS. Esta diferencia puede deberse a una menor extracción de pigmentos naturales en el método SFS, lo cual podría representar una ventaja en aplicaciones donde la apariencia visual del producto final es importante¹². No obstante, la muestra CDS presentó un mayor valor en el parámetro b*, asociado a tonalidades amarillas, lo que sugiere la presencia de compuestos cromóforos residuales derivados de la raíz. Al comparar ambas muestras con una inulina comercial de agave, se observa que las diferencias de color también están influenciadas por el origen botánico y el procesamiento industrial¹³.

Tabla 2. Análisis de color por CIELab de inulina extraída por dos métodos Suspensión Filtración Sedimentación (SFS) y Congelación Descongelación Sedimentación (CDS).

Inulina	L*	a*	b*	color
SFS	72.2±3.3 ^b	2.13±0.3 ^b	22.7±1.3 ^a	
CDS	81.7±2.3 ^a	3.16±0.3 ^a	16.6±1.0 ^b	
Inulina agave	69.5±9.7 ^c	3.55±0.8 ^a	9.17±2.2 ^c	

N=3 ± desviación estándar, valores con letras minúsculas diferentes en la misma columna indican diferencia estadísticamente significativa (p< 0.05), prueba de Tukey. L* (luminosidad), a* (eje rojo/verde) y b* (eje amarillo/azul).

Las micrografías ópticas (Figura 1) revela que en ambos métodos se formaron con morfología irregular, característica común de polisacáridos como la inulina cuando son sometidos a procesos de extracción, secado y molienda¹⁴.

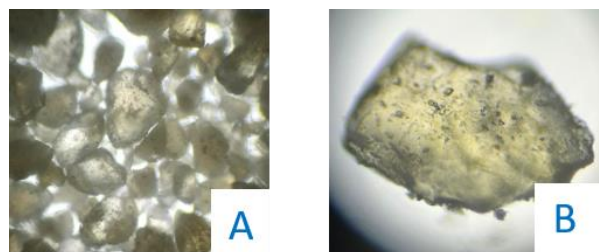


Figura 1. A. Micrografía óptica (40x) de una muestra de inulina extraída mediante el método SFS donde se aprecian agregados con morfología similar. B. Muestra de inulina extraída mediante el método CDS con estructura de morfología irregular.

En la muestra obtenida por el método SFS, La morfología de los cristales de inulina influye en su capacidad de absorción de humedad. La literatura reporta que las partículas de inulina con formas más redondeadas y adheridas tienden a mostrar características higroscópicas más marcadas (es decir, mayor capacidad de adsorber agua, en el método) (método CFS) lo que sugiere que la compactación relativa de los cristales puede disminuir esta absorción de humedad¹⁴.

CONCLUSIONES

Se concluye que el método de extracción influye en rendimiento y en las propiedades físicas y químicas de la inulina. El método que mostró mayor rendimiento de inulina fue SFS. El contenido de sólidos solubles totales, acidez titulable y porcentaje de cenizas en inulina fueron diferentes estadísticamente según método de extracción.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Instituto Tecnológico Superior del Occidente del Estado de Hidalgo (ITSOEH) por las facilidades brindadas para la realización de esta investigación.

REFERENCIAS

- Karimi, I., Ghowsi, M., Jasim Mohammed, L., & Schiöth, H. B. (2025). *Inulin as a biopolymer: Chemical structure, anticancer effects, nutraceutical potential and industrial applications: A comprehensive review*. *Polymers*, 17(3). <https://doi.org/10.3390/polym17030412>
- Akram, W., & Garud, N. (2020). *Optimization of inulin production process parameters using response surface methodology*. *Future Journal of Pharmaceutical Sciences*, 6. <https://doi.org/10.1186/s43094-020-00087-1>
- Canazza, E., Grauso, M., Mihaylova, D., & Lante, A. (2025). *Techno-functional properties and applications of inulin in food systems*. *Gels*, 11(10), 829. <https://doi.org/10.3390/gels11100829>
- Santana-Legorreta S, Villanueva-Carvajal, A., Morales-Rosales, E. J, Laguna-Cerda, A., & Dominguez-López, A. (2016). Extracción y evaluación de inulina a partir de dalias silvestres mexicanas (*Dahlia coccinea* Cav.). *Phyton* 85: 63-70. <https://www.scielo.org.ar/pdf/phyton/v85n1/v85n1a09.pdf>
- Andrianto, D., Bintang, M., Abdul Aziz, I., & Hermita, S. (2022). *Characterization of chemical properties of inulin isolated from yacón tuber*. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 33(2), 111–118. <https://doi.org/10.6066/jtip.2022.33.2.111>
- Hidalgo-Ortiz, N., Meléndez-Arteaga B. L., Ramírez-Gerardo, M. G., Martínez-Ramírez, E.Z. & Jiménez-Villeda, B.E. (2024). Efecto de la pasteurización y estado de madurez sobre las propiedades fisicoquímicas del garambullo (*Myrtillocactus geometrizans*) para su valoración como sustrato fermentable. *Revista para la ingeniería y Tecnología para el desarrollo sustentable*, 12, 149-153.
- Tsatsaragkou, K., Methven, L., Chatzifragkou, A., Rodríguez-García, J. (2021). The Functionality of Inulin as a Sugar Replacer in Cakes and Biscuits; Highlighting the Influence of Differences in Degree of Polymerisation on the Properties of Cake Batter and Product. *Foods*.10(5) 951. *Foods*.10(5) 951. <https://doi.org/10.3390/foods10050951>.
- Putri, V. D. (2022). *The extraction and characterization of inulin from dahlia bulbs (Dahlia variabilis)*. Artículo técnico (análisis de pureza y rendimiento). AIP Actas de conferencia AIP Proceedings. <https://doi.org/10.1063/5.0122564>
- Arango, O., Cuarán, G. P. & Fajardo, J. C. (2008). *Extracción, cristalización y caracterización de inulina a partir de yacón (Smallanthus sonchifolius) para su utilización en la industria alimentaria y farmacéutica*. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 2(6), 14-20. <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v6n2/v6n2a03.pdf>
- Inga, M., Pallardel, B., Kina, M. & Campos D., (2015). *Optimización del proceso de extracción sólido-líquido de inulina a partir de yacón*. *Revista de la Sociedad Química de Perú*, 81(3), 263-272.
- Álvarez-Borroto, R., Ruano, I., & Nieto, M. (2015). *Extracción y determinación de inulina del ajo común (Allium sativum)*. Método reproducible para extracción y cuantificación de inulina. *Revista Cubana de Química*, 27 (2).
- Benítez-Cortés, I. (2015). *Perspectivas de la producción de inulina a partir de raíces tuberosas: parámetros de extracción y rendimiento*. *Tecnología Química*, 2, 193-205.
- Hernández, L., & Pérez, G. (2021). *Análisis de pureza y estabilidad de inulina extraída de raíces no convencionales*. Estudio de optimización de cristalización y secado en raíces de plantas tropicales.
- Saavedra, M., Esneider, M., Soto, J., & Leyva, C. (2014). Caracterización física de las propiedades térmicas de inulina. Congreso Internacional de Investigación e innovación 2014. Multidisciplinario, Cortazar, Guanajuato, México. <https://www.congresoucec.com.mx/documentos/mem2014/ponencias/P-UCEC138.pdf>