

Extracción y caracterización de la inulina presente en los tubérculos de la *Dahlia spp*

EXTRACTION AND CHARACTERIZATION OF INULIN FROM TUBERS OF *DAHLIA SPP*

María E. Fuentes Campos*, Lucy Cotrina Pedraza**, Blanca Romero Guzmán***

RECIBIDO: 28/05/2013 – APROBADO: 10/12/2013

RESUMEN

En el presente trabajo se muestra la extracción de la inulina de los tubérculos de la *Dahlia spp*, usando como solvente de cristalización el etanol. Dichos tubérculos originarios del departamento de Lambayeque fueron sometidos a un proceso de calentamiento, filtración, cristalización y secado lográndose obtener 12.85 % de inulina seca, a la cual se le hizo su reconocimiento mediante la determinación de algunas propiedades físico-químicas. La inulina posee muchas propiedades que se pueden aprovechar en diversas áreas, propiedades entre las que resaltan aquellas enfocadas a la industria de alimentos por su capacidad de ayudar en la absorción de minerales como calcio y magnesio, necesarios para el organismo, y en la prevención de cáncer de colon por el aumento de las bacterias benéficas en el intestino.

Palabras clave: *Dahlia*, inulina, cristalización, absorción, fructanos.

ABSTRACT

In this work the extraction of inulin from the tubers of *Dahlia spp* shown using ethanol as solvent crystallization, such tubers Lambayeque department underwent a process of heating, filtration, crystallization and drying to obtain achieving 12.85% dry inulin which made him recognition by determining some physicochemical properties. The inulin has many properties that can be exploited in several areas, the most remarkable properties those concentrating on the food industry for its ability to aid in the absorption of minerals like calcium and magnesium salts required for the body, and in the prevention of colon cancer by increasing the beneficial bacteria in the gut.

Keywords: *Dahlia*, inulin, crystallization, absorption, fructans

1 Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. Correspondencia a elifuentes@lamolina.edu.pe.

2 Empresa TAWA S.A.

3 Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo, Lambayeque, Perú.

I. INTRODUCCIÓN

La *Dahlia* es una especie floral que fue descubierta en el transcurso del siglo XVI en las montañas de México por el naturalista español José Antonio Cavanilles, enviado por el rey Felipe II con el propósito de estudiar la flora del Nuevo Mundo. Cavanilles la descubrió originalmente con el vocablo azteca de *Acocotli* y *Cocoxochitl* que significa tubo de agua o caña de agua y que era usado por los habitantes de la región de quauhuacense como diurético, diaforético y contra los cólicos (Ver Figura N.º 1).

Dos siglos más tarde, alrededor de 1789, Vicente Cervantes, desde México, envía a Europa semillas que originan dos plantas, una púrpura semidoble y otra rosada sencilla. Desde ese momento la *Dahlia* inicia su trayectoria hasta que en el año 1818 se obtienen *Dahlia*s de todos los colores las cuales aparecen en catálogos ingleses.

Desde el instante de su introducción en Europa, el botánico sueco Andreas Dahl, alumno de Linneo se interesó profundamente en el estudio de esta especie, identificándose con el nombre de *Dahlia spp.*, el género a la cual aquélla pertenece. El género *Dahlia spp.* comprende unas 26 especies de las cuales 22 crecen en las montañas mexicanas y las cuatro restantes en las regiones cercanas de Guatemala, Colombia y Las Antillas (Durvan, 1971).



Figura N.º 1. Tubérculos donde están las reservas de azúcares de la *Dahlia spp.*

Según su clasificación la *Dahlia spp.* pertenece a la familia de las compuestas y la subfamilia de las asteráceas. El principal compuesto que posee está almacenado en sus raíces y se conoce como inulina. La inulina es un fructano que se encuentra en muchas plantas como un hidrato de carbono de almacenamiento, también ha sido parte de la dieta diaria del hombre durante varios siglos. La inulina está regularmente presente en las verduras, las frutas y cereales, incluso en el puerro, la cebolla, ajo, el trigo, la achicoria, la alcachofa y el plátano. Industrialmente, la inulina se obtiene de la achicoria, y se usa como ingrediente funcional en comidas que ofrecen una única combinación de interesantes propiedades nutritivas y beneficios tecnológicos. En las formulaciones de comida, la inulina mejora significativamente las características organolépticas, permitiendo un realce del sabor en una amplia gama

de aplicaciones. En particular, los fructanos aumentan el sabor, dan la estabilidad de espumas y emulsiones, también, muestran una excepcional conducta comparada con las grasas, ya que éstas al ser reemplazadas por el hidrato de carbono de inulina muestra la ventaja de no modificar el sabor y textura de los productos agregando a ellos sus beneficios nutritivos (Madrigal & Sangronis, 2007).

La inulina químicamente se ha definido como un material polidisperso de hidrato de carbono que está compuesta de cadenas de 25 a 30 moléculas de fructosa unidas por enlaces β (1-2) glucosídicos y terminada con una molécula de sacarosa. Es importante señalar que la inulina es degradada a oligómeros de cadena más corta en disolución acuosa debido a la acción de hidrolasas y luego convertidas a sacarosa.

La oligofructosa pertenece al grupo de los fructanos, que comparten la misma estructura básica de cadenas lineales de unidades de fructosa unidas por enlaces β (2-1). Estas cadenas pueden terminar en una unidad de glucosa. El grado de polimerización (GP) será menor y es igual a 20-60 unidades (Biedrzycka, 2004).

La estructura molecular de la inulina comparada con la sacarosa y la oligofructosa es mostrada en la Figura N.º 2.

El grado de polimerización (GP) y la presencia de ramificaciones de la inulina son propiedades importantes que influyen en su funcionalidad.

Una distinción estricta debe hacerse entre la inulina de origen de la planta y la de origen bacteriano. El GP de la inulina de una planta es bastante bajo (a lo máximo 200) y varía según la especie de planta, el tiempo, las condiciones y la edad fisiológica de la planta.

La inulina extraída de raíces frescas siempre contiene la glucosa, la fructosa, la sacarosa, y pequeñas cantidades de oligosacáridos.

La historia de la inulina se sitúa por el año 1804 con un científico alemán denominado Rose quien aisló por primera vez una sustancia peculiar de una planta utilizando agua caliente. Esa planta fue *Inula helenium* y la sustancia fue llamada después inulina por Thomson en 1818.

El alemán fisiólogo botánico Julius Sachs fue el pionero que investigando los fructanos y, usando sólo un microscopio, pudo descubrir los cristales esféricos de inulina en tuberosas de *Helianthus helenium* de Inula después de la precipitación con etanol.

Aunque hoy la achicoria es la cosecha mayor usada para la producción industrial de inulina, se han ido buscando otras materias primas que puedan abastecer su producción. La primera referencia de la achicoria como consumo por los humanos fue hecha por Pedanios Dioscoride, quien como médico en el ejército romano alabó la planta por sus beneficiosos efectos en el estómago, hígado y riñones.

Después, Baillargy (1942) reafirmó lo anterior aproximadamente en el año 1850, cuando cocinó la pulpa de alcachofa de Jerusalén (*Helianthus tuberosus*) para luego molerla para hacer pan y proporcionarlo como alimento humano.

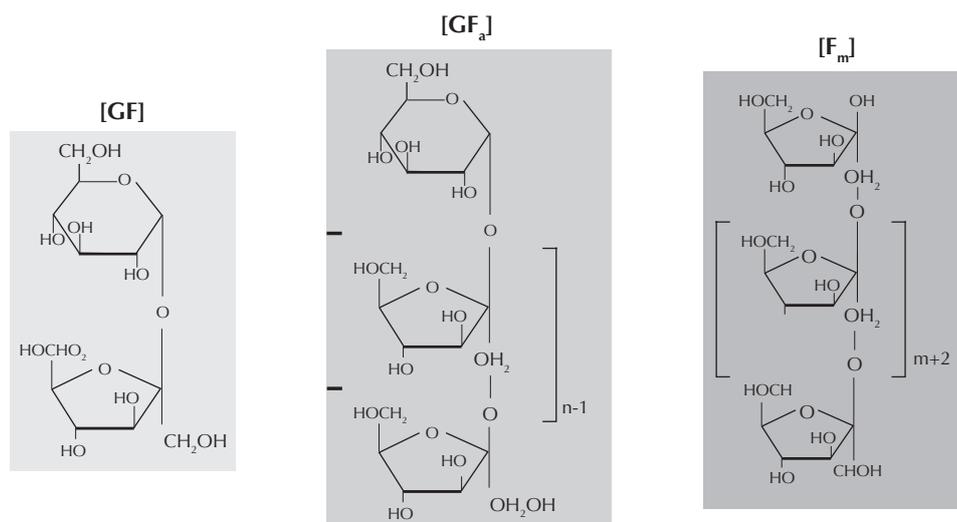


Figura N.º 2. Estructura química de la sacarosa (izquierda), inulina (centro) y oligofruktosa (derecha)

En una base más fisiológica, Kulz informó en 1874 que ningún azúcar aparecía en la orina de diabéticos que consumieron 50 a 120 gramos de inulina por día, y a finales del siglo XIX el alimento de los pacientes diabéticos con puro inulina en las dosis de 40 a 100 gramos diariamente fue reportado ser mucho más beneficioso.

Los primeros estudios de los efectos de la inulina en la salud humana fueron llevados a cabo a inicios del siglo XX, aunque la inocuidad de inulina se demostró dramáticamente algunos años después con Shannon y Smith en el año 1935 cuando uno de los autores se inyectó intravenosamente 160 gramos de inulina.

Hoy, la inulina es aceptada para el uso como un aditivo de comida por los gobiernos de nueve países europeos (Bélgica, Dinamarca, Francia, Luxemburgo, Países Bajos, Portugal, España, Suecia, y Suiza) y Japón.

Según sus propiedades físicas, la inulina se considera un polvo blanco, higroscópico, insípido e inodoro, cuyo punto de fusión es 165 °C y con una gravedad específica de 1.356. El yodo le da un color amarillo que lo distingue del almidón y también es insoluble en agua fría y alcohol pero soluble en agua caliente y se precipita en refrigeración (cristalización). Al calentar los ácidos diluidos, estas se transforman en fructosa, y en productos intermediarios. Los fermentos por ejemplo, diastasas, levadura, emulsiones y la saliva, tienen un ligero efecto formando azúcar el cual aumenta la flora intestinal y no aporta calorías. Su solución en el agua hirviendo produce su rotación sea izquierda en un rayo de luz polarizada.

Se cree que la solubilidad de la inulina varía de acuerdo a las condiciones de cosecha de las raíces de la dalia, así a principios de octubre la inulina obtenida está caracterizada por un alto porcentaje del contenido de inulina que puede llegar al doble.

A inicios de la década pasada se obtenía inulina de la papa (*Helianthus tuberosus*) y de la achicoria (*Cichorium intybus*), permaneciendo esta última como materia prima más común para la producción industrial (Madrigal & Sangronis, 2007), existiendo además otras fuentes de inulina pero con menores rendimientos (ver Tabla N.º 1).

Tabla N.º 1. Contenido de fructanos en diferentes plantas

Nombre científico	Nombre común	Fructano	%
<i>Cichorium intybus</i>	Achicoria	Inulina	16-20
<i>Helianthus tuberosus</i>	Topinambur	Inulina	15-20
<i>Dahlia spp</i>	Dahlia	Inulina	14
<i>Smilax sonchifolius</i>	Yacón	Fructo-oligosacárido	9-12
<i>Allium sativum</i>	Ajo	Inulina	9-11
<i>Allium cepa</i>	Cebolla	Inulina	2-6
<i>Asparagus officinalis</i>	Espárrago	Inulina	2-3
<i>Triticum spp</i>	Trigo	Inulina	1-6
<i>Musa spp</i>	Plátano	Inulina	0.3-0.7

Fuente: Centro Internacional de la Papa (CIP). Lima - Perú

La inulina tiene muchas aplicaciones en la industria alimentaria por sus efectos benéficos por ser una fibra con propiedades prebióticas. Las fibras de comida son los sacáridos que no son hidrolizados ni absorbidos en la parte superior del sistema digestivo humano. Las enzimas digestivas del cuerpo humano no pueden descomponer las relaciones de β -(2-1) entre la fructosa de las moléculas de inulina y oligofruktosa (Flamm, 2001). Algunos estudios demostraron que la inulina y la oligofruktosa alcanzan el colon prácticamente intacto. Ellos se fermentan por los microorganismos específicos del colon, lo que estimula su crecimiento (Barclay, 2010)

Los prebióticos son los ingredientes de comida no digeribles los que mejoran la salud estimulando el crecimiento o la actividad de algunas bacterias entre las que destacan lactobacilos y bifido bacterias. Los únicos prebióticos extensivamente conocidos en la actualidad son la inulina y la oligofruktosa.

Los efectos positivos de la inulina en el cuerpo humano son los siguientes:

- A. Estimula la absorción de minerales.** La concentración fuerte de ácidos grasos, productos de la fermentación, anima la absorción de minerales, en particular Ca^{2+} y Mg^{2+} . Algunos estudios recientes demostraron que la inulina aumenta la reserva en éstos iones en el cuerpo. De uno de estos estudios aparecía que una cantidad de 8 gramos de inulina por día por adolescentes jóvenes aumenta la reserva en estos de una manera significativa. Este dato es muy interesante ya que es principalmente a esta edad que se establecen las reservas en estos minerales. Además, esta reserva es importante porque menos será el riesgo para desarrollar la osteoporosis a una edad más avanzada.
- B. La influencia en el crecimiento de lactobacilos y bifidobacterias.** La presencia de inulina en el colon estimula el crecimiento del lactobacilos y bifidobacterias, por ejemplo, disminuye la intolerancia a la lactosa y algunos estudios demostraron que elementos de la partición de las células del *Bifidobacterium* reprimen el desarrollo de tumores (Flamm, 2001)
- C. La reducción de los riesgos de cáncer de intestino.** La presencia de inulina en el colon no sólo influye en el crecimiento de flora intestinal sino también tendría la propiedad de reprimir la producción de una enzima procarcinógena bajando de la proporción de colesterol (Barclay, 2010).

La inulina también tiene otros usos como reemplazante de grasas y mejoramiento de las emulsiones por su capacidad de retención de agua; como base para edulcorantes por hidrólisis ya que se pueden obtener fructuosa y también se ha probado ser efectivo en la industria de tratamiento de aguas duras (como carboximetilululina) ya que elimina la caliza mostrando su efectividad e inocuidad ya que se trata de una sustancia biodegradable que no contiene nitrógeno ni fosfatos en su composición (Johansen, 2003).

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Los materiales que se utilizaron fueron las muestras de tubérculos de la *Dahlia spp* provenientes del distrito de Monsefú, departamento de Lambayeque, cosechadas entre los meses de abril a junio, ellas fueron previamente sometidas a análisis bromatológicos para determinar su composición química.

Para la extracción y precipitación de la inulina llevada por etapas (Figura N.º 3) se usaron como solvente de cristalización el etanol 96 % grado comercial, carbonato de calcio CaCO_3 grado alimentario, sistema de baño María, bomba centrífuga y licuadora.

La primera etapa de la obtención de inulina se inicia con 1 kg de tubérculos de Dahlia previamente lavados los cuales fueron cortados para extraer el jugo utilizando una licuadora, seguidamente se agregó carbonato de calcio para regular el pH hasta 7.6 para evitar la hidrólisis de la inulina. El procedimiento continúa con la filtración y calentamiento a 70 °C para eliminar albuminoides hasta concentrar el líquido hasta la cuarta parte de volumen en el baño María.

Después de concentrar el extracto se añade alcohol al 96 %, determinándose que el volumen adecuado para la máxima precipitación de los cristales (con relación a la cantidad de extracto de los tubérculos de Dahlia) es de 1:1. Luego se enfrió la muestra hasta una temperatura de 2 °C para lograr la formación de los cristales de inulina.

Después de precipitar la inulina ésta fue sometida a filtración de los cristales usando una bomba al vacío los cuales se llevaron a secar en una estufa con ventilación regulada a 30°C.

La inulina seca obtenida fue sometida a ensayos para observar algunas propiedades físicas y compararla con la inulina industrial de achicoria.

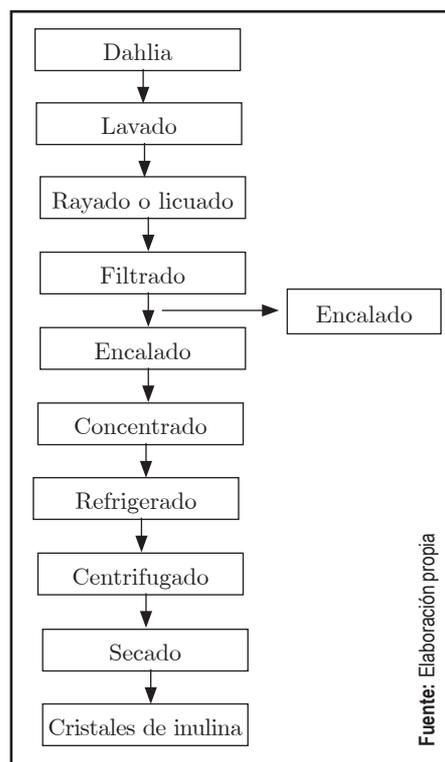


Figura N.º 3. Diagrama de obtención de inulina de los tubérculos de la *Dahlia spp*.

III. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En la Tabla N.º 2 se muestra la composición bromatológica de los tubérculos de la *Dahlia* en la cual se puede notar que tiene un contenido de carbohidratos y fibra en base húmeda significativo el cual justifica las propiedades descritas en la bibliografía.

Esta composición se determinó de la *Dahlia* cosechada en los meses de abril a junio, pudiendo modificarse los valores si fuesen cosechadas en otros meses donde se han reportado tener mayor contenido de fructanos, esto está en relación con la cantidad de carbohidratos presentes en la planta.

La Tabla N.º 3 muestra las características físicas observadas de la inulina extraída, el cual concuerda con la inulina comercial de achicoria, mostrando que no es un azúcar reductor y de pH cercanos (ver Tabla N.º 4). El color y el sabor neutro también indica ser éste un fructano (Madrigal & Sangronis, 2007).

Tabla N.° 2. Composición química de los tubérculos de la *Dahlia spp*

Constituyente	Base húmeda	Base seca
Agua (%)	72.93	–
Cenizas (%)	1.28	4.72
Proteínas (%)	1.28	4.74
Grasas (%)	0.46	1.69
Fibra (%)	7.49	2.03
Materia orgánica (%)	95.64	88.08
Carbohidratos (%)	16.56	–
Ca (%)	0.085	–
P (mg/100 g)	7.2	–

Tabla N.° 3. Propiedades observadas en la inulina extraída de la *Dahlia spp*

Propiedad	Característica
Olor	Inodoro
Sabor	Insípido
pH	6,72
Densidad	1,19 g/ml
Brix (°Bx)	42,8
Humedad	5,34
Poder reductor	Negativo al Ensayo de Fehling

Tabla N.° 4. Comparación de la inulina extraída de la *Dahlia spp* y de la Achicoria (a 20 °C)

Inulina	Ph	Densidad G/ml	Azúcar invertido (%)
Achicoria	4-7	1.35	2.0
Dahlia	6.5	1.19	0.1045

Los parámetros ideales para la extracción fueron determinados teniendo en consideración el tiempo de extracción en caliente a 70 °C y hasta la reducción del volumen. La temperatura de cristalización debe estar en 2 °C para acelerar la precipitación de los cristales y ahorrar el tiempo de formación de éstos, pudiéndose mejorar el proceso para lograr rendimientos mayores al obtenido en esta investigación cuyo valor alcanzó al 12.85 %.

El solvente utilizado para la cristalización de la inulina fue etanol utilizando un volumen cuya relación es 1:1 con respecto al volumen de extracto. Este solvente se eligió por sus características de buen solvente de cristalización,

además permite trabajar de manera segura ya que no afecta la calidad del medio ambiente ni menos la salud de las personas siendo su uso permitido en la extracción de compuestos con fines alimentarios, pudiendo ser reutilizado después de la filtración para su recuperación y reutilización.

IV. CONCLUSIONES

En este trabajo se ha demostrado que la extracción y cristalización de la inulina es un procedimiento sencillo y fácil de aplicar para aprovechar la inulina de otras fuentes vegetales, para sintetizar por ejemplo la carboximetil inulina, para la alimentación de animales en el tratamiento de agua como anti-incrustante y otros (Johansen, 2003)

La Dahlia muestra tener ventajas ya que podría utilizarse no sólo los tubérculos de Dahlia sino también las flores con fines ornamentales y el bagazo (que se produce durante el proceso) el cual se podría aplicar con fines energéticos u otros.

El Perú cuenta con muchas plantas que aún no han sido estudiadas y merecen su atención por las múltiples bondades que puede ofrecer su utilización.

V. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo de la Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barclay, T; Ginic-Markovic, M; Cooper, P. y Petrovski, N. (2010). Inulina versatile polysaccharide with multiple pharmaceutical and food chemical uses. *Journal of Excipients & Food Chemicals*, Vol. 1 Issue 3, pp. 27-50.
- Biedrzycka, E; Bielecka, M. (2004). Prebiotic effectiveness of fructans of different degrees of polymerization. *Trends Food Science Technology*. 15: 170-175.
- CIP-UNC (2000). "I Curso Nacional Cultivo y Aprovechamiento del yacón". Oficina General de Investigación UNC Editor. Cajamarca-Perú. p. 70.
- Durvan S.A. (1971). *Gran Enciclopedia del Mundo*. . Tomo VI, Ediciones Bilbao, pp. 445, 446.
- Flamm, G; Glinsmann, W; Kritchevsky, D; Prosky, L; Roberfroid, M. (2001). Inulin and oligofructose as dietary fiber: a review of the evidence. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*; 41: 353-362.
- Johansen, F. (2003). Toxicological profile of carboxymethyl inulin. *Food Chem. Toxicol*; 41: 49-59.
- Madrigal, L & Sangronis, E. (2007). La inulina y derivados como ingredientes claves en alimentos funcionales. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. Vol 4: 387-394.