

Caracterización de la Inulina Comercial y su Implementación Alimentaria en Personas con el Trastorno del Espectro Autista.

Ana Laura García-Pérez¹

analaura_fcq@uadec.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0001-9935-1211>

Universidad Autónoma de Coahuila

Marcelo Israel Ulloa-Pérez

marcelo.ulloa@ciqa.edu.mx

<https://orcid.org/0009-0003-4087-0449>

Centro de Investigación en Química Aplicada

Carlos Neftalí Cano-González

ccanogonzalez@uadec.edu.con

<https://orcid.org/0000-0002-6003-0960>

Centro de Investigación en Química Aplicada

RESUMEN

Se ha demostrado que el incluir a la inulina en la ingesta diaria proporciona beneficios para la salud de nuestro organismo, así como la disminución de problemas gastrointestinales. Problemas que son muy frecuentes en personas con autismo principalmente al presentar selectividad a los alimentos y que por su condición pueden vivir con altos niveles de estrés. La inulina por sus antecedentes como prebiótico ha sido recomendada y considerada como un ingrediente alimenticio funcional que puede ayudar a la mejora de la salud, en condiciones de ingesta de 10 a 20 g al día y con un bajo nivel calórico de 1.5 Kcal/g que puede ayudarles a disminuir los posibles riesgos de obesidad. En las muestras comerciales de inulina que fueron analizadas por FT-IR (Espectroscopia de Infrarrojo por Transformada de Fourier), se observaron pequeñas bandas en 1638cm^{-1} para la muestra A y en 1648cm^{-1} para la muestra B, estas asociadas a la presencia de impurezas, por lo que ambas marcas demostraron ser productos con un buen grado de pureza y que son productos con fuente de inulina.

Palabras Claves: *Inulina, prebiótico, autismo, problemas gastrointestinales.*

¹ Autor Principal

Correspondencia: analaura_fcq@uadec.edu.mx

Caracterización De La Inulina Comercial Y Su Implementación Alimentaria En Personas Con El Trastorno Del Espectro Autista.

ABSTRACT

It was being shown that including inulin in the daily intake provides benefits for the health of our body, as well as the reduction of gastrointestinal disorders. Problems that are very frequent in people with autism, mainly when they present selectivity to food and who, due to their condition, can live with high levels of stress. Due to its history as a prebiotic, inulin has been recommended and considered as an additional functional ingredient that can help to improve health, under intake conditions of 10 to 20 g per day and with a low caloric level of 1.5 Kcal/g that it can help reduce the possible risks of obesity. In the commercial inulin samples that were analyzed by FT-IR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy), small bands were observed at 1638cm^{-1} for sample A and at 1648cm^{-1} for sample B, these associated with the presence of impurities, so both brands prove to be products with a good degree of purity and that they are products with a source of inulin.

Keywords: Inulin, prebiotic, autism, gastrointestinal disorders

Artículo recibido 05 agosto 2023

Aceptado para publicación: 05 septiembre 2023

INTRODUCCIÓN

El espectro autista se describe como un trastorno en donde se ve alterado el comportamiento y donde la comunicación e interacción social no se llevan a cabo de manera efectiva, así como un trastorno neurodegenerativo en donde puede existir un retraso o una discapacidad intelectual y en algunos casos las personas pueden presentar epilepsias (Banerjee 2022), (Abdelhameed, Naser Alqaysi et al. 2020). Pero además de esto son susceptibles a presentar frecuentemente problemas gastrointestinales que afectan su salud intestinal que se intensifican principalmente por la mala alimentación debido a que la gran mayoría de las personas con el trastorno del espectro autista presentan selectividad alimentaria en conjunto de un bajo consumo de fibra y altos niveles de estrés, lo que provoca que los problemas gastrointestinales sean recurrentes. Además de ocasionarles inflamación intestinal y lleguen alterar su comportamiento (Abdelhameed, Naser Alqaysi et al. 2020).

Por lo que diversos estudios han establecido que mejorar la alimentación ayudará a mejorar su calidad de vida además de prevenir un deterioro cognitivo (Banerjee 2022) al crear una barrera que proteja que contaminantes presentes en el intestino pasen al cerebro, por la producción en exceso de ácido propiónico debido al crecimiento excesivo de bacterias intestinales y afecten el cerebro provocando su inflamación (Abdelhameed, Naser Alqaysi et al. 2020). Por lo que el consumo de prebióticos como la inulina podría ayudar a mejorar su salud intestinal (Abdelhameed, Naser Alqaysi et al. 2020), (Mudannayake, Jayasena et al. 2022).

Los prebióticos tienen la capacidad de presentar las siguientes características: resistencia a la acidez gástrica, hidrólisis por enzimas de mamíferos y absorción gastrointestinal y estimulación selectiva del crecimiento de bacterias intestinales asociadas a la salud. Recientemente, los prebióticos se definieron según sus autores como; "un sustrato que los microorganismos hospedadores utilizan de forma selectiva y que confieren un beneficio para la salud" (Mudannayake, Jayasena et al. 2022), (Gibson, Hutkins et al. 2017).

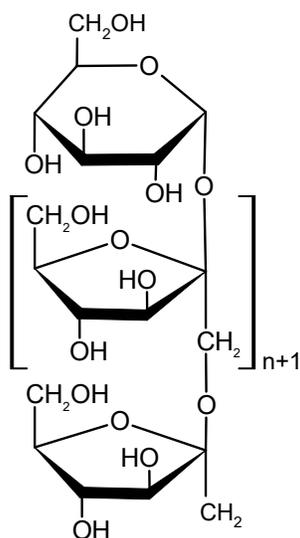
Dentro de estos prebióticos que están comercialmente disponibles, se encuentra el fructooligosacárido conocido como inulina la cual ha generado una gran atracción debido a los importantes beneficios

que se le ha atribuido en mejora de la salud como prebiótico (Mudannayake, Jayasena et al. 2022), además su índice glucémico que es mucho menor comparado con otros carbohidratos solubles, así como su valor calórico que podría ayudar en el tratamiento de la obesidad. Para la inulina el valor calórico reportado es de solo 1.5 Kcal/g en comparación con la glucosa que es de 3.5 Kcal/g (Weitkunat, Schumann et al. 2015), (Tripodo and Mandracchia 2019). Este fructooligosacárido presenta un ligero sabor dulce, además de un buen sabor el cual le permite que pueda ser fácilmente incorporado en productos bajo en calorías. Asimismo, la inulina puede formar un gel suave y cremoso que puede ser incorporado o reemplazar a las grasas hasta en su totalidad en productos bajos en grasas (Mudannayake, Jayasena et al. 2022).

La inulina ha sido descrita como un carbohidrato, y por la longitud de su cadena de 10 a más de 60 unidades monoméricas puede ser considerado un oligosacárido, con moléculas de glucosa o fructosa terminales (Mudannayake, Jayasena et al. 2022), (Khuenpet, Fukuoka et al. 2017), el cual está presente en más de 36 000 especies de vegetales, principalmente en algunas plantas, frutos, vegetales y semillas. Su estructura química ya bien descrita y conocida se representa en la Figura 1 (Mudannayake, Jayasena et al. 2022), (Balan, Chis et al. 2018), (Zhu, He et al. 2016, Tripodo and Mandracchia 2019).

La inulina fue designada como GRAS por su acrónimo que significa “Generally Recognized As Safe” desde el 2002 por la FDA “Food and Drug Administration”, debido a su aplicación en las industrias alimentarias para su distribución individual o combinado con otros ingredientes para otorgarles propiedad de alimento funcional (Singh, Singh et al. 2019), (Mudannayake, Jayasena et al. 2022). Pero su grado variable de polimerización y el valor del cultivo ha determinado sus aplicaciones, por lo que se deberá de tener una estricta regulación en el origen del cultivo para asegurar que se encuentre libre de contaminantes y de agroquímicos que puedan ser dañinos a la salud (Apolinário, de Carvalho et al. 2017).

Estructura de la inulina con
unidad de glucosa terminal



Estructura de la inulina con
unidad de fructosa terminal

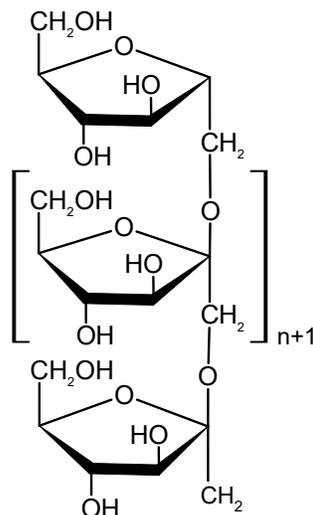


Figura 1. Estructura química de la inulina

Su principal aportación como alimento es presentar propiedades prebióticas y al ser una fibra dietética su alto consumo ayudaría a disminuir riesgos de enfermedades y trastornos gastrointestinales (Mudannayake, Jayasena et al. 2022) (Barclay, Ginic-Markovic et al. 2016). Atribuyéndole que esta podría aumentar la cantidad de microorganismos beneficiosos como bifidobacteriaceae y disminuir a los microorganismos dañinos como Streptococcus, Clostridium y Enterococcaceae (Tian, Liu et al. 2019) y con esto demostrar que la inulina puede mejorar la salud del sistema digestivo.

Se considera que se debe de tener una ingesta de inulina de 10 a 20g al día para proporcionar beneficios significativos de actividad prebiótica y que en su gran mayoría se llega a consumir en bajas concentraciones ya que en los alimentos solo se encuentran en pequeñas cantidades (Mudannayake, Jayasena et al. 2022), por lo que se ha buscado la obtención de este fructooligosacárido extrayéndolo de plantas, específicamente de las raíces o tubérculos en los que se encuentra presentes en mayor proporción, algunas de estas fuentes naturales son descritas en la Tabla 1. Con ello se le puede considerar como un ingrediente alimenticio funcional al proporcionar beneficios para el cuerpo más allá de su nutrición (Mudannayake, Jayasena et al. 2022).

La inulina comercializada es obtenida de recursos renovables como la extracción de plantas o incluso a partir de bioproducciones. En la actualidad dentro del área de la extracción de la inulina se ha enfocado en el mejoramiento de su extracción en fuentes naturales al lograr mejorar sus procesos de extracción. Aunque principalmente la inulina se obtiene de esta forma se ha descubierto que ciertas especies de hongos y bacterias pueden llegar a producirla (Mudannayake, Jayasena et al. 2022).

Tabla 1. Ejemplos de fuentes naturales en donde se extrae la inulina y los porcentajes del contenido de inulina reportados.

Fuente de obtención de la inulina	Contenido de inulina* (%)	de Ref.
Achicoria (<i>Cichorium intybus</i>) Raíz	14.9-18.3%	(Mudannayake, Jayasena et al. 2022), (Tripodo and Mandracchia 2019)
Agave (<i>Agave tequilana</i>) Hojas	12%	(Mudannayake, Jayasena et al. 2022)
Ajo (<i>Allium sativum</i>) Bulbo	19%	(Mudannayake, Jayasena et al. 2022)
Alcachofa (<i>Cynara scolymus</i>) Globo	2-10%	(Mudannayake, Jayasena et al. 2022)
Alcachofa de Jerusalén (<i>Helianthus tuberosus</i>) Tubérculo	14-18%	(Tripodo and Mandracchia 2019, Mudannayake, Jayasena et al. 2022), (Castellino, Renna et al. 2020)
Aloe Vera Hojas	0.51%	(Mudannayake, Jayasena et al. 2022)
Bardana (<i>Arctium lappa</i>) Raíz	8.21-13.41%	(Zhu, He et al. 2016), (Mudannayake, Jayasena et al. 2022)
Cebolla (<i>Allium cepa</i>) Bulbo	9%	(Mudannayake, Jayasena et al. 2022)
Dalia (<i>Dahlia pinnata</i>) Tubérculo	10-12%	(Tripodo and Mandracchia 2019, Mudannayake, Jayasena et al. 2022)
Diente de León (<i>Taraxacum officinale</i>) Hojas	12-15%	(Mudannayake, Jayasena et al. 2022)
Espárragos (<i>Asparagus falcatus</i>) Raíces	18%	(Mudannayake, Jayasena et al. 2022)

Plátano (<i>Musa cavendishi</i>)	Fruto	0.30%	(Mudannayake, Jayasena et al. 2022)
Puerro (<i>Allium ampeloprasum</i>)	Hojas	6%	(Mudannayake, Jayasena et al. 2022)
Trigo (<i>Triticum aestivum</i>)	Grano	1-4%	(Mudannayake, Jayasena et al. 2022)
Yacón (<i>Smallanthus sonchifolius</i>)	Tubérculo	3-19%	(Mudannayake, Jayasena et al. 2022)

*El contenido de inulina (%) se reportó en relación a la cantidad encontrada en 100g de muestra fresca, este porcentaje reportado es un valor aproximado.

Recientemente, en el área de la investigación se ha enfocado además de la extracción de la inulina asistida por enzimas para la liberación de biocompuestos hidrolizando la pared celular vegetal. Existen trabajos confirmando que la adición de enzimas específicas como la celulasa, α -amilasa y pectinasa durante el proceso de extracción mejora la recuperación de compuestos de alto valor agregado (Cao, Dong et al. 2010), (Zhu, He et al. 2016), (Tripodo and Mandracchia 2019).

METODOLOGÍA

La caracterización se realizó a dos muestras, etiquetadas como muestra A y muestra B adquiridas en tiendas comerciales. Siendo caracterizadas sin tratamiento previo, en estos dos productos el etiquetado indica que el producto es inulina obtenida a partir de agave.

Las muestras de inulina se analizaron mediante espectroscopia de reflectancia total atenuada por infrarrojos (FTIR-ATR) con punta de diamante, realizada por un equipo Nicolet Nexus 470 (ThermoFisherScientific, E.U.A.) que funciona con una resolución de 0.125cm^{-1} . Los espectros se recogieron de 4000 a 500cm^{-1} en el modo de transmitancia. Los espectros de absorción aproximada en 1400cm^{-1} fueron normalizados a 1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La caracterización de las muestras de inulina comerciales se realizó por FTIR-ATR para comparar las bandas observadas con lo reportado en la literatura y confirmar el grado de pureza de las muestras y en donde sus empaques de ambos productos afirman presentar un alto grado de pureza. Las muestras analizadas fueron de los productos de la marca Enature (muestra A) y el producto de la marca NBF (muestra B) ambos obtenidos del Agave.

En la Figura 2 se compilaron los espectros obtenidos del análisis de las muestras A y la muestra por FTIR-ATR logrando observar bandas características de los polisacáridos en donde se encuentra presente la glucosa y la fructosa.

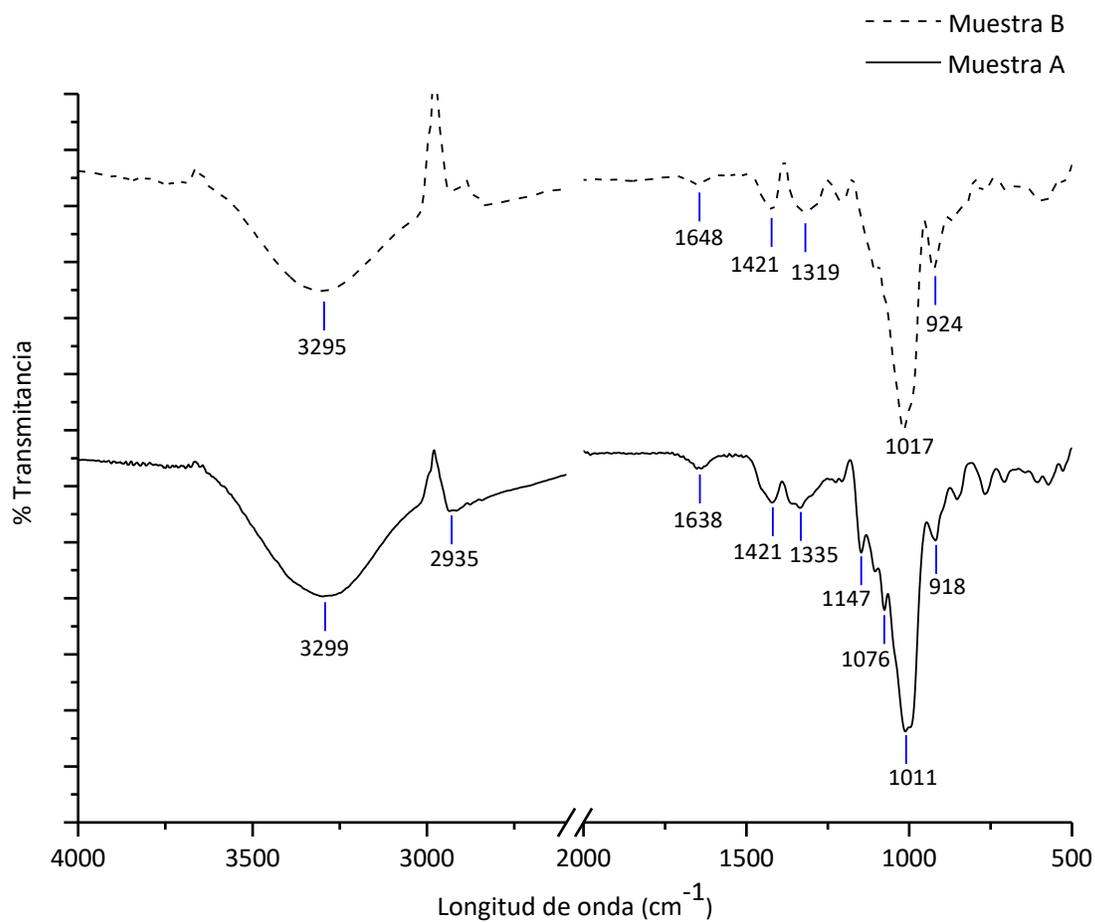


Figura 2. Espectro de FT-IR de muestra de inulina de Agave comercial

En las muestras de inulina A y B, presentan un pico ancho a 3299cm^{-1} y 3295cm^{-1} el estiramiento O-H de las unidades asociadas de glucosa y fructosa en la cadena principal del polisacárido. Una banda en 2935cm^{-1} corresponde al estiramiento C-H. Bandas pequeñas en 1638cm^{-1} y 1648cm^{-1} que se le atribuye a posibles impurezas ya que se ha descrito en la literatura que en la inulina pura no se observan estas señales (Apolinário, de Carvalho et al. 2017). Las bandas de 1421cm^{-1} asignada posiblemente a deformaciones de $\text{CH}_2\text{-OH}$ del anillo de la fructosa (Apolinário, de Carvalho et al. 2017).

Además de las bandas de 1335cm^{-1} , 1319cm^{-1} y 1147cm^{-1} son bandas características de los enlaces C-O-C entre los ciclos del polisacárido (Apolinário, de Carvalho et al. 2017). Así como la banda en 1076cm^{-1} puede corresponder a C-O y C-C de las vibraciones del estiramiento del anillo de piranosa de inulina, además de las bandas de 924cm^{-1} y 918cm^{-1} corresponden al estiramiento C-O-C y C-O, respectivamente (Apolinário, de Carvalho et al. 2017).

Por lo que las bandas que se encuentra en el rango de $1200\text{-}900\text{cm}^{-1}$ corresponderían a los enlaces glucosídicos, en donde ocurren los estiramientos C-O-C y C-O y que son considerados característicos de polisacáridos (Petkova, Sherova et al. 2018), (Balan, Chis et al. 2018), (Li, Lei et al. 2021).

CONCLUSIONES

Las muestras comerciales de inulina A y B de las marcas Enature y NBF demostraron tener un alto grado de pureza en el análisis por infrarrojo. Por lo que ambas marcas se les puede atribuir que son productos de buena calidad y que pueden ser utilizados para el consumo de inulina y que en condiciones reportadas de 10 a 20 g al día pueden mejorar la salud de las personas.

REFERENCIAS

- Abdelhameed, A., et al. (2020). "*Study the Gastrointestinal Flora in Autism Spectrum Disorders (ASDs): Mini Review.*" Journal of Global Scientific Research **11**: 895-901.
- Apolinário, A. C., et al. (2017). "*Extraction, isolation and characterization of inulin from Agave sisalana boles.*" Industrial Crops & Products **108**: 355-362.

- Balan, C., et al. (2018). "*A vibrational study of inulin by means of experimental and theoretical methods.*" *Journal of Molecular Structure* **1164**: 84-88.
- Banerjee, S. (2022). "*A Review of the Effectiveness of Various Diet types on Autism.*" *Journal of Mental Health Issues and Behaviour* **3**: 1-7.
- Barclay, T., et al. (2016). "*Inulin-a versatile polysaccharide with multiple pharmaceutical and food chemical uses.*" *Journal of Excipients* **1**(3): 27-50.
- Cao, Z., et al. (2010). "*Enzymatic extraction of inulin from burdock (*Arctium lappa* L.) root.*" *Journal Food Science* **31**(24): 37-45.
- Castellino, M., et al. (2020). "*Conventional and unconventional recovery of inulin rich extracts for food use from the roots of globe artichoke.*" *Food Hydrocolloids* **107**: 105975.
- Gibson, G. R., et al. (2017). "*Expert consensus document: The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of prebiotics.*" *Nature reviews Gastroenterology Hepatology* **14**(8): 491-502.
- Khuenpet, K., et al. (2017). "*Spray drying of inulin component extracted from Jerusalem artichoke tuber powder using conventional and ohmic-ultrasonic heating for extraction process.*" *Journal of Food Engineering* **194**: 67-78.
- Li, S., et al. (2021). "*Complexation of maltodextrin-based inulin and green tea polyphenols via different ultrasonic pretreatment.*" *Ultrasonics Sonochemistry* **74**: 105568.
- Mudannayake, D. C., et al. (2022). "*Inulin fructans–food applications and alternative plant sources: a review.*" *International Journal of Food Science and Technology* **57**(9): 5764-5780.
- Petkova, N., et al. (2018). "*Characterization of inulin from dahlia tubers isolated by microwave and ultrasound-assisted extractions.*" *International Food Research Journal* **25**(5): 1876-1884.
- Singh, R., et al. (2019). "*Biotechnological applications of inulin-rich feedstocks.*" *Journal Bioresource Technology* **273**: 641-653.

- Tian, K., et al. (2019). "*Effects of dietary supplementation of inulin on rumen fermentation and bacterial microbiota, inflammatory response and growth performance in finishing beef steers fed high or low-concentrate diet.*" *Journal Feed Science* **258**: 114299.
- Tripodo, G. and D. Mandracchia (2019). "*Inulin as a multifaceted (active) substance and its chemical functionalization: From plant extraction to applications in pharmacy, cosmetics and food.*" *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics* **141**: 21-36.
- Weitkunat, K., et al. (2015). "*Effects of dietary inulin on bacterial growth, short-chain fatty acid production and hepatic lipid metabolism in gnotobiotic mice*" *Journal of nutritional biochemistry* **26** (9): 929-937.
- Zhu, Z., et al. (2016). "*Recent insights for the green recovery of inulin from plant food materials using non-conventional extraction technologies: A review*" *Innovative Food Science and Emerging Technologies* **33**: 1-9.