

## EXTRACCIÓN DE INULINA A PARTIR DE PIÑAS DE DESECHO DE HENEQUENERAS CUBANAS

### EXTRACTION OF INULIN FROM WASTE PINEAPPLES FROM CUBAN HENEQUEN PLANTS

Cándida Magali Ferrer-Serrano<sup>1\*</sup> <https://orcid.org/0000-0003-1616-7932>  
Beatriz Zumalacárregui-de-Cárdenas<sup>2</sup> <https://orcid.org/0000-0001-7935-903X>  
Martha Mazorra-Mestre<sup>3</sup> <https://orcid.org/0000-0002-9003-0988>

<sup>1</sup>Centro de Estudio de Tecnologías Energéticas Renovables (CETER), La Habana, Cuba

<sup>2</sup>Facultad de Ingeniería Química, Universidad Tecnológica de la Habana (CUJAE), La Habana, Cuba

<sup>3</sup>Centro de Estudio de Tecnologías Energéticas Renovables, Universidad Tecnológica de la Habana, La Habana, Cuba

\*Autor para correspondencia: [pllerena@infomed.sld.cu](mailto:pllerena@infomed.sld.cu)

Recibido: 3 de febrero de 2023

Aprobado: 5 de marzo de 2023

#### RESUMEN

La limitada utilización de las piñas de henequén provenientes de residuos biodegradables como materia prima, constituye una problemática a solucionar. La presencia de inulina en un producto alimenticio es condición suficiente para ser considerado como "alimento prebiótico", además de su variedad de aplicaciones en la salud y en la industria farmacéutica, por lo que el objetivo del trabajo es extraer inulina a partir de las piñas de henequén. Para el estudio se utilizaron piñas de las regiones de Mariel y Limonar, Cuba y técnicas analíticas cualitativas y cuantitativas. Se realizó un diseño experimental <sup>2</sup> a través del paquete estadístico Stagraphics Centurium, tomando en cuenta los factores que influyen en el porcentaje de extracción de este tipo de polisacáridos. Los mejores resultados corresponden a los alcanzados con piñas de la región de Limonar, a temperatura de 70 °C, tiempo de 60 min, y plantas de 12 años.

**Palabras clave:** inulina; extracción; piñas de henequén.

#### ABSTRACT

The non-use of henequen pineapples from biodegradable waste as raw material constitutes a problematic to be solved. The presence of inulin in a food is a sufficient condition to be considered a prebiotic food in addition to the variety of applications of inulin in health and in the pharmaceutical industry, so the objective of the work is to extract inulin of henequen pineapples. For the study, henequen pineapples from Mariel and Limonar, qualitative and quantitative analytical techniques were used. An experimental design <sup>2</sup> was carried out through the Stagraphics Centurium statistical package, taking into account the factors that influence the percentage of extraction of this type of polysaccharides. The best results correspond to Limonar henequen pineapples at a temperature of 70 °C time of 60 min and 12 year-old plants.

**Keywords:** inulin; obtain; henequen pineapples.

## INTRODUCCIÓN

El avance de la ciencia y las necesidades sociales de la actualidad en correspondencia con el crecimiento poblacional, unido a nuevas enfermedades, ha estimulado la búsqueda de productos que respondan a las nuevas condiciones, por lo que se requiere contar con fuentes que sean renovables y compatibles con el medio ambiente.

El *Agave fourcroydes* Lem (henequén) se cultiva en varias provincias del país. Esta industria cubana se ha dedicado fundamentalmente a la obtención de fibra blanca con características competitivas en el mercado internacional. Sin embargo, los residuales que genera el proceso productivo no han sido aprovechados para su utilización en procesos industriales o sociales. De los mismos, es posible obtener productos con un alto valor agregado, a partir de sus propiedades. Varios estudios indican que sus piñas son ricas en carbohidratos con una concentración del 75 %. Se han identificado azúcares como glucosa, dextrina, almidón y principalmente, inulina que está contenida en un 15-20 %.<sup>(1)</sup>

La inulina es un polisacárido tipo fructano también conocido como fructosano, fructo-oligosacárido (FOS). presente en numerosas especies vegetales, considerada como agente prebiótico. Ha sido objeto de numerosos estudios a escala de laboratorio, partiendo de un minucioso análisis de las fuentes naturales y aprovechables de dicho elemento, hasta su transformación en subproductos generados. Se identifica a la inulina como un compuesto importante, debido a sus posibilidades de producción y su variedad de aplicaciones, así como la necesidad de desarrollar tecnologías de producción eficientes.<sup>(2, 3)</sup>

Es un polímero constituido por un número variable de unidades de fructosa que se unen por un enlace glucosídico  $\beta$  (2 $\rightarrow$ 1), normalmente terminadas en una unidad de glucosa a través de un enlace  $\alpha$ -D- glucopiranosil (1 $\rightarrow$ 2).

Los FOS, en las últimas décadas han sido estudiados intensamente por sus aplicaciones en las industrias: alimentaria, química y farmacéutica. Estos pueden estar presentes en los propios alimentos, o a su vez pueden ser añadidos

en los productos industrializados (alimentos funcionales).<sup>(4)</sup>

Los alimentos funcionales cubren aspectos alimentarios, como son: el mejoramiento de las funciones gastrointestinales, actúan sobre el sistema redox y antioxidante, contribuyen al metabolismo de macronutrientes (principalmente glúcidos, proteínas y lípidos) y favorecen el metabolismo de micronutrientes (vitaminas y minerales), entre otros, por lo que se ha manifestado un creciente interés y consumo de los mismos, principalmente de aquellos que poseen un carácter prebiótico.<sup>(5)</sup>

En particular, las investigaciones sobre la inulina, recalcan sus efectos positivos, en la salud y en la industria alimenticia, entre ellos: regulan las bacterias en el colon, contribuyendo a disminuir la glucosa en la sangre, permite la biodisponibilidad de calcio y magnesio, y es utilizado por sus diversos efectos benéficos en el procesamiento de alimentos.<sup>(4, 6, 7)</sup>

Evidencias promisorias de la inulina en la regulación de parámetros lipídicos, reducción del riesgo de cáncer, refuerzo de la respuesta inmune y protección contra desórdenes intestinales fueron presentadas por Escobar.<sup>(8)</sup> Tanto ella como los fructanos, no pueden ser hidrolizados por las enzimas digestivas que se encuentran en el tracto superior gastrointestinal: estómago e intestino delgado, pero si son hidrolizadas por la microflora bacteriana presente en el colon. Al tener dicha particularidad, son denominadas fibra dietética con un bajo contenido calórico.<sup>(9, 10, 11)</sup>

Como prebiótico, tienen un gran aporte de fibra dietética, bajo valor calórico, hipoglucemiante. En una amplia variedad de productos alimenticios se usan como espesante, agente emulsificador, gelificante, sustituto de azúcares y de grasas, humectante y depresor del punto de congelación. También se emplean en la industria químico-farmacéutica y de procesamiento como excipiente, aditivo, agente tecnológico o coadyuvante.<sup>(5, 12)</sup>

Existen estudios científicos sobre la obtención de la inulina, su metodología, variables y métodos de cuantificación de la presencia de FOS,<sup>(6, 13)</sup> identificando a la inulina y a la oligofructosa como los prebióticos más conocidos. Escobar,<sup>(8)</sup> y Fiallos y col.<sup>(2)</sup> realizaron estudios con la

finalidad de evaluar las propiedades organolépticas de la inulina cuando es incorporada a productos ya existentes, y la obtuvieron a través de hidrólisis, empleando ácido oxálico al 5 % y utilizando las raíces y hojas de la planta de yacón deshidratadas.

Aunque existen estudios preliminares en la obtención de fructanos a partir del jugo de las piñas de henequén, <sup>(3)</sup> su implementación en Cuba constituye una problemática interesante a solucionar, pues genera nuevas fuentes para el desarrollo social e industrial, además del impacto ambiental que genera la utilización de residuos agrícolas o industriales. El objetivo de esta investigación se relaciona con la obtención de inulina a partir de piñas de henequén cubano de las regiones Mariel (provincia Artemisa) y Limonar (provincia de Matanzas), así como la precisión de parámetros operacionales.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realiza en el Centro de Estudio de Tecnologías Energéticas Renovables (CETER) y la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Tecnológica de la Habana (CUJAE).

Se utilizaron frutas de las regiones de Mariel y Limonar con edades de 7 y 12 años. La precisión de algunos parámetros experimentales se realiza a partir de aspectos propuestos por otros autores. <sup>(14, 15, 16, 17)</sup>

Se llevó 1 kg de piñas refrigeradas a temperatura ambiente con agua de extracción, utilizando un termóstato marca Bunsen. Para la extracción del jugo se lavan y corta en trozos pequeños, triturados por una máquina de tornillo sinfín. Se fijó la relación solido-agua 1:6 según lo recomendado. <sup>(3)</sup> Del extracto crudo a temperatura ambiente, se separan por filtración los pedazos de piña, se secan y se pesan. <sup>(18)</sup> El sólido residual se emplea como alimento animal y, en la elaboración de compostaje para el suelo. El jugo turbio se centrifuga hasta aclarar.

El jugo extraído fue evaporado en un rotoevaporador de tipo IKA RV Basic a una temperatura entre 60-70 °C, hasta alcanzar un volumen de 30 mL. El extracto concentrado posteriormente fue sometido a un proceso de secado en estufa de tipo AISET YLD-6000 a 90 °C durante 4 h. Se enfría y pesa. <sup>(18,19)</sup>

Se llevó a cabo el proceso según un diseño experimental 2<sup>3</sup> a través del paquete estadístico Stagraphics Centurium, tomando en cuenta los factores: temperatura del medio, tiempo de extracción y edad de la planta. La variable respuesta es el por ciento de rendimiento del extracto concentrado.

Dicho extracto se sometió a una identificación cualitativa de inulina por cromatografía de capa fina, empleando placas de vidrio con silicagel y muestras patrones de disoluciones puras de glucosa, fructosa, sacarosa e inulina. <sup>(15)</sup> Además, se caracterizó a través del método de liofilización y un espectrómetro infrarrojo (Bruker Tensor 37 FT-IR Spectrophotometer), utilizando pastillas de KBr. Las lecturas se realizaron en el intervalo de 450-4 000cm<sup>-1</sup>.

Para cuantificar la inulina obtenida en los extractos concentrados se emplea la técnica refractométrica. Para ello se construye una curva de calibración a partir de una solución patrón de 5 g de inulina en 50 mL de disolución (figura 1). Por extrapolación en la curva se pueden conocer los porcentajes de inulina presente.

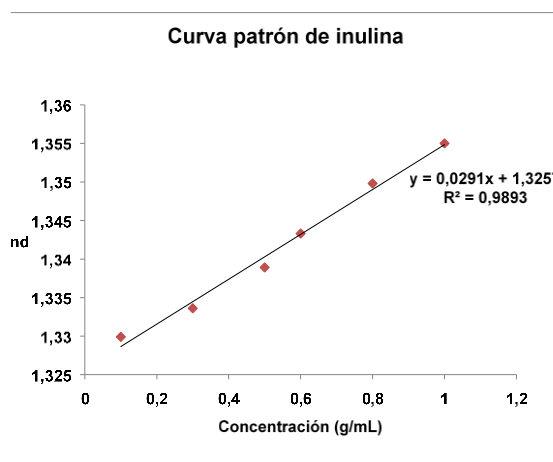


Fig. 1- Curva patrón de inulina

Se determinó por gravimetría la humedad, porcentaje de cenizas y grasas. Para la determinación de humedad se emplea la diferencia de pesadas entre la piña seca en la estufa a 105 °C por 2 h y la piña húmeda, experiencia que se realiza por triplicado hasta obtener un peso constante. El porcentaje de cenizas se determina por incineración de la muestra seca previamente tratada con HCl concentrado y carbonizada; posteriormente se coloca en una mufla a 800 °C durante 1 h. Se repite la operación hasta obtener un peso

constante. Para las grasas se emplea un extractor Soxhlet con éter etílico como disolvente, se extrae la grasa de la muestra por reflujo durante 6 h. Al evaporar el disolvente, se seca el matraz con la grasa en la estufa a 103 °C por 5 min. Se enfría en la desecadora y se pesa. La acidez y pH por métodos volumétrico y potenciométrico.<sup>(1, 14, 16)</sup>

Se realizó el ensayo cualitativo de determinación de azúcares reductores, basado en reacciones de oxidación reducción con el reactivo de Fehling (A y B) y la determinación absorciométrica de la muestra tratada con ácido 3,5 dinitrosalicílico y fenol-sulfúrico, para corroborar la ausencia de otros azúcares.<sup>(14, 16)</sup>

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la caracterización de las piñas y de su jugo, se presentan en la tabla 1.

**Tabla 1-** Caracterización de las piñas y de su jugo

Parámetros	Mariel		Limonar	
	7 años	12 años	7 años	12 años
Humedad (%)	82,5	83,2	81,9	83,3
Acidez (g/L)	4,68	6,43	7,20	6,48
Grasas (%)	0,46	0,56	0,23	0,36
Cenizas (%)	7,06	8,23	7,56	8,34
pH potenciométrico del jugo	5,50	6,70	5,50	5,70
°Brix (%) del jugo	1,7	1,8	4,3	6,6

La humedad de los frutos fue analizada para ambas regiones y edades teniendo un comportamiento similar entre ellos y a trabajos anteriores.<sup>(20, 21)</sup> Los valores de acidez encontrados son mayores a los reportados por Higuera, lo que indica la menor maduración de los frutos que coincide con el bajo valor de Brix y el pH ácido determinado.<sup>(1)</sup>

Al comparar el porcentaje de grasas en los frutos entre las dos regiones, los valores obtenidos en la región de Mariel son algo superiores a los de Limonar. La ceniza, materia inorgánica en el fruto, son superiores a lo reportado por Higuera,<sup>(1)</sup> (5,04 ± 0,016), posiblemente por la utilización de *Agave salmiana* de 9 años de edad, además de las diferentes condiciones edafoclimáticas, aspectos que influyen en la calidad de los productos naturales.

En los jugos provenientes de las piñas de ambas regiones se observa una gran diferencia en los sólidos totales (°Brix), debido al nivel de

maduración del fruto y a las condiciones edafoclimáticas en general. De acuerdo con los resultados obtenidos, se decidió continuar el estudio solamente con las piñas provenientes de la región de Limonar.

### Extracción de la inulina. Diseño de experimento

Se utilizó un diseño de experimento 2<sup>3</sup>, donde se emplearon piñas de 7 y 12 años de edad. El rendimiento del extracto concentrado expresado en por ciento se obtuvo tomando en consideración la cantidad de piña que se utilizó para la extracción, y la que quedó al final de la misma, suponiendo que la diferencia correspondía con la masa de jugo concentrado enriquecido con inulina en las muestras. En la tabla 2 se presentan los resultados después de haber realizado las extracciones.

**Tabla 2-** Rendimiento del jugo concentrado de piña en las extracciones\*

Temperatura (°C)	Tiempo de extracción (minutos)	Rendimiento del jugo concentrado de piña con inulina (%)	
		7 años	12 años
70	60	19,76 ± 0,012	29,58 ± 0,011
70	30	10,29 ± 0,016	18,21 ± 0,014
50	60	13,20 ± 0,010	21,08 ± 0,018
50	30	8,23 ± 0,014	14,41 ± 0,015

\*En función de las medias de tres determinaciones del rendimiento del extracto

En la tabla 3 y la figura 1 se demuestra, que todos los parámetros estudiados y su interrelación influyen significativamente en la variable respuesta, rendimiento del extracto concentrado, dado el P-valor menor que 0,05, con un nivel de confianza del 95 %.

**Tabla 3-** Análisis de varianza para el rendimiento

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: tiempo	445,826	1	445,826	1030,82	0,000 0
B: edad	196,997	1	196,997	455,49	0,000 0
C: temperatura+bloque	428,753	1	428,753	991,34	0,000 0
AB+bloque	47,04	1	47,04	108,76	0,000 0
AC	11,816 1	1	11,816 1	27,32	0,000 1
BC	12,041 7	1	12,041 7	27,84	0,000 1
Bloques	0,381 258	2	0,190 629	0,44	0,651 6
Error total	6,487 48		15		0,432498
Total (corr.)		1 149,34		23	

Del diagrama de Pareto y de los coeficientes del modelo matemático calculado, se identifica que los factores tiempo de extracción y edad de la planta, influyen más que la temperatura del medio.

R-cuadrada = 99,43 % indica el ajuste del modelo matemático calculado.

R-cuadrada (ajustada) = 99,236 3 %  
 Error estándar del estadígrafo. = 0,657 7 Error absoluto medio = 0,428 9

A continuación se muestra la ecuación del modelo ajustado es:

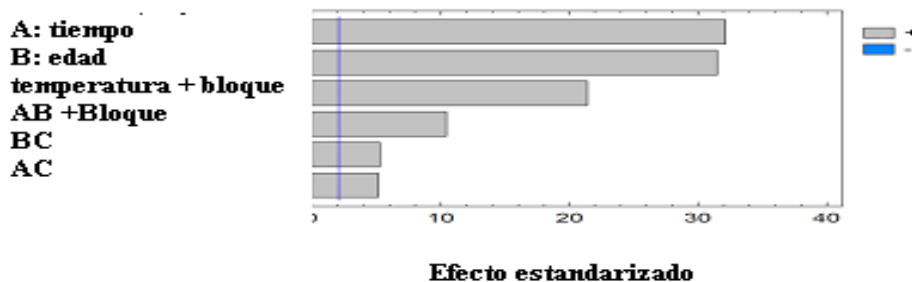
$$R = 17,0983 + 4,31A + 2,865C + 4,22667 B + 1,4AC + 0,701667AB + 0,708333BC \quad (1)$$

R= rendimiento (%) C= temperatura (°C) A= tiempo (minutos) B= Edad (años)

En dicho modelo matemático se corrobora la influencia de los factores estudiados en la variable respuesta rendimiento.

En la figura 2 se muestra el diagrama de Pareto

**Diagrama de Pareto Estandarizada para rendimiento**



**Fig. 2-** Diagrama de Pareto estandarizado para el rendimiento

Los mayores rendimientos de inulina se obtienen en las extracciones de las piñas de 12 años, por lo que se afirma que la edad de la planta es un factor importante en la concentración y composición de los carbohidratos solubles presentes en la misma, al igual que el tiempo de extracción y la temperatura.

**Caracterización de la inulina**  
**Ensayos cualitativos**

Se realizó el ensayo de azúcares reductores mediante el reactivo de Fehling (A y B), y no se forma precipitado de óxido de cobre I, lo que evidencia que no hay presencia de los mismos. Al realizar los métodos del ácido 3,5 dinitrosalicílico y fenol-sulfúrico no se obtuvieron evidencias positivas, la absorbancia fue nula en todos los casos, por lo que se corrobora la ausencia de otros azúcares reductores.

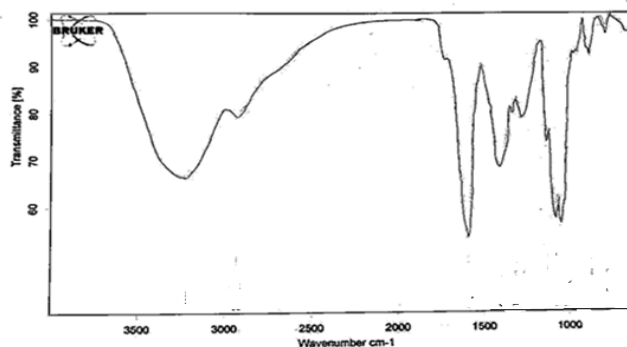
**Cromatografía de capa fina**

Se utilizó placa de vidrio con silicagel, se adicionaron las soluciones patrones y la muestra del extracto concentrado de piña, se corrieron en la mezcla de solventes butanol/ isopropanol/agua destilada/ácido acético.<sup>(5, 17)</sup> El resultado mostró la presencia de inulina en el extracto

concentrado, con un Rf igual a la muestra patrón, no observándose manchas correspondientes a azúcares, al hacer la comparación con las disoluciones patrones.

**Espectroscopía infrarroja con transformada de Fourier**

En la figura 3 se muestra el espectro infrarrojo del extracto concentrado de la piña de 12 años, y en la tabla 4 se asignan las principales bandas presentes.



**Fig. 3-** Espectro infrarrojo de una muestra obtenida a partir del extracto concentrado de piña de 12 años

En la tabla 4 se comparan las señales espectroscópicas experimentales con las obtenidas por otros investigadores Vega<sup>(19)</sup> y Panchev<sup>(22)</sup> con especies de Chile y Bulgaria.

**Tabla 4-** Comparación de las señales espectroscópicas

	Experimental	Literatura (19)	Literatura (22)
γ OH presentes en las unidades de fructosa	3 341 cm <sup>-1</sup>	3 422 cm <sup>-1</sup>	3 398 cm <sup>-1</sup>
γ C-H	2 913, 2821cm <sup>-1</sup>	2 934 cm <sup>-1</sup>	2 921, 2 848 cm <sup>-1</sup>
γ C-C anillos de 5, 6 miembros	1 400-1 382 cm <sup>-1</sup>	1 452 cm <sup>-1</sup>	1 463-1 425 cm <sup>-1</sup>
γ C-O-C de los aglicones	1 119-1 033 cm <sup>-1</sup>	1 132 cm <sup>-1</sup>	1 150-1 050cm <sup>-1</sup>

**Ensayo cuantitativo a través de la técnica refractométrica**

La concentración de inulina se puede determinar por el método refractométrico, <sup>(17)</sup> por lo se decide determinar la concentración de inulina presente en cada una de las muestras provenientes de la región de Limonar, obtenidos los jugos a temperatura de 70 °C y a tiempos de extracción de 60 y 30 min. En la siguiente tabla puede observarse que los porcentajes de inulina presente en cada una de las muestras son similares a los obtenidos por el método gravimétrico.

**Tabla 5-** Determinación de inulina en el extracto concentrado de piñas según método refractométrico

Temperatura (°C)	Tiempo de extracción (minutos)	Índice de refracción	% de inulina
70	60	1,353 9	29,1
70	60	1,352 9	27,9
70	30	1,344 7	19,5
70	30	1,349 0	24,0

**CONCLUSIONES**

Se logró obtener el extracto concentrado enriquecido en inulina, a partir de las piñas de henequén, con temperatura de 70 °C, relación sólido-agua 1-6 y 60 min, siendo los mejores rendimientos, los alcanzados con las plantas de 12 años de edad. El método utilizado es factible, ya que no ocurre la hidrólisis de las soluciones obtenidas, lo que fue corroborado experimentalmente por la ausencia de azúcares. Se puede utilizar el método refractométrico para la determinación del contenido de inulina de las piñas de henequén, siendo comparable con el gravimétrico.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. HIGUERA RAMÍREZ, A. Evaluación del efecto prebiótico del aguamiel de maguey en *Lactobacillus* del brueckii subsp. *Bulgaricus*.

Tesis Maestría en Ciencias en Bioprocesos, Instituto Politécnico Nacional, México. Noviembre 2009. México. URL: <https://smbb.mx> > AREA III > CIII-12. Fecha de revisión: marzo 2021

2. LARA-FIALLOS, M. y otros. “Avances en la producción de inulina”. *Revista de Tecnología Química*, 2017, vol. 37, (2), pp. 352-366, ISSN 2224-6185.

3. MONTAÑEZ SOTO, J. y otros. “Extracción, caracterización y cuantificación de los fructanos contenidos en la cabeza y en las hojas del *Agave tequilana* Weber azul”. *Bioagro*, 2011, vol. 23, (3), pp. 199-206. ISSN: 2521-9693.

4. ÁLVAREZ BORROTO, R. I. y otros. “Extracción y determinación de inulina del ajo común autóctono (*Allium sativum*). *Revista Cubana de Química*. 2015, vol. 27, (2), mayo-agosto, págs. 131-146, e-ISSN: 2224-5421.

5. BENÍTEZ CORTÉS, I. y otros. “Perspectivas de la producción de inulina a partir de la Tuna (*Opuntia ficus-indica*)”. *Revista Tecnología Química*, 2015, vol. XXXV, (2), mayo-agosto, pp. 193-205. ISSN: 0041-8420.

6. INGA GUEVARA, M. y otros. “Optimización del proceso de extracción de los fructooligosacáridos de yacón”, *Revista Sociedad de Química*, Perú. 2015, vol. 81, (3), pp. 263-272, ISSN: 1810-634X.

7. LEONIE, V. “Immunological properties of inulin-type fructans”. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2015; 55 (3), pp. 414-36. doi:10.1080/10408398.2012.656 772.

8. ESCOBAR LEDESMA, F. *Obtención de cristales de inulina a partir de cuatro variedades de plantas de cultivo no tradicional del Ecuador*, Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria. Proyecto Institucional. Universidad de Quito, 2017.

<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17438> . Fecha de revisión: marzo 2021.

9. MADRIGAL, L.; SANGRONIS, E. “La inulina y derivados como ingredientes claves en alimentos funcionales”. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, Órgano Oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición, 2007, vol. 57 (4). ISSN: 0004-0622.

10. GUEVARA APRÁEZ, C.; VALLEJO CASTILLO, E. J. Potencialidades medicinales de los géneros *Furcraea* y *Agave*, *Rev Cubana Plant Med*, 2014, vol. 19 (3), pp. 248-263, ISSN 1028-4796.



11. ARMAS RAMOS, R., MARTÍNEZ GARCÍA D, PÉREZ CRUZ E. “Fructanos tipo inulina: efecto en el microbiota intestinal, la obesidad y la saciedad”, *Gac Méd Espirit* [online]. 2019, vol. 21 (2), pp. 134-145. ISSN: 1608-8921.
12. CORZO, N. y col. (2015). “Prebióticos; concepto, propiedades y efectos beneficiosos”. *Nutrición hospitalaria*, 31 (Supl. 1): 99-118. ISSN: 0212-1611.
13. FUENTES CAMPOS, D.; COTRINA PEDRAZA, L.; ROMERO GUZMÁN, B. “Extracción y caracterización de la inulina presente en los tubérculos de la *Dahlia* spp”, *Rev. del Instituto de Investigación (RIIGEO), FIGMMG-UNMSM*, 2013, vol. 16, (31), pp. 81-85. ISSN: 1561-0888.
14. HERNÁNDEZ MONZON, A. *Análisis Químico Cuantitativo*. Tomo II. Editorial Félix Varela, Cuba, 1995. ISBN 959-07-0079-9.
15. ARANGO BEDOYA, O.; PAOLA CUARÁN, G.; CAMILO FAJARDO, J. “Extracción, cristalización y caracterización de inulina a partir de Yacón para su utilización en la industria alimentaria y farmacéutica”. *Bioteología en el sector agropecuario y agroindustrial, Facultad de Ciencias Agropecuarias*, 2008, vol. 6, (2), pp. 14-20. ISSN: 1692-3591.
16. GODÍNEZ, C. *et al.* “Extracción y caracterización de fructanos de *Agave salmiana Otto ex Salm-Dyck*”, *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, vol. 22, (1), 59–72. ISSN 2007-3828, <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa>. 2015.02.007.
17. SANTANA LEGORRETA, S. y otros. “Extracción y evaluación de inulina a partir de dalias silvestres mexicanas (*Dahlia coccinea* Cav.)”. *Revista Internacional de Botánica Experimental*, vol 85, (1), pp. 63-70, *qYTON*, 2016, ISSN 0031 9457.
18. AZZA, A. *et al.* “Physico-chemical Properties of Inulin produced from Jerusalem Artichoke tubers on Bench and Pilot Plant Scale”. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 2011, 5, (5): p. 1297-1309. ISSN: 1991-8178.
19. VEGA VELÁSQUEZ, J. A. “Obtención y caracterización de inulina entrecruzada como agente encapsulante de Tocoferol”. *Informe del proyecto FONDECYT 1090209*. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. Santiago de Chile 2011. <http://repositorio.uchile.cl>, Fecha de revisión: marzo 2019.
20. FERRER SERRANO, C.; MAZORRA MESTRE, M.; ZUMALACÁRREGUI DE CÁRDENAS, B. *Henequén, un producto útil y aprovechable*. Editorial Educación, La Habana, 2010. ISBN: 978-959-261-328-7.
21. FERRER SERRANO, C.; MAZORRA MESTRE M.; ZUMALACÁRREGUI DE CÁRDENAS, B. *Alcoholes y ácidos grasos de la cera de henequén*. La Habana, 2014. ISBN: 978-959-261-448-2.
22. PANCHEV, I. *et al.* “Physicochemical characteristics of inulins obtained from Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.)”. *European Food Research and Technology*, 2011, 233 (5), 889–896. doi:10.1007/s00217-011-1584-8. ISSN: 1438-2377.

## CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no existen conflictos de interés.

## CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

Las autoras trabajaron en la concepción de la investigación, realización de la parte experimental, discusión de los resultados, escritura del manuscrito y respuesta a las observaciones de los árbitros hasta su aprobación final.