

Fructanos en *Agave fourcroydes*, potencialidades para su utilización en la alimentación animal

Yanelys García Curbelo¹, Mercedes G. López² y Ramón Bocourt¹

¹ Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, La Habana.

Correo electrónico: ygarcia@ica.co.cu

² Departamento de Biotecnología y Bioquímica. Centro de Investigaciones y Estudios de Avanzadas del IPN. Campus Guanajuato, Apartado Postal 629, Irapuato, Guanajuato 36 500, México

En la naturaleza existen fuentes naturales a partir de las que pueden extraerse carbohidratos no digeribles para su utilización en la alimentación animal. Sin embargo, no se conocen todas sus potencialidades. El objetivo de este trabajo fue determinar el contenido de fructanos en plantas de *Agave fourcroydes* (henequén) en Cuba. Mediante un muestreo aleatorio se seleccionaron plantas de la empresa henequenera «Eladio Hernández León», en la provincia de Matanzas. Se realizaron determinaciones espectrofotométricas de fructanos en el tallo y se cuantificó glucosa, fructosa, sacarosa y almidón. En las hojas apical e intermedia se realizaron determinaciones de fructano, glucosa, fructosa y sacarosa. Los resultados del análisis de la composición de carbohidratos no estructurales en el tallo mostraron que los carbohidratos más abundantes fueron los fructanos, con valor promedio de 669.3 mg/g de MS. Los valores de glucosa, fructosa y sacarosa estuvieron aproximadamente en 167.4, 103.8 y 256.7 mg/g de MS, respectivamente. En menor cantidad se encontró el almidón, con valor de 14.9 mg/g de MS. En las hojas apical e intermedia, las determinaciones de fructanos fueron: 19.33, y 21.73 mg/g de MS, respectivamente. En las hojas apicales, los valores de glucosa, fructosa y sacarosa fueron 8.46; 11.14 y 4.89 mg/g de MS, respectivamente; en las hojas intermedias estuvieron en 9.55; 12.65; 5.63 mg/g de MS, respectivamente. Se concluye que en todas las partes de la planta hubo presencia de fructanos. Es en el tallo donde se encuentran más abundantemente estos carbohidratos no estructurales, que representan más de 60 %. Por tanto, en Cuba el henequén pudiera constituir una alternativa promisoriosa como fuente de fructanos, con potencialidades para utilizarse como prebiótico en la alimentación de los animales y el hombre.

Palabras clave: *Agave fourcroydes* (henequén), fructanos, carbohidratos

La prohibición del empleo de antibióticos como promotores del crecimiento en la alimentación animal ha estimulado, en la industria agroalimentaria, la búsqueda de nuevos aditivos que ofrezcan garantías higiénico-sanitarias y demuestren su eficacia. En la actualidad existe una tendencia creciente a la utilización de productos más inocuos como son los prebióticos, debido a los efectos beneficiosos que tienen en la salud y el comportamiento productivo en los animales (Cummings y Macfarlane 2002).

Entre estos compuestos se encontraron los fructanos, que son polímeros de fructosa solubles en agua y pueden presentar una molécula de glucosa. En ellos predominan los enlaces β (2-1) y/o β (2-6). Su clasificación comprende cinco grupos principales, según las unidades estructurales mayoritarias que conforman sus moléculas: inulina, levanos, graminanos, inulinas neoseries y levanos neoseries (Vijn y Smeekens 1999).

Los fructanos se encuentran de forma natural en el ajo (*Allium sativum*), la achicoria (*Cichorium intybus*), la alcachofa de Jerusalén (*Helianthus tuberosus*), el espárrago (*Asparagus officinalis*), la cebolla (*Allium cepa*) y el yacón (*Smallanthus sonchifolius*), entre otras especies (Roberfroid y Delzenne 1998). No obstante, aún se desconoce la capacidad de algunas plantas para sintetizar estos compuestos.

López *et al.* (2003) desarrollaron investigaciones en *Agave tequilana* y encontraron altas concentraciones de este carbohidrato en sus tallos. Dentro del género *Agave*, se encuentra el *Agave fourcroydes*, que se utiliza

fundamentalmente en la obtención de fibras para la industria. Sin embargo, existen pocas investigaciones acerca de nuevos productos derivados de esta planta que podrían aumentar su valor agregado. La falta de conocimientos limita, en gran medida, su utilización adecuada como fuente de materia prima de carbohidratos.

El objetivo de este trabajo fue determinar el contenido de fructanos en los tallos y en las hojas apicales e intermedias de *Agave fourcroydes* en Cuba.

Materiales y Métodos

Material biológico. Se recolectaron plantas de *Agave fourcroydes*, cosechadas en la finca La Antigua, de la empresa henequenera «Eladio Hernández León», en la provincia de Matanzas, Cuba. Los agaves recolectados tenían 8 años de edad. En ellos el escapo floral no había emergido. De cada planta se tomaron los tallos. Las hojas apicales e intermedias se trituraron y secaron, según la metodología propuesta por Herrera *et al.* (1986). Las muestras secas se molieron en un molino (Moulinex).

Análisis químico. Las extracciones de fructanos se realizaron según la metodología propuesta por López *et al.* (2003). Mediante ensayos enzimáticos en las muestras liofilizadas se determinó la presencia de fructanos y se empleó el kit enzimático «Fructan Assay Procedure» (Megazyme), según McCleary *et al.* (2000). Se empleó el kit enzimático comercial (Boehringer Mannheim) para la determinación de D-Glucosa, D-Fructosa y Sacarosa. La determinación de almidón se realizó solo

en los tallos, con la utilización del kit enzimático «Total Starch Assay Procedure Megazyme), de acuerdo con McCleary y Monaghan (2002).

Análisis estadístico: Se utilizó un diseño de muestreo aleatorio para la selección de las plantas de henequén. Se determinaron los estadígrafos de posición y dispersión mediante el paquete estadístico INFOSTAT (2001).

Resultados y Discusión

Los análisis espectrofotométricos realizados a los tallos de *Agave fourcroydes* mostraron que los carbohidratos más abundantes fueron los fructanos (tabla 1), con valor promedio de 669.3 mg/g de MS, lo que representa más del 60 % de los carbohidratos analizados en la planta. Los valores aproximados de glucosa, fructosa y sacarosa fueron 167.4, 103.8 y 256.7 mg/g de MS respectivamente. En menor cantidad se encontró el almidón con 14.9 mg/g de MS.

Los fructanos constituyeron el carbohidrato de mayor concentración. En México, para diferentes especies de Agaves, Mancilla y López (2006) obtuvieron valores similares. Mancilla (2006) informó que, en la familia Agavaceae, los fructanos constituyen los carbohidratos de reserva, solubles en agua y de mayor abundancia. Las concentraciones obtenidas en este trabajo son superiores a las de Achicoria, considerada entre las fuentes con mayor contenido de estos carbohidratos. A partir de ella se obtiene la inulina que se emplea como prebiótico (Van Waes *et al.* 1998). Los resultados de este estudio indican que el *Agave fourcroydes* debe considerarse una planta que almacena altas concentraciones de este carbohidrato, y que puede emplearse como fuente de materia prima para la obtención de prebiótico destinado a la alimentación animal.

Tabla 1. Determinación de carbohidratos no estructurales en tallos *Agave fourcroydes*

Carbohidratos no estructurales, mg/g de MS	Media	Desviación estándar
Fructanos	669.3	7.89
Glucosa	167.39	0.8
Fructosa	103.92	0.54
Sacarosa	256.71	1.65
Almidón	14.91	0.19

En las determinaciones de glucosa, fructosa y sacarosa, mono y disacáridos, relacionados con el metabolismo de los fructanos, se observó mayor cantidad de sacarosa y menor de fructosa. Esto puede indicar que estas plantas se encuentran en un estado fisiológico de síntesis activa de fructanos. La acumulación de sacarosa induce la síntesis *de novo* de la enzima 1 sacarosa: sacarosa fructosiltransferasa y, a su vez, provoca la inhibición de la enzima fructosil exohidrolasa, relacionada con la hidrólisis de los fructanos (Vijn y Smeekens 1999 y Van Laere y Van den Ende 2002). El almidón es el carbohidrato que se encuentra en menor

cantidad (tabla 1). Diferentes autores plantean que las plantas que sintetizan fructanos también pueden sintetizar almidón (Orthen 2001 y Sims *et al.* 2001). Estudios desarrollados por Mancilla y López (2006) indican que en los Agaves no está muy expresada esta capacidad genética, ya que se mantienen con valores inferiores al 3 %, lo que concuerda con este trabajo. Wang y Nobel (1998) informaron la ausencia de este carbohidrato en *A. deserti* y Srinivasan y Bhatia (1953), en *Agave vera cruz*. Generalmente, en las plantas que sintetizan fructanos, el almidón es el carbohidrato menos abundante o no se encuentra presente. Este es el caso de diferentes especies de *Allium* (Ernst *et al.* 1998), de órganos de reserva de *Cichorium intybus* y *Taraxacum officinale* (Van Laere y Van den Ende 2002). La tabla 2 muestra el contenido de fructanos presentes en las hojas apicales e intermedias.

Tabla 2. Determinación del contenido de fructanos en hojas apicales e intermedias de *Agave fourcroydes*

Muestras	Fructanos, mg/g de MS	Desviación estándar
Hojas apicales	19.34	0.25
Hojas intermedias	21.74	0.15

En la mayor parte de las plantas que sintetizan fructanos los órganos que presentan mayor acumulación de estos compuestos son las raíces, bulbos y tallos, aunque se han informado altos contenidos en partes aéreas de muchas Gramineae (Roberfroid y Delzenne 1998). Específicamente en los Agaves no existe mucha información del contenido de este carbohidrato presente en las hojas. En *Agave deserti* se encontraron, fundamentalmente, en el floema de las hojas maduras, oligosacáridos de bajo grado de polimerización. Se hallaron además en las hojas enzimas fructosil transferasa, lo que pudiera indicar que los oligofructanos se sintetizan y se transportan en el floema de las hojas (Wang y Nobel 1998).

Los contenidos de glucosa, fructosa y sacarosa se muestran en la tabla 3. Satyanarayana (1976) también informó la presencia de estos carbohidratos en hojas de *Agave vera cruz*. En ningún caso se indicó la presencia de fructanos de gran tamaño. En la presencia y distribución de los carbohidratos solubles en agua influyen sus características genéticas y las condiciones ambientales (Sims *et al.* 2001). Agustino *et al.* (1995) informaron que para diferentes especies de agaves de la región mexicana de Oaxaca el porcentaje de carbohidratos totales en el jugo de las hojas puede variar entre 1 y 24%, aunque las especies más estudiadas como *A. angustifolia* y *A. americana* presentan valores de 1.34 % y 1.63 %, respectivamente.

En las condiciones tropicales de Cuba, los fructanos representaban en los tallos de *Agave fourcroydes* más del 60 % de los carbohidratos no estructurales. Este es

Tabla 3. Determinación de glucosa, fructosa, sacarosa en hojas apicales e intermedias de *Agave fourcroydes*

Carbohidratos no estructurales, mg/g MS de	Hojas apicales	Desviación estándar	Hojas intermedias	Desviación estándar
Glucosa	8.46	0.12	9.55	0.11
Fructosa	11.14	0.85	12.65	0.2
Sacarosa	4.89	0.52	5.63	0.06

el órgano donde más se acumulan. Por esta razón, el henequén pudiera constituir una alternativa promisoriosa como fuente de fructanos, con potencialidades para emplearse como prebiótico en la alimentación de los animales y el hombre.

Agradecimientos

Se agradece a la empresa henequenera «Eladio Hernández León», en la provincia de Matanzas por la suministración de material, así como al Centro de Investigaciones y Estudios de Avanzadas del IPN, Campus Guanajuato, por brindar sus instalaciones para desarrollar los experimentos y al Departamento de Biomatemática del ICA.

Referencias

- Agustino, M., Martínez, M., Palma, F. & Córdoba, F. La distribución, usos y algunas características químicas de los agaves de Oaxaca. Interciencia. Revista de Ciencia y Tecnología de América 20:1
- Cummings, J. & Macfarlane, G. 2002. Gastrointestinal effects of prebiotics. *British J. Nutrition.* 87:145
- Ernst, M., Chatterton N., Harrison, P. & Matitschka, G. 1998. Characterization of fructan oligomers from species of the genus *Allium* L. *Plant Physiol* 153: 53
- Herrera, R., González, S., García, M., Ríos, C. y Ojeda, F. 1986. Análisis Químico del Pasto. Los Pastos en Cuba. Tomo I. EDICA. Eds Sistachs M. p. 701
- INFOSTAT 2001. Versión 1.0. 26-10. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- López, M., Mancilla, A. & Mendoza, G. 2003. Molecular structure of fructans from *Agave tequilana* Weber var. azul. *J. Agricultural and Food Chemistry.* 51: 7835
- Mancilla, N. 2006. Caracterización molecular de fructanos en *Agave* y *Dasyliirion* spp. identificación de fructosyl transferasas y su expresión en *Pichia pastoris*. Tesis de Dr. Cs.
- Mancilla, N. & López, M. 2006. Water soluble carbohydrates and fructans structure patterns from *Agave* and *Dasyliirion* Species. *J. Agric. Food Chem.* 54: 7832
- McCleary, B.V. & Monaghan, D.A. 2002. Measurement of resistant starch. *J. AOAC* 85: 665
- McCleary, B.V., Murphy, A. & Mugford, D.C. 2000. Measurement of total fructan in foods by enzymatic-spectrophotometric method: collaborative study. *J. AOAC* 83: 356
- Orthen, B. 2001. Sprouting of the fructan and starch storing geophyte *Lachenalia minima* : effects on carbohydrate and water content within the bulbs. *Physiologia Plantarum* 113: 308
- Roberfroid, M. & Delzenne, N. 1998. Dietary fructans. *Annu. Rev. Nutr.* 18:117
- Satyanarayana, M. 1976. Biosynthesis of oligosaccharides and fructans in *Agave veracruz*: Part III – Biosynthesis of Fructans. *Indian Journal of Biochemistry and Biophysics.* 13: 408
- Sims, I. M., Cairns, A. J. & Furneaux, R. H. 2001. Structure of fructans from excised leaves of New Zealand flax. *Phytochemistry* 57: 661
- Srinivasan, M. & Bhatia, I. 1953. The carbohydrates of *Agave vera cruz* Mill. *Agave carbohydrates.* 55: 286
- Van Laere, A & Van den Ende, W. 2002. Inulin metabolism in dicots: chicory as a model system. *Plant, cell and environment,* 25: 803
- Van Waes, C., Baert, J., Carlier, L. & Van Bockstaele, E. 1998. A rapid determination of the total sugar content and the average inulin chain length in roots of chicory (*Cichorium intybus* L.). *J. Sci. Food Agric.* 76: 107
- Vijn, I. & Smeekens, S. 1999. Fructan: More than a reserve carbohydrate. *Plant Physiol* 120: 351
- Wang, N. & Nobel, P. 1998. Phloem transport of fructans in the crassulacean acid metabolism species *Agave deserti*. *Plant Physiol.* 116:709

Recibido: 29 de abril de 2008