

Lirio de Costa (*Hymenocallis arenicola* Northr) Acumulación de fructanos en el bulbo

Coast Lily (Hymenocallis arenicola Northr) *Accumulation of fructans in the bulb*

Dayanna Coronado Acosta, Dubiel Alfonso González

Universidad Agraria de La Habana “Fructuoso Rodríguez Pérez”.
Carretera Tapaste, Km 23 ½ Autopista Nacional. San José de las
Lajas, Mayabeque, Cuba

Autores para correspondencia: dayanna93@unah, edu.cu

Resumen

Los fructanos son carbohidratos que tienen múltiples aplicaciones en la alimentación y la medicina debido a su no digestibilidad y a su utilización selectiva por la microflora intestinal beneficiosa. También constituyen la mejor fuente natural disponible para la obtención de fructosa pura, edulcorante que posee elevada demanda en el mercado internacional. Los fructanos se definen como prebióticos, ingredientes alimenticios fermentados selectivamente por la biota intestinal beneficiosa que modifican la composición y actividad metabólica de la misma. Estos carbohidratos estimulan el crecimiento de bacterias benéficas para el organismo, e inhiben el crecimiento de las patogénicas. Están presentes en muchas familias de plantas y son la reserva más importante de carbohidratos de varias especies. En Cuba no se ha realizado una pesquisa para identificar especies vegetales endémicas o nativas que producen fructanos como carbohidratos de reserva; la literatura científica solo se hace referencia de las potencialidades para la obtención de prebióticos de la especie exótica *Agave fourcroydes* (Familia *Asparagaceae*). Un estudio de este tipo permitiría identificar especies para la alimentación de grupos poblacionales vulnerables como los obesos y los diabéticos. También constituye una fuente atractiva para la obtención de este carbohidrato y sus derivados. Las especies que los produzcan pueden ser cultivadas y empleadas como alimento natural para los animales y el hombre. En este trabajo se identificaron los fructanos producidos por el Lirio de Costa (*Hymenocallis arenicola* Northr). Esta planta es una especie nativa de Cuba que crece en complejos costeros y es resistente a la sequía y a la salinidad.

Palabras Claves: Fructanos, prebióticos, *Hymenocallis arenicola* Northr, nativa

Abstract

Fructans are carbohydrates that have multiple applications in food and medicine due to their non-digestibility and their selective use by beneficial intestinal microflora. They are also the best natural source available for obtaining pure fructose, a sweetener that is in high demand in the international market. Fructans are defined as prebiotics, food ingredients selectively fermented by beneficial intestinal biota that modify its composition and metabolic activity. These carbohydrates stimulate the growth of beneficial bacteria for the body, and inhibit the growth of pathogenic ones. They are present in many families of plants and are the most important carbohydrate reserve of several species. In Cuba, a research has not been carried out to identify endemic or native plant species that produce fructans as reserve carbohydrates; Scientific literature only refers to the potential for obtaining prebiotics from the exotic species *Agave fourcroydes* (Family Asparagaceae). A study of this type would make it possible to identify species for feeding vulnerable population groups such as the obese and diabetics. It also constitutes an attractive source for obtaining this carbohydrate and its derivatives. The species that produce them can be cultivated and used as natural food for animals and man. In this work, the fructans produced by the Coast Lily (*Hymenocallis arenicola* Northr) were identified. This plant is a native species of Cuba that grows in coastal complexes and is resistant to drought and salinity.

Key Words: Fructans, prebiotics, *Hymenocallis arenicola* Northr, native

Recibido: 10 de enero de 2022

Aprobado: 2 de febrero de 2022

Introducción

Los fructanos son carbohidratos compuestos por cadenas cortas. Poseen propiedades físico-químicas y fisiológicas presentes en la nutrición, función vital en el mantenimiento celular de los seres vivos. Se localizan en las plantas principalmente en los órganos de reserva, ayudan y previenen un gran número de enfermedades relacionadas con la alimentación (Koenen, 2016).

El sistema digestivo del ser humano no hidroliza en su totalidad las enzimas que presenta este compuesto, razón por la que son denominados prebióticos.

El uso potencial de este compuesto garantiza una función gastrointestinal óptima Serrano (2017). Se han estudiado algunas especies que los producen y se intensifica la búsqueda de otras. Estas plantas presentan una

Introduction

Fructans are carbohydrates made up of short chains. They have physical-chemical and physiological properties present in nutrition, a vital function in the cellular maintenance of living beings. They are located in plants mainly in reserve organs, help and prevent a large number of food-related diseases (Koenen, 2016).

The digestive system of the human being does not fully hydrolyze the enzymes that this compound presents, which is why they are called prebiotics.

The potential use of this compound guarantees optimal gastrointestinal function Serrano (2017). Some species that produce them have been studied and the search for others is intensifying. These plants have

considerable importancia económica y cultural, puesto que muchas de sus especies son utilizadas como condimento, plantas ornamentales, hortícolas y medicinales (Dimitri, 2004). Se destacan entre ellas las representantes del género *Hymenocallis*, el cual ha sido ampliamente estudiado por sus propiedades farmacológicas (Sundarasekar *et al.*, 2012). El lirio de costa *Hymenocallis arenicola* Northr es una especie endémica de Cuba que produce fructanos y los almacena fundamentalmente en el bulbo. Esta planta pertenece a la familia *Amaryllidaceae* que tiene 73 géneros con alrededor de 1605 especies originarias de las regiones tropicales. (Stevens y Hilary, 2016).

El bulbo de esta planta tiene la capacidad de acumular fructanos durante todos los meses del año, no así en otras *Amaryllidaceae* Coronado (2016). Los fructanos son carbohidratos del tipo neoinulina con un alto grado de polimerización; por lo que esta especie podría ser utilizada para la producción a gran escala de este tipo de fructano_este compuesto.

Desarrollo

Fructanos. Características

Los fructanos son carbohidratos en los que predominan los enlaces entre residuos de fructosa. Son polímeros que se derivan de la molécula de sacarosa. Esta molécula es un disacárido de fructosa y glucosa que se unen entre sí por enlaces glicosídicos (Waterhouse y Chatterton, 1993).

Los fructanos presentan estructuras diferentes en cuanto a su longitud y cadena. En las unidades de fructosa, hay una gran variedad en los enlaces y residuos fructosil Franck (2002). Dichos enlaces se establecen entre el carbono reductor (C-2) de la fructofuranosa entrante y los oxígenos de las posiciones 1 ó

considerable economic and cultural importance, since many of their species are used as condiments, ornamental, horticultural and medicinal plants (Dimitri, 2004). Representatives of the genus *Hymenocallis* stand out among them, which has been widely studied for its pharmacological properties (Sundarasekar *et al.*, 2012). The coast lily *Hymenocallis arenicola* Northr is an endemic species of Cuba that produces fructans and stores them mainly in the bulb. This plant belongs to the *Amaryllidaceae* family that has 73 genera with about 1605 species originating from tropical regions. (Stevens and Hilary, 2016).

The bulb of this plant has the capacity to accumulate fructans during all the months of the year, not so in other *Amaryllidaceae* Coronado (2016). Fructans are neoinulin-type carbohydrates with a high degree of polymerization; Therefore, this species could be used for the large-scale production of this type of fructan, this compound.

Developing

Fructans. Characteristics

Fructans are carbohydrates in which bonds between fructose residues predominate. They are polymers that are derived from the sucrose molecule. This molecule is a disaccharide of fructose and glucose that are linked together by glycosidic bonds (Waterhouse and Chatterton, 1993).

Fructans have different structures in terms of their length and chain. In the fructose units, there is a great variety in the linkages and fructosyl residues Franck (2002). Said bonds are established between the reducing carbon (C-2) of the incoming fructofuranose and the

6 del residuo precedente. La pérdida del átomo de hidrógeno reactivo de la posición (C-2) de todos los residuos fructosilos de la cadena determina la ausencia de poder reductor en los fructanos y asegura una elevada estabilidad conformacional (Waterhouse y Chatterton, 1993).

Las cadenas de estos carbohidratos son, lineales o ramificadas. Las ramificaciones son variables según su origen. Estas presentan los carbonos anoméricos de dos fructofuranos conectados al O-1 y al O-6 por la fructosa. (Waterhouse y Chatterton, 1993).

El origen y estructura también puede ser distintos, aunque su similitud sea muy alta Mueller *et al.* (2016) Sosa-Herrera y Delgado-Reyes (2017). Se clasifican en cinco grupos, según su enlace predominante, grado de polimerización (GP) de la molécula y procedencia en Kesto-*n*-osas (Fructooligosacáridos = FOS), Inulinas, Levanas, Fleínas y Graminanas, como se muestra en la figura 1. Cada una con sus estructuras características. (Waterhouse y Chatterton, 1993). Pero estudios más recientes como el de del Van den Ende (2013) y Franco-Robles y López (2015) incorporaron un nuevo grupo llamado Neofructanos basado en el tipo de enlace glicosídico presente.

Existen además compuestos nombrados Agavinas, producidos por los Agaves que presentan una estructura compleja muy ramificada, con una glucosa externa (como en las graminanas) y una interna (como en los neofructanos). Estos compuestos también se denominan fructanos (Mancilla y López, 2006).

oxygens at positions 1 or 6 of the preceding residue. The loss of the reactive hydrogen atom in position (C-2) of all the fructosyl residues in the chain determines the lack of reducing power in fructans and ensures high conformational stability (Waterhouse and Chatterton, 1993).

The chains of these carbohydrates are linear or branched. The ramifications are variable according to their origin. These present the anomeric carbons of two fructofuranoses connected to O-1 and O-6 by fructose. (Waterhouse and Chatterton, 1993).

The origin and structure can also be different, although their similarity is very high. Mueller *et al.* (2016) Sosa-Herrera and Delgado-Reyes (2017). They are classified into five groups, according to their predominant bond, degree of polymerization (DP) of the molecule and origin in Kesto-*n*-oses (Fructooligosaccharides = FOS), Inulins, Levanas, Phleins and Graminans, as shown in figure 1. Each with its characteristic structures. (Waterhouse and Chatterton, 1993). But more recent studies such as del Van den Ende (2013) and Franco-Robles and López (2015) incorporated a new group called Neofructans based on the type of glycosidic bond present.

There are also compounds named Agavinas, produced by the Agaves that present a highly branched complex structure, with an external glucose (as in the graminanas) and an internal one (as in the neofructans). These compounds are also called fructans (Mancilla and López, 2006).

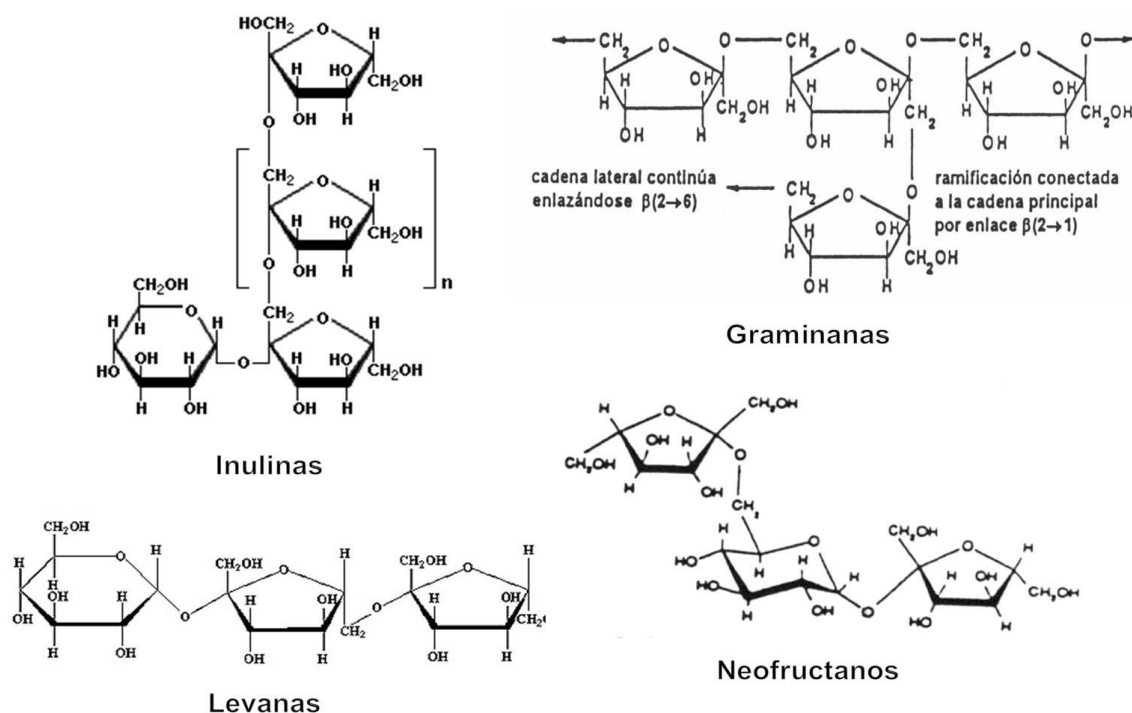


Figura 1. Estructura y clasificación de algunos fructanos

Figure 1. Structure and classification of some fructans.

Los fructanos pueden ser: pequeños (2 a 4 unidades), medianos (5 a 10 unidades) y relativamente grandes (11 a 60 unidades), según el grado de polimerización (GP). Otro criterio a tener en cuenta para su clasificación e identificación. Roberfroid (1999).

Propiedades físicas, químicas y fisiológicas

Estos carbohidratos son compuestos solubles en agua e incoloros. Son estables a $\text{pH} > 3$ y a temperaturas de hasta $140\text{ }^\circ\text{C}$. Tienen un sabor ligeramente dulce y algunos como los fructooligosacáridos (FOS; $\text{GP} \leq 5$) son dulces al paladar y mantienen entre el 30 y 60 % del poder edulcorante de la sacarosa (Suzuki y Chatterton, 1993). La densidad de las diluciones de fructanos generalmente es alta (Yun, 1996). Los fructanos se hidrolizan fácilmente por la acción de enzimas y ácidos. Mediante esta hidrólisis se liberan unidades de fructosa por

Fructans can be: small (2 to 4 units), medium (5 to 10 units) and relatively large (11 to 60 units), depending on the degree of polymerization (DP). Another criterion to take into account for its classification and identification. Roberfroid (1999).

Physical, chemical and physiological properties

These carbohydrates are colorless, water-soluble compounds. They are stable at $\text{pH} > 3$ and at temperatures up to $140\text{ }^\circ\text{C}$. They have a slightly sweet flavor and some, such as fructooligosaccharides (FOS; $\text{GP} \leq 5$), are sweet on the palate and maintain between 30 and 60% of the sweetening power of sucrose (Suzuki and Chatterton, 1993). The density of fructan dilutions is generally high (Yun, 1996). Fructans are easily hydrolyzed by the action of enzymes and acids. Through this hydrolysis, fructose units are released enzymatically (Han, 1990), which is a

vía enzimática (Han, 1990), lo que constituye un proceso factible, además de tratamientos con ácidos (Bancal *et al.*, 1993) o la exposición de estos compuestos a altas temperaturas.

Los fructanos constituyen los principales carbohidratos de almacenamiento en las especies de plantas que los producen. Esta producción es dada en las vacuolas, las que desempeñan un papel clave en el almacenamiento temporal de fotosintatos en las hojas (Wiemken *et al.*, 1995; Vijn y Smeekens, 1999). Además son capaces de darle a las plantas la energía que necesitan durante la etapa de crecimiento vegetativo. (Singh y Singh, 2010).

Los fructanos intervienen en la osmorregulación celular, en la tolerancia al frío (Le Roy *et al.* (2007) y en la resistencia a la cristalización. Además, juegan un rol decisivo en la protección de las plantas en condiciones de sequía. En los órganos subterráneos de algunas plantas como tallos y raíces tienen función de almacenamiento o reserva (Bravo *et al.*, 2001; Kawakami y Yoshida, 2002).

La síntesis de cualquier tipo de fructano comienza con una reacción de transfructosilación, donde la sacarosa tiene función de donante y primer aceptor del residuo de fructosa (Koop (1994). Según el modelo fisiológico de Vijn y Smeekens (1999), en la síntesis de fructanos intervienen varias enzimas: la sacarosa: sacarosa 1-fructosiltransferasa (1-SST), la fructano: fructano 1-fructosiltransferasa (1-FFT), la sacarosa: fructano 6-fructosiltransferasa (6-SFT), la fructano: fructano 6-glucosa-fructosiltransferasa (6G-FFT), la levanasacarasa (sacarosa 6-fructosiltransferasa) y la inulinasacarasa (sacarosa 1-fructosiltransferasa). Todas estas

feasible process, in addition to treatments with acids (Bancal *et al.*, 1993) or the exposure of these compounds to high temperatures.

Fructans are the main storage carbohydrates in the plant species that produce them. This production occurs in the vacuoles, which play a key role in the temporary storage of photosynthates in the leaves (Wiemken *et al.*, 1995; Vijn and Smeekens, 1999). They are also capable of giving plants the energy they need during the vegetative growth stage. (Singh and Singh, 2010).

Fructans are involved in cellular osmoregulation, in tolerance to cold (Le Roy *et al.* (2007) and in the resistance to crystallization. In addition, they play a decisive role in protecting plants in drought conditions. In the underground organs of some plants, such as stems and roots, they have a storage or reserve function (Bravo *et al.*, 2001; Kawakami and Yoshida, 2002).

The synthesis of any type of fructan begins with a transfructosylation reaction, where sucrose has the function of donor and first acceptor of the fructose residue (Koop (1994). According to the physiological model of Vijn and Smeekens (1999), several enzymes are involved in the synthesis of fructans: sucrose: sucrose 1-fructosyltransferase (1-SST), fructan: fructan 1-fructosyltransferase (1-FFT), sucrose: fructan 6-fructosyltransferase (6-SFT), fructan: fructan 6-glucose-fructosyltransferase (6G-FFT), levansucrase (sucrose 6-fructosyltransferase), and inulin sucrose (sucrose 1-fructosyltransferase). All these enzymes are called fructosyltransferases and

enzimas reciben el nombre de fructosiltransferas y cada una tiene un sustrato donante y aceptor característico (Lammens *et al.*, 2012).

La sacarosa: sacarosa 1-fructosiltransferasa (1-SST) es la primera enzima de la vía de síntesis de fructanos en plantas. Constituye la única fructosiltransferasa presente en hongos Hendry y Wallace, (1993); Rehm *et al.* (1998). La misma escinde el enlace glicosídico de la sacarosa y transfiere el residuo de fructosa a la posición C-1 del extremo fructosilo de otra molécula de sacarosa, formando la 1-kestosa (Wiemken *et al.*, 1995).

La fructano: fructano 1-fructosiltransferasa (1-FFT) transfiere el residuo de fructosa terminal de un fructano donante (generalmente 1-kestosa) a la posición C-1 del extremo fructosilo de otro fructano aceptor (generalmente de cadena más larga) permitiendo así la extensión de la molécula de inulina (Koops y Jonker, 1994; Van den Ende *et al.*, 1996).

La sacarosa: fructano 6-fructosiltransferasa (6-SFT) escinde el enlace glicosídico de la sacarosa y transfiere el residuo de fructosa a la posición C-6 del residuo fructosilo interno de la 1-kestosa para formar la bifurcosa. La 6-SFT está presente sólo en algunas especies de Gramíneas, donde también polimeriza, mediante enlaces β (2 \rightarrow 6) y en combinación con la 1- FTF, las cadenas de los fructanos fleína y graminana n (Sprenger *et al.*, 1995).

La fructano: fructano 6-glucosa-fructosiltransferasa (6G-FFT) escinde el enlace que une los dos residuos de fructosa presentes en la 1-kestosa y transfiere la fructosa terminal a la posición C-6 del residuo glucosilo de una sacarosa para

each one has a characteristic donor and acceptor substrate (Lammens *et al.*, 2012).

Sucrose: sucrose 1-fructosyltransferase (1-SST) is the first enzyme in the fructan synthesis pathway in plants. It constitutes the only fructosyltransferase present in fungi Hendry and Wallace, (1993); Rehm *et al.* (1998). It cleaves the glycosidic bond of sucrose and transfers the fructose residue to the C-1 position of the fructosyl end of another sucrose molecule, forming 1-kestose (Wiemken *et al.*, 1995).

Fructan: fructan 1-fructosyltransferase (1-FFT) transfers the terminal fructose residue of one donor fructan (usually 1-kestose) to the C-1 position of the fructosyl terminus of another acceptor (usually longer chain) fructan thus allowing the extension of the inulin molecule (Koops and Jonker, 1994; Van den Ende *et al.*, 1996).

Sucrose: fructan 6-fructosyltransferase (6-SFT) cleaves the glycosidic bond of sucrose and transfers the fructose residue to the C-6 position of the fructosyl residue internal 1-kestose to form bifurcose. 6-SFT is present only in some species of Gramineae, where it also polymerizes, through β (2 \rightarrow 6) bonds and in combination with 1-FTF, the phlein and graminan fructan chains (Sprenger *et al.*, 1995).

Fructan: fructan 6-glucose-fructosyltransferase (6G-FFT) cleaves the bond joining the two fructose residues present in 1-kestose and transfers the terminal fructose to the C-6 position of the glycosyl residue of a sucrose to form the neokestosa. This enzyme should be named

formar la neokestosa. Esta enzima debería ser nombrada como fructano: sacarosa 6-G-fructosiltransferasa debido a su acción catalítica (Wiemken *et al.*, 1995).

La levanasacarasa (sacarosa 6-fructosiltransferasa) escinde el enlace glicosídico de la sacarosa y transfiere el residuo fructosilo en un inicio a otra sacarosa para formar 1-kestosa y/o 6-kestosa; que son fructanos intermediarios que en reacciones sucesivas de transfructosilación se polimerizan, mediante enlaces en su mayoría β (2 \rightarrow 6), hasta moléculas de levana de alta masa molecular (Cote, 1988).

La inulinasacarasa (sacarosa 1-fructosiltransferasa) escinde el enlace glicosídico de la sacarosa y transfiere el residuo fructosilo, primero a otra sacarosa y luego al fructano sintetizado, formando moléculas de inulina de elevada masa molecular. Esta enzima se ha identificado únicamente en la bacteria *Streptococcus mutans* (Sato *et al.*, 1984).

Según Kaur y Das (2011), un alimento no es más que un componente necesario y vital para mantener las diversas funciones en la vida, entre ellas la producción de energía, actividades metabólicas, suministro de nutrientes y mantenimiento y crecimiento del cuerpo. En los últimos años, se han incrementado los estudios e investigaciones acerca de la calidad en la alimentación y la incorporación de dietas balanceadas, ya que esto trae un efecto benéfico sobre la salud y el bienestar de las personas. Para ello se han implementado alternativas en la producción de alimentos, para de esta forma reducir el riesgo de enfermedades crónicas. Estos alimentos reciben el nombre de alimentos funcionales (Zurdo, 2015).

Los alimentos funcionales contienen componentes importantes biológicamente

fructan: sucrose 6-G-fructosyltransferase due to its catalytic action (Wiemken *et al.*, 1995).

Levanasucrase (sucrose 6-fructosyltransferase) cleaves the glycosidic bond of sucrose and transfers the fructosyl residue initially to another sucrose to form 1-kestose and/or 6-kestose; which are intermediate fructans that in successive transfructosylation reactions polymerize, through mostly β (2 \rightarrow 6) bonds, to high molecular mass levan molecules (Cote, 1988).

Inulin sucrose (sucrose 1-fructosyltransferase) cleaves the glycosidic bond of sucrose and transfers the fructosyl residue, first to another sucrose and then to the synthesized fructan, forming high molecular mass inulin molecules. This enzyme has only been identified in the bacterium *Streptococcus mutans* (Sato *et al.*, 1984).

According to Kaur and Das (2011), a food is nothing more than a necessary and vital component to maintain the various functions in life, including energy production, metabolic activities, nutrient supply, and maintenance and growth of the body. In recent years, studies and research have increased on the quality of food and the incorporation of balanced diets, since this has a beneficial effect on the health and well-being of people. For this, alternatives have been implemented in food production, in order to reduce the risk of chronic diseases. These foods are called functional foods (Lefty, 2015).

Functional foods contain important biologically active components, which are

activos, que son útiles en la industria alimentaria. Estos alimentos aportan nutrientes necesarios para complementar las dietas y así mejorar la alimentación y prevenir ciertas enfermedades (Marquina y Santos, 2001).

Los alimentos funcionales con componentes bioactivos tanto naturales como procesados son estrategias que se aplican hoy en el campo de la nutrición. Su implicación en la regulación de la expresión génica, en la proliferación y función celular, en la inmunomodulación, en la ecología intestinal, en el sistema de antioxidación o en el metabolismo muestran cómo se pueden mejorar los hábitos alimentarios de la población, tanto infantil, adulta como adulta mayor (Gil and Rueda, 2002).

Dentro de los alimentos funcionales han tomado un papel relevante los probióticos y prebióticos, con importantes funciones en la prevención y mejoramiento de la calidad de vida Gibson *et al.* (1995). Los probióticos son microorganismos vivos que, son agregados como suplemento en la dieta y afectan de forma beneficiosa el desarrollo de la flora microbiana en el intestino (Fuller, 1989).

Los prebióticos, en cambio, son ingredientes alimenticios que influyen de forma benéfica en el hospedero por la estimulación selectiva del crecimiento y actividad de un número limitado de bacterias en el colón, que conllevan al mejoramiento de la salud.

Los fructanos son prebióticos que fortalecen los mecanismos de defensa e intervienen en el control de padecimientos como son la obesidad y el estreñimiento, ambas frecuentes en la actualidad. Ingerir prebióticos estimula el desarrollo de las células de la mucosa intestinal en la región ciego-colon (Delzenne y Kok, 2001).

useful in the food industry. These foods provide the necessary nutrients to complement diets and thus improve nutrition and prevent certain diseases (Marquina and Santos, 2001).

Functional foods with both natural and processed bioactive components are strategies that are applied today in the field of nutrition. Its implication in the regulation of gene expression, in cell proliferation and function, in immunomodulation, in intestinal ecology, in the anti-oxidation system or in metabolism show how the eating habits of the population, both children and adolescents, can be improved. adult as older adult (Gil and Rueda, 2002).

Within functional foods, probiotics and prebiotics have taken a relevant role, with important functions in the prevention and improvement of the quality of life Gibson *et al.* (1995). Probiotics are live microorganisms that are added as a supplement to the diet and beneficially affect the development of the microbial flora in the intestine (Fuller, 1989).

Prebiotics, on the other hand, are food ingredients that have a beneficial influence on the host by selectively stimulating the growth and activity of a limited number of bacteria in the colon, leading to improved health.

Fructans are prebiotics that strengthen defense mechanisms and are involved in the control of conditions such as obesity and constipation, both common today. Ingesting prebiotics stimulates the development of intestinal mucosal cells in the cecum-colon

Los fructanos tienen un efecto fisiológico sobre la disminución de concentración de glucosa en sangre, lo que controla el metabolismo de la glucosa y estimula la secreción de insulina en las células β pancreáticas, además de inhibe la síntesis de glucagón en las células α (Gibson y Roberfroid, 2008). Estos compuestos también modulan el estado de biomarcadores glicémicos e inflamatorios o antiinflamatorios y de endotoxemia metabólica en pacientes con enfermedades como diabetes. (Álvarez- Borroto *et al.*, 2015).

Los fructanos actúan contra la hiperlipidemia, esto es un factor que ha aumentado en las sociedades durante las últimas décadas. Está relacionado con enfermedades de hígado y riñón, diabetes y obesidad y puede causar complicaciones como la arterosclerosis y la hipertensión arterial (Delfan *et al.*, 2015). Su aumento está asociado al mal hábito alimenticio y al consumo de grasas y comida rápida.

Los fructooligosacáridos son compuestos naturales con capacidad edulcorante y no cardiogénica que son ya comercializados en diferentes lugares del mundo. En la industria alimentaria se utilizan como aditivos en panificación, heladería y lácteos (Han, 1990). Al compararlos con los carbohidratos digeribles (4kcal/g), los fructanos aportan un valor calórico reducido (1,5 kcal/g) (Castor, 2011).

La utilización selectiva de los fructanos por las Bifidobacterias intestinales deriva en la producción de ácidos grasos de cadenas cortas (acetato, propionato y butirato), esto disminuye el pH del tracto digestivo y la población de bacterias patógenas que allí viven como *Escherichia coli* E, *Clostridium perfringens* V, *Salmonella* sp., entre otras. Cuando se mejora la microbiota intestinal

region (Delzenne and Kok, 2001).

Fructans have a physiological effect on lowering blood glucose concentration, which controls glucose metabolism and stimulates insulin secretion in pancreatic β -cells, in addition to inhibiting glucagon synthesis in α -cells (Gibson et al. Robertford, 2008). These compounds also modulate the status of glycemic and inflammatory or anti-inflammatory biomarkers and metabolic endotoxemia in patients with diseases such as diabetes. (Álvarez-Borroto *et al.*, 2015).

Fructans act against hyperlipidemia, this is a factor that has increased in societies in recent decades. It is related to liver and kidney diseases, diabetes and obesity and can cause complications such as atherosclerosis and high blood pressure (Delfan *et al.*, 2015). Its increase is associated with a bad eating habit and the consumption of fats and fast food.

Fructooligosaccharides are natural compounds with sweetening and non-cardiogenic capacity that are already marketed in different parts of the world. In the food industry they are used as additives in baking, ice cream and dairy products (Han, 1990). When compared to digestible carbohydrates (4kcal/g), fructans provide a reduced caloric value (1.5kcal/g) (Castor, 2011).

The selective use of fructans by intestinal Bifidobacteria leads to the production of short-chain fatty acids (acetate, propionate and butyrate), which lowers the pH of the digestive tract and the population of

esto evita diarreas e intoxicaciones, y se reduce la producción de sustancias putrefactas del intestino lo que previene la aparición de cáncer del colon. La presencia de estos carbohidratos en el colon incita a que haya un alto crecimiento de lactobacilos. (Flamm *et al.*, 2001).

Esta producción de ácidos grasos de cadena corta hace que aumente también la biodisponibilidad de minerales como el calcio (Ca) y el magnesio (Mg), y provoca que disminuya el pH y se incremente la concentración de otros minerales ionizados en el intestino grueso. Como resultado de esto aumenta la solubilidad, y la difusión activa y pasiva a través de las células del intestino (Coudray *et al.*, 2003; Holloway *et al.*, 2007).

En la actualidad, también se incrementa el uso de los fructanos como aditivos prebióticos en la producción animal de Lange *et al.* (2010). En este sentido se utilizan en la dieta animal para aumentar el crecimiento y reducir el estrés. Además reducen la masa fecal de enzimas microbianas, como la ureasa y la nitroreductasa, que parecen estar involucradas en la producción de sustancias cancerígenas y mutagénicas (Yeung *et al.*, 2005). Cuando se añade este producto en la dieta animal se modifica también la composición de la microbiota intestinal aportándoles beneficios a la salud del animal. La utilización de este compuesto constituye una alternativa para sustituir los antibióticos que estimulan el aumento en la producción (Tsai *et al.*, 2013).

De forma general los fructanos son utilizados como ingrediente alimentario por los beneficios que aporta como prebiótico natural, fibra dietética y por sus funciones tecnológicas, Espinosa-Andrews y Urias-Silvas (2012). Se emplean como

pathogenic bacteria that live there, such as *Escherichia coli E*, *Clostridium perfringens V*, *Salmonella sp.*, among others. When the intestinal microbiota is improved, this prevents diarrhea and poisoning, and the production of putrefactive substances in the intestine is reduced, which prevents the appearance of colon cancer. The presence of these carbohydrates in the colon encourages a high growth of lactobacilli. (Flamm *et al.*, 2001).

This production of short-chain fatty acids also increases the bioavailability of minerals such as calcium (Ca) and magnesium (Mg), and causes the pH to decrease and the concentration of other ionized minerals to increase in the large intestine. As a result, solubility increases, and active and passive diffusion through the cells of the intestine (Coudray *et al.*, 2003; Holloway *et al.*, 2007).

Currently, the use of fructans as prebiotic additives in animal production is also increasing according to Lange *et al.* (2010). In this sense, they are used in the animal diet to increase growth and reduce stress. They also reduce the fecal mass of microbial enzymes, such as urease and nitroreductase, which seem to be involved in the production of carcinogenic and mutagenic substances (Yeung *et al.*, 2005). When this product is added to the animal diet, the composition of the intestinal microbiota is also modified, providing benefits to the animal's health. The use of this compound constitutes an alternative to replace antibiotics that stimulate the increase in production (Tsai *et al.*, 2013).

In general, fructans are used as a food ingredient for the benefits it provides as a natural prebiotic, dietary fiber and for its technological functions, Espinosa-Andrews and Urias-Silvas (2012). They are used as

estabilizantes, edulcorantes y gelificantes, por la capacidad hidrosolubles y las propiedades humectantes que poseen, (Bruzos *et al.*, 2011).

Otros formas de usarlos es como reactivos industriales y compuestos biodegradables Van den Ende (2013). Por su alta solubilidad y viscosidad, se utilizan como agentes emulsivos en la fabricación de pinturas y gomas industriales o como materia prima en la elaboración de plásticos biodegradables (Hidaka *et al.*, 1991; Yun, 1996). Por otra parte, la levana al igual que la dextrana es inocua al organismo humano y no inmunogénica, por lo que se recomienda su uso en aplicaciones clínicas tales como la extensión del volumen de plasma sanguíneo y la microencapsulación de fármacos (Han, 1990).

Presencia de fructanos en plantas

Los fructanos están ampliamente distribuidos en la naturaleza. Pueden presentarse en bacterias, hongos, algas y plantas, donde cumplen diferentes funciones Fernández (2014) En el reino vegetal, los fructanos solo están presente en aproximadamente el 15 % de la flora angiosperma (Hendry, 1993). Dichas especies se enmarcan fundamentalmente en los órdenes Liliales, *Asparagales*, *Asterales* y *Poales* y dentro de ellos, en un pequeño número de familias de plantas mono y dicotiledóneas, tales como *Gramineae*, *Compositae*, *Nolinaceae* y *Agavaceae* *Liliaceae*, y *Amaryllidaceae*, (Pollock y Cairns, 1991; López *et al.*, 2003).

Esta última familia de plantas nombrada Amaryllidaceae son plantas herbáceas, perennes, bulbosas o rizomatosas que pueden ser fácilmente reconocidas por sus flores trímeras dispuestas en inflorescencias

stabilizers, sweeteners and gelling agents, due to their water-soluble capacity and the moisturizing properties they possess (Bruzos *et al.*, 2011).

Other ways of using them is as industrial reagents and biodegradable compounds Van den Ende (2013). Due to their high solubility and viscosity, they are used as emulsifying agents in the manufacture of industrial paints and rubbers or as raw material in the production of biodegradable plastics (Hidaka *et al.*, 1991; Yun, 1996). On the other hand, levana, like dextran, is harmless to the human organism and non-immunogenic, so its use is recommended in clinical applications such as the expansion of blood plasma volume and the microencapsulation of drugs (Han, 1990).

Presence of fructans in plants

Fructans are widely distributed in nature. They can occur in bacteria, fungi, algae and plants, where they fulfill different functions Fernández (2013). In the plant kingdom, fructans are only present in approximately 15% of the angiosperm flora (Hendry, 1993). These species are framed fundamentally in the orders Liliales, *Asparagales*, *Asterales* and *Poales* and within them, in a small number of families of mono and dicotyledonous plants, such as *Gramineae*, *Compositae*, *Nolinaceae* and *Agavaceae* *Liliaceae*, and *Amaryllidaceae*, (Pollock and Cairns, 1991; López *et al.*, 2003).

This last family of plants named Amaryllidaceae are herbaceous, perennial, bulbous or rhizomatous plants that can be easily recognized by their trimeric flowers arranged in inflorescences similar to umbels, which are surrounded by two bracts at the

similares a umbelas, las cuales se hallan rodeadas de dos brácteas en la extremidad de un escapo. Poseen flores hermafroditas, actinomorfas o zigomorfas, generalmente proterandras. Su fruto es una cápsula loculicida o indehiscente y sus semillas pueden ser más o menos globosas y carnosas, o aplanadas y duras, negras, verdes o rojas (Watson y Dallwitz, 1992).

La especie *Hymenocallis arenicola* North es una especie de la familia *Amaryllidaceae* es endémica de las Indias Occidentales y nativa de Las Bahamas, Cuba, La Española y Jamaica. En Cuba, crece en complejos de vegetación de costa rocosa o arenosa de la región occidental, aunque también es cultivada en patios y jardines (Urquiola and González, 2009).

La planta se caracteriza por tener un bulbo subgloboso y hojas persistentes, mayormente erectas, oblongo-lanceoladas y de base ensanchada. Sus flores son sésiles y fragantes, con un perigonio blanco y su fruto es una cápsula dehiscente y alongada. Las semillas son grandes, verdes y carnosas (Urquiola and González, 2009).

Algunas plantas del género *Hymenocallis* como *Hymenocallis Litorallis* han sido ampliamente utilizadas como remedios en medicina tradicional y en la obtención de alimentos, aromas y sabores, (González, 2014). Otras especies de importancia económica que también almacenan fructanos son los cereales: Cebada (*Hordeum vulgare* L.), Trigo (*Triticum spp*), Avena (*Avena sativa* L.), además de vegetales como Achicoria (*Cichorium intybus* L.), Cebolla (*Allium cepa* L.) y Lechuga (*Lactuca sativa* L.), por otra parte se pueden encontrar en plantas ornamentales como Dalia (*Dalia spp*), Tulipán (*Tulipa spp*), y en gramíneas forrajeras como

end of a scape. They have hermaphroditic, actinomorphic or zygomorphic flowers, usually proterandrous. Its fruit is a loculicidal or indehiscent capsule and its seeds can be more or less globose and fleshy, or flattened and hard, black, green or red (Watson and Dallwitz, 1992).

The species *Hymenocallis arenicola* North is a species of the family *Amaryllidaceae* is endemic to the West Indies and native to The Bahamas, Cuba, Hispaniola and Jamaica. In Cuba, it grows in rocky or sandy coastal vegetation complexes in the western region, although it is also cultivated in patios and gardens (Urquiola and González, 2009).

The plant is characterized by having a subglobose bulb and persistent, mostly erect, oblong-lanceolate leaves with a broad base. Its flowers are sessile and fragrant, with a white perigonium and its fruit is a dehiscent and elongated capsule. The seeds are large, green and fleshy (Urquiola and González, 2009).

Some plants of the *Hymenocallis* genus such as *Hymenocallis Litorallis* have been widely used as remedies in traditional medicine and in obtaining food, aromas and flavors (González, 2014). Other species of economic importance that also store fructans are cereals: Barley (*Hordeum vulgare* L.), Wheat (*Triticum spp*), Oats (*Avena sativa* L.), as well as vegetables such as Chicory (*Cichorium intybus* L.), Onion (*Allium cepa* L.) and Lettuce (*Lactuca sativa* L.), on the other hand they can be found in ornamental plants such as Dahlia (*Dalia spp*), Tulip (*Tulipa spp*), and in forage grasses such as Lolium (*Lolium perenne* L.), Fescue

Lolium (*Lolium perenne* L.), Festuca (*Festuca arundinacea* L.) (Vijn y Smeekens, 1999).

(*Festuca arundinacea* L.) (Vijn and Smeekens, 1999).

Bibliografía / References

- Álvarez, R.; Ruano, A.; Calle, M.; Lara, M. 2015. Extracción y determinación de inulina del ajo común autóctono (*Allium sativum*), Revista Cubana de Química, 27(2): 131-146, ISSN: 2224-5421.
- Bancal, P., Gibeaut, D. M., & Carpita, N. C. 1993. Analytical methods for the determination of fructan structure and biosynthesis. *Science and technology of fructans*. CRC Press, Boca Raton, FL, 83-118.
- Bravo, L. A., Ulloa, N., Zuñiga, G. E., Casanova, A., Corcuera, L. J., & Alberdi, M. 2001. Cold resistance in Antarctic angiosperms. *Physiologia Plantarum*, 111(1): 55-65., ISSN: 1399-3054, DOI: 10.1034/j.1399-3054.2001.1110108. x.
- Bruzos, C.; Socorro C.; Candela, C.; Royo B.; Ángel, M.; López Nomdedeu, C. 2011. Nutrición, salud y alimentos funcionales, Disponible en: <http://e-spacio.uned.es/fez/view/bibliuned:editorial-Educacionpermanente-0188167EP01A01>, [Consulta: 18 de abril de 2016].
- Castor, L. 2011. Inulina: Polisacárido con interesantes beneficios a la salud humana y con aplicación en la industria farmacéutica. *inFÁRMate*, 27: 1-5.
- Coronado, D. 2016. Identificación de fructanos en el Lirio de Costa (*Hymenocallis arenicola* Northr.) Trabajo de Diploma. Universidad Agraria de La Habana. Cuba. pp.21.
- Cote, G. L. 1988. Production of a constitutive, extracellular levansucrase from *Erwinia herbicola* NRRL B-1678. *Biotechnology letters*, 10(12): 879-882.
- Coudray, C., Tressol, J. C., Gueux, E., & Rayssiguier, Y. 2003. Effects of inulin-type fructans of different chain length and type of branching on intestinal absorption and balance of calcium and magnesium in rats. *European journal of nutrition*, 42(2): 91-98.
- De Lange, C. F. M., Pluske, J., Gong, J., & Nyachoti, C. M. 2010. Strategic use of feed ingredients and feed additives to stimulate gut health and development in young pigs. *Livestock Science*, 134(1-3): 124-134.
- Del Viso, F., Puebla, A. F., Hopp, H. E., & Heinz, R. A. 2009. Cloning and functional characterization of a fructan 1-exohydrolase (1-FEH) in the cold tolerant Patagonian species *Bromus pictus*. *Planta*, 231(1): 13-25.
- Delfan, B., Bahmani, M., Kazemeini, H., Zargaran, A., Kopaei, M. R., Samani, M. A., & Shahsavari, S. 2016. Identification of Effective medicinal plants for hyperlipidemia: An ethnobotanical study in lorestan province, west of Iran. *Traditional and Integrative Medicine*, 28-34.
- Delzenne, N. M., & Kok, N. 2001. Effects of fructans-type prebiotics on lipid metabolism. *The American journal of clinical nutrition*, 73(2): 456s-458.
- Dimitri, M. J. 2004. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. Tomo I.
- Espinosa-Andrews, H., & Urias-Silvas, J. E. 2012. Thermal properties of agave fructans (Agave tequilana Weber var. Azul). *Carbohydrate Polymers*, 87(4): 2671-2676.
- Fernández, Á. Á. 2014. Prebióticos: Alternativas mexicanas. *Horizonte sanitario*, 12(1): 4-6.

- 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(5): 353-362.
- Franck, A. 2002. Technological functionality of inulin and oligofructose. *British journal of Nutrition*, 87(S2): 287-291.
- FRANCO-Robles, Elena; LÓPEZ, Mercedes G. 1989. Implication of fructans in health: immunomodulatory and antioxidant mechanisms. *The Scientific World Journal*, 2015, vol. 2015.
- Fuller, R. 1989. Probiotics in man and animals. *The Journal of Applied Bacteriology*, 66(5): 365-378, PMID: 2666378, ISSN: 0021-8847.
- Gibson, G.; Beatty, E.; Wang, X.; Cummings, J. 1995. Selective stimulation of bifidobacteria in the human colon by oligofructose and inulin. *Gastroenterology*, 108(4): 975-982, ISSN: 0016-5085, DOI: 10.1016/0016-5085(95)90192-2.
- Gibson, G.R.; Roberfroid, M. 2008. Handbook of Prebiotics, Ed. CRC Press, 506 p, ISBN: 978-0-8493-8182-9.
- Gil, A.; Rueda, R. 2002. Interaction of early diet and the development of the immune system, *Nutrition Research Reviews*, 15(2): 263–292, ISSN: 1475-2700, DOI: 10.1079/NRR200248.
- González, A. 2014. Caracterización de las propiedades funcionales de fructanos de agave para su uso como sustitutos de grasa en alimentos, [en línea], Repositorio de Tesis del Instituto Politécnico Nacional, Postgrado, México, Disponible en: <http://itzamna.bnct.ipn.mx/handle/123456789/12777>, [Consulta: 19 de abril de 2016].
- Han, Y. 1990. *Advances in Applied Microbiology*. Ed. Academic Press, 324 p., ISBN: 978-0-08-056449-4.
- HENDRY, George AF; WALLACE, Rebecca K. 1993. The origin, distribution, and evolutionary significance of fructans. *Science and technology of fructans*, p. 119-139.
- Hidaka, Hidemasa, Masao Hirayama, and Kazuhiko Yamada. 1991. "Fructooligosaccharides enzymatic preparation and biofunctions." 509-522.
- Holloway, L., Moynihan, S., Abrams, S. A., Kent, K., Hsu, A. R., & Friedlander, A. L. 2007. Effects of oligofructose-enriched inulin on intestinal absorption of calcium and magnesium and bone turnover markers in postmenopausal women. *British Journal of Nutrition*, 97(2): 365-372.
- Kaur, S., & Das, M. 2011. Functional foods: an overview. *Food Science and Biotechnology*, 20(4): 861.
- Kawakami, A., & Yoshida, M. 2012. Graminan breakdown by fructan exohydrolase induced in winter wheat inoculated with snow mold. *Journal of plant physiology*, 169(3): 294-302.
- Koenen, M. E., Rubio, J. M. C., Mueller, M., & Venema, K. 2016. The effect of agave fructan products on the activity and composition of the microbiota determined in a dynamic in vitro model of the human proximal large intestine. *Journal of Functional Foods*, 22: 201-210.
- Koops, A. J., & Jonker, H. H. 1994. Purification and characterization of the enzymes of fructan biosynthesis in tubers of *Helianthus tuberosus* 'Colombia' I. Fructan: fructan fructosyl transferase. *Journal of Experimental Botany*, 45(11): 1623-1631.
- Lammens, W., Le Roy, K., Yuan, S., Vergauwen, R., Rabijns, A., Van Laere, A., & Van den Ende, W. 2012. Crystal structure of 6-SST/6-SFT from *Pachysandra terminalis*, a plant fructan biosynthesizing enzyme in complex with its acceptor substrate 6-kestose. *The Plant Journal*, 70(2): 205-219.

- Le Roy, K., Lammens, W., Verhaest, M., De Coninck, B., Rabijns, A., Van Laere, A., & Van den Ende, W. 2007. Unraveling the difference between invertases and fructan exohydrolases: a single amino acid (Asp-239) substitution transforms Arabidopsis cell wall invertase1 into a fructan 1-exohydrolase. *Plant Physiology*, 145(3): 616-625.
- Lopez, M. G., Mancilla-Margalli, N. A., & Mendoza-Diaz, G. 2003. Molecular structures of fructans from Agave tequilana Weber var. azul. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(27): 7835-7840.
- López, M. G., Mancilla-Margalli, N. A., & Mendoza-Diaz, G. 2003. Molecular structures of fructans from Agave tequilana Weber var. azul. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(27): 7835-7840.
- Mancilla-Margalli, N. A., & López, M. G. 2006. Water-soluble carbohydrates and fructan structure patterns from Agave and Dasylirion species. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(20): 7832-7839.
- Marquina, D., & Santos, A. 2001. Probióticos, prebióticos y salud. *Actualidad SEM*, 32: 24-27.
- Mueller, M., Reiner, J., Fleischhacker, L., Viernstein, H., Loeppert, R., & Praznik, W. 2016. Growth of selected probiotic strains with fructans from different sources relating to degree of polymerization and structure. *Journal of functional Foods*, 24: 264-275.
- Pollock, C. J., & Cairns, A. J. 1991. Fructan metabolism in grasses and cereals. *Annual review of plant biology*, 42(1): 77-101.
- Rehm, J., Willmitzer, L., & Heyer, A. G. 1998. Production of 1-kestose in transgenic yeast expressing a fructosyltransferase from Aspergillus foetidus. *Journal of bacteriology*, 180(5): 1305-1310.
- Roberfroid, M. B. 1999. Concepts in functional foods: the case of inulin and oligofructose. *The Journal of nutrition*, 129(7): 1398-1401.
- Serrano, P. S. 2017. Prebióticos En La Mejora De La Función Gastrointestinal. *Universidad de Complutense*, 2017, vol. 24.
- Sato, S., Koga, T., & Inoue, M. 1984. Isolation and some properties of extracellular D-glucosyltransferases and D-fructosyltransferases from Streptococcus mutans serotypes c, e, and f. *Carbohydrate research*, 134(2): 293-304.
- Singh, R. S., & Singh, R. P. 2010. Production of fructooligosaccharides from inulin by endoinulinases and their prebiotic potential. *Food Technology and Biotechnology*, 48(4): 435.
- Sosa-Herrera, M. G., & Delgado-Reyes, V. A. 2017. Propiedades funcionales y aplicaciones tecnológicas de fructanos. *OmniaScience Monographs*. Suzuki, M.; Chatterton, N. Science and Technology of Fructans, Ed. CRC Press, 392 p., ISBN: 978-0-8493-5111-2.
- Sprenger, N., Bortlik, K., Brandt, A., Boller, T., & Wiemken, A. 1995. Purification, cloning, and functional expression of sucrose: fructan 6-fructosyltransferase, a key enzyme of fructan synthesis in barley. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 92(25): 11652-11656.
- Stevens, P. F. 2016. Angiosperm Phylogeny Website. Version 13. *Angiosperm Phylogeny Website. Version 13*.
- Sundarasekar, J., Sahgal, G., & Subramaniam, S. 2012. Anti-candida activity by *Hymenocallis littoralis* extracts for opportunistic oral and genital infection Candida albicans. *Bangladesh Journal of Pharmacology*, 7(3): 211-216.
- Suzuki, M., & Chatterton, N. J. 1993. *Science and technology of fructans*. CRC Press.

- Tsai, C. C., Lin, C. R., Tsai, H. Y., Chen, C. J., Li, W. T., Yu, H. M., ... & Wong, C. H. 2013. The immunologically active oligosaccharides isolated from wheatgrass modulate monocytes via Toll-like receptor-2 signaling. *Journal of Biological Chemistry*, 288(24): 17689-17697.
- Urquiola, U.; González, S 2009. *Amaryllidaceae*. En: Gantner, A.R., Flora de la república de Cuba, FL-9491 Ruggell, Liechtenstein, 3(15):3-5.
- Van den Ende, W. 2013. Multifunctional fructans and raffinose family oligosaccharides. *Frontiers in plant science*, 4: 247.
- Van den Ende, W., Van Wonterghem, D., Verhaert, P., Dewil, E., & Van Laere, A. 1996. Purification and characterization of fructan: fructan fructosyl transferase from chicory (*Cichorium intybus* L.) roots. *Planta*, 199(4): 493-502.
- Van Loo, J., Coussement, P., De Leenheer, L., Hoebregs, H., & Smits, G. 1995. On the presence of inulin and oligofructose as natural ingredients in the western diet. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, 35(6): 525-552.
- Vijn, I., & Smeekens, S. 1999. Fructan: more than a reserve carbohydrate? *Plant physiology*, 120(2): 351-360.
- Waterhouse, A.; Chatterton, N. 1993. Science and Technology of Fructans, Ed. CRC Press, ISBN: 978-0-8493-5111-2.
- Watson, L., & Dallwitz, M. J. 1992. *The grass genera of the world*. CAB international.
- Wiemken, A., Sprenger, N., & Boller, T. 1995. Fructan: an extension of sucrose by sucrose.
- Yeung, C. K., Glahn, R. E., Welch, R. M., & Miller, D. D. 2005. Prebiotics and iron bioavailability—is there a connection? *Journal of food science*, 70(5): 88-92.
- Yun, J. W. 1996. Fructooligosaccharides—occurrence, preparation, and application. *Enzyme and microbial technology*, 19(2): 107-117.
- Zurdo Seijas, C. M. 2015. Papel de la fibra dietética en la prevención de las enfermedades cardiovasculares. Tesis de grado. Universidad de Valladolid. España.