



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

LA INULINA: SU OBTENCION DE FUENTES NATURALES  
Y SU APLICACION EN ALIMENTOS

**TRABAJO MONOGRAFICO DE ACTUALIZACION**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

**QUIMICA DE ALIMENTOS**

P R E S E N T A :

**TANIA RAMIREZ CASTILLO**



MEXICO, D.F. **EXAMENES PROFESIONALES**  
**FAC. DE QUIMICA**

2004





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## JURADO ASIGNADO

PRESIDENTE: Prof. FEDERICO GALDEANO BIENZOBAS

VOCAL: Profa. LUCÍA CORNEJO BARRERA

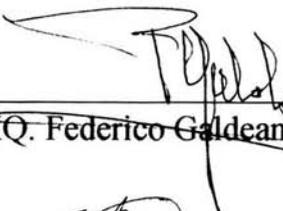
SECRETARIO: Prof. ENRIQUE MARTINEZ MANRIQUE

1er SUPLENTE: Profa. ROSA MARIA ARGOTE ESPINOSA

2º. SUPLENTE: Profa. FABIOLA GONZALEZ OLGUIN

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:  
Hemeroteca y Biblioteca, Edif. E y A  
Facultad de Química UNAM

ASESOR DEL TEMA:

  
IQ. Federico Galdeano Biezobas

SUSTENTANTE:

  
Tania Ramirez Castillo

**EN MEMORIA A MIS ABUELOS**

## AGRADECIMIENTOS

- ❖ A DIOS POR REGALARME LA VIDA Y POR AYUDARME EN TODO MOMENTO.
- ❖ A mis padres por haberme ayudado económica y moralmente durante todo el transcurso de mis estudios hasta este momento.
- ❖ A mis hermanas y a mi abuelita Victoria por su amor y paciencia.
- ❖ A Federico Galdeano por todo el apoyo que me brindo para la realización de este trabajo.
- ❖ A la M. en C. Alma Cruz Guerrero de la UAM Iztapalapa por brindarme algunos artículos referentes a este tema.
- ❖ A la Profesora Imelda Velásquez por ayudarme a conseguir material bibliográfico para la realización de esta tesis.
- ❖ A la Dra. Carmen Wachter por haberme brindado material bibliográfico para la realización de esta tesis.
- ❖ A la M. en C. Lilián Turcotte por haberme brindado material bibliográfico para la realización de esta tesis.
- ❖ A todos los profesores del Departamento de Alimentos (Profa. Zoila, Profa. Olga, Prof. Juan Guzman, Profa. Lulú Osnaya, Profa Fanny, Profa. Leticia Gil,etc.) por haberme brindado sus conocimientos referentes a los alimentos
- ❖ A mi familia de la facultad (Paty Santiago, César Zarazúa, Isaias, Toño, Miguel, Genaro, Manuel, Chucho, Ana Hilda, Alonso, Mariana, Renesito, Victor (Bart), Pancho, Daniela Castrejón, Claudia Crespo, Luis, Daniel, Elena Alvarez) y a todos aquellos con quien conviví durante la carrera y durante mi estancia en el laboratorio 324, 115 y 314 del Edificio E de la Facultad de Química, por todo lo que vivimos y aprendimos juntos.
- ❖ A mis amigos fuera de la Facultad, Erika, Martha, David, por acompañarme en días felices y consolarme y alentarme en los difíciles.
- ❖ A los miembros del H. Jurado por sus comentarios para mejorar ésta tesis.

# INDICE

# PAGINA

<b>I</b>	<b>INTRODUCCION.....</b>	<b>1</b>
<b>II</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>3</b>
<b>Capítulo 1</b>		
<b>Generalidades</b>		
1.1	Concepto de Prebióticos .....	4
1.2	Producción de Prebióticos .....	12
1.3	Fuentes de los Prebióticos .....	14
<b>Capítulo 2</b>		
<b>Métodos de extracción de la Inulina a partir de fuentes vegetales</b>		
2.1	Síntesis de inulina .....	38
2.2	Plantas con alto contenido de inulina y algunos métodos de extracción .....	39
2.2.1	Raíz de Achicoria .....	40
2.2.1.1	Extracción de la inulina por el método de Van Waes.....	41
2.2.1.2	Extracción de inulina a partir de achicoria, pataca y remolacha .....	41
2.2.2.-	Agave Tequilero (Agave tequilana) .....	42
2.2.2.1	Métodos de extracción de inulina a partir de agave tequilana .....	44
2.2.2.2	Otros métodos de extracción de inulina a partir del agave tequilana.....	45
2.2.3	Dalias Variabilis .....	46
2.2.3.1	Métodos de extracción .....	46
2.2.4.	Jerusalem artichoke .....	47
2.2.5	Yacón .....	48
2.2.5.1	Método de extracción .....	51
<b>Capítulo 3</b>		
<b>Propiedades fisicoquímicas y fisiológicas de la Inulina</b>		
3.1	Propiedades fisicoquímicas de la inulina.....	52
3.1.1	Solubilidad .....	52
3.1.2	Viscosidad y capacidad de gelificación.....	53
3.1.3	Estabilidad.....	55
3.2	Aplicaciones de la inulina .....	56

<b>3.3.-Efectos benéficos de la inulina.....</b>	<b>62</b>
--	-----------

#### **Capítulo 4**

#### **Perspectivas y legislación del uso de la Inulina en México y en algunos países**

<b>4.1.-Legislación Mexicana de la inulina.....</b>	<b>69</b>
---	-----------

<b>III. DISCUSION .....</b>	<b>77</b>
-----------------------------	-----------

<b>IV. CONCLUSIONES.....</b>	<b>79</b>
------------------------------	-----------

<b>V. BIBLOGRAFIA.....</b>	<b>81</b>
----------------------------	-----------

#### **VI. ANEXOS**

<b>Anexo 1 Lista de alimentos específicos que contienen prebióticos para uso en la salud de Japón.....</b>	<b>89</b>
--	-----------

<b>Anexo 2 Lista de alimentos que contienen inulina en el mercado.....</b>	<b>94</b>
--	-----------

<b>Anexo 3 Lista de productos alimenticios patentados que contienen inulina.....</b>	<b>97</b>
--	-----------

## I. INTRODUCCION

En los últimos años ha despertado el interés en la sociedad por mejorar sus hábitos de alimentación, por esta razón, en el área de la ciencia de los alimentos se ha buscado ingredientes que produzcan efectos benéficos para la salud. Dentro de estos ingredientes se han encontrado desde los nutrimentos esenciales para la subsistencia de la vida y la salud, hasta sustancias que contribuyen a retardar o evitar enfermedades crónicas que surgen en la edad madura.

Actualmente se ha investigado un grupo de ingredientes llamados Prebióticos, los cuales ayudan al crecimiento selectivo de bacterias benéficas que residen en el colon y esto conduce a una mejora de la salud del individuo.

El presente trabajo se enfoca en actualizar los estudios referentes a un prebiótico llamado inulina, incluyendo su síntesis y métodos de extracción a partir de fuentes vegetales. Estos métodos de extracción comprenden pasos físicos muy sencillos, donde no se requiere de capital excesivo, por lo tanto, junto con sus propiedades fisicoquímicas y funcionales y sus efectos benéficos para el consumidor; hace que dicho ingrediente se utilice en la industria alimentaria, en distintas ramas como en: Productos cárnicos, panadería y repostería, helados, chocolate, bebidas, etc.

En la mayoría de los países, la inulina se considera como un ingrediente funcional, el cuál ya se esta ocupando en algunos alimentos, por lo tanto se están haciendo varios estudios referentes a los efectos que trae consigo el consumo de la inulina. En estas evidencias científicas se ha encontrado que existe una dosis letal media arriba de 9g/kg, pero, al administrar 4.5g/kg de inulina por 6 semanas, no existe alguna toxicidad.

Sin embargo, el abuso en el consumo de este ingrediente puede ocasionar diarrea y distensión intestinal.

En México existe una propuesta de norma para los alimentos funcionales, incluida la inulina, la cual ayudará a establecer sus especificaciones nutrimentales y determinar si las afirmaciones de salud pueden ser empleadas en el etiquetado alimentario siempre y cuando se prueben sus efectos fisiológicos sobre evidencia científica respaldada y reconocida por la secretaría de Salud.

A pesar de que esta norma no indica el uso de la inulina y su límite máximo, al no ser considerado como un aditivo, ya es un gran adelanto empezar a reconocer este tipo de ingredientes por sus funciones.

En pocas palabras todavía falta mucho por hacer en este campo de investigación, ya que faltan normas que legislen el uso de la inulina en alimentos en México para que las empresas mexicanas empiecen a elaborar productos alimenticios con inulina, debido a que este ingrediente se puede extraer de varias fuentes vegetales que se encuentran en México.

Por otra parte el país líder en investigación y producción de prebióticos es Japón. En Europa hay un mayor interés en estos productos, por lo tanto, están incrementando las investigaciones, con el fin de aumentar la producción de estos productos, los cuales prometen un futuro más saludable para la humanidad.

## **II. OBJETIVO**

### **OBJETIVO GENERAL**

Actualizar y Ordenar la información vigente realizada en el campo de investigación de los prebióticos, en específico, la inulina así, como sus métodos de extracción a partir de fuentes vegetales, sus propiedades funcionales y su aplicación en la industria alimentaria.

# **CAPITULO 1**

## **Generalidades**

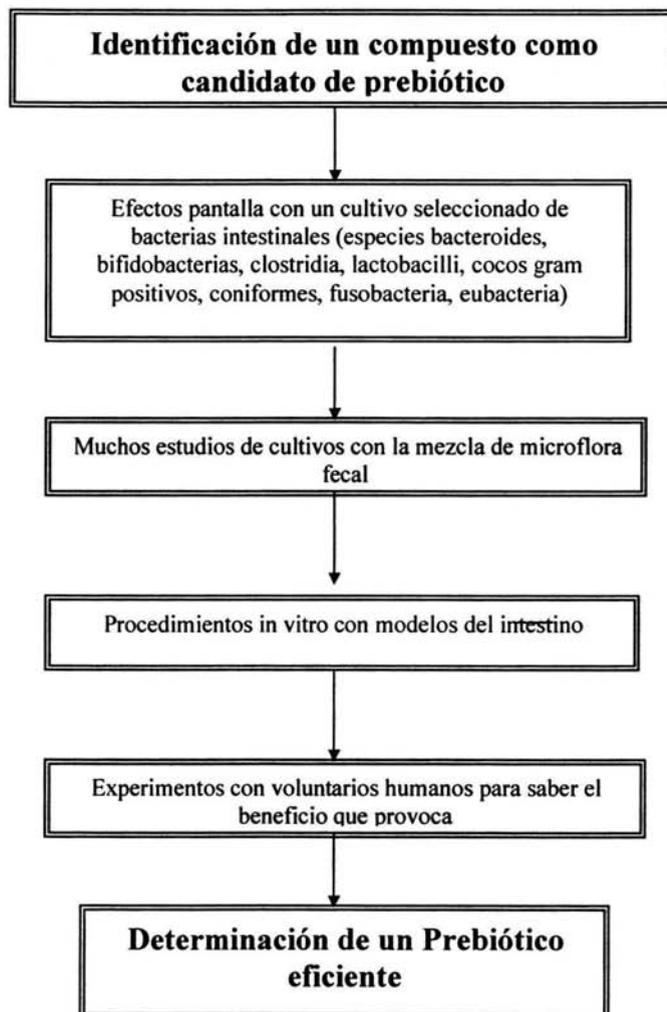
### **1.1.- Concepto de Prebióticos**

Son ingredientes alimenticios no digeribles por las vías digestivas superiores, los cuales producen un efecto benéfico en el hospedero al estimular el crecimiento selectivo y/o la actividad metabólica de un número limitado de especies bacterianas que residen en el colon.

Para ser calificado como prebiótico deben de cumplir con los siguientes requisitos:

- Ser de origen vegetal u obtenido por síntesis química y biotecnológica
- Formar parte de un conjunto heterogéneo de moléculas complejas
- No ser digerido por enzimas digestivas.
- Ser parcialmente fermentado por bacterias colónicas.
- Ser osmóticamente activo
- No debe ser hidrolizado y absorbido en la parte superior del tracto gastrointestinal.
- Debe ser un sustrato selectivo tanto para una o varias bacterias comensales benéficas en el colon, que son estimuladas en su crecimiento y metabólicamente activas.
- Deben ser capaces de alterar la flora a favor de una composición más saludable.
- Inducir efectos sistemáticos o luminares que sean benéficos a la salud del huésped.<sup>9</sup>

Para la identificación de un prebiótico se tiene el siguiente esquema <sup>15</sup>



Un grupo de compuestos que reúne las características mencionadas anteriormente son los oligosacáridos no digeribles. <sup>15</sup>

Los oligosacáridos son generalmente definidos como carbohidratos de 2 a 20 unidades monoméricas de largo unidas por enlaces glucosídicos. Dependiendo del azúcar que

forme esas pequeñas cadenas reciben, distintos nombres. Los oligosacáridos son hidratos de carbono o glúcidos compuestos de carbono, hidrógeno y oxígeno. Su fórmula empírica es  $C_n H_{2n} O_n$ .<sup>11</sup>

De acuerdo con sus propiedades fisiológicas se pueden agrupar de la siguiente forma:

- Oligosacáridos que no son hidrolizados por las enzimas digestivas del intestino delgado
- Oligosacáridos no absorbibles pero sí fermentables en su tránsito por el intestino grueso.
- Oligosacáridos que no son metabolizables, es decir, no se digieren en el intestino delgado, por lo tanto, no dan lugar a monosacáridos absorbibles, y no afectan en la secreción de insulina pancreática.<sup>39</sup>

Los oligosacáridos que no son digeribles por el humano se debe a la presencia de enlaces  $\beta$ -2,1, por esta característica no son capaces de difundir a través de la mucosa intestinal y son resistentes a la hidrólisis enzimática intestinal ó a la acción de los enzimas intestinales y pancreáticos. A nivel de intestino delgado ejercen un efecto osmótico por su capacidad de retener agua, de tal forma que todos los oligosacáridos no digeribles pueden actuar como sustratos para la fermentación en el intestino grueso, proveyendo energía para el crecimiento microbiano anaeróbico benéfico, que componen la flora intestinal. Estudios recientes sobre la utilización y las funciones fisiológicas muestran que los oligosacáridos no absorbibles y/o no digeribles son metabolizables por las bacterias intestinales.

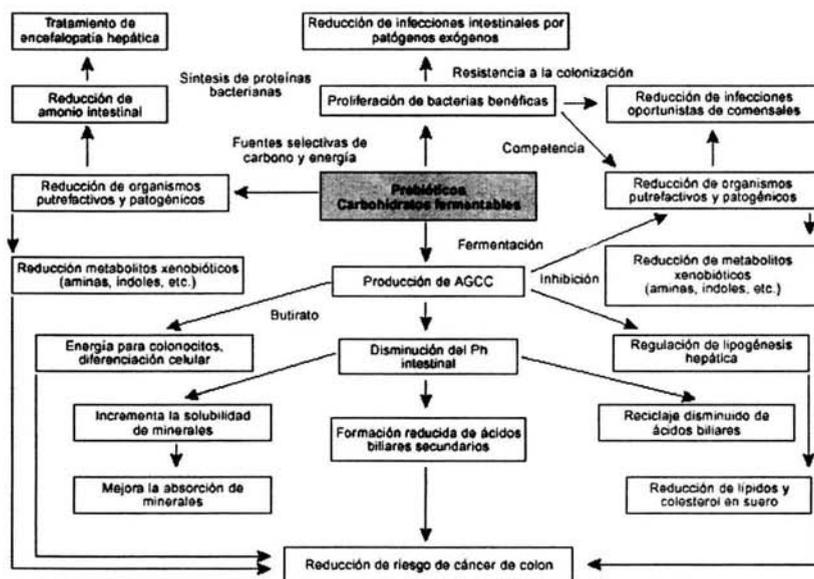
Los oligosacáridos son solubles en agua y tienen un 0.3-0.6 veces la dulzura de la sacarosa. La dulzura de los oligosacáridos depende de su estructura química, el grado de polimerización de los oligosacáridos, y la mezcla de mono y disacáridos que contengan. Entre mayor peso molecular tenga puede alterar la temperatura de

congelamiento del alimento que lo contenga y entre más larga sea la cadena puede incrementar el cuerpo, utilizándola en bebidas y como reemplazadores de grasas.<sup>27</sup>

La primera línea de evidencia que sostiene el hecho de que los oligosacáridos no digeribles son fermentados por una microbiota colónica, es que estos hidratos de carbono son utilizados en la incubación de algunas especies de bacterias o muestras fecales en cultivos anaeróbicos.

Se han propuesto diferentes mecanismos de acción de los prebióticos los cuales son mencionados en la figura 1.a

**Figura 1.a Posibles Mecanismos de Acción de los Prebióticos**<sup>11</sup>



El papel fundamental de las sustancias prebióticas es el de servir como fuentes de carbono específicas para bacterias probióticas. La disponibilidad en el colon de estas fuentes de carbono no metabolizables para el humano, favorece únicamente el crecimiento selectivo de bacterias probióticas. Los efectos benéficos en la salud del hospedero y señalados con cuadros en línea gruesa en la figura, son el resultado de la actividad microbiana de las cepas probióticas hacia las cuales poseen especificidad los diferentes prebióticos y no únicamente del consumo del prebiótico. AGCC= ácidos grasos de cadena corta.

Los oligosacáridos y fibras solubles favorecen una proliferación de bacterias en la parte proximal del intestino grueso; mientras que las fibras menos fermentables, ayudan a limitar la proteólisis y desaminación de los productos finales de la degradación del nitrógeno en el colon distal.<sup>11</sup>

Los oligosacáridos previenen el estreñimiento, la diarrea, reducen la presión sanguínea, reducen el colesterol sérico, producen ácidos grasos de cadena corta, promueven la biodisponibilidad mineral y mineralización ósea, a su vez, reducción del riesgo de osteoporosis, del riesgo de la obesidad y de contraer diabetes tipo 2, además confieren propiedades protectoras frente a cáncer de colon.<sup>23</sup>

También aumentan la irrigación sanguínea y la absorción del agua en el colon, y hacen que haya una disminución de compuestos de putrefacción, por lo tanto hay supresión de la liberación de toxinas por disminución de bacterias patógenas específicas, ayudan a la cicatrización intestinal (probado en roedores y en el hombre) y a una disminución de la atrofia intestinal en caso de infección por E. coli en el cerdo.<sup>24</sup>

Los prebióticos hacen más eficiente la síntesis de algunas vitaminas como las del complejo B y la vitamina K, estimulan el sistema de defensa del tubo digestivo, por lo que ayudan a prevenir infecciones gastrointestinales, incrementan la actividad intestinal, por lo que se reduce el tiempo de permanencia de las sustancias dañinas como radicales libres.

Los prebióticos mejoran la microflora intestinal favoreciendo la regulación del tránsito intestinal y mejorando las condiciones del bolo fecal. La fermentación de los prebióticos puede promover algunas funciones fisiológicas específicas a través de la liberación de metabolitos de las bacterias en especial los ácidos grasos de cadena corta (propionato, butirato, lactato, etc.) al lumen intestinal.<sup>24</sup>

Los ácidos grasos de cadena corta que se producen son rápidamente absorbidos y posteriormente metabolizados aportando energía al huésped, la producción de éstos ácidos disminuye el pH en el intestino grueso por el ambiente sacarolítico, y como consecuencia, la microflora intestinal cambia, es decir, el porcentaje de bacterias beneficiosas como las *Bifidobacterium sp.* y *Lactobacillus sp.* aumentan, y el porcentaje de microorganismos perjudiciales, como *Clostridium* y *Eurobacterium sp.* disminuyen, ya que la primera bacteria dañina es muy sensible a las condiciones acidificantes.<sup>63</sup>

El ambiente sacarolítico originado por el prebiótico trae un beneficio al organismo ya que disminuye las enfermedades crónicas como el cáncer de colon y la colitis ulcerativa.<sup>24</sup>

Se cree que el ácido propiónico podría tomar un rol en la disminución del colesterol en la sangre, por inhibición del hidroximetil glutaril coenzima A reductasa. Por lo tanto, algunos oligosacáridos que se consideran como prebióticos pueden producir ácido propiónico como parte del proceso de fermentación.<sup>1</sup>

Los ácidos grasos de cadena corta pueden actuar directamente o indirectamente (mediante la modificación del pH) sobre las células intestinales y pueden participar en el control de varios procesos, como por ejemplo: la proliferación mucosal, la inflamación, la carcinogénesis colorrectal y la eliminación de compuestos nitrogenados. Los prebióticos tienen un efecto protector en la evolución de las neoplasias colónicas. Este efecto puede ser consecuencia de la conjunción de varios mecanismos:

- 1) Efecto inhibitor del butírico en el crecimiento de células tumorales de mamíferos
- 2) Dilución del contenido intestinal, debida a la producción de gases de fermentación y al aumento de la masa bacteriana.
- 3) Menor producción de agentes carcinógenos.<sup>63</sup>

El pH ácido inhibe la actividad de las enzimas implicadas en el metabolismo y eliminación de ácidos biliares y grasos, por lo tanto se observa un mejoramiento en el metabolismo lipídico, por lo que se genera una menor cantidad de ácidos biliares secundarios, así como sus metabolitos, que son considerados como agentes promotores del crecimiento tumoral.<sup>63</sup>

El incremento en el crecimiento de bifidobacterias esta acompañado por la supresión únicamente de la producción de derivados nitrogenados como: el amonio, el indol y skatol, disminuyendo las sustancias cancerígenas producidas por la fermentación.<sup>29</sup>

Algunos experimentos realizados para producir oligosacáridos con diversas longitudes de cadenas, grado de ramificación, grado de polimerización y diferente peso molecular, condujo a que los prebióticos sean menos flatulentos para beneficiar la salud sin afectar a la microflora.<sup>8</sup>

La diarrea es debida a la retención osmótica de fluidos en el intestino delgado y grueso. Sin embargo, esta diarrea desaparece en pocos días porque la bacteria desarrolla la habilidad de usar estos oligosacáridos.<sup>29</sup>

La idea del desarrollo de sustitutos de sacarosa, que no provoquen las caries dentales esta basado en la disminución de la ingestión de sacarosa, por lo tanto, un ejemplo de un prebiótico que no provoca caries es la palatinosa, debido a la presencia de los enlaces  $\alpha$  1,6, el cual es hidrolizado por la isomaltasa no por la sacarasa.<sup>63</sup>

La administración oral de la neoazúcar, galactosilsacarosa, 4'galactosillactosa, galactooligosacáridos, maltitol, lactitol y palatinosa no encuentra ningún efecto de la glucosa en la sangre o los niveles de insulina en el humano.<sup>29</sup>

De acuerdo con estos datos, los oligosacáridos no digeribles pueden ser utilizados como edulcorantes con un sabor agradable para pacientes con Diabetes Mellitus, excepto los xylooligosacáridos, los cuales se han reportado que los octa y nonasacáridos contienen

un residuo terminal no reductor de la D-galactosa que inhibe la absorción de 3-O-methyl-D-Glucosa en ratas, y en ratas diabéticas aumentan la glucemia.<sup>37</sup>

No obstante, estos oligosacáridos contribuyen aproximadamente con 2 kcal/g como fuente de energía al huésped, como consecuencia de la absorción en el intestino grueso y posterior metabolización de los ácidos grasos de cadena corta que se producen por la fermentación de los microorganismos. Por otro lado, la ingesta de grandes cantidades de estos oligosacáridos no digeribles puede causar diarrea, debido a una retención osmótica de fluidos tanto en el intestino grueso como en el intestino delgado.

Síntomas menores como la distensión abdominal y la flatulencia se producen con frecuencia en animales y personas.<sup>63</sup>

Para prevenir la obesidad y reducir el peso corporal se han desarrollado alimentos con oligosacáridos que aportan un menor contenido energético los cuales reemplazan a la sacarosa en algunos productos alimentarios.

Estos oligosacáridos escapan a la digestión y absorción en el intestino delgado, alcanzan el intestino grueso y allí son fermentados por las bacterias intestinales del colon. En esta fermentación existen como productos finales, ácidos grasos de cadena corta, como el ácido acético, ácido propiónico y ácido butírico, dióxido de carbono, metano e hidrógeno.

Varios estudios de investigación han demostrado que la ingestión de hidratos de carbono no digeribles (Fructooligosacáridos y/o inulina) mejora la absorción de Calcio y Magnesio, los cuales pueden llegar a aumentar la densidad ósea y a prevenir la aparición de la osteoporosis en etapas avanzadas de la vida.<sup>39</sup>

La mejora de la absorción de minerales, se asocia con la disminución del pH en el intestino grueso, debido a la fermentación colónica, la cual mejora la permeabilidad, aumenta la vasodilatación y aumenta la absorción de agua.<sup>39</sup>

Algunos oligosacáridos han sido utilizados en la industria farmacéutica, como la lactulosa para el control de la constipación y portosistematico encefalopatía.<sup>49</sup>

Para mejorar la microflora intestinal, la lactulosa (Duphalac ®), un derivado de la lactosa, fue el primero desarrollado como un medicamento.

Existen principalmente 4 tipos o grupos de oligosacáridos no digeribles que se consideran como prebióticos, los cuales son:

- a) **Disacáridos.** Dentro de este grupo se encuentra la Lactulosa y el lactinol.<sup>11</sup>
- b) **Oligosacáridos:** Dentro de estos se encuentran los Glucooligosacáridos, Isomaltooligosacáridos, Xilooligosacáridos, Galactooligosacáridos, Fructooligosacáridos. (En el caso de los fructooligosacáridos, algunos autores lo clasifican en polisacáridos por el grado de polimerización de la molécula.)
- c) **Oligosacáridos de la semilla de soya.-** Los oligosacáridos derivados de la soya son: la rafinosa, estaquiosa y verbascosa (pentasacárido).
- d) **Polisacáridos:** Inulina.

## 1.2.-Producción de Prebióticos

Hoy en día hay más de 20 diferentes tipos de oligosacáridos no digeribles en el mercado mundial, los cuales son extraídos de fuentes naturales y obtenidos por hidrólisis enzimáticas de polisacáridos (ejemplo: xilo-oligosacáridos e isomaltooligosacáridos); ó producidos por transglucosilación enzimática (ejemplo: galactooligosacárido y fructooligosacáridos), incluyendo los galactooligosacáridos, fructooligosacáridos, lactosa, xilooligosacáridos, oligosacáridos del frijol ,rafinosa, lactulosa e isomaltooligosacáridos.<sup>41</sup> La aceleración de la producción industrial de oligosacáridos no digeribles ,desde el año de 1970, se ha realizado un desarrollo en procesos enzimáticos usando reacciones químicas y enzimáticas.

Recientemente se han desarrollado procesos industriales para la producción de oligosacáridos con características de prebióticos tales como: fructooligosacáridos, galactooligosacáridos y xilooligosacáridos.<sup>7</sup> El mercado de los oligosacáridos, es ya un mercado substancial y continúa en rápida expansión, siendo Japón el país líder en producción y en investigación, pero el interés en estos productos en Europa se están incrementando rápidamente, contando ya con varias compañías productoras y otras con planes de incursionar en el mercado alimenticio.(VER ANEXO I)

En el siguiente cuadro, se muestra la producción mundial de prebióticos que han sido preparados por una gran variedad de métodos enzimáticos y se pueden considerar la primera Generación de los Oligosacáridos para el uso de la salud.<sup>41</sup>

**TABLA 1.A Producción de los prebióticos a nivel mundial**

<b>OLIGOSACARIDOS TÍPICOS CON FUNCIONES BIFIDOGENICAS (PREBIÓTICOS)</b>			
<b>Nombre</b>	<b>Estructura molecular</b>	<b>Características</b>	<b>Producción estimada en 1995(toneladas)</b>
Lactulosa	Galactosa-fructosa	$\beta$ -1,4	20000
Lactosacarosa	Galactosa-glucosa-fructosa	$\beta$ -1,4	1600
Rafinosa	Galactosa-glucosa-fructosa	$\alpha$ -1,6	200 en Japón
Galactooligosacaridos	(Galactosa) <sub>n</sub> -Glucosa	$\beta$ -1,4 $\beta$ -1,6	15000
Fructooligosacaridos	(fructosa) <sub>n</sub> -Glucosa	$\beta$ -1,2	12000
Oligosacaridos del frijol de soya	(Galactosa) <sub>n</sub> -Glucosa-fructosa	$\alpha$ -1,6	2000
Isomaltooligosacaridos	(Glucosa) <sub>n</sub>	$\alpha$ -1,6	11000
Xylooligosacaridos	(Xilosa) <sub>n</sub>	$\beta$ -1,4	300
Palatinosa-oligosacaridos	(Glucosa-fructosa) <sub>n</sub>	$\alpha$ -1,6	5000
Glucosilsacarosa	(Glucosa) <sub>n</sub> -fructosa	$\alpha$ -1,4	4000
Maltooligosacaridos	(Glucosa) <sub>n</sub>	$\alpha$ -1,4	10000
Ciclodextrinas	(glucosa) <sub>n</sub>	$\alpha$ -1,4 estructura ciclica	4000
Gentio-oligosacaridos	(Glucosa) <sub>n</sub>	$\beta$ -1,6	400
Total			85300

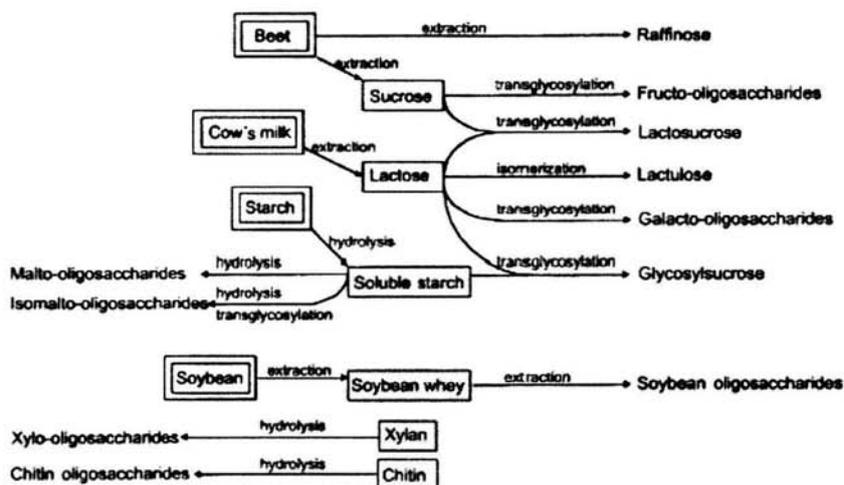
### 1.3.- Fuentes

Los oligosacáridos no digeribles que actúan como prebióticos se pueden aislar de las plantas o pueden ser sintetizados enzimáticamente. Los métodos que son usados para preparar los oligosacáridos no digeribles son:

- Extracción por agua caliente de raíces como por ejemplo para la extracción de la inulina de la raíz de achicoria de Jerusalem o para la extracción de oligosacáridos de la soya.
- La hidrólisis parcialmente enzimática de oligosacáridos (como la oligofructosa y la hidrólisis de la inulina) ó polisacáridos (como los xylooligosacáridos, formados por la acción de la xilanasa en un polisacárido xilano o pectina hidrolizada.
- Por síntesis enzimática de uno o más mezclas de disacáridos usando fructosyl-transferasas para formar fructooligosacáridos de la sacarosa y galactooligosacáridos de la lactosa o lactosucrosa proveniente de una mezcla de lactosa y sacarosa.<sup>37</sup>

Para la producción existe un esquema (figura 1.b) que nos habla de cómo se originan algunos oligosacáridos no digeribles.<sup>41</sup>

**Figura 1.b Representación esquemática de procesos de producción de oligosacáridos no digeribles**



### 1) Oligosacáridos de la semilla de soya.-

Los oligosacáridos del frijol de soya consisten en un 30% de rafinosa y estaquirosa, 50% de sacarosa, y 20% de monosacáridos.<sup>29</sup>

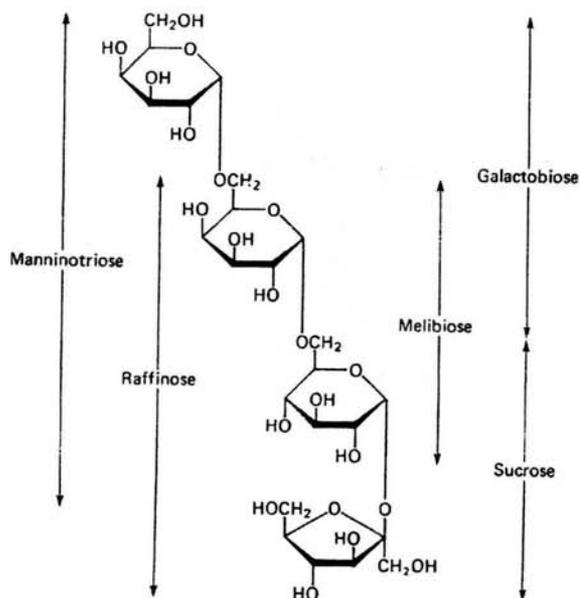
La rafinosa ( $\alpha$ -D-galactopyranosyl-[1-6]- $\alpha$ -D-glucopyranosyl-[1-2]- $\beta$ -fructofuranosidasa) fue aislada primeramente en forma cristalina de *Eucalyptus manna*. La efectiva extracción de la rafinosa y otros oligosacáridos, se realizan con etanol al 80 % en ebullición, además de mezclar el tejido mojado o seco en este solvente a reflujo aproximadamente 1 hora, pero requiere antes una filtración y concentración del extracto. La separación de estos compuestos puede ser realizada además por cromatografía en papel o HPLC.

La estaquirosa ( $\alpha$ -D-galactopiranosil-[1-6] - $\alpha$ -D- galactopiranosil - [1,6]- $\alpha$ -D-glucopyranosyl-[1-2]- $\beta$ -D-fructofuranosidasa, su forma es homóloga a la rafinosa.

Se aisló primeramente de los rizomas de *Stachys tubrifera* por von Planta y Schulz. French et al ha descrito un método simple de aislamiento y purificación donde el jugo

extraído de 256 g de rizomas se diluye con agua hasta 1 litro, el cuál, se pasa a través de una columna de 48mm x 85 mm para purificarla. La solución es evaporada y el jarabe es tratado con ácido acético glacial y alcohol butílico. Después se siembran los cristales hidratados de estaquiosa de lo cual resulta la estaquiosa cristalina de 11g. La determinación de este tetrasacárido puede ser por cromatografía en papel, TLC o HPLC con ayuda de una muestra como referencia.<sup>10</sup>

**Figura 1.c Estructuras Químicas de la Rafinosa y Estaquiosa**



Se ha sugerido y comprobado que estos oligosacáridos tienen propiedades prebióticas ya que se demostró que el consumo de 10g/día de éstos incrementa significativamente, los niveles de bifidobacterias durante el período de la ingesta en humanos.<sup>67</sup> En otro estudio, varios humanos voluntarios recibieron 15g de rafinosa por día durante 4 semanas, en donde se observó un incremento en el número de bifidobacterias y una disminución en el número de clostridios y bacteroides.<sup>11</sup>

2) **Lactulosa:** ( $\beta$ -D-Gal-(1-4)- $\beta$ -D-Fru) Su estructura molecular contiene galactosa mediante enlaces glucosídicos  $\beta$ -1,4. Es un derivado sintético de la lactosa.

Se obtiene mediante una reacción de isomerización de la lactosa en medio alcalino, en donde la glucosa es convertida en fructosa. A partir de la lactosa del suero, también existe producción de la lactulosa, la cual se utiliza con efectos prebióticos. Esto se logra mediante el calentamiento severo del suero desproteinizado para obtener soluciones con 50% de conversión.<sup>7</sup>

Al no ser absorbido este hidrato de carbono en el intestino delgado es fermentado rápidamente por la microflora del colon, mostrando tener un efecto sobre la microflora humana al disminuir las poblaciones de bacteroides Clostridium, coliformes y Eubacterium e incrementar el número de Bifidobacterias, Lactobacillus y Streptococcus. Más del 90% de la producción de la lactulosa se utiliza en la industria farmacéutica en fármacos que controlan el estreñimiento y encefalopatía hepática.

3) **Lactinol:** (4-O- $\beta$ -galactopiranosil-D-Glucitol) Es un derivado sintético de la lactosa. Ha sido empleado en el tratamiento de la constipación crónica.<sup>11</sup>

4) **Glucooligosacáridos:** Pueden ser producidos por la restricción del tamaño de polímeros durante el proceso de la fermentación.

La dextransacarasa es una enzima que usualmente es producida por las especies de Leuconostoc y Streptococcus, esta enzima cataliza la síntesis de un glucano de alto peso molecular de acuerdo con la reacción que se muestra:



En la presencia de la sacarosa, la dextranacarasa produce una cadena lineal de unidades de D-glucopiranosil con enlaces  $\alpha$ -1,6; los cuales pueden variar de  $\alpha$ -1,2, $\alpha$ -1,3 o  $\alpha$ -1,4 produciendo diferentes cadenas.

Este proceso es aplicado por *Leuconostoc mesenteroides* NRRL B-742 que mediante su fermentación produce glucoooligosacáridos, los cuales tienen la función de ser prebióticos.

Los oligosacáridos que son sintetizados por dextranacarasa tienen un enlace  $\alpha$ -1,6 con  $\alpha$ -1,3 y el tamaño de las cadenas fueron usadas como aceptores. Los glucoooligosacáridos reducen el crecimiento de *Salmonella* en el intestino del pollo, incrementando el crecimiento de *Bifidobacterias*.<sup>6</sup>

**5) Isomaltooligosacáridos:** ( $[\alpha$ -D-Glu-(1-6)-]<sub>n</sub>) son glucosil sacáridos unidos mediante enlaces glucosídicos  $\alpha$  (1-6), así con una isomaltosa, panosa (6<sup>2</sup>-O- $\alpha$ glucosyl-maltosa) e isomaltrosia. Ellos se encuentran naturalmente en varios productos fermentados y en mieles. Los jarabes de isomaltooligosacáridos han sido desarrollados para prevenir la caries dental o mejorar la microflora intestinal porque ellos actúan como un factor de crecimiento para las bifidobacterias. El primer paso es la hidrólisis del almidón por una  $\alpha$ -amilasa para acumular maltosa. El segundo paso es la transglucosilación de la mitad de la glucosa por  $\alpha$ -D- glucosidasa para producir enlaces  $\alpha$ ,1-6 oligosacáridos (isomaltooligosacáridos). Sin embargo la máxima concentración de isomaltooligosacáridos acumulada al final de la mezcla de reacción es alrededor del 40% en el jarabe. El nuevo sistema para la producción de jarabe de isomaltooligosacáridos, está basado en la fuerte reacción de transglucosilación de la neopullulanasa.<sup>21</sup>

La administración de isomaltooligosacáridos para la salud humana induce un incremento significativo en el número de bifidobacterias fecales. La dosis mínima para incrementar las bifidobacterias fue de 8 a 10g.<sup>19</sup>

Cuando los isomaltooligosacáridos se fermentan no tienen una mayor producción de propionato y de butirato<sup>30</sup>, por lo tanto, no pueden actuar directamente o indirectamente (mediante la modificación del pH) sobre las células intestinales y no pueden participar en el control de varios procesos como la proliferación mucosal, la inflamación, la carcinogénesis colorrectal y la eliminación de compuestos nitrogenados.<sup>24</sup>

**6) Xilooligosacáridos.**- es un oligosacárido no digerible que tiene la función de hacer crecer bacterias específicas en la microflora colonica para beneficiar al hospedero. Su estructura molecular es  $(xilosa)_n$ , la cual tiene enlaces glucosídicos  $\beta$ -1,4. Estos hidratos de carbono son obtenidos por reacciones de hidrólisis enzimáticas de polisacáridos.<sup>29</sup> El Xilooligosacárido contiene 29.9% de oligosacáridos, 41% de almidón y 15% de monosacáridos. Es muy importante su pureza para los estudios cuando se utilizan en humanos y animales.<sup>8</sup>

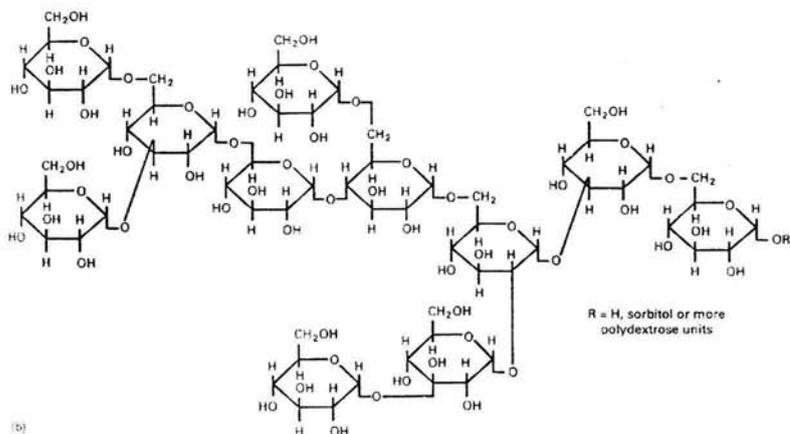
**7) Polidextrosa.**- Los puentes al encontrarse al azar en el polímero de la polidextrosa provoca que no pueda ser hidrolizado por las enzimas digestivas, por lo que se ha reportado que su valor energético se reduce hasta 4.18KJ/g. Sin embargo, el valor energético metabolizado de la polidextrosa es más alto comparado con otros valores obtenidos por el balance radioquímico.

La Polidextrosa es altamente soluble en agua y estas soluciones tienen una mayor viscosidad que las soluciones de sacarosa ó sorbitol en concentraciones equivalentes y a la misma temperatura.

Esta característica permite que la povidexrosa tenga las cualidades de textura y sensación pegajosa deseable para reemplazar a los azúcares y grasas. La povidexrosa tiene una actividad acuosa semejante a la sacarosa y puede funcionar como un humectante ayudando a bajar considerablemente los cambios bruscos de humedad no deseables en algunos alimentos, lo que trae como consecuencia alargar su vida de anaquel del alimento. En pasteles, el contenido de grasa puede ser reducida por arriba del 50% con la adición de la povidexrosa manteniendo la textura normalmente asociada con el tradicional pastel.

La povidexrosa puede ser usada para reemplazar la sacarosa y la grasa en el chocolate así como en productos de caramelo. Esto ha sido el desarrollo de lo light, productos bajo en calorías y que ayudan a no provocar caries. En el chocolate, la povidexrosa contribuye con buenas características y balances del perfil del gusto basado en chocolate libre de azúcar.<sup>27</sup>

**Figura 1.d Estructura Química de la povidexrosa**



### **8) Galactooligosacáridos.-**

Son oligosacáridos no digeribles, los cuales son resistentes a las enzimas digestivas del paso gastrointestinal y son fermentados por colonias específicas de bacterias. Su estructura molecular es  $(\alpha\text{-D-Glu (1-4)-}[\beta\text{-D-Gal (1-6)-}]_n$ , la cual esta formada por varias moléculas de galactosa y una de glucosa unida por enlaces  $\beta\text{-1,4}$  y  $\beta\text{-1,6}$ .<sup>7</sup> Los galactooligosacáridos son estables. Ellos permanecen sin cambio después de un tratamiento de 160°C por 10 minutos y a un pH neutro. Después de un tratamiento de 120°C por 10 minutos a un pH de 3 o 100°C por 10 minutos a un pH de 2, donde la sacarosa si es degradada.

La estabilidad de los galactooligosacáridos es mejor que la de los fructooligosacáridos.<sup>41</sup>

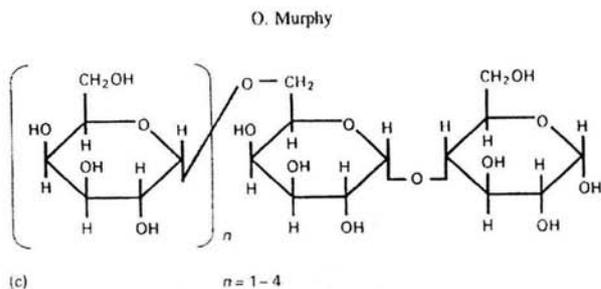
Son producidos a partir de la lactosa mediante la reacción de transgalactosilación que realiza la lactasa, sin embargo el uso de esta enzima para la síntesis de estos oligosacáridos se ha encontrado fundamentalmente en competencia entre las reacciones de hidrólisis y de transgalactosilación, por lo que los rendimientos en la síntesis de galactooligosacáridos son bajos.<sup>7</sup> Este tipo de compuestos están presentes en la leche materna y de vaca e incluyen a oligosacáridos que contienen N-acetilglucosamina, productos de hidrólisis enzimática de proteínas y glucoproteínas.<sup>11</sup>

Se ha demostrado que todas las lactasas utilizadas comercialmente para la hidrólisis de la lactosa en leche presentan reacciones de transglicosidación para la formación de los oligosacáridos, también existen algunas que tienen una mayor tendencia en este sentido, utilizando más fácilmente a la propia lactosa como aceptor de un grupo galactosilo. Para esto, se han explorado nuevas fuentes de  $\beta\text{-galactosidasas}$ , como la de *Bacillus circulans*, la cual tiene una extraordinaria tendencia a la formación de oligogalactosidos.<sup>7</sup>

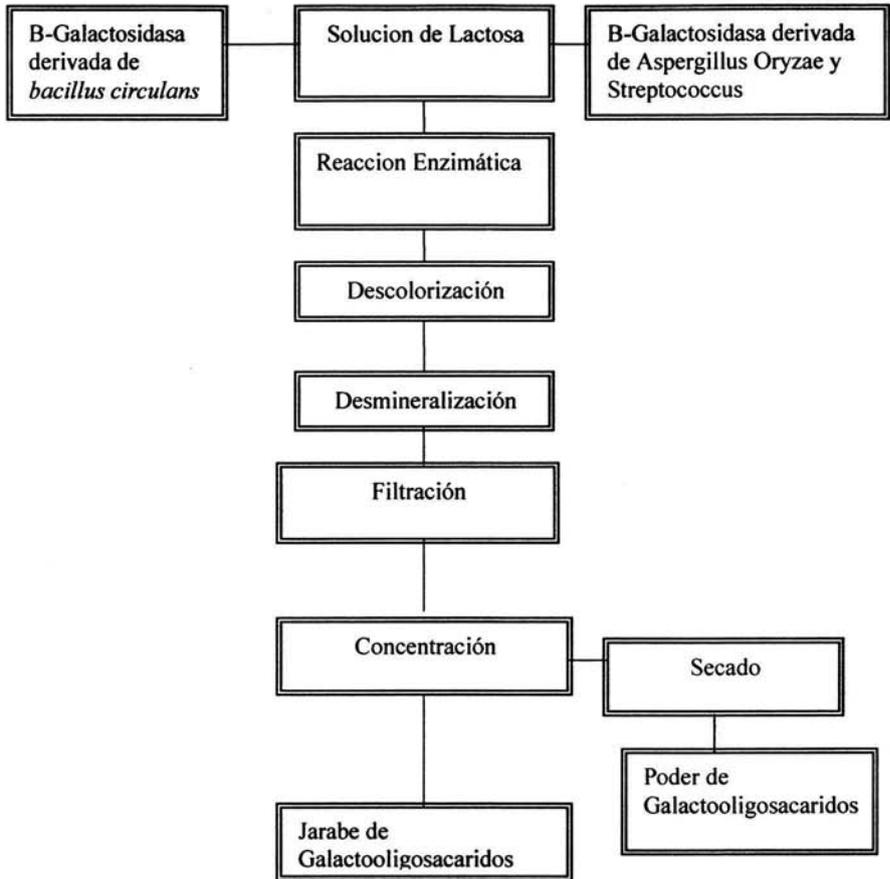
Los enlaces que unen a las unidades de galactosa, la eficiencia de la transgalactosilación, y los componentes en los productos finales dependen de las condiciones usadas de las enzimas en la reacción. Los enlaces glucosídicos que unen a dos unidades de galactosas son principalmente enlaces  $\beta$  1-4, esto es cuando las betagalactosidasas son derivadas de *Bacillus circulans* o de *Creptococcus laurentii*; y cuando las enzimas son derivadas de *Streptococcus thermophilus* o *A. oryzae* el tipo de enlace que une a las galactosidasas son  $\beta$ -1,6. Una solución altamente concentrada de lactosa que ha sido altamente purificada y extraída del suero de la leche de vaca es utilizada, hoy en día, como sustrato en esta reacción para la producción de galactooligosacáridos.

En la figura 1.e nos muestra el proceso industrial para la obtención de galactooligosacáridos<sup>41</sup>

**Figura 1.e Estructura Química de los Galactooligosacáridos**



### Proceso Industrial de Galactooligosacáridos



Un aspecto interesante y poco explorado para favorecer las reacciones de transglucosidación, es lo que ha dado en llamarse recientemente “Ingeniería del medio en reacciones enzimáticas”, lo cual implica trabajar en medios orgánicos con baja concentración de agua, permitiendo controlar el grado de hidratación de la enzima, que puede minimizar la reacción de hidrólisis y favorecer la transglucosidación. Se han realizado estudios preliminares bajo esta estrategia utilizando mezclas de acetona con agua para lograr actividades acuosas ( $a_w$ ) de 0.22 a 0.60, utilizando este medio de transglucosidación de lactosa con la  $\beta$ -glucosidasa hipertermofílica a 90°C, y obteniendo así un claro dominio de la transglucosidación sobre la hidrólisis, asimismo, también se observó que a medida que se aumenta la  $a_w$  del sistema se logra la síntesis de galactósidos de mayor tamaño, por lo que es posible obtener un galactósido específico si se manipulan adecuadamente las condiciones en las que se lleva a cabo la reacción enzimática.<sup>7</sup>

Los galactooligosacáridos son comercialmente disponibles en mezclas de oligosacáridos (55%), lactosa (20%), glucosa (20%) y una pequeña cantidad de galactosa. Se encuentran disponibles en forma líquida y sólida. Uno de los productos del mercado japonés es el OLIGOMATE, la cuál es una solución un poco más viscosa que el jarabe de maíz de alta fructosa y el cual tiene una presión osmótica similar a las soluciones de sacarosa.<sup>41</sup>

El valor calórico de los galactooligosacáridos es de 1.7 Kcal/g acordado con el método estandarizado de Japón.

Los galactooligosacáridos son utilizados como endulzantes por sí mismos, y en leches fermentadas, panes, jamones, confitería, bebidas, etc. Por ejemplo, el pan es un buen candidato para la inclusión de galactooligosacáridos. Durante la fermentación con la

levadura y el cocimiento del pan, los galactooligosacáridos no pueden ser destruidos y pueden proporcionar una excelente textura y buen sabor.

Las leches fermentadas que contienen probióticos y además se le añaden galactooligosacáridos son comercialmente aceptables tanto en Japón como en Europa.<sup>41</sup>

En estudios placebo en los que fueron administrados galactooligosacáridos a ratas con intestinos colonizados con flora bacteriana humana, se observó que los niveles de Bifidobacteria y lactobacillus se incrementaron significativamente, disminuyendo niveles de enterobacterias. En otros estudios, se ha observado un incremento en los niveles de bifidobacterias al consumo de galactooligosacáridos en humanos saludables, mientras que no se observó ningún efecto sobre enterobacterias.<sup>11</sup>

Los galactooligosacáridos han sido estudiados extensivamente con respecto a sus papeles fisiológicos en las funciones de la flora intestinal. Plantean que los productos de fermentación de los galactooligosacáridos en el colón reducen cadenas cortas de ácidos grasos, los cuales tienen la función de mejorar el medio ambiente colonico, ya que proveen de energía al epitelio del colon, y ayudan a la absorción del calcio y magnesio.

En la siguiente tabla 1.B se muestra la utilización de la 4'Galactosil-lactosa por varias bacterias intestinales comprobando que el género que más degrada y fermenta a los galactooligosacáridos es el género de la Bifidobacterias.<sup>41</sup>

**Tabla 1.B Utilización de 4'Galactosillactosa por varias bacterias intestinales**

Utilization of 4'-galactosylactose by various intestinal bacteria

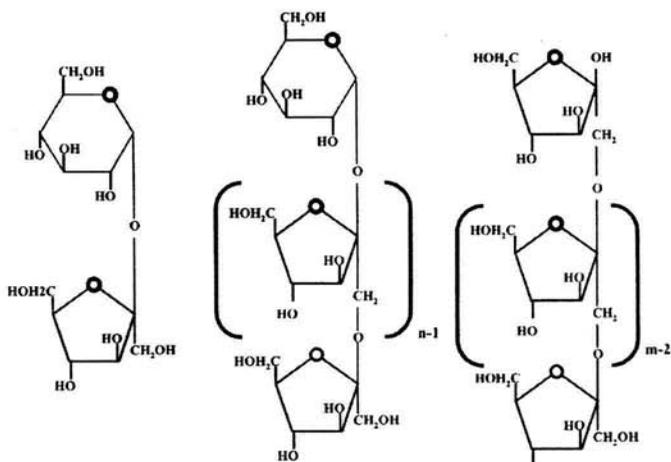
	Number of strains	Glucose	4'-galactosyl-lactose	Lactose	Lactulose	Raffinose
<i>Bifidobacterium adolescentis</i>	7	++	++	++	++	++
<i>Bifidobacterium bifidum</i>	6	++	++	++	++	-
<i>Bifidobacterium breve</i>	3	++	++	++	++	++
<i>Bifidobacterium infantis</i>	2	++	++	++	++	++
<i>Bifidobacterium longum</i>	8	++	++	++	++	++
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	2	++	+	++	++	-
<i>Lactobacillus casei</i>	2	++	-	+	++	-
<i>Lactobacillus gasseri</i>	1	++	-	++	++	+
<i>Lactobacillus salivarius</i>	2	++	-	++	++	++
<i>Bacteroides distasonis</i>	5	++	++	++	++	++
<i>Bacteroides fragilis</i>	2	++	++	++	++	+
<i>Bacteroides ovatus</i>	1	++	-	++	++	++
<i>Bacteroides vulgatus</i>	8	++	++	++	++	+
<i>Mitsuokella multiacidus</i>	3	++	-	++	++	++
<i>Rikenella microflava</i>	1	++	-	+	-	-
<i>Megamonas hypermegas</i>	1	++	++	++	++	++
<i>Clostridium butyricum</i>	1	++	-	+	+	-
<i>Clostridium difficile</i>	1	++	-	-	-	-
<i>Clostridium innocuum</i>	1	++	-	-	-	-
<i>Clostridium perfringens</i>	3	++	-	++	++	+-
<i>Clostridium ramosum</i>	2	++	-	++	++	+
<i>Eubacterium aerofaciens</i>	6	++	-	++	++	-
<i>Eubacterium limosum</i>	2	++	-	++	++	-
<i>Peptostreptococcus anaerobius</i>	1	++	-	++	++	-
<i>Peptostreptococcus prevotii</i>	1	++	-	-	-	++
<i>Peptostreptococcus productus</i>	1	++	-	++	++	++
<i>Propionibacterium acnes</i>	1	++	-	+	+	-
<i>Fusobacterium curium</i>	1	++	-	-	+-	+-
<i>Yeilonella alcarescens</i> ss. <i>dispar</i>	1	++	-	-	-	-
<i>Megaphaera elsdenii</i>	1	++	-	-	-	-
<i>Enterococcus faecalis</i> ss. <i>Faecalis</i>	3	++	-	-	+	+
<i>Enterococcus faecium</i>	2	++	-	-	+	+
<i>Escherichia coli</i>	6	++	-	+	+-	-

Indication for the growth of bacteria: ++; same as that on glucose, +; less than that on glucose, +-; slight growth, -; no growth (from Ohtsuka et al., 1989).

### 9) Fructooligosacáridos:

Los fructooligosacáridos son cadenas de fructosa generalmente de un grado de polimerización menor a 10 unidades y pueden ser obtenidos por la extracción a partir de fuentes naturales como plantas, o por medio de síntesis enzimática utilizando fructosiltransferasas, o bien mediante la adición de receptores diversos. Químicamente los fructooligosacáridos son cadenas medianamente cortas de  $\beta$ -D fructanos en la cual están unidas por enlaces  $\beta$ -2,1.<sup>35</sup>

**Figura 1.f Estructuras Químicas de Sacarosa (GF) y fructooligosacáridos (GF<sub>n</sub> y F<sub>m</sub>)**



Los fructooligosacáridos son altamente higroscópicos, de ahí la dificultad de guardar los productos liofilizados estables bajo las condiciones atmosféricas por períodos prolongados.

Son más viscosos que la sacarosa aún cuando se encuentren en la misma concentración, son más estables térmicamente que la sacarosa. Así que los fructooligosacáridos son altamente estables en el rango de pH normal para los alimentos (4.0 a 7.0) y bajo temperatura de refrigeración.<sup>48</sup>

Los fructooligosacáridos se encuentran disponibles en una variedad de plantas y frutos como el plátano, ajo, trigo, tomate, cebolla, alfalfa, remolacha, cambur, puerro, espárrago, así como en el Agave Tequilana weber.<sup>59</sup>

También pueden encontrarse fructooligosacáridos en aguamiel, ya que este es el jugo que proviene del agave pulquero que tradicionalmente se usa para hacer pulque, pero la cantidad de fructooligosacáridos que contenga el agua miel depende de la variedad de agave que se cultiva en cada zona.<sup>44</sup>

En grandes plantas los fructooligosacáridos que estructuralmente pueden ser distinguidos son:

- La inulina que consiste en unidades de fructosa ligadas por medio de enlaces  $\beta$ -D (2,1) y usualmente se encuentra en la achicoria.
- La levana consiste de una cadena lineal de unidades de fructosa unidas con enlaces  $\beta$  (2,6) que se encuentra en algunas plantas como la *Dactylis glomerata*. La levana mezclada esta compuesta por fructosas con enlaces  $\beta$  (2,1) y  $\beta$ (2,6). Este tipo de fructanos es encontrado en varias especies de Poales como trigo y cebada.
- La inulina neoseries es una cadena lineal de unidades de fructosa unidas por el enlace  $\beta$  (2,6) del Carbono 1 de la fructosa y un residuo terminal unido por el Carbono 6 de la glucosa, la cual forma parte de la sacarosa. Estos fructanos son encontrados en plantas como la Liliaceae.
- La levana neoseries son polímeros predominantemente de residuos de fructosa y de glucosa que es parte de la sacarosa. Estos fructanos son encontrados en pocas plantas.<sup>45</sup>

**Tabla 1.C Plantas que se utilizan para la obtención de fructooligosacáridos**

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE VULGAR
<i>Asparagus officinalis</i>	Espárragos
<i>Helianthus tuberosus</i>	Jerusalem Artichoke
<i>Lactuca sativa L.</i>	Lechuga
<i>Allium cepa</i>	Cebollas
<i>Chicorium intybus</i>	Achicoria
<i>Agave americana</i>	Agave

La nomenclatura de las enzimas que se utiliza para la producción de los fructooligosacáridos está en disputa, ya que muchos les llaman fructofuranosidasas mientras otros los designan fructosiltransferasas, concentrados en la naturaleza de su actividad de una transfructosilación. Y la razón de llamarla  $\beta$ -fructofuranosidasas, es probablemente por la actividad de transfructosilación que originalmente fue encontrada en el sitio de acción en el transcurso de la preparación de la invertasa, cuando actúa en altas concentraciones.<sup>48</sup>

Para que quede más claro, una fructosiltransferasa, es una enzima que tiene la capacidad de transferir un residuo fructosilo de la sacarosa o la rafinosa hacia un polisacárido para aumentar su grado de polimerización (DP). Dependiendo de la fuente de enzima y de las condiciones de la reacción, el polisacárido alcanza diferentes longitudes de cadena. El residuo de fructosilo también puede ser transferido a una variedad de aceptores incluyendo el agua (hidrólisis de la sacarosa), a la sacarosa (síntesis de 1-kestosa), o D-xylosa, D-arabinosa, L-arabinosa, maltosa, maltotriosa, celobiosa, melobiosa o lactosa. En la naturaleza estas enzimas son producidas por plantas, hongos y bacterias. En plantas a estas enzimas se les conoce con el nombre genérico de fructosiltransferasas.

Las fructanas de plantas son almacenadas en la vacuola donde también son producidas por al menos dos diferentes fructosiltransferasas.<sup>32</sup>

Las fructosiltransferasas de plantas se encuentran en alrededor del 15% de todas las especies de plantas que producen flores y guardan las fructanas como reserva, los que también pueden contribuir a la protección de la planta contra la desecación y el frío.<sup>43</sup>

En el primer paso, la sacarosa: sacarosa 1-fructosiltransferasa (1-SST) cataliza la formación del trisacárido 1-kestosa a partir de dos moléculas de sacarosa liberando glucosa. Posteriormente la fructana: fructana 1- fructosiltransferasa media la

transferencia reversible de los residuos de fructosilo hacia la cadena de polímero en crecimiento. En general, los polisacáridos producidos por plantas son mucho más cortos que los producidos por fructosiltransferasas bacterianas, grados de polimerización de 30 a 50 residuos fructosilo son encontrados, aunque ocasionalmente puedan exceder a los 200 residuos.<sup>43</sup>

Las fuentes enzimáticas para la síntesis de fructooligosacáridos puede ser también por fuentes de origen bacteriano o fungi como el *Aspergillus sp.*, *Aureobasidium sp.*, *Arthrobacter sp.*, *Fusarium sp.*<sup>48</sup>

Cuando las enzimas responsables de la síntesis de estos fructooligosacáridos se encuentran en bacterias y hongos se les denomina como inulosacarasas.

**Tabla 1.D Microorganismos y Hongos que sintetizan fructooligosacáridos**

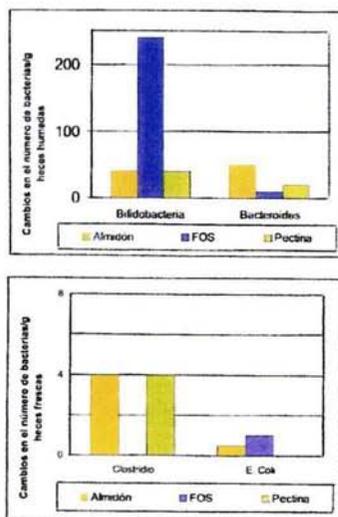
HONGOS	MICROORGANISMOS
<i>Claviceps purpurea</i>	<i>Arthrobacter sp.</i>
<i>Aspergillus claviceps</i>	<i>Scopulariopsis brevicaulis</i>
<i>Aspergillus sydowi</i>	<i>Aureobasidium sp.</i>
<i>Aspergillus japonicus</i>	LEVADURA
<i>Aspergillus niger</i>	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>
<i>Aspergillus oryzae</i>	
<i>Penicillium frequentans</i>	
<i>Penicillium spinulosum</i>	
<i>Fusarium sp.</i>	
<i>Phytophthora parasitica</i>	

Los fructanos son de bajo valor calórico y al no ser digeridos por los humanos tienen un efecto benéfico en el organismo, ya que favorece el crecimiento de microorganismos llamadas bifidobacterias en el colon. Estas bifidobacterias fermentan a los fructanos creando ácidos grasos de cadena corta ayudando al metabolismo lipídico. Cuando los fructanos se encuentran en el intestino grueso, estos son fermentados altamente, principalmente por *Bifidobacterium*. Los ácidos carboxílicos de cadena corta son los responsables de una disminución del pH del intestino durante la fermentación anaerobia y dan como consecuencia una inhibición del crecimiento de otras bacterias.<sup>18</sup>

En estudios *in vitro* recientes, utilizaron cepas puras de bacterias colónicas y mezclas de cultivos fecales humanos demostrando que los fructooligosacáridos en comparación con otras fuentes de carbono, son fermentados de forma selectiva por diferentes cepas de *Bifidobacteria*. (Figura 1.g).

Una demostración importante es la de las bifidobacterias, las cuales podrían secretar una sustancia tipo bacteriocina que puede ser nociva contra *Clostridium* y *E. coli*, así como con las bacterias patógenas como son *listeria*, *shigellas*, *salmonellas* y *Vibrio Cholerae*.<sup>53</sup>

**Figura 1.g Crecimiento de diferentes géneros de bacterias colónicas durante la fermentación in vitro de varias fuentes de carbono (almidón, fructooligosacáridos y pectina) en la mezcla de bacterias fecales anaerobias humanas**



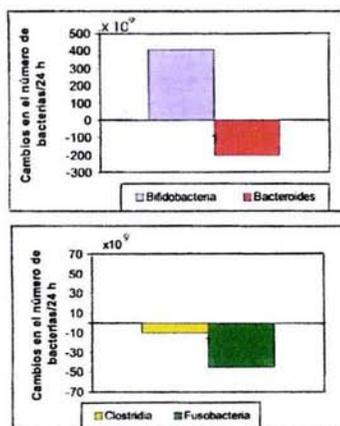
En otro estudio, la suplementación con niveles bajos de FOS 4g/día incrementa los números de anaerobios totales y bifidobacterias, disminuyendo también los niveles de actividad de la enzima  $\beta$ -glucuronidasa bacteriana, enzima relacionada con la formación de compuestos procárcinogenos.<sup>11</sup>

Shahani y Fernández reportaron en 1990 que la pared celular de la bifidobacteria contiene constituyentes antitumorales por lo que tienen un efecto anti-cáncer.<sup>59</sup>

La fermentación selectiva de fructooligosacáridos por acción de bifidobacterias ha sido confirmada en experimentos in vivo realizados en humanos saludables. El análisis bacteriológico de muestras fecales recolectadas al final de la segunda semana de un período de alimentación, demostró que la ingestión de 3 x 5g de fructooligosacáridos por día incrementó significativamente la cantidad de bifidobacterias de 6 a 22%,

mientras que los bacteroides, clostridia y fusibacteria fueron disminuidos de 25 a 4%, 1 a 0.25 y 4 a 0.4%, respectivamente (figura 1.h).<sup>53</sup>

**Figura 1.h Principales cambios en la bacteriología fecal después de la ingesta de fructooligosacáridos**



A 8 individuos saludables se les dio una dieta controlada y suplementada con 15g/día de fructooligosacáridos por 15 días. Como control se utilizó sacarosa en la misma concentración. Durante el período de prueba se incrementaron las bifidobacterias, mientras que los bacteroides y clostridios disminuyeron.

Además, en estudios clínicos basados en la administración oral de fructooligosacáridos a humanos, no afecta ni a los niveles de insulina, ni a los niveles de glucosa en sangre.

Al observar sus efectos de los fructooligosacáridos, han sido utilizados en productos alimentarios por sus propiedades.<sup>18</sup> Los fructanos de cadena larga forman emulsiones en el agua, las cuales tienen propiedades organolépticas igual a la grasa.<sup>45</sup>

En Estados Unidos y Europa, debido al gran interés de los consumidores en la dieta, varias compañías están intentando obtener el permiso de utilizar el FOS como ingredientes alimenticios.<sup>18</sup>

Los fructanos de cadena larga prometen ser aplicados a nuevos alimentos.<sup>45</sup>

Los subproductos de la cebolla pueden ser una fuente potencial de sabor por los oligosacáridos y los Fructooligosacáridos.<sup>18</sup>

**9) Polisacáridos.-**

Debido a su estructura bastante heterogénea y con respecto a la longitud de la cadena de 3 a 60 residuos, muchos autores consideran a la inulina como polisacárido.

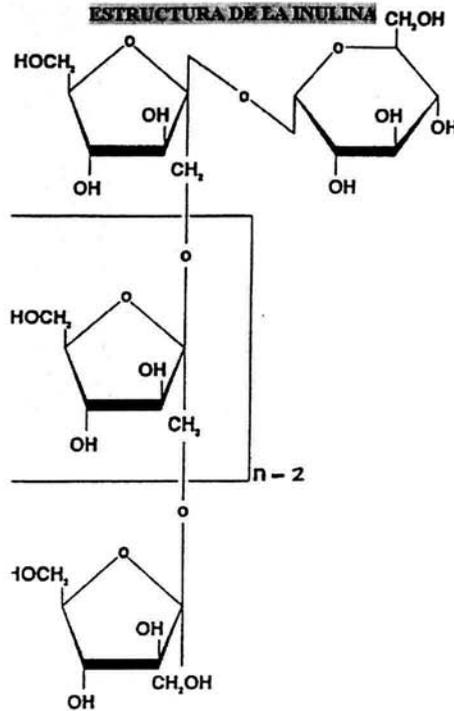
Aunque anteriormente algunos autores incluyen a la inulina como un fructooligosacárido ya que su estructura consiste en cadenas de fructosil-fructosa unidas por medio de enlaces  $\beta$ -2,1 y con un residuo de glucosa al final de la cadena.

La inulina es sintetizada a partir de sacarosa por la transferencia repetida de unidades de fructosil.<sup>34</sup>

Las enzimas involucradas en la síntesis de la inulina son las fructosiltransferasas, las cuales catalizan la transferencia de una unidad de fructosil a una molécula de sacarosa.

Debido a la presencia de los enlaces  $\beta$ -2,1 la inulina no es digerida por las enzimas intestinales humanas y se ha demostrado que actúa como un prebiótico.<sup>11</sup>

Figura 1.i Estructura Química de la Inulina



La inulina fue descubierta en 1804 por Rosse, quien la separó del extracto de los tubérculos de alcachofa. El nombre de inulina fue usado por Thompson en 1811.

Las inulinas bacterianas y de hongos son respectivamente sintetizadas sin el intermediario de un trisacárido, pero sí por una transferencia secuencial de fructosil provenientes de los residuos de la sacarosa como el donador de fructosil y su crecimiento de la cadena es por medio de la enzima inulosacarasa (sacarosa 1F-fructosiltransferasa).

La inulina proveniente de hongos y bacterias son mucho más grandes ya que el grado de polimerización es arriba de 100, 000, en comparación con las que se extraen de las

plantas (grado de polimerización de 150).<sup>34</sup> La inulina de origen microbiano puede llegar a tener pesos moleculares de  $10^6$ g/mol.<sup>43</sup>

En la industria alimentaria es viable utilizar 3 especies de plantas para obtener una alta producción de inulina y éstas son: Agava (*Agave azul tequilana*), Jerusalem Achicoria (*Helianthus tuberosus*) y chicoria (*Chicorium intybus*).<sup>5</sup>

La inulina se considera como un ingrediente alimenticio en varias aplicaciones de la industria alimentaria provocando un gran beneficio a la salud humana y animal al consumirla, como se hablará más adelante.

## CAPITULO 2

### METODOS DE EXTRACCIÓN DE LA INULINA A PARTIR DE FUENTES VEGETALES

La inulina es un polisacárido disperso que consiste en cadenas de fructosil-fructosa unida por medio de enlaces  $\beta$ -1,2 que se encuentra presente en más de 36,000 especies de plantas como material de reserva de energía. Entre las plantas donde se encuentra normalmente la inulina son: *Liliaceae*, *Amaryllidaceae*, *Gramínea* y *Compositae* principalmente. También se encuentra en un gran número de vegetales comestibles como espárragos, cebollas, achicoria, plátano, Raíz de achicoria, Jerusalem artichoke, yacón, papa, remolacha y Agave Weber azul. (Agave Tequilero).<sup>14</sup>

En *Liliaceae*, *Amaryllidaceae* y *Compositae*, la inulina es almacenada en órganos como bulbos, tallos, raíces. Debido a la ausencia de otros componentes pueden ser fácilmente extraídos y procesados como productos purificados.

Los factores que influyen en las propiedades de la inulina son:

La longitud de la cadena, el grado de polimerización varían con cada especie de planta, así como también la fase de crecimiento, el clima y las condiciones del suelo.<sup>42</sup>

Sin embargo hay un número limitado de especies de plantas que son adecuados para su uso industrial alimenticio y su aplicación en alimentos.<sup>34</sup>

**TABLA 2.A Contenido de inulina en diferentes especies de plantas**

<b>FUENTE</b>	<b>CONTENIDO DE INULINA</b>
Achicoria ( <i>Chicorium intybus</i> )	15-20%
Trigo	1-4%
Ajo	9-16%
Cebolla	1-8%
Plátano	0.3-0.7%
Esparrágos	2-3%
Poros	3-10%
Raíz de Achicoria	16-20%
Jerusalem artichoke( <i>helianthus tuberosus</i> )	16-20%
Yacón	12.5%
<i>Dhalia variabilis</i>	
Agave Tequilero Weber azul	1-1.5%

### 2.1.-Síntesis de inulina (fructooligosacáridos) en plantas

En plantas la inulina es sintetizada a partir de sacarosa por la acción de dos o más diferentes fructosiltransferasas. La primera enzima sacarosa fructosil transferasa (1-SST) inicia una nueva síntesis de fructanos para catalizar la transferencia de un residuo fructosil de una sacarosa a otra molécula, resultando así la formación de el trisacárido, 1-kestosa.

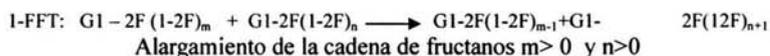
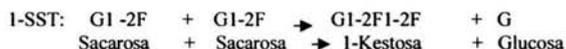
La segunda enzima Fructano-1 fructosiltransferasa (1-FFT), transfiere un residuo fructosil de una molécula de fructosa con un grado de polimerización (>3) a otra molécula ya sea de sacarosa o de fructosa. Para un mejor entendimiento la acción de las enzimas es la siguiente:

1-SST sirve para la formación del trisacárido (1-kestosa) y la 1-FFT sirve para dar la longitud de la cadena, es decir el grado de polimerización (DP), así por último la actividad de las dos enzimas dan por resultado a productos llamados Fructanos, entre los cuales destaca la inulina.

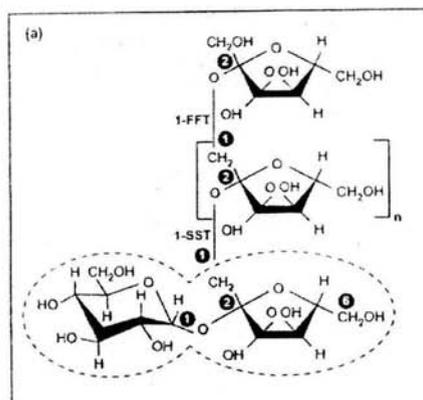
“Sin embargo este modelo para la síntesis de fructanos fue propuesto por Edelman y Jefford en 1968.”<sup>46</sup>

La inulina extraída de Jerusalem artichoke tiene un promedio del grado de polimerización de 8 a 10, mientras que en la flor de la artichoke la inulina tiene un promedio del grado de polimerización de 65.<sup>62</sup>

Esquemáticamente la función de la enzima Sacarosa fructosiltransferasa (1-SST) y Fructano-1 fructosil transferasa (1-FFT) es la siguiente:



**Figura 2.a Estructura molecular de la inulina en plantas**



## 2.2.-Plantas con alto contenido de inulina y algunos métodos de extracción

En la industria alimentaria, la inulina que más se emplea es la que proviene de fuentes naturales. De acuerdo con esto, las especies de plantas para la extracción de inulina a nivel comercial son: Raíz de achicoria (*Chicorium intybus*), Jerusalem artichoke (*Heliantus tuberosus*), Dhalia variabilis, Agave (*Agave azul tequilana*), últimamente el Yacón (*Samallanthus sonchifolius*).

### 2.2.1.- Raíz de Achicoria (*Chicorium intybus*)

La Achicoria pertenece a la familia botánica de Asteraceae (*Compositae*), es una planta nativa de Europa Central, Rusia y Oeste de Asia, hoy en día es cultivada en áreas templadas y florece de abril a noviembre. La achicoria se cultiva desde el siglo XVII, su raíz es muy rica en principios amargos como la intibina, colina e inulina y sales minerales de potasio, hierro y calcio, por ello se utiliza como depurativa, laxante e hipoglucemizante, anteriormente su principal utilización era como sustituto de café. “De acuerdo a su composición la achicoria contiene: Agua 75%, Inulina 15-20%, Minerales 2%, Proteínas 1% y otros 5%”.<sup>54</sup>

La inulina extraída de esta raíz tiene un grado de polimerización de 10-12 y una distribución de moléculas con una longitud de la cadena de 2-60 unidades.<sup>28</sup>

En base seca la inulina pesa aproximadamente  $750\text{gKg}^{-1}$ , mientras que en base húmeda es de  $200\text{gKg}^{-1}$ . Algunos factores como el clima, el lugar donde se cultiva la Achicoria, así como la estación del año influye en el grado de polimerización de la inulina.

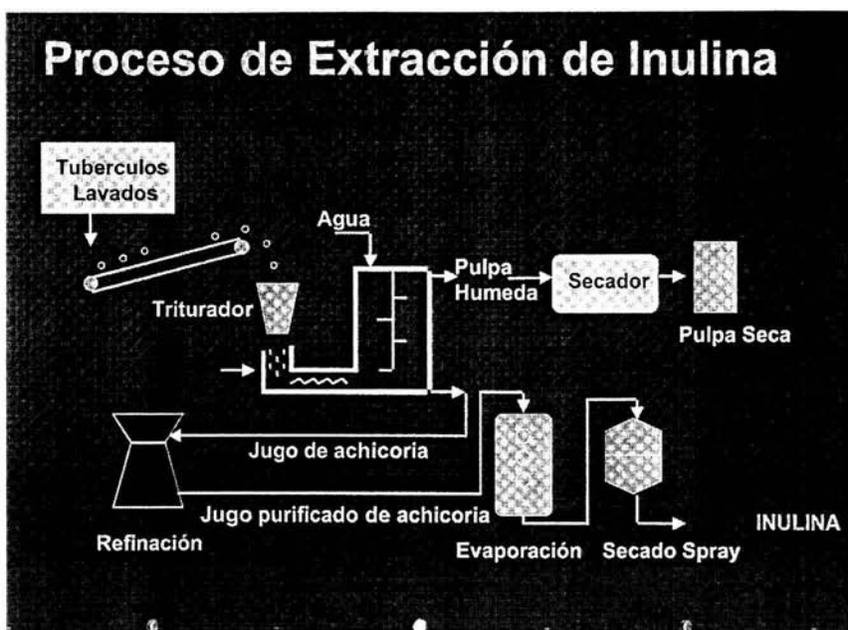
**Figura 2.b Planta de la chicoria y raíz de donde se obtiene la inulina**



Planta de Achicoria

Raíz de Achicoria

Figura 2.c Método de Extracción de Inulina a partir de la Raíz de achicoria



#### 2.2.1.1.-Extracción de la inulina por medio del método de Van Waes

Las raíces de achicoria se cortan en pequeñas piezas (3x0.5 cm). Una vez cortadas se dejan secar a 60°C. Después se congelan las muestras directamente. Las muestras congeladas son molidas. A 60mg de la muestra molida se le añade 20 ml de agua desionizada a una temperatura de 85°C. Se colocan las muestras a baño maría por una hora con agitación ocasional. Se deja enfriar a temperatura ambiente y se recristaliza.<sup>20</sup>

#### 2.2.1.2.- Extracción de inulina a partir de Achicoria, pataca y remolacha

El proceso de obtención de la inulina se realiza mediante extracción con agua a 70°C en contracorriente, de forma que la extracción se logre llevar hasta el 90-95% con la recirculación del agua de prensado. Una vez realizada la extracción de la inulina se pasará al proceso de depuración, necesario para la obtención de inulina en polvo o para

el uso directo del jugo. Para ello se efectuará una depuración calco-carbónica facilitando el precipitado de las impurezas. Posteriormente se realizan procesos de cristalización o secado para la obtención del producto final.

Este es uno de los proyectos que se está llevando a cabo como proceso continuo, incluyendo un sistema de prelavado y lavado de tubérculos, en el cual se reduce al mínimo el consumo de agua.

Una de las innovaciones del proyecto es el deshidratado de los tubérculos de patata para asegurar el funcionamiento todo el año, ya que este proceso no degrada de forma apreciable la inulina de los tubérculos. De esta forma se reduce la energía necesaria de conservación así como el espacio necesario para la misma, pues se llega a eliminar hasta un 70% de agua, sobre la base total del tubérculo, dejando el deshidratado con un 5-7% de agua, el cual favorece de forma directa la conservación de la inulina, ya que evitamos la acción de las enzimas hidrolasas presentes en la patata y la achicoria, que rompería la molécula de inulina en monosacáridos. De esta forma se logra una conservación en frío de la materia prima por un largo tiempo que permitirá el mantenimiento de la materia en condiciones aceptables de 2 a 3 meses.<sup>57</sup>

**Figura 2.d Pataca**



### **2.2.2.- *Agave Tequilero (Agave tequilaza Weber azul)***

Se confirmó que en el *Agave tequilero* se encuentra la inulina, ya que aparece una enzima transfructosidasa capaz de construir glucofructosanas a partir de sacarosa.

El Agave pertenece a la familia de las Amarilidáceas estando comprendida en la tribu Agavacidae, la cual alcanza una altura de 70cm a 1 m normalmente. Tiene hojas angostas de color verde o azul. La raíz es bulbosa y fibrosa, la parte cortical esta bien desarrollada y presenta pequeñas escamas cónicas entre las cuales se encuentran unos botones que constituyen el embrión de la planta.<sup>4</sup>

México ha sido considerado el centro del origen de la biodiversidad del género de Agave para la diversidad taxonómica. De las 310 especies reportadas, podemos encontrar 272 en este país.<sup>22</sup>

Dentro del Agave Tequilana tenemos muchas variedades siendo las más importantes: Carpintero, Pata de Mula, Azul, Sihuin, Bermejo y Azul que se encuentran en los estados de Zacatecas, Guanajuato, Querétaro y principalmente en las zonas altas de Jalisco, en donde es cultivo intensivo para la elaboración del tequila.

El Agave florece una sola vez y muere poco después. Generalmente llega a su madurez de los 8 a los 10 años de edad, a los dos años de cultivo en unos casos se corta el qurote cuando empieza a brotar o bien se impide el crecimiento con el objeto de evitar que consuma en su desarrollo parte de los azúcares que son fermentables posteriormente.

Análisis efectuados sobre la porción central de plantas productoras de tequila de 8 a 9 años de edad reportan los siguientes resultados: materia fibrosa 11-11.5%, cenizas 2.4-4%, azúcares fermentables libres 1.0-1.5%, inulina fue el polisacárido encontrado en el agave, el cual se hidroliza en azúcares fermentables posteriormente. La presencia de almidón no fue demostrada y las gomas fueron detectadas en baja proporción, las cuales están presentes en forma de pentosas y aldosas.

Las dos especies en donde se encuentra una mayor cantidad de inulina son: en el Agave Tequilana Weber Azul y Agave Tequilana Azul 2 con un porcentaje de 20.1% y 24.1% respectivamente.<sup>4</sup>

**Figura 2.e Planta de agave TequilanaAzul**



***2.2.2.1.-Métodos de extracción de la inulina a partir del Agave tequilana Azul***

Los tubérculos se cortan en trozos pequeños, se presnan y si es necesario se utiliza una porción de agua para completar la extracción. Se calienta el jugo a 60-70°C y se añade lechada de cal hasta llegar a un pH cercano de 8. Se filtra y se ajusta el pH 7 con ácido oxálico. Se calienta a 70-80°C, añadiéndosele carbón activado y se filtra. El filtrado se deja reposar durante toda la noche y en este tiempo la inulina se separa en forma de pequeños esferoides. El producto puede ser incrementado por congelamiento de la solución permitiendo descongelarse a baja temperatura. Se filtra y se lava la inulina con cantidades abundantes de agua fría. La masa húmeda de inulina contiene a este punto 35 a 40% de sustancia seca. Esta puede ser purificada disolviéndola en agua caliente a una concentración cerca de 15-18%, se trata con carbón, se filtra y se separa nuevamente por enfriamiento. Para muchos propósitos es satisfactorio extender la masa húmeda de inulina en un plato de vidrio y permitir secar en aire, cuando ésta se seca adquiere una dureza semejante al cuerno, pudiendo ser pulverizada rápidamente.

La sustancia secada al aire contiene cerca de 10% de agua de hidratación y una pequeña cantidad de impurezas inorgánicas. Estas pueden disminuir hasta proporciones despreciables por repetición del proceso de enfriamiento o por electrodiálisis, para evitar la formación de la masa dura. La masa húmeda de inulina puede ser lavada con alcohol de 95% y después con alcohol absoluto. La inulina tiene tendencia a retener el

alcohol. <sup>26</sup>Este procedimiento es llamado Tratamiento con lechada de cal para la extracción de la inulina el cual fue descrito por Emma Mc Donald.

### **Otro Método para la Obtención de Fructanos**

#### ***2.2.2.2.-Obtención del jugo de agave crudo***

Una muestra de penca de Agave tequilana azul se corta en trozos pequeños y se pesan 200g, enseguida se muelen en la licuadora por 3 minutos. El producto desintegrado se pesa cuantitativamente en un vaso Berzelius en el cual se macera por espacio de 15 a 20 minutos con 125ml de agua destilada a una temperatura de 60-70°C en un baño maría. Posteriormente se extrae el jugo del macerado decantando el líquido del vaso y se separa el residuo fibroso envuelto en una gasa en el cilindro de la prensa y aplicando una presión de 20000 psi por 60 segundos, el jugo extraído se recibe en bolsa de polietileno que se junta con el decantado inicial.

#### ***Clarificación del jugo de Agave crudo***

A 200 ml aproximadamente de jugo de agave crudo se le adicionan 35ml de solución saturada de subacetato de plomo y se agita vigorosamente dejándolo reposar por espacio de dos horas con el fin de promover una mejor separación de la materia insoluble. Posteriormente se filtra y al filtrado se le adiciona ácido oxálico al 10 % hasta la completa neutralización del exceso de subacetato. Se filtra nuevamente hasta obtener un licor cristalino.

#### ***Obtención de fructosanas (inulina) por precipitación con alcohol***

A 350ml de jugo clarificado de agave se le adiciona un volumen igual de etanol al 90% y se almacena a una temperatura de 4°C durante dos horas, posteriormente este volumen se concentra en rotavapor a vacío a una temperatura de 50-60°C hasta la mitad del volumen original del jugo. Se adiciona nuevamente etanol al 90% v/v a la muestra y se refrigera por espacio de dos horas, el precipitado obtenido se separa por

centrifugación a 10000 rpm durante 15 minutos. El precipitado es secado sobre un vidrio de reloj durante 4 horas a 40-45°C en estufa con sistema de vacío a 10psi.<sup>4</sup>

#### ***Obtención de fructosanas (inulina) por precipitación con ácido acético glacial***

El líquido sobrenadante obtenido después de la centrifugación se le adiciona un volumen igual de ácido acético glacial, dejando reposar después durante 12 horas a temperatura ambiente. Posteriormente se hace un tratamiento en las mismas condiciones que en el de la precipitación con alcohol.

#### ***2.2.3.- Dalias variabilis***

En las Dalias variabilis de la familia Compositae se encuentran enzimas transfructosidasas, las cuales a partir de la sacarosa sintetizan inulina.

La Dalia es una planta natural de México que crece en prados arenosos y alcanzan una altura de 5.000 pies sobre el mar. Fueron las primeras plantas introducidas a Inglaterra, las cuales fueron llevadas a Madrid en 1789. Después fueron introducidas, en 1804, a Holanda.

### **2. f Figura de la planta de la Dalia variabilis**



#### ***2.2.3.1.- Método de extracción de la inulina***

La dalia se corta y se extrae el jugo clarificado. Después de 1 hora, el filtrado solidificado es tratado con agua caliente (1.5 litros) y el precipitado es removido por filtración. La solución de ácido oxálico es añadido a la solución en 60°-70°C para obtener un pH 7, seguido por una decoloración en el cual se utiliza carbón; después se filtra en frío a una temperatura de 3°C, en donde la inulina se separa. La separación del

sólido es mantenida en acetona durante toda la noche y es secada. El licor madre es concentrado bajo una presión reducida (40°/15mm) para 300ml, y una cosecha de inulina es aislada.

La pulpa desmenuzada es extraída con agua (5L) en 60°C a 1.5 horas, después del tratamiento la inulina es aislada, y es obtenido del licor madre. Para una extracción final de la pulpa, se agrega agua a una temperatura 60°C por 1 hora., en la cual la inulina es soluble y puede separarse.

La inulina es purificada por recristalización con agua. Por lo tanto una muestra de éste polisacárido es disuelto en agua caliente, y la inulina es depositada cuando la solución se enfría .El polisacárido es removido por filtración, el proceso es repetido 7 veces, y la inulina se seca por medio de un lavado con acetona. <sup>2</sup>

Otro método para la extracción de la inulina es cuando los tubérculos de esta planta se rebanan, después se someten a un tratamiento utilizando la leche de la cal y se cuecen al vapor. El jugo después es clarificado, por ultimo se filtra. El líquido claro obtenido se vierte en un refrigerador que gira hasta que se producen las escamas. Estas escamas son separadas por una máquina centrífuga, lavadas y decoloradas, y el producto purificado finalmente es tratado con ácido clorhídrico diluido. <sup>56</sup>

#### ***2.2.4.-Jerusalem Artichoke (Helianthus tuberosus)***

Esta planta pertenece a la familia de las compuestas, esta emparentado con el girasol: se trata de una planta de hasta cuatro metros de alto con flores de color amarillento oro agrupadas en racimos y altamente melíferas con una duración aproximada de tres meses. Se cultiva en los jardines de Texas y está a menudo disponible en supermercados. Se encuentra casi siempre en "almacenes del alimento natural". Está fácilmente disponible en el período de septiembre a enero, pero continúa a menudo en

almacén. El mismo produce tubérculos muy similares a la papa común, que varían en cantidad y tamaño de acuerdo a la variedad. De sus tubérculos se extraen la inulina y fructooligosacáridos los cuales tienen la capacidad de conferir propiedades nutricionales activas a productos, por lo tanto, en España se ha comenzado a utilizar el producto por sus propiedades como alimento de alto valor dietético y aumentado la demanda y el interés por el producto que se considera una verdadera innovación en la industria de alimentos.<sup>62</sup> El método de extracción de inulina a partir de esta planta es similar al de la chicoria.

**Figura 2.g Planta de Jerusalem de Artichoke y la raíz de donde se obtiene la inulina**



Planta de jerusalem de artichoke



Raíz de Jerusalem de artichoke

### **2.3.5.-Yacón (*Smallanthus sonchifolius*)**

Últimamente una de las plantas que se ha estado estudiado para la obtención de inulina es el Yacón (*Smallanthus sonchifolius*) ya que se ha demostrado que debe ser consumido por las personas que tienen diabetes, pues su azúcar es fácilmente asimilable por el cuerpo y ayuda a mantener los estándares de azúcar normales en sangre. Su consumo es de manera directa, es decir se lava la raíz y se puede comer en su estado natural. La planta es originaria de los Andes en Perú, donde se han recolectado 88 colecciones de esta planta y en Ecuador 24 colecciones. El Yacón es una planta perenne

de 1.5 a 3 metros de altura. El sistema radicular está compuesto de raíces reservantes y carnosas en un número de 4 a 20, que pueden alcanzar hasta un tamaño de 25cm de longitud por 10cm de diámetro, y un sistema extensivo de delgadas raíces fibrosas.

Las raíces de almacenamiento son principalmente fusiformes, pero a menudo adquieren formas irregulares debido al contacto con piedras del suelo o por la presión de las raíces vecinas.

El yacón posee grandes cantidades de hidratos de carbono como los oligofruktanos denominados inulina, contiene minerales como el potasio, fósforo, hierro, zinc, magnesio, sodio, calcio y cobre; entre las vitaminas las que se encuentran en mayor cantidad son la vitamina C, tiamina, riboflavina y la niacina.

**TABLA 2.A Componentes nutrimentales del Yacón**

<b>COMPONENTES</b>	<b>BASE HUMEDA</b>	<b>BASE SECA</b>
<b>Agua (%)</b>	93 - 70	
<b>Cenizas (%)</b>	0.3- 2.0	1.1-6.7
<b>Proteínas (%)</b>	0.4-2.0	1.3-7.3
<b>Grasa (%)</b>	0.1-0.3	0.4-1.0
<b>Fibra (%)</b>	0.3-1.7	1.0 5.7
<b>Calcio (mg/g)</b>	23	
<b>Fósforo (mg/g)</b>	21	
<b>Hierro (mg/g)</b>	0.3	
<b>Retinol (mg/g)</b>	10	
<b>Caroteno (mg/g)</b>	0.08	
<b>Tiamina (mg/g)</b>	0.01	
<b>Riboflavina (mg/g)</b>	0.1	
<b>Niacina (mg/g)</b>	0.33	
<b>Acido ascórbico</b>	13	

El análisis medio de 100 gramos de Yacón comestible presenta los siguientes resultados:

**Tabla 2.B Análisis Bromatológico del Yacón**

Energía / kcal	54
Agua / g	86,6%
Proteína /g	0,3%
Grasa / g	0,3%
Carbohidrato /g (oligofructanos)	12,5%
Calcio / mg	23
Fósforo / mg	21
Hierro / mg	0,3
Riboflavina / mg	0,11
Niacina / mg	0,34

La parte comestible de esta planta está dada fundamentalmente por la pulpa y el jugo de sus raíces fusiformes de tamaño, color, sabor y pesos variables (forma parecida al camote y de sabor parecido al melón), las cuales por su fina textura, y su sabor dulce son consumibles en estado fresco, soleado, sancochado, horneado o procesado industrialmente, en este caso como refresco y fuente de azúcar dietética.

También se le puede dar el uso popular del té de yacón ya que los extractos foliares de éste tienen la capacidad de aumentar los niveles de insulina en sangre y consecuentemente reducir los niveles de glucosa, por este hecho, científicos, productores y consumidores japoneses han formado la Asociación Japonesa del Yacón para explotar su consumo y promover el consumo del té andino a base de las hojas de esta planta. Las hojas también son utilizadas como forraje para alimentar a los animales de pastoreo y para crianza de cuyos. En los andes, el cultivo del yacón está perdiendo vigencia, pero los industriales de Japón, Brasil, Nueva Zelanda y otros países, están explotando este alimento-medicamento y han abierto un mercado internacional con diversos productos a base de yacón.

El yacón constituye un recurso muy prometedor para la dieta y la medicina, debido a que constituye una alternativa esperanzadora para los pacientes enfermos con diabetes. Para tal efecto debe consumirse aproximadamente 300g de yacón fresco, porque ello permite consumir 66g de fructosa. Al igual que la caña de azúcar, se pueden concentrar los azúcares y obtener azúcar mascabada. Existe además un potencial agroindustrial para la transformación de éstos azúcares en alcohol. Por último tienen un gran potencial agronómico ya que sirve como protector de suelos, por su capacidad de mantenerse como especie perenne, especialmente en zonas agroecológicas áridas.<sup>58</sup>

**Figura 2.h Yacón y Raíz de donde se obtiene la inulina**



#### ***2.2.5.1.-Obtención de inulina a partir del Yacón***

Para la obtención de la inulina se utiliza un método de hidrólisis del jugo de yacón para la separación de la fructosa como complejo cálcico soluble, en el cual se utiliza un ácido (ácido carbónico o fosfórico), separación de los cationes y aniones contaminantes por medio de resinas de intercambio de iones, concentración en vacío de la solución de fructosa hasta formar un jarabe espeso y finalmente la cristalización. Para este proceso las condiciones más importantes son operar a baja temperatura y evitar la excesiva acidez o alcalinidad durante todo el proceso.<sup>58</sup>

## **CAPITULO 3**

### **PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS Y FISIOLÓGICAS DE LA INULINA**

#### **3.1.- Propiedades Fisicoquímicas**

La inulina es un ingrediente natural encontrado en muchos vegetales. El grado de polimerización de la inulina es de 3 a 60 unidades.

La Inulina es una sola cadena de fructosa unidos por enlaces  $\beta$  (2,1), en la cual varía la longitud de la cadena con una glucosa terminal.<sup>17</sup>

Tiene un sabor neutro, es inodoro e incoloro.

La dulzura de la inulina se encuentra entre los niveles del 30% a 100% con respecto a la sacarosa, además su solubilidad es muy alta lo que facilita su incorporación en alimentos.<sup>12</sup>

#### **3.1.1.-Solubilidad**

Las soluciones de inulina con una concentración mayor del 5% y menor al 10% son completamente claras. Concentraciones entre los rangos del 10% al 15% producen soluciones blancas y nubosas.

**Tabla 3.A Relación de la Temperatura y Solubilidad de la Inulina**

<b>TEMPERATURA</b>	<b>SOLUBILIDAD</b>
<b>°C</b>	<b>G/L</b>
0	2.5
10	60
20	100
30	140
40	170
50	210
60	250
70	290
80	330

### **3.1.2.-Viscosidad y capacidad de gelificación**

La inulina en agua influye en sus propiedades viscosas y gelificantes. Su capacidad de ligar el agua es mayor que la de un cereal y mejor que otras fibras derivadas de frutas y vegetales. En muchas aplicaciones un gramo de inulina puede ligar aproximadamente 1.5g de agua.

La viscosidad depende de la cantidad de inulina en solución. Por ejemplo una solución al 5% tiene la misma viscosidad que una solución de sacarosa al 9%. La inulina tiene la capacidad simultánea de influir en la viscosidad y de dar cuerpo y textura a las soluciones. Una concentración al 20 al 40% de inulina a temperaturas de refrigeración o temperatura ambiente por varias horas resulta la formación de un gel o una estructura cremosa.<sup>12</sup>

La inulina en combinación con muchas gomas tiene el potencial de dar viscosidad y tiene la habilidad de ser un fluido. Cerca del 30% de inulina en agua forma un gel

mientras se enfría. La característica de este gel depende de varios factores, los cuales son: la longitud de la cadena de la inulina, la concentración de la inulina, la temperatura del agua y la presión entre dos sustancias.

Algunos ejemplos de esto son:

- Inulina disuelta en agua fría sin la presión de otra sustancia da como resultado un gelificante. Pero con la adición de otra sustancia se forma una partícula, la cual incorpora el agua y da una firmeza al gel.
- La inulina en agua templada da un buen gel pero cuando hay un enfriamiento se vuelve una sustancia con una sensación grasosa y cremosa.
- La fuerza del gel depende de la cantidad de inulina en suspensión/solución.
- Se ha confirmado que las propiedades gelificantes están relacionadas con la longitud de la cadena y están trabajando en el desarrollo de este conocimiento para optimizar esta propiedad de la inulina

La inulina es más higroscópica que el azúcar; y a bajos niveles de agua es más higroscópica que el almidón, pero con un contenido de agua del 15% su higroscopividad, es comparada con el almidón. La inulina se puede dispersar en grasas y promueve la estabilidad en geles y espumas.

Entre las propiedades sensoriales y reológicas más destacables se encuentra que la inulina se comporta como un agente de abultamiento. Concentraciones del 5% al 20% de inulina traen un incremento en la sensación grasosa. A concentraciones de inulina al 50% causan gelificación.

La funcionalidad de la inulina esta basada en los efectos que tiene con el agua a diferentes concentraciones. A una concentración baja esta causa un significativo incremento en la viscosidad y puede ser usado como modificador reológico.<sup>12</sup>

En una concentración de 40-45% de inulina forma una crema ó gel con una sensación grasosa. El agua al estar ligada al gel ayuda a maximizar la estabilidad, e inhibe la sinéresis. En esta forma la inulina es muy estable a altas temperaturas y en condiciones ácidas, por lo tanto, esto ha creado la oportunidad de usarse como un sustituto de grasa en mayonesa y aderezos de ensaladas.

Los fructanos de alta polimerización han sido utilizados en productos alimentarios ya que puede reemplazar la grasa. Los fructanos de cadena larga en emulsiones tienen propiedades organolépticas igual a la grasa. Esto es creado para los productos libres de grasa y bajos en calorías, ya que de un valor energético de la grasa de 37.6KJ/g , se reduce con la inulina hasta 2.09KJ/g.

Una mezcla altamente cremosa de inulina y agua puede ser usada como un sustituto de grasa ya que ayuda al control reológico en sistemas acuosos, y también funciona como un estabilizador de emulsiones/suspensiones. Esta propiedad puede ser utilizada en postres con bajo contenido de grasa o sin grasa. La inulina tiene la habilidad de reducir la sinéresis en yogurts y salsas.<sup>17</sup>

También puede ser utilizada en chocolate, no solamente para reemplazar el azúcar sino también puede tener un efecto positivo en la viscosidad.

Por lo tanto, la inulina tiene un potencial para sustituir la grasa en productos de panadería, quesos bajos en grasa, postres congelados, helados, salsas y productos cárnicos.

### **3.1.3.-Estabilidad**

Generalmente la inulina es bastante estable en un pH cercano a 4 a una temperatura cerca de 10°C. Algunos ejemplos representativos de esto, son los siguientes:

A un pH >5 con una concentración menor a 5%, se hidroliza la inulina a una temperatura de 150°C.

A pH 3.7 en 85°C, hay una hidrólisis de 1.3% después de 60 minutos y 10% después 120 minutos.

A un pH de 3.3 en 85°C, hay una hidrólisis del 8.0% después 60 minutos, y 10% después 120 minutos.

A un pH igual a 2 hay una hidrólisis mínima a temperatura ambiente. Entonces como regla general si hay una combinación de alta temperatura a un bajo pH por un corto tiempo la hidrólisis tiene un limitante menor que 10.<sup>17</sup>

Los enlaces  $\beta$  (2,1) de fructosa pueden ser hidrolizados mediante un ácido. El grado de hidrólisis incrementa con la disminución del pH, aumento de temperatura y con el tiempo.<sup>12</sup>

### **3.2.-Aplicaciones de la inulina**

En el chocolate, la inulina no solo reemplaza el azúcar ya que puede tener un efecto positivo en la viscosidad.

Puede utilizarse como un extendedor de carne y en la formulación de bebidas frías.<sup>17</sup>

En Untables: La inulina puede sustituir significativamente una cantidad de grasa y estabilizar la emulsión mientras que provee una textura.

En panes: la inulina puede ser usada para incrementar la masa o bien para retener la humedad.

En el chocolate: la inulina puede ser usada como sustituto de sacarosa, especialmente cuando es combinado con fructosa u otros polioles.

En helados: la función de la inulina es como un inhibidor del crecimiento de cristales de agua.

En mousses: la incorporación de 1 a 5% de inulina permite que el producto conserve su estructura por largo tiempo y de una sensación rica y grasosa.<sup>27</sup>

Por lo tanto la inulina puede actuar como sustituto de azúcar con algún otro edulcorante, como sustituto de grasa, o para los motivos tecnológicos (agentes texturizados, estabilizador de espuma, o para la sensación grasosa). También se utiliza en muchos productos misceláneos (ejemplo: productos fermentados; postres como jaleas y helados; productos de panadería incluyendo bisquets, panes y masas, en fórmulas infantiles).

Los usos industriales de la inulina en alimentación humana y nutrición abarcan la sustitución de grasa (mayonesas lights, quesos bajos en calorías), reducir el contenido calórico (sucedáneos de chocolate), retención de agua (pastelería, panificación y embutidos), evitar la formación de cristales (heladería), emulsionar (margarinas) y en general para modificar la textura o cremosidad de algunos alimentos.<sup>60</sup>

El enriquecimiento de Formulas de Iniciación con inulina permiten el desarrollo de una flora de bifidobacterias y lactobacilos similar a la que se desarrolla en los bebés alimentados con leche materna.

Últimamente la inulina se encuentra en la aplicación de productos lácteos, alimentos para pequeños animales y en menor medida en animales de producción.

En productos lácteos, como el yogurt, es uno de los alimentos que podemos usar como vehículo de la inulina ya que las cadenas cortas de inulina no interfieren con los enlaces intermoleculares de la caseína, y la inulina puede impartir un aumento en la viscosidad del producto. En un estudio observaron que el nivel óptimo de caseína necesaria para dar un gel fuerte al yogurt natural, es provocado por las interacciones de las proteínas.<sup>38</sup>

El efecto de diferentes niveles de oligosacáridos en la producción de ácido láctico por un cultivo de yogurt, incluyendo el biocultivo *Bifidobacterium* utiliza la inulina para no generar efectos indeseables en los niveles de ácido etanoico.

La influencia de la inulina sobre el yogurt la otorga las siguientes características: da cuerpo al gel, viscosidad y sabor al yogurt.

Obviamente los bioyogurts son frecuentemente consumidos en la dieta humana, pero existe una ruta alternativa para estimular la flora nativa del colón, la cual, es emplear la inulina como endulzante del yogurt natural.<sup>38</sup>

Al ver que hay un aumento en las enfermedades cardiovasculares con el consumo de productos que tienen una gran cantidad de grasa, la industria de alimentos ha desarrollado nuevas formulaciones para la modificación de los productos, para que éstos contengan menor cantidad de grasa. Una de las áreas, en donde se puede utilizar la inulina es en productos cárnicos donde la grasa contribuye con el sabor, textura, y la sensación de lubricante en los labios del producto.

Por lo tanto, se propone que haya una reducción de grasa contenida en los productos sin afectar la textura con el uso de materiales magros y crudos con adición del agua o de otros ingredientes como sustitutos de grasa. Para este fin se ocuparon algunos hidratos de carbono como inulina en salchichas fermentadas.

En este experimento la reducción de grasa se ve reflejada en el valor calórico de las salchichas, ya que tienen un menor contenido de lípidos, donde los resultados obtenidos fueron alrededor de 11 a 16% que corresponde a un 50 a 60% menor que el lote control sin inulina.<sup>25</sup>

Con respecto al valor calórico, se encontró que el lote control tiene 392Kcal/100g, y el lote con inulina tiene un valor de 265Kcal/100g. De igual forma se encontraron diferencias en la jugosidad y textura de las salchichas, ya que se observa una textura más suave que las salchichas normales. En relación al color la adición de la inulina hace que se intensifique el color por coadyugar a los fosfatos.

Estos resultados sugieren que la inulina podría ser más apropiada que otras fibras solubles estudiadas como la fibra de trigo, la cual es considerada como la que da un mayor incremento a la textura. Por lo tanto, la adición de la inulina podría ser un excelente reemplazamiento alternativo a la grasa en estos productos, porque da una suave textura y ternura, elasticidad y adhesividad similar a las salchichas convencionales.<sup>25</sup>

Algunos productos alimenticios en donde se ocupa la inulina como un ingrediente funcional ya se encuentran en el mercado. (VER ANEXO 2)

**TABLA 3.C Propiedades Funcionales/Fisiológicas de la inulina**

PRODUCTO	FIBRA	BIFIDOBACTERIAS	REDUCCIÓN DE CALORÍAS	AGENTE GELIFICANTE	DESARROLLO DEL SABOR	EFECTO TEXTURA	EFECTO ESTABILIZADOR
PAN	*						
PASTELES	*		*				
BISQUETS	*		*				
YOGURTH	*	*			*		
QUESO PROCESAD						*	
HELADO DE YOGURT		*	*				
CHOCOLATE (BEBIDA)	*	*					*
ANALOGOS CREMOSOS			*				*
POSTRES	*	*	*		*		*
CHOCOLATES			*				
UNTABLES CERO GRASA	*	*	*			*	
UNTABLES BAJOS EN GRASA	*		*	*	*		

UNTABLES DE CACAHUATE			*	*			
CARNE PROCESADA			*	*		*	
BEBIDAS SUEVES	*		*		*		*
ALIMENTO INFANTIL	*	*					
PRODUCTOS	*	*	*				
FRUTAS RELLENAS			*				*
MERMELADAS			*				*
ALIMENTO FUNCIONALES	*	*	*				
SUPLEMENTO ALIMENTICIO	*	*					
BARRAS DE MUESLI	*	*	*				

De acuerdo a la utilización de la inulina como un ingrediente funcional se han creado nuevas composiciones de alimentos. A lo largo de los años se han hecho nuevas investigaciones en la utilización de la inulina en algunas industrias nacionales y transnacionales, entre las cuales destaca la industria láctea, la de productos cárnicos, panificación, bebidas, etc. En donde sus nuevos procesos, usos y composiciones se han estado patentando para que exista un bloqueo comercial y además una gran explotación de las nuevas composiciones, así como una aplicación industrial. **(VER ANEXO 3)**

A continuación se menciona los porcentajes recomendados de inulina en la aplicación de los alimentos, así como sus ventajas en su aplicación.

**Tabla 3.D Porcentajes Recomendados de la Inulina y Ventajas en la Aplicación de algunos alimentos.**

<b>PRODUCTO</b>	<b>% RECOMENDADO DE INULINA</b>	<b>VENTAJAS DE SU APLICACIÓN</b>
Pan	5-10	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enriquecimiento de fibra (pan blanco)</li> <li>• Reducción de energía</li> </ul>
Pasta/pasteles	10-15	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducción de caries</li> <li>• Reducción de energía</li> </ul>
Yogurt	5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enriquecimiento de fibra</li> <li>• Desarrollo de textura</li> <li>• Actividad adicional de las bacterias Bifidus.</li> </ul>
Queso untable	5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enriquecimiento de fibra</li> <li>• Sustituto de grasa</li> <li>• Reducción de los costos</li> </ul>
Helados	8	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollo de textura</li> <li>• Reducción de grasa, azúcar y calorías</li> <li>• Reducción de caries</li> </ul>
Chocolates	10-40	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollo de textura</li> <li>• Reducción de grasa, azúcar y calorías</li> <li>• Reducción de caries</li> </ul>
Postres	5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enriquecimiento de fibra</li> <li>• Reducción de grasa y calorías</li> </ul>
Productos cárnicos	5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enriquecimiento de fibra</li> <li>• Reducción de grasa y calorías</li> <li>• Reducción de costos</li> </ul>
bebidas bajo en calorías	5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bajo en azúcar y reducción de energía.</li> </ul>

### 3.3.- Efectos benéficos de la inulina

La inulina esta considerado como un alimento funcional por lo siguiente:

- Porque es un ingrediente que tiene un gran número de funciones que afectan positivamente al cuerpo humano.
- Está clasificada como una fibra dietaria ya que es resistente a la digestión por las enzimas digestivas presentes en la superficie del intestino delgado (alfa-amilasas, sacarasas y alfa glucosidasas), por lo tanto alcanzan el tracto final del intestino que a partir del ileón inferior contiene bacterias, mostrando un beneficio en el desarrollo de las funciones colonicas conducidas por una fermentación y como consecuencia ayuda a mantener la función normal del intestino, disminuye el estreñimiento, baja el colesterol, los triglicéridos y finalmente ayuda a normalizar los niveles de azúcar en sangre.

En términos de valor calórico, la inulina al no comportarse como hidrato de carbono digerible, tiene un valor calórico de 3.9 Kcal/g y finalmente es metabolizada por los microorganismos, los cuales producen 38 ATP/mol o 0.21 mol ATP/g.

En un experimento se mostró que los fructooligosacáridos de bajo peso molecular a diferencia de la inulina no muestran estrictamente una fermentación selectiva. En estudios “in vitro” e “in vivo” se ha mostrado que la fermentación de la inulina en el colon manteniendo un pH neutro da como resultado una inhibición del crecimiento de *Clostridium* y *E.coli* y un aumento en el crecimiento de *Bifidobacterium infantis*.<sup>47</sup>

Los niños recién nacidos poseen un tracto gastrointestinal casi estéril, que pronto comienza a ser colonizado por un número importante de bacterias como *Bifidobacterium* y *Lactobacillus* a través de la leche materna. Esto puede darse también con la incorporación de inulina a las formulas lácteas el cuál favorecerá el crecimiento de esta bacteria.<sup>24</sup>

La inulina es parcialmente fermentada por bacterias colónicas y notablemente por la familia *Bifidobacterium*, pero también por otras especies como *Lactobacillus acidophilus*. El consumo regular de la inulina promueve una población en el colón de éstas bacterias, mientras inhibe la proliferación de otras como las putrefactivas, especies como *Salmonella*, *E. coli* y *Clostridium perfringens*.

La inulina al ser un hidrato de carbono el cual es fermentado selectivamente por *Bifidobacterium infantis*, trae como consecuencia beneficios a la salud como:

- Este microorganismo convierte a los sacáridos de la fibra dietaria en ácido láctico, ácido acético, y ácidos grasos de cadena corta, causando acidificación en el colón.
- La acidificación del colón y las toxinas antibacteriales que excreta la especie de *Bifidus* retardan e inhiben el crecimiento de las bacterias patógenas ya mencionadas.
- La acidificación de la enzima 7  $\alpha$ -hidroxilasa cataliza la conversión de ácidos biliares primarios dentro de los citotóxicos secundarios.
- La bifidobacteria produce metabolitos benéficos como una inmuno-estimulación de factores y clase de las vitaminas B, que pueden facilitar la absorción de ciertos elementos traza.
- Por lo tanto, la inulina puede considerarse como fibra dietaria porque produce efectos benéficos al hombre.<sup>17</sup>

La utilización de inulina por las bacterias colónicas de la especie *Bifidus* conlleva a la producción de ácidos grasos de cadena corta (SCFA). Las SCFA se absorben rápidamente y pueden utilizarse como fuente de energía entre comidas. Mientras que el acetato y el propionato son absorbidos totalmente en el tracto intestinal y al digerirse llegan intactos al hígado a través de la vena porta, el butirato es metabolizado por los

enterocitos. Una vez que el acetato entra en el hepatocito se activa la enzima acetil coenzima A sintetasa 2 citosólica y queda incorporado a los procesos de colesterogénesis y lipogénesis. De forma contraria el propionato es un inhibidor competitivo de la proteína que se encarga de la entrada del acetato a la célula hepática, un fenómeno que contribuye a la disminución de la lipogénesis y colesterogénesis, al menos en hepatocitos de rata. Los ácidos grasos de cadena corta pueden actuar directa o indirectamente (mediante la modificación del pH) sobre las células y pueden participar en el control de varios procesos como la proliferación mucosal, la inflamación, la carcinogénesis colorectal, a absorción de minerales y la eliminación de compuestos nitrogenados.

A nivel del colón los ácidos grasos de cadena corta disminuyen el pH intraluminal, estimulan la reabsorción del agua y sodio y potencian la reabsorción de cationes divalentes. De los tres ácidos de cadena corta, el butirato es el que tiene mayor efecto trófico sobre las mucosas. Los mecanismos por los cuales tiene lugar este factor trófico son, por aporte directo de energía, aumento del flujo sanguíneo del colón, incremento de la secreción pancreática y de otras hormonas gastrointestinales y estimulación del sistema nervioso autónomo.

A nivel sistémico, los ácidos grasos de cadena corta regulan el metabolismo lipídico y de la glucosa. En cuanto al metabolismo lipídico se ha demostrado que el propiónico disminuye la síntesis hepática del colesterol, por inhibición de la actividad de la hidroximetilglutaril coenzima A. El acetato y el propionato regulan el metabolismo de la glucosa, en tanto que disminuyen la glucemia posprandial y la respuesta insulínica.<sup>55</sup> El propionato inhibe a la gluconeogénesis en hepatocitos aislados, probablemente se encuentra dentro de la vía de conversión de methilmalonil coenzima A y succinil CoA, donde ambas son inhibidores específicos de Piruvato carboxilasa, En adición el

propionato realiza la glucólisis, probablemente por vaciar el citrato hepático, un inhibidor alósterico de fosfofructocinasa.<sup>34</sup>

Recientemente se ha podido demostrar que el butírico inhibe en cultivos colónicos humanos la producción de algunas citocinas proinflamatorias (TNF), modulando la actividad del factor de transcripción NF-kB, el cual es un factor de transcripción que en respuesta a determinados estímulos externos, es capaz de transtocar al núcleo y unirse a regiones concretas del promotor de numeroso genes activando las transcripción de los mismos.<sup>13</sup>

También existe una reducción de los niveles de triglicéridos, colesterol y lipoproteínas en suero. La hipotrigliceremia es debida al descenso en plasma de lipoproteínas VLDL, debido a su vez, a que la inulina inhibe la capacidad de esterificación del palmitato hacia triacilglicerolos.<sup>23</sup>

La administración oral de inulina en los individuos con obesidad disminuye las concentraciones de colesterol total, LDL (lipoproteínas de baja densidad), VLDL y triglicéridos, sin modificar la sensibilidad a la insulina.<sup>3</sup>

Por los efectos en el metabolismo lipídico, datos experimentales sostienen que la inulina inhibe la lipogénesis hepática en ratas y como consecuencia induce un efecto hipotrigliceridémico lo cual trae como consecuencia la reducción de enfermedades cardiovasculares como la arteroesclerosis.

**TABLA 3.E Factor determinante y Efectos de la inulina en el Organismo<sup>34</sup>**

DETERMINANTE	EFEECTO
Cambios en la microflora colónica	Alivio de la constipación. Reducción de enfermedades por infecciones intestinales.
Modulación del metabolismo de lípidos y/o insulinemia	Restauración de la sensibilidad de insulina Reducción de Arteroesclerosis y cardiovasculares. Reducción de enfermedades de obesidad. Reducción de las enfermedades de osteoporosis. Reducción de la enfermedad del cáncer de colon.

La Bifidobacteria que fermenta la inulina aumenta la biodisponibilidad de minerales, en particular calcio y trae como consecuencia la reducción de la osteoporosis, la cual es mostrada por un cambio fisiológico en el hueso. En experimentos se ha observado que la absorción de calcio y magnesio en el intestino grueso se ven incrementadas hasta en un 65% como consecuencia del consumo de inulina.<sup>11</sup>

La hipótesis que explica más frecuentemente el efecto que tiene la inulina por absorber minerales son: a) El efecto osmótico, B) Acidificación del contenido por la fermentación y producción de ácidos grasos de cadena corta, C) Formación de sales de calcio y magnesio de éstos ácidos y la hipertrofia del camino del colon.<sup>34</sup>

Este microorganismo también ayuda a la absorción de algunos iones, favorece la síntesis de la vitamina B y previene o reduce la enfermedad del cáncer en el colon. Se

ha encontrado que la inulina reduce la incidencia de tumores de mama inducidos en ratas, y decrece la incidencia de metástasis.

Existen Evidencias científicas que aseguran una reducción de enfermedades peligrosas por el consumo de inulina tales como:

Inhibición de la diarrea, especialmente cuando es asociada a infecciones intestinales. Esto puede ser relacionado directamente por el efecto inhibitorio de bifidobacterias en el crecimiento de bacterias gram negativas, pero cuando las bifidobacterias logran un nivel alto en la población de las paredes del colón degradan la mucina secretada naturalmente por las células epiteliales, sin embargo la secreción de la mucina es esencial pero a niveles muy grandes puede provocar diarrea.<sup>33</sup>

La alimentación con inulina de 9 a 15 g/día en tres dosis diarias, produce un aumento de 6 a 22% en la población de bifidobacterias y una disminución de E.coli del 25 a 4% y de clostridium del 1 a 0.2%.<sup>60</sup>

La Dosis Letal Media es la dosis a la cual se produce la muerte en el 50% (la mitad) de los animales de prueba (LDL<sub>50</sub>). Para la inulina fue determinada más arriba de 9g/Kg. No hay ningún tratamiento relacionado a la toxicidad por arriba de una dosis administrada de 4.5g/Kg por 6 semanas. Se concluye que la inulina es segura para consumo humano bajo condiciones de uso como fibra dietética.<sup>5</sup>

## **CAPITULO 4**

### **PERSPECTIVAS Y LEGISLACIÓN DE LA INULINA EN ALGUNOS PAÍSES Y EN MEXICO**

En Japón el valor de los prebióticos radica en su uso como agente profiláctico, es decir como agente preventivo a ciertas enfermedades. La incorporación de la inulina en alimentos es el mecanismo más adecuado para asegurar la presencia de bacterias benéficas en el intestino, lo que ha permitido su incorporación en alimentos infantiles, cereales, confitería y sodas. Es de vital importancia señalar que los prebióticos nunca podrán competir con los antimicrobianos como agentes terapéuticos, pero pueden reducir la incidencia de trastornos intestinales, entre ellos, los que frecuentemente son causados por el uso de antibióticos.<sup>11</sup>

Japón es el país líder en producción y en investigación en productos con inulina, al igual que el continente Europeo los cuales están incrementando rápidamente las compañías productoras de inulina y otras con planes de incursionar en el mercado.<sup>7</sup>

Mundialmente la inulina se considera como un ingrediente funcional natural (no un aditivo) obtenida de la achicoria en Norteamérica (Estados Unidos, México y Canadá), en la Unión Europea, los países escandinavos, Australia y Japón.

La administración de alimentos y drogas de Estados Unidos (FDA) a partir del 7 de Noviembre del 2002 reconoce la inulina como ingrediente GRAS (Generalmente reconocido como seguro), teniendo como antecedente pruebas científicas, en la cuál no tienen ningún efecto genotóxico sobre el organismo y puede emplearse en alimentos de tal manera que sean seguros, aplicables y regulados legalmente.<sup>50</sup>

El uso de la inulina en fórmulas de iniciación y alimentos para bebés está aprobado por el Consejo Científico para Alimentos de la Unión Europea.<sup>54</sup>

En España se realizó un documento en el cuál junto con los países del Parlamento Europeo aprobaron la lista positiva de los aditivos distintos de colorantes y edulcorantes autorizados para la elaboración de productos alimenticios, así como sus condiciones de uso. Dentro de esta lista las sustancias que no se consideran aditivos se encuentra la inulina.

Los países que integran dicho Parlamento Europeo son 15 países: Austria, Bélgica, Dinamarca, Alemania, Grecia, España, Finlandia, Francia, Irlanda, Italia, Luxemburgo, Países Bajos, Portugal, Reino Unido, Suecia, República Checa, Estonia, Chipre, Letonia, Lituania, Hungría, Malta, Polonia, Eslovenia, Eslovaquia.<sup>31</sup>

Para otorgar la licencia de los alimentos para usos específicos para la salud como la inulina, cada producto alimenticio podría ser juzgado en base a un examen comprensivo de los ingredientes y composición de los productos alimenticios.<sup>29</sup>

#### **4.1. Legislación Mexicana de la Inulina**

De acuerdo con la legislación de prebióticos, incluyendo la inulina, se hizo un apartado en la **NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-086-SSA1-1994, BIENES Y SERVICIOS. ALIMENTOS Y BEBIDAS NO ALCOHOLICAS CON MODIFICACIONES EN SU COMPOSICION. ESPECIFICACIONES NUTRIMENTALES**, para considerar a los alimentos funcionales

Para entender mejor lo que es un alimento funcional, lo podemos definir como cualquier sustancia que se considere un alimento bajo el artículo 221 de la ley General de Salud o parte de un alimento, ingrediente que provee de beneficios médicos o de salud, incluyendo la prevención y tratamiento de una enfermedad para reducir el riesgo a contraer enfermedades crónicas además de proporcionar las funciones nutrimentales básicas. Este alimento se ha comprobado sus beneficios fisiológicos, así como la seguridad para su consumo. La definición de los alimentos funcionales se menciona la

prevención de enfermedades y por tanto efectos terapéuticos pero si bien es cierto que la composición es diferente a la de un medicamento.

Dentro de la Secretaría de Salud existen dos Direcciones que regulan los alimentos y los medicamentos:

1. La Dirección de Calidad Sanitaria de Bienes y Servicios cuya misión es contribuir a proteger la salud de la población, mediante la detección y prevención de riesgos, especialmente los derivados de la fabricación, distribución, comercialización y consumo de productos y servicios, cumplimiento de las disposiciones legales sanitarias, y de la puesta en operación de las buenas prácticas, abatiendo con ello la incidencia de enfermedades transmitidas por el consumo y uso de alimentos, bebidas, productos de belleza, perfumería, aseo y limpieza contaminados, entre otros.

2. La dirección de insumos para la salud tiene como objetivo ejercer el control y vigilancia sanitaria de los insumos para la salud, elaborar y expedir las normas oficiales mexicanas a que deberá sujetarse el proceso, uso, importación y exportación de medicamentos alopáticos, homeopáticos y herbolarios, estupefacientes y sustancias psicotrópicas y productos de origen biológico, así como vigilar su cumplimiento, entre otros.

Es por eso que existe una propuesta de norma de los alimentos funcionales para que se encuentren regulados bajo la Dirección de Calidad de Bienes y Servicios, por lo tanto le compete promulgar una norma sobre los alimentos funcionales donde se establezcan sus especificaciones nutrimentales para cada ingrediente funcional incluyendo a la inulina, y establecer si las afirmaciones de salud pueden ser empleadas en el etiquetado alimentario siempre y cuando se prueben sus efectos fisiológicos sobre evidencia científica respaldada por los organismos reconocidos por la Secretaría de Salud.

Aunque la dieta en los diferentes países no es igual y además varía de región a región, no se debe descartar el hecho de que un alimento o el componente de cierto alimento puede tener efectos benéficos en el ser humano y más aún cuando las instituciones norteamericanas han realizado estudios en animales para sustentar esas declaraciones.

Sin embargo, se ha dado un pequeño avance en adicionar la inulina dentro de la lista de ingredientes y coadyudantes permitidos para alimentos como fuente de fibra dietaria.

Las condiciones que debe cumplir un alimento para considerarse funcional son:

-Identificar la interacción existente entre los componentes de un alimento, así como sus funciones específicas en el organismo, y obtener pruebas sobre los mecanismos que regulan dichas interacciones;

-Identificar y aprobar marcadores que sean sensibles a la modificación de las funciones a través de factores alimentarios;

-Evaluar la seguridad de la cantidad de alimento o nutrientes necesarios para producir un efecto funcional

Existen tres tipos de marcadores para determinar los efectos funcionales:

1.-Marcadores de exposición al componente alimentario estudiado, por ejemplo el aumento de los folatos de los glóbulos rojos como indicador de la ingestión de folatos;

2. Marcadores relacionados con la función específica o la respuesta biológica por ejemplo, la reducción del nivel de homocisteína en el plasma como consecuencia de la ingestión de folatos;

3. Marcadores relacionados directamente con una fase intermedia del proceso de mejora del estado de salud, del bienestar y/o de reducción del riesgo de enfermedad, por ejemplo, la medida de la variación del diámetro de la carótida en relación con el riesgo cardiovascular.

Las características que los marcadores deben presentar son:

- Los marcadores pueden ser fisiológicos, bioquímicos o de comportamiento,

Pero deben ser, en todos los casos:

Prácticos: especialmente en términos de duración

Válidos: deben corresponder a los procedimientos de control estándar.

Reproducibles: deben estar claramente vinculados a los fenómenos estudiados y poder reproducirse en distintos centros.

Sensibles: la frecuencia de un resultado negativo en presencia del fenómeno debe ser baja y estar perfectamente determinada

Específicos: la frecuencia de un resultado positivo en ausencia del fenómeno debe ser baja y estar perfectamente determinada

Éticos: lo anterior se resume en eficiencia, seguridad y calidad para poder evaluar la funcionalidad de los alimentos.

El objetivo de la regulación de la inulina y otros alimentos funcionales debe ser:

-Ayudar a los mexicanos a promover y mantener una buena salud, así como retardar el comienzo de enfermedades crónicas

-Permitir afirmaciones de salud basadas en evidencia científica

-Alentar a la industria alimentaria mexicana a incrementar el apoyo a la investigación y al desarrollo de nuevos productos

-Mantener la integridad del sistema regulatorio cumpliendo con las normas afines y los proyectos de normas.

La inulina al ser un prebiótico se encuentra dentro de la clasificación de los alimentos funcionales, los cuales se clasifican en:

I.-Sustancias prebióticas: oligosacáridos, xilo-oligosacáridos, galactooligosacáridos, fructooligosacáridos, isomalto-oligosacáridos, lacto-fructo-oligosacáridos, lactulosa.

Dentro de los fructooligosacáridos podemos situar a la inulina en el grupo de fibra dietaria, y los otros ingredientes que comprende son: Polidextrosa, Dextrina indigerible, salvado de trigo, guaraná parcialmente despolimerizada, cáscara de semilla de psyllium.

## II.-Bacterias Probióticas

*Bifidobacterium longum*, *Lactobacillus delbrueckii sub-especies bulgaricus tipo 2038*, *Lactobacillus johnsonii*, *Lactobacillus paracasei subsp. paracasei*, *Lactobacillus rhamnosus*, *Lactobacillus salivarius*, *Bifidobacterium lactis*.

## III.-Minerales

Calcio, Hierro (hemo), fosfopéptidos de caseína

IV.-Edulcorantes no cariogénicos .-palatinosa, maltitol, polifenoles de té verde, eritritol

V.-Controladores de hipertensión arterial oligopéptidos.- ácido graso omega 3 y omega 6, ácido eicosapentanoico (EPA), ácido docosahexanóico (DHA).

VI.- Control de colesterol y enfermedades cardiovasculares.- oligosacáridos, fibra dietaria, fitoesteroles, sílfidos alílicos, p-glucanos.

VII.-Antioxidantes.- Carotenoides, Licopeno, Tocoferol,

VIII.-Prevención del cáncer.- Ácidos fenólicos, flavonoides, poliacetileno,Fibra dietética ( componentes del material vegetal (polisacáridos no amiláceos y lignina) que no son digeridos por las enzimas del sistema digestivo de los mamíferos)

Todos los productos que se denominen funcionales y que incluyan en su composición algún ingrediente funcional deben someterse a su aprobación.

El alimento debe contener un ingrediente que favorezca el mejoramiento de la dieta del individuo

Los beneficios que provee un alimento que contiene inulina deben sustentarse bajo evidencias científicas.

Deben definirse las cantidades de la ingesta diaria recomendada, y establecer si existe algún riesgo y en dado caso determinar el límite a la que se puede presentar.

Deben ser seguros para su consumo.

Deben poder establecer su concentración en el alimento.

No debe haber pérdida de los constituyentes nutrimentales del alimento

El producto debe ser consumido en forma habitual a la de los alimentos y no en formas farmacéuticas (cápsulas, comprimidos, pastillas).

#### **Etiquetado de alimentos que contengan ingredientes funcionales como la inulina**

El etiquetado de los alimentos debe acatar la NOM-051-SCFI-1994 Especificaciones Generales de Etiquetado para los Alimentos y Bebidas no alcohólicas.

El alimento debe ser aprobado por la Secretaría de Salud, los siguientes apartados deben incluirse en la etiqueta:

- Nombre del producto en español
- Nombre y dirección del productor
- Afirmación de salud permitida
- Razones de permiso o aprobación de la afirmación de salud
- Tabla de componentes nutrimentales y valor energético
- Ingredientes (enlistados en orden descendiente de su concentración en el producto)
- Vida de anaquel (fecha de caducidad)
- Indicación de que se trata de un alimento funcional
- Ingesta diaria recomendada
- Como consumir el producto
- Como cocinar y almacenar el producto.

Además cada vez más países han acordado que la inulina y la oligofruktosa deben ser etiquetadas como fibras dietéticas.<sup>64</sup>

Aún con todo lo anterior la fase más importante es la evidencia científica para validar un alimento como funcional, algunas de las prioridades que se requieren a nivel científico son:

- Estandarización de los métodos
- Técnicas analíticas para identificar a los compuestos
- Biodisponibilidad para que pueda ejercer un beneficio en el organismo
- Establecer su forma de actividad en el organismo y si el compuesto en el alimento presenta alguna sinergia con algún otro
- Evaluar la vida de anaquel
- Encontrar la relación que existe entre la dieta y las enfermedades crónicas
- Comparar los resultados de las investigaciones científicas a nivel internacional.

En cuanto a las investigaciones clínicas

- Diseñar estudios experimentales para realizar estudios clínicos
- Investigaciones a largo plazo para evaluar la prevención de alguna enfermedad
- Realizar estudios costo - beneficio para realizar las investigaciones

En relación a las cuestiones mercadológicas se necesita:

- Realizar campañas para que el consumidor conozca la inulina)
- Investigar las modalidades culturales
- Establecer canales de distribución y tamaño de mercado
- Cumplir con lo establecido en las leyes, reglamentos y normas para el etiquetado.

A nivel legal y regulatorio

- Establecer una definición a nivel internacional para los alimentos funcionales
- Homogeneizar a nivel internacional las afirmaciones de salud

- Proporcionar información validada y sustentada en investigaciones científicas a los consumidores.
- Fomentar el cambio de alimentación a través de la educación en todos niveles.
- Crear asociaciones entre la industria alimentaria- universidades y el apoyo gubernamental, para científicamente y legalmente.
- Evaluar los alimentos funcionales.<sup>39</sup>

Como hemos visto la inulina al considerarse un alimento funcional debe de legislarse como tal y etiquetarse su contenido bajo el nombre de fibra dietaria, y se considera como un ingrediente GRASS.

Para el sector de la industria alimentaria (productos lácteos, cárnicos, bebidas, repostería, confitería, etc.) es muy importante ya que a partir de fuentes vegetales se puede obtener la inulina mediante métodos físicos con pasos muy sencillos.

Hoy en día comercializan muchos productos que contienen fructosa y otra forma industrial de obtenerla es por medio de tubérculos que contengan alto contenido de inulina, ya que al ser una cadena larga de fructosa al hidrolizarla se obtiene una gran cantidad de monosacáridos de éste tipo. Por lo tanto hay un proyecto de iniciativa científica tecnológica en algunas Universidades apoyada por Empresas privadas en el cual desarrollan fructosa industrial a partir de dalias, achicoria, agave tequilero, yacón, topinambur. El producto se trata de una materia prima que se comercializa en forma líquida y tiene un poder edulcorante equivalente a 1.5 vez de la sacarosa, es de origen natural, no es cariogénica y puede ser consumida por diabéticos.

Esta dirigido a un mercado naturista en ascenso a escala mundial y nacional, en el cual los productos alcanzan en promedio sobrepuestos de un 30 a 100%, en comparación a los tradicionales.

### III. DISCUSION

Hoy en día la inulina se usa para hacer jarabes de fructosa mediante una hidrólisis ácida. Una de las ramas en donde más se utiliza en México es en la elaboración de bebidas lácteas y yogurts bajo en nombre de proflora, lactofibra, fructooligosacáridos y fibra dietaria como endulzante y para darle cuerpo a la bebida, además enriquecen a dicha bebida, ya que es el alimento de los microorganismos llamados probióticos, los cuales se encuentran en el tracto intestinal y se utilizan en la fabricación de yogurts, ofreciendo varios efectos benéficos al consumidor. En México, los productos con inulina que se encuentran en circulación son elaborados por empresas transnacionales y nacionales, pero no existe una norma de Secretaría de Salud y del Codex alimentario que regule las cantidades o el límite máximo que se debe de agregar a los alimentos, sin embargo en Japón y Europa ya existe una norma que regule a este tipo de ingrediente, ya que se encuentran en circulación una gran cantidad de alimentos que contienen inulina.

En México, se han hecho investigaciones científicas a partir de los desechos de cebolla (cáscara) y del agave tequilana para identificar el contenido de inulina y así proceder para su extracción.

El costo para implantar una metodología en un laboratorio para la identificación de la inulina es elevado por la utilización de equipos cromatográficos, contrariamente a su extracción ya que se utilizan equipos muy sencillos y de fácil acceso.

En Estados Unidos, Argentina, Colombia, Europa y Japón se comercializan varios productos alimenticios de panadería quesos procesados, postres, chocolates, quesos untables, crema de maní, alimentos infantiles, mermeladas, mayonesas, etc., ya que puede utilizarse como sustituto de grasa, endulzante, como agente de abultamiento, para

aumentar la viscosidad, como gel y además proporciona efectos benéficos al consumidor.

En Europa y Estados Unidos, la inulina es extraída a partir de la raíz de achicoria ya que es la que tiene un mayor contenido de ésta y su método de extracción es por medio de pasos físicos sencillos, el cual dicho método se puede estandarizar para la extracción de la inulina a partir de otras plantas.

En Perú, la fuente que más se utiliza para extraer la inulina es el yacón por su alto contenido de ésta y por sus extensos cultivos de este tubérculo.

#### **IV. CONCLUSIONES**

- La inulina forma parte de un grupo de ingredientes alimenticios no digeribles llamado prebióticos, el cuál tiene un efecto benéfico en el hospedero al estimular el crecimiento de especies bacterianas que residen en el colon.
- La inulina es sintetizada por medio de una enzima llamada fructosiltransferasa que se almacena en la vacuola de la célula vegetal. La inulina se puede extraer de algunos recursos naturales como raíces, en donde las especies que más se ocupan para la industria alimentaria son: Raíz de achicoria, Jerusalem artichoke, Agave tequilana azul, *Dalia variabilis* y Yacón.
- Los métodos físicos como la solubilización (la inulina es soluble en agua caliente e insoluble en agua fría) y la cristalización (método de purificación) son los más utilizados para la extracción de la inulina a partir de fuentes vegetales.
- Existen en común varios pasos para la obtención de la inulina, los cuales son: Lavar, cortar, secar, congelar, triturar las piezas, agregar agua a una temperatura de 60-80°C, al jugo someterlo a un proceso de refinación, evaporación, secado y finalmente la cristalización.
- Debido a sus propiedades funcionales la inulina se puede ocupar como un sustituto de grasa, como agente texturizante, endulzante, estabilizador de espuma, retenedor de humedad, inhibidor del crecimiento de cristales, debido a lo anterior, se puede ocupar en un gran número de alimentos y bebidas.
- La inulina es considerada como un ingredientes GRAS (generalmente reconocido como seguro) por la Food and Drug Administration (FDA) ya que no crea alguna toxicidad al consumirlo, si éste no se ingiere por arriba de 9g/kg.
- Japón es el país líder en el desarrollo de alimentos que contienen inulina, por lo tanto tiene un mayor consumo y mercado de estos alimentos.

- La inulina es un ingrediente funcional ya que provee beneficios médicos o de salud previniendo enfermedades crónicas, pero nunca se considerará un medicamento.
- El uso de la inulina en productos alimentarios se ha estado utilizando en varias áreas como en: productos cárnicos, lácteos, panadería, dulces y chocolates, helados, alimento infantil; en donde en el etiquetado de dichos productos existe bajo la denominación de FIBRA DIETARIA, por lo que existe una propuesta de una norma mexicana, en donde hacen referencia a los alimentos funcionales incluyendo a la inulina.
- En México, se debe de promover el desarrollo de nuevos alimentos que contengan inulina, extrayéndola de nuestros propios recursos naturales.

## V. BIBLIOGRAFIA

- 1) Ahmad I. John. (1995) Health and dietary fiber. Nutrition & Food Science. 1. Pp. 18-22.
- 2) Aspinal B.G.O. y Hirst E.L. Preparation of Inulin from Dalia Tubers. (1965) Methods in Carbohydrate Chemistry. Tomo V. New York Academic Press. P.p. 157-158.
- 3) Balcázar B., Martínez A. E. y Ortiz G. M. (2003) Efecto de la administración oral de inulina sobre el perfil de lípidos y la sensibilidad a la insulina en individuos con obesidad y dislipidemia. Revista Médica de Chile. Volumen 131 No. 6, Junio 2003. P.p. 130-135
- 4) Blanco S.G. (1979) Obtención de fructosa a partir de la hidrólisis de inulina de agave tequilana por diversos métodos. Tesis de Licenciatura. Facultad de Química. UNAM. Pp. 1-9 y 17-20
- 5) Carabin G. I., Flamm W. (1999) Evaluation of Safety of Inulin and Oligofructose as Dietary Fiber. Regulatory Toxicology and Pharmacology.30 P.p. 268-282.
- 6) C-H Cheng y DF Day. (2002) Glucooligosaccharides from Leuconostoc messenteroides B-742 (ATCC 13146): A potential prebiotic Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology 29, Pp. 196-199.
- 7) Cruz G. E. (2003) Síntesis Enzimático de Prebióticos. 3<sup>er</sup> Simposio Mexicano de Prebióticos. México, Distrito Federal.
- 8) Cummings H. John, Macfarlane T. G. and Englyst N. H. (2001) Prebiotic: digestion and fermentation. American Journal Clinical of Nutrition 73 (suppl), Pp. 415S-420S.

- 9) De las Cagigas R.L. y Blanco A. J. (2002) Prebióticos y Probióticos: Una relación Beneficiosa .Revista Cubana Alimentaria Nutricional .Editada por el Instituto de Nutrición e Higiene para los Alimentos. 16 (1) Pp. 63-68
- 10) Dey P.M. (1990) Oligosaccharides. Methods in plant Biochemistry. Capítulo 5.Academic Press limited. Vol. 2. Pp. 194 -204.
- 11) Escalante L. A. (2001) El potencial de la manipulación de la flora intestinal por medios dietéticos sobre la salud humana. Enfermedades infecciosas y Microbiología. 21 (3), Pp. 109-113.
- 12) Ficha técnica de Frutafit for your product sin referencia
- 13) García P., Bretón L. I., De la cuerda C. (2002) Metabolismo colónico de la fibra. Nutrición Hospitalaria. Sección de Nutrición Clínica y Dietética. Volumen XVII. (Sup.2). P.p. 11-16.
- 14) Gary F., Glinsmann W., Roberfroid M., Prosky L. (2001). Inulin and Oligofructosa as Dietary Fiber: A Review of the Evidende. Critical Reviews in Food Science and Nutrition.41, 5 .P.p 353-355.
- 15) Gibson G., Rastall A. R. y Roberfroid M. (1999) Colonic microbiota. Capítulo7. Nutrition and Health. Academic Publishers. Pp. 101-124.
- 16) Empresa *Imperial Suiker Unie*. Product Data Shett. One Imperial Square. Sugar Land TX 77487-0009 Telephone: (713) 490-95-52 Fax: (713) 490-98-95
- 17) Empresa *Imperial Suiker Unie*. Inulin sugar land. One Imperial Square. Sugar Land TX 7747-0009. Telephone: (713) 490-95-52 Fax: (713) 490-98-95
- 18) Jaime L., Martinez F., Cabrejas M. A. Maria (2000). Study of total fructan and fructooligosaccharides content in different onion tissues. Journal of Science of Food and Agriculture. 81. Pp.177-182.

- 19) Kohmoto T., Tsuji K., Kaneko T., Shiota M., Fukui F., Takaku H., Nakagawa Y., Ichikawa T. and Kobayashi. (1993) Metabolism de <sup>13</sup>C-Isomaltooligosaccharides in Healthy men. Bioscience Biotechnology Biochemistry. Vol. 56 (6) Pp 937-940.
- 20) Koch K., Andersson R., Rydberg I. y Aman Per. (1999). Influence of harvest date on inulin chain length distribution and sugar profile for six chicory (*Chicorium intybus L.*) cultivars. Journal of Science Food Agricultural. 79 P.p. 1503-1506.
- 21) Kuriki T., Yanase M., Takata H., Takesada Y., Imanaka T. y Okada S. (1993). A New Way of producing Isomalto-oligosaccharides Syrup by using the transglycosylation reaction of Neopullulanase. Applied Environmental Microbiology. 59 (4) Pp. 953 a la 959.
- 22) López G. Mercedes, Mancilla N. y Mendoza D. G. (2003). Molecular Structures of Fructans from Agave Tequilana Weber var, Azul. Journal Agricultural. Food Chemistry. 51 Pp. 7835-7840.
- 23) Marquina D. y Santos A. (2002). Prebióticos, probióticos y salud. Revista de Actualidad de la Universidad Complutense. España 32 Pp.24-27.
- 24) Marti del Moral A., Moreno A. Ma, J. y Martínez H. A. J. (2003) Efecto de los Prebióticos sobre el Metabolismo lipídico. Nutricional Hospital XVIII (4) Pp 181-188.
- 25) Mendoza E., García M.L. (2001). Inulin as fat substitute in low fat, dry fermented sausages. Meat Sciences. 57.P.p. 387-393
- 26) Murguía R. Ma. E. (1960) Acetificación de azúcares del Agave Tequilana. Tesis de Licenciatura. Facultad de Química. UNAM. P.p. 17-22.

- 27) Murphy O. (2001). Non polyol low digestible carbohydrates: food applications and functional benefits. *British Journal of Nutrition* **85** Suppl. 1. Pp. S47-S53.
- 28) Niness K.R. (1999). Inulin and oligofructose: What are they?. *The Journal of Nutrition*.**129-7S**. P.p. 1402S-1404S
- 29) Oku T. (1996) Oligosaccharides with beneficial Health Effects: A Japanese Perspective. *Nutrition Reviews* **54** Número 11, Pp. S59-S66.
- 30) Rastall A. Robert y Maitin V. (2002) Prebiotics and synbiotics: Towards the next generation. *Current Opinion in Biotechnology* **13**.Pp. 490-496.
- 31) Real Decreto 142/2002, de 1 de febrero, por el que se aprueba la lista positiva de aditivos distintos de colorantes y edulcorantes para su uso en la elaboración de productos alimenticios, así como sus condiciones de utilización. Documento pdf.
- 32) Ritsema T. y Sjeff S. + (2003) Fructans: Beneficial for plants and humans. *Current Opinion in Plant Biology*. **6** Pp. 223-230.
- 33) Roberfroid M. B. (1999), Concepts in Functional Foods: The case of Inulin and Oligofructose. *Nutritional and Health Benefits of Inulin and Oligofructose*. American Society for Nutritional Sciences. Supplement. P.p. 1398S-1401S.
- 34) Roberfroid M.B. y Delzenne N.M. (1998). Dietary Fructans. *Annual Reviews Nutrition*.**18**.P.p. 117-143
- 35) Roberfroid M. B. y Gibson G. (1995) Dietary Modulation of the human colonic microbiota: Introducing the concept of Prebiotics. *Journal of Nutrition* **125**(6).Pp.1401-1412.

- 36) Roberfroid M. (2001) Prebiotics: Preferential substrates for specific germs? American Journal Clinical of Nutrition. **73(Supplement)**. P.p 406S-409S.
- 37) Roberfroid M., Slavin J. (2000) Nondigestible oligosaccharides. Critical Reviews in Food Science and Nutrition.**40** (6). Pp 461-480.
- 38) Robinson K. R. (1995). The potential of inulin as a functional ingredient. British Food Journal. **97**. (4) P.p. 30-32.
- 39) Rodríguez G. N. H. (2001) Alimentos Funcionales, Recomendaciones para su legislación en México. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Química. Pp.48 a la 56.
- 40) Ruiz Teran F. y Owens D. (1999) Fate of Oligosaccharides during production of soya bean temple. Journal of Science of Food and Agriculture. **79**. Pp. 249-252.
- 41) Sako T., Matsumoto K. y Tanaka R. (1999). Recent progress on research and applications of non-digestible galacto-oligosaccharides. International Dairy Journal. **9** Pp. 69-80.
- 42) Teeuwen H., Thoné M. y Vandorpe J. Insulin: A Versatile aliment food ingredient rediscovered. Suiker Unie. The Nerthelands Belgium.
- 43) Tesis de maestría del IBT UNAM. En proceso de revisión. Asesor Agustín López Murguía.
- 44) Victoria A. O., Cruz G. A., Gomez R. L., Garcia G. Ma. (2003) Cuantificación de Fructooligosacáridos presentes en aguamiel. Tercer Simposio Mexicano de Prebióticos, México.
- 45) Vijn I. and Smeekens S. (1999) Fructan: More than a reserve carbohydrate. Plant Physiology .**120** Pp. 351-359.

- 46) Voragen G.J. A. (1998) Technological aspects of functional food-related carbohydrates. Trends in Food Science & Technology .9 Pp. 328-335.
- 47) Walker A. y C. Duffy L. (1998) Diet and bacterial colonization: Role of probiotics and prebiotics. Journal of Nutrition Biochemistry. 9 Pp. 668-675.
- 48) Won Y. J. (1996). Fructooligosaccharides Occurrence, preparation, and application. Enzyme and Microbial Technology.19.Pp.107-117.
- 49) Zeimer J. Cherie y Gibson R. Glenn. (1998) An Overview of Probiotics, Prebiotics and Synbiotics in the functional food concept: Perspectives and future Strategies. International Dairy Journal 8.Pp. 473-479.

#### PAGINAS DE INTERNET

- 50) Agency Response letter GRASS Notice No. GRN 000118 URL: <http://www.cfsan.fda.gov/rdb/opa-g118.html> (10:22 am) 21 Mayo 2004.
- 51) Alimento Beneo URL: <http://www.beneo.com/beneo/beneo.nsf/webhtml?reddform> conuntry=spain&lang=Spanish>qu=whatis 29 Octubre 2003.
- 52) Alimentos Freddo. URL: <http://www.freddo.com.ar/eso/productos/ligth.asp> 4 Noviembre 2003.
- 53) Boletín Yakult.Prebióticos (2003). FOS, Fructooligosacáridos utilizados como prebióticos. Fermentación selectiva .Marzo .Número 12 Año 3.
- 54) Castañeda Díaz Mario Oligosacáridos en formulas infantiles. La inulina y la oligofructosa, Nuevos ingredientes funcionales en alimentos. (2003)Neolac. URL:<http://www.uanl.mx/publicaciones/respyn/especiales/e2003/conferencias/09.pdf> Febrero 2004.

- 55) Composiciones de endulzantes que contienen fracciones de inulina URL: <http://12.espacenet.com/espacenet/viewer?PN=US64233584CY=ie&DB=EPD>
- 56) Dahlias variabilis. URL: [www.nisbett.com/herbs/d/dahlia02.html](http://www.nisbett.com/herbs/d/dahlia02.html) Mayo 2004
- 57) Diseño de Planta Piloto para la Obtención de Inulina a partir de Pataca, Achicoria y remolacha Alcohólica en Villarejo de Orbigo (León).URL: <http://www.cartif.es/quimi/quimipubli.html> mayo 2004.
- 58) Extracción de la inulina por medio de la hidrólisis en el yacón. (2003). Magalí Vilcahuaman Paucar. Universidad Nacional del Centro de Perú. Facultad de Ingeniería Química. URL: <http://www.monografia.com/trabajos14/obtencióninulina/obtencióninulina.shtml> septiembre 2003.
- 59) Fructooligosacáridos. URL: [http://www.dietasalamedida.com/enfermedades\\_digestivas.htm#FOS%20\(FRUCTOOLIGOSACARIDOS\)](http://www.dietasalamedida.com/enfermedades_digestivas.htm#FOS%20(FRUCTOOLIGOSACARIDOS)) Agosto 2003.
- 60) Fructooligosacáridos y sus usos. URL: <http://www.chemedia.com> Agosto 2003.
- 61) Harina Integral Pureza que contiene como agregado la fibra activa: inulina URL: [http://www.molinocanuelas.com/test/pdf/folleto\\_fibra.pdf](http://www.molinocanuelas.com/test/pdf/folleto_fibra.pdf) Octubre 2003.
- 62) Jerusalem artichoke URL: <http://www.detodounpocotv.com/producciones/topinambur.html> marzo 2004.
- 63) Leondo Rosa Maria. Vocal Nacional de Alimentación. Noviembre 2003.
- 64) Prebióticos. URL: [http://www.enfasis.com/rev\\_alim\\_lat/2003\\_03\\_notas.html](http://www.enfasis.com/rev_alim_lat/2003_03_notas.html) Noviembre 2003.
- 65) Productos Lepicol URL: <http://www.lepicol.com/spanish/sluggish%20bowels.html> Noviembre 2003.

- 66) Productos Nutraflora URL:  
<http://www.gtcnutrition.com/Spanish/nfdefinitions.html> Enero 2004.
- 67) Sustituto de azúcar de bajas calorías  
<http://l2.espacenet.com/espacenet/viewer?PN=US6423358&CY=ie&LG=en&DB=EPD> Mayo 2004.
- 68) Rosadio L. J., Ordanza B. M. A. Prebiotics and probiotics: effects and implications on the physiology of nutrition. URL:  
<http://www.nutrar.com/detalle.asp?D=2358> Septiembre 2003.

## VI. ANEXOS

### Anexo 1

#### Lista de Alimentos Específicos que contienen prebióticos para Uso en la Salud en Japón

Nombre del producto	Solicitante	Tipo de Alimento	Componente Funcional	Afirmación de salud	Fecha de licencia
Yoghurina	Suntory LTD.	Bebidas de Bacterias Acidolácticas	Xilooligosacáridos	Esta bebida incrementa las bifidobacterias intestinales y mantiene una buena condición intestinal	01/10/93
Meiologo (gránulos)	Meiji seika Kaisha,LTD	Azúcar de mesa	Fructo-oligosacáridos	Esta bebida incrementa las Bifidobacterias intestinales y mantiene una buena condición intestinal	01/10/93
Meiologo (jarabes)	Meiji Seika Kaisha	Azúcar de mesa	Fructo-oligosacáridos	Este alimento contiene fructooligosacáridos e incrementa las bifidobacterias intestinales y mantiene una buena condición intestinal	01/10/93
Nichirei acerola Extra Blend	Nichirei Corp.	Bebida	Oligosacáridos de soya	Este alimento es conveniente para las personas que se preocupan por su salud intestinal, incrementa las bifidobacterias intestinales y ayuda a mantener un buen ambiente intestinal.	01/10/93
Oligo CC	The calips Food Industry Co.LTD	Bebida carbonatada	Oligosacáridos de soya	Este alimento es conveniente que se preocupan por su salud intestinal, incrementa las bifidobacterias intestinales y ayuda a mantener un buen ambiente intestinal.	01/10/93

Jarabe oligosacáridos de soya	de de	The calips food industry,LTD	Azúcar mesa	de	Oligosacáridos de soya	Este alimento es conveniente para personas que se preocupan por su salud intestinal, incrementa las bifidobacterias intestinales y ayuda a mantener un buen ambiente intestinal.	01/10/93
ELTOS(jarabe)		Taisho Pharmaceutical Co LTD	Azúcar mesa	de	Oligosacáridos de soya	Este alimento es conveniente para personas que se preocupan por su salud intestinal, incrementa las bifidobacterias intestinales y ayuda a mantener un buen ambiente intestinal	01/10/93
Oligo-coffe		Meiji Seika Kaisha LTD.	Bébida refrescante		Fructo-oligosacáridos	Esta bebida incrementa las bifidobacterias intestinales y mantiene una buena condición intestinal.	22/4/94
Oligo time		Showa Sangyo Co. LTD	Azúcar mesa	de	Isomaltooligosacáridos	Este alimento es conveniente para personas que se preocupan por su salud intestinal, incrementa las bifidobacterias intestinales y ayuda a mantener un buen ambiente intestinal	22/04/94
Ms meioligo		Meiji seika Kaisha LTD	Azúcar mesa	de	fructooligosacáridos	Este alimento contiene fructooligosacáridos e incrementa las bifidobacterias intestinales y mantiene una buena condición intestinal	22/04/94
Jarabe oligosacáridos de soya	de de	Dai.Nippon sugar MFG Co LTD	Azúcar mesa	de	Oligosacáridos de soya	Este alimento es conveniente para personas que se preocupan por su salud	17/10/94

Oligo-yoghulet	Meiji Seika Kaisha LTD.	Dulce de mesa	Fructooligosacáridos	Este alimento contiene fructooligosacáridos e incrementa las bifidobacterias intestinales y mantiene una buena condición intestinal	17/10/94
Oligo-Dulce	Meiji Seika Kaisha LTD	Dulce	Fructooligosacáridos	Este alimento contiene fructooligosacáridos e incrementa las bifidobacterias intestinales y mantiene una buena condición intestinal	17/10/94
One a night palin	Otsuka Pharmaceutical Co. LTD	Bebida	Lactosacarosa	Este alimento es conveniente para personas que se preocupan por su salud intestinal, incrementa las bifidobacterias intestinales y ayuda a mantener un buen ambiente intestinal	25/05/95
One a night Bitter	Otsuka Pharmaceutical Co. LTD	Bebida	Lactosacarosa	Este alimento es conveniente para personas que se preocupan por su salud intestinal, incrementa las bifidobacterias intestinales y ayuda a mantener un buen ambiente intestinal	25/05/95
One a night ginger	Otsuka Pharmaceutical Co. LTD	Bebida	Lactosacarosa	Este alimento es conveniente para personas que se preocupan por su salud intestinal, incrementa las bifidobacterias intestinales y ayuda a mantener un buen ambiente intestinal	25/05/95
Origo-no-asa	Ensuiko sugar refining Co. LTD	Azúcar de mesa	Lactosacarosa	Este alimento es conveniente para personas que se preocupan por su salud intestinal, incrementa las bifidobacterias intestinales y ayuda a mantener un buen ambiente intestinal	25/05/95

Nyuka-origo	Ensuiko sugar refining Co, LTD	Azucar de mesa	Lactosacarosa	Es un alimento que ayuda a mantener en buenas condiciones el intestino ya que contiene lactosacarosa como componente mayoritario y ayuda a incrementar las bifidobacterias del intestino	25/05/95
Frozen yogurt Sokoyaka Kazoku	Ezaki Glivco Co. LTD	Yogurt congelado	lactosacarosa	Es un alimento que ayuda a mantener en buenas condiciones el intestino ya que contiene lactosacarosa como componente mayoritario y ayuda a incrementar las bifidobacterias del intestino	25/05/95
Meiji Oligo Pudding	Meiji milk product co. LTD	Pudín listo para comer	Fructooligosacáridos	Este alimento contiene fructooligosacáridos e incrementa las bifidobacterias intestinales y mantiene buena condición intestinal.	25/05/95
Fructooligosacaridos por Nihon oligo	Nihon oligo Co, LTD	Azúcar de mesa	Fructooligosacáridos	Este alimento contiene fructooligosacáridos e incrementa las bifidobacterias intestinales y mantiene un Buena condición intestinal	25/05/95
Calcium Parlor Ca	Takara Shukzo co. LTD-	bebida	Oligosacáridos de soya	Contiene calcio con alta biodisponibilidad	25/05/95
Sutto	Tokiwa Chemical Industries LTD.	bebida	Oligosacáridos de soya	Este alimento contiene fructooligosacáridos e incrementa las bifidobacterias intestinales y mantiene un Buena condición intestinal	25/10/95
Pises	Tokiwa Chemical Industries LTD.	bebida	Oligosacáridos de soya	Este alimento contiene fructooligosacáridos e incrementa las bifidobacterias intestinales y mantiene un Buena condición intestinal	25/10/95

Marushige Genkisu	Marushige Ueda Co. LTD.	Sazonador	Xilooligosacáridos	Este sazónador actúa para incrementar las Bifidobacterias intestinales y mantener buenas condiciones intestinales	25/10/95
-------------------	-------------------------------	-----------	--------------------	--	----------

## ANEXO 2

### Lista de alimentos que contienen inulina en el mercado<sup>51, 52, 61, 66</sup>

NOMBRE COMERCIAL	CONTENIDO Y CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO	USO	ROTULACIÓN Y REGLAMENTACIÓN DEL PRODUCTO
<b>Harina Integral Pureza</b>	Contiene como agregado la fibra activa: la inulina en un 30% de la recomendación diaria de inulina	Para panadería	
<b>NutraFlora scFOS</b>	<p>Contiene únicamente inulina, el cual ofrece un agradable sabor levemente dulce, y esta disponible en una variedad de productos con una similitud de dulzor de la sacarosa que varía desde el 30% al 60%</p> <p><b>Viscosidad.</b>- Esta disponible en polvo y líquido. En donde la presentación del líquido tiene una viscosidad similar al jarabe de fructosa y es un excelente sistema de aglutinación para barras.</p> <p><b>Solubilidad.</b>- Es soluble en agua caliente</p> <p><b>Actividad.</b>-Ofrece una excelente humectación lo que puede reducir la sinéresis, mejora la textura y vida útil.</p> <p><b>Reacción de Maillard.</b>-No produce un tostado acelerado ya que, a diferencia de otros oligosacáridos, tiene un efecto mínimo en la reacción de Maillard.</p> <p><b>Valor calórico.</b>-Ofrece un valor calórico de 1.5 kcal/g. seguro para diabéticos</p>	<p>Ayuda para enmascarar sabores y sensaciones posteriores en los productos. Tiene el reconocimiento GRAS de la FDA en 18 diferentes categorías de alimentos. Algunas aplicaciones más populares incluyen: bebidas por su excelente solubilidad y propiedades funcionales.</p> <p><b>Barras:</b> para mejorar la retención de humedad y la vida útil de las barras. En su forma líquida también sirve como un agente aglutinante, proporcionando un valor agregado en beneficios para la salud.</p> <p><b>Productos de control de carbohidratos:</b> No afecta los niveles de azúcar en sangre y puede agregar excelentes beneficios para la salud además de una gran funcionalidad para aplicaciones para diabéticos y bajos en carbohidratos.</p> <p><b>Productos de soya:</b> Puede enmascarar sabores asociados a bebidas de soya y otros productos de soya.</p> <p><b>Yogures:</b> Proporciona beneficios únicos en yogures, incluyendo mayor sabor, textura así como una reducción de sinéresis.</p> <p><b>Alimentos horneados:</b> Es estable al calor y otorga una mayor humectación a los productos horneados. Además, tiene un efecto mínimo en la reacción de Maillard, por lo que no provoca un oscurecimiento prematuro como es el caso de otros oligosacáridos.</p>	Debe ser rotulado como fructooligosacáridos (Nutraflora®)
<b>LEPICOL</b>	Es un ingrediente natural que se encuentra en verduras y hortalizas tales como alcachofas, los espárragos, vainas de Psyllio, el apio, las cebollas y el ajo.El 100% del producto son fructooligosacáridos	Todos los ingredientes de Lepicol están clasificados como alimentos.	Producto naturista

NOMBRE COMERCIAL	CONTENIDO Y CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO	USO	ROTULACIÓN Y REGLAMENTACIÓN DEL PRODUCTO
<b>HELADOS FREDDO LIGHT</b>	<p>Los sabores de los helados tienen un 50% menos de calorías, además poseen una importante reducción de grasas, azúcares y aportan fibras con el mismo sabor y calidad que nuestros sabores tradicionales. En su contenido presentan dos ingredientes fundamentales: la inulina y la oligofruktosa. No alteran el sabor y al ser fibras solubles favorecen los movimientos peristálticos del estómago. Los nuevos sabores de freddo light y sus ingredientes son:</p> <p>1.-Mousse de limón.-leche descremada, leche en polvo descremada, crema de leche, inulina, albúmina de huevo pasteurizada, sucralosa, aromatizantes y estabilizantes permitidos.</p> <p>2.- Chocolate Freddo light: leche descremada, oligofruktosa, chocolate semiamargo, azúcar, leche en polvo descremada, yema de huevo pasteurizada, cacao en polvo, sucralosa y estabilizantes permitidos.</p> <p>3.-Americana Freddo ligh: leche descremada, oligofruktosa, azúcar, inulina, cucharadas de vainilla, sucralosa y estabilizantes permitidos.</p>	<b>Para helados</b>	certificada por el INAL (Instituto Nacional de Alimentos)
<b>Beneo</b>	Es un polvo blanco que contiene Inulina y oligofruktosa	<b>Producto naturista</b>	
<b>Blevit plus</b>	Es un alimento para bebe con la incorporación de fibras dietéticas para ayudar a regular el tránsito intestinal el cual contiene inulina, fructooligosacáridos, donde éstos favorecen la regulación del tránsito intestinal, gracias a su comportamiento como fibra alimentaria soluble, y cereales integrales, donde estos aportan un alto contenido de fibra insoluble, de gran utilidad en la prevención del estreñimiento	<b>Alimentos para bebés como papillas</b>	<b>Gamma superfibra</b>
<b>Sonfyeld</b>	Yogurt enriquecido con inulina	<b>Productos lácteos.</b>	

<b>Leche Nido Kinder Prebio 1+</b>	Leche en polvo descremada adicionada con fibra dietética (inulina)	<b>Producto lácteo para el desarrollo de los infantes</b>	<b>La Compañía es NESTLE</b>
<b>Leche Svelty con lactofibras</b>	Leche adicionada con fibra dietética (inulina y otras fibras)	<b>Producto lácteo</b>	<b>NESTLE</b>

## **ANEXO 3**

### **LISTA DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS Y ALGUNOS MÉTODOS PATENTADOS QUE CONTIENEN INULINA**

#### **INULINA EN COMPOSICIONES HIDROCOLOIDALES**

El presente invento es una composición de hidrocoloideos sinérgico que comprende la combinación de inulina junto con otro hidrocoloide el cual es un agente gelificante. La concentración de los componentes se encuentra en un rango donde sus componentes varían de 0.05 a 20. El uso de esta composición es con la finalidad de obtener un gel firme utilizado en alimentos.

Agente gelificante	Efecto sinérgico en geles firmes %	Sinergismo de los geles firmes
Gelatina	110-200	0.2-5.8
Goma geliana	110-200	0.2-2.8
Alginato	150-300	0.1-1.54
Kappa carragenina	110-200	0.15-12.1
Iota carragenina	110-200	0.1-4.2
Dextrina de papa	200-1500	0.2-4.4
pectina	110-130	2.0-8.3

Se aplican en alimentos bajos en grasa, productos de leche (quesos, yogurts y postres), aderezos, preparados de productos cárnicos, postres congelados, etc. De acuerdo con el proceso es utilizado como un agente gelificante. Este invento se creó con la finalidad de usar menos cantidad de agentes gelificantes en un alimento.

#### **USO DE INULINA EN PRODUCTOS CÁRNICOS**

El invento está relacionado con el uso de inulina como un sustituto de auxiliares convencionales, en particular como coadyudantes, en productos cárnicos que contengan de 10-95% (p/p) de carne, 3-60% (p/p) de agua y 0.5-3.5 % (p/p) de otros constituyentes, en una cantidad de 0.5-8% (p/p) basado en un peso total de el producto cárnico. En particular un producto cárnico que contenga de 10-40% (m/m) de carne, 30-

60% (m/m) de agua y 2-7% (m/m) de inulina y un producto cárnico de ave de corral que contenga 70-95% (m/m) de carne, 3-25% de agua y 2 a 7% de inulina.

La inulina se utiliza en productos cárnicos libres de fosfatos, el cual contiene de 10-95% de carne (m/m) y 3-60% (m/m) de agua y una cantidad de 0.5-8% (m/m) basado en su peso total.

También se puede añadir en productos cárnicos que contengan del 2 al 15% de proteína y de 3-15% de grasa basado en el peso total del producto.

Además también en productos cárnicos donde se utiliza la carne de pavo y gallina.

En productos carnicos con carne de ave de corral que contenga del 75-90% ,3-25% de agua, 0-2% de saborizantes y 0-2% de sales.

Una concentración de inulina tiene que ser inyectada dentro de la carne de ave de corral, en particular 8-20 partes de solución de inulina en 80-92 partes de carne, ya que se va a utilizar de acuerdo al peso de la carne

Se utiliza en productos cárnicos libres de fosfatos que contenga como mínimo 10-95% de carne, 3-60% de agua y 0.5-8% de inulina, basado en el peso total de la carne.

#### **COMPOSICIONES DE ENDULZANTES QUE CONTIENEN FRACCIONES DE INULINA**

Las desventajas del uso de inulina como un agente de abultamiento en productos alimenticios son:

- La poca solubilidad que tiene en el agua a temperatura ambiente.
- La presencia de mayores cantidades de glucosa y fructosa, las cuales han hecho que se dificulte el proceso de secado de la inulina para su almacenamiento por la higroscopicidad de éstas, ya que tienden a reintroducir humedad dentro del

producto aunque si hay una mayor proporción de inulina el proceso se hace fácilmente.

De acuerdo con las fracciones de inulina son especialmente útiles en mezcla con otros alimentos, especialmente con alimentos solubles con agua, o con endulzantes solubles en agua incluyendo los polialcoholes.

La mezcla de inulina granulada soluble en agua puede intensificar al endulzante y es un sustituto ideal de la sacarosa en líquidos, así como en bebidas baja en calorías, café, té y confitería (chicles y dulces).

De acuerdo con investigaciones científicas, la inulina es un producto que trae beneficios de salud a los consumidores.<sup>55</sup>

### **SUSTITUTO DE AZÚCAR DE BAJA CALORÍA**

La inulina es empleada en una cantidad igual a la sacarosa para que esta sea reemplazada.

Desde su gravedad específica de  $0.6-0.7g/s^2$ , en un peso base, la inulina se usa en una proporción de 3:4. En alimentos preparados la inulina puede usarse como endulzante de alta intensidad en combinación con el producto o por separado.

Puede ser utilizada en café y té calientes o fríos, en cereales y frutas, en panadería y en otros alimentos donde se pueda reemplazar el azúcar.

La composición de inulina/sacarosa puede ser hecha en mezcla seca. La alta intensidad de dulzura en una composición de inulina con otro edulcorante es utilizado en la preparación de panes y otros semisólidos comestibles (excluyendo bebidas baja en calorías, bebidas frutales y otros líquidos) en una cantidad significativa, que trae como consecuencia la disminución del contenido calórico con respecto al del azúcar.<sup>67</sup>

La inulina con sacarosa tiene normalmente una densidad dentro del rango de 0.1 a 8g/ml, y se utiliza preferentemente de 0.3 a 0.4g/ml. La mezcla de inulina/sacarosa puede utilizarse como sustituto de azúcar y como una buena fuente de fibra.

Otros ingredientes como maltodextrinas, polioles, (ej.sorbitol) y sabores pueden ser añadidos para el desarrollo de la estabilidad y calidad de la inulina como endulzante. Normalmente la composición de un agente de abultamiento que contiene inulina es del 20% a 100% (en peso), y otros agentes de abultamiento como la maltodextrina se encuentran de 0% a 80% aproximadamente en peso.

### HELADO SUAVE

<i>Control</i>	<i>Producto basado en inulina y sucralosa</i>
Leche líquida: 74.4%	Leche líquida: 68.3%
Leche descremada baja en grasa:7.0%	Leche descremada baja en grasa: 6.0%
Jarabe de maíz 35 DE: 6.0%	75% Solución acuosa de inulina: 20.0%
Azúcar: 12.0%	Inulina seca: 2.0%
Tempo (emulsificador /estabilizador): 0.5%	Solución de sacarosa al 25% : 0.06%
Sabor vainilla: 0.15%	Emulsificador y estabilizante (Tempo): 0.5%
	Almidón modificado (Pascelli Excel): 4.0%
	Sabor Vainilla : 0.15%

## MALVAVISCOS

<b><i>Control</i></b>	<b><i>Producto basado en inulina y sucralosa</i></b>
Azúcar: 41.0%	Solución acuosa al 75%: 77.4%
Jarabe invertido: 3.4%	Agua: 13.9%
Jarabe de maíz 42 DE: 27.5%	Gelatina (250 Bloom): 2.9%
Agua: 11.5%	Albúmina de huevo (P-20, Henningson): 0.5%
Gelatina (250 Bloom): 1.7%	Sorbitol: 4.8%
Albúmina de Huevo ( P-20, Henningson): 0.3%	Sabor vainilla: 0.25%
Agua: 14.4%	Solución de sucralosa al 25%: 0.15%
Sabor Vainilla: 0.25%	

## GALLETAS

<b><i>Control</i></b>	<b><i>Producto basado en inulina y sacarosa</i></b>
Mantequilla: 32.9%	Mantequilla: 32.9%
Harina: 42.2%	Toda harina propuesta: 42.2%
Azúcar: 19.3%	Inulina seca: 19.3%
huevo completo: 4.8%	Huevo completo: 4.8%
Poder voluminoso: 0.4%	Poder voluminoso: 0.4%
Sabor vainilla: 0.5%	Sabor vainilla: 0.5%
	Solución de Sacarosa al 25%: 0.1%

## PASTEL DE CHOCOLATE

<b><i>Control</i></b>	<b><i>Producto basado en inulina y sacarosa</i></b>
Toda harina propuesta: 20.5%	Toda harina propuesta: 20.0%
Azúcar: 28.8%	Inulina seca: 23.4%
Agente de abultamiento: 0.4%	Agente de abultamiento: 0.4%
Royal: 0.3%	Royal: 0.3%
Sal: 0.1%	Sal: 0.1%
Agua: 25.9%	Agua: 26.3%
Shortening: 8.4%	Shortening: 8.6%
Huevo completo: 8.2%	Huevo completo: 8.3%
chocolate no endulzado: 7.0%	Chocolate no endulzado: 7.1%
Sabor vainilla: 0.4%	Sabor vainilla: 4.7g 0.4%

Todos los productos sin azúcar fueron calificados como aceptables y de buena calidad con respecto al control.

La versatilidad de esta invención ha sido demostrada en la preparación de mantequilla de maní, chispas de chocolate, nougat, galletas, pastel amarillo, pastel de queso, y merengues usando la presente inulina/azúcar como sustituto de un endulzante. Todo fue aceptado satisfactoriamente.