



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO  
FACULTAD DE QUÍMICA**

**“FIBRAS DIETARIAS Y SU APLICACIÓN EN EL DESARROLLO  
TECNOLÓGICO DE PRODUCTOS ALIMENTARIOS COMO ALTERNATIVA DE  
ALIMENTOS FUNCIONALES”**

TESINA

PARA OBTENER EL TÍTULO DE QUÍMICO EN ALIMENTOS

PRESENTA  
**KAREN MONTÚFAR LEYVA**

DIRECTOR ACADÉMICO:  
**DR. OCTAVIO DUBLÁN GARCÍA**

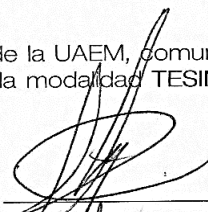
TOLUCA, ESTADO DE MÉXICO, JUNIO 2014



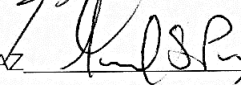
P. Q. en A. KAREN MONTÚFAR LEYVA  
FACULTAD DE QUÍMICA, UAEM  
P R E S E N T E

La Dirección de la Facultad de Química de la UAEM, comunica a Usted que el Jurado de su Evaluación Profesional, en la modalidad TESINA, estará formado por:

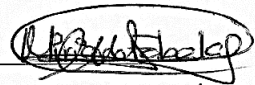
Dr. OCTAVIO DUBLÁN GARCÍA  
PRESIDENTE

 21/05/2014


Q. en A. LAURA ALEJANDRA SÁNCHEZ PAZ  
VOCAL

 21/05/14

Dra. MIRIAM FABIOLA FABELA MORÓN  
SECRETARIO

21/Mayo/2014 

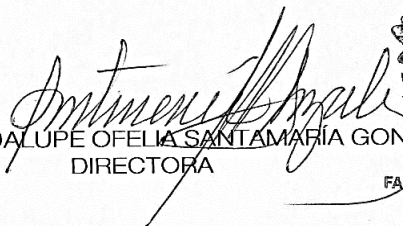
QUÍM. JESÚS CASTILLÓN JARDÓN  
SUPLENTE

 21/05/14

Sin más por el momento le envío un respetuoso saludo.

ATENTAMENTE  
PATRIA, CIENCIA Y TRABAJO  
"2014, 70 Aniversario de la Autonomía ICLA-UAEM"

M. en A. P. GUADALUPE OFELIA SANTAMARÍA GONZÁLEZ  
DIRECTORA

  
U. A. E. M.  
FACULTAD DE QUÍMICA  
DIRECCION



C.c.p. Archivo

[www.uaemex.mx](http://www.uaemex.mx)

## **i. DEDICATORIA**

A mis padres: Norma Angélica y Francisco

A mi hermano: Paco

A mi sobrino: Paquito

Por su apoyo y consejos para cumplir mis sueños.

## **ii. AGRADECIMIENTOS**

Este trabajo representa el esfuerzo y el aliento no sólo de mi parte, sino de una serie de personas que conforme a lo largo de mi vida, me he topado en el camino, y han formado parte de mí.

Octavio, gracias por la motivación, entusiasmo y confianza, que siempre me brindaste, y a su vez, tuviste en mí.

Nadia, más que mi guía, una gran amiga, gracias por todas esas experiencias, consejos y sobre todo amistad brindada, has formado gran parte de este proyecto.

Agradezco también a mi familia, ya que sin ellos, no sería lo que hoy, a mi Papá por sus consejos y experiencia, a mi Mamá por su paciencia y dedicación, a mi hermano por su complicidad y apoyo.

Finalmente, una pieza muy importante que me ha alentado a seguir adelante, Arnold, gracias por tu apoyo, carisma y fortaleza.

### **iii. ÍNDICE DE CONTENIDO**

i.	DEDICATORIA.....	1
ii.	AGRADECIMIENTOS .....	2
iii.	ÍNDICE DE CONTENIDO.....	3
iv.	ÍNDICE DE DIAGRAMAS .....	6
v.	ÍNDICE DE GRÁFICAS.....	6
vi.	ÍNDICE DE CUADROS.....	7
vii.	ÍNDICE DE FIGURAS.....	8
viii.	RESUMEN.....	9
ix.	JUSTIFICACIÓN .....	10
x.	OBJETIVOS.....	11
	• Objetivo general .....	11
	• Objetivo específico .....	11
I.	INTRODUCCIÓN .....	12
II.	MARCO TEÓRICO.....	13
1.	FIBRA .....	13
1.1	TIPOS DE FIBRA .....	13
1.1.1	Fibra Dietaria.....	13
1.1.2	Fibra Funcional .....	16

1.1.3	Fibra Total.....	16
2.	OBTENCIÓN DE FIBRA .....	16
2.1	PROPIEDADES FISIOLÓGICAS DE LA FIBRA DIETARIA.....	20
	• Capacidad de retención de agua (CRAg) .....	20
	• Capacidad de retención de aceite (CRAc) .....	21
	• Capacidad de retención de hinchamiento (CH).....	21
	• Capacidad de intercambio catiónico (Cic).....	21
3.	RECOMENDACIONES NUTRICIONALES DE FIBRA DIETARIA .....	22
4.	CLASIFICACIÓN DE LAS FIBRAS .....	23
a.	Fibras Alimentarias Insolubles (FAI).....	23
b.	Fibras Parcialmente Fermentables.....	23
c.	Fibras alimentarias solubles (FAS).....	23
5.	FIBRAS NATURALES CONTENIDAS EN ALIMENTOS .....	25
5.1	Fibras Prebióticas.....	25
	• Polisacáridos .....	25
	• Oligosacáridos resistentes.....	26
	• Celulosa .....	29
	• Hemicelulosa .....	29
	• Inulina.....	30

- Oligofructosa ..... 32
- Polidextrosa..... 33
- Galactooligosacáridos ..... 34
- Sustancias Pécicas..... 34
- Pectina ..... 35
- $\beta$ -Glucanos ..... 37
- Ligninas ..... 38
- Sustancias asociadas a polisacáridos no almidonosos ..... 39
- Almidones resistentes..... 39
- Gomas y Mucílagos ..... 40
- Hidratos de carbono sintéticos..... 42

6. FIBRAS DE ORIGEN ANIMAL ..... 45

7. ALIMENTOS FUNCIONALES ..... 46

- a. Probióticos ..... 47
  - Origen de los cultivos probióticos ..... 48
  - Mecanismo de acción de probióticos ..... 53
- b. Prebióticos..... 55
- c. Antioxidantes ..... 55

8. APLICACIÓN DE FIBRA DIETARIA EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA. ....	57
8.1 Fibras Naturales.....	60
8.2 Fibras Prebióticas.....	63
8.3 Fibras Solubles.....	64
8.4 Fibras Insolubles .....	70
8.5 Fibras Funcionales .....	77
9. COMENTARIOS.....	83
xi. REFERENCIAS .....	84

#### **iv. ÍNDICE DE DIAGRAMAS**

Diagrama 1. La clasificación de fibra.....	15
Diagrama 2. Modo de acción de las bacterias en la fermentación. ....	17
Diagrama 3. Diagrama de flujo para la obtención de fibra dietaria.....	19

#### **v. ÍNDICE DE GRÁFICAS**

Gráfica 1. Composición de la fibra de chícharo.....	78
Gráfica 2. Composición de fibras soluble e insoluble, de la fibra de chícharo.....	79



## vi. ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Polisacáridos no almidonosos.....	25
Cuadro 2. Oligosacáridos resistentes.....	28
Cuadro 3. Comparación entre diferentes fructanos, oligofructosa y fructooligosacáridos .....	32
Cuadro 4. Componentes propuestos de fibra dietética (AACC, 2001).....	44
Cuadro 5. Evolución de término probiótico.....	49
Cuadro 6. Especies de bacterias usadas como cultivos probióticos.....	50
Cuadro 7. Microorganismos probióticos.....	52
Cuadro 8. Contenido de Fibra de algunos alimentos.....	59
Cuadro 9. Fibras utilizadas en alimentos.....	60
Cuadro 10. Propiedades Fisicoquímicas de la fibra de avena y sus aplicaciones.....	70
Cuadro 11. Propiedades Fisicoquímicas de la fibra de manzana y sus aplicaciones.....	71
Cuadro 12. Propiedades Fisicoquímicas de la fibra de bambú y sus aplicaciones.....	72
Cuadro 13. Propiedades Fisicoquímicas de la fibra de celulosa y sus aplicaciones.....	73
Cuadro 14. Propiedades Fisicoquímicas de la fibra de papa, chícharo y vegetales y sus aplicaciones.....	75
Cuadro 15. Propiedades fisicoquímicas para las fibras de maíz, caña de azúcar, <i>psyllium</i> y soya, así como sus principales aplicaciones.....	75

## vii. ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura química de los fructooligosacáridos (FOS).....	26
Figura 2. Estructura química de los galactooligosacáridos (GOS).....	27
Figura 3. Estructura química de la celulosa.....	29
Figura 4. Monosacáridos componentes de hemicelulosas.....	30
Figura 5. Estructura química de la inulina.....	31
Figura 6. Estructura química de la polidextrosa.....	33
Figura 7. Estructura química de la rafinosa.....	35
Figura 8. Estructuras químicas básicas de las sustancias pécticas.....	35
Figura 9. Estructura química de la pectina de bajo metoxilo.....	36
Figura 10. Estructura química del $\beta$ -glucano.....	37
Figura 11. Estructura química de la lignina.....	38
Figura 12. Estructura química de la goma guar.....	41
Figura 13. Estructura química de la carboximetilcelulosa (CMC).....	42
Figura 14. Modelo de la pared vegetal.....	43
Figura 15. Estructura química del manitol.....	45

## **viii. RESUMEN**

Actualmente la industria de alimentos se esfuerza cada vez por brindar productos más nutritivos, con menos grasas saturadas y que aporten un beneficio a la salud, es por ello que, se lleva a cabo un análisis de los tipos de fibras que contribuyen en las propiedades funcionales tanto estructurales como nutrimentales para la obtención de un alimento funcional.

La fibra dietaria es un componente esencial en la industria de alimentos, debido a los beneficios brindados a la salud por su composición química la cual permite a las industrias de alimentos poder ser utilizada como un ingrediente que permita mejorar las características texturales, sensoriales, además de actuar como agente de carga en diversas aplicaciones que van desde sustitutos o reducción de azúcar, hasta sustitutos de grasa en diversos alimentos como cárnicos, lácteos y de panificación, con el objetivo de controlar el contenido de humedad en los productos mediante la sustitución de este tipo de ingredientes, aunado a la adición de colorantes y antioxidantes naturales que permitan favorecer el incremento de la vida de anaquel de los alimentos, desde la materia prima hasta el producto terminado.

Este trabajo tiene como objetivo presentar una recopilación de ingredientes que pueden emplearse en el desarrollo de alimentos funcionales.

## **ix. JUSTIFICACIÓN**

Un alimento funcional, es aquél que se consume como parte de una dieta normal y contiene componentes biológicamente activos, que ofrecen beneficios para la salud y reducen el riesgo de sufrir enfermedades, dentro de estos alimentos funcionales se consideran los alimentos que contienen determinados minerales, vitaminas, ácidos grasos o fibra alimenticia, así como también los alimentos a los que se les han añadido sustancias biológicamente activas, como los fitoquímicos u otros antioxidantes, y los probióticos, que tienen cultivos vivos de microorganismos beneficiosos.

El nuevo enfoque con respecto al consumo de estos alimentos, es identificar qué componentes pueden mejorar la salud, el bienestar y reducir el riesgo o retrasar la aparición de importantes enfermedades, como son las enfermedades cardiovasculares, el cáncer y la osteoporosis. Si estos componentes se aplican a un alimento, este se convierte en alimento funcional, y si se combinan con un estilo de vida sano, pueden contribuir de forma positiva a mejorar la salud y el bienestar.

Actualmente la industria de alimentos se esfuerza cada vez por brindar productos más nutritivos, con menos grasas saturadas y que aporten un beneficio a la salud, razón por la cual el presente trabajo de investigación muestra una recopilación de información y un análisis detallado de los tipos de fibras, gomas, mucílagos, sustitutos de grasa, pectinas, etcétera, que pueden ser empleados en el desarrollo tecnológico de alimentos funcionales.

## **x. OBJETIVOS**

- **Objetivo general**

Realizar una recopilación de información sobre ingredientes alimenticios que pueden ser empleados en el desarrollo de alimentos tipo funcional.

- **Objetivo específico**

Conocer los conceptos, clasificación y funcionalidad de fibras, gomas, mucílagos, pectinas, sustitutos de grasa, etcétera, empleados en el desarrollo de alimentos de tipo funcional.

## I. INTRODUCCIÓN

La fibra dietaria está considerada como una clase de compuestos que incluye una mezcla de polímeros de hidratos de carbono de las plantas como son los oligosacáridos y polisacáridos, por ejemplo, celulosa, hemicelulosas, sustancias pécticas, gomas, almidón resistente e inulina. Estas fibras pueden ser clasificadas como solubles e insolubles, las cuales al ser integradas a los alimentos podrían dar la característica de alimentos funcionales. Un alimento puede proveer utilidades más allá de sus beneficios nutricionales. Esos beneficios pueden ser tanto físicos como estructurales y son comúnmente atribuidos a los componentes activos del alimento. Actualmente, los alimentos funcionales y suplementos dietarios son típicamente ofrecidos en el mercado a diferentes grupos poblacionales, existiendo evidencias científicas que confirman la relación entre la funcionalidad del alimento tanto textural como nutrimental, teniendo una gran tendencia en su rápido desarrollo de nuevos alimentos tipo funcionales. Las fibras dietarias originalmente han sido definidas desde el año de 1972, como la porción del alimento el cual es derivado de paredes celulares de plantas, las cuales son muy poco digeridas por el humano. Éstas fibras han sido conocidas e investigadas desde hace mucho tiempo, para ser consideradas como un remedio universal que mejora problemas fisiológicos dentro del organismo humano. Es conocido que no pueden ser degradadas por las enzimas del cuerpo humano. Durante los últimos doscientos años la dieta se ha vuelto cada vez más procesada, lo que implica que se ha reducido considerablemente el contenido de fibra. Los suplementos dietéticos han sido típicamente comercializados en forma de cápsulas, píldora, polvos o geles y no se presentan para su uso como un alimento convencional, comida o dieta.

## **II. MARCO TEÓRICO**

### **1. FIBRA**

El término “fibra dietética” fue primeramente utilizado por Hipsley en el año de 1953 y, en 1969 el Dr. Denias P. Burkitt, fue el pionero en relacionar el cáncer de intestino grueso y otras enfermedades de una dieta carente de fibra dietética. A partir de un estudio epidemiológico demostró que estas “enfermedades de la civilización”, eran casi desconocidas en países africanos (Kenia, Uganda, Sudáfrica), donde la ingestión dietaria era más elevada.

La propuesta de Trowell’s en el año de 1999, incluyó en la definición de “fibra dietética” a oligosacáridos, polisacáridos, ligninas y otras sustancias asociadas a los vegetales; considerando componentes no estructurales como gomas, mucílagos y aditivos industriales, por ejemplo la celulosa modificada, pectinas modificadas, gomas comerciales y algas polisacáridos.

#### **1.1 TIPOS DE FIBRA**

Actualmente existen diversas definiciones del término fibra. La Academy of Sciences (NAS) y Food and Nutrition Board de los Estados Unidos, en el año 2002, definieron los términos Fibra Dietaria, Fibra Funcional y Fibra Total.

##### **1.1.1 Fibra Dietaria**

La fibra dietaria son aquéllos glúcidos no digeribles y de lignina que se presentan intactos en las plantas. Bodner y Sieg, definen a la fibra como restos de planta comestible y los carbohidratos que son resistentes a la digestión y la absorción en los seres humanos. Se incluyen polisacáridos, oligosacáridos, lignina y sustancias vegetales asociadas que benefician la salud humana (Bodner & Sieg, 2009; Prosky, 2000).

El Codex Alimentarius, en el año 2005, definió a la fibra dietética como los polímeros de carbohidratos, que no son digeridos y/o absorbidos en el intestino o delgado.

Según la Asociación de la Química de los Cereales, la fibra dietaria es conocida como los restos del esqueleto de las células vegetales, (glúcidos, oligosacáridos,

polisacáridos, ligninas y otras sustancias asociadas a los vegetales; considerando componentes no estructurales como gomas, mucílagos y pectinas), no digeribles, éstas son muy resistentes a la hidrólisis por enzimas endógenas del sistema digestivo humano y a la digestión y absorción en el intestino delgado, con una completa o parcial fermentación en el intestino grueso (Baena & García, 2012).

La principal fuente de los componentes de fibra dietaria es la pared celular, ésta presenta propiedades hidrofílicas e hidrofóbicas y se puede presentar en forma amorfa o cristalina. Las principales propiedades de pared celular son la hidratación, intercambio iónico y adsorción del agua (Baena & García, 2012).

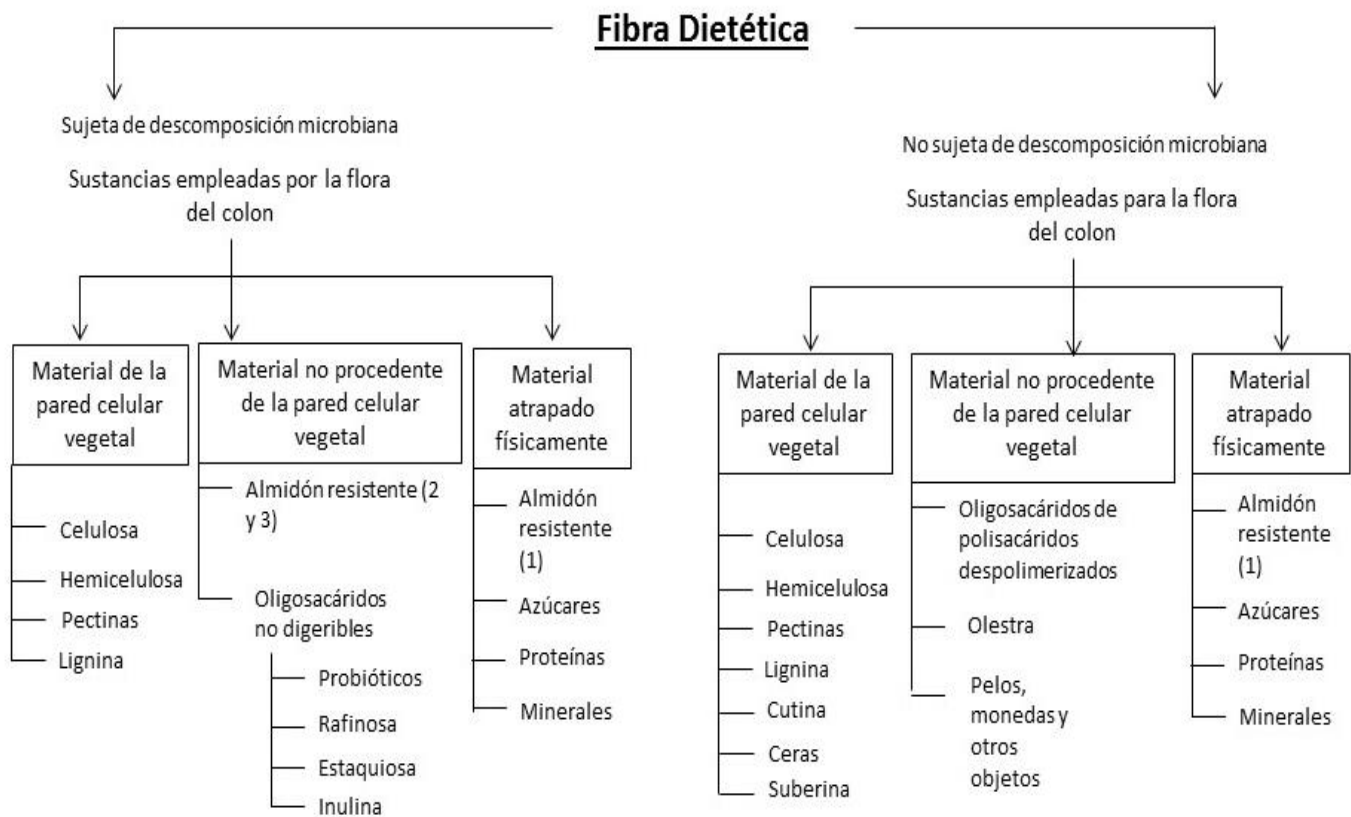
La fibra dietética tiene amplios beneficios cardiovasculares. (Anderson et al., 2009).

Otras propuestas recientes consideran la definición de fibra dietética desde un punto de vista mucho más amplio, como: “cualquier componente dietético que alcanza el colon sin ser absorbido por el intestino humano sano” (Ha, 2000). El marco de esta nueva definición y clasificación está basado en recientes avances, no solo en la disciplina de la nutrición humana sino también en la citología vegetal. Así, esta definición, amplía el concepto a otras sustancias diferentes de los polisacáridos de la pared celular vegetal.

Ésta definición apuesta por no asociar el concepto de fibra con el de polisacárido, debido a que sustancias no polisacáridos como por ejemplo la lignina y la cutina, han demostrado algunas de las propiedades atribuidas a la fibra dietética. Esta definición tampoco presupone que las propiedades fisiológicas de la fibra se produzcan cuando ésta alcanza el colon. Se admiten funciones realizadas en el intestino delgado con repercusión nutricional, como el retraso o disminución de la absorción de otros nutrientes como el almidón o las proteínas, de manera que si la absorción de estos últimos está suficientemente disminuida como para que puedan alcanzar el colon, ellos mismos se convierten en fibra dietética de acuerdo a esta definición. Es decir, cualquier nutriente que alcance el colon, debido a diversos motivos que restrinjan su absorción en el intestino delgado, debería considerarse también fibra dietética. Así, la fibra que alcanza el colon puede proceder de la pared celular vegetal de diversos alimentos, de material alimentario atrapado y también de material alimentario no absorbible, como el almidón resistente, oligosacáridos no digeribles, olestra y otros. Por otra parte, esta definición



está fundamentada en sus efectos fisiológicos pero no en efectos saludables, ya que asume que el beneficio para la salud que puede proporcionar un tipo de fibra puede no ser aplicable para otro tipo diferente. Según esta propuesta, la fibra se clasifica tal y como se puede observar en el diagrama 1, en función de la degradación microbiológica, el origen físico de la fibra y de su estructura química (Escudero, 2006).



**Diagrama 1. La clasificación de fibra. Fuente: Escudero & González, 2006.**

### **1.1.2 Fibra Funcional**

Se define a la fibra funcional como aquéllos hidratos de carbono no digeribles aislados para los cuales se han acumulado evidencias de efectos fisiológicos benéficos en la salud de los seres humanos (Gray, 2006).

### **1.1.3 Fibra Total**

Se considera fibra total, la suma de la fibra dietaria y la fibra funcional (Gray, 2006).

## **2. OBTENCIÓN DE FIBRA**

En la Estación Experimental de Weende, en Gouttinguer, Alemania, se desarrolló un método el cual consiste en la extracción secuencial con diluciones ácidas y alcalinas para determinar fibra, el cuál fue adoptado por la Asociación Oficial de Química Analítica, hasta 1960. Después fue propuesta la aislación de la fibra por medio de digestión ácida con tricloroacético, ácido acético y nítrico, el cual no solubiliza la celulosa, solamente lignina (Van Kamer, 1949; Rodríguez et al., 2006).

De acuerdo con Hong et al. (2012) generalmente hay tres métodos para la obtención de fibra dietaria: El método químico, el físico y la fermentación microbiana.

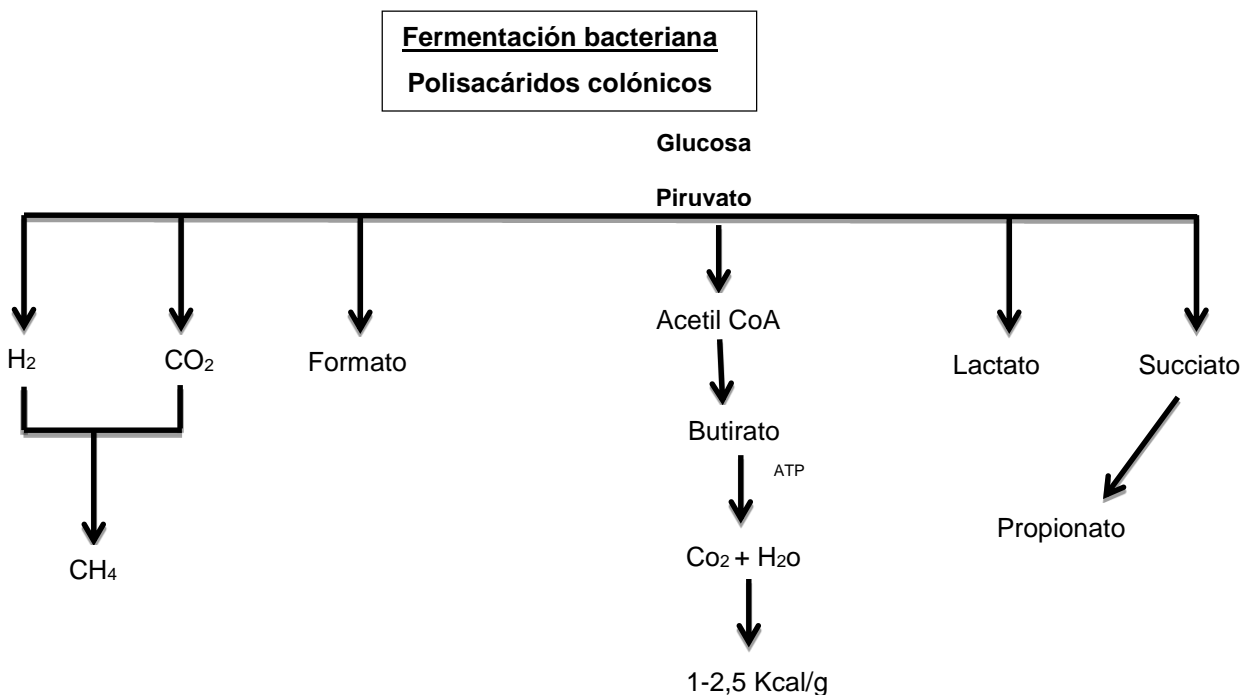
Para remover el almidón y la proteína, el método más adecuado es el químico, sin embargo, es poco selectivo, ya que las condiciones de extracción son difícilmente controladas, por lo que su aplicación es limitada (Wang et al., 2004; Du et al., 2005). Aunado a que las hemicelulosas y la fibra dietaria son solubles en medios alcalinos, por lo que, este método puede causar la disminución no deseada de la actividad fisiológica general (Zhang et al., 2011).

El método físico, como la cocción por extrusión, no causa la degradación de la estructura del polímero o algún otro daño profundo. Por lo tanto, el grupo de cadena lateral se puede conservar casi intacta, lo que permite la capacidad de intercambio catiónico (Ma et al., 2005; Liu et al., 2005; Jacobs & Delcour, 1998).

Recientemente, la fermentación microbiana de la fibra dietética, (diagrama 2), ha sido ampliamente reconocida y aceptada debido a la alta selectividad y las condiciones de

reacción han sido fácilmente medidas y controladas (Liu, 2008). Presenta la ventaja de no destruir la estructura natural de la fibra, por lo que no hay pérdida importante de fibras funcionales, dietaria y hemicelulosas. Sin embargo, la propia fermentación microbiana está todavía en su etapa de la infancia y la fermentación microbiana de fibra dietaria puede producir sustancias tóxicas, lo que afecta a su seguridad (Liu, 2008).

El ácido pirúvico, es el intermediario principal en la degradación de la glucosa, su catabolismo involucra muchos mecanismos diferentes que forman una variedad de productos finales característicos de las fermentaciones bacterianas. Los monosacáridos son catabolizados como resultado de la oxidación a ácido pirúvico, a través de una secuencia de pasos metabólicos por enzimas específicas. Las bacterias pueden utilizar vías diferentes para formar ácido pirúvico y más de una vía puede ocurrir de manera simultánea en el mismo microorganismo (Baena & García, 2012).

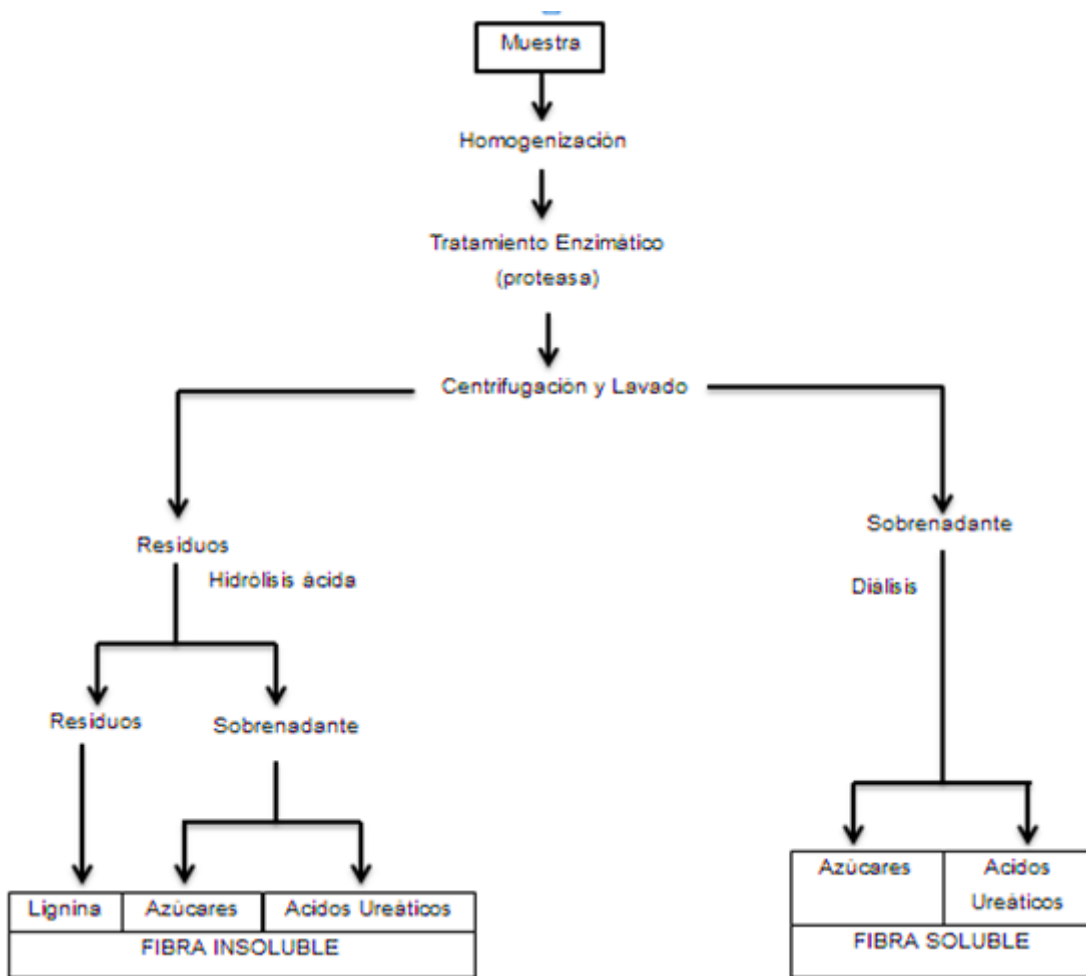


**Diagrama 2. Modo de acción de las bacterias en la fermentación.**  
Fuente: (Ha et al., 2000)

Varios métodos son muy específicos y precisos para la identificación y cuantificación de los diferentes componentes de fibra dietaria. Muchos consisten en el uso de enzimas altamente purificadas que liberan selectivamente oligo y polisacáridos que constituyen fibra dietaria; de especial interés son aquellas enzimas que hidrolizan fructanos, galactanos, mananos, arabinanos y  $\beta$ -glucanos (Kamp, Asp, Miller & Schaafsma, 2004, Rodríguez et al., 2006).

En los últimos años, el primer método de extracción de la fibra de las plantas, aceptado por la Association of Official Analytical Chemist (AOAC; Estados Unidos) se refería para la fibra cruda, en el cuál se utiliza digestión con soluciones ácidas y básicas diluidas; después de la aceptación del método, fue la aceptación del método Fibra Ácido Detergente (FDA), que mide la celulosa y la lignina. También fue aceptado el método de La American Association for Clinical Chemistry (AACC; Estados Unidos), para la determinación Fibra Detergente Neutra (FDN), para la determinación de celulosas, hemicelulosa y lignina.

La fibra dietética insoluble (fibra dietaria) son residuos obtenidos después del tratamiento enzimático y de la centrifugación, estos son tratados con 12 M de ácido sulfúrico (30 ° C, 1 h) y después se hidroliza con ácido sulfúrico 1 M (100°C, 1.5 h); (Mateos -Aparicio et al., 2010). El método se basa en la eliminación enzimática de la proteína a partir del material y la separación en fracciones solubles e insolubles por centrifugación (diagrama 3) (Manas, 1992; Grigelmo et al., 1999).



**Diagrama 3. Obtención de fibra dietaria. Fuente: (Yangilar, 2013).**

Por otra parte, la eliminación completa del almidón por medios convencionales era difícil para algunas muestras de alimentos, por lo que el método fue modificado para incluir un tratamiento de digestión con  $\alpha$ -amilasa para eliminar el almidón residual (Método AACC 32 a 20, 1978). Dado que ni la Fibra Ácido Detergente (FDA), ni la Fibra Detergente Neutra (FDN), comprenden todos los componentes que han sido abarcados por la fibra dietaria, los científicos presentaron dos métodos para la determinación de Fibra Dietaria Total (FDT) en los alimentos (Baena & García, 2012).

Un método más amplio, para determinar los componentes individuales de fibra dietaria, es el método enzimático-gravimétrico, el cuál complementa el análisis, con la determinación de los polisacáridos y lignina, utilizando los métodos FDA y FDN, que

incluye en sus principales pasos un tratamiento enzimático para separar el almidón y las proteínas por precipitación de los componentes de la fibra dietética soluble mediante etanol acuoso, aislamiento y peso del residuo de fibra dietética, y corrección a partir de las proteínas y cenizas del residuo (Baena & García, 2012)

## **2.1 PROPIEDADES FISIOLÓGICAS DE LA FIBRA DIETARIA**

- **Capacidad de retención de agua (CRAg)**

El objeto de evaluar la capacidad que tiene la fibra de retener agua, es para predecir el aumento de peso de las heces. Esta capacidad es mucho mayor en fibras solubles que en fibras insolubles. La naturaleza de la fibra y la forma como esta se encuentra ligada a las moléculas de agua influye en la CRAg. De esto depende su grado de asociación con efectos saciantes, aumentando así el tamaño del bolo alimenticio mejorando flujo intestinal e incrementando el volumen y peso de las heces, además de su efecto laxante (Baena & García, 2012).

La capacidad de retención de agua (CRAg), expresa la máxima cantidad de agua, en ml, que puede ser retenida por gramo de material seco en presencia de un exceso de agua bajo la acción de una fuerza patrón. Los resultados se expresan en mililitros de agua por gramo de muestra seca (Zúñiga, 2005). De esta propiedad depende el efecto fisiológico de la fibra y el nivel máximo de incorporación a un alimento. La retención de agua afecta la viscosidad de los productos facilitando o dificultando su procesamiento. Entre los factores que influyen en la capacidad de retención de agua en la fibra, se encuentran el tamaño de partícula, el pH y la fuerza iónica. Esta propiedad confiere un efecto de frescura y suavidad en productos horneados (Cruz, 2002). Los polisacáridos solubles tienen una gran capacidad hidrofílica por la presencia de restos de azúcares con grupos polares libres. La celulosa, con enlaces intermoleculares, tiene poca capacidad de retención de agua (Rodríguez, 1993). Esta característica influirá en su propiedad para formar soluciones viscosas, fermentadas por las bacterias intestinales y su efectividad en aumentar la masa fecal (Mateu, 2004).

- **Capacidad de retención de aceite (CRAc)**

La capacidad de retención de aceite (CRAc), es la máxima cantidad de aceite, en gramos, que puede ser retenida por gramo de material seco en presencia de un exceso de aceite, bajo la acción de una fuerza. Es sabido que las partículas con gran superficie presentan mayor capacidad para absorber y atrapar componentes de naturaleza aceitosa, la grasa es atrapada en la superficie de la fibra principalmente por medios mecánicos. Se ha observado que las fibras insolubles presentan mayores valores de absorción de grasa que las fibras solubles, sirviendo como emulsificante. A esta propiedad se le relaciona con la composición química, el tamaño y el área de las partículas. La retención elevada de aceite imparte jugosidad y mejora la textura de los productos cárnicos, en cambio una baja retención proporciona una sensación no grasosa en productos fritos (Baena & García, 2012).

- **Capacidad de retención de hinchamiento (CH)**

Se refiere a la capacidad del producto para aumentar su volumen en presencia de exceso de agua. Esta propiedad es influenciada por la cantidad de componentes, porosidad y tamaño de partícula de la fibra (Baena & García, 2012).

- **Capacidad de intercambio catiónico (CIC)**

Esta propiedad puede estar ligada a la absorción de minerales y depende fundamentalmente del medio en que estén las fibras (fuerza iónica, pH). Algunas fibras de hortalizas se comportan como resinas de bajo intercambio de cationes mono funcionales debido a la presencia de ácidos galacturónicos en las paredes primarias y glucurónicos en las paredes secundarias. La capacidad de intercambio de cationes de las hortalizas es superior a la de los cereales (0.5 a 3.2 meq/g) (Baena & García, 2012).

### **3. RECOMENDACIONES NUTRICIONALES DE FIBRA DIETARIA**

La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda una ingestión para los adultos diaria de 27 a 40 gramos de fibra dietética, mientras que la Food Drug and Administration (FDA), propone a individuos adultos un consumo de 25 gramos de fibra por día cada 2000 kcal/día. Por otra parte, el National Cancer Institute (NCI; Estados Unidos), considera un consumo óptimo entre 20-30 gramos al día para la prevención de cáncer de colon, sugiriendo no excederse de los 35 gramos al día de fibra dietaria.

La American Dietetic Association (ADA; Estados Unidos), recomienda a los adultos consumir una dieta que contenga de 20-30 gramos al día de fibra dietaria, de la cual 3-10 gramos deben ser de fibra soluble procedente de diversas fuentes vegetales.

En el año 2002, La National Academy of Sciences (NAS; Estados Unidos), y Food Nutrition Board de los Estados Unidos estableció las nuevas recomendaciones de fibra dietética para los diferentes grupos biológicos, donde se propone en la ingesta adecuada (AI- Adequate Intake) una ingestión de fibra dietaria de 25-38 gramos al día para hombres y mujeres respectivamente (a partir de los 4 años), basándose en la observación de los niveles de ingestión que ejercen una protección de enfermedades coronarias. Para los niños de 1 a 3 años, la AI se situó en 19 gramos al día.

La American Health Foundation (AHF; Estados Unidos), aconseja para niños adolescentes, entre 3 y 20 años, una ingestión diaria de fibra de 5 a 10 gramos por día.

La recomendación nutricional de fructanos, inulina y oligofructosa, posee diferencias actualmente. En Estados Unidos el consumo diario recomendado es de 1 a 4 gramos al día, mientras que en Europa se sugiere un consumo de 3 a 11 gramos al día.

Según la Norma Oficial Mexicana NOM-051-SCFI/SSA1-2010, Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados. Información comercial y sanitaria, la IDR para fibra dietética en México es de 30g.



#### **4. CLASIFICACIÓN DE LAS FIBRAS**

Desde el punto de vista nutricional, se considera apropiado clasificar y organizar a las fibras alimentarias o dietéticas, según su comportamiento en medio acuoso (Olagnero et al., 2007).

##### **a. Fibras Alimentarias Insolubles (FAI)**

Son aquéllas parcialmente fermentables en el intestino por las bacterias colónicas y no forman dispersión en el agua (Olagnero et al., 2007).

##### **b. Fibras Parcialmente Fermentables**

Las fibras parcialmente fermentables, comprenden aquéllas fibras en las que la celulosa es un componente esencial y la lignina se combina de forma variable. En ésta categoría también se incluyen algunas hemicelulosas, gomas, alginatos, carrageninas y almidón resistente 1. En la dieta humana, existen fuentes importantes de este tipo de fibra, como los cereales integrales, el centeno y los productos derivados del arroz. Éstas moléculas son escasamente degradadas por la acción de las enzimas del tracto gastrointestinal, por lo cual llegan intactas al colon, donde son fermentadas parcialmente por las bacterias colónicas anaeróbicas. Por este motivo y por su capacidad de retener agua, aumentan la masa y el peso de las heces, estimulando la velocidad de evacuación intestinal.

##### **c. Fibras alimentarias solubles (FAS)**

Las fibras alimentarias solubles o totalmente fermentables, son aquellas que forman geles en contacto con el agua. Comprenden a las gomas, mucílagos, pectinas, almidón resistente 2 y 3, algunas hemicelulosas, galactooligosacáridos (GOS), inulina y fructooligosacáridos (FOS) (Olagnero et al., 2007).

Se encuentran fundamentalmente en frutas, legumbres y cereales como cebada y avena. Su solubilidad en agua condiciona la formación de geles viscosos en el intestino, favoreciendo la absorción de agua y sodio. Desde el punto fisiológico intestinal, estas fibras retrasan el vaciamiento gástrico y enlentecen el tránsito intestinal, por lo que se le

atribuye, un efecto astringente, hipolipemiente y disminución de la respuesta glicémica (Salvin, 2003)

A su vez, se caracterizan por ser rápidamente degradadas por la microflora del colon. Este proceso de fermentación depende en gran medida de grado de solubilidad y del tamaño de sus partículas, de manera que las fibras más solubles y más pequeñas tienen un mayor y más rápido grado de fermentación. Los efectos fisiológicos atribuidos más importantes de estos subproductos consisten en disminuir el pH, estimular la reabsorción de agua y sodio, fundamentalmente a nivel de colon ascendente, y potenciar la absorción de cationes bivalentes (Olagnero et al, 2007).

## 5. FIBRAS NATURALES CONTENIDAS EN ALIMENTOS

### 5.1 Fibras Prebióticas

A continuación se hará una breve mención y descripción de las distintas funciones, propiedades nutricionales y principales aplicaciones de las fibras prebióticas.

- **Polisacáridos**

Los polisacáridos son todos los polímeros de carbohidratos que contienen al menos veinte residuos de monosacáridos. El almidón digerido y absorbido en el intestino delgado es un polisacárido, por ello se utiliza el término polisacáridos no almidonosos para aquéllos que llegan al colon y poseen los efectos fisiológicos de la fibra. Podríamos clasificarlos en celulosa,  $\beta$ -glucanos, hemicelulosas, pectinas y análogos, gomas y mucílagos (cuadro 1).

Polisacáridos no almidonosos
Celulosa: compuesto más abundante de las paredes vegetales. Fuentes: verduras, frutas, frutos secos y cereales (salvado)
B-Glucanos Fuente: vegetales
Hemicelulosa: Se encuentran asociados a la celulosa como constituyente de las paredes. Fuente: vegetales y salvado.
Pectinas: Se encuentran en la laminilla media de la pared de las células vegetales. Fuente: cítricos y la manzana
Gomas: Proviene de la transformación de polisacáridos de la pared celular Fuentes: arábica, karaya, tragacanto, gelana, guar, mezquite
Mucílagos: constituyentes celulares normales y con capacidad de retención hídrica. Fuente: semillas de plántago, flores de malva, semillas de lino y algas.

**Cuadro 1. Polisacáridos no almidonosos.**

**Fuente:** Gray, J. Dietary Fibre. Definition, analysis, physiology and health. In ILSI Europe (2006)

- **Oligosacáridos resistentes**

Hidratos de carbono con un nivel de polimerización menor, tienen de tres a diez moléculas de monosacáridos. Se dividen en fructooligosacáridos (FOS) e inulina, galactooligosacáridos (GOS), xilooligosacáridos (XOS), isomaltooligosacáridos (IMOS).

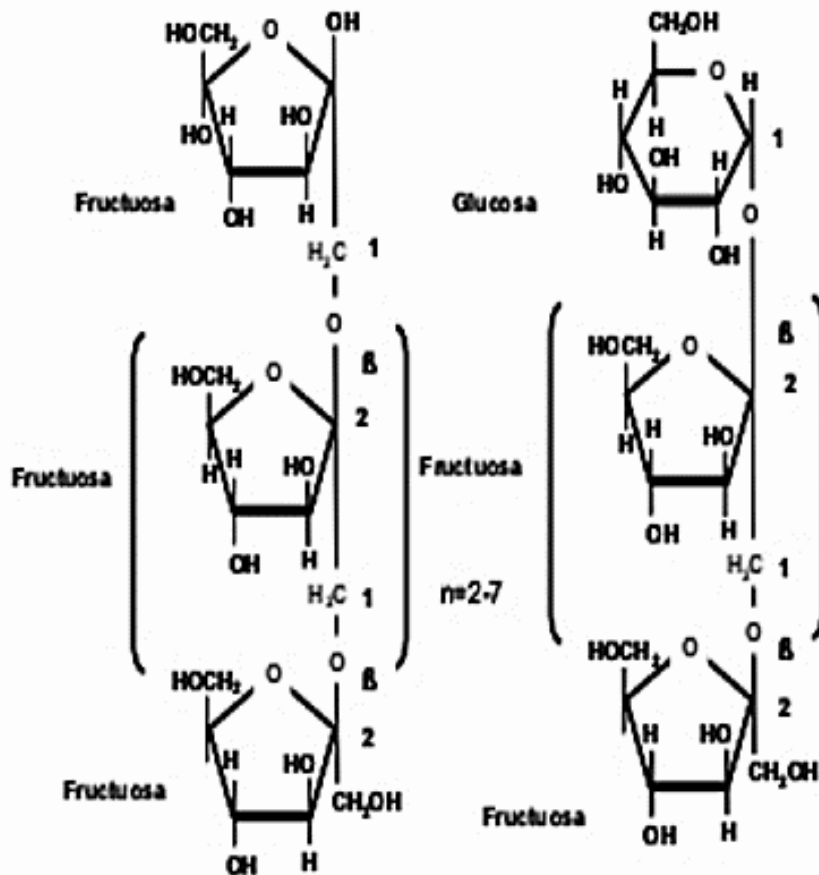
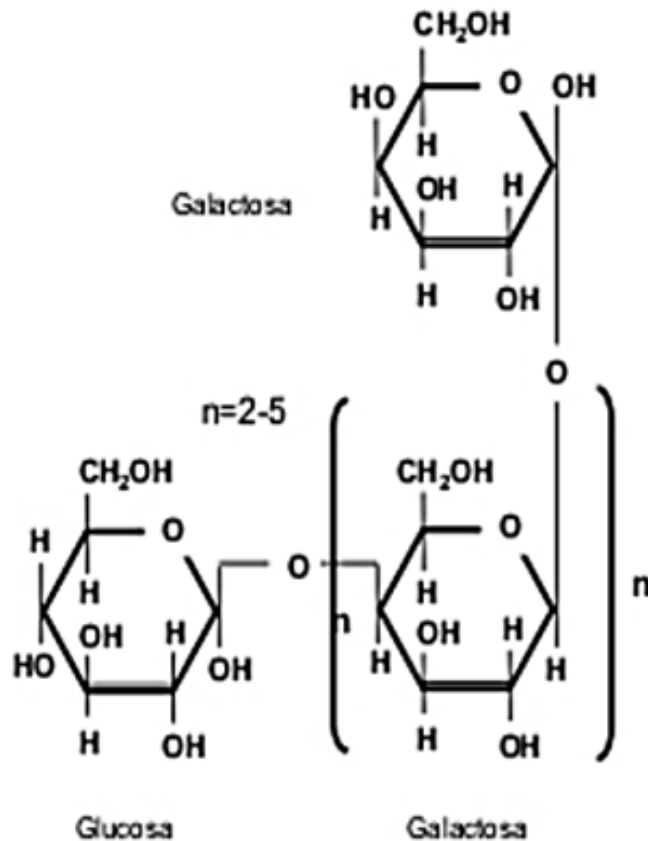


Figura 1. Estructura química de los fructooligosacáridos (FOS). Fuente: Domínguez-Vergara et al., (2009). “Revisión del papel de los oligosacáridos prebióticos en la prevención de infecciones gastrointestinales”



**Figura 2. Estructura química de los galactooligosacáridos (GOS). Fuente: Domínguez-Vergara et al., (2009). “Revisión del papel de los oligosacáridos prebióticos en la prevención de infecciones gastrointestinales”**

En la actualidad los oligosacáridos más estudiados y reconocidos con actividad prebiótica son los fructanos. Este es un término genérico empleado para describir a todos los oligo o polisacáridos de origen vegetal, y se refiere a cualquier carbohidrato el cual uno o más uniones fructosil-fructosa predominan dentro de las uniones.

La cantidad de fructanos presente en la dieta varía dependiendo de las costumbres alimentarias de la población y de la disponibilidad de alimento que los contengan. Las fuentes más importantes de fructanos en la dieta son los derivados del trigo, cebollas, ajo, plátanos.

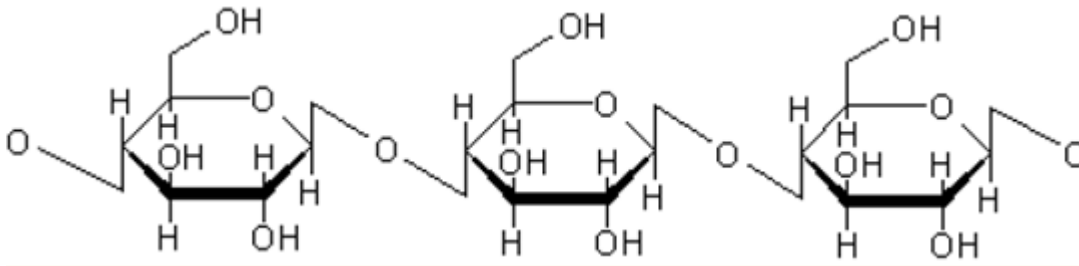
Oligosacáridos resistentes
<p>Fructooligosacáridos (FOS): Fructanos e Inulina, que están conformados por una molécula de sacarosa y varias moléculas de fructosa unidas entre sí, de forma sucesiva por enlaces <math>\beta</math> 2 -1 o <math>\beta</math> 2 - 6.</p> <p>-Levanos. Fuente: producido por bacterias</p> <p>-Inulina: (contiene más de 10 monómeros)</p> <p>Fuente: achicoria, cebolla, ajo, alcachofa, agave, dalia.</p>
<p>Galactooligosacáridos (GOS): <math>\beta</math>-galactosidasa en la lactosa</p> <p>Fuente: leche de vaca, legumbres</p>
<p>Xilooligosacáridos (XOS): unidades de xilosa.</p> <p>Fuente: frutas, verduras, miel y leche.</p>
<p>Isomaltooligosacáridos (IMOS): enlaces <math>\alpha</math> (1-4)-glucosa y <math>\alpha</math> (1-6)-glucosa.</p> <p>Fuente: salsa de soya, sake, miel.</p>

**Cuadro 2. Oligosacáridos resistentes.**

**Fuente:** Gray, J. Dietary Fibre. Definition, analysis, physiology and health. In ILSI Europe (2006)

- **Celulosa**

La celulosa es un polisacárido lineal no ramificado, (figura 3), que consiste sólo en unidades de glucosa, hasta de 10,000 unidades de glucosa por molécula. Las moléculas lineales se encuentran estrechamente agrupadas como fibras largas, formando una estructura muy soluble y resistente a la digestión por las enzimas humanas (Gray, J, 2006).



**Figura 3. Estructura química de la celulosa. Fuente: Baena, Luz María, García Cardona Andrea Natalia. “Obtención y caracterización de fibra dietaria a partir de la cascarilla de las semillas tostadas de Theobroma cacao L. De una industria chocolatera Colombiana” 2012.**

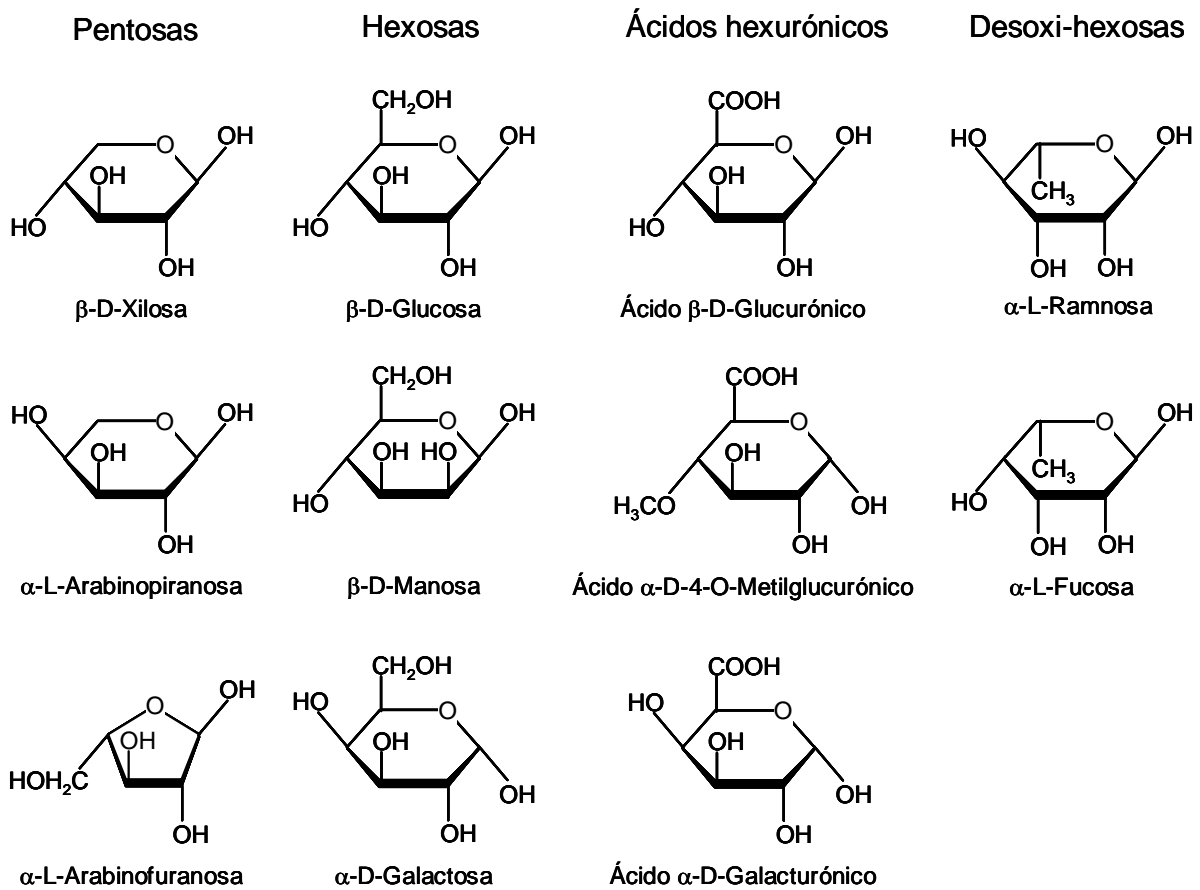
La celulosa es un componente principal de la pared celular de la mayoría de las plantas, por lo tanto, está presente en frutas, verduras y cereales. Gran parte de la fibra de salvado de los cereales es celulosa. La celulosa es la cuarta parte de la fibra dietética de los cereales y frutas, y un tercio de los vegetales y nueces (Olagnero et al, 2007).

- **Hemicelulosa**

Son polisacáridos que contienen otros azúcares aparte de la glucosa, y se asocian con la celulosa en paredes celulares de las plantas (Gray, 2006). Las hemicelulosas son moléculas tanto lineales como ramificadas, más pequeñas que la celulosa, que contiene típicamente 50 a 200 unidades de pentosa (xilosa y arabinosa) y unidades de hexosa (glucosa, galactosa, manosa, ramnosa, glucurónico y ácidos galacturónicos (figura 4).

El nombre de hemicelulosa describe a un grupo heterogéneo de estructuras químicas que están presentes en los alimentos vegetales en forma soluble como el agua e insoluble (Olagnero et al, 2007).

Aproximadamente un tercio de la fibra dietaria se encuentra en forma de hemicelulosa, en verduras, frutas, legumbres y frutos secos (Gray, 2006).



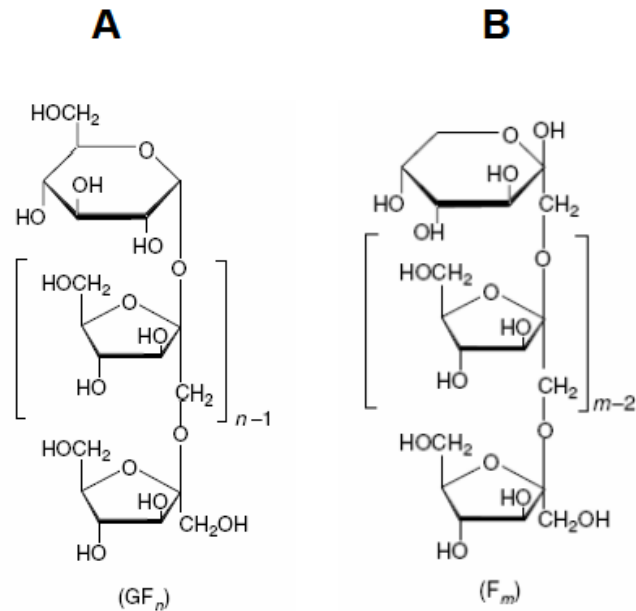
**Figura 4. Monosacáridos componentes de hemicelulosas. Fuente Gray, J.: Dietary Fibre. Definition, analysis, physiology and health. In ILSI Europe (2006).**

- **Inulina**

La inulina es un fructano polidiserso que consiste en una mezcla de oligómeros y polímeros mayores formados por uniones  $\beta$ -(2-1) fructosil-fructosa (Figura 5). Ésta se encuentra en una gran variedad de plantas, pero principalmente en la raíz de la achicoria, ajo, plátano, cebada, trigo, miel, cebolla, espárrago. También se localiza en las partes aéreas de las gramíneas (cereales, pastos) de las cuales es más fácil extraerla, ya que se encuentra asociada a carbohidratos complejos e insolubles (celulosa, hemicelulosa) y polifenoles (Gibson, 1999).



La inulina puede ser sintetizada a partir de la raíz de la achicoria y desde la sacarosa a través de la acción de la  $\beta$ -fructo-furanosidasa (origen: *Aspergillus niger*) (Gray, 2006).



**Figura 5. Estructura química de la inulina: con una molécula terminal de glucosa ( $\beta$ -D-glucopiranosil) (A) y con una molécula terminal de fructosa ( $\beta$ -D-frutopiranosil) (B). Fuente: Gray, J. Dietary Fibre. Definition, analysis, physiology and health. In ILSI Europe (2006).**

La inulina posee un sabor neutral suave, es moderadamente soluble en agua y otorga cuerpo y palatabilidad. Tiene diversas aplicaciones en la industria de alimentos, puede ser utilizada como sustituta del azúcar, reemplazante de las grasas, agente texturizante y/o estabilizador de espuma y emulsiones. Por este motivo son incorporados a los productos lácteos, fermentados, jaleas, postres aireados, mousses, helados y productos de panadería (Olagnero et al, 2007).

La dosis máxima permitida para adicionar un alimento formulado con la inulina es para dosis simple hasta 10g/día y en dosis múltiples hasta 20g/día. En dosis mayores a las permitidas puede provocar intolerancias luego de su consumo, como efectos osmóticos (diarrea), ruidos intestinales y flatulencia como consecuencia del proceso de fermentación (Olagnero, et al, 2007).

- **Oligofruetosa**

La oligofruetosa se obtiene mediante la hidrólisis enzimática parcial de la inulina, está compuesta por cadenas lineales de glucosil-fructosil (Olagnero et al, 2007).

Esta sustancia es mucho más soluble que la inulina y moderadamente dulce, aproximadamente del dulzor del azúcar. En combinación con edulcorantes intensos genera paladar más acabado y un gusto frutal más duradero con menor sabor residual (Olagnero et al, 2007).

En la industria se le puede utilizar en yogures con fruta, leches fermentadas, quesos frescos, helados y bebidas lácteas con un posicionamiento de alimentos reducidos en calorías. También mejora la textura y la palatabilidad del producto final, muestra propiedades humectantes, reduce la actividad acuosa y cambia los puntos de ebullición y congelamiento (Kolida, 2002).

Comparación entre diferentes fructanos: inulina, oligofruetosa y fructooligosacáridos (FOS)<sup>(15)</sup>

Origen	Inulina Extracción a partir de vegetal (achicoria)	Oligofruetosa Hidrólisis enzimática de la inulina	FOS Transfructosilación de la sacarosa
Rango GP	2-60	2-9	2-4
GP <sub>prom</sub>	10-12 <sup>(23)</sup>	4-5	3-7
Estructura química	Lineal (1-2 % ramificación) <sup>(7)</sup>	Lineal	Lineal

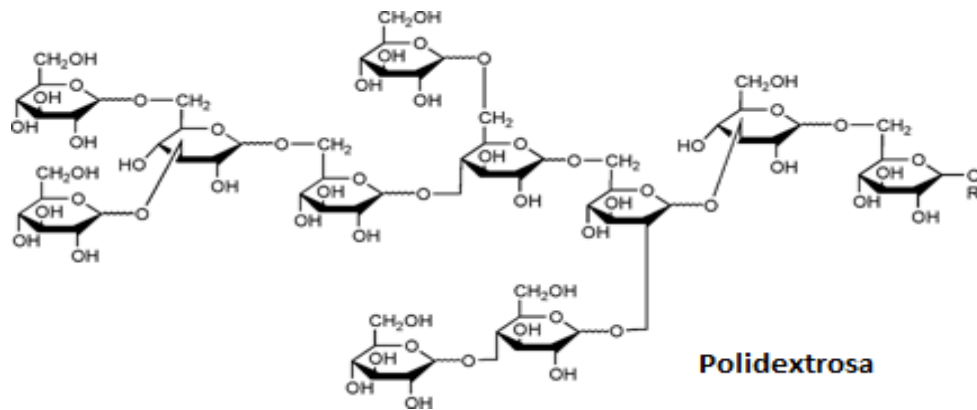
**Cuadro 3. Comparación entre diferentes fructanos, oligofruetosa y fructooligosacáridos.**

Fuente Gray, J. Dietary Fibre. Definition, analysis, physiology and health. In ILSI Europe (2006).

- **Polidextrosa**

La polidextrosa posee características de fibra dietaria, es un polímero sintético de glucosa con terminales de sorbitol y ácido cítrico. También es conocida como poliglucosa o poli-d-glucosa (Olagnero et al, 2007).

El resultado es una compleja estructura, resistente a la hidrólisis por las enzimas digestivas humanas, (figura 6), (Olagnero et al, 2007).



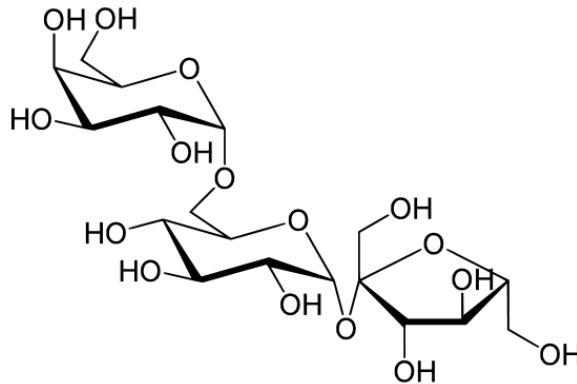
**Figura 6. Estructura química de la polidextrosa. Fuente Gray, J.: Dietary Fibre. Definition, analysis, physiology and health. In ILSI Europe (2006).**

Es un buen humectante, efectivo para controlar la humedad de los productos. Puede ser utilizado en grandes cantidades, sus características son, influir en el sabor del producto final, dado que posee un sabor neutro. Puede ser utilizada como fuente de fibra o como prebiótico con efectos benéficos para la flora intestinal (Olagnero et al, 2007).

La polidextrosa es conocida por ser un excelente agente de cuerpo, siendo un sustituto de azúcar y grasas. Su capacidad de retener agua propicia una textura similar a la de la harina, cuando es comparada con otras fibras. Posee un sabor neutro y una agradable palatabilidad. En aplicaciones como galletas controla la formación de gluten, por absorber agua preferentemente. Esto reduce la necesidad del agregado de grasas por lo cual es ideal para la elaboración de amasados (Olagnero et al, 2007). Es resistente a las dextrinas que son producidas por calor a pH alcalino, aunque aún están por confirmar el efecto prebiótico en estas.

- **Galactooligosacáridos**

Los galactooligosacáridos pertenecen a la serie rafinosa (figura 7) y están formados por moléculas de galactosa. Los más frecuentes en el mundo vegetal, son la rafinosa, estaquiosa y verbascosa de 3 a 5 galactosas respectivamente en las legumbres (Gray, 2006).



**Figura 7. Estructura química de la rafinosa. Galactooligosacárido. Fuente: Gray, J. Dietary Fibre. Definition, analysis, physiology and health. In ILSI Europe (2006).**

- **Sustancias Pécicas**

Estas sustancias engloban un grupo de sustancias asociadas a la hemicelulosa. Son macromoléculas coloidales capaces de absorber gran cantidad de agua y se encuentran formadas esencialmente por ácido D-galacturónico unidos por enlaces  $\alpha$  (1-4) (Glicksman, 1982).

Las sustancias pécticas se pueden agrupar en una de las tres categorías, dependiendo el grupo de metil éster, unidos al polímero (Charley, 1982)

La protopectina se encuentra en la fruta inmadura. Es un polímero de ácido galacturónico no metilado. Es insoluble en agua, pero se puede convertir en pectina dispersable en agua por calentamiento y no puede formar geles (Glicksman, 1982).

El ácido pectínico, es una forma metilada de ácido galacturónico que se forma a partir de la protopectina cuando la fruta madura. Los componentes de alto peso molecular se

conocen como pectinas y éstas se suspenden en agua y pueden formar geles, (Coultate, 1989).

El ácido péctico (figura 8), es un derivado de cadena corta del ácido pectínico que se forma a medida que las frutas maduran en exceso. Enzimas como la pectinesterasa y la poligalacturonasa, causan despolimerización y desmetilación del ácido pectínico. La desmetilación completa da lugar a ácido péctico, que es incapaz de formar geles (Coultate, 1989).

La industria alimentaria utiliza estas sustancias como espesantes, ya que incorporan en su estructura agua otorgando a la preparación una consistencia homogénea que posibilita la sustitución de grasas en lácteos, crema de leche, yogures, etc.

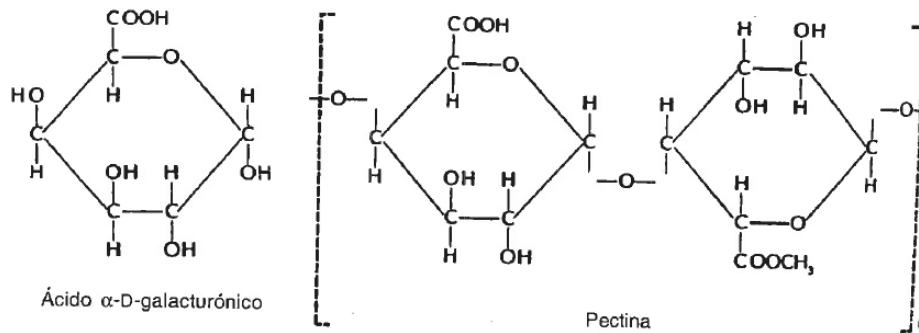


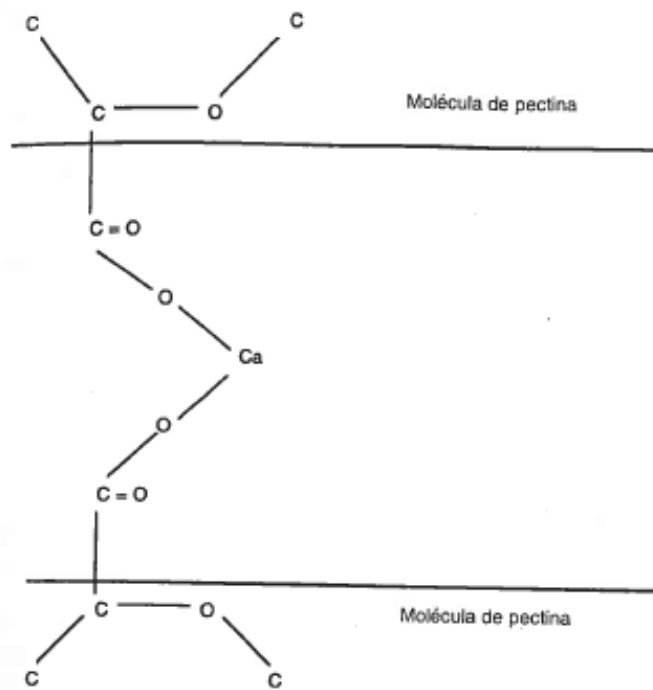
Figura 8. Estructuras químicas básicas de las sustancias pécticas. Fuente: (Coultate, 1989).

- **Pectina**

Las pectinas son ácidos pectínicos de elevado peso molecular y se dispersan en agua. Algunos de los grupos carboxilo a lo largo de la cadena de ácido galacturónico están esterificados con metanol. El grado de esterificación de las pectinas no modificadas varía desde aproximadamente 60% en pulpa de manzana hasta aproximadamente 10% en fresas. (Las pectinas pueden ser desesterificadas deliberadamente durante la extracción o el procesado); (Charley, 1982).

Según el grado de esterificación, las pectinas se clasifican como:

- a. Pectinas de bajo metoxilo: tienen la mayoría de los grupos carboxilo libres. En realidad, sólo 29-40% de los grupos carboxilo están esterificados. Por tanto, la mayoría están disponibles para formar enlaces cruzados con iones divalentes como calcio. Si se forman suficientes enlaces cruzados, se puede obtener una red tridimensional que atrapa líquido, formando gel. Las pectinas de bajo metoxilo pueden, por tanto, formar geles en presencia de iones divalentes sin necesitar azúcar o ácido (Charley, 1982).



**Figura 9. Estructura química de la pectina de bajo metoxilo. Fuente (Charley, 1982)**

- b) Pectinas de alto metoxilo: tienen una elevada proporción (normalmente 50-58%) de grupos carboxilo esterificado. La mayoría de los grupos ácidos, por tanto, no están disponibles para formar enlaces cruzados con iones divalentes, así estas pectinas no forman geles de esta manera. Sin embargo, se pueden hacer gelificar con la adición de azúcar y ácido. Comúnmente, son las pectinas de alto metoxilo las que se usan para formar geles de pectina (Charley, 1982)

De una forma más simple, las pectinas son polisacáridos que son solubles en agua caliente y al enfriarse tienen la capacidad de formar geles (Charley, 1982)

Están compuestos principalmente de cadenas de ácido galacturónico intercalados con unidades de ramnosa y son ramificados con cadenas de unidades de pentosa y hexosa, están presentes en las paredes de la célula y en los tejidos intracelulares de las frutas y hortalizas, se usan como agentes gelificantes y espesantes en los productos alimenticios (Charley, H 1982).

Aunque las frutas contienen la mayoría de las pectinas, sólo representan del 15 al 20% de fibra dietaria en vegetales, legumbres y frutos secos (Charley, 1982)

- **$\beta$ -Glucanos**

Los  $\beta$ -glucanos son polímeros de glucosa. A diferencia de la celulosa, los vínculos entre las unidades son variables, ya que tienen una estructura ramificada y son de tamaño más pequeño. Estas propiedades influyen en su solubilidad, permitiéndoles formar soluciones viscosas (figura 10), (Gray, 2006).

Los  $\beta$ -glucanos son un componente importante del material de la pared celular de la avena y los granos de cebada, y se presentan en pequeñas cantidades en el trigo. Estos alimentos son una fuente alta de fibra soluble (Gray, 2006).

Las hojuelas de avena han sido adicionadas en los alimentos, como fuente de  $\beta$ -glucanos (Gray, J, 2006).

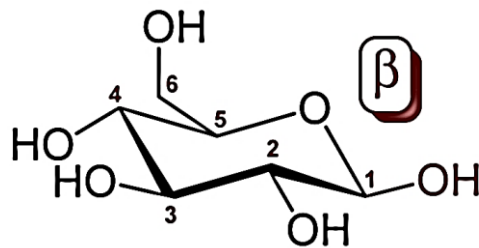
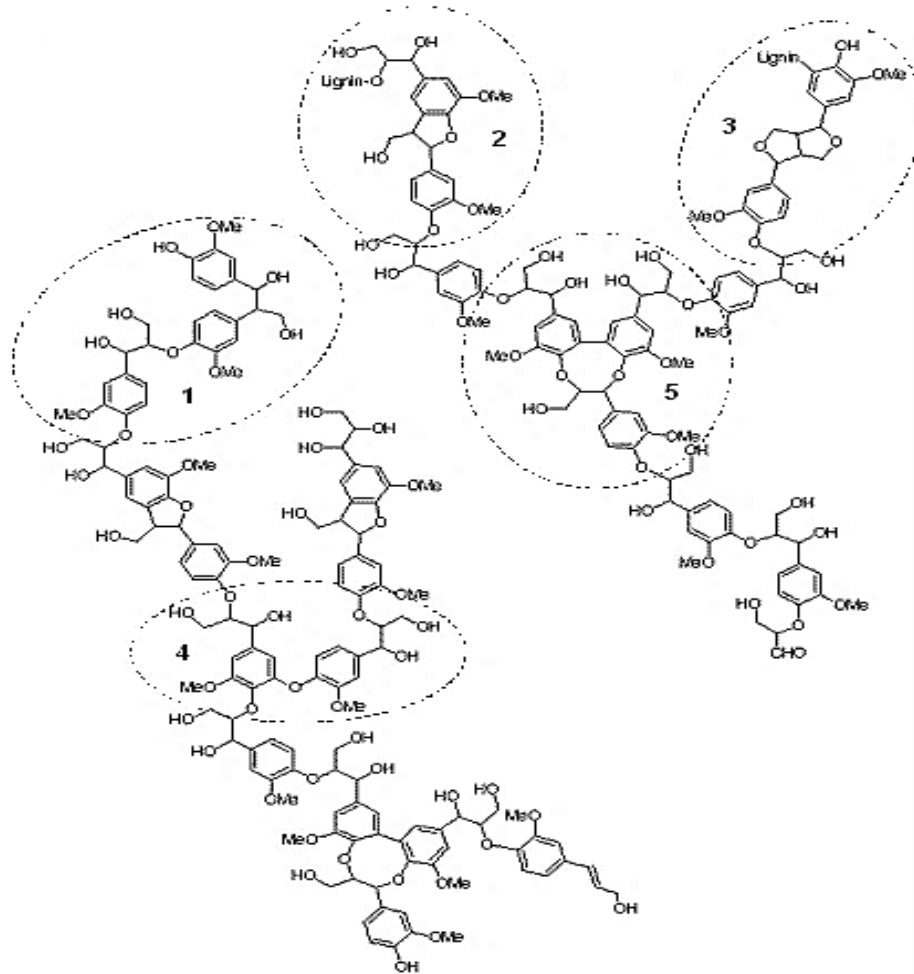


Figura 10. Estructura química del  $\beta$ -glucano. Fuente: Gray, J. Dietary Fibre. Definition, analysis, physiology and health. In ILSI Europe (2006).

- **Ligninas**

No es un polisacárido sino polímeros que resultan de la unión de varios alcoholes fenilpropílicos, (figura 11); contribuyen a dar rigidez a la pared celular haciéndola resistente a impactos y flexiones. La lignificación de los tejidos también permite mayor resistencia al ataque de los microorganismos (Gray, 2006).



**Figura 11. Estructura química de la lignina (Karhunen et al., 1995).**

La lignina no se digiere ni se absorbe ni tampoco es atacada por la microflora bacteriana del colon (Olagnero et al., 2007).



Una de sus propiedades más interesantes es su capacidad de unirse a los ácidos biliares y al colesterol retrasando o disminuyendo su absorción en el intestino delgado (Kolida, 2002).

La lignina es un componente alimentario menor. Muchas verduras, hortalizas y frutas contienen un 0,3% de lignina, en especial en estado de maduración. El salvado de cereales puede llegar a un 3% de contenido en lignina (Olagnero et al., 2007).

- **Sustancias asociadas a polisacáridos no almidonosos**

Se consideran poliésteres de ácidos grasos e hidroxiácidos de cadena larga y fenoles, los más importantes son la suberina y la cutina. La suberina es un polímero natural (biopolímero) producido por las paredes celulares de algunas células de las plantas. La cutina es una macromolécula componente principal de la cutícula de las plantas terrestres. Se encuentran en la parte externa de los vegetales, junto con las ceras, como cubierta hidrófoba (Gray, 2006).

- **Almidones resistentes**

Los almidones resistentes, son polisacáridos que son parcialmente resistentes a la degradación enzimática intestinal, así como algunos oligosacáridos no digeribles como los fructooligosacáridos (inulina y oligofruktosa).

En una idea más sencilla, tenemos que los almidones resistentes son la suma del almidón y de sus productos de degradación que no son absorbidos en el intestino delgado de los individuos sanos (Gray, 2006).

Se dividen en cuatro tipos:

- a. Atrapado (1): se encuentran en los granos de cereales y en las legumbres (Escudero, 2006)
- b. Cristalizado (2): no puede ser atacado enzimáticamente si antes no se gelatiniza. Sus fuentes son las papas crudas, plátano verde y la harina de maíz (Escudero, 2006).

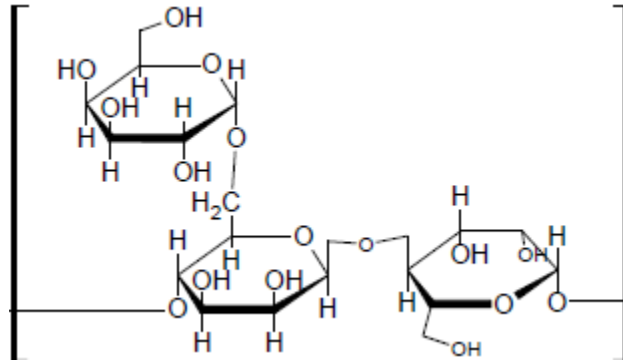
- c. Retrogradado (3): almidón que cambia su conformación ante fenómenos como el calor o el frío. Al calentar el almidón en presencia de agua se produce una distorsión de las cadenas polisacáridos adquiriendo una conformación al azar, este proceso se denomina gelatinización. Al enfriarse comienza un proceso de recristalización, llamado retrogradación. Este fenómeno es responsable por ejemplo del endurecimiento del pan. Sus fuentes son pan, copos de cereales, patatas cocidas y enfriadas y alimentos precocinados (Escudero, 2006).
- d. Modificado (4): almidón modificado químicamente de forma industrial. Se encuentra en los alimentos procesados como pasteles, aderezos industriales y alimentos infantiles (Escudero, 2006).

Estudios recientes señalan que la cantidad de almidón que alcanza el intestino grueso puede ser de 4 a 5 g/día, aunque en países donde la ingesta de hidratos de carbono es mayor, esta cantidad puede ser más elevada. Este almidón se comporta en el colon como un sustrato importante para la fermentación bacteriana (Escudero, 2006).

- **Gomas y Mucílagos**

Los hidrocoloides comprenden una amplia gama de polisacáridos viscosos mixtos. Las gomas están formadas por largas cadenas de ácido urónico, xilosa, arabinosa o manosa. Previene de la transformación de polisacáridos de la pared celular (figura 12), (Baena & García, 2012). Al estar en contacto con el agua, estas se hinchan para dar dispersiones coloidales gruesas.

Las gomas se derivan de exudados de plantas (la goma arábiga y tragacanto), semillas (goma guar y algarrobo) extractos de algas (agar, carragenanos y alginatos) (Gray, 2006).



**Figura 12. Estructura química de la goma guar. Fuente Baena, Luz María, García Cardona Andrea Natalia. “Obtención y caracterización de fibra dietaria a partir de la cascarilla de las semillas tostadas de *Theobroma cacao* L. De una industria chocolatera Colombiana” 2012.**

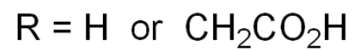
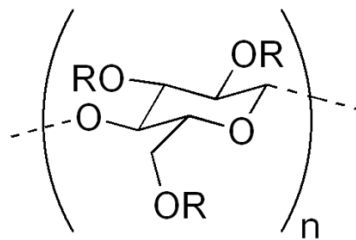
Los mucílagos están presentes en las células de las capas externas de semillas de la familia de plátano, por ejemplo, Ispaghula (*Psyllium*) (Gray, 2006). Es un producto orgánico de origen vegetal, de peso molecular elevado, superior a 2000,000 g/gmol (Baena & García, 2012). Estos están conformados por polisacáridos que contienen el mismo número de azúcares que las gomas y las pectinas, diferenciándose de estas sólo en las propiedades físicas, ya que producen coloides muy poco viscosos, que pueden ser hidrolizados y fermentados (Baena & García, 2012).

Estos hidrocoloides se utilizan en pequeñas cantidades como gelificantes, espesantes, estabilizantes y agentes emulsionantes en ciertos alimentos. Algunos, por ejemplo, goma de guar y ispaghula, también están siendo investigados y / o utilizadas como ingredientes funcionales en alimentos (Gray, 2006).

- **Hidratos de carbono sintéticos**

Son hidratos de carbono sintetizados artificialmente pero que tienen características de fibra dietética.

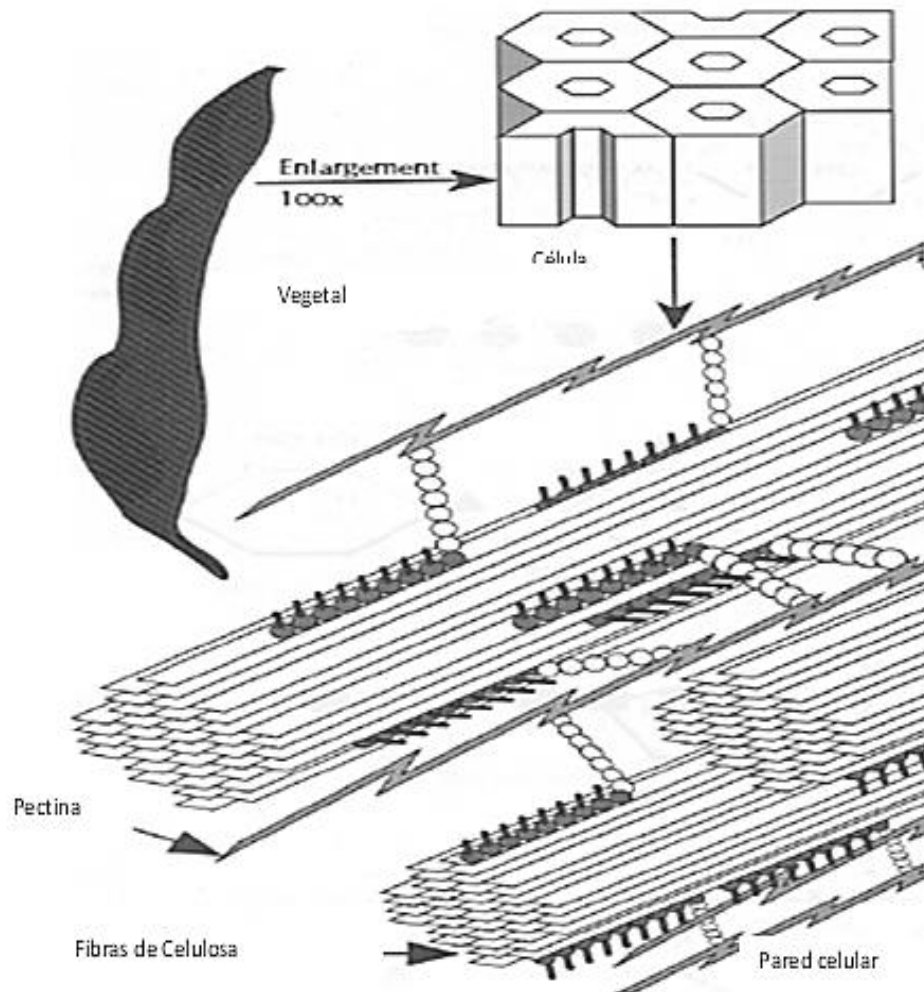
- a. Polidextrosa.
- b. Metilcelulosa, Carboximetilcelulosa, Hidroximetilpropilcelulosa y otros derivados de la celulosa.
- c. Escleroglucano y análogos.
- d. Oligosacáridos sintéticos.



**Figura 13. Estructura química de la carboximetilcelulosa (CMC). Fuente: Gray, J. Dietary Fibre. Definition, analysis, physiology and health. In ILSI Europe (2006).**

En la figura 14, se muestra el modelo de la pared celular vegetal en donde se muestra cómo las fibras de los alimentos, brindan la estructura a la pared celular y los tejidos conectivos a las plantas.

### Modelo de la pared celular vegetal



Las fibras de los alimentos en su mayoría, son las que le brindan la estructura a la pared celular y los tejidos conectivos a las plantas

Figura 14. Modelo de la pared vegetal. Fuente: Scientific American, Inc., George V. Kelvin.

Se muestran algunos componentes de fibra dietética (cuadro 4) propuestos por la AACC (American Association for Clinical Chemistry), 2001.

**Cuadro 4. Componentes propuestos de fibra dietética.**

Componentes propuestos de fibra dietética (AACC, 2001)
Polisacáridos sin almidón y oligosacáridos no digeribles La Celulosa Las hemicelulosas Las pectinas Los beta- glucanos Gomas Mucílagos Los fructanos La inulina Oligofruktosas / fructooligosacáridos
Carbohidratos análogos Los almidones resistentes Los fructo- oligosacáridos Galactooligosacáridos Dextrinas indigeribles Compuestos de hidratos de carbono modificados o sintetizados Celulosas modificadas ( metil celulosa , hidroxipropilmetil celulosa ) Polidextrosa
La lignina y otras sustancias asociadas Las ceras El fitato La cutina Los taninos

**Cuadro 4. Componentes propuestos de fibra dietética.**

Fuente: Gray, J. Dietary Fibre. Definition, analysis, physiology and health. In ILSI Europe (2006).

## 6. FIBRAS DE ORIGEN ANIMAL

Las fibras de origen animal son sustancias análogas a los hidratos de carbono que se encuentran principalmente en alimentos de origen animal. Las fibras más comunes son la quitina y quitosano, las cuales forman parte del esqueleto de los crustáceos y de la membrana celular de ciertos hongos, el colágeno y la condroitina (Escudero, 2002).

Algunas sustancias que pueden ser incluidas como fibra dietética pero que todavía resultan controvertidas serían:

- Polioles no absorbibles (manitol, sorbitol);
- Algunos disacáridos y análogos no absorbibles;
- Algunas sustancias vegetales (taninos, ácido fítico, saponinas), (Escudero, 2002).

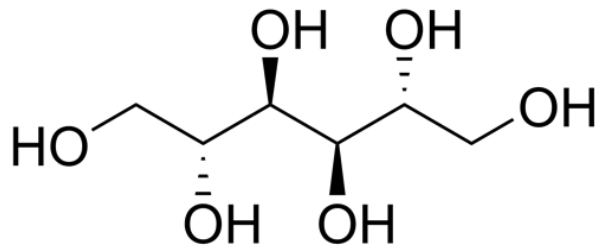


Figura 15. Estructura química del manitol. Fuente: E. Escudero P. González Sánchez. “La fibra dietética” Unidad de Dietética y Nutrición. Madrid. (2002)

## 7. ALIMENTOS FUNCIONALES

El término Alimento Funcional fue propuesto por primera vez en Japón en la década de los 80's con la publicación de la reglamentación para los "Alimentos Para Uso Específico De Salud" ("Foods for Specified Health Use" o FOSHU) y que se refiere a aquellos alimentos procesados los cuales contienen ingredientes que desempeñan una función específica en las funciones fisiológicas del organismo humano, más allá de su contenido nutrimental. Algunas de las principales funciones son las relacionadas con un óptimo crecimiento y desarrollo, la función del sistema cardiovascular, los antioxidantes, el metabolismo de xenobióticos, el sistema gastrointestinal, entre otros (Grajek, et al., 2005).

En Estados Unidos se permite desde 1993 que se informen propiedades "que reducen el riesgo de padecer enfermedades" en ciertos alimentos. Sin embargo, este tipo de información está autorizada por la Administración para Alimentos y Medicamentos (Food and Drug Administration, FDA), siempre y cuando existan "evidencias científicas públicamente disponibles y haya suficiente consenso científico entre los expertos de que dichas alegaciones están respaldadas por pruebas". Según la FDA, las alegaciones pueden basarse también en "declaraciones autorizadas" de Organismos Científicos Federales, como los Institutos Nacionales de la Salud (National Institutes of Health) y los Centros para la Prevención y el Control de Enfermedades (Centers for Disease Control and Prevention), así como de la Academia Nacional de las Ciencias (National Academy of Sciences). Debido al creciente interés en el concepto de los "Alimentos Funcionales" y en las "Alegaciones de Salud", la Unión Europea ha creado una Comisión Europea de Acción Concertada sobre Bromatología Funcional en Europa (Functional Food Science in Europe, FUFOSE). Los alimentos funcionales pueden clasificarse como:

1. Los alimentos enriquecidos con sustancias bioactivas (por ejemplo, los probióticos, antioxidantes).
2. Ingredientes alimenticios sintetizados que son introducidos a los alimentos tradicionales (por ejemplo, los prebióticos).
3. Alimentos convencionales contenidos naturalmente sustancias bioactivas (por ejemplo, la fibra dietética).



Entre los componentes funcionales, los más utilizados son: probióticos y prebióticos, fibra soluble, ácidos grasos omega-3 poliinsaturados ácidos grasos, ácido linoleico conjugado, antioxidantes vegetales, vitaminas y minerales, algunas proteínas, péptidos y aminoácidos, así como fosfolípidos son utilizados con frecuencia.

Diferentes estudios aleatorios y epidemiológicos realizados en diferentes países han demostrado o al menos han sugerido numerosos efectos beneficiosos relacionados con el consumo de alimentos funcionales, tales como reducción en el riesgo de contraer Cáncer, incremento en la salud cardiovascular, estimulación en el sistema inmunológico, disminución en síntomas de menopausia, incremento en la salud gastrointestinal, buen funcionamiento en el tracto urinario, efectos antiinflamatorios, reducción en la presión sanguínea, buen mantenimiento en la visión, las actividades antivirales y antibacteriales, reducción en la osteoporosis y efectos contra la obesidad. Todos estos efectos pueden observarse declarados en las etiquetas de los productos alimenticios.

Hasta el momento, los compuestos más utilizados han sido los probióticos, prebióticos, plantas con efectos antioxidantes, vitaminas y calcio. Esto ha tenido gran importancia en la producción de probióticos y prebióticos, así como en la extracción de componentes bioactivos de las plantas, por medio de enzimas y tecnología de fermentación para reducir la pérdida de estos componentes durante el proceso.

#### **a. Clasificación de alimentos funcionales**

Los alimentos enriquecidos con sustancias bioactivas (por ejemplo, los probióticos, antioxidantes).

##### **a. Probióticos**

Los probióticos son definidos como microorganismos viables y seleccionados que son adicionados como suplementos en la dieta humana, en donde sí se agregan en las condiciones suficientes, afectan de una forma benéfica al organismo que los consume, a través de sus efectos en el tracto intestinal, mediante la mejora en la composición de la microbiota.

En los productos lácteos fermentados se encuentran un sin número de probióticos, como son las bacterias ácido-lácticas utilizadas en la industria alimentaria la cual confieren características sensoriales como sabor, textura, así como también, cuentan con propiedades conservadoras.

Algunas de las cepas que comúnmente son utilizadas como probióticos son: *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Streptococcus*, *Lactococcus* y *Saccharomyces*.

Dentro de los efectos fisiológicos relacionados a los probióticos se encuentran:

- Reducción del pH intestinal.
- Producción de algunas enzimas digestivas y vitaminas.
- Producción de sustancias antibacterianas como: ácidos orgánicos, bacteriocinas, peróxido de hidrógeno, diacetilo, acetaldehído, lactoperoxidasa.
- Reconstrucción normal de la microflora causado por desórdenes alimenticios como diarrea, radioterapia, terapia con antibióticos.
- Favorece la reducción de colesterol en la sangre, la estimulación de las funciones inmunes, supresión de infecciones bacterianas, la eliminación de carcinógenos, la mejora de la absorción del calcio, así como la reducción de la actividad enzimática fecal. (Ouwehand et al., 1999; Zubillaga et al., 2001; Holzapfel & Schilling 2002).
- **Origen de los cultivos probióticos**

El concepto de probióticos ha evolucionado desde el trabajo de E. Metchnikoff (1908), quien propuso que la aparente longevidad de los campesinos balcánicos estaba asociada a la ingestión de *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, las cuales desplazan a las bacterias nocivas reduciendo la concentración de toxinas en el tracto intestinal y produciendo así una mejora en el estado de salud.

Recientemente, el término probiótico se utilizó por primera vez por Lilley y Stillwell, (1965) y ha sido usado por varios investigadores en varios contextos hasta llegar al concepto actual según Fuller, (1989). En el cuadro 5, se menciona la evolución del concepto de probiótico.

Autor	Definición de probiótico
Lilley y Stillwell  (1965)	Probablemente los primeros en usar el término probiótico para descubrir sustancias excretadas por un organismo que estimula el crecimiento de otro. (opuesto a “antibiótico”)
Fuller  (1989)	Redefinió el término probiótico como “in microorganismo vivo” que suplementado beneficia a un huésped mediante la mejora del balance microbiano en el intestino”. El probiótico debe estar vivo.

**Cuadro 5. Evolución de término probiótico. Fuente: Functional Food Science in Europe (2009)**

La relación hombre-bacterias es una muy cercana, ya que se estima que existen aproximadamente  $1 \times 10^{14}$  bacterias en el tracto intestinal, divididas entre 400 especies diferentes. Esto es, más de diez veces del total de células en el cuerpo humano. Las especies más abundantes incluyen, *Bacteroides*, *Pepto-Streptococcus*, *Eubacteria*, *Bifidobacteria*, *Enterobacteria*, *Streptococcus*, *Lactobacillus*, *Clostridia* y *Staphylococcus* (Naidu et.al., 1999).

Algunas de estas especies son amigables y esenciales para una buena salud pues ayudan a mantener en equilibrio las especies indeseables y peligrosas.

Especie	Cultivos
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	La2, La5 (conocida como La1), Johnsonii (La1; conocida como Lj1), NCFM, DDS-1, SBT-2062
<i>L. bulgaricus</i>	Lb12
<i>L. lactis</i>	La1
<i>L. plantarum</i>	299v, Lp01
<i>L. rhamnosus</i>	GG, GR-1, 271, LB21
<i>L. reuteri</i>	SD2112 (conocida como MM2)
<i>L. casei</i>	Shirota, Immunitass, 744, 01
<i>L. paracasei</i>	CRL 431
<i>L. fermentum</i>	RC-14
<i>L. helveticus</i>	B02
<i>B. longum</i>	B536, SBT-2928
<i>B. breve</i>	Yakult
<i>B. bifidus</i>	Bb-11, Bb12
<i>B. essensis</i>	Danone (Bio Activia)
<i>B. animalis</i>	subsp lactis Bb-02
<i>B. infantis</i>	Shirota, Immunitass, 744, 01
<i>B. laterosporus</i>	CRL 431

**Cuadro 6. Especies de bacterias usadas como cultivos probióticos. Fuente: Functional Food Science in Europe (2009).**

En el cuadro 6, se observa las bacterias más utilizadas como probióticos, entre ellos están el *L. casei shirota* y sus diferentes cultivos tiene éste.

El equilibrio de la flora intestinal está asociado al estado de salud, pues su variación afecta la susceptibilidad a infecciones, y/o la presencia de sustancias tóxicas o carcinogénicas. En la vida cotidiana este balance puede modificarse por factores diversos tales como, edad del individuo, dieta pobre, estado inmunológico, uso de antibióticos, estrés, consumo de alcohol, pH intestinal, y la presencia de fibra soluble no digerible en el intestino (Kopp, 2001). Los materiales fermentables en el intestino regulan no sólo las especies de bacterias y su concentración sino también su influencia y actividad metabólica (Collins & Gibson, 1999).

La adición de probióticos a bebidas lácteas fermentadas es una alternativa sencilla para mejorar la salud del consumidor. Su papel benéfico sobre el tracto gastrointestinal ha sido documentado, además de sus beneficios nutricionales y terapéuticos después de su consumo cotidiano en cantidades adecuadas.

El desarrollo de un producto con probióticos efectivo requiere la elección del cultivo adecuado, mantener su viabilidad a lo largo del proceso de fabricación y en su paso por el tracto gastrointestinal (Mattila-Sandholm & Saarela, 2003).

Para que un alimento pueda ser denominado probiótico según la Lactic Acid Bacteria Beverages Association deberá contener como mínimo:  $\geq 1 \times 10^6 - 10^7$  bifidobacterias viables por gramo o ml. Asimismo, el nivel óptimo para la salud todavía no ha sido establecido. La mínima dosis con efecto benéfico depende del alimento con el cual se consume el probiótico y las cepas utilizadas. Ningún producto comercial indica qué cantidad de microorganismos contiene, a pesar de denominarse “Probióticos” o “Bio” Norma Codex de leches fermentadas (Codex STAN 243-2003).

Dentro de las bacterias lácticas se encuentran el *Lactobacillus bulgaricus*, *L. jughurti*, *L. helveticus*, *L. lactis*, *L. acidophilus*, *L. delbrueckii*, *L. plantarum*, *L. casei*, entre otros, las cuales tienen la capacidad de producir ácido láctico por fermentación de azúcares, razón por la que se utilizan en la industria de alimentos, en algunas investigaciones científicas, etc. con el fin de darle ciertas cualidades a los alimentos y protegerlos contra la acción de otros microorganismos dañinos.

- *Lactobacillus casei* Shirota

Son bacterias probióticas que resisten la acción de los jugos gástricos, biliares y duodenales y llegan intactas al intestino donde se alojan y desarrollan acciones inmunomoduladoras sin perjudicar al huésped.

*L. casei* Shirota es una bacteria anaerobia ácido tolerante con un metabolismo fermentativo estricto con el ácido láctico en mayores cantidades como producto final, puede ser utilizada ampliamente en la industria por sus propiedades probióticas. Metchnikoff, sugirió que algunos de los síntomas del metabolismo gastrointestinal

enfermo podrían neutralizarse a través de *L. casei shirota* utilizando como medio el yogur (Metchinikoff, 1908). Algunos de los beneficios del *Lactobacillus casei shirota* son fortalecer la flora intestinal, logrando mantenerla en equilibrio y con ello promover la regulación de los movimientos peristálticos (movimientos de contracción realizados por el esófago e intestinos), ayudar a reducir las sustancias tóxicas producidas por las bacterias putrefactivas, incrementar el número de bacterias benéficas en los intestinos, disminuir los niveles altos de colesterol en sangre y estimular el sistema inmunológico (Gibson, 2007).

En el cuadro 7, se mencionan algunos microorganismos y su beneficio en el organismo.

Cepa	Efecto clínico en humanos
<i>Lactobacillus GG</i>	Adherencia a las células intestinales, estimulación de la respuesta inmune, prevención de la diarrea patogénica.
<i>Lactobacillus johnsonii</i>	Prevención de la diarrea del viajero, modulación de la flora intestinal, alivio de la intolerancia a la lactosa.
<i>Bifidobacterium lactis</i>	Prevención de la diarrea del viajero, tratamiento contra la diarrea viral incluyendo rotavirus, modulación de la respuesta inmune.
<i>Lactobacillus casei shirota</i>	Modulación de la flora intestinal, efectos positivos en tratamientos contra el cáncer, disminución de la actividad enzimática en las heces fecales.
<i>Saccharomyces boulardii</i>	Prevención de la diarrea causada por antibióticos, tratamiento contra la colitis causada por <i>Clostridium difficile</i> colitis.
<i>Lactobacillus plantarum</i>	Adherencia a las células intestinales humanas, modulación de la flora intestinal.
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	Inhibición de bacterias patógenas, adhesión a las células intestinales humanas.
<i>Bifidobacterium longum</i>	Exclusión competitiva de <i>Escherichia coli</i> , inhibición de E. coli de la superficie de la mucosa intestinal humana.

<i>Lactobacillus reuteri</i>	Colonización del tracto gastrointestinal.
<i>Lactobacillus bulgaricus</i>	Reduce o elimina los síntomas de intolerancia a la lactosa.
<i>Bifidobacterium bifidum</i>	Reduce la duración de la diarrea y aumenta la respuesta inmunológica.

**Cuadro 7. Microorganismos probióticos (Ouwwhand et al., 1999)**

- **Mecanismo de acción de probióticos**

Una parte fundamental de la funcionalidad de las bacterias probióticas es estimular su supervivencia y permanencia prolongada en el tracto gastrointestinal.

En la actualidad se proponen varios mecanismos de acción de los probióticos que pueden manifestarse de la siguiente manera:

- Disminución en los síntomas de intolerancia a la lactosa, reduciendo la concentración de la misma en leche fermentada por actividad de la lactasa bacteriana durante la fermentación (Escalante, 2001).
- Disminución en la duración de diarrea en niños y adultos, así como de infecciones gastrointestinales mediante un efecto de barrera al evitar la colonización de la mucosa intestinal por bacterias potencialmente patógenas, además de la producción de compuestos antimicrobianos (Escalante, 2001).
- Disminución en los síntomas de dermatitis atópica y alergia a alimentos (Escalante, 2001).
- Efecto inmunopromotor y propiedades antitumorales (Escalante, 2001).

Las bacterias probióticas pueden incrementar la resistencia contra los patógenos intestinales mediante mecanismos antimicrobianos, estos incluyen la colonización competitiva y la producción de ácidos orgánicos, como los ácidos láctico y acético, bacteriocinas y otros metabolitos primarios como el peróxido de hidrógeno y el dióxido de carbono.

La producción de ácidos orgánicos por las bacterias probióticas disminuye el pH intestinal y por lo tanto inhibe el crecimiento de patógenos. Estos ácidos orgánicos incrementan los movimientos peristálticos, lo que de manera indirecta remueve los patógenos acelerando la velocidad con la que atraviesan el intestino. El peróxido de hidrógeno producido puede funcionar a través del sistema lactoperoxidasa tiocianato, en el cual el peróxido de hidrógeno oxida el tiocianato para convertirlo en ácido hidrocianico que es perjudicial para los patógenos. El dióxido de carbono y el diacetil sintetizado por las bacterias ácido lácticas inhiben el crecimiento de patógenos.

Se ha encontrado que *Bifidobacterium breve* y *B. infantis* dependientemente de la dosis, inhiben la invasión de cepas de *Escherichia coli* enteroptógena, *Yersinia pseudotuberculosis* ejerciendo un efecto antagonista o una actividad antimicrobiana (Mattila-Sandholm et al., 1999).

En general se tiene que al ingerirse bacterias lácticas vivas suficientes se produce la implantación de estas en el intestino grueso, con esta acción se favorece a la salud de quien las consume, principalmente porque se reduce el desarrollo de microorganismos patógenos (Kailasapathy, 2000; Fooks & Gibson, 2002). El uso de probióticos en la industria alimentaria se enfoca principalmente en los productos derivados de leche como es en la producción de leche ácida o yogur, los cuales han sido una alternativa y en la actualidad son de consumo común y cotidiano por la población, a pesar de la difusión de la importancia y los beneficios que aporta el consumo de alimentos con probióticos, no se han alcanzado los niveles ni la frecuencia y cantidad requerida para obtener los resultados benéficos que se han mencionado, como anteriormente se ha citado el consumo de alimentos con contenido de probióticos en países desarrollados es muy superior, como ejemplo en Europa consumen más de 30 Kg per cápita de yogur, mientras que en México sólo se consumen cerca de 7 Kg (Fernández et al., 2006).

Ingredientes alimenticios sintetizados que son introducidos a los alimentos tradicionales (por ejemplo, los prebióticos).



## **b. Prebióticos**

Los prebióticos son ingredientes alimenticios no digeribles, los cuales afectan beneficiosamente al huésped, debido a la estimulación selectiva del crecimiento y/o actividad de una o un número limitado de bacterias en el colon que pueden mejorar la salud del huésped.

Algunos oligosacáridos que no son digeribles, excepto por la actividad de las bacterias, son considerados prebióticos.

Aquéllos prebióticos que contiene fructosa pueden alterar la condición de la flora intestinal debido a una fermentación específica, en la cual predominan las bifidobacterias. (Gibson & Roberfroid 1995)

- **Características fundamentales de los prebióticos**

Para que un ingrediente alimenticio sea considerado prebiótico debe de cumplir con las siguientes características:

- No debe ser hidrolizado o absorbido en la parte alta del tracto digestivo
- Debe ser fermentado selectivamente por una o un número limitado de bacterias potencialmente benéficas del colon, por ejemplo bifidobacterias y lactobacilos.
- Debe ser capaz de alterar la microflora colónica tornando la saludable, por ejemplo, reduciendo el número de organismos putrefactivos e incrementando las especies sacarolíticas.

## **c. Antioxidantes**

La fuente principal de los antioxidantes, se encuentra de forma activa en las plantas, dentro de las principales fuentes de antioxidantes se encuentran: el ajo, el brócoli, el té verde, soya, tomate, zanahoria, col de Bruselas, col rizada, coles, cebollas, coliflor, remolacha roja, chocolate, mora, arándanos, uvas rojas, ciruelas y cítricos. El contenido de antioxidantes fenólicos se calcula por un kilogramo de cantidad de materia seca de la

planta a partir de 0,1-1.0g en la mayoría de las frutas y hortalizas hasta 226g en hojas verdes de té (King & Young, 1999).

Los antioxidantes se clasifican según su modo de acción en dos diferentes tipos:

- a) La primera clasificación comprende las sustancias químicas que interrumpen la propagación de la cadena de radicales libres por la donación de hidrógeno a los radicales o estabilización de electrones radicales reubicados. Los antioxidantes que representan al primer grupo son: los tocoferoles, las hidroquinonas (Grajek, 2005).
- b) El segundo grupo se caracteriza por un modo sinérgico de acción. Incluye eliminadores de oxígeno y quelantes en donde se unen los iones implicados en la formación de radicales libres. Su actividad consiste en liberar el hidrógeno a los radicales fenoxi-, que conduce a la reconstitución de la función primaria de los Antioxidantes (Grajek, 2005).

## **8. APLICACIÓN DE FIBRA DIETARIA EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA.**

Las fibras dietéticas pueden proporcionar una multitud de propiedades funcionales cuando se incorporan en los sistemas alimentarios. Además contribuye a la modificación y mejora de la textura, las características sensoriales y la vida útil de los alimentos debido a su capacidad de absorción de agua, la capacidad de formación de gel, sustituto de grasa, antiadherente, contra la formación de grumos, de texturización y efectos espesantes (Dello Staffolo, Bertola, Martino, y Bevukaqqua, 2004; Gelroth & Ranhotra, 2001; Thebaudin et al, 1997). La literatura contiene muchos informes acerca de las adiciones de fibra dietética a productos alimenticios tales como productos horneados, bebidas, confitería, productos lácteos, productos lácteos congelados, carnes, pastas y sopas. Más comúnmente, las fibras dietéticas se incorporan en productos de panadería para prolongar la frescura, gracias a su capacidad para retener el agua, reduciendo de este modo pérdidas económicas. Las fibras pueden modificar el volumen del pan, su elasticidad, la suavidad de la miga de pan y la firmeza de la barra de pan, (Sangnark & Noomhorm, 2004; Wang, Rosell & Barber, 2002). Además, la introducción de la fibra dietética en productos cárnicos se ha demostrado que mejora el rendimiento de la cocción, la unión del agua, la unión de grasa, y la textura (Cofrades et al, 2000).

Desde una perspectiva de la funcionalidad, la fibra proveniente de cítricos puede desempeñar una serie de funciones, puede ser utilizado como una herramienta para mejorar la textura, como un agente de carga en aplicaciones de reducción de azúcar, para controlar la humedad en la sustitución de grasa, para añadir color, y como antioxidante natural (Viuda-Martos et al, 2010; Ramírez- Santiago et al., 2010).

En el caso de las bebidas, la adición de fibra dietética aumenta su viscosidad y la estabilidad, la fibra soluble sigue siendo la más utilizada porque es más dispersable en agua que la fibra insoluble. Algunos ejemplos de estas fibras solubles son aquéllos a partir de fracciones de granos y frutas (Bollinger, 2001; Rodríguez et al., 2006), pectinas (Bjerrum, 1996; Rodríguez et al, 2006),  $\beta$ -glucanos, celulosa de remolacha fibra de la raíz (Nelson, 2001), povidexrosa (Mitchell, 2001; Rodríguez et al., 2006), etc.

La fibra dietética y preparaciones de proteína de soya, debido a sus propiedades funcionales son ampliamente utilizados en muchas ramas de la industria de alimentos,

incluido el sector de la carne (Bilska, Krysztofiak, Sek & Uchman, 2002; Hoogenkamp, 2007; Jiménez- Colmenero, Ayo y Carballo, 2005; Makala & Olkiewicz, 2004; Pietrasik & Duda, 2000; Waszkowiak, Górecka, & Janitz, 2001; Waszkowiak & Szymandera - Buszka 2008).

Las fibras dietéticas de diferentes fuentes se han utilizado para sustituir a la harina de trigo en la preparación de productos de panadería, (Pomeranz, Shogren, Finney y Bechtel, 1977) utilizan la celulosa, el salvado de trigo y salvado de avena en la elaboración del pan. La cáscara de papa, un subproducto de la industria de la papa, rica en fibra dietética, se utilizó como fuente de fibra dietética en la elaboración de pan (Toma, Orr, D' Appolonia, Dintzis & Tabekhia, 1979; Sudha et al., 2007).

Entre los alimentos enriquecidos en fibra, los más conocidos y consumidos son el desayuno de cereales y productos de panadería tales como panes integrales y galletas (Cho & Prosky, 1999; Nelson, 2001; Rodríguez et al., 2006), así como la leche y los productos cárnicos derivados.

El enriquecimiento de productos de panadería ha consistido tradicionalmente en la adición de los cereales no refinados, pero se está empezando a utilizar otras fuentes de fibra dietaria, principalmente frutas, que presentan mejor calidad nutricional, una mayor cantidad de fibra total y soluble, menor contenido calórico, la capacidad antioxidante más fuerte y una mayor grado de fermentación y la retención de agua (Grigelmo - Miguel & Marti'n - Belloso, 1999b; Larrauri et al., 1996; Saura - Calixto, 1998; Rodríguez et al., 2006). La adición de fibra dietaria a los productos de panadería que también mejora su calidad nutricional, ya que hace posible disminuir el contenido de grasa, mediante el uso de fibra dietaria como sustitutiva de la grasa sin pérdida de calidad (Byrne, 1997; Martin, 1999; Rodríguez et al., 2006). Componentes de fibra aislados tales como almidón resistente y  $\beta$ -glucanos también se utilizan para aumentar el contenido de fibra en bollería, cereales para el desayuno, etc. (Knuckles, Hudso, Chiu, & Sayre, 1997 Rodríguez et al, 2006).

El uso de fibras en los productos lácteos también está muy extendido: por ejemplo, inulina introduce numerosas mejoras en productos lácteos. Mejora cuerpo y sensación

en la boca de los análogos de queso o helado, y reduce la sinéresis en el yogur y otros productos lácteos fermentados (Blecker et al., 2001).

Para la elaboración de confituras y mermeladas, las fibras añadidas más comunes son aquellas que consisten de pectinas con diferente grado de esterificación, que proviene principalmente de frutas y son un factor en el mantenimiento de la estabilidad del producto final. (Grigelmo - Miguel & Marti'n - Beloso, 1999b; 2000; Rodríguez et al., 2006). En el caso de chocolates bajos en calorías y derivados, compuestos de fibra, tales como la inulina y la oligofructosa se usan como sustitutos de azúcar (Gonze & Van der Schueren, 1997; Rodríguez et al., 2006).

La fibra de cítricos se puede incorporar en una amplia gama de productos. Por ejemplo, productos cárnicos (Alesón Carbonell, Fernández - López, Pérez – Álvarez & Kuri, 2005. Fernández- López et al, 2007), peces (Sánchez -Zapata et al, 2008; Viuda - Martos et al, 2010) y productos lácteos (Sendra et al, 2008; Viuda - Martos et al, 2010). Aunque la fibra de cítricos en sí puede ser invisible en los productos alimenticios, se está convirtiendo en uno de los ingredientes más apreciados en el mercado actual.

El contenido de fibra dietética en algunos alimentos (cuadro 8), (Jalili et al., 2001. Ekici y Ercoskun, 2007). Porciones de granos de consumo habitual, las frutas y las verduras contienen sólo 1-3 g de fibra dietética (Marlett y Cheung, 1997). Las legumbres y pan rico en fibra y productos de cereales proporcionan más fibra dietética, pero no son comúnmente consumidos (Slavin, 2003).

Alimento	Fibra (% peso)	Alimento	Fibra (% peso)
Almendras	3	Cachuates	2
Trigo	3	Nuez	2
Lima	2	Brocoli	1
Avena	2	Zanahoría	1
Durazno	2	Fresa	1
Harina de trigo integral	2	Manzana	1
Maíz	2	Harina blanca	<1

**Cuadro 8. Contenido de Fibra de algunos alimentos. (Slavin, 2003).**

## 8.1 Fibras Naturales.

Las fibras naturales son llamadas así debido a la fuente de la que provienen, algunas de estas se utilizan en la industria alimentaria como agentes de cuerpo, prebióticos, probióticos, adición de fibra, entre otros.

En la cuadro 9, se presentan algunas fibras naturales utilizadas en la industria de alimentos.

Producto	Descripción	Propiedades, características y beneficios	Aplicaciones	Niveles de uso
MAKYFIBER	Mezcla de Gomas Acacias, purificadas y secadas por aspersión.	<p>Fibras de acacias: inodora, insípida y soluble en agua.</p> <p>85% mínimo contenido de fibra</p> <p>Libre de transgénicos</p> <p>Certificado Kosher y Hallal</p> <p>Bajas calorías (&lt;2 kcal/g)</p> <p>100% Natural</p> <p>Gracias a su baja viscosidad permite incorporar una gran cantidad de fibra en el producto alimenticio sin modificar su textura.</p> <p>Funciona como prebiótico con un enriquecimiento de la masa bacteriana en el intestino (bifidobacteria y lactobacillo).</p> <p>Tiene un efecto glicémico favorable e hipocolesterolémico.</p> <p>Reduce la acidez</p>	<p>Panificación (panes)</p> <p>Productos lácteos (yogurt, helados, etc)</p> <p>Productos extruidos (botanas)</p> <p>Complementos nutricionales (barras de cereal, sustitutos alimenticios)</p> <p>Sopas</p> <p>Bebidas</p> <p>Confitería (chocolate)</p>	Se recomienda emplear de 2 a 20% (p/p)

		<p>gástrica.</p> <p>Decrece el nivel de colesterol y previene enfermedades cardiovasculares y cáncer intestinal.</p> <p>Facilita la digestión y reduce el tiempo de tránsito.</p>		
<p>Oat Fiber BCS 20</p> <p>Orgánica o convencional</p>	Fibra de avena natural	<p>Las fibras de avena de Grain Millers son manufacturadas a partir de avenas sanas, preseleccionadas.</p> <p>Cumple con FDA.</p> <p>Declaración de Ingredientes: 100% fibra natural de avena.</p> <p>Alérgenos, sulfitos y gluten: ninguno.</p> <p>Sabores: ninguno adicionado.</p> <p>Este producto no contiene material de plantas genéticamente alteradas.</p> <p>200% mínimo de absorción de agua.</p>	<p>Productos de panificación como: galletas, tortillas, pan, barras, etcétera.</p>	<p>En función del aporte de fibra deseado.</p>
<p>OAT FIBER BCS 30</p> <p>Orgánica o convencional</p>	Fibra de avena natural	<p>Manufacturada a partir de avenas sanas, preseleccionadas.</p> <p>Cumple con FDA.</p> <p>Declaración de Ingredientes: 100% fibra natural de avena.</p> <p>Alérgenos, sulfitos y Gluten: ninguno.</p> <p>Sabores: ninguno</p>	<p>Como humectante por su retención de agua como en ciertos productos para mascotas.</p>	<p>En función de la absorción de agua deseada.</p>

		<p>adicionado.</p> <p>Este producto no contiene material de plantas genéticamente alteradas.</p> <p>300% mínimo de absorción de agua.</p>		
<p>Natural Oat HydrocolLoid OBF 600</p> <p>Orgánica o convencional</p>	<p>Avena natural hidocoloide</p>	<p>Manufacturada a partir de avenas sanas, preseleccionadas.</p> <p>Cumple con FDA.</p> <p>Declaración de Ingredientes: 100% fibra natural de avena.</p> <p>Alérgenos, sulfitos y Gluten: ninguno. Sabores: ninguno adicionado.</p> <p>Este producto no contiene material de plantas genéticamente alteradas.</p> <p>330% + 20 de absorción de agua.</p> <p>Propiedades emulsificantes.</p>	<p>Recomendado para emulsiones cárnicas y en productos lácteos.</p>	<p>En función del aporte de fibra deseado y del aporte de fibra deseado.</p>

**Cuadro 9. Fibras utilizadas en alimentos.**

**Fuente. Diccionario de Especialidades para la Industria Alimentaria 2010.**



## 8.2 Fibras Prebióticas

- **Almidón Resistente. HI MAÍZ®**

El Almidón resistente, es una fibra prebiótica con soporte científico y análisis clínicos, la cual proviene del maíz, y actúa como fibra prebiótica insoluble con alta tolerancia. Ésta fibra es ideal para panificación, así como, para productos de baja humedad.

Es 100% natural y se aplica primordialmente en la industria alimentaria.

Dentro de las ventajas de esta fibra, son mantener los niveles de azúcar en la sangre, fibra prebiótica, promueve una digestión saludable, aporta la fibra diaria requerida, 100% natural (DEIA, 2010).

Proveedor: National Starch Food Innovation/ INGREDION MEXICO, S.A DE C.

- **Dextrina Resistente. NUTRIOSE®**

La dextrina resistente, es una fibra prebiótica soluble con soporte científico y análisis clínicos. Es una fuente de fibra prebiótica soluble, muy resistente a procesos y no provee color, olor ni dulzor, adicional a ello, imparte muy baja viscosidad.

Dentro de sus aplicaciones se encuentran las bebidas, los lácteos y las salsas.

Las ventajas de la dextrina resistente son que contiene 85% de fibra soluble, prebiótico, con alta resistencia a procesos, instantaneización (DEIA, 2010).

Proveedor: National Starch Food Innovation / INGREDION MEXICO, S.A DE CV.

### **8.3 Fibras Solubles**

- **Fibra de Acacia**

La fibra de acacia es una fibra funcional 100% soluble, la cual homogeniza y suspende partículas finas en sistemas líquidos. Dentro de sus propiedades fisicoquímicas se encuentra la retención, con un 91% de fibra, 0% de agua y 0% de aceite. Se puede aplicar en diversos alimentos (DEIA, 2010).

Proveedor: Empresas Vilher S.A de C.V.

- **Fibra de Cacao**

Es la primera fibra soluble hecha de semilla de cacao, y sus ingredientes están compuestos de 37% a 42% de fibra soluble. Además, el producto contiene 2.5% de grasa.

Este ingrediente es ampliamente aceptado en varias aplicaciones como: confitería, panificación y bebidas. Puede ser usada para sustituir grasa sin modificar la textura en productos de panificación (DEIA, 2014).

Proveedor: Empresas Vilher S.A de C.V.

- **Fibra de avena (Viscofiber)**

Es una fibra completamente natural, soluble, obtenida a través de procesos de la más alta calidad de la avena, el cual, no provee sabor, color neutro y 50% soluble.

La fibra de avena ayuda a mantener los niveles de colesterol abajo del rango medio, provee sensación de saciedad, ideal para aplicaciones dietéticas que ayuden a la pérdida de peso, ayuda al control de la liberación de azúcar en la sangre y regula el trabajo intestinal (DEIA, 2010).

Proveedor: Empresas Vilher S.A de C.V.

- **Fibra de Lupin**

Este producto es un extracto y estabilizado a través de un proceso de secado puramente físico. La fibra de lupin está libre de químicos y aditivos (DEIA, 2014).

Es obtenida de la parte exterior del grano de altramuz, el cual proviene de una planta *Lupinus luteus* primordialmente de América del Sur.

Este genuino nuevo producto, está caracterizado por una alta concentración de fibras dietéticas con un color neutro y propiedades altamente tecnofuncionales. Dentro de sus propiedades fisicoquímicas se encuentra la retención, con un 88% de retención de fibra, 400% de retención de agua y 160% de retención de aceite.

Su aplicación es variada, desde productos dietéticos así como panadería y extruidos.

Proveedor: Empresas Vilher S.A de C.V.

- **Almidón resistente. PROMITOR™**

El almidón resistente ayuda a adicionar más fibra a los fabricantes de productos horneados y snacks (incluyendo cereal, crackers, galletas, pasta y pan), sin tener impacto alguno en el sabor y la textura. El almidón resistente es un almidón que “resiste” la digestión y actúa como fibra dietaria.

PROMITOR™ Almidón Resistente, es una fibra prebiótica con baja respuesta glicémica. Puede ser etiquetada como almidón de maíz/maíz y puede ser apropiada para productos que hace una declaración “natural” (DEIA, 2010).

Posee baja retención de agua, haciendo fácil el realizar formulaciones con ella cuando se sustituye por harina de trigo en sistemas con bajo nivel de humedad como los crackers y galletas. Tiene el beneficio adicional de reducir el nivel de absorción de aceite de un 15-20% en productos fritos, lo que se traduce en menos calorías y grasa en el producto final.

Tiene la mayor estabilidad térmica comparado con otros almidones resistentes en el mercado. Ha demostrado buena estabilidad al estrés mecánico cuando se compara con otros almidones resistentes. Por lo tanto, la fibra sobrevive mejor durante condiciones de proceso severas como extrusión, laminación y horneado.

Aplicaciones: ofrece estabilidad térmica y al estrés mecánico que es esencial cuando se declara buena o excelente fuente de fibra en productos extruidos o expandidos como barras de cereal y snacks. Brinda resistencia al estrés mecánico, significa que tiene excelente retención de fibra total dietaria en laminaciones de snack. Debido a su contenido de fibra dietaria y baja retención de agua, es útil en alimentos fritos reducidos en calorías y estables en vidas de anaquel, en muffins de baja humedad, galletas y pasteles. Es adecuado para adicionar fibra a pastas, masa para pizza y productos horneados (DEIA, 2010).

Proveedor: ALMIDONES MEXICANOS S.A DE C.V. TATE & LYLE

- **Fibra Soluble de Maíz. PROMITOR™**

Es una fibra prebiótica que es bien tolerada y tiene baja respuesta glicémica. Esta nueva fibra tiene excelente estabilidad al proceso y a la acidez, y se disuelve de forma traslúcida.

Es extremadamente fácil el formular con ésta y puede ser usada para reemplazar edulcorantes tradicionales tanto líquidos como edulcorantes de maíz en polvo, azúcar y azúcares de alcoholes.

Con sólo 2 kcal/g, puede ser usada para reducir calorías mientras que se mantiene el cuerpo y la textura aportada por los edulcorantes nutritivos.

La fibra soluble de maíz cuenta con una gran cantidad de beneficios, dentro de los cuales destacan su aplicación a una amplia gama de alimentos (excelente en lácteos, bebidas, panificación, aderezos, salsas, snacks, rellenos, confitería)

Es una fibra con potencial prebiótico, es altamente estable en procesamientos y almacenaje, se disuelve para dar una solución traslúcida, proporciona baja viscosidad,

es similar en funcionalidad a un jarabe tradicional, brinda características humectantes, brinda alta solubilidad,  $80 \pm \%$ . (DEIA, 2010).

Proveedor: Almidones Mexicanos S.A de C.V, TATE & LYLE

- **Fibra soluble activa de agave. BioAgave®**

Es una mezcla de carbohidratos complejos (fructanos) que no son digeridos en todo el tracto digestivo, llegando intactos hasta el intestino grueso, donde son fermentados por bacterias benéficas como bifidobacterias y lactobacilos, lo cual ocasiona importantes beneficios en la salud (DEIA, 2010).

Dentro de sus propiedades funcionales destacan que es una excelente fuente de fibra dietética, brinda un efecto prebiótico que ha sido comprobado, ayuda a disminuir el contenido calórico de los alimentos, proporciona baja respuesta insulínica, es bajo en calorías (DEIA, 2010).

Esta fibra representa una variedad de ventajas, ya que puede ser utilizado como sustituto de grasa, sustituto de azúcar, agente de textura, mejora la patabilidad y cremosidad, y es completamente soluble (DEIA, 2010).

Los usos y aplicaciones para la fibra soluble activa de agave (inulina de agave) es ideal para cualquier tipo de aplicación, como son: productos lácteos, panificación y galletería, barras de cereal, suplementos alimenticios, confitería, productos cárnicos y alimentos procesados.

Se puede encontrar en el mercado en diferentes presentaciones, como: tpc/280 kg, 70% súper sacco tote/ 1500 kg, en polvo caja/25 kg, 50% súper sacco tpc/260 kg, súper sacco tote/1500 kg, SW-70 tpc/285kg, (DEIA, 2010).

Proveedor: CPINGREDIENTES S.A DE C.V

- **Fibra Soluble (Maltodextrina resistente) FIBERSOL 2TM**

La maltodextrina resistente es una fibra alimenticia funcional, es fuente rica de fibra alimenticia soluble en agua. Es un polvo secado por pulverización producido con un método patentado de hidrólisis enzimática controlada (DEIA, 2010).

Sus propiedades fisicoquímicas destacan por tener apariencia en polvo color hueso, claro, transparente, en disolución al 10%, sin sabor, sin resabios, solubilidad: en agua hasta 70% (w/w) a 20°C, una estabilidad en medios ácidos, al proceso de calentamiento y recalentamiento, congelado y descongelado, su viscosidad es muy baja, 15 cps, en disolución de 30% a 30°C, cuenta con escaso dulzor, por lo que es no dulce (10% de sucrosa a 30° T.S). Su densidad a granel es de aproximadamente 0.48g/ml (30 lbs por pie cúbico) (DEIA, 2010).

La maltodextrina es una fibra alimenticia soluble en agua, 90% mínimo DSB, de acuerdo con el método AOAC #2001, 03. La humedad es 5% máximo, Dextrosa Equivalente: 8.0 a 12.5, su pH es de 4.06 a 6.0, y cuenta con un porcentaje de cenizas del 0.2% máximo (DEIA, 2010).

La fibra soluble otorgará a los alimentos y bebidas, una gran variedad de atributos físicos y sensoriales, aplicaciones clave dentro de bebidas de todo tipo de alimentos reducidos y/o bajos en grasas, alimentos reducidos-bajos en calorías, dulces, complementos y enriquecedores de fibra, en productos horneados, en alimentos nutricionales, en carnes procesadas, en alimentos lácteos cultivados, en postres lácteos congelados, en alimentos de sustitución de comidas, en alimenticios, en suplementos dietéticos, en productos para untar, en alimentos sin azúcar incorporada, en mezclas secas, en sopas, salsas y aderezos, así como en alimentos medicinales (DEIA, 2010).

Proveedor: ADM BIOPRODUCTOS, SA DE C.V / COMERCIAL FEBRERA S.A DE C.V

- **NUTRAFLORA®**

Son fructooligosacáridos de cadena corta (scFOS por sus siglas en inglés).

Su estructura química la hacen altamente selectiva y altamente fermentable por la microflora intestinal. Sus moléculas están terminadas con una unidad de glucosa. Propiedades funcionales: cuenta con más de 200 estudios científicos que demuestran que el consumo de 1 gramo al día ayuda al crecimiento de lactobacilos y bifidobacterias en el intestino.

También está demostrado que el consumo de 3 gramos al día, se mejora significativamente la absorción de calcio y otros minerales esenciales en más del 50%.

Ayuda a mejorar la salud digestiva, fortalece la salud inmunológica y promueve la absorción de calcio para una mejor salud ósea.

Dentro de las ventajas de usar fructooligosacáridos de cadena corta están, la estabilidad a altas temperaturas, es completamente soluble, no afecta la viscosidad del producto final, realza sabores lácteos y frutales, enmascara resabios desagradables como el de la soya y los edulcorantes de alta intensidad, estable en un amplio rango de pH, aumenta la temperatura de congelación, controlado el tamaño de los cristales formados, sustituye azúcar, no participa en reacción de Maillard, conservando la calidad y cantidad de las proteínas, es completamente seguro para diabéticos ya que aporta 1.5 kcal/g.

Es ideal para productos lácteos, panificación y galletería, barras de cereal, suplementos alimenticios, confitería, alimentos infantiles, bebidas en polvo, productos cárnicos.

En el mercado se puede encontrar en diferentes presentaciones, en sacos de papel kraft con liner de polipropileno, de 25 kg/ saco (DEIA, 2010).

Proveedor: CPINGREDIENTES S.A DE C.V

## 8.4 Fibras Insolubles

Los principales beneficios de las fibras insolubles son la reducción de costos, altos rendimientos, reducción de mermas, sustitución de grasas, enriquecimiento de fibra, acción sinérgica con otros ingredientes (DEIA, 2014).

- **Fibras de Trigo. VITACEL®**

En el cuadro 10, se muestran las propiedades fisicoquímicas de la fibra de trigo, así como sus principales aplicaciones.

TIPO	WF-600/30	WF-600	WF-200	WF-400 DV
Color	Blanco	Blanco	Blanco	Blanco
Contenido de fibra (%)	97	97	97	93
Longitud de fibra (µm)	30	80	250	500
Retención de agua (%)	500	550	830	1050
Retención de aceite	310	370	690	1100
Principales Aplicaciones	Bebidas  Suplementos	Panificación  Pastas  Quesos análogos  Extruidos  Antiapelmazante	Cárnicos  Salchichas  Nuggets	Chorizo  Formados de carne

**Cuadro 10. Propiedades Fisicoquímicas de la fibra de trigo y sus aplicaciones.**

**Fuente. Diccionario de Especialidades para la Industria Alimentaria 2014.**



- **Fibras de Avena. VITACEL®**

A continuación en el cuadro 11, se muestran las propiedades fisicoquímicas para la fibra de avena, así como sus principales aplicaciones.

TIPO	HF-401	HF-401/30	HF-301	HF-200	HF-600	HF-600/30
Color	Amarillo Claro	Amarillo Claro	Beige	Blanco	Blanco	Blanco
Contenido de fibra (%)	90	90	92	96	96	96
Longitud de fibra (µm)	75	30	75	200	50	30
Retención de agua (%)	300	350	350	800	500	450
Retención de aceite	150	150	200	500	300	250
Principales Aplicaciones	Panificación Cereales Galletas	Pasta Panificación Galletas	Galletas Panificación Cereales	Cárnicos Panificación Tortillas	Pan Blanco Pan Dulce Galletas Tortillas	Suplementos Bebidas Queso procesado

**Cuadro 11. Propiedades Fisicoquímicas de la fibra de avena y sus aplicaciones.**

**Fuente. Diccionario de Especialidades para la Industria Alimentaria 2014.**

- **Fibras de Manzana. VITACEL®**

En el cuadro 12, se muestran las propiedades fisicoquímicas de la fibra de manzana y sus principales aplicaciones.

TIPO	AF-400/30	AF-450	AF-12
Color	Café	Café	Café
Contenido de fibra (%)	45	45	45
Longitud de fibra (µm)	5	15	15
Retención de agua (%)	30	400	900
Retención de aceite	510	400	500
Principales Aplicaciones	Yogurt	Suplementos	Barras de cereal
	Bebidas	Galletas	Galletas
	Suplementos	Panificación	Suplementos
		Helados	Helados

**Cuadro 12. Propiedades Fisicoquímicas de la fibra de manzana y sus aplicaciones.**

**Fuente. Diccionario de Especialidades para la Industria Alimentaria 2014.**

- **Fibras de Bambú. VITACEL®**

En la cuadro 13, se muestran las propiedades fisicoquímicas para la fibra de bambú, y sus principales aplicaciones.

TIPO	BAF-40	BAF-90	BAF-200	BAF-400 DV
Color	Blanco	Blanco	Blanco	Blanco
Contenido de fibra (%)	97	97	97	94
Longitud de fibra (µm)	50	80	350	500
Retención de agua (%)	350	400	700	1000
Retención de aceite	270	300	500	1050
Principales Aplicaciones	Bebidas  Suplementos	Panificación  Pastas  Quesos análogos  Extruidos  Cárnicos  Antiapelmazante	Cárnicos  Salchichas  Nuggets	Chorizo  Formados de carne

**Cuadro 13. Propiedades Fisicoquímicas de la fibra de bambú y sus aplicaciones.**

**Fuente. Diccionario de Especialidades para la Industria Alimentaria 2014.**

- **Fibras de Celulosa. VITACEL®**

En la cuadro 14, se muestran las propiedades fisicoquímicas para la fibra de celulosa y sus principales aplicaciones.

TIPO	L-600/20	L-600	LC-200	LC-1000	BWW40
Color	Blanco	Blanco	Blanco	Blanco	Blanco
Contenido de fibra (%)	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5
Longitud de fibra (µm)	23	60	300	700	200
Retención de agua (%)	400	470	840	11000	575
Retención de aceite	370	340	680	11000	350
Principales Aplicaciones	Bebidas  Suplementos  Productos Instantáneos	Panificación  Pastas  Quesos análogos  Extruidos Cármicos  Antiapelmazante	Cármicos  Salchichas  Nuggets	Chorizo  Formados de carne	Antiapelmazante  Comida alemán  Panificación  Cármicos

**Cuadro 14. Propiedades Fisicoquímicas de la fibra de celulosa y sus aplicaciones.**

**Fuente. Diccionario de Especialidades para la Industria Alimentaria 2014.**

- **Fibras de papa/ chícharo/ vegetal. VITACEL®**

En el cuadro 15, se muestran las propiedades fisicoquímicas para las fibras de papa, chícharo y fibra vegetal, así como sus principales aplicaciones.

TIPO	PAPA KF-200	PAPA KF-500	CHICHARO EF-100	CHICHARO EF-150	FIBRA VEGETAL PF-200
Color	Beige marrón	Beige marrón	Beige	Beige	Beige marrón
Contenido de fibra (%)	56	56	65	65	77
Contenido de fibra soluble (%)	6	6	0.5	0.5	4
Longitud de fibra (µm)	80-200	400-1000	20-100	30-300	80-250
Retención de agua (%)	1200	1500	500-700	600-900	-
Retención de aceite	2500	2500	2500	2300	3000
Principales Aplicaciones	Cárnicos Panificación Rellenos Productos de papa	Cárnicos Panificación Rellenos Productos de papa	Cárnicos Panificación Rellenos Sopas Instantáneas Inyección de carne	Cárnicos Panificación Rellenos Sopas Instantáneas Salchichas	Cárnicos Panificación Rellenos Salchichas

**Cuadro 15. Propiedades Fisicoquímicas de la fibra de papa, chícharo y vegetales y sus aplicaciones. Fuente. Diccionario de Especialidades para la Industria Alimentaria 2014.**

- **Fibras de maíz / caña de azúcar / *psyllium* / soya. VITACEL®**

En el cuadro 15, se muestran las propiedades fisicoquímicas para las fibras de maíz, caña de azúcar, *psyllium* y soya, así como sus principales aplicaciones.

TIPO	MAIZ MF-405	CANA AZÚCAR 601	DE SF-	PSYLLIUM P-95	SOYA SAF-401	SOYA SAF-401/30	FIBRA DE NARANJA OF 400/30
Color	Amarillo	Blanco		Café	Beige	Beige	Ligeramente amarillo
Contenido de fibra insoluble (%)	60	93		80	70	70	60
Contenido de fibra soluble (%)	-	-		-	6	6	28
Longitud de fibra (µm)	32-200	40		250	12-300	30-120	30
Retención de agua (%)	280	350		2000	400	250-450	860
Retención de aceite	200	270		-	-	-	-
Principales Aplicaciones	Extruidos  Cereal para desayuno	Panificación  Marinadores Tortilla  Antiapelmazante		Cereal para desayuno  Panificación  Cámicos  Suplementos alimenticios	Cámicos  Suplementos alimenticios	Cámicos  Suplementos alimenticios	Panificación  Bebidas  Barras de fruta

**Cuadro 15. Propiedades fisicoquímicas para las fibras de maíz, caña de azúcar, *psyllium* y soya, así como sus principales aplicaciones. Fuente. Diccionario de Especialidades para la Industria Alimentaria 2014.**

PROVEEDOR: RETTENMAIER MEXICANA, S.A. de C.V.

## 8.5 Fibras Funcionales

### ▪ CITRI-FI

Descripción: ingredientes multifuncionales elaborados a partir de frutos cítricos.

Productos:

- CITRI-FI 100 (100% pulpa cítrica)
- CITRI-FI 200 (en infusión con goma guar)
- CITRI-FI 300 (en infusión con goma xantana)

Las principales ganancias y beneficios mostrados con la utilización de las fibras a base de cítricos destacan mejores rendimientos de partir del ligado firme del agua para reducir las pérdidas por purga, sinergia, chorreo y evaporación, menores costes procedentes del reemplazo parcial de ingredientes de mayor precio (huevos, grasas, aceites y carnes) por CITRI-FI y agua. Menores costes procedentes por el reemplazo de sistemas de gomas complejas y estabilizadoras de mayor precio. Menores costes de energía y mano de obra, gracias a los menores tiempos de cocción y horneado cuando las grasas y los aceites se reemplazan parcialmente por CITRI-FI y agua.

La calidad y textura se ven mejoradas, la palatabilidad mejora debido a una distribución más uniforme de la humedad del producto. Se percibe una menor migración de humedad, formación de cristales de hielo y sinergia en el descongelado, gracias al ligado firme del agua libre. El agua firmemente ligada mantiene la frescura y retrasa el tiempo de frescura debido a la inhibición de la migración de humedad, amenora la purga.

El sabor se ve mejorado debido a la mayor retención de jugos naturales de cocción, una mejor textura, sensación en boca y gusto cuando las gomas se reemplazan con CITRI-FI.

Se puede ver un beneficio en las declaraciones nutrimentales gracias al etiquetado completamente natural, CITRI-FI es GRAS, no GMO, no alérgeno y no contiene gluten, a la reducción de las calorías, la grasa, las grasas trans y saturadas, reemplazo parcial del aceite y la grasa (DEIA, 2014).

Etiqueta de ingredientes más natural cuando se utiliza CITRIS-FI para reemplazar emulsionantes sintéticos e ingredientes estabilizadores, fosfatos y sistemas de gomas complejas, colesterol reducido a partir del reemplazo parcial del huevo.

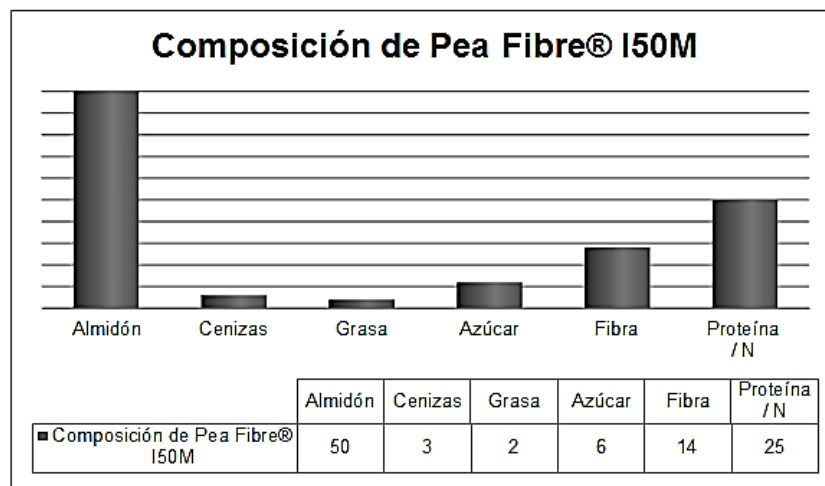
Las aplicaciones más comunes para la fibra a base de cítricos son productos horneados, bebidas, productos lácteos, grasas y aceites, alimentos congelados, frutas y vegetales, carnes, salsas y aderezos (DEIA, 2014).

Proveedor: Empresas Vilher, S.A de C.V

- **Fibra interna de chícharo (Pea Fibre® I50M)**

Es una mezcla compleja de fibras insolubles, solubles, almidón nativo y proteína de chícharo *Psium savitum*, la cual ofrece múltiples ventajas organolépticas y tecnológicas. Debido a sus excelentes propiedades emulsificantes y ligantes, La fibra interna de chícharo, puede ser incluido en formulaciones para reducir la concentración de ingredientes más costosos como carne, grasa, emulsificantes y/o hidrocoloides, conservando el sabor, el color y la textura de los productos terminados, (DEIA, 2014).

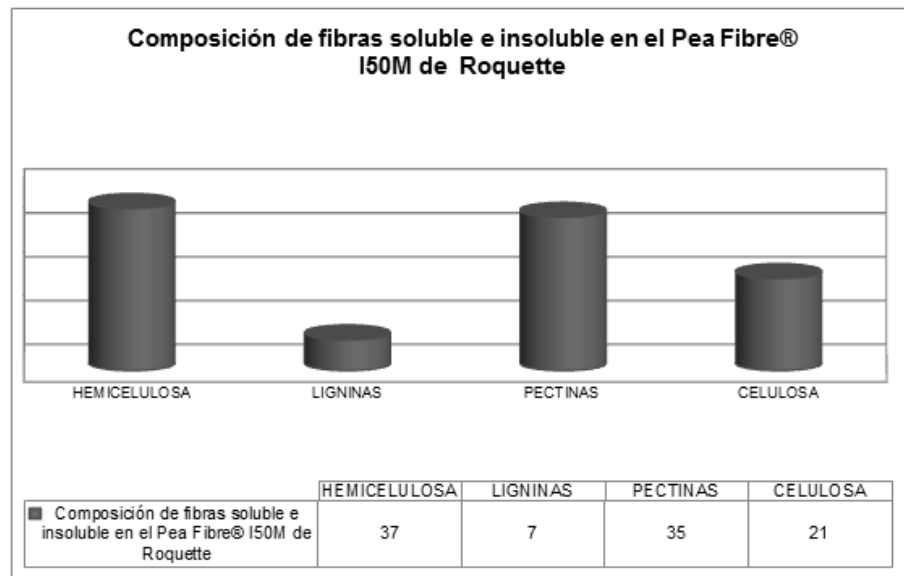
En la Gráfica 1, se muestra la composición en proporción de cada uno de los nutrientes que conforman la fibra de chícharo.



**Gráfica 1. Composición de la fibra de chícharo. Fuente. Diccionario de Especialidades para la Industria Alimentaria 2014.**



En la Gráfica 2, se representa la proporción de fibra insoluble contenida en la fibra de chícharo.



**Gráfica 2. Composición de fibras soluble e insoluble, de la fibra de chícharo. Fuente. Diccionario de Especialidades para la Industria Alimentaria 2014.**

A diferencia de otras fibras disponibles en el mercado, Pea Fibre® I50M tiene un bajo impacto sobre la viscosidad, incluso a temperaturas de cocción. Dicha propiedad permite que esta fibra pueda ser adicionada a mayores concentraciones (DEIA, 2014).

Otra ventaja, es que produce geles más firmes y homogéneos que otras fibras, especialmente cuando se compara contra la fibra de trigo. Además, posee un sabor prácticamente neutro y un color casi blanco (DEIA, 2014). También desarrolla emulsiones muy estables, similares a las obtenidas con los concentrados de proteína de soya, pero a un menor costo.

Las aplicaciones para la fibra de chícharo son variadas, desde salsas y aderezos, emulsiones cárnicas y análogos de carne, productos marinos procesados, productos de panificación, botanas, cereales, hasta barras nutricionales (DEIA, 2014). Proveedor: ROQUETTE MÉXICO, S.A DE C.

- **Celulosa en Polvo VITACEL®**

La composición de la celulosa microcristalina es a partir de un concentrado de fibra de celulosa de alta pureza. Dentro de sus propiedades sensoriales se caracterizan el sabor neutro, olor neutro y polvo blanco.

Por su fisiológico nutricional se encuentran avaladas por la AOAC, ya que cuentan con el 99% de contenido total de fibras dietarias, se conforman mayormente por fibras insolubles, son libres de gluten, libre de ácido fólico, y sin potencial alergénico.

Como fibra funcional, presente una estructura fibrosa tridimensional, con efectos capilares, alto poder de retención de aceite y de agua de hasta un 1.100%, mejora la textura y estructura, presenta un funcionamiento independiente de temperatura, presión o valor pH, representa muy alta seguridad microbiológica en el producto, y su tiempo de conservación es de 5 años.

Los campos de aplicación son variados, desde panes y productos de panadería, carnes y productos embutidos, yogures, extruidos y pastas, bebidas, preparados frutales, suplementos nutritivos, productos ultra congelados y comidas precocinadas (Rettenmaier & Shöne, 2014)

- **Celulosa Microcristalina VIVAPUR®**

La composición de la celulosa microcristalina es a partir de un concentrado de fibra de celulosa de alta pureza. Dentro de sus propiedades sensoriales se caracterizan el sabor neutro, olor neutro y polvo blanco.

Por su fisiológico nutricional se encuentran avaladas por la AOAC, ya que cuentan con el 99% de contenido total de fibras dietarias, se conforman mayormente por fibras insolubles, son libres de gluten, libre de ácido fólico, y sin potencial alergénico.

Es una fibra funcional, ya que cuentan con muy buenas propiedades de fluidez y dispersión, con muy buenas propiedades de compactibilidad, presenta un funcionamiento independiente de temperatura, presión o valor pH, muy alta

seguridad microbiológica en el producto, con un tiempo de conservación de hasta 5 años.

Los campos de aplicación son variados, desde panes y productos de panadería, carnes y productos embutidos, yogures, extruidos y pastas, bebidas, preparados frutales, suplementos nutritivos, productos ultra congelados y comidas precocinadas (Rettenmaier & Shöne, 2014)

- **Geles de celulosa microcristalina VIVAPUR®**

La celulosa microcristalina (MCC) coloidal revestida con celulosa modificada, forma un gel tixotrópico bajo la influencia de fuerzas de cizallado.

Como parte de sus propiedades sensoriales presentan un sabor y olor neutro, y en apariencia es en polvo gris pálido o gel opalino. Por sus características nutritivas es libre de calorías, libre de gluten, libre de ácido fólico y sin potencial alergénico.

Sus propiedades funcionales son estabilizante, espesante, gelatinizante, propiedades tixotrópicas, muy alta seguridad microbiológica en el producto, tiempo de conservación hasta de 2 años.

Los geles de celulosa tienen una amplia aplicación dentro de la industria de los alimentos, en cremas heladas, preparados frutales, mayonesas y aderezos, bebidas, preparaciones frutales, suplementos nutritivos, productos ultracongelados y comidas precocinadas (Rettenmaier & Shöne, 2014)

- **Geles de fibra de trigo VITACEL®**

La fibra de trigo coloidal revestida con maltodextrina, forma un gel tixotrópico bajo la influencia de fuerzas de cizallado.

Como propiedades sensoriales presenta sabor y olor neutro, y un gel opalino. Sus propiedades nutritivas son sin potencial alergénico, libre de gluten, libre de ácido fólico y libre de calorías. Funcionalmente es estabilizante, espesante, gelatinizante,

con propiedades tixotrópicas, brinda alta seguridad microbiológica al producto, y cuenta con un tiempo de conservación de hasta 2 años.

Los campos de aplicación para el gel de fibra de trigo son en cremas heladas, suplementos nutritivos, mayonesas y aderezos, bebidas, preparados frutales, productos ultracongelados y comidas precocinadas (Rettenmaier & Shöne, 2014)

- **Sustituto de Grasa VITACEL® MCG**

Es un sustituto de grasa basado en sistemas coloidales (compuesto de fibras dietarias solubles e insolubles, MCC & CMC). Brinda sensorialmente al producto final, sabor neutro, formando un polvo gris pálido o beige.

Fisiológico nutritivamente representa un reductor de grasa, libre de calorías, libre de gluten, libre de ácido fólico y sin potencial alergénico. Cuenta con propiedades funcionales, tales como, imitación de grasa, alta retención de agua, brinda muy alta seguridad microbiológica en el producto, su tiempo de conservación es de 18 meses.

El campo de aplicación dentro de la industria de alimentos, es variado, salchichones y embutidos, patés, productos de carne picada, mayonesas y aderezos, productos panificados, quesos elaborados, suplementos nutritivos, productos ultracongelados y comidas precocinadas (Rettenmaier & Shöne, 2014)

## 9. COMENTARIOS

Gracias al desarrollo de tecnologías y al cambio evolutivo que ha tenido la sociedad por medio de la globalización, los consumidores han tenido diferentes expectativas relevantes con respecto a los alimentos, y su calidad nutricional, así como la importancia que le han brindado a su salud, debido al desgaste por el estrés y la contaminación ambiental.

La demanda de alimentos funcionales, bajos en calorías, bajos en grasas saturadas y colesterol, ha sido aumentada en los últimos años.

Los alimentos funcionales pueden ser definidos como alimentos que brindan efectos positivos a la salud, ya que un importante desarrollo dentro de estos productos, es la adición y mezcla de la fibra dietaria.

El enriquecimiento de los alimentos con fibra dietaria es una forma de promover la funcionalidad en los alimentos de manera nutricional, influenciando las propiedades térmicas y reológicas de los productos finales.

Los científicos, así como los proveedores de fibra y las industrias alimentarias, han formado parte de esta gran evolución en los alimentos, sin embargo, la sinergia de estos en conjunto con los consumidores, es vital para obtener el beneficio adecuado de los productos alimenticios.

Razón por la cual, el presente trabajo busca ampliar el panorama sobre el tipo de ingredientes que pueden utilizarse en el desarrollo de nuevos productos funcionales.

## xi. REFERENCIAS

1. (Eds.) (2004) Dietary fibre: Bioactive carbohydrates for food and feed (pp. 21-26). 2004, The Netherlands: Wageningen Academic Publishers.
2. Abdul-Hamid, A. -Luan, Y. S (2000). Functional properties of dietary fiber prepared from defatted rice bran. *Food Chemistry*, 68, pp. 15-19.
3. Ajila, C. M. -Prasada Rao, U. J. S. (2013). Mango peel dietary fibre: Composition and associated bound Phenolics. *Journal of Functional Foods* 5, pp. 444-450.
4. Alesón-Carbonell, L. -Fernandez-Lopez, J. -Perez-Alvarez, J. A. -Kuri, V.(2005). Functional and sensory effects of fibre-rich ingredients on breakfast fresh sausages manufacture. *Food Science and Technology International*, 11, 2005, No. 2, pp. 89-97.
5. Álvarez, Vallejo Tania (2013). Tesis. “Efecto de un recubrimiento comestible adicionado con probióticos (*Lactobacillus casei shirota*) sobre las características texturales, microbiológicas y fisicoquímicas del brócoli mínimamente procesado durante su vida de anaquel”.
6. Anderson, J. W. -Baird, P. -Davis, R. H. -Jr., Ferreri, S. -Knutson, M. -Koraym, A. -Waters, V. -Williams, C. L. (2009). Health benefits of fibre. *Nutrition Reviews*, 67, 2009, pp. 188-205.
7. Anderson, J. W. -Smith, B. M. -Guftanson, N. J.(1994). Health benefits and practical aspects of high-fiber diets. *Am. J. Clin. Nutr.*, 59 (Suppl.), 1994, pp. S1242-S1247.
8. Andreasen, M. F. -Landbo, A. K. -Christensen, L. P. -Hansen, A. -Meyer, A. S.(2001). Antioxidant effects of phenolic rye (*Secale cereale L.*) extracts, monomeric hydroxycinnamates, and ferulic acid dehydrodimers on human low-density lipoproteins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 2001, pp. 4090-4096.
9. Arai S. (1996). Studies on functional foods in Japan. State of the art. *Biosci. Biotech. Biochem.* 60: 9-15.
10. Asp, N. G.: Definition and analysis of dietary fibre in the context of food carbohydrates. In J. M. van der Kamp, N. G. Asp, J. Miller, & G. Schaafsma.
11. Baena, Luz María, García Cardona Andrea Natalia. (2012). Tesis. “Obtención y caracterización de fibra dietaria a partir de la cascarilla de las semillas tostadas de *Theobroma cacao L.* De una industria chocolatera Colombiana” 2012.
12. Bellei G, Haslberger A. *Journal für Ernährungsmedizin* (2012) Dietary Fibre and Prebiotics; 14 (4), 12-15.
13. Bello, J (2000). Alimentos con propiedades saludables especiales. En *Alimentos composición y propiedades*. Ed. Mc.Graw-Hill. Interamericana España, 1ª edición. Astiasarán I, Martínez A. Cap15: 343-355. Palou A, et al Op. Cit

14. Better Health Channel. Fibre in food. Deakin University. School of Exercise and Nutrition Sciences. [www.betterhealth.vic.gov.au](http://www.betterhealth.vic.gov.au)
15. Bingham, S. A. et al. (2003): Dietary fiber in food and protection against colorectal cancer in the european prospective investigation into cancer and nutrition (EPIC): an observational study. *The Lancet*, 361, 2003, pp. 1496-1499.
16. Bjerrum, K. S. (1993). New applications for pectins. *Food Technology*, 3, 1996, pp. 32-34.
17. Blecker, C. -Chevalier, J. P. -Van Herck, J. C. -Fougnies, C. -Deroane, C. -Paquot, M (2001). Inulin: Its physicochemical properties and technological functionality. *Recent Research Development in Agricultural and Food Chemistry*, 5, 2001, pp. 125-131.
18. Bollinger, H (2001). Functional drinks with dietary fibre. *Fruit Process*, 12, 20001, pp. 252-254.
19. Bourquin, L. D. -Titgemeyer, E. C. -Fahey, Jr. G. C (1996). Fermentation of various dietary fiber sources by human fecal bacteria. *Nutrition Research*, 16, 1996, No. 7, pp. 1119-1131.
20. British Journal of Nutrition Technological functionality of inulin and oligofructose. A. Franck. (2002). Orafit Active Food Ingredients, Research and Development, Aandorenstraat, 1, 3300, Tenien, Belgium.
21. Chantaro, P. -Devahastin, S. -Chiewchan, N (2008). Production of antioxidant high dietary fiber powder from carrot peels. *LWT-Food Science and Technology* 4, 2008, pp. 1987-1994.
22. Charley H, (1982). *Food Science*, 2<sup>nd</sup> ed, Jhon Wiley and Sons, New York
23. Cho, S. S. -Prosky, L. -Dreher, M. L.: *Complex carbohydrates in foods.*: CRC Press 676, 1999.
24. Codex STAN 243-2003.
25. Cofrades, S. -Guerra, M. A. -Carballo, J. -Fernández-Martín, F. -Jiménez-Colmenero, F (2000). Plasma protein and soy fiber content effect on bologna sausage properties as influenced by fat level. *Journal of Food Science*, 65, 2000, No. 2, pp. 281-287.
26. Collins y Gibson, (1999), "Application of Prebiotics in Poultry Production", University of Purdue, West Lafayette, Indiana: Department of Animal Sciences, p.p. 627-629.
27. Coulter TP (1989). *Food The Chemistry of its components*, 2<sup>nd</sup> ed, Cambridge.
28. Cruz M. (2002). Caracterización fisicoquímica, fisiológica y funcional de residuos fibrosos de cáscara de maracuyá (*Pasiflora edulis*). [tesis para obtener el grado de Ingeniero]
29. Cui, S. W. -Nie, S. -Roberts, K. T (2011). Functional properties of dietary fibre. *Biotechnology*, 4, 2011, pp. 517-525.

30. Davidson, M. H. -McDonald, A (1998). Fiber: Forms and function. *Nutrition Research*, 18, 1998, pp. 617-624.
31. Debusca, Alicia et al (2013) Interactions of dietary fibre and omega-3-rich oil with protein in surimi gels developed with salt substitute. *Food Chemistry*.
32. DEIA. Diccionario de Especialidades para la Industria Alimentaria. Edición 20. 2010. ISBN: 978-607-7767-10-7
33. DEIA. Diccionario de Especialidades para la Industria Alimentaria. Edición 20. 2014. <http://www.especialidadalimentaria.com/inicio>
34. Dello Staffolo, M. -Bertola, N. -Martino, M. -Bevilaqua, A. (2004): Influence of Dietary fiber addition on sensory and rheological properties of yogurt. *International Dairy Journal*, 14, 2004, pp. 263-268.
35. DeVries, J. W.: Validation official methodology commensurate with dietary fibre research and definitions. In J. W. van der Kamp, J. Jones, B. McCleary, & D.Topping (Eds.), *Dietary fibre: New frontiers for food and health* (pp. 29-48).
36. Dimer & Gibson 1998; Zimmer & Gibson, 1998; Sanders, 1998; Vaughan et al., 1999; Zubillaga 2001; Holzapfel & Schillinger, 2002. *Dietary Fibre Analysis*. Mc Cleary, Barry V. *Proceeding of the Nutrition Society* (2002). 62.
37. Domínguez-Vergara, Ana María; Luz Vázquez-Moreno; Gabriela Ramos-Clamont Montfort (2009). "Revisión del papel de los oligosacáridos prebióticos en la prevención de infecciones gastrointestinales" Centro de Investigaciones en Alimentación y Desarrollo A.C. Hermosillo, Sonora, México.
38. Douglas, Linda et al (2008). Probiotics and Prebiotics in Dietetics Practice. *Perspectives in Practice*. Research. *Journal of the American Dietetic Association*.
39. Dreher, M. L (2001). Dietary fiber overview. In: McCleary, B.V., Prosky, L. (Eds.), *Advanced Dietary Fibre Technology*. Blackwell Science, Oxford, UK, 2001, pp. 1-16.
40. Du, C. X. -Niu, M. S. -Liu, X. J.(2005): The research process of modification and application of dietary fiber. *Journal of Dalian Nationalities University* 5, 2005, pp. 18-21.
41. Duxbury, D. (2004): Dietary fiber: still no accepted definition. *Food Technology*, 58, 2004, pp. 70-71, 80.
42. É, Fernández, et al. (2006), "Probiotics", en el *Novére*, vol. 2, núm 12, USA: *Computational Biology*, pág. 176.
43. E. Escudero Álvarez, y P. González Sánchez (2002). "La fibra dietética" *Unidad de Dietética y Nutrición*. Madrid.
44. Eastwood, M. A.: Dietary Fiber and risk of cancer. *Nutr. Rev.*, 7, 1987, pp. 193.
45. EFSA (2010). Scientific opinion on dietary reference values for carbohydrates and dietary fibre. *EFSA Journal*, 8, 2010, No.3, p. 1462.



46. Ekici, L. -Ercoskun, H.: "Et Urunlerinde Diyet Lif Kullanımı."Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi. Sayı 1, 2007, pp. 83-90.
47. Elleuch, M. -Bedigian, D. -Roiseux, O. -Besbes, S. -Blecker, C. -Attia, H.: Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. *Food Chemistry*, 124, 2011, pp. 411-42.
48. Elleuch, M. -Besbes, S. -Roiseux, O. -Blecker, C. -Deroanne, C. -Drira, N.-E.: et al.: Date flesh: Chemical composition and characteristics of the dietary fibre. *Food Chemistry*, 111, 2008, pp. 676-682.
49. Estruch, R. -Martinez-Gonzalez, M. A. -Corella, D. -Basora-Gallisa', J. -Ruiz-Gutierrez, V. -Covas, M. I. -Fiol, M. -Go'omez-Gracia, E. -Lopez-Sabater, M. C. -Escoda, R. -Pena, M. A. -Diez-Espino, J. -Lahoz, C. -Lapetra, J. -Saez, G. -Ros, E. (2009): Effects of dietary fibre intake on risk factors for cardiovascular disease in subjects at high risk. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 63, 2009, pp. 582-588.
50. Eussen, S. R. B. M. -Verhagen, H. -Klungel, O. H. -Garssen, J. -van Loveren, H. -van Kranen, H. J. -Rompelberg, C. J. M. (2011): Functional foods and dietary supplements: Products at the interface between pharma and nutrition. *European Journal of Pharmacology* 668, 2011, pp. S2-S9.
51. Fagan, C.C. -O'Donnell, C.P. -Cullen, P.J. -Brennan, C. S. (2006): The effect of dietary fibre inclusion on milk coagulation kinetics. *Journal of Food Engineering* 77, 2006, pp. 261-268.
52. Ferguson, L. R. -Harris, P. J. (2003): The dietary fibre debate: more food for thought. *The Lancet*, 361, 2003, pp. 1487-1488.
53. Fernández-López, J. -Viuda-Martos, M. -Sendra, E. -Sayas-Barberá, E. -Navarro, C. -Pérez-Alvarez, J. A. (2007): Orange fibre as potential functional ingredient for dry-cured sausages. *European Food Research and Technology*, 226, 2007, No. 12, pp. 1-6.
54. Figueroa, Ivonne, Gómez Ruíz Lorena, García Garibay Mariano, et al., (2006).
55. Figueroa, Ivonne, Gómez Ruíz Lorena, García Garibay Mariano, et al., (2006). "El Beneficio de los Probióticos", en *Industria Alimentaria*.
56. Figuerola, F. -Hurtado, M. L. -Estévez, A. M. -Chiffelle, I. -Asenjo, F.: Fibre concentrates from apple pomace and citrus peel as potential fibre sources for food enrichment. *Food Chemistry*, 91, 2005, pp. 395-401.
57. Fodd Industry Updates Ingredients. (2003). Leatherhead Food International. ISSN: 1358-6343.
58. Food and Nutrition Board, Institute of Medicine: Dietary reference intakes. Proposed definition of dietary fiber. A report of the panel on the definition of dietary fiber and the

- standing committee on the scientific evaluation of dietary reference intakes. Washington, DC: National Academy Press, 2001.
59. Fuentes-Zaragoza, E. -Riquelme-Navarrete, M.J. -Sánchez-Zapata, E. -Pérez Álvarez, J.A. (2010): Resistant starch as functional ingredient: A review. *Food Research International*. doi: 10.1016/j.foodres.2010.02.004.
  60. Fuller Roy, (1989), "Probiotics: Their Development and use", p.p. 365-378.
  61. Fuller, R. -Gibson, G. R. (1997): Modification of the intestinal microflora using probiotics and prebiotics. *Scandinavian Journal of Gastroenterology Supplement*, 222, 1997, pp. 28–31.
  62. *Functional Food Science in Europe*, 2009.
  63. *functional meat products development* (pp. 1-17), 2008. Kerala: Trans world Research Network.
  64. García Herrera, P. -Sánchez-Mata, M. C. -Cámara, M. (2004): Nutritional characterization of tomato fiber as a useful ingredient for food industry. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 11, 2004, No:4, 707-711.
  65. Gelroth, J. -Ranhotra, G. S. (2001): Food uses of fibre. In S. Sungsoo Cho & M.S. Dreher (Eds.), *Hand book of dietary fibre*. New York: Taylor and Francis, 2001.
  66. Gibson, G. R. -Roberfroid, M. B.: Dietary modulation of the human colonic microbiota: Introducing the concept of prebiotics. *Journal of Nutrition*, 125, 1995, pp. 1401-1412.
  67. Gibson, R. Glenn (1999). *Nutritional and Health Benefits of Inulin and Oligofructose. Dietary Modulation of the Human Gut Microflora Using the Prebiotics Oligofructose and Inulin*. Department of Food Science and Technology, The University of Reading, Earley Gate, Reading, UK.
  68. Gibson, R. Glenn et al (2010) *Dietary prebiotics: current status and new definition*. *Food Science and Technology*. International Food Information Service.
  69. Gibson, R. Glenn et al. (2007) *Functional Foods and Probiotics and Prebiotics*. Vol 28. No.2 (September 2007).
  70. Glicksman J. (1982). *Food applications of gums*. In: Lineback DR, Inglett GE (eds), *Food Carbohydrates*, Westport.
  71. Glicksman J. *Food applications of gums*. In; Lineback DR, Inglett GE (eds), *Food Carbohydrates*, Westport, CT: AVI, 1982.
  72. Gonze, M. -Van der Schueren, F.: Sugar-free chocolate. *Candy Industry*, 162, 1997, pp. 42-45.
  73. Grajek et al (2004). *Acta Biochimica Polonica*. Vol. 52 No. 3/2005, 665–671. Probiotics, prebiotics and antioxidants as functional foods. Wlodzimierz Grajek, Anna Olejnik and

Anna Sip. Department of Biotechnology and Food Microbiology, August Cieszkowski Agricultural University of Poznan, Poznan, Poland

74. Gray, J.: Dietary Fibre. Definition, analysis, physiology and health. In ILSI Europe Concise Monograph Series (pp.7-26), 2006. Brussels: ILSI Europe. ISBN: 90-78637-03-X
75. Gray, J.: Dietary Fibre. Definition, analysis, physiology and health. In ILSI Europe Concise Monograph Series (pp.35), 2006. Brussels: ILSI Europe.
76. Grigelmo-Miguel, M. -Gorinstein, S. -Martin-Belloso, O. (1999a): Characterization of peach dietary fibre concentrate as a food ingredient. *Food Chemistry*, 65, 1999a, pp. 175-181.
77. Grigelmo-Miguel, N. -Martina-Belloso, O. (1999): Influence of fruit dietary fiber addition on physical and sensorial properties of strawberry jams. *Journal of Food Engineering*, 41, 1999b, pp. 13-21.
78. Grossi, A. -Søltøft-Jensen, J. -Knudsen, J.C. -Christensen, M. -Orlien, V. (2011): Synergistic cooperation of high pressure and carrot dietary fibre on texture and colour of pork sausages. *Meat Science* 89, 2011, pp. 195-201.
79. Guzek, Donald Brian et al (1994). Patente. Povidextrosa Modificada y procedimiento para su preparación. Pfizer Inc. New York.
80. Ha MA, Jarvis MC y Mann JL. (2000). A definition for dietary fibre. *Eur J Clin Nutr* 54:861-864.
81. Handbook of dietary fiber. Susan Sungsoo. New York. Marcel Dekker Inc. 2001. ISBN: 0-8247-8960-1.
82. Hong, Y. -Zi-jun, W. -Jian, X. -Ying-jie, D. -Fang, M.(2012): Development of the dietary fiber functional food and studies on its toxicological and physiologic properties. *Food and Chemical Toxicology* 50, 2012, pp. 3367-3374.
83. Jaime, L. -Molla, E. -Fernández, A. -Martín-Cabrejas, M. A. -López-Andréu, F. J. -Esteban, R. M. (2002): Structural carbohydrate differences and potential source of dietary fiber of onion (*Allium cepa* L.) tissues. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 2002 No. 1, pp. 122-128.
84. Jones, P.J. (2002). Clinical nutrition: 7 Functional foods – more than just nutrition. *Can. Med. Assoc. J.* 166 (12): 1555.
85. Kailasapathy, K. y J. Chin (2000). "Survival and therapeutic potencial of probiotic organisms with reference to *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium* spp. *Inmunology and Cell Biology*. 78:80-88.
86. Kamp, J. W. -Asp, J. -Miller, J. -Schaafsma, G. (2004): Dietary fiber. Wageningen, The Netherlands: Wageningen Academic Publishers 2004, pp. 1-357.
87. Kellogg, J. H.: The new dietetic: A guide to the scientific feeding in health and disease. Battle Creek, MI: Modern Medicine Publishing, 1923.

88. Kendall, C. W. C. -Esfahani, A. -Jenkins, D. J. A.: The link between dietary fibre and human health. *Food Hydrocolloids* 24, 2010, pp. 42-48.
89. Kicke et al. (1980). United States Patent. Processed Vegetable Seed Fiber for Food Products.
90. Kim, Y. I.: AGA technical review: impact of dietary fiber on colon cancer occurrence. *Gastroenterology* 118, 2000, pp. 1235-1257.
91. Kimm, S.: The role of dietary fiber in the development and treatment of childhood obesity. *Pediatrics* 96, 1995, pp. 1010-1014.
92. King, A. and G. Young (1999). Characteristics and occurrence of phenolic phytochemicals, *J. Am. Dietetic Assoc.*, 99: 213-218.
93. Knuckles, B. E. -Hudson, C. A. -Chiu, M. M. -Sayre, R. N.: Effect of beta-glucan barley fractions in high-fiber bread and pasta. *Cereal Foods World*, 42, 1997, pp. 94-96.
94. Kolida et al. (2002) *British Journal of Nutrition*. Prebiotic Effects of inulin and oligofructosa-87 Food Microbial Sciences Unit, School of Food Biosciences. The University of Reading, Whiteknights, Reading, RG6 6AP, UK.
95. Kopp, (2001) «Probióticos y salud” en *Public Health*, vol. 5, núm 2, Wisconsin :Department of Medicine, p.p. 4-6
96. Kunzek, H. -Müller, S. -Vetter, S. -Godeck, R.: The significance of physico chemical properties of plant cell wall materials for the development of innovative food products. *European Food Research and Technology*, 214, 2002, No. 5, pp. 361-376.
97. La Course, W. R.: *Carbohydrates and Other Electrochemically Active Compounds in Functional Foods*. 2008, pp 466-492. Edited by W. Jeffrey Hurst, *Methods of Analysis for Functional Foods and Nutraceuticals*. Second Edition CRC pres.
98. Lajolo M, Saura C, Witing P, Wenzel M (2001). *Fibra Dietética en Iberoamérica: Tecnología y salud. Obtención, caracterización, efecto fisiológico y aplicación en alimentos*. Ed. Varela. Brasil. 84-358 p.
99. Larrauri, J. A. -Ruperez, P. -Borroto, B. -Saura-calixto, F.: Mango peel as a new tropical fibre: Preparation and characterization. *Lebensmittel Wissenschaft Und Technology*, 29, 1996, pp. 729-733.
100. Larrauri, J. A.: New approaches in the preparation of high dietary fibre powders from fruit by-products. *Trends in Food Science and Technology*, 10, 1999, pp. 3-8.
101. Li, S. F. -Hao, L. P. -Yin, X. P. -Su, Y. L. (2003): Study on the Optimum of Almond Oil Extraction by Enzyme. *Cereals and Oils Processing*, 2003, No. 6, pp. 40-41.
102. Liu, C. M. -Liu, W. -Wan, J. et al. (2005): Influence of instantaneous high pressure treatment on the solubility of dietary fiber. *Food Science* 8, 2005, pp. 110-113.

103. Liu, Y. (2008): Study on the extraction technics conditions and characteristics of dietary fiber from citrus peel by fermentation with lactobacillus and Trichoderma viride. Sichuan Agricultural University, a Master's degree Thesis, 2008.
104. Ma, Y. X. -Wang, Y. -Gao, Y. et al. (2005): Study on multifunctional activation of soy bean dietary fiber. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods 5, 2005, pp. 35-36.
105. Madrigal, Lorena y Sangronis (2010) La inulina y derivados como ingredientes claves en alimentos funcionales. Madrigal, Lorena y Sangronis, Elba. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. Órgano Oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición. Venezuela.
106. Mann, J. I. -Cummings, J. H.: Possible implications for health of the different definitions of dietary fibre. Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases, 19, 2009, pp. 226-229.
107. Martin, K.: Replacing fat, retaining taste. Food Enginyer International, 24, 1999, pp. 57-59.
108. Mateu X. (2004). La fibra en la alimentación Farmacia Hospitalaria. Barcelona. Editorial: Gráficas celler S.A. 19 p.
109. Mattila-Sandholm y Saarela, (2003), "Functional Foods", en Journal Nutritional Biochemistry, Vol. 16, núm, 6, USA: Department of Agriculture, pp. 693-699.
110. Mattila-Sandholm y Saarela, (2006). Probiotics in Food Safety and Human Health.
111. McCance, R. A. -Lawrence R. D.: The carbohydrate content of foods-inulin and the fructosans. Medical Research Council, Special Report Series, 135, 1929, pp. 58.
112. Mendelof, A. I.: Dietary fiber and gastrointestinal disease. Am. J. Clin. Nutr., 45, 1987, pp. 1267-1270.
113. Mitchell, H. L.: Fibre-enriched beverages and Litesse Registered. Soft Drinks International 2001, pp. 25-27.
114. Mongeau, R. (2003): Dietary fibre. In R. Macrae, R. K. Robinson, & M. J. Sadler (Eds.) Encyclopaedia of food science and nutrition (2003, pp. 1362-1387). NewYork: Academic Press.
115. Naidu et al., (1999), « Probiotics » en Food Technology, Vol. 53 núm 11, USA: The Institute of Food Technologists, p.p. 67-70.
116. Nawirska, A. -Kwasniewska, M (2005): Dietary fiber fractions from fruit and vegetable processing waste. Food Chemistry, 91, 2005, pp. 221-225.
117. Nelson, A. L. (2001): High-fiber ingredients: Eagan press handbook series. St Paul, MN: Eagan Press, 2001.
118. Neveraez etl al (2008).Crecimiento de E. coli 0157:H7 en presencia de S. aureus, L. casei y L. acidophillus en leche incubada a 37°C.

119. Norma Oficial Mexicana NOM 086 SSA1-1994, Bienes y Servicios. Alimentos y Bebidas no alcohólicas con modificaciones en su composición. Especificaciones nutrimentales.
120. O'Shea, N. -Arendt, E. K. -Gallagher, E. (2012): Dietary fibre and phytochemical characteristics of fruit and vegetable by-products and their recent applications as novel ingredients in food products. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 16, 2012, pp.1-10.
121. Oestmann, E. -Rossi, E. -Larsson, H. -Brighenti, F -Björck, I. (2006): Glucose and insulin responses in healthy men to barley and bread with different levels of (1→3;1→4)-β-glucans; predictions using fluidity measurements of in vitro enzyme digests. *Journal of Cereal Science*, 43, 2006, pp. 230-235.
122. Olagnero, Gabriela; Abad Andrea; Bendersky, Silvia; Genevis, Carolina; Granzella, Laura. (2007) Alimentos Funcionales: fibras, prebióticos, probióticos y simbióticos. *DIAETA. (B.AIRES)* . Vol. 25. No. 121 | 33. 2007
123. Ouwehand C. A., Kirjavainen, V.P., Shortt, C. y S. Salminen, (1999) "Probiotics: mechanisms and established effects. *Internacional Dairy Journal*. 9:42-52
124. Palou A y F. Serra (2000). Perspectivas europeas sobre alimentos funcionales. *Alimentación, Nutrición y Salud*. 7 (3): 76-90
125. Pectinas y Otros Carbohidratos.  
[http://www.uco.es/master\\_nutricion/nb/Vaclavik/pectinas.pfibra dietaria](http://www.uco.es/master_nutricion/nb/Vaclavik/pectinas.pfibra dietaria)
126. Peressini, D. -Sensidoni, A.: Effect of soluble dietary fibre addition on rheological and bread making properties of wheat doughs. *Journal of Cereal Science* 49, 2009, pp. 190-201.
127. Pérez-Alvarez, J.A.: Over view of meat products as functional foods. In J. Fernández-López & J.A. Perez-Alvarez (Eds.), *Technological strategies for*
128. Periago, M.J. -Ros, G. -López, G. -Martinez, M.C. -Rincón, F.: The dietary fibre components and their physiological effects. *Revista Española de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 33, 1993, pp. 229-246.
129. Pietrasik, Z. -Duda, Z.: Effect of fat content and soy protein/carrageenan mix on the quality characteristics of comminuted scalded sausages. *Meat Science*, 56, 2000, pp. 181-188.
130. Pins, J. J. -Geleva, D. -Leemam, K. -Frazer, C. -O'Connor, P. J. -Cherney, L. M.: Do whole-grain oat cereals reduce the need for antihypertensive medications and improve blood pressure control. *Journal of Family Practice*, 51, 2002, pp. 353-359.
131. Pomeranz, Y. -Shogren, M. D. -Finney, K. F. -Bechtel, D. B.: Fibre in bread effects on functional properties. *Cereal Chemistry*, 54, 1977, pp. 25-41.

132. Pomeranz, Y.: 'New and Novel Foods' in Functional Properties of Food Components, 1991, pp. 474-495. Academic Press, New York.
133. Qi, B. -Jianga, L. -Lia, Y. -Chena, S. -Suia, X.: Extract dietary fiber from the soy pods by chemistryenzymatic methods.Procedia Engineering 15, 2011, pp. 4862-4873.
134. Químico. México. Facultad de Ingeniería Química. Universidad Autónoma de Yucatán. 156 p.
135. R .Catalán (2002) Study of graft copolymerization on secondary cellulosic fiber with acrylonitrile. Bol. Soc. Chil. Quím. V.47 n.1 concepción mar. 2002.
136. RETTENMAIER, J & SHÖNE; División Comercial de Alimentos. 2014. <http://www.jrs.de>
137. Ritsema, Tita. (2003) Fructans: beneficial for plants and humans. urrent Opinion un plant Biology.
138. Rodríguez M. (1993). Influencia del tratamiento térmico en la fibra alimentaria y azucares solubles de productos vegetales. [Tesis Doctoral]. Madrid. Facultad de Farmacia. Departamento de Nutrición y Bromatología II. Universidad Complutense de Madrid. 407p.
139. Rodríguez, R. A. J. -Fernández-Bolaños J. -Guillén R. -Heredia A.: Dietary Fibre from Vegetable Products as a Source of Functional Ingredients. Trends in Food Sciences and Technology, 17, 2006, pp. 3-15.
140. S. Venter Cristina. (2007). Prebiotics: an update. Journal of Family and Consumer Sciences, Vol 35. ISSN: 0378-5254.
141. Samanta, A .K. et al Prebiotics in ancient Indian diets. Current Science, Vol. 101, No. 1, (2011).
142. Sangnark, A. -Noomhorm, A.: Chemical, physical and baking properties of dietary fiber prepared from rice straw. Food Research International, 37, 2004, pp. 66-74.
143. Saura-Calixto, F. -Larrauri, J. A.: 'Nuevos Tipos de Fibra Dietetica de Alta Calidad' in Rev. Aliment. Equipos y Tecnol., 1996, XV, 71-74.
144. Saura-Calixto, F.: Antioxidant dietary fiber product: A new concept and a potential food ingredient. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 46, 1998, pp. 4303-4306.
145. Saura-Calixto, F.: Fibra dietética de manzana: hacia nuevos tipos de fibras de alta calidad. Alimentaria, 242, 1993, pp. 57-61.
146. Scharlau, D. -Borowicki, A. -Habermann, N. -Hofmann, T. -Klenow, S. -Miene, C. -Munjala, U. -Stein, K. -Gleia, M.: Mechanisms of primary cancer prevention by butyrate and other products formed during gut flora-mediated fermentation of dietary fibre. Mutation Research/Reviews in Mutation Research, 682, 2009, pp. 39-53.

147. Schneeman, B. O.: Dietary fibre and gastrointestinal functions. *Nutrition Research*, 18, 1998, pp. 625-632.
148. Schneeman, B. O.: Soluble and insoluble fibre-different physiological responses. *Food Technology*, 41, 1987, pp. 81-82.
149. Schweizer, T. F. -W€ursch, P.: Dietary fibre and prevention of cancer. *Nestle Research News*, 1986, pp. 43-52.
150. Schweizer, T. F. -WuÈrsch, P.: The physiological and nutritional importance of dietary fibre. *Experientia*, 47, 1991, pp. 181-186. Schofield, L.: Fiber is fashionable, again. *Nutritional outlook on-line*. <[www.nutritionaloutlook.com/pages/archive.html](http://www.nutritionaloutlook.com/pages/archive.html)> (accessed 18.08.05), 2004.
151. Sendra, E. -Fayos, P. -Lario, Y. -Fernández-López, J. -Sayas-Barberá, E. -Pérez-Alvarez, J. A.: Incorporation of citrus fibers in fermented milk containing probiotic bacteria. *Food Microbiology*, 25, 2008, No. 1, pp. 13-21.
152. Slavin, J. L. -Jacobs, D. -Marquart, L. -Wiemer, K.: The role of whole grains in disease prevention. *Journal of the American Dietetic Association*, 101, 2001, pp. 780-785.
153. Slavin, J.: Impact of the proposed definition of dietary fiber on nutrient databases. *Journal of Food Composition and Analysis* 16, 2003, pp. 287-291.
154. Soukoulis, C. -Lebesi, D. -Tzia, C.: Enrichment of ice cream with dietary fibre: Effects on rheological properties, ice crystallisation and glass transition phenomena. *Food Chemistry*, 115, 2009, pp. 665-671.
155. Srinivasan Damodaran, Kirk L. Parkin y Owen R. Fennema. *Fennema's food Chemistry*, (2010). Editorial CRC Press. Taylor y Francis Group. 2010. FL 33487-2742, USA.
156. Thebaudin, J. -Lefebvre, A. C.: Dietary fibre: Natural and technological interest. *Trends in Food Science and Technology*, 8, 1997, pp. 41-48.
157. Trends in Food Science and Tecnology. Inuline- type fructans. *Functional Food Ingredients*. 17 (2006), 39-41.
158. Trumbo, P. -Schlicker, S. -Yates, A. -Poos, M.: Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fibre, fat, fatty acids, cholesterol, protein, and amino acids. *Journal of the American Dietetic Association*, 102, 2002, No. 11, pp. 1621-1630.
159. Tunland et al. Nondigestible Oligo- and Polysaccharides (Dietary Fiber): Their Physiology and Role in Human Health and Food. *Comprehensive reviews in Food Science and Food Safety*. Vol3, (2002).
160. Tunland, B. C. -Meyer, D.: Non digestible oligo and polysaccharides (dietaryfibre): Their physiology and role in human health and food. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 1, 2002, pp. 73-92.



161. U.S. Food and Drug Administration.: Dietary Supplements Health and Education Act of 1994 (Available from:) [http://www.fda.gov/RegulatoryInformation/Legislation/Federal Food Drug and Cosmetic Act FDCAct/Significant Amendments to the FDCAct/ucm148003.htm](http://www.fda.gov/RegulatoryInformation/Legislation/Federal%20Food%20Drug%20and%20Cosmetic%20Act/FDCAct/Significant%20Amendments%20to%20the%20FDCAct/ucm148003.htm) (Accessed 12 January 2011).
162. Van Kamer, J. H.: Determination of crude cellulose. *Revue des Fermentations et des Industries Alimentaires*, 4, 1949, pp. 21-24.
163. Van Kreijl, C. F. -Knaap, A. G. A. C. -van Raaij, J. M. A.: Our food, our health: healthy diet and safe food in the Netherlands, 2006, pp. 189–213.
164. Wageningen, 2010. The Netherlands: Wageningen Academic Publishers.
165. Westenbrink, S. -Brunt, K. -van der Kamp, J.W.: Dietary fibre: Challenges in production and use of food composition data. *Food Chemistry* (2012)
166. Wiscker, Elisabeth. (1998). *British Journal of Nutrition*. Fermentation of non-starch-polysaccharides in mixed diets and single fibre sources: comparative studies in human subjects and in vitro. Kiel, Germany.
167. Włodzimierz Grajek, Anna Olejnik and Anna Sip. *Acta Biochimica Polonica*. Vol. 52 No. 3/2005, 665–671. Probiotics, prebiotics and antioxidants as functional foods. Department of Biotechnology and Food Microbiology, August Cieszkowski Agricultural University of Poznan, Poznan, Poland
168. Yalegma et al. (2013). Chemical and Functional properties of fibre concentrates obtained from by-products of coconut kernel. *Food Chemistry* 141 (2013). 124-130.
169. Yangilar, Filiz. (2013) *The Application of Dietary Fibre in Food Industry: Structural Features, Effects on Health and Definition, Obtaining and Analysis of Dietary Fibre: A Review*. Department of Food Engineering, Faculty of Engineering, Ardahan University, Ardahan, Turkey.
170. Zúñiga, M (2005). *Caracterización de Fibra Dietaria en Orujo y Capacidad Antioxidante en vino, hollejo y semilla de uva*. [Tesis de licenciatura en Ingeniería Agronómica]. Asesor. Dr. Peña Álvaro y Chiffelle Italo. Santiago. Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 58 p.