

Boletín técnico



Polo territorial de desarrollo de ingredientes funcionales y aditivos, a partir de granos ancestrales, para la industria alimentaria mundial.



Polisacáridos, aditivos funcionales de alto impacto

Apoyado por



Polisacáridos

El presente boletín, se desarrolla en el marco de la difusión de las líneas de trabajo de prospección y desarrollo de ingredientes y aditivos del **Polo Territorial de Granos Ancestrales (PYT-2017-0495)**, iniciativa apoyada por la **Fundación para la Innovación Agraria (FIA)**, a través del **Fondo de Inversión Estratégica (FIE)**.

Los polisacáridos ofrecen la mayor capacidad para transportar información biológica porque tienen el mayor potencial de variabilidad estructural. Las unidades de monosacáridos de los polisacáridos pueden interconectarse en varios puntos para formar una amplia variedad de estructuras ramificadas o lineales ^[1].

Los polisacáridos poseen actividades biológicas complejas y una variedad de funciones, la mayoría de las bioactividades y funciones están relacionadas con el sistema inmunológico ^[2]. La investigación de la estructura y función de los polisacáridos se ha convertido en el tercer hito en la exploración del misterio de la vida tras el estudio de las proteínas y los ácidos nucleicos.

La mayoría de los polisacáridos que poseen actividad antitumoral y tienen otras bioactividades, como inducir la diferenciación celular, estimular la hematopoyesis, antimetástasis ^[3], antiangiogénesis ^[4] e inducir la producción de óxido nítrico (NO) ^[5]. La mayoría de los polisacáridos no actúan directamente sobre las células tumorales, pero juegan un papel activando el sistema inmunológico de un organismo, es decir, promoviendo la maduración, diferenciación y reproducción de tres tipos de células (linfocitos, macrófagos y células asesinas naturales) ^[6]; activar simultáneamente los complementos y el sistema endotelial en el retículo endoplásmico; promover la generación de una variedad de citocinas ^[7]; y finalmente inhibiendo el crecimiento o provocando la apoptosis de células tumorales.

Los polisacáridos son polímeros de más de 10 residuos de monosacáridos unidos entre sí por enlaces glicosídicos a través de la reacción de condensación. A diferencia de las propiedades de los monosacáridos y oligosacáridos, muchos polisacáridos no aumentan el azúcar en sangre por el contrario, pueden disminuir el azúcar en sangre. Por tanto, se espera que los polisacáridos sean una nueva clase de fármacos hipoglucemiantes ^[8]. Los estudios indican que aunque algunos polisacáridos no aumentan la secreción de insulina en el cuerpo, pueden mejorar significativamente la actividad de glucoquinasa, hexoquinasa y glucosa-6-fosfato deshidrogenasa (G6PD) en el hígado, también reducen el nivel de triglicéridos y colesterol en plasma ^[9].

Además, los polisacáridos también tienen propiedades antioxidantes que tratan la queratosis ^[10], antihipertensivos ^[11], promueven el crecimiento del cabello ^[12], reducen el colesterol ^[13], tratan la tos ^[14], mejoran la densidad de los huesos ^[15], antiulcerosa ^[16], anti-vómitos, anti-glaucoma, bioactividades estimulantes de la función sexual, etc. ^[17]

En el desarrollo y funcionamiento del sistema inmune influyen factores esenciales como el adecuado balance nutricional y la exposición a diversos microorganismos desde el nacimiento. En el intestino grueso de mamíferos la cifra de unidades de microorganismos se eleva a 10^{12} - 10^{14} lo que equivale a 1-1,5 kg en peso. Esta población se compone de trillones de microorganismos donde se han identificados de 2172 especies aisladas en humanos, incluyendo 386 anaerobios estrictos, donde más de 90% pertenecen fundamentalmente a 4 familias: **Firmicutes, Bacteroidetes, Actinobacteria y Proteobacteria**, con predominio de los dos primeros, en donde las bacterias anaerobias estrictas superan en número a las aerobias y los géneros predominantes son *Bacteroides*, *Bifidobacterium*, *Eubacterium*, *Clostridium*, *Lactobacillus*, *Fusobacterium* y diversos cocos grampositivos [22].

La transición desde nuestro nacimiento hacia la microbiota adulta, la capacidad metabólica del intestino, la dieta con base de leche elevada en grasa, se sustituye por una rica en carbohidratos.

La mucosa gastrointestinal constituye la superficie de intercambio y comunicación más extensa del cuerpo, entre 300 y 400 m² y donde alrededor del 50% de la masa fecal está constituida por bacterias. Entre el hospedero y la microbiota intestinal existe una permanente comunicación e intercambio de señales e información que regulan el equilibrio entre las diferentes especies de microorganismos.

Las interacciones entre microorganismos, epitelio y tejidos linfoides intestinales son múltiples, de modo que reconfiguran los mecanismos locales y sistémicos de la inmunidad, adaptándolos al ambiente microbiano. El epitelio de la mucosa intestinal posee mecanismos de defensa que le permiten mantener su integridad y la de todo el organismo.

Alrededor del 70% de las células del sistema inmunológico se encuentra en, o alrededor del intestino, ya sea como células aisladas o formando parte de tejidos especializados.

Muchas hormonas, citoquinas, proteínas y péptidos de señalización, factores de transcripción y lípidos bioactivos tienen importantes roles tanto en el metabolismo como en el Sistema Inmune y pueden regularse mutuamente [22].

La inmunología y la nutrición, muestran que el Sistema Inmune no puede funcionar adecuadamente en condiciones de mal nutrición, ya sea por defecto o por exceso.

El desbalance metabólico conduce a un desequilibrio inmunológico, con mal nutrición e inmunosupresión en un extremo del espectro, y la obesidad y enfermedades inflamatorias en el otro extremo.

La integración entre el metabolismo y el Sistema Inmune, en condiciones normales es beneficiosa y necesaria para el mantenimiento de una buena salud, pero puede convertirse en perjudicial en condiciones de sobrecarga metabólica.

Hay un gran interés por conocer los conceptos, la clasificación, propiedades funcionales, fisiológicas y sus efectos en la salud de **la fibra dietaría**, como una respuesta al incremento de las enfermedades no transmisibles, ENTs, como el sobrepeso y la obesidad, el índice glucémico y diabetes tipo II, cáncer en el colon, estreñimiento y enfermedades cardiovasculares.

La fibra dietaría es, aquellas partes comestibles de las plantas, resistentes a la digestión y absorción en el intestino delgado humano y con fermentación parcial o completa en el intestino grueso, en cuya composición se incluyen a polisacáridos, oligosacáridos, lignina y sustancias polímeros no digeribles de 3 a 9 unidades monoméricas de polimerización, como la inulina, FOS, GOS, maltodextrinas resistentes, rafinosa y otros.

La fibra soluble incluye el almidón resistente, pectinas, gomas, mucílagos, algunas hemicelulosas y polisacáridos no amiláceos de reserva de la planta.

Son compuestos muy hidratables que forman geles en el tracto digestivo, importante por los muchos de sus *efectos fisiológicos*, como son el retraso en el vaciamiento gástrico o el enlentecimiento y disminución de la absorción de ciertos nutrientes en el intestino delgado.

Al llegar al colon, sufren un proceso de fermentación por las bacterias, produciéndose ácidos grasos de cadena corta (acetato, propionato, butirato).

El butirato es utilizado por las células del epitelio intestinal colónico como principal fuente de energía, el propionato y el acetato son metabolizados en el hígado, pudiendo ser transportados hasta los tejidos periféricos, siendo allí utilizados como fuente de energía.

La fibra insoluble incluye la celulosa, algunas hemicelulosas, lignina y otros polifenoles y es apenas fermentada por las bacterias colónicas. Juega un importante papel en la formación y el tránsito intestinal del bolo fecal, aumentando el volumen del mismo y disminuyendo su tiempo de tránsito.

Los valores actuales en el consumo de fibra dietaría están muy por debajo de los niveles recomendados, por ejemplo en los Estados Unidos la ingesta media es de 12-15 g/día para mujeres y 16,5-19,4 g/día para hombres.



El consumo diario de la fibra dietaria debe estar en el rango de 18 a 38 g/día para personas adultas. En los Estados Unidos y Canadá, la Academia Nacional de Ciencias y el Instituto de Medicina, recomiendan el consumo de 25 y 38 g/día para mujeres y hombres respectivamente. Para los niños, una recomendación sencilla es la efectuada por la Academia Americana de Pediatría, que consiste en la suma de la edad del niño (años) con 5 g de fibra/día; es decir, un niño de cinco años debería de consumir 10 g/día de fibra ^[22].

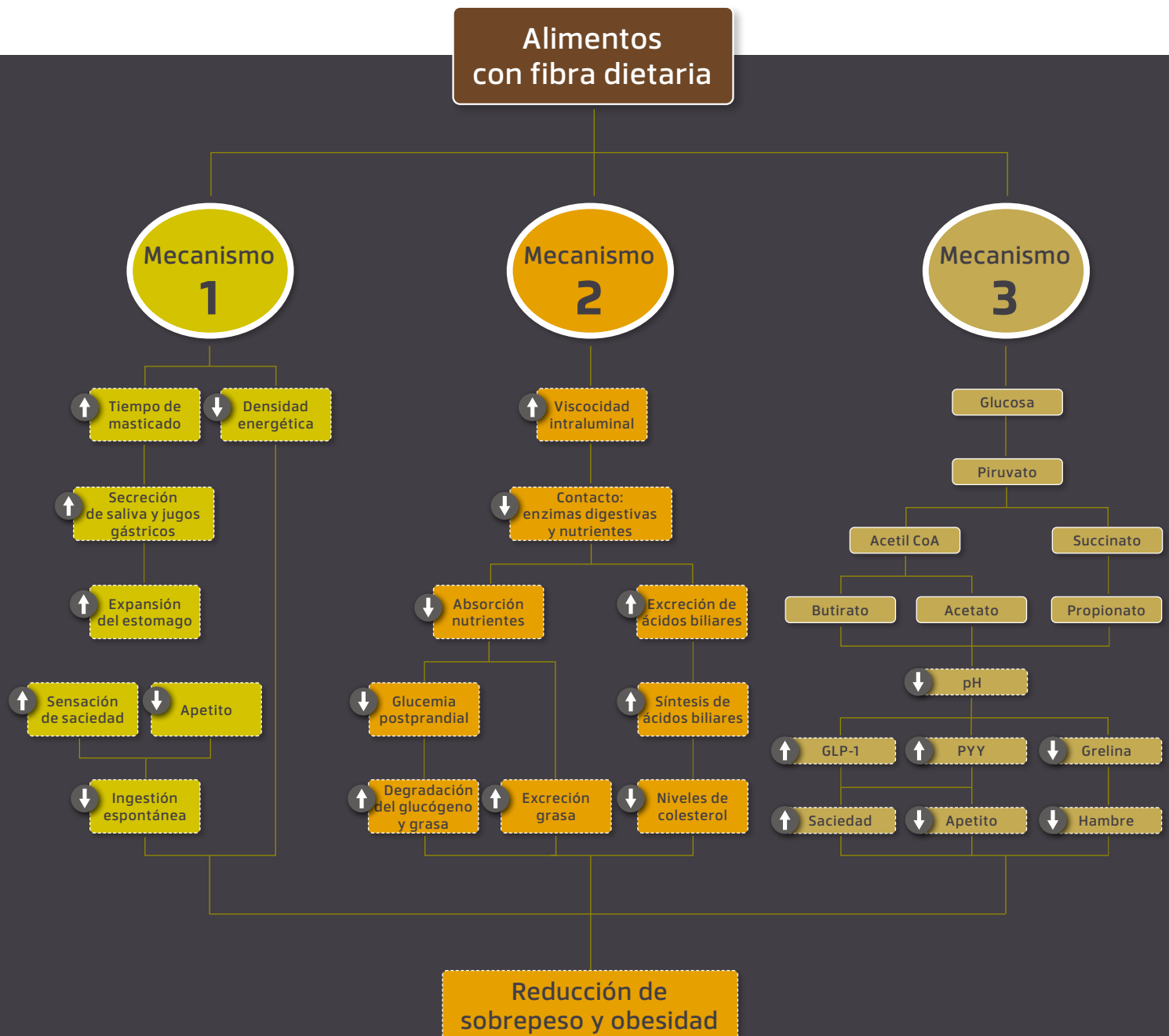
Mecanismos de regulación de sobrepeso y obesidad.

1: efectos físicos de la fibra

2: efectos fisicoquímicos y bioquímicos

3: efectos colónico-hormonales.

(Archivos Latinoamericanos de Nutrición 67, (2017), 2, 146-156)



Algunos componentes presentes de la fibra son denominados prebióticos y se definen como ingredientes alimenticios no digeribles de los alimentos que, a través de su metabolización por microorganismos en el intestino, modula la composición y / o actividad de la microbiota intestinal, confiriendo así un efecto fisiológico beneficioso en el huésped. Los prebióticos pasan del intestino delgado al intestino grueso y llegan a ser accesible para bacterias probióticas sin ser utilizado por otras bacterias intestinales. Son ejemplos de prebióticos, la lactulosa, galactooligosacáridos (GOS), fructooligosacáridos (FOS), inulina y sus hidrolizados, la maltooligosacáridos y el almidón resistente.

La utilización de prebióticos como componentes alimenticios tiene múltiples ventajas, ya que mejoran las características sensoriales y proporcionan una composición nutricional más equilibrada. Se utilizan prebióticos en productos de panadería y cereales para el desayuno.

Proporcionan más frescura en aperitivos y cereales y prolongan la vida en la estantería. También mantienen el pan y los pasteles húmedos y frescos para un largo tiempo. Su solubilidad permite la incorporación de fibra en líquidos, como bebidas, lácteos y productos para untar. También se utilizan como fibra dietética en tabletas y en alimentos funcionales, particularmente en productos lácteos y panes. Por sus propiedades gelificantes, los prebióticos mejoran el bajo contenido de grasa en alimentos sin ningún efecto adverso sobre el sabor o la textura. Esto es importante en productos como productos para untar de mesa, como mantequilla, productos lácteos, cremas, quesos y procesados [22].

Tabla 1.
Composición de carbohidratos de la semilla de quínoa, arroz y cebada (% base seca)

	Quínoa	Arroz ^(a)	Cebada ^(a)
Carbohidrato por diferencia	73,6 ^(a) - 74 ^(b)	79,2	77,7
Almidón	52,2 ^(a) - 69,2 ^(c)		
Fibra dietética total	7 ^(a) - 9,7 ^(d)	2,8	15,6
Fibra insoluble	6,8 ^(c) - 8,4 ^(d)		
Fibra soluble	6,1 ^(c) - 1,3 ^(d)		
Azúcar	2,9 ^(d)		0,8

(a) datos de USDA (2005).

(b) Wright et al. (2002).

(c) Mundigler (1998).

(d) Ranhotra et al. (1993).

Los carbohidratos desempeñan una función nutricional básica y pueden tener diferentes efectos fisiológicos en la salud, tales como: suministro de energía, efectos sobre la saciedad / vaciamiento gástrico, control de la glucosa en sangre y el metabolismo de la insulina; glicosilación de proteínas; metabolismo del colesterol y los triglicéridos ^[18]. Los carbohidratos de la quínoa pueden considerarse un alimento nutracéutico porque tienen efectos hipoglucémicos beneficiosos e inducen la reducción de los ácidos grasos libres. Los estudios realizados en personas con enfermedad celíaca mostraron que el índice glucémico de la quínoa era ligeramente más bajo que el de la pasta y el pan sin gluten ^[19]. Además, la quínoa indujo niveles más bajos de ácidos grasos libres que la pasta sin gluten y concentraciones de triglicéridos mucho más bajas en comparación con el pan sin gluten ^[19]. La digestibilidad in vitro (α -amilasa) del almidón de quínoa crudo se informó en 22%, mientras que la de las muestras esterilizadas en autoclave, cocidas y secadas en tambor fue de 32%, 45% y 73%, respectivamente ^[20]. Las saponinas no afectaron la digestibilidad del almidón. El contenido total de fibra dietética en la harina de quínoa se ve afectado por el tratamiento térmico, mientras que la fracción de fibra dietética insoluble no cambia con el tratamiento térmico ^[21]. La quínoa contiene un 10% de fibra dietética total, esta es la fracción de carbohidratos que es resistente a la digestión enzimática y la absorción en el intestino delgado, y que generalmente sufre una fermentación total o parcial en el intestino grueso ^[23]. La fibra dietética se considera esencial para una salud digestiva óptima y también imparte varios beneficios funcionales ^[24]. La fibra dietética puede promover la saciedad, reducir el colesterol y la absorción de lípidos, modular la respuesta de la insulina posprandial, promover la conversión del colesterol endógeno en ácidos biliares, mejorar la microbiota intestinal y reducir el riesgo y gravedad de la infección e inflamación gastrointestinal ^[24,25]. Además, los estudios epidemiológicos han demostrado una relación inversa entre el consumo de fibra dietética y el desarrollo de enfermedades cardiovasculares, obesidad y diabetes tipo 2 ^[24]. La fibra de quínoa insoluble, que se compone principalmente de subunidades de ácido galacturónico, arabinosa, galactosa, xilosa y glucosa, representa el 78% del contenido total de fibra en la quínoa. Mientras tanto, la fibra soluble de quínoa, compuesta principalmente por subunidades de glucosa, ácido galacturónico y arabinosa, constituye el 22% de la fibra total.

El almidón de quínoa comprende del 58,1% al 64,2% del peso de la semilla seca, pero tiene un índice glucémico bajo ^[26]. El almidón está constituido principalmente por D-xilosa (120 mg/100 g) y maltosa (101 mg/100 g) con bajo contenido de glucosa (19 mg/100 g) y fructosa (19,6 mg/100 g) ^[27].



Fotografía de plantas de *Chenopodium quínoa* con frutos de diferentes colores.

Cortesía de David Wu,
Jiaqi Agri, China.

Referencias

- [1] S.P. Wasser. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 60 (2002), 258-274.
- [2] P. Wang, S. Li, T. Zhou. *Int. J. Tradit. Nat. Med.*, 6 (2016), 1-8.
- [3] Y. Kimura, M. Sumiyoshi, T. Suzuki. *Anticancer Res.*, 26 (2006), 4131-4141.
- [4] R. Chang. *J. Altern. Complement. Med.*, 8 (2002), 559-565.
- [5] K.Y. Lee, M.H. Lee, I.Y. Chang. *J. Ethnopharmacol.*, 103 (2006), 372-378.
- [6] D. Rout, S. Mondal, I. Chakraborty. *Carbohydr. Res.*, 340 (2005), 2533-2539.
- [7] K. Kanekiyo, J.B. Lee, K. Hayashi. *J. Nat. Prod.*, 68 (2005), 1037-1041.
- [8] T. Kiho, S. Sobue, S. Ukai. *Carbohydr. Res.*, 251 (1994), 81-87.
- [9] T. Kiho, A. Yamane, J. Hui, S. Usui, S. Ukai. *Biol. Pharm. Bull.*, 19 (1996), pp. 294-296.
- [10] Y. Kaji, T. Hiraoka, T. Oshika. *Cornea*, 23 (2004), S36-S41.
- [11] H. Maeda, X. Zhu, S. Suzuki, K. Suzuki, S. Kitamura. *J. Agric. Food Chem.*, 52 (2004), 5533-5538.
- [12] I. Sakaguchi, H. Ishimoto, M. Matsuo, N. Ikeda. *Exp. Dermatol.*, 13 (2004), 499-504.
- [13] J.L. Yang, Y.H. Kim, H.S. Lee, M.S. Lee, Y.K. Moon. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, 49 (2003), 381-387.
- [14] A. Kardosova, A. Ebringerova, J. Alföldi, G. Nosalova, S. Franova. *Int. J. Biol. Macromol.*, 33 (2003), 135-140.
- [15] T. Takada, T. Katagiri, M. Ifuku, N. Morimura. *J. Biol. Chem.*, 278 (2003), 43229-43235.
- [16] C. Guyard, E. Dehecq, J.P. Tissier, L. Polonelli, E. Dei-Cas. *Mol. Med.*, 8 (2002), 686-694.
- [17] H.L. Chen, J.N. Fang. *Structure and Function of Glycoconjugates*, Shanghai Medical University Press, Shanghai (1997).
- [18] FAO (1998). *Carbohydrates in human nutrition. Food and Nutrition Papers, Rome*, Chap. 1.
- [19] Berti, C., Riso, P., Monti, L., and Porrini, M. *Eur. J. Nutr.* 43 (2004), 4, 198-204.
- [20] Ruales, J. and Nair, B. M. *Int. J. Food Sci. Technol.* 29 (1994a), 449-456.
- [21] Ruales, J. and Nair, B.M. *Plant Foods Hum. Nutr.* 45 (1994b), 223-246.
- [22] Vilcanqui-Pérez, A. F., Vílchez-Perales, C. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 67, (2017), 2, 146-156.
- [23] Lamothe LM, Srichuwong S, Reuhs BL, Hamaker BR. *Food Chem* 167 (2015):490-6.
- [24] Brownawell AM, Caers W, Gibson GR, Kendall CWC, Lewis KD, Ringel y Slavin JL. *J Nutr* 142 (2012), 962-974.
- [25] De Carvalho FG, Ovidio PP, Padovan GJ, Jordao, AA, Marchini JS, Navarro AM. *Int J. Food Sci Nutr* 65 (2014), (3): 380-5.
- [26] Vega-Gálvez A, Miranda M, Vergara J, Uribe E, Puente L, Martinez EA. *J Sci Food Agric* 90 (2010), 2541-7.
- [27] Bhargava A, Shukla S, Ohri D. *Ind Crops Prod* 23 (2006):73-87.

Documento elaborado por:

Dr ©. Cesar Espinoza Pinochet
Investigador senior, Universidad de Concepción
Polo Territorial de Granos Ancestrales.