

## Obtención de fibra soluble a partir de desechos agroindustriales y su aplicación en alimentos

R.C. Martínez-Yañez\*<sup>1</sup> y M.E. Rodríguez-Huezo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Maestría en Ciencias en Ingeniería Bioquímica, Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec.

\*[martinez93roberto@gmail.com](mailto:martinez93roberto@gmail.com)

### RESUMEN

En este trabajo se realizó una amplia investigación sobre los conceptos de fibra dietética (FD) ya que actualmente se ha demostrado que la población sufre de enfermedades como diabetes, cáncer, obesidad entre otras; todas estas relacionadas con una mala alimentación, consumo ineficiente de fibra y una falta de actividad física. Se ha demostrado que el consumo de FD beneficia en varios aspectos la salud a través de la alimentación. Cabe mencionar que en el mundo existe una gran cantidad de desechos agroindustriales que no son aprovechados, estos residuos contienen grandes cantidades de fibra dietética que, mediante algún tratamiento, pueden ser aprovechados e incorporarse en alimentos. También se investigaron los beneficios que aporta la FD y sus mecanismos de acción, sus propiedades tecnológicas al incorporarlas a los alimentos y como es que ayudan a mejorar sus características finales. Así mismo se investigaron los métodos oficiales más comunes para analizar y extraer fibra dietética, y finalmente los métodos emergentes que pueden convertir la fibra dietética insoluble (FDI) en fibra dietética soluble (FDS) a partir desechos agroindustriales y así usarlos como aditivo o ingrediente para la elaboración de un alimento rico en fibra soluble.

**Palabras clave:** Fibra soluble, desechos agroindustriales, métodos emergentes.

### ABSTRACT

In this work, extensive research was carried out on the concepts of dietary fiber (DF) since it has currently been shown that the population suffers from diseases such as diabetes, cancer, obesity, among others. The incidence of these diseases has been related to a diet consumption with an inadequate low fiber content and to a lack of physical activity. It has been shown that the consumption of diets rich in DF content produce health benefits. Large amounts of agro-industrial waste are produced worldwide, and there exists a drive to reutilize these wastes for obtaining added value products. Many of these wastes are rich in DF, which can be obtained through some treatment, and used for its incorporation into food. The benefits provided by DF and its mechanisms of action, its technological properties when incorporated into foods and how they help improve their final characteristics, were also investigated. Likewise, the most common official methods for analyzing and extracting DF were investigated, and finally, the emerging methods that can convert insoluble dietary fiber (IDF) into soluble dietary fiber (SDF) from agro-industrial waste, for its use as an additive or ingredient for the preparation of novel soluble fiber rich foods.

**Keywords:** Soluble fiber, agroindustrial waste, emerging methods.

## MARCO CONTEXTUAL

En los últimos años diversos problemas ambientales se han ligado a la generación de desechos agroindustriales, por lo que hay un creciente interés en implementar procesos que permitan un uso eficiente e integral de los residuos. Estos pueden ser utilizados para la recuperación y producción de un amplio rango de productos de alto valor agregado, por medio de técnicas biotecnológicas. A partir de los residuos agroindustriales es posible producir biocombustibles, enzimas, compuestos antioxidantes, pigmentos, carotenoides, FD, nutraceuticos, aceites esenciales, proteínas entre otros.

## JUSTIFICACIÓN

Actualmente el consumo insuficiente de FD se asocia con la aparición de enfermedades crónicas como diabetes, hipertensión y cáncer de colon. Por este motivo, el comité de expertos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), recomiendan una ingesta de 25 gramos de FD al día. De acuerdo con la Secretaría de Salud (SSA) en México, los adultos consumen entre 16 y 18 gramos de fibra al día, una cantidad mucho menor a la recomendada, de ahí la importancia de informar la función de los tipos de fibras y promover el consumo de la FDS ya que se ha demostrado que ésta posee más beneficios al cuerpo y se puede obtener por métodos que modifican la FDI la cual es la que más abunda en la naturaleza y está contenida en residuos agroindustriales.

Con la finalidad de buscar fuentes alternas de FD y la necesidad de incrementar su consumo debido a que la población consume poca fibra, se decidió investigar algunos métodos que puedan modificar la fibra de residuos agroindustriales y que posteriormente pueda ser utilizada en algún alimento como ingrediente o aditivo y así aprovechar los beneficios que estos puedan brindar al consumidor final.

## OBJETIVOS

### Objetivo General

- Dar a conocer los métodos que se han empleado para obtener FDS a partir de FDI de desechos agroindustriales, propiedades fisiológicas y aplicación en alimentos

### Objetivos específicos

1. Investigar los métodos empleados para obtener FDS a partir de FDI de desechos agroindustriales.
2. Describir las propiedades fisiológicas de las fibras
3. Clasificar los métodos de cuantificación de FDS y FDI
4. Informar las aplicaciones de la FDS en alimentos

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Como se mencionó el consumo de fibra en México es deficiente apenas de 16 a 18 gramos al día, menor al que recomienda la Secretaría de Salud que es de 25 gramos/día (SSA, 2016) y esto genera en la población problemas de salud como el inadecuado funcionamiento del intestino, pero también se ha demostrado que un consumo adecuado de fibra puede prevenir enfermedades como la diabetes, enfermedades cardiacas y algunos tipos de cáncer.

### Definición y clasificación de la fibra dietética

La definición más consistente y aceptada proviene de Trowell (Trowell, 1974): "La fibra dietética es la suma de ligninas y polisacáridos vegetales resistentes a la hidrólisis por las enzimas digestivas del hombre (resistente a la digestión por el ácido y las enzimas del tracto gastrointestinal humano).

La Asociación Americana de Químicos de Cereales (American Association of Cereal Chemist; AACC) define fibra como "las partes comestibles de las plantas o carbohidratos análogos que son resistentes a la digestión y la absorción en el intestino delgado humano, con fermentación completa o parcial en el intestino grueso. La FD incluye polisacáridos, oligosacáridos, lignina y sustancias vegetales asociadas. Sin embargo, la relación FDS/FDI es importante tanto para la salud como para las propiedades tecnológicas. En general, se acepta que las fuentes de fibra adecuadas para su uso como ingrediente alimentario deben tener una relación FDS/FDI cercana a 1:2. (Borchani *et al.*,2012), (Jaime *et al.*, 2002).

La FDS está compuesta por mucílagos, gomas, pectina y hemicelulosa. En cambio, la FDI no se disuelve en el agua, ésta atrae pasivamente el agua y ayuda a aumentar el volumen, ablandar las heces y acortar el tiempo de tránsito por el tracto intestinal. Está compuesta por celulosa, lignina, una fracción mayor de hemicelulosa y celulosa modificada. (Saéñz, 1997).

La definición de FD también incluye las fibras de origen animal, como el quitosano que se deriva de la quitina. Este tipo de fibra está presente en los exoesqueletos de crustáceos y calamares, y tiene una estructura molecular similar a la de la celulosa vegetal (Borderías, Sánchez y Pérez, 2005).

### Funcionalidad tecnológica de la fibra dietética

Los componentes de la FD, aislados de las plantas nativas, proporcionan muchas propiedades funcionales que afectan a los atributos tecnológicos de los alimentos. Estas propiedades funcionales también influyen en el comportamiento del producto alimenticio durante su procesamiento, así como en su calidad y características finales (Tungland y Meyer, 2002). Una de las propiedades tecnológicas más importantes de la FD es la de retener agua (Borderías, Sánchez y Pérez, 2005). Muchas fibras alimentarias son dispersables tanto en agua como en aceite, mientras que algunas fibras también tienen la capacidad de unirse sólo al aceite. La unión al aceite es una función de la porosidad de la fibra más que de la afinidad de las moléculas de la fibra por las gotas de aceite. Esta característica de la fibra también está influida por la composición química de la misma (Tungland y Meyer, 2002). La viscosidad es otra propiedad tecnológica importante de las fibras que proporciona características reológicas a los sistemas alimentarios (Tungland y Meyer, 2002).

**Tabla I.** Resumen de los métodos oficiales para analizar la FD, según lo descrito por la Asociación de Químicos Analíticos Oficiales y (AOAC) y los compuestos medidos por cada método

| Método AOAC | Compuestos medidos  |
|-------------|---|
| 985.29      | Fibra dietética total (alto peso molecular)                                     |
| 991.42      | Fibra dietética insoluble en alimentos  |
| 991.43      | Fibra dietética total (alto peso molecular: soluble e insoluble)                |
| 993.19      | Fibra dietética soluble de alto peso molecular en los alimentos                 |
| 993.21      | Fibra dietética de alto peso molecular (cuando > 10% de fibra y <2% de almidón) |

|         |  |
|---------|--|
| 994.13  | Fibra dietética de alto peso molecular, aporta composición de azúcar y lignina Klason    |
| 995.16  | $\beta$ -Glucano en cereales, piensos y alimentos  |
| 997.08  | Fructanos y fructooligosacáridos   |
| 999.03  | Fructanos y fructooligosacáridos (subestima los compuestos altamente despolimerizados)   |
| 2000.11 | Polidextrosa   |
| 2001.02 | Trans galactooligosacáridos  |
| 2001.03 | Fibra dietética de alto y bajo peso molecular (si no hay almidón resistente)             |
| 2002.02 | Almidón resistente (2 y 3)   |
| 2009.01 | Fibra dietética total de alto y bajo peso molecular en todos los alimentos               |
| 2011.25 | Fibra dietética soluble e insoluble de alto y bajo peso molecular en todos los alimentos |

Fuente: (Adaptado de McCleary, B. V., Sloane, N., Draga, A., & Lazewska, I. (2013). Measurement of total dietary fiber using AOAC Method 2009.01 (AACC International Approved Method 32–45.01): evaluation and updates. *Cereal Chemistry*, 90, 396–414.)

### Métodos emergentes utilizados específicamente para la modificación de fibra dietética

Los métodos de modificación de la FD incluyen métodos químicos (principalmente ácido y método alcalino), métodos biotecnológicos (principalmente método enzimático) y métodos físicos (principalmente, tecnología de alta presión, tecnología de extrusión y tecnología de pulverización ultrafina) que podrían romper algunos enlaces glicosídicos de FDI y disminuir el grado de polimerización.

### Aplicaciones de la fibra en alimentos

En los productos alimenticios, la fibra dietética soluble puede tener propiedades texturales, gelificantes, espesantes y emulsionantes, mientras que la fibra dietética insoluble actúa como ingrediente funcional. Este apartado presenta las aplicaciones de las fibras dietéticas en el campo de la industria alimentaria. En la tabla II se presentan algunos productos alimenticios y el porcentaje de FDS, FDI y FDT de cada uno.

**Tabla II.** Contenido de FD en productos alimenticios

| Producto      | Tipo de Residuo     | FDI (%) | FDS (%) | FDT (%) | Referencia                  |
|---------------|---------------------|---------|---------|---------|-----------------------------|
| Lácteo        |                     |         |         |         |                             |
| Yogur bebible | Cáscara de maracuyá | 4.0     | 1.3     | 5.3     | Viva <i>et al.</i> (2018)   |
| Queso         | Semillas de uva     | n.d.    | n.d.    | 4.65    | Pasini <i>et al.</i> (2019) |
| Helado        | Cáscara de pitahaya | n.d.    | n.d.    | 3.47    | Utpott <i>et al.</i> (2020) |

| Producto         | Tipo de Residuo     | FDI (%) | FDS (%) | FDT (%) | Referencia                      |
|------------------|---------------------|---------|---------|---------|---------------------------------|
| Mantequilla      | Cáscara de maní     | 8.59    | 1.21    | 9.55    | Ma <i>et al.</i> (2014)         |
| Horneado y pasta |                     |         |         |         |                                 |
| Pan de trigo     | Semilla de manzana  | 7.24    | 1.59    | 8.83    | Puric <i>et al.</i> (2020)      |
| Pan sin gluten   | Cáscara de café     | 9.84    | 1.52    | 11.36   | Ma <i>et al.</i> (2014)         |
| Galleta          | Poso de café        | 11.4    | 1.3     | 12.7    | Vázquez <i>et al.</i> (2018)    |
| Espagueti        | Cáscara de tomate   | 13.64   | 6.11    | 19.75   | Padalino <i>et al.</i> (2017)   |
| Barra granola    | Tallo de agave      | 2.72    | 5.51    | 9.65    | Ajila <i>et al.</i> (2009)      |
| Palito de pan    | Rizoma de loto      | 5.32    | 1.01    | 6.34    | Thanushree <i>et al.</i> (2017) |
| Macarrón         | Cáscara de mango    | 10.6    | 5.18    | 15.8    | Ajila <i>et al.</i> (2009)      |
| Pizza            | Cáscara de calabaza | 6.74    | 0.36    | 7.10    | Butke <i>et al.</i> (2018)      |
| Magdalena        | Semilla de calabaza | 8.22    | 2.89    | 11.11   | Palacio <i>et al.</i> (2018)    |
| Paneton          | Cáscara de camote   | 1.87    | 0.48    | 2.24    | Wendler <i>et al.</i> (2018)    |

Fuente: Elaboración Propia

La Tabla III indica cómo la fibra dietética influye en las propiedades de textura, propiedad reológica, atributo de aceptabilidad y valor nutricional, a medida que disminuye el contenido energético, además fortalece el producto con fibra dietética en comparación con productos convencionales.

**Tabla III.** Influencia de la FD en productos alimenticios procesados

| Producto | Influencia de la FD  | Fuente de FD                         | Referencia                     |
|----------|--|--------------------------------------|--------------------------------|
| Lácteo   |  |                                      |                                |
| Helado   | Sustituto de grasa<br>Esponjamiento<br>Comportamiento reológico<br>Aceptabilidad sensorial | Cáscara de pitahaya                  | Utpott <i>et al.</i> (2020)    |
| Yogur    | Reducción de la sinéresis<br>Textura: firmeza, cohesión, índice de viscosidad              | Cáscara de manzana                   | Jovanovic <i>et al.</i> (2020) |
| Queso    | Friabilidad, adhesividad   | Bráctea externa y tallo de alcachofa | Costa <i>et al.</i> (2018)     |

| Producto           | Influencia de la FD  | Fuente de FD   | Referencia                    |
|--------------------|--|--|-------------------------------|
| Mantequilla        | Firmeza, capacidad de untar  | Albedo de naranja y hueso de pera                          | Goksel y Dogan (2016)         |
| Horneado           |  |  |                               |
| Pan de trigo       | Mejorador: disminución de la dureza, adhesión, cohesión<br>Aceptabilidad sensorial | Vaina de guisante y haba                                   | Belghith <i>et al.</i> (2016) |
| Conserva           |  |  |                               |
| Mermelada          | Viscosidad, incremento en el módulo de corte                                       | Cáscara de plátano   | Rajendran y Thampi (2019)     |
| Bebida             |  |  |                               |
| Bebida espesa      | Estabilidad física<br>Aceptabilidad sensorial                                      | Pulpa de soya  | Chen <i>et al.</i> (2018)     |
| Confitería         |  |  |                               |
| Gelatina           | Dureza, masticabilidad, adhesividad<br>Reducción de la sinéresis                   | Cáscara de plátano   | Radzi (2020)                  |
| Cárnicos           |  |  |                               |
| Salchicha de pollo | Capacidad de almacenamiento<br>Aceptabilidad organoléptica                         | Cáscara de manzana<br>Cáscara de tomate<br>Cáscara de maíz | Yadav <i>et al.</i> (2015)    |

Fuente: Elaboración Propia

### Retos e investigaciones a futuro

De la revisión realizada, se puede señalar que la mayor parte de los estudios para el aprovechamiento de los residuos agroindustriales que se aprovechan para convertirse en algún tipo de FDS se queda a nivel de laboratorio, no se experimenta el escalamiento a la industria. Se ha demostrado que los beneficios de llevar estos conocimientos a la población resultarían benéficos para la salud por lo que ya se mencionó anteriormente. Así mismo la falta de equipos para las industrias es un impedimento ya que probablemente no haya producción continua y debido a esto retrase el proceso de producción.

También los investigadores que han agregado la FDS a algún alimento o como aditivo no han dado el seguimiento de consumo a la población y así tener la certeza que esa FDS represente un cambio

importante en la alimentación y/o salud de algún consumidor y reportar los beneficios que pueda llegar a tener por lo que esta parte de las investigaciones queda incompleta para realizar estudios posteriores.

### CONCLUSIONES

Las FD están asociadas con varios beneficios para la salud y se clasifican en dos clases principales según su solubilidad en agua: solubles e insolubles. Las FD también son asociadas con las características texturales y sensoriales de los productos alimenticios. Algunas propiedades importantes de las FD son la solubilidad, la viscosidad, la capacidad de retención de agua, la capacidad de retención de aceite, el tamaño de las partículas, la porosidad, etc. Las FD se pueden obtener de diversas fuentes, como frutas, hortalizas y cereales, mientras que la nueva tendencia es la recuperación de fibras dietéticas a partir de los desechos agroindustriales que la industria no utiliza y es así que por métodos de modificación solos o combinados se les puede aprovechar para posteriormente adicionarlo como ingrediente o aditivo en algún alimento y tener una dieta rica en fibra que posteriormente traerá beneficios y evitará tener alguna de las enfermedades que ya se describieron anteriormente.

### BIBLIOGRAFÍA

- Ajila, C., Aalami, M., Leelavathi, K. and Prasada, U. (2009). Mango peel powder: A potential source of antioxidant and dietary fiber in macaroni preparations. *Innovate Food Science and Emerging Technologies*. doi: 10.1016/j.ifset.2009.10.004.
- Belghith, L., Chaari, F., Maaloul, M., Kallel, F., Abdelkafi, L., Ellouz, S. and Ghribi, D. (2016). Wheat bread enrichment by pea and broad bean pods fibers: Effect on dough rheology and bread quality. *LWT*. doi: 10.1016/j.lwt.2016.06.070.
- Borchani, Ch., Besbes, S., Masmoudi, M., Bouaziz, M.A., Blecker, C., and Attia, H. (2012). Influence of oven-drying temperature on physicochemical and functional properties of date fibre concentrates. *Food Bioprocess Technol*; 5:1541-1551.
- Borderías, A. J., Sánchez, A. I., Pérez, M. M. (2005). New applications of fibers in foods: addition to fishery products. *Trends Food Sci Technol*; 16:458-465.
- Butke, W., Romeiro, M., Aparecida, L., Do Santos, F. and Novello, D. (2018). Addition of pumpkin skin flour in pizza changes the physicochemical and sensory acceptability of children. *International Journal of Development Research*.
- Chen, H., Zhao, C., Li, J., Hussain, S., Yan, S., and Wang, Q. (2018). Effects of extrusion on structural and physicochemical properties of soluble dietary fiber from nodes of lotus root. *LWT-Food Science and Technology*; 93, 204–211.
- Costa, C., Lucera, A., Marinelli, V., Del Nobile, A. and Conte, A. (2018). Influence of different by products addition on sensory and physicochemical aspects of Primosale cheese. *J Food Sci Technol*. doi:10.1007/s13197-018-3347-z
- Goksel, S. and Dogan, M. (2016). Incorporation of dietary fiber concentrates from from fruit and vegetable wastes in butter: Effects on physicochemical, textural, and sensory properties. *Eur. Food Res. Technol*. doi: 10.1007/s00217-016-2637-9.
- Jaime, L., Molla, E., Fernández, A., Martín, C. M., López, A. F., and Esteban, R. (2002). Structural carbohydrates differences and potential source of dietary fiber of onion (*Allium cepa* L.) tissues. *J Agric Food Chem*; 50:122-128.
- Jovanovic, M., Petrovic, M., Miocinovic, J., Zlatanovic, S., Lalicic, J., Mitic, D. and Gorjanovic, S. (2020). Bioactivity and sensory properties of probiotic yogurt fortified with apple pomace flour. *Foods*. doi: 10.3390/foods9060763.

- Ma, Y., Kerr, W., Swanson, R., Hargrove, J. and Pegg, R. (2014). Peanut skins fortified peanut butters: Effect of processing on the phenolics content, fibre content and antioxidant activity. *Food Chemistry*. doi: 10.1016/j.foodchem.2013.08.125.
- Padalino, L., Conte, A., Lecce, L., Likyova, D., Sicari, V., Pellicanò, T., Poiana, M. and Del Nobile, M. (2017): Functional pasta with tomato by product as a source of antioxidant compounds and dietary fiber. *Czech J. Food Sci.* doi: 10.17221/171/2016-CJFS
- Palacio, M. I., Etcheverría, A. I. and Manrique, G. D. (2018). Development of gluten free muffins utilizing squash seed dietary fiber. *Journal of Food Science and Technology*. doi: 10.1007/s13197-018-3213-z.
- Pasini, C., Inocencio, P., Sousa, J., Gómez, A., Da Silva, M. and Granato, D. (2019). Phenolic rich Petit Suisse cheese manufactured with organic bordeaux grape juice, skin, and seed extract: technological, sensory, and functional properties. *LWT - Food Science and Technology*. doi: 10.1016/j.lwt.2019.10849.
- Purić, M., Rabrenović, B., Rac, V., Pezo, L., Tomašević, I. and Demin, M. (2020). Application of defatted apple seed cakes as a by-product for the enrichment of wheat bread. *LWT - Food Science and Technology*. doi: 10.1016/j.lwt.2020.109391.
- Radzi, H. (2020). Incorporation of banana peel fiber in jelly as a functional food precursor. Malaysian Academic Library Institutional Repository.
- Rajendran, N. and Thampi, H. (2019). Extraction and characterization of pectin from banana peel. *Carpathian Journal of Food Science and Technology*. doi: 10.34302/2019.11.4.4.
- Saénz, H. C. (1997). Cladodes: a source of dietary Fiber. *J Prof Assoc Cactus Dev*; 34:117-123.
- Thanushree, M., Sudha, M. and Crassina, K. (2017). Lotus (*Nelumbo nucifera*) rhizome powder as a novel ingredient in bread sticks: rheological characteristics and nutrient composition. *Journal of Food Measurement and Characterization*. doi: 10.1007/s11694-017-9561-y.
- Trowell, H.C. (1974). Definitions of fiber. *Lancet* 1:503.
- Tungland, B.C., Meyer, D. (2002). Nondigestible oligo- and polysaccharides (dietary fiber): their physiology and role in human health and food. *Compr Rev Food Sci Food Saf*; 3:73-92.
- Utpott, M., Ramos, de A. R., Galarza, V. C., Nunes, P., A., Tischer, B., de Oliveira, R. A., and Hickmann, F. S. (2020). Characterization and application of red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) peel powder as a fat replacer in ice cream. *Journal of Food Processing and Preservation*. doi: 10.1111/jfpp.14420.
- Vázquez, K., Martínez, N., Rebollo, M., Del Castillo, M., Gaytán, M. and Campos, R. (2018). In vitro health promoting properties of antioxidant dietary fiber extracted from spent coffee (*Coffea arabica* L.) grounds. *Food Chemistry*. doi: 10.1016/j.foodchem.2018.04.064.
- Viva, N., Costa, A., Mendes, P., Charles, D., Granato, D. and Canniatti, S. (2018). Potentials and pitfalls on the use of passion fruit by products in drinkable yogurt: physicochemical, technological microbiological, and sensory aspects. *Beverages*. doi: 10.3390/beverages4030047.
- Wendler, T., De Fátima, L., Da Cruz, V., Jordo, C., Freitas, E. and Novello, D. (2018). Aproveitamento da casca de batata doce na produção de panetone: Caracterização físicoquímica e aceitabilidade sensorial entre crianças. Universidade Estadual do Centro Oeste, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.
- Yadav, S., Malik, A., Pathera, A., Islam, R. and Sharma, D. (2015). Development of dietary fibre enriched chicken sausages by incorporating corn bran, dried apple pomace and dried tomato pomace. *Nutrition & Food Science*. doi: 10.1108/NFS-05-2015-0049.