

ARTIKEL TINJAUAN: PENGGUNAAN DAN PENGEMBANGAN *DIETARY FIBER*

Nopi Rantika, Taofik Rusdiana

Departemen Farmasetika dan Teknologi Farmasi, Fakultas Farmasi Universitas Padjadjaran
Jl. Raya Bandung, Sumedang KM 21 Jatinangor, Jawa Barat, Indonesia
nopi17002@mail.unpad.ac.id

ABSTRAK

Pada beberapa dekade terakhir, para ilmuwan telah melakukan penelitian terhadap serat makanan (*dietary fiber*) yang memiliki banyak manfaat kesehatan. Serat pangan merupakan karbohidrat analog yang tahan terhadap enzim pencernaan dalam usus, serta terfermentasi dengan lengkap atau parsial. Beberapa penelitian telah mengevaluasi manfaat dari serat pangan, diantaranya berperan dalam pencegahan konstipasi dan dalam mengendalikan kadar glukosa serta lipid darah. Sifat fisikokimia dari serat makanan sangat mempengaruhi efek fisiologis dan teknologi fungsionalitas. Kandungan serat pangan dari berbagai sumber makanan, diantaranya adalah biji-bijian, kacang-kacangan, sayuran dan buah. Artikel ini menyajikan tentang karakterisasi serta perkembangan dietary fiber sehingga dapat menjadi makanan yang fungsional bagi kesehatan.

Kata kunci: klasifikasi, manfaat, sifat fisikokimia dan fungsionalitas dietary fiber

ABSTRACT

In the last few decades, scientists have been doing research on dietary fiber (dietary fiber) that memiliki many health benefits. Dietary fiber is an analog carbohydrate that is resistant to digestive enzymes in the intestine, as well as fully or partially fermented. Several studies have evaluated the benefits of dietary fiber, including a role in prevention of constipation and in controlling blood glucose and lipid levels. The physicochemical properties of dietary fiber greatly affect the effects of physiological and technological functionality. The content of dietary fiber from various food sources, including grains, beans, vegetables and fruit. This article presents the characterization and development of dietary fiber so that it can be a functional food for health.

Keywords: *classification, benefit, physicochemical properties and dietary fiber functionality*

Diserahkan: 28 Juni 2018, Diterima 6 Agustus 2018

Pendahuluan

Dietary fiber (DF) adalah kompleks polisakarida nonstarch yang berasal dari bagian tanaman atau disebut dengan karbohidrat analog yang tahan terhadap enzim pencernaan manusia, yang secara lengkap atau secara parsial terfermentasi dalam usus. Istilah “*dietary fiber*” (DF) pertama kali diperkenalkan pada tahun 1950-an, mengacu pada dinding sel

tanaman; kemudian digunakan untuk mendeskripsikan suatu kelas polisakarida yang berasal dari tumbuhan, yang tahan terhadap enzim pencernaan dan tidak diserap oleh usus (Brownlee, 2011). Dari sudut pandang ilmiah, *American Association of Cereal Chemists* (AACC) (2001) mendefinisikan *dietary fiber* merupakan bagian tanaman atau karbohidrat analog yang dapat dimakan yang tahan terhadap pencernaan dan

penyerapan di usus kecil manusia dengan fermentasi lengkap atau parsial dalam usus besar (Phillips & Phillips, 2011), termasuk polisakarida, oligosakarida, lignin, dan zat tanaman yang terkait. Definisi lain menetapkan batas untuk DF sebagai bahan fungsional yang memberikan efek fisiologis yang menguntungkan termasuk laksatif, menurunkan kolesterol darah, dan glukosa darah (Yang, Ma, Wang, & Zheng, 2017).

Serat makanan dapat diklasifikasikan menjadi dua bagian besar atas dasar kelarutan: komponen yang dapat larut, seperti pektin, gom, dan β -glukan; dan komponen yang tidak larut, yang termasuk selulosa, lignin, dan hemiselulosa (Dhingra, Michael, Rajput, & Patil, 2012). Serat makanan memainkan peran penting dalam kesehatan manusia. Pada beberapa penelitian mengungkapkan hubungan antara asupan DF dan kejadian penyakit sembelit, obesitas, kardiovaskular, kanker usus besar, dan diabetes mellitus. Saat ini, asupan DF yang direkomendasikan adalah 25-30 g / hari, dengan penambahan serat ke makanan sebagai alternatif untuk mengimbangi kekurangan dalam diet.

Tindakan fisiologis DF kemungkinan didasarkan pada sifat fisikokimia seperti sifat hidrasi dan reologi, *fat/oil retention*, karakteristik luas permukaan dan porositas, ukuran partikel dan volume bulk, serta kapasitas pertukaran ion (Lattimer & Haub, 2010).

Sejarah Penelitian dan Perkembangan Dietary Fiber

Meskipun penelitian DF dimulai oleh ahli gizi dan dokter, yang lebih berfokus pada aspek biomedisnya, yang kemudian secara luas berkembang pada berbagai bidang ilmiah, termasuk kimia tumbuhan, kimia makanan, teknologi pengolahan makanan, biokimia nutrisi dan obat-obatan. Perkembangan tentang *dietary fiber* ini tidak hanya menjadi subjek interdisipliner tetapi membutuhkan kolaborasi dari sejumlah bidang disiplin ilmu (Tabel 1). Beberapa penelitian telah menyatakan perkembangan *dietary fiber* dibidang pengobatan. Pada beberapa dekade terakhir, banyak formulasi serat pangan yang berperan dalam proses pencegahan maupun pengobatan penyakit. Diantaranya yaitu sebagai pengobatan penyakit kardiovaskuler.

Tabel 1. Sejarah dan status penelitian mengenai *dietary fiber* dalam masing-masing bidang subjek.

	<i>Subject areas</i>	<i>Major progresses</i>	<i>Referensi</i>
Sebelum 1970-an	aspek fisiologis-botani	Sangat sedikit penelitian yang memelopori penelitian, dengan fokus pada efek fisiologis dari serat makanan, melalui pendekatan observasional	(Y. O. Li & Komarek, 2017)
1970 sampai 1980-an	Aspek nutrisi dan biokimia	Bidang penelitian perlahan-lahan didirikan dengan lebih menekankan pada pemahaman hubungan sebab-akibat, melalui menumbuhkan data klinis dan epidemiologi.	(Tosh & Yada, 2010)
1980 sampai 1990an	Aspek nutrisi dan kimia	Topik penelitian tentang 'serat makanan' telah ditetapkan dengan lebih banyak ahli kimia yang terlibat untuk memeriksa fraksinasi, klasifikasi, karakterisasi, dan metode analisis.	(Brownlee, 2011)
1990 sampai 2000an	Aspek kimia, nutrisi, tumbuhan dan ilmu makanan	Karakterisasi dan metode analisis lebih lanjut, dan penelitian aktif dalam menghubungkan struktur komponen serat makanan untuk fungsi fisiologis serat pangan, serta dalam eksplorasi sumber, ekstraksi dan persiapan serat olahan sebagai bahan aktif makanan.	(Tosh & Yada, 2010)
>2000	Aspek kimia, nutrisi, nutrigenomik, sains tanaman, teknologi pengolahan makanan, sains konsumen	Penelitian ini sangat aktif dengan kemajuan signifikan dalam berbagai bidang interdisipliner; yang jelas definisi umumnya disetujui dan penekanan lebih banyak telah ditempatkan pada pemahaman yang komprehensif tentang hubungan fungsi-strukturnya dan aplikasi dalam pengembangan produk makanan fungsional.	(Tosh & Yada, 2010), (Dai & Chau, 2017)

Klasifikasi *Dietary Fiber*

Komponen serat makanan dapat diklasifikasikan berdasarkan peran, jenis polisakarida, kelarutan dalam larutan gastrointestinal, tempat pencernaan dan berdasarkan pada produk. Namun, tidak ada yang sepenuhnya memuaskan, karena batasnya tidak dapat ditentukan secara mutlak. Klasifikasi serat makanan yang paling banyak diterima yaitu untuk membedakan komponen makanan pada kelarutannya dalam buffer pada pH yang ditentukan, dan / atau fermentabilitasnya dalam sistem invitro menggunakan larutan enzim encer yang mewakili enzim

pencernaan manusia. Jadi serat makanan yang paling tepat diklasifikasikan ke dalam dua kategori seperti serat yang tidak larut dalam air / kurang terfermentasi: selulosa, hemiselulosa, lignin dan serat yang larut dalam air / terfermentasi dengan baik: pektin, gusi dan lendir. Serat larut dan serat tidak larut menunjukkan komponen struktural yang unik dan, akibatnya dapat memiliki berbagai efek fisiologis. Serat larut telah dikaitkan dengan penurunan kolesterol dalam darah dan penurunan penyerapan glukosa usus sementara serat tidak larut telah dikaitkan dengan penyerapan air dan pengaruh regulasi usus.

Tabel 2. Klasifikasi komponen serat makanan berdasarkan kelarutan air / fermentabilitas (Chawla & Patil, 2010)(Dai & Chau, 2017).

Karakteristik	Komponen Serat	Deskripsi	Sumber makanan
<i>Water insoluble/ Less fermented</i>	Selulosa	Komponen struktural utama dinding sel tanaman. Tidak larut dalam alkali pekat, larut dalam asam pekat.	Sayuran
	Hemiselulosa	Polisakarida dinding sel, yang mengandung ikatan β -1,4 glucosidic. Larut dalam alkali encer.	Sereal
	Lignin	Komponen dinding sel non-karbohidrat. Kompleks ikatan silang polimer propana fenil.	Tanaman berkayu
<i>Water soluble/ Well fermented</i>	Pektin	Komponen dinding sel primer dengan asam D-galacturonic sebagai komponen utama. Umumnya larut air dan membentuk gel.	Buah-buahan, sayuran, kacang-kacangan, kentang
	gum	Disekresikan di lokasi cedera tanaman oleh sekretorik sel khusus.	Tanaman biji leguminosa (kacang -kacangan), ekstrak rumput laut (karagenan, alginat), xanthan
	mucilago	Disintesis oleh tanaman. Digunakan dalam industri makanan atau stabilisator.	Ekstrak tumbuhan (gum akasia, gom karaya, tragacanth)

Sifat fisikokimia *Dietary Fiber*

Sifat fisikokimia dari produk serat makanan yang telah dipelajari untuk efek fisiologisnya dan atau teknologi fungsionalitas termasuk sebagai berikut: sifat hidrasi dan reologi, *fat/oil retention*,

karakteristik luas permukaan dan porositas, ukuran partikel dan volume bulk, serta kapasitas pertukaran ion. Banyak metode yang digunakan untuk menilai sifat-sifat serat yang dikembangkan beberapa dekade yang lalu.

a. Hydration

Sifat hidrasi tergantung pada struktur kimia dan fisik (permukaan luas dan ukuran partikel), lingkungan kimia, dan kondisi pemrosesan serat. Pektin kaya serat makanan cenderung menunjukkan nilai yang lebih tinggi untuk sifat-sifat hidrasi dibandingkan dengan serat lain karena hidrofilisitas zat pektik (Poutanen et al., 2017). Karakterisasi menyeluruh dari sifat hidrasi serat makanan membutuhkan penerapan beberapa metode karena berbagai kondisi dari berbagai metode menghasilkan perbedaan keadaan terhidrasi, dan dalam berbagai nilai. (Dalgetty & Baik, 2003) mengisolasi fraksi serat dari kacang polong, lentil, dan buncis, kemudian dilihat perbandingan sifat *swelling capacity* dan *water binding capacity*.

Swelling capacity, secara singkat, 300 mg sampel dilarutkan dalam 10 ml NaCl + NaN₃ dan ditempatkan di *shaking water bath* dengan 150 gerakan /menit pada suhu 39 °C selama 20 jam. SC [ml / g bahan kering] diukur 1 jam setelah mematikan *shaking water bath* (Serena, Jørgensen, & Bach Knudsen, 2008).

Water binding capacity (g air / g DM) dari sedimen fraksi digesta dihitung menurut persamaan berikut [32]:

$$WBC = \frac{WW - DW}{DW}$$

Dimana WW adalah berat bahan basah, dan DW berat bahan kering (Tan, Wei, Zhao, Xu, & Peng, 2017).

b. Oil-binding capacity

Kemampuan serat makanan untuk mempertahankan minyak menjadi penting dalam aplikasi makanan misalnya, dalam mencegah kehilangan lemak saat memasak, dan juga nutrisi di mana kemampuan untuk menyerap atau mengikat asam empedu dan meningkatkan ekskresinya yang dikaitkan dengan pengurangan kolesterol plasma (Tosh & Yada, 2010).

Kapasitas pengikatan minyak ditentukan dalam tiga rangkap, menggunakan metode yang diterapkan oleh Thammakiti dkk. massa 500 mg sampel dimasukkan ke dalam tabung gelas 12 mL. 30 mL minyak kedelai ditambahkan ke dalam sampel kering dan semprot kering. Setelah itu, sampel diaduk selama satu menit. Setelah 30 menit, tabung disentrifugasi (3000 rpm pada suhu kamar selama 25 menit) menggunakan *Rotofix centrifuge* dan volume minyak bebas dicatat. Kapasitas pengikatan minyak dinyatakan sebagai volume minyak kedelai yang terikat oleh sampel (Petravić-Tominac et al., 2011).

c. Karakteristik permukaan dan porositas permukaan

Porositas dan permukaan yang tersedia dapat mempengaruhi fermentasi serat makanan (ketersediaan untuk degradasi mikroba di usus besar) sementara regiochemistry dari lapisan permukaan dapat memainkan peran dalam beberapa sifat fisiokimia (adsorpsi atau pengikatan beberapa molekul) untuk beberapa efek fisiologis dari dietary fiber. Porositas dan permukaan yang tersedia untuk bakteri atau probe molekuler seperti enzim akan bergantung pada arsitektur serat, yang terkait dengan asal dan kondisi pemrosesan(Dhingra et al., 2012).

d. Ukuran partikel

Ukuran partikel dari serat makanan memiliki peran dalam fungsi kolon dengan mempengaruhi waktu transit, fermentasi, dan *fecal bulking*. Semakin kecil ukuran partikel serat pangan menunjukkan semakin tinggi tingkat penyerapan air. Namun, ukuran partikel awal suatu serat juga bisa berubah setelah konsumsi karena mengunyah, proses peristaltik, dan degradasi oleh bakteri usus. Analisis distribusi ukuran partikel biasanya dilakukan dengan pengayak kering melalui serangkaian saringan dengan

mengurangi ukuran mesh(Zhao et al., 2018).

Serat makanan meliputi makromolekul yang sangat beragam yang menunjukkan berbagai sifat fisiko-kimia. Sifat-sifat yang relevan dengan nutrisi terutama adalah ukuran partikel dan volume bulk, karakteristik luas permukaan, sifat hidrasi dan reologi, dan adsorpsi atau entrapmen mineral dan molekul organik. Di antara sifat-sifat ini, viskositas dan kapasitas penukaran ion adalah kontributor utama untuk efek metabolik (metabolisme glukosa dan lipid) sedangkan pola fermentasi, efek bulky dan ukuran partikel sangat terlibat dalam efek pada fungsi kolon. Perawatan teknologi dapat memodifikasi sifat fisiko-kimia dari serat. Ini dapat dieksploitasi lebih lanjut untuk mengoptimalkan sifat tekno-fungsional dan fisiologis serat pangan.

Fungsionalitas Biologi dan Fisiologis Dietary Fiber

a. Efek kesehatan dari DF

Manfaat kesehatan dari DF telah didokumentasikan dengan baik dalam literatur selama dua dekade terakhir. Kekurangan DF, dapat menyebabkan penyakit seperti sembelit, hernia, radang usus buntu, diabetes, kegemukan, penyakit jantung koroner, batu empedu, dll (Sudha, Rajeswari, & Venkateswara Rao, 2012). Konsumsi

jumlah DF yang memadai mengurangi risiko penyakit yang disebutkan di atas (Dahl & Stewart, 2015). Secara khusus, penelitian menunjukkan bahwa individu dengan cukup asupan serat pangan memiliki resiko lebih rendah untuk perkembangan penyakit stroke (Zhang et al., 2013), kanker kolorektal (Dahm et al., 2010), penyakit kardiovaskular (Threapleton et al., 2013), dan diabetes tipe-2 (Barclay, Flood, Rochtchina, Mitchell, & Brand-Miller, 2007)(Cho, Qi, Fahey, & Klurfeld, 2013)(Yao et al., 2014). Peningkatan asupan DF juga terkait dengan menurunkan tekanan darah dan menurunkan kadar kolesterol serum (Zhou et al., 2015). Selain itu, serat dapat membantu menurunkan berat badan atau mencegah penambahan berat badan, terutama melalui rasa kenyang (Fairbanks, Blau, & Jorgensen, 2010)(Mozaffarian, Hoa, Rimm, Willett, & Hu, 2011) dan tampaknya meningkatkan fungsi kekebalan tubuh melalui interaksi serat dan mikrobiota usus (Watzl, Girrbach, & Roller, 2005)(Simpson & Campbell, 2015). Pada anak-anak, peningkatan asupan serat ditemukan berhubungan dengan rendahnya risiko kelebihan berat badan atau obesitas (S.F., N.M., R., & V., 2010)(Quick, Wall, Larson, Haines, & Neumark-Sztainer, 2013).

Sejauh ini, tidak ada keraguan bahwa klaim kesehatan DF yang kuat dapat terjadi berasal dari sejumlah besar data klinis; Namun, detail mekanisme yang dapat menjelaskan efek menguntungkan ini masih dalam investigasi (Lattimer & Haub, 2010). Definisi dari DF yaitu merupakan karbohidrat yang tidak dapat dicerna dalam saluran GI bagian atas telah membatasi penelitian hanya berfokus pada fermentabilitasnya di usus besar, kemudian pada interaksi sebagai prebiotik dengan mikrobiota kolon. Penelitian terkini telah mengaitkan manfaat kesehatan DF dengan berbagai fungsinya di saluran pencernaan atas (Unless, Act, Rose, If, & Rose, 2016). Khususnya, peningkatan dalam viskositas yang disebabkan oleh biopolimer dengan berat molekul tinggi dalam serat larut dapat mengubah pengosongan lambung sehingga menyebabkan sensasi rasa kenyang, selanjutnya pelepasan nutrisi dan penginderaan di duodenum. Di sisi lain, interaksi antara serat tak larut dan mikrobiota kolon telah dipelajari menggunakan teknologi sekuensing DNA modern (Simpson & Campbell, 2015), dan disarankan fermentabilitas DF, dalam kaitannya dengan pelepasan berbagai tingkat asam lemak rantai pendek (SCFAs), memainkan peran penting dalam komposisi

(Keanekaragaman) dan aktivitas metabolik dari microbiota, yang dalam mengubah mempengaruhi kesehatan usus dan pada akhirnya dapat meningkatkan sistem kekebalan tubuh, setelah itu kemampuan tubuh untuk melawan beberapa penyakit kronis.

Dengan demikian konsumsi serat pangan sangat penting, yaitu untuk menjaga fungsi normal dari saluran pencernaan, menjaga metabolisme tubuh serta mencegah dari resiko penyakit degeneratif. Sehingga diet dengan kandungan serat yang tinggi, seperti yang kaya sereal, buah-buahan dan sayuran yang memiliki efek positif pada kesehatan sangat dianjurkan. Selain itu untuk memenuhi kebutuhan serat pangan tubuh dapat dilakukan dengan konsumsi suplemen serat. Konsumsi serat melalui penggunaan suplemen tergolong praktis dan efektif.

Rekomendasi Intake Harian untuk DF

National Center for Health Statistics (NCHS) melakukan penelitian setiap 2 tahun pada tahun 1999–2008 untuk memperkirakan serat harian asupan individu dan membandingkan dengan asupan yang direkomendasikan (Y. O. Li & Komarek, 2017). Partisipan adalah orang dewasa berusia 18 tahun ke atas. Data dikumpulkan melalui desain

cross-sectional menggunakan wawancara penarikan makanan yang dilakukan oleh profesional kesehatan yang terlatih. Hasil yang ditunjukkan bahwa asupan harian rata-rata dari DF adalah 15 hingga 16 g per hari per orang. Menurut penelitian ini, asupan serat harian masih belum memenuhi rekomendasi.

Menurut the *Dietary Guidelines for Americans* 2010 (DGA), tingkat asupan dietary fiber yang direkomendasikan yaitu 38 g per hari untuk pria berusia 19 hingga 50 tahun, 30 g per hari untuk pria yang lebih tua dari 50 tahun, 25 g per hari untuk wanita berusia 19 hingga 50 tahun, dan 21 g per hari untuk wanita yang lebih tua dari 50 tahun. Panduan diet saat ini mengarahkan konsumen untuk meningkatkan asupan makanan padat yang mengandung nutrisi dan serat, namun menekankan pada pemeliharaan keseimbangan energi dan mempertahankan kesehatan berat badan (Marshall, 2011).

Berdasarkan hasil NHANES, di bawah 10% dari populasi AS memenuhi asupan serat yang direkomendasikan. Negara lain juga jauh di bawah jumlah yang disarankan bahkan jika ada informasi yang terbatas dari negara lain (Jones, 2013).

Kandungan DF pada Berbagai Makanan

Secara alami serat terdapat di dalam tumbuhan yang bisa dimakan oleh manusia

seperti buah, sayur dan biji bijian. Berbagai sumber makanan disajikan pada **Tabel 3**

Tabel 3. Kandungan Serat Pangan dari Berbagai Sumber (Dhingra et al., 2012)

Sumber	Serat makanan (g/ 100 g)			Sumber	Serat makanan (g/ 100 g)		
	Total	Tidak larut	Larut		Total	Tidak larut	Larut
Biji-bijian				Lobak	2,0	1,5	0,5
Jagung	13,4	-	-	Tomat, mentah	1,2	0,8	0,4
Oat	10.3	6.5	3.8	Bawang hijau	2.2	2.2	0.0
Nasi (kering)	1.3	1.0	0.3	Terong	6.6	5.3	1.3
Beras (dimasak)	0,7	0,7	0,0	Ketimun, kupas	0,6	0,5	0,1
Gandum (gandum utuh)	12.6	10.2	2.3	Kembang kol, mentah	1,8	1,1	0,7
Biji gandum	14.0	12.9	1.1	Seledri, mentah	1,5	1,0	0,5
Kacang-kacangan				Wortel, mentah	2,5	2,30	0,20
Kacang hijau	1,90	1,40	0,50	Brokoli, mentah	3,29	3,00	0,29
Kedelai	15,0	-	-	Buah-buahan			
Kacang polong	3,5	3,2	0,3	Apel, tidak dikupas	2,0	1,8	0,2
Kacang merah	6.3	4.7	1.6	Kiwi	3,39	2,61	0,80
Almond	11.20	10.10	1.10	Mangga	1.80	1,06	0,74
Kacang tanah	8,0	7,5	0,5	Nanas	1.20	1.10	0.10
Kacang mente	6.0	-	-	Semangka	0,50	0,30	0,20
Sayuran				Anggur	1,2	0,7	0,5
Kentang, tidak ada kulit	1,30	1,0	0,30	Jeruk	1.8	0.7	1.1
Labu pahit	16.6	13.5	3.1	Stroberi	2.2	1.3	0.9
Bayam, mentah	2.6	2.1	0,5	Pisang	1.7	1.2	0,5
				Pear	3.0	2.0	1.0

Kesimpulan

Penelitian terbaru yang dilakukan pada serat makanan menyimpulkan bahwa ada beberapa sumber yang digunakan secara luas yang tergolong dalam serat larut dalam air dan tidak larut. Serat makanan memiliki berbagai fungsi fisiologis yang berhubungan dengan sistem pencernaan, diabetes, penyakit jantung dll. Sifat fisikakimia dari serat makanan (seperti viskositas, kapasitas menahan air, kelarutan dan ukuran partikel) dapat mempengaruhi efek fungsional dari serat tersebut. Dengan demikian konsumsi makanan tinggi serat maupun suplemen tinggi serat sangat penting bagi kesehatan tubuh.

DAFTAR PUSTAKA

Associations Between Dietary Fiber and Inflammation , Hepatic Function , and Risk of Type 2 Diabetes in Older Men Potential mechanisms for the benefits of fiber on diabetes risk. (2009), 32(10), 10–12. <https://doi.org/10.2337/dc09-0477>.

Barclay, A., Flood, V., Rochtchina, E., Mitchell, P., & Brand-Miller, J. (2007). Glycemic Index, Dietary Fiber, and Risk of Type 2 Diabetes in a Cohort of Older Australians. *Diabetes Care*, 30(11), 2811–2813. <https://doi.org/10.2337/dc07-0784>.J.B.M.

Brownlee, I. A. (2011). The physiological roles of dietary fibre. *Food Hydrocolloids*, 25(2), 238–250. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2009.11.013>

Chawla, R., & Patil, G. R. (2010). Soluble dietary fiber. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*,

9(2), 178–196. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2009.00099.x>

Cho, S. S., Qi, L., Fahey, G. C., & Klurfeld, D. M. (2013). Consumption of cereal fiber, mixtures of whole grain and bran, and whole grains and risk reduction in type 2 diabetes, obesity, and cardiovascular disease. *Am J Clin Nutr*, 98(C), 594–619. <https://doi.org/10.3945/ajcn.113.067629>

Clark, M. J., & Slavin, J. L. (2013). The effect of fiber on satiety and food intake: A systematic review. *Journal of the American College of Nutrition*, 32(3), 200–211. <https://doi.org/10.1080/07315724.2013.791194>

Clemens, R., Kranz, S., Mobley, A. R., Nicklas, T. A., Raimondi, M. P., Rodriguez, J. C., ... Warshaw, H. (2012). Filling America's Fiber Intake Gap: Summary of a Roundtable to Probe Realistic Solutions with a Focus on Grain-Based Foods. *Journal of Nutrition*, 142(7), 1390S–1401S. <https://doi.org/10.3945/jn.112.160176>

Dahl, W. J., & Stewart, M. L. (2015). Position of the Academy of Nutrition and Dietetics: Health Implications of Dietary Fiber. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 115(11), 1861–1870. <https://doi.org/10.1016/j.jand.2015.09.003>

Dahm, C. C., Keogh, R. H., Spencer, E. A., Greenwood, D. C., Key, T. J., Fentiman, I. S., ... Rodwell, S. A. (2010). Dietary fiber and colorectal cancer risk: A nested case-control study using food diaries. *Journal of the National Cancer Institute*, 102(9), 614–626. <https://doi.org/10.1093/jnci/djq092>

Dai, F. J., & Chau, C. F. (2017). Classification and regulatory perspectives of dietary fiber. *Journal of Food and Drug Analysis*, 25(1), 37–42. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2016.09.006>

Dalgetty, D. D., & Baik, B. K. (2003).

- Isolation and characterization of cotyledon fibers from peas, lentils, and chickpeas. *Cereal Chemistry*, 80(3), 310–315. <https://doi.org/10.1094/CCHEM.2003.80.3.310>
- Dhingra, D., Michael, M., Rajput, H., & Patil, R. T. (2012). Dietary fibre in foods: A review. *Journal of Food Science and Technology*, 49(3), 255–266. <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0365-5>
- Dong, H., Sargent, L. J., Chatzidiakou, Y., Saunders, C., Harkness, L., Bordenave, N., ... Lovegrove, J. A. (2016). Orange pomace fibre increases a composite scoring of subjective ratings of hunger and fullness in healthy adults. *Appetite*, 107, 478–485. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2016.08.118>
- Fairbanks, L. A., Blau, K., & Jorgensen, M. J. (2010). High-fiber diet promotes weight loss and affects maternal behavior in vervet monkeys. *American Journal of Primatology*, 72(3), 234–241. <https://doi.org/10.1002/ajp.20772>
- Jones, J. M. (2013). Dietary Fiber Future Directions: Integrating New Definitions and Findings to Inform Nutrition. *Adv. Nutr*, 8–15. <https://doi.org/10.3945/an.112.002907.8>
- Lattimer, J. M., & Haub, M. D. (2010). Effects of dietary fiber and its components on metabolic health. *Nutrients*, 2(12), 1266–1289. <https://doi.org/10.3390/nu2121266>
- Li, S. S., Kendall, C. W. C., De Souza, R. J., Jayalath, V. H., Cozma, A. I., Ha, V., ... Sievenpiper, J. L. (2014). Dietary pulses, satiety and food intake: A systematic review and meta-analysis of acute feeding trials. *Obesity*, 22(8), 1773–1780. <https://doi.org/10.1002/oby.20782>
- Li, Y. O., & Komarek, A. R. (2017). Dietary fibre basics: Health, nutrition, analysis, and applications. *Food Quality and Safety*, 1(1), 47–59. <https://doi.org/10.1093/fqs/fyx007>
- Marshall, T. A. (2011). Dietary Guidelines for Americans, 2010: an update. *Journal of the American Dental Association (1939)*, 142(6), 654–6. [https://doi.org/10.1016/S0300-7073\(05\)71075-6](https://doi.org/10.1016/S0300-7073(05)71075-6)
- Mozaffarian, D., Hoa, T., Rimm, E. B., Willett, W. C., & Hu, F. B. (2011). Changes in Diet and Lifestyle and Long- Term Weight Gain in Women and Men. *The New England Journal of Medicine*, 364, 2392–404. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1014296>
- Pérez-Jiménez, J., Serrano, J., Tabernero, M., Arranz, S., Díaz-Rubio, M. E., García-Diz, L., ... Saura-Calixto, F. (2008). Effects of grape antioxidant dietary fiber in cardiovascular disease risk factors. *Nutrition*, 24(7–8), 646–653. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2008.03.012>
- Petravić-Tominac, V., Zechner-Krpan, V., Berković, K., Galović, P., Herceg, Z., Srećec, S., & Špoljarić, I. (2011). Rheological properties, water-holding and oil-binding capacities of particulate β -glucans isolated from spent Brewer's yeast by three different procedures. *Food Technology and Biotechnology*, 49(1), 56–64.
- Phillips, A. O., & Phillips, G. O. (2011). Biofunctional behaviour and health benefits of a specific gum arabic. *Food Hydrocolloids*, 25(2), 165–169. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2010.03.012>
- Poutanen, K. S., Dussort, P., Erkner, A., Fiszman, S., Karnik, K., Kristensen, M., ... Mela, D. J. (2017). A review of the characteristics of dietary fibers relevant to appetite and energy intake outcomes in human intervention trials. *American Journal of Clinical Nutrition*, 106(3), 747–754. <https://doi.org/10.3945/ajcn.117.157172>
- Quick, V., Wall, M., Larson, N., Haines, J., & Neumark-Sztainer, D. (2013). Personal, behavioral and socio-environmental predictors of

- overweight incidence in young adults: 10-yr longitudinal findings. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 10, 1–13. <https://doi.org/10.1186/1479-5868-10-37>
- S.F., C., N.M., M., R., H., & V., K. (2010). Whole grain consumption is inversely associated with BMI-Z score in rural school-aged children. *Obesity*, 18(2), S182. Retrieved from <http://ovidsp.ovid.com/ovidweb.cgi?T=JS&PAGE=reference&D=emed9&N=EWS=N&AN=71775105>
- Serena, A., Jørgensen, H., & Bach Knudsen, K. E. (2008). Digestion of carbohydrates and utilization of energy in sows fed diets with contrasting levels and physicochemical properties of dietary fiber. *Journal of Animal Science*, 86(9), 2208–2216. <https://doi.org/10.2527/jas.2006-060>
- Shay, C. M., Horn, L. Van, Stamler, J., Dyer, A. R., Brown, I. J., Chan, Q., ... Elliott, P. (2012). Food and nutrient intakes and their associations with lower BMI in middle-aged US adults: the International Study of. *American Journal of Clinical Nutrition*, (5), 1–3. <https://doi.org/10.3945/ajcn.111.025056.1>
- Simpson, H. L., & Campbell, B. J. (2015). Review article: Dietary fibre-microbiota interactions. *Alimentary Pharmacology and Therapeutics*, 42(2), 158–179. <https://doi.org/10.1111/apt.13248>
- Sudha, M. L., Rajeswari, G., & Venkateswara Rao, G. (2012). Effect of wheat and oat brans on the dough rheological and quality characteristics of instant vermicelli. *Journal of Texture Studies*, 43(3), 195–202. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.2011.00329.x>
- Tan, C., Wei, H., Zhao, X., Xu, C., & Peng, J. (2017). Effects of dietary fibers with high water-binding capacity and swelling capacity on gastrointestinal functions, food intake and body weight in male rats. *Food and Nutrition Research*, 61(1). <https://doi.org/10.1080/16546628.2017.1308118>
- Threapleton, D. E., Greenwood, D. C., Evans, C. E. L., Cleghorn, C. L., Nykjaer, C., Woodhead, C., ... Burley, V. J. (2013). Dietary fibre intake and risk of cardiovascular disease: systematic review and meta-analysis. *Bmj*, 347(dec19 2), f6879–f6879. <https://doi.org/10.1136/bmj.f6879>
- Tosh, S. M., & Yada, S. (2010). Dietary fibres in pulse seeds and fractions: Characterization, functional attributes, and applications. *Food Research International*, 43(2), 450–460. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.09.005>
- Unless, R., Act, P., Rose, W., If, T., & Rose, W. (2016). This is a repository copy of Roles for dietary fibre in the upper GI tract: The importance of White Rose Research Online URL for this paper: Version: Accepted Version Article: Mackie , A orcid . org / 0000-0002-5681-0593 , Bajka , B and Rigby , N (20.
- Wanders, A. J., van den Borne, J. J. G. C., de Graaf, C., Hulshof, T., Jonathan, M. C., Kristensen, M., ... Feskens, E. J. M. (2011). Effects of dietary fibre on subjective appetite, energy intake and body weight: a systematic review of randomized controlled trials. *Obesity Reviews*, (11), no-no. <https://doi.org/10.1111/j.1467-789X.2011.00895.x>
- Watzl, B., Gierbach, S., & Roller, M. (2005). Inulin, oligofructose and immunomodulation. *British Journal of Nutrition*, 93(S1), S49. <https://doi.org/10.1079/BJN20041357>
- Yang, Y. Y., Ma, S., Wang, X. X., & Zheng, X. L. (2017). Modification and Application of Dietary Fiber in Foods. *Journal of Chemistry*, 2017. <https://doi.org/10.1155/2017/9340427>
- Yao, B., Fang, H., Xu, W., Yan, Y., Xu, H., Liu, Y., ... Zhao, Y. (2014). Dietary fiber intake and risk of type 2 diabetes: A dose-response analysis of prospective studies. *European*

- Journal of Epidemiology*, 29(2), 79–88. <https://doi.org/10.1007/s10654-013-9876-x>
- Zhang, Z., Xu, G., Liu, D., Zhu, W., Fan, X., & Liu, X. (2013). Dietary fiber consumption and risk of stroke. *European Journal of Epidemiology*, 28(2), 119–130. <https://doi.org/10.1007/s10654-013-9783-1>
- Zhao, G., Zhang, R., Dong, L., Huang, F., Tang, X., Wei, Z., & Zhang, M. (2018). Particle size of insoluble dietary fiber from rice bran affects its phenolic profile, bioaccessibility and functional properties. *LWT - Food Science and Technology*, 87, 450–456. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.09.016>
- Zhou, Q., Wu, J., Tang, J., Wang, J. J., Lu, C. H., & Wang, P. X. (2015). Beneficial effect of higher dietary fiber intake on plasma HDL-C and TC/HDL-C ratio among Chinese rural-to-urban migrant workers. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12(5), 4726–4738. <https://doi.org/10.3390/ijerph120504726>