

膳食纤维对胃肠道功能影响研究进展

谢尚宏

泰国格乐大学 泰国曼谷 10220

摘要: 膳食纤维是机体所必需的一类营养物质, 它不仅理化性质特殊, 在功能特性上也存在明显差异。膳食纤维以及其发酵产物短链脂肪酸可以改变肠道微生物的生成, 进而起到促进肠道免疫与改善炎症、增强倡导免疫力等功效, 因此在本次研究中主要针对膳食纤维对胃肠道功能影响进行综述。

关键词: 膳食纤维; 肠道功能; 短链脂肪酸

Progress on the effect of dietary fiber on gastrointestinal function

Shanghong Xie

Krirk University, Thailand Bangkok, Thailand, 10220

Abstract: Dietary fiber is a class of nutrients necessary for the body, which not only has special physical and chemical properties, but also has obvious differences in functional characteristics. Dietary fiber and its fermentation products short-chain fatty acids can change the generation of intestinal microorganisms, and then promote intestinal immunity, improve inflammation, enhance immunity and other effects. Therefore, we mainly reviewed the impact of dietary fiber on gastrointestinal function in this study.

Keywords: Dietary fiber; Intestinal function; Short-chain fatty acids

膳食纤维较为常见的主要为纤维素、木质素等多种物质。根据他们的特性可以将其分为可溶性以及非可溶性的纤维素。相较于膳食纤维摄入量较少的人群而言, 摄入足够量的膳食纤维可以有效维护人群胃肠功能, 从而减少其胃肠道慢性疾病发病率^[1,2]。在联合国农业以及粮食组织中规定膳食纤维类物质实际所能达到的聚合度都在 3 以上, 区别于其他的碳水化合物, 除了基于纯天然条件形成的聚合物, 一些合成的碳水化合物聚合物, 以及通过物理或是化学手段生成的一系列聚合物都包含于其中。目前膳食纤维在各个领域均得到了关注, 而且也在较多领域得到了应用, 在临床中膳食纤维也可以用于预防糖尿病、降低胆固醇等^[3]。目前, 在膳食纤维对胃肠功能的影响方面也进行了较多研究。膳食纤维发挥相应功能大都是以诱使消化道内物质出现性质上的改变继而促进消化道黏膜对部分营养元素的吸收的方式来实现的^[4]。肠道内存在大量细菌, 包含真菌、原生动物等在内的一系列微生物组成了肠道内的微生物群。后者起到的作用是当机体摄入部分膳食纤维之后, 令这部分物质在肠道内发酵, 生成部分短链脂肪酸 (short-chain fatty acids, 下文统一简称为 SCFAs), 过程中还会产生大量气体, 包括 CO₂、H₂、CH₄ 等。SAFCs 的主要作用是调节肠道菌群, 避免机体因菌群失调而出现一系列的健康问题^[5]。因此本次主要对膳食纤维对胃肠道功能的影响进行综述。

一、膳食纤维分类及理化性质

膳食纤维本质上属于多糖, 其内含有多个单体单元, 达到小肠时, 内源酶不会对其产生任何作用, 这也就意味着它不会像其他物质那样被水解^[6]。包括非淀粉多糖、抗性低聚糖类、抗性淀粉、木质素等^[7]。可依照多种分类标准对膳食纤维进行分类。一般根据膳食纤维是否溶于水将其分成两类: 一类是可溶性的, 通常简称为 SDF; 另一类

是不溶性的, 习惯上简称为 IDF。SDF 当中除了包括树胶、果胶这两类物质, 还包括部分半纤维素。组成 IDF 的成分大都是细胞壁, 除了部分半纤维素, IDF 当中还包括木质素, 以及部分纤维素^[8]。就理化性质来看, 膳食纤维除了具有持水性, 还具有溶解性的特质, 而该种理化性质则大都同其本身的结构和分子量有一定关系。这些膳食纤维当中, 晶体化程度相对较高的大都不具备较好的溶水性, 反倒是结构越不规则的越能表现出较好的溶水性, 但是需要注意的是基团的电荷极有可能会影响到膳食纤维的性质。而且膳食纤维也会受到其分子量、粒径等因素的影响, 通常膳食纤维的粒径越小则其粘度越大, 膳食纤维粘度的增加则会有效促进肠道上皮细胞对于营养物质的吸收。膳食纤维的生理特性则主要包括减缓胃肠道疾病、预防心脏病、降血压等多种功效, 就目前研究来看膳食纤维在增加粪便体积、降低胆固醇、维持正常血糖等方面的作用均已被大众熟知, 也得到了广泛应用。

二、膳食纤维对人体胃肠道的影响

存在于动物组织内的膳食纤维属于细胞壁的主要成分, 存在于保健品内的却并非只有细胞壁成分这一种呈现形态, 还可以以游离状态存在^[9]。口服时, 在机械应力的作用下, 细胞壁直接破裂随即分散成一个个小碎片, 营养物质最终能达到多大的生物利用率, 往往和它的破碎情况有很大关系。膳食纤维进入肠道后, 会吸入一些水分, 继而膨胀成不同大小, 这一过程中, SDF 一定程度溶解^[10]。游离状态下的膳食纤维极易被溶解; 细胞壁当中所含的膳食纤维, 能和细胞壁内的其他成分产生较强的化学反应, 也就不容易被溶解, 消化过程中上述反应一定程度减弱。达到结肠时, 在其内微生物群的作用下, 膳食纤维开始发酵, 随即被一一降解, 最终只剩为数不多的残余物, 这些残余物与那些未被成功降解的膳食纤维成分统一转化成废物排出

[11,12]。除此之外,膳食纤维还能作用于脂质乳液,使后者的稳定性发生改变,由此影响肠道的状态和功能。由于膳食纤维存在难溶于水的特性,因此需要在经过胃部和十二指肠时,借助机械应力,将部分内源性物质融合到一起,产生乳化作用,促进消化^[13]。因为胃和胰脂肪酶在消化过程中都是以油滴和水所形成的分离面为作用位点,所以一般规律都是液滴小的,脂解得快。经过膳食纤维乳化后,得到直径为10~50 μm 的脂质滴^[14-16]。由此可见,膳食纤维能一定程度加快脂质消化,避免过度肥胖,还能有效预防因高脂饮食而引发的一些疾病的出现。

三、膳食纤维对肠道菌群的作用

膳食纤维主要在两方面发挥作用,一是使胃肠道内容物发生性质转变,二是帮助吸收人体所需要的物质尤其是营养物质^[17]。肠道菌群的状态对机体健康来说十分重要,肠道当中的有益菌群是消化的必须物质。实验数据显示,人体肠道微生物当中将近九成是硬毛菌属与拟杆菌属^[18]。膳食纤维进入人体后,在肠道内转化为机体所需的物质,这当中最主要的是SAFCs。只有通过SAFCs的作用,才能让肠道微生物处于最合适的比例,进而确保人体一直处于健康状态^[19]。现代生物技术的持续进步,让人们对于肠道微生物有了更深的认识,继而让与之有关的部分慢性代谢疾病进入了人们的视线,受到了人们的关注。

3.2 膳食纤维与胃肠道菌群作用机理

胃肠道菌群包含上千种微生物,后者同人体处于共生关系。就数量来看,相当于10倍的人体基因。肠道菌群关乎着人体的健康,其状态同人的年龄、饮食习惯等有很大关系。人体所摄入的膳食纤维影响肠道菌群,选择性对肠道内细菌进行刺激,从而对人体健康产生影响。学者张静^[20]在进行的小鼠研究中发现,小鼠在增加膳食纤维摄入量之后可以提升其结肠处L细胞的含量,而L细胞可以分泌GLP-1以及GLP-2等,其中GLP-1可以促进胰岛B细胞增加胰岛素的分泌,同时可以作用于宿主的中枢神经系统,从而增加其饱腹感,避免食物的过多摄入。而GLP-2则可以通过肠道粘膜减少内毒素的进入,从而报账人体的生命健康。在本次小鼠实验中同样证实了如果小鼠缺乏膳食纤维的摄入则会导致肠道菌群数量明显减少,进而导致肠道屏障受到损伤,容易导致各种疾病的发生。膳食纤维无法被直接消化,只能在结肠内通过利用各种氧化还原酶以及水解酶等水解成为丁酸、甲酸以及异丁酸等短链脂肪酸。而有机酸的浓度受到宿主的饮食习惯以及年龄等多种因素的影响。短链脂肪酸内包含的乙酸能在合成胆固醇的过程中充当底物,在经过肝脏代谢之后参与糖异生的过程。而丙酸则可以有效抑制胆固醇的生成,进而对脂肪代谢进行调控。在盲肠和结肠内,丁酸属于关键能源物质,有利于加强肠道屏障,避免出现结肠炎。也由此可知肠道菌群可以利用短链脂肪酸产生有益物质从而维持肠道健康以及人体健康。

3.2 常见膳食纤维对肠道菌群的功效

果实膳食纤维为人们日常生活中较为常见的膳食纤维。其中苦瓜、丝瓜等蔬菜中膳食纤维含量均较高。以苦瓜为例,苦瓜内的膳食纤维含量很高,有益于产生更多的短链脂肪酸,糖尿病人可通过增加GLP-1的生成来达到治疗的

目的。而且通过研究表明苦瓜对粪便量以及粪便结构均可产生影响。在学者黄鲁燕^[21]的研究中便表明苦瓜类制品能使粪便菌群处于对人体最有益的状态。而粪便杆菌作为人体内的优势菌群之一,在调节菌群结构以及改善肠道屏障功能方面作用显著。通过研究菌群代谢产物,结果表明由苦瓜制成的产品能促进乙酸和丙酸等的生成,这也就是说适当吃一些苦瓜对人体肠道功能是十分有益的。从而维持肠道内的稳态。山楂、苹果、香蕉等水果中膳食纤维的含量也极为丰富。学者刘田^[22]在研究中发现山楂膳食纤维经人体消化道微生物作用之后可以发生酵解反应,从而促使乙酸、丙酸等短链脂肪酸生成量增加,减小肠道的PH值,促进以乳酸菌为主的部分有益菌群的生成,改善肠道环境,并预防相应的肠道疾病。香蕉中除了富含蛋白质、脂肪以及碳水化合物等多种物质外,还具备一些维生素和大量微量元素,所以香蕉既能促进消化,又能清热解毒。而且经研究表明在大鼠服用香蕉粉之后肠道菌群丰度明显有所提升,而且厚壁菌门量明显增加,这表明香蕉粉能很好地帮助肥胖人群。香蕉粉的作用机理是生成SCFAs,进而改善机体肠道健康状况。苹果富含维生素和膳食纤维,其内的膳食纤维有的是可溶性的,有的是非可溶性的。存在于在苹果内的这些膳食纤维既有助于加快肠蠕动,还有利于调节肠道菌群,确保其维持在人体最需要的状态,吃一些苹果对人体来说是很有好处的。以黄小鸿为代表的一些学者围绕这一点设立研究专题,探讨了苹果所能提供的膳食纤维都会对肠道微生物产生哪些影响,期间以肥胖大鼠为研究对象,通过观察他们的体重变化得到了想要的结果,最终证实苹果膳食纤维能对因高脂饮食而导致的菌群失调起到一定的调理作用,肠道菌群可以得到明显改善。此外喂食大鼠一些苹果,还能让他们的肠道微生物区系变得更好,降低出现代谢性内毒症的几率,避免炎症的发生,防止大鼠体重过大。而且摄入苹果之后肠道菌科等呈减少趋势,而链球菌有增加趋势,而这种有害菌群减少而有益菌群增加则可以促使肠道菌群逐渐区域动态平衡,进而调整肠道环境,保障人体健康。

四、膳食纤维对胃肠道疾病及相关疾病的影响

膳食纤维具有良好的持续性、结合脂肪等特性,从而对治疗胃肠道治病效果较为显著,而且由于膳食纤维具有消化慢等特点因此不能被人体酶水解进而到达大肠,因此可以有效降低其餐后血糖水平^[24]。而且膳食纤维可以在食入后形成凝胶状,避免胃排空过快,减少胆固醇储存。

4.1 促进肠道免疫与改善炎症

作为免疫系统的主要组成,肠道淋巴组织能发挥很好的防御作用。多糖、脂多糖等都能在一定条件下触发免疫系统,被受体识别后,引起对应的免疫反应,这既有利于构建完整的肠道屏障,又能让宿主微生物处于对人体来说最为健康的动态平衡。部分研究证实当人体内的膳食纤维达到一定水平后,机体的免疫防御功能会明显有所提升。就本质而言,肠道菌群相当于一个稳态调节器,最大的作用是通过SCFAs的调节避免炎症反应^[25,26]。相关数据证实,SCFAs能通过不同机制发挥作用,加强肠道屏障功能,有效预防肠道部位的炎症,还能提高有益细菌的含量,促进肠道健康^[27]。而且膳食纤维于肠道内发酵,生成大量

SCFAs, 对于预防肠道紊乱价值显著, 还能通过减小肠道的通透性, 对胃肠道的功能进行改善。有学者经研究发现木寡糖进入肠道, 随即发生一系列作用, 转化成 SCFAs。此外, 木寡糖还有助于 Naive CD4⁺T 细胞分化, 有效治疗肠道炎症。膳食纤维经一系列反应后, 生成的代谢产物即短链脂肪酸抗炎效果较为显著, 因此可基于对 gpr43 的调节, 使肠上皮细胞分泌更多 IL-10, 加强肠道屏障。通过以上研究表明膳食纤维可以有效促进肠道免疫与改善炎症。

4.2 增强肠道免疫力

膳食纤维能有效减少粘液降解菌, 使纤维降解菌群变多。由其生成的短链脂肪酸能在原有基础上使黏液层变厚, 而黏液层上富含上皮细胞所分泌的有用物质, 可用于组建第一道防线, 在遇到病原体时发挥一定的抵御作用^[28]。另外在肠道固有层中存在大量的免疫细胞, 所以膳食纤维也能提升人体机体的免疫。有研究发现在食用足量膳食纤维之后炎症细胞因子的表达明显有所下调, 而且耐受性细胞因子明显有所上调, 从而有效增强了肠道免疫力。

4.3 调节宿主能量代谢与糖脂代谢

膳食纤维经过大肠时开始发酵, 得到短链脂肪酸, 而该物质可以起到加快分泌细胞分化以及刺激激素分泌的作用, 有效抑制食欲。肠内分泌细胞还能分泌出其他的一些物质。比如: 瘦素。瘦素可以起到控制食欲、增强饱腹感以及调节能量大小等作用。而 GLP-1 激素则可以促进胰岛素的产生以及增强饱腹感。有研究发现可溶性膳食纤维对兔子肠道疾病可以起到明显改善作用, 有效缓解因低膳食纤维而造成的能量失衡^[29]。脂肪酸也是膳食纤维的产物, 它的功能是降低肝糖原分解, 增强胰岛素敏感性^[30]。实际上, 膳食纤维还能作用于脂肪分解基因, 促进其表达。因此短链脂肪酸不仅可以起到降低血糖的效果还可以有效减少脂肪以及胆固醇的发生。短链脂肪酸还能作用于 PPAR γ 途径, 影响脂质合成^[31]。Koistinen VM 等^[32]发现膳食纤维均能改善糖耐量、减少脂肪积累, 也都和盲肠内 SCFAs 的实际含量有关系。

五、结论

足量的膳食纤维可以有效维护人群胃肠功能, 从而减少其胃肠道慢性疾病发病率。在饮食中所存在的可溶性以及非可溶性纤维均具有一定的保健作用, 对于人体肠道健康而言也具有较好的促进作用。膳食纤维具有膨胀性、结合脂肪性以及持水性等多种理化特性, 能使肠道内产生更多的益生菌, 改善肠道环境, 而且也可以通过改善炎症以及调控胃肠道屏障等来调控胃肠道健康。即适量的膳食纤维可改善胃肠道功能, 提示要根据机体需要摄入膳食纤维, 避免过量。

参考文献:

[1] El-Salhy M, Ystad SO, Mazzawi T, et al. Dietary fiber in irritable bowel syndrome (Review) [J]. *Int J Mol Med*, 2017, 40(3): 607–613.
 [2] 曾舟. 食品加工中膳食纤维的运用实践探究 [J]. *现代食品*, 2020, (9): 82–83.
 [3] 刘锦琳, 赵倩, 张咪, 等. 果蔬膳食纤维的应用 [J]. *现代食品*, 2020, (7): 29–31.

[4] Jonsson A L, Backhed F. Role of gut microbiota in atherosclerosis [J]. *Nature Reviews Cardiology*, 2017, 14(2): 79–87.

[5] Scharlau D, Borowicki A, Habermann N, et al. Mechanisms of primary cancer prevention by butyrate and other products formed during gut flora-mediated fermentation of dietary fibre [J]. *Mutation Research*, 2009, 682(1): 39–53.

[6] Verspreet J, Damen B, Broekaert W F, et al. A critical look at prebiotics within the dietary fiber concept [J]. *Annual Review of Food Science and Technology*, 2016, 7: 167–190.

[7] Campos-Vega R, Dave Oomah B, Vergara-Castañeda H A. In vivo and in vitro studies on dietary fiber and gut health [M] // Hosseinian F, Dave Oomah B, Campos-Vega R. *Dietary fiber functionality in food and nutraceuticals: from plant to gut*. West Sussex: John Wiley & Sons Ltd, 2017.

[8] Chuang S C, Norat T, Murphy N, et al. Fiber intake and total and cause-specific mortality in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition cohort [J]. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 2012, 96(1): 164–174.

[9] Ilkem D. The applications of microfluidization in cereals and cereal-based products: An overview [J]. *Crit Rev Food Sci*, 2020, 60(6): 1007–1024.

[10] Geeshani S, Maria J, Ferrua AY, et al. Food material properties as determining factors in nutrient release during human gastric digestion: a review [J]. *Crit Rev Food Sci*, 2020, (10): 1–17.

[11] Bsayu CV, Bis-Souza FJ, Barba JM, et al. New strategies for the development of innovative fermented meat products: a review regarding the incorporation of probiotics and dietary fibers [J]. *Food Rev Int*, 2019, 35(5): 467–484.

[12] Edoardo C. The behavior of dietary fiber in the gastrointestinal tract determines its physiological effect [J]. *Crit Rev Food Sci*, 2017, 57(16): 3543–3564.

[13] Dhital S, Dolan G, Stokes JR, et al. Enzymatic hydrolysis of starch in the presence of cereal soluble fibre polysaccharides [J]. *Food Funct*, 2014, 5: 579–586.

[14] Dhital S, Gidley MJ, Warren FJ. Inhibition of α -amylase activity by cellulose: Kinetic analysis and nutritional implications [J]. *Carbohydr Polym*, 2015, 123: 305–312.

[15] Dhital S, Warren FJ, Butterworth PJ, et al. Mechanisms of starch digestion by α -amylase—structural basis for kinetic properties [J]. *Crit Rev Food Sci*, 2017, 57: 875–892.

[16] Dick-Perez M, Zhang Y, Hayes J, et al. Structure and interactions of plant cell-wall polysaccharides by two- and three-dimensional magic-angle-spinning solid-state NMR [J]. *Biochemistry*, 2017, 50: 989–1000.

[17] Edwards CH, Grundy MML, Grassby T, et al.

Manipulation of starch bioaccessibility in wheat endosperm to regulate starch digestion, postprandial glycemia, insulinemia, and gut hormone responses: A randomized controlled trial in healthy ileostomy participants [J]. *Am J Clin Nutr*, 2015, 102: 791–800.

[18] Edwards CH, Warren FJ, Campbell GM, et al. A study of starch gelatinisation behaviour in hydrothermally-processed plant food tissues and implications for in vitro digestibility [J]. *Food Funct*, 2015, 6: 3634–3641.

[19] Ellegard L, Andersson H. Oat bran rapidly increases bile acid excretion and bile acid synthesis: An ileostomy study [J]. *Eur J Clin Nutr*, 2007, 61: 938–945.

[20] 张静, 刘双, 刘航, 吴当金, 王正武, 吴金鸿, 王凌华. 熟化马铃薯粉调节肥胖小鼠肠道菌群组成并恢复糖脂代谢稳态 [J]. *基因组学与应用生物学*, 2021, 40(Z3): 3237–3247.

[21] 黄鲁燕, 何欣欣, 薛正晟, 等. 苦瓜全粉和苦瓜乙醇提取物健康功效的体外评估 [J]. *基因组学与应用生物学*, 2019, 38(11): 5113–5119.

[22] 刘田, 崔同, 高哲, 等. 山楂膳食纤维的研究进展 [J]. *食品研究与开发*, 2020, 41(6): 199–204.

[23] 黄小鸿. 苹果中有效成分及其保健功效 [J]. *中国资源综合利用*, 2019, 37(8): 179–180, 187.

[24] 信珊珊. 不良饮食方式对肠道菌群的影响 [J]. *现代食品*, 2018, 23(6): 50–51.

[25] Ghada A. Soliman dietary fiber, atherosclerosis, and cardiovascular disease [J]. *Nutrients*, 2019, 11(5): 1155.

[26] 王贲香, 贺阳, 蒋海芹. 大豆不溶性膳食纤维体外发酵产短链脂肪酸的研究 [J]. *食品与发酵工业*, 2020, 46(11): 138–145.

[27] 王津, 茹鑫, 邹妍. 茶叶膳食纤维作为益生元对肠道菌群的影响 [J]. *食品研究与开发*, 2019, 40(11): 76–82.

[28] Fariás KC, Nicodemus N, Delgado R, et al. Effect of dietary insoluble and soluble fibre on growth performance, digestibility, and nitrogen, energy, and mineral retention efficiency in growing rabbits [J]. *Anim Feed Sci Technol*, 2020, 10(8): 1–2.

[29] 陈钊汐. 木寡糖改善小鼠急性炎症性肠病的作用及机制的初步研究 [D]. 长春: 东北师范大学, 2018.

[30] Koh A, De VF, Kovatcheva-Datchary P, et al. From dietary fiber to host physiology: Short-chain fatty acids as key bacterial metabolites [J]. *Cell*, 2016, 165(6): 1332–1345.

[31] 龚凌霄, 李怡, 余婷. 全麦粉对体外肠道菌群的影响 [J]. *食品工业科技*, 2019, 40(6): 131–136.

[32] Koistinen VM, Kärkkäinen O, Borewicz K, et al. Contribution of gut microbiota to metabolism of dietary glycine betaine in mice and in vitro colonic fermentation [J]. *Microbiome*, 2019, 7(1): 103.