

菌质水溶性膳食纤维对小鼠肠蠕动与吸收的影响

Effects of fungal substance soluble dietary fiber on intestinal peristalsis and absorption in mice

余有贵¹ 李忠海² 张 慧² 黄国华¹

YU You-gui¹ LI Zhong-hai² ZHANG Hui² HUANG Guo-hua¹

(1. 邵阳学院, 湖南 邵阳 422000; 2. 中南林业科技大学, 湖南 长沙 410004)

(1. Shaoyang University, Shaoyang, Hunan 422000, China;

2. Central South University of Forestry Technology, Changsha, Hunan 410004, China)

摘要:研究菌质水溶性膳食纤维对小鼠肠蠕动与吸收的影响, 为在食品工业和医药保健领域应用提供理论依据。选取 75 只昆明种小鼠, 随机分成 5 组: 空白对照组、阳性对照组和 3 个受试组, 分别灌胃生理盐水、50 mg/kg · BW 的酚酞溶液、2.5 g/kg · BW 的水溶性膳食纤维、5 g/kg · BW 的水溶性膳食纤维、15 g/kg · BW 的水溶性膳食纤维。试验时间共 13 d, 每天记录小鼠体重, 小鼠小肠吸收试验和蠕动试验分别测定计算血清中木糖浓度、碳末推进率。结果表明: ① 菌质水溶性膳食纤维具有一定的抑制小鼠体重的作用 ($P < 0.05$), 且抑制小鼠体重与菌质水溶性膳食纤维剂量呈正相关 ($P > 0.05$); ② 中剂量的菌质水溶性膳食纤维组小鼠小肠吸收功能的影响达显著水平 ($P < 0.05$); ③ 菌质水溶性膳食纤维能促进小鼠小肠蠕动(高、中剂量达到极显著水平, $P < 0.01$; 低剂量达到显著水平, $P < 0.05$), 且小鼠小肠蠕动与菌质剂量呈正相关性(高剂量与低剂量的菌质水溶性膳食纤维组之间差异显著, $P < 0.05$)。因此, 一定量的菌质水溶性膳食纤维能抑制小鼠体重, 具有促进小鼠小肠蠕动与吸收的作用。

关键词: 菌质; 水溶性膳食纤维; 小鼠; 肠蠕动; 吸收

Abstract: In order to study on the effects of fungal substance soluble dietary fiber on the intestinal peristalsis and absorption in mice, 75 kunming mice were randomly assigned to 5 groups: blank control group fed with saline, control positive group fed with phenolphthalein solution of 50 mg/kg · BW and three testing groups fed with low (2.5 g/kg · BW), middle (5 g/kg · BW) and high (15 kg/kg · BW) dosages of soluble dietary fiber in fungal substances. The results indicated that fungal substance soluble dietary fiber had some effects in

inhibiting mice weight gain ($P < 0.05$) and there is a positive correlation between the dosages of soluble dietary fiber and the inhibition of weight gains, middle doses of soluble dietary fiber had a significant effect on intestinal peristalsis in mice ($P < 0.05$), soluble dietary fiber enhanced intestinal peristalsis with great significance ($P < 0.01$) of high dosage and remarkable significance ($P < 0.05$) of middle dosage. The intestinal peristalsis is positively correlated with the dosage of the fungal substance soluble dietary fiber. The effect on intestinal peristalsis between high and low dosages of soluble dietary fiber is significantly different ($P < 0.05$).

Keywords: fungal substance; soluble dietary fiber; mice; peristalsis of intestines; absorption

膳食纤维(dietary fiber, DF)被列为“第七营养素”, 按溶解特性分为水不溶性膳食纤维(IDF)和水溶性膳食纤维(SDF)^[1,2], 其中的水溶性膳食纤维的生理功能强于不溶性膳食纤维^[3], 逐渐成为了研究热点。目前国内外开发的膳食纤维种类主要有谷物类、豆类、果蔬类、海藻类和食用菌类五大类, 但研究的重点在提取方法上^[4], 对水溶性膳食纤维的生理功能研究报道极少^[5,6]。本研究在菌质水溶性膳食纤维生产工艺优化、结构与组成分析的基础上^[7-11], 以昆明小鼠为试验动物, 在一定条件下饲喂菌质水溶性膳食纤维, 探讨菌质水溶性膳食纤维对小鼠小肠蠕动与吸收的影响, 旨在完善其生理功能特点, 为其进一步开发应用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

菌质水溶性膳食纤维: 本实验室参照文献[7]制备;
酚酞片: 山东仁和堂药业有限公司;
D-木糖: 北京奥博星生物技术责任有限公司;
D-木糖试剂盒: 南京建成生物工程研究所;
碳末: 分析纯, 天津市风船化学试剂科技有限公司;

基金项目: 国家“十一五”科技支撑项目(编号: 2009BADB1B10); 湖南省科技计划项目(编号: 2007NK3103); 邵阳市科技局科技计划(编号: 09CY015)

作者简介: 余有贵(1964—), 男, 邵阳学院教授, 博士。

E-mail: yufly225@163.com

收稿日期: 2015-03-02

试验动物:健康昆明种小鼠,体重 17~19 g,雌雄各半,湖南斯莱克景达实验动物有限公司。

1.2 试验方法

- 1.2.1 小鼠灌胃剂量 选 75 只试验用小鼠,先用基础饲料喂养 3 d,控制室内环境条件为相对湿度 60%和温度(22±2)℃,经医学观察后,小鼠按体重被随机分成 5 组,15 只/组。2 个对照组:空白对照组小鼠被灌胃生理盐水,阳性对照组小鼠被灌胃 50 mg/kg·BW 的酚酞溶液;3 个受试组:分别灌胃低、中、高 3 个剂量的菌质水溶性膳食纤维,即 2.5、5.0、15.0 g/kg·BW(分别为人日推荐量的 5、10、30 倍)。用蒸馏水将样品稀释至所需浓度,灌胃量为 20 mL/kg·BW。每天 1 次,每天称 1 次动物体重。
- 1.2.2 小鼠小肠吸收试验 小鼠连续灌胃 9 d 后的第 10 天,3 个菌质水溶性膳食纤维受试组,按文献[12]的方法处理和计算采样血清中木糖的浓度。
- 1.2.3 小鼠小肠蠕动试验 小鼠连续灌胃 13 d 后,各组小鼠禁食 24 h,期间自由饮水。3 个受试小鼠组分别灌服低、

中、高剂量菌质水溶性膳食纤维的碳末混悬液,阳性对照组灌服酚酞的碳末混悬液,空白对照组灌服生理盐水的碳末混悬液(碳末混悬液中炭末质量浓度为 5%)。按文献[13]报道的方法处理取出小肠,平放在吸水纸上。在不用外力牵引下,轻轻地将小肠拉直,用钢尺测量,从幽门至碳末前沿为“碳末推进长度”,肠管长度为“小肠总长度”。碳末推进率按式(1)计算:

$$\text{碳末推进率}=\frac{\text{碳末推进长度}}{\text{小肠总长度}}\times 100\%$$

(1)

1.3 统计学方法

采用 SAS 9.0 软件进行统计学处理,试验数据以均值±标准差表示。

2 结果与分析

2.1 菌质 SDF 对小鼠体重的影响

试验前各组小鼠体重差异不显著(P>0.05),连续灌胃 13 d 后,各组小鼠体重的变化见表 1。

表 1 菌质水溶性膳食纤维对小鼠体重的影响[†]

Table 1 Effect of fungal substance soluble dietary fiber on body weight of mice

组别	动物数/ 只	剂量/ (g·kg ⁻¹ ·BW)	试验前体重/ g	试验末体重/ g	增重/ g
空白对照组	15	—	21.74±0.83	32.52±1.44	10.78±1.80
阳性对照组	15	0.05	21.39±8.40	31.84±2.52	10.45±2.31
低剂量	15	2.50	21.53±1.57	29.92±2.96	8.39±2.00 ^a
受试组 中剂量	15	5.00	21.45±1.48	29.60±2.77	8.15±2.65 ^a
高剂量	15	15.00	21.34±1.29	29.28±1.03	8.03±1.71 ^a

[†] a 表示受试组与空白对照组之间差异显著(P<0.05)。

由表 1 可知:① 与空白对照组相比,3 个剂量菌质水溶性膳食纤维组小鼠体重增重幅度减少,均达到差异显著(P<0.05),说明菌质水溶性膳食纤维对小鼠体重增长有抑制作用;② 与阳性对照组相比,3 个剂量菌质水溶性膳食纤维组小鼠体重增重幅度减少,但差异不显著(P>0.05);③ 3 个剂量菌质水溶性膳食纤维组小鼠增重依次为:低剂量组>中剂量组>高剂量组,说明菌质水溶性膳食纤维剂量与抑制小鼠体重呈正相关(P>0.05)。菌质水溶性膳食纤维含阿拉伯胶、半乳甘露聚糖、灵芝多糖等成分,具有高持水性、缚水后体积膨胀性。水溶性膳食纤维抑制体重是多因素共同作用的结果:使胃产生饱腹感,减少食物摄入量;不被机体消化吸收,提供的能量低于普通碳水化合物;干扰能被利用的淀粉、蛋白质和脂肪与肠道中消化酶的有效混合,降低高能量成分的消化与吸收;改变消化道激素的分泌,抑制糖类的消化吸收等[14,15]。

2.2 菌质 SDF 对小鼠小肠吸收的影响

菌质水溶性膳食纤维对小鼠小肠吸收的影响见表 2。

由表 2 可知:① 与空白对照组和阳性对照组相比,只有中剂量的菌质水溶性膳食纤维组小鼠小肠吸收功能的影响达显著水平(P<0.05);② 依据小肠消化吸收功能与血清中木糖浓度成正比的关系,3 个剂量菌质水溶性膳食纤维组小鼠小肠吸收功能大小依次为:中剂量组>高剂量组>低剂量组,但三者之间差异不显著(P>0.05),说明菌质水溶性膳食纤维摄入量并非越多越好,必须控制在一定的范围。水溶性膳食纤维更易被肠道内的细菌所发酵,加速了肠道内有益菌群的生长繁殖,有益菌群代谢可生成更多的短链脂肪酸,肠道内的 pH 和 Eh 值随之降低,从而促进营养素、各种矿物质和维生素的消化和吸收[16,17]。

2.3 菌质 SDF 对小鼠小肠蠕动的影

菌质水溶性膳食纤维对小肠蠕动的影响见表 3。

由表 3 可知:① 与空白对照组相比,高、中剂量菌质水溶性膳食纤维组小鼠小肠碳末推进率的影响均达极显著水平(P<0.01),低剂量菌质水溶性膳食纤维组小鼠小肠碳末推进率的影响达显著水平(P<0.05),说明菌质水溶性膳食纤

表 2 菌质水溶性膳食纤维对小鼠小肠吸收的影响[†]

Table 2 Effect of fungal substance soluble dietary fiber on absorption of small intestine

组别	动物数/ 只	剂量/ (g·kg ⁻¹ ·BW)	标准液吸光度值 (As)	样品吸光度值 (Au)	木糖浓度/ (mmol·L ⁻¹)
空白对照组	10	—	0.340±0.008	0.128±0.022	0.755±0.147
阳性对照组	10	0.05	0.356±0.014	0.131±0.022	0.737±0.117
低剂量	10	2.50	0.334±0.004	0.144±0.023	0.858±0.132
受试组 中剂量	10	5.00	0.346±0.024	0.161±0.021	0.932±0.081 ^{ab}
高剂量	10	15.00	0.337±0.005	0.137±0.023	0.872±0.141

[†] a 表示受试组与空白对照组之间差异显著(P<0.05);b 表示受试组与阳性对照组之间差异显著(P<0.05)。

表 3 菌质水溶性膳食纤维对小鼠肠蠕动的影响[†]

Table 3 Effect of fungal substance soluble dietary fiber on peristalsis of small intestine

组别	动物数/ 只	剂量/ (g·kg ⁻¹ ·BW)	墨汁推进长度/ cm	小肠总长度/ cm	碳末推进率/ %
空白对照组	10	—	27.7±6.58	54.8±4.69	51.1±13.48
阳性对照组	10	0.05	44.5±8.47	58.3±5.58	76.8±15.12
低剂量	10	2.50	42.8±12.92	56.0±2.23	76.7±12.78 ^a
受试组 中剂量	10	5.00	51.5±7.85	58.7±7.10	87.9±10.36 ^{Aa}
高剂量	10	15.00	59.4±5.47	61.3±4.28	96.8±9.04 ^{Ab}

[†] a 表示受试组与空白对照组之间差异显著(P<0.05);A 表示受试组与空白对照组之间差异极显著(P<0.01);b 表示受试组与阳性对照组之间差异显著(P<0.05)。

维具有促进小鼠小肠蠕动的作用;② 与阳性对照组相比,只有高剂量菌质水溶性膳食纤维组小鼠小肠碳末推进率的影响达显著水平(P<0.05);③ 3 个剂量菌质水溶性膳食纤维组小鼠小肠碳末推进率大小依次为:高剂量组>中剂量组>低剂量组,且高剂量与低剂量的菌质水溶性膳食纤维组之间的小鼠小肠碳末推进率的影响达显著水平(P<0.05),说明菌质水溶性膳食纤维对促进小鼠小肠蠕动与剂量呈一定相关性。水溶性膳食纤维易被肠道内的有益菌发酵产酸,pH 值降低能刺激肠道的蠕动;水溶性膳食纤维增加消化道内容物黏度和持水性,增大了肠腔的容积,通过机械作用刺激肠壁促进肠道蠕动。水溶性膳食纤维与非水溶性膳食纤维比较,在抑制血清胆固醇、高血脂、高血糖和高血压与预防大肠癌等方面具有更强的作用^[18]。

3 结论

- (1) 菌质水溶性膳食纤维具有一定的抑制小鼠体重的作用(P<0.05),且菌质水溶性膳食纤维剂量与抑制小鼠体重呈正相关(P>0.05)。
- (2) 菌质水溶性膳食纤维能促进小肠吸收功能,但只有中剂量的菌质水溶性膳食纤维对小鼠小肠吸收功能的影响达显著水平(P<0.05)。
- (3) 菌质水溶性膳食纤维能促进小鼠小肠蠕动,且菌质

水溶性膳食纤维剂量与小鼠小肠蠕动呈正相关性(高剂量与低剂量的菌质水溶性膳食纤维组之间差异显著,P<0.05)。

试验结果表明菌质水溶性膳食纤维有利于促进小鼠健康。

参考文献

1 Kutos T, Golob T, Kac M, et al. Dietary fiber content of dry and processed beans[J]. Food Chem. , 2003, 80(2): 231~235.

2 Dashti B, Al-Awadi F, Khalafawi M S, et al. Soluble and insoluble dietary fiber in thirty-two Kuwaiti dishes[J]. Food Chem. , 2003, 83(4): 557~561.

3 Elke T, Ronald P M. Water-soluble dietary fibers and cardiovascular[J]. Physiol Behav, 2008, 94(2):285~292.

4 Lou Hai-wei, Chi Yu-jie. Optimization of technology for preparing soluble dietary fiber from extruded soybean residue [J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(6): 285~289.

5 林德荣. 可溶性膳食纤维提取、理化性质及其生理功能的研究[D].南昌:南昌大学,2008.

6 祝威. 挤压蒸煮法改善玉米膳食纤维功能特性的研究[D].长春:吉林农业大学,2003.

7 余有贵,李忠海. 酶法菌质水溶性膳食纤维表面显微结构及成分研究[J].食品与机械,2014,30(1): 34~36,61.

表 2 大豆分离蛋白酶解沉淀的氨基酸组成

Table 2 Amino acid in sediment of enzymatic hydrolysis of SPI

%

样品	Asp	Glu	Ser	His	Gly	Thr	Arg	Ala	Tyr	Cys	Val	Met	Phe	Ile	Leu	Lys	Pro
S1	11.5	18.2	5.12	3.12	3.94	4.12	8.28	4.20	4.40	0.43	5.14	1.37	6.67	5.41	9.38	5.87	2.90
S2	11.7	16.8	5.20	3.27	3.97	4.05	7.97	4.39	4.52	0.41	5.16	1.50	7.02	5.32	10.10	5.73	2.94
S3	11.8	16.8	5.20	3.47	4.01	4.08	7.81	4.59	4.69	0.38	5.36	0.01	7.23	5.60	10.60	5.70	2.64
S4	11.5	18.3	5.09	3.11	3.97	4.14	8.46	4.25	4.30	0.40	5.12	1.33	6.64	5.50	9.41	5.81	2.62
S5	11.6	18.4	5.14	3.24	4.03	4.20	8.46	4.37	4.48	0.39	5.26	0.01	6.80	5.59	9.68	5.85	2.28
S6	11.3	18.2	5.01	3.10	3.95	4.12	8.37	4.24	4.34	0.40	5.23	1.33	6.63	5.55	9.39	5.85	2.93
S7	11.4	18.1	5.04	3.16	3.94	4.11	8.23	4.28	4.37	0.40	5.22	1.36	6.71	5.42	9.47	5.85	3.00
S8	11.4	15.4	4.94	3.48	3.90	3.97	7.76	4.63	4.80	0.32	5.68	1.53	7.32	5.74	10.80	5.70	2.62
S9	11.4	15.7	5.05	3.49	3.81	4.01	7.57	4.61	4.86	0.34	5.40	1.59	7.35	5.68	10.90	5.76	2.56

关联。本研究为更好地生产酶改性大豆蛋白产品提供了理论参考。

参考文献

1 黄友如,华欲飞. 大豆分离蛋白的改性及其对功能性质的影响[J]. 中国油脂,2003, 28(4): 35~38.

2 Molina Ortiz S E, Wagner J R. Hydrolysates of native and modified soy protein isolates: structural characteristics, solubility and foaming properties[J]. Food Research International, 2002, 35(6): 511~518.

3 迟玉杰,朱秀清,李文滨,等. 大豆蛋白质加工新技术[M]. 北京:科学出版社,2008.

4 Were L, Hettiarachchy N S, Kalapathy U. Modified soy proteins with improved foaming and water hydration properties[J]. Journal of Food Science, 1997, 62(4):821~824.

5 徐红花,刘欣. 复合酶法改善大豆分离蛋白起泡性的工艺优化[J]. 食品与发酵工业,2007, 33(1): 51~54.

6 于泓鹏,唐传核,曾庆孝,等. 大豆分离蛋白水解多肽聚集物的组

成及相互作用[J]. 华南理工大学学报,2006, 34(8):105~109.

7 Creusot N, Gruppen H. Hydrolysis of whey protein isolate with bacillus licheniformis protease: aggregating capacities of peptide fractions[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2008, 56(21):10 332~10 339.

8 于鸿鹏. 大豆蛋白水解多肽的聚集机理及其调控[D]. 广州:华南理工大学,2005.

9 李维瑶. 高起泡性大豆分离蛋白的研究及其在蛋糕中的应用[D]. 无锡:江南大学,2010.

10 刘瑾. 酶法改善大豆分离蛋白起泡性和乳化性的研究[D]. 无锡:江南大学,2008.

11 Adler-Nissen J. Determination of the degree of hydrolysis of food protein hydrolysates by rinitrobenzenesulfonic acid [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1979, 27(6): 1 256~1 262.

12 Tomotake H, Shimaoka I, Kayashita J, et al. Physicochemical and functional properties of buck wheat protein product [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2002, 50(7): 2 125~2 129.

(上接第 10 页)

8 余有贵,李忠海,张亚,等. 酶法提取蕨根膳食纤维的工艺优化[J]. 食品与机械,2010,26(1): 129~132.

9 余有贵,李忠海,黄国华,等. 响应面设计法优化蕨渣基质的灵芝培养条件[J]. 中国生物工程杂志,2009,29(12):37~42.

10 余有贵,李忠海,黄国华,等. 灵芝发酵蕨渣基质生产菌质多糖的工艺优化[J]. 中国食品学报, 2010,10(5):47~52.

11 余有贵,李忠海,黄国华,等. 发酵法生产灵芝—蕨渣菌质水溶性膳食纤维的工艺优化[J]. 食品科学,2011,32(5):187~191.

12 杨燕,李秀花,张喜忠,等. 优化复合膳食纤维对小鼠消化吸收作用研究[J]. 现代预防医学, 2007, 34(16): 3 036~3 039.

13 陈琪. 中医药理研究方法[M]. 北京:人民卫生出版社, 2006: 326.

14 Artiss J D, Brogan K, Brucal M, et al. The effects of a new

soluble dietary fiber on weight gain and selected blood parameters in rats[J]. Metabolism, 2006, 55(2): 195~202.

15 Olguin M C, Posadas M D, Revelant G C, et al. Evaluation of soy hulls as a potential ingredient of functional foods for the prevention of obesity[J]. Ecology of Food and Nutrition, 2010, 49(6): 98~109.

16 Laparra J M, Sanz Y. Interactions of gut microbiota with functional food components and nutraceuticals[J]. Pharmacological Research, 2010, 61(3): 219~225.

17 余有贵,李忠海,黄国华,等. 菌质可溶性膳食纤维对肠道菌群体外生长的影响[J]. 中国食品学报, 2015,15(2):34~38.

18 Elke T, Ronald P M. Water-soluble dietary fibers and cardiovascular[J]. Physiol Behav, 2008, 94(2): 285~292.