

# 海带膳食纤维的理化特性及通便作用研究

谭姣姣<sup>1,2,3</sup>, 王 晶<sup>1,2,3</sup>, 岳 洋<sup>1,2,3</sup>, 张全斌<sup>1,2,3</sup>

(1. 中国科学院 海洋研究所 实验海洋生物学重点实验室, 山东 青岛 266071; 2. 青岛海洋科学与技术国家实验室海洋生物学与生物技术功能实验室, 山东 青岛 266071; 3. 中国科学院大学, 北京 100049)

**摘要:** 海带富含褐藻胶、纤维素和半纤维素等成分, 是生产膳食纤维的优质原料。本文以海带为原料制备海带膳食纤维, 并开展了海带膳食纤维与两种常见膳食纤维的理化性质及通便作用的比较研究。结果表明, 海带膳食纤维持水力和膨胀力优于燕麦膳食纤维和魔芋膳食纤维; 在通便实验中, 小鼠给予海带膳食纤维一段时间, 小鼠墨汁推进率和便秘模型小鼠排便粒数以及排便重量均明显优于空白对照小鼠以及其他膳食纤维处理小鼠。上述研究表明海带膳食纤维各项生理指标作用最好, 并具有较好的通便作用。

**关键词:** 膳食纤维; 海带膳食纤维; 持水力; 膨胀力; 通便作用

中图分类号: Q547 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2018)06-0053-04

DOI: 10.11759/hyxx20180508002

膳食纤维是指不能被人体内源酶消化的可食用植物细胞、多糖、木质素以及相关物质的总和, 包括食物中的纤维素、半纤维素、木质素、胶质、改性纤维素、黏质、寡糖、果胶以及蜡质、角质、软木质等<sup>[1]</sup>。膳食纤维具有持水性、膨胀力, 可增加排便质量, 使粪便软化, 也有助于缓解便秘。随着生活水平的提高, 人们在饮食上过于精细, 高脂肪、高蛋白食物摄入过多, 而膳食纤维摄入量却在不断减少, 这种不合理的膳食结构成为现代人的便秘原因。在日常生活中补充适量的膳食纤维, 可缓解便秘, 预防糖尿病、中风以及肿瘤等疾病的发生<sup>[2-4]</sup>。

常见的膳食纤维来源包括粗粮糙米、蔬菜、水果等。市场常见的膳食纤维有: 菊粉、抗性糊精、燕麦膳食纤维、魔芋膳食纤维等。海带作为重要的经济海藻, 含有褐藻胶、褐藻多糖硫酸酯等非淀粉多糖, 还含有其他纤维素和半纤维素成分<sup>[5]</sup>。褐藻胶不易被消化道吸收利用, 被广泛认为是一种膳食纤维。可以说, 海带中含有丰富的膳食纤维。但目前对于海带膳食纤维的研究有限, 市场上尚未见海带膳食纤维产品的供应。

不同来源的膳食纤维, 其理化特性和生理功能存在非常显著的差异。本文制备了海带膳食纤维, 并对海带膳食纤维与两种市售膳食纤维的持水力、膨胀力, 及通便作用进行比较研究, 从而为海带以及海藻膳食纤维的开发利用提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

海带(山东高绿水产有限公司); 燕麦膳食纤维粉(纤维含量>90%, 美国绿色食品公司); 魔芋膳食纤维粉(陕西同心农副产品有限公司)。

0.025%复方地芬诺酯混悬液: 取 10 片复方地芬诺酯片 25 mg(每片含复方地芬诺酯 2.5 mg, 哈尔滨制药总厂)研磨粉末定容至 100 mL; 0.05%复方地芬诺酯混悬液的配制: 取复方地芬诺酯片 50 mg 研磨粉末定容至 100 mL。

墨汁的配制: 称取阿拉伯树胶粉(天津天泰精细化学有限公司)100 g, 加蒸馏水 800 mL, 煮沸至溶液透明, 称取活性炭粉 50 g, 加至上述溶液中煮沸 3 次, 溶液冷却后定容至 1 000 mL, 在 4℃ 冰箱中贮存, 使用前摇匀。

雄性 KM 小鼠 100 只, SPF 级, 购于北京维通利

收稿日期: 2018-05-08; 修回日期: 2018-06-13

基金项目: 山东省重点研发计划项目(2016HYSP0002); 中国科学院王宽诚基金会项目; 中国科学院青年创新促进会(2016190)

[Foundation: The key Research and Development Project of Shandong Province (2016HYSP0002); K.C.Wong Education Foundation; Youth Innovation Promotion Association (2016190)]

作者简介: 谭姣姣(1985-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 海洋药物及制品, 电话: 0532-82898703, E-mail: qdrdtanjiaojiao@163.com; 张全斌, 通信作者, 博士, 研究员, 研究方向: 海藻化学与海洋药物, 电话: 0532-82898703, E-mail: qbzhang@qdio.ac.cn

华实验动物技术有限公司, 实验动物质量许可证号 SCXK(京)2012-0001。

## 1.2 海带膳食纤维的制备及含量分析

参照文献[6]中海带膳食纤维制备方法并做部分改进, 在威海世纪博康海藻有限公司中试制备。主要制备步骤包括: 海带清洗干燥粉碎后, 采用蛋白酶解, 然后酸浸泡处理, 弃去酸液, 藻体用碱处理, 并经活化, 得到海带膳食纤维。海带膳食纤维参照《食品安全国家标准 食品中膳食纤维的测定》(GB5009.88-2014)进行分析。

## 1.3 膨胀力测定

称取 1 g 膳食纤维的粉末放入量筒中, 测干粉体积, 加入 20℃ 水, 使总体积达到 50 mL, 摇匀, 使其充分吸收水分, 在 20℃ 下静置 24 h, 读取吸水饱胀后的膳食纤维的体积, 计算膨胀力。

$$\text{膨胀力}(\%) = \frac{\text{膨胀后体积}(\text{mL}) - \text{干粉体积}(\text{mL})}{\text{样品干质量}(\text{g})} \times 100\%$$

## 1.4 持水力测定

称取 1 g 膳食纤维粉质放入量筒中, 加入 20℃ 水, 饱和 1 h, 将膳食纤维移至滤筛布上沥干后, 把保留在滤布上结合了水的膳食纤维移到表面皿中称重, 计算持水力。

$$\text{持水力}(\%) = \frac{\text{样品湿质量}(\text{g}) - \text{样品干质量}(\text{g})}{\text{样品干质量}(\text{g})} \times 100\%$$

## 1.5 小鼠小肠推进率实验

取雄性 KM 小鼠随机分为 5 组, 分别为空白对照组、模型对照组、不同来源膳食纤维 3 组, 每组 10 只, 膳食纤维组每天按 2 g/(kg·d) 的剂量给予受试小鼠, 空白对照组和模型对照组同样途径给蒸馏水, 采用等体积灌胃。连续灌胃至 10 d, 各组小鼠禁食不禁水 16 h, 模型组及各膳食纤维组小鼠灌胃 0.025% 复方地芬诺酯混悬液(5 mg/kg BW), 进行造模, 空白对照组灌胃蒸馏水; 0.5 h 后各组灌胃含有相应样品的墨汁(含 5% 的活性炭、10% 阿拉伯树胶); 25 min 后采用颈椎脱臼法处死小鼠, 剖开腹腔分离肠系膜, 摘取肠管测量总长度和墨汁移动长度(从幽门至墨汁前沿)。

$$\text{墨汁推进率} = \frac{\text{墨汁推进长度}(\text{cm})}{\text{小肠总长度}(\text{cm})} \times 100\%$$

## 1.6 小鼠排便实验

用 0.05% 复方地芬诺酯混悬液制造便秘模型,

小鼠分组及处理情况同小鼠小肠推进率实验。每只动物单笼饲养, 照常饮食, 灌胃墨汁后开始观察记录每只小鼠首粒黑色粪便排出时间、每 1 h 排便粒数和重量增长、6 h 总排便粒数和总质量, 最后以恒质量法测粪便干质量及含水率。

## 1.7 数据处理

试验数据采用统计软件 SPSS 17.0 进行单因素方差分析, 结果以平均值±标准误差表示。P<0.05, 存在显著性差异; P<0.01, 存在极显著性差异。

## 2 结果与讨论

### 2.1 海带膳食纤维分析

膳食纤维根据水溶性的不同可分为不溶性膳食纤维和可溶性膳食纤维两种, 优质膳食纤维应保持可溶性膳食纤维和不溶性膳食纤维的均衡, 才能更好地发挥膳食纤维功效<sup>[7]</sup>。海带膳食纤维的含量分析见表 1, 可以看出, 海带膳食纤维中可溶性膳食纤维(SDF)与不溶性膳食纤维 IDF 比例为 38:51, 二者较为均衡。SDF 主要来自于褐藻胶, 而 IDF 主要来自于海带纤维素、半纤维素等成分。

表 1 海带膳食纤维中含量分析

Tab. 1 Content analysis of dietary fiber from saccharina japonica

名称	总膳食纤维含量/%	可溶性膳食纤维(SDF)含量/%	不溶性膳食纤维(IDF)含量/%
海带膳食纤维	89	38	51

海带膳食纤维以及市场常见的两种膳食纤维(燕麦膳食纤维和魔芋膳食纤维)持水力和膨胀力分析结果见表 2。可以看出, 不同来源膳食纤维持水力由强到弱顺序为: 海带膳食纤维>魔芋膳食纤维>燕麦膳食纤维; 不同来源膳食纤维膨胀力由强到弱顺序为: 海带膳食纤维>魔芋膳食纤维>燕麦膳食纤维。

表 2 三种膳食纤维持水力、膨胀力分析结果

Tab. 2 Analysis result of water holding capacity and expansion capacity of three kinds of dietary fiber

名称	持水力/%	膨胀力/(g/mL)
燕麦膳食纤维	960	12
魔芋膳食纤维	1210	19
海带膳食纤维	2450	50

## 2.2 膳食纤维对小鼠小肠推进率的影响

由表3, 空白对照组与各试验组的小鼠10 d体重增长量具有极显著性差异( $P<0.01$ ), 模型对照组和空白组具有显著差异( $P<0.05$ ), 但模型对照组与不同来源膳食纤维组之间体重增长量无显著性差异。试验过程中, 不同膳食纤维受试物均未造成小鼠腹泻、

呕吐等异常反应。模型对照组的小肠推进率明显低于空白对照组, 且存在极显著性差异( $P<0.01$ ); 与模型对照组相比, 不同膳食纤维组能明显提高小肠推进率, 存在显著性差异( $P<0.05$ ), 不同膳食纤维组对小鼠小肠的推进率作用由强到弱为: 海带膳食纤维>魔芋膳食纤维>燕麦膳食纤维。

表3 不同膳食纤维对小鼠小肠推进率的影响

Tab. 3 Effect of different dietary fiber on small intestinal propulsion rates of mice

组别	动物/只	剂量/(g/(kg·d))	体质量增长量/g	小肠推进率/%
空白对照组	10	0	1.91±0.42	87.73±6.52
模型对照组	10	0	3.29±0.76*	60.49±10.16**
燕麦膳食纤维	10	2	3.56±0.71*	70.53±9.24*#
魔芋膳食纤维	10	2	3.54±0.60*	74.45±10.51*#
海带膳食纤维	10	2	3.67±0.84*	80.29±9.46*#

注: 与空白组对比, \*表示  $P<0.05$  具有显著性差异; \*\*表示  $P<0.01$ , 具有极显著性差异。与模型组对比, #表示  $P<0.05$ , 具有显著性差异; ##表示  $P<0.01$ , 具有极显著性差异。下同

## 2.3 膳食纤维对小鼠排便的影响

地芬诺酯是哌替啶的衍生物, 直接作用于肠平滑肌, 通过抑制肠黏膜感受器, 消除局部黏膜的蠕动反射而减弱蠕动, 同时可增加肠的节段性收缩, 从而延长肠内容物与肠黏膜的接触, 促进肠内水分的回吸收。配以抗胆碱药阿托品, 协同加强对肠管蠕动的抑制作用。由表3可知, 模型组与空白组对比, 首粒排黑便时间、6 h内排便总质量、排便干质量及排便粒数存在显著性差异, 有统计学意义, 表明便秘小鼠建模成功。与模型对照组相比, 不同膳食纤维

组均能明显增加6 h内排便总质量、排便干质量及排便粒数, 存在极显著性差异( $P<0.01$ ); 多种膳食纤维组小鼠便含水率明显高于模型组, 存在极显著性差异( $P<0.01$ ); 不同膳食纤维组与模型组相比, 海带膳食纤维、魔芋膳食纤维、燕麦膳食纤维极显著缩短了首粒排黑便时间( $P<0.01$ ), 其中海带膳食纤维缩短首粒排黑时间56.7%, 效果最为显著。海带膳食纤维促进排便的作用可能与其膨胀力和持水力较高有关, 膳食纤维的膨胀力和持水力越高, 粪便水分含量就越高, 粪便的体积大且软, 容易通过肠道, 从而促进排便。

表4 膳食纤维对小鼠排便的影响

Tab. 4 Effect of dietary fiber on defecation of mice

组别	首粒排黑便时间/min	6 h 排便总质量/g	6 h 排便干质量/g	排便粒数	含水率/%
空白对照组	80.20±3.07	0.54±0.12	0.22±0.15	17.83±1.04	30.08±6.95
模型对照组	94.64±4.32*	0.17±0.09*	0.1±0.10*	4.67±2.34*	34.47±12.28
燕麦膳食纤维	65.07±4.81#	0.79±0.15#	0.28±0.16	24.24±4.34#	44.46±13.17
魔芋膳食纤维	46.65±4.01#	0.83±0.23#	0.49±0.09	31.60±4.92#	51.93±3.67#
海带膳食纤维	41.28±5.38#	0.93±0.19#	0.54±0.12	34.90±3.83#	57.05±9.54#

## 3 结论

不同来源膳食纤维理化特性及功能特性存在很大差异, 由膨胀力、持水力试验结果表明海带膳食纤维作用最强; 小肠运动试验是评价排便能力的重要指标, 通过通便推便率、粪便量和排便时间等指标评价各膳食纤维通便作用差异。评价结果表明海带膳

食纤维小肠推进率最好。

### 参考文献:

- [1] 黄素雅, 钱炳俊, 邓云. 膳食纤维功能的研究进展[J]. 食品工业. 2016, 37(1): 273-277.  
Huang Suya, Qian Bingjun, Deng Yun. Research advances in dietary fiber function[J]. The Food Industry, 2016, 37(1): 273-277.

- [2] Larsson SC. Dietary fiber intake and risk of stroke[J]. *Curr Nutr Re*, 2014(3): 88-93.
- [3] Yao B D, Fang H, Xu W H, et al. Dietary fiber intake and risk of type 2 diabetes: a dose-response of prospective studies[J]. *Eur J Epidemiol*, 2014(29): 79-88.
- [4] Zeng H W, Lazarova D L, Bordonaro M. Mechanisms linking dietary fiber, gut microbiota and colon cancer prevention[J]. *World J Gastrointest Oncol*, 2014, 6(2): 41-51.
- [5] Gómez-Ordóñez E, Jiménez-Escrig A, Rupérez P. Dietary fibre and physicochemical properties of several edible seaweeds from the northwestern Spanish coast[J]. *Food Research International*. 2010, 43: 2289-2294.
- [6] 李来好, 陈培基, 李刘冬, 等. 海带膳食纤维的提取与功能性试验[J]. *青岛海洋大学学报*, 2003, 33(5): 687-694.
- Li Laihao, Chen Peiji, Li Liudong, et al. Extraction of dietary fiber from *Laminaria Japonica* and testing of its functional property[J]. *Periodical of ocean university of china*, 2003, 33(5): 687-694.
- [7] 张丽芳, 张爱珍. 膳食纤维的研究进展[J]. *中国全科医学*. 2007, 10(21): 1825-1827.
- Zhang Lifang, Zhang Aizhen. Progress in study of dietary fiber[J]. *Chinese General Practice*, 2007, 10(21): 1825-1827.

## Physicochemical properties and laxative effect of dietary fiber from *Saccharina japonica*

TAN Jiao-jiao<sup>1, 2, 3</sup>, WANG Jing<sup>1, 2, 3</sup>, YUE Yang<sup>1, 2, 3</sup>, ZHANG Quan-bin<sup>1, 2, 3</sup>

(1. Key Laboratory of Experimental Marine Biology, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071; 2. Laboratory for Marine Biology and Biotechnology, Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology, Qingdao 266071; 3. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

**Received:** May 8, 2018

**Key words:** Dietary fiber; *Saccharina japonica*; water holding capacity; expansion capacity; laxative effect

**Abstract:** *Saccharina japonica*, which contains plenty of alginate, cellulose and semicellulose, has been considered an excellent resource of dietary fiber. In this study, dietary fiber was extracted from *S. japonica*, and its physicochemical properties and laxative effect were investigated and compared with dietary fiber from oat and konjac. The results showed that dietary fiber from *S. japonica* exhibits higher water holding capacity and expansion capacity than those from oat and konjac. Also, in the vivo laxative experiment, a better laxative effect was observed in mice treated with dietary fiber made from *S. japonica*. These results indicated that dietary fiber from *S. japonica* has excellent physicochemical properties and laxative effect, and might be a potential agent to prevent constipation.

(本文编辑: 康亦兼)