

DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.20241112003

引用格式: 张泽丽, 谭小竹, 张鹏, 等. 干、鲜铁皮石斛对正常小鼠肠黏膜菌群的影响[J]. 食品安全质量检测学报, 2025, 16(5): 61–68.

ZHANG ZL, TAN XZ, ZHANG P, *et al.* Effects of dried and fresh *Dendrobium officinale* on the mucosa-associated microbiota of normal mice [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2025, 16(5): 61–68. (in Chinese with English abstract).

干、鲜铁皮石斛对正常小鼠肠黏膜菌群的影响

张泽丽, 谭小竹, 张鹏, 杨家婷, 谢果珍*

(湖南中医药大学药学院, 长沙 410208)

摘要: 目的 探究铁皮石斛干品及鲜品对正常小鼠肠道菌群的影响。**方法** 分别给正常小鼠灌胃铁皮石斛干品及鲜品 7 d, 观察小鼠的生长情况, 用 16S rRNA 基因全长序列测序技术检测小肠及结肠黏膜菌群的变化。

结果 铁皮石斛干品与鲜品均可控制小鼠体重增长, 但鲜品的作用更显著。二者均降低了结肠黏膜菌群的 α 多样性, 但鲜品提高了小肠黏膜菌群的 α 多样性, 干品降低了小肠黏膜菌群的 α 多样性。铁皮石斛鲜品显著促进小肠黏膜中 *Lactobacillus* 及 *Faecalibacterium prausnitzii*、*Butyricoccus pullicaecorum*、*Roseburia inulinivorans* 等短链脂肪酸产生菌的增殖, 上调了脂质代谢、萜类及聚酮类代谢、碳水化合物代谢、外源物质生物降解与代谢等通路; 在结肠黏膜中, 铁皮石斛干品抑制 *Escherichia coli* 及 *Ruminococcus gnavus* 等肠道疾病相关细菌的作用强于鲜品。**结论** 铁皮石斛鲜品可通过促进有益菌增殖, 上调脂质及碳水化合物代谢以控制体重, 维持机体的健康状态; 而铁皮石斛干品可抑制有害菌增长, 或有助于降低潜在的疾病风险。

关键词: 铁皮石斛; 肠道菌群; 小肠; 结肠

Effects of dried and fresh *Dendrobium officinale* on the mucosa-associated microbiota of normal mice

ZHANG Ze-Li, TAN Xiao-Zhu, ZHANG Peng, YANG Jia-Ting, XIE Guo-Zhen*

(School of Pharmacy, Hunan University of Chinese Medicine, Changsha 410208, China)

ABSTRACT: Objective To explore the effects of dried *Dendrobium officinale* and fresh *Dendrobium officinale* on the gut microbiota of normal mice and to provide a reference for its rational development and application.

Methods The normal mice were administrated with dried *Dendrobium officinale* and fresh *Dendrobium officinale* for 7 days, respectively. The growth of mice was observed, and the mucosa-associated microbiota in the small intestine and colon was detected using the full-length 16S rRNA gene sequencing. **Results** The results showed that both dried *Dendrobium officinale* and fresh *Dendrobium officinale* could control the weight gain of mice, but the weight-control effect of fresh *Dendrobium officinale* was more significant than that of dried *Dendrobium*

收稿日期: 2024-11-12

基金项目: 湖南省教育厅优秀青年项目(22B0391); 湖南省中医药管理局中医药科研课题项目(B2024013); 湖南省大学生创新创业训练计划项目(2909)

第一作者: 张泽丽(2001—), 女, 主要研究方向为中药学。E-mail: 3095275317@qq.com

*通信作者: 谢果珍(1984—), 女, 博士, 副教授, 主要研究方向为中药资源开发。E-mail: 191431657@qq.com

officinale. Both dried *Dendrobium officinale* and fresh *Dendrobium officinale* decreased α diversity of mucosa-associated microbiota in the colon. However, fresh *Dendrobium officinale* increased α diversity of mucosa-associated microbiota in the small intestine, while the effect of dried *Dendrobium officinale* was the opposite. Moreover, fresh *Dendrobium officinale* significantly promoted the proliferation of short-chain fatty acid-producing bacteria (*Lactobacillus*, *Faecalibacterium prausnitzii*, *Butyricococcus pullicaecorum* and *Roseburia inulinivorans*) in the small intestine and up-regulated metabolic pathways such as lipid metabolism, metabolism of terpenoids and polyketides, carbohydrate metabolism, and xenobiotics biodegradation and metabolism. In colonic mucosa-associated microbiota, dried *Dendrobium officinale* showed a stronger inhibitory effect on *Escherichia coli* and *Ruminococcus gnavus* than fresh *Dendrobium officinale*. **Conclusion** The results show that fresh *Dendrobium officinale* can control body weight and maintain health by promoting the proliferation of beneficial bacteria and up-regulating lipid and carbohydrate metabolism, while dried *Dendrobium officinale* can inhibit the growth of harmful bacteria, and may help reduce the potential risk of disease.

KEY WORDS: *Dendrobium officinale*; gut microbiota; small intestine; colon

0 引言

铁皮石斛(*Dendrobium officinale* Kimura et Migo)是兰科石斛属的一种药食两用植物,被誉为“九大仙草之一”,已有数千年的食药用历史。研究发现铁皮石斛富含蛋白质、氨基酸等营养成分及黄酮类、多酚类、生物碱类、萜类、联苜类、多糖等活性成分^[1]。药理研究证实铁皮石斛具有抗炎、降血脂、降高血压、抑制肿瘤、提高免疫力等生理活性^[2]。根据《中华人民共和国药典》2020 版^[3],铁皮石斛的入药部位为干燥茎,但自古以来新鲜的铁皮石斛亦广泛应用于日常保健及医疗药用。古代医家认为寒凉药的鲜品较干品凉润,辛香药的鲜品较干品味厚力峻。铁皮石斛鲜品长于生津养胃,其清热生津的功效胜于干品,为温病伤阴之要药^[4]。因此,全面比较干品及鲜品的功效差异是合理使用铁皮石斛的前提与基础。然而,现有鲜、干药材的药效比较研究多为体外实验,而体内实验所用供试品的制备方法不一致,如鲜品多为鲜汁灌胃,干品多为水提液灌胃,一定程度上影响了实验结果。基于此,本研究将铁皮石斛茎纵剖,一半为鲜品,另一半制成干品;且根据鲜茎含水量换算取样量,并以水煎的方式制备干、鲜供试品,以期减少实验干扰,能更准确反映干、鲜铁皮石斛的功效差异。

肠道菌群指定植于肠道并与机体相互依存的微生物群,参与宿主代谢活动与免疫形成。越来越多的证据表明,食/药物与肠道菌群存在互作,一方面,食/药物进入体内可直接影响肠道菌群的组成及功能;另一方面,肠道菌群可代谢食/药物并产生代谢产物,进而调节机体状态^[5-7]。有研究认为与干姜相比,炮姜对脾胃虚寒型胃溃疡大鼠肠道菌群的调节作用更优,并表现出更好的治疗效果^[8],说明肠道菌群不仅是养生保健及疾病治疗的新靶点,还可作为药效学及功能学评价的指标之一。然而,目前关于

药材干品与鲜品对肠道菌群影响的比较研究较少。本研究以肠道菌群为评价指标,比较了干燥与新鲜铁皮石斛对健康小鼠肠道菌群的影响,旨在为二者的评价与临床应用提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

1 年生新鲜铁皮石斛(*Dendrobium officinale* Kimura et Migo),2023 年 5 月采收于云南德宏铁皮石斛种植基地,经湖南中医药大学王智副教授鉴定为正品。

TGuideS96 磁珠法土壤/粪便基因组 DNA 提取试剂盒 [DP812, 天根生化科技(北京)有限公司]; synregy HTX 酶标仪(美国伯腾仪器有限公司); DYY-6C 电泳仪(北京市六一仪器厂); GeneAmp 9700 聚合酶链式反应(polymerase chain reaction, PCR)仪(美国应用生物系统公司); Sequel PacBio 测序仪(美国太平洋生物科学公司)。

1.2 供试动物

SPF 级雄性 BALB/c 小鼠 18 只,5 周龄,体质量为 16~18 g,购于湖南斯莱克景达实验动物有限公司 [SCXK(湘)2019-0004]。小鼠购回后于室温 22~25 °C、相对湿度 45%~55%环境下分笼饲养,自由取食及饮水。小鼠普通维持饲料由湖南斯莱克景达实验动物有限公司提供。本研究通过湖南中医药大学实验动物伦理委员会审查批准(伦理批准号: LL202304130002)。

1.3 方法

1.3.1 干、鲜铁皮石斛的制备

新鲜铁皮石斛洗净后晾干,纵剖分成两份,一份为铁皮石斛鲜品;另一份剪成 3~5 mm 的斜片,置于鼓风干燥箱中 105 °C 杀青 30 min 后 60 °C 烘干至恒重,即为铁皮石

斛干品。

1.3.2 铁皮石斛含水量测定

铁皮石斛洗净, 吸干表面水分, 斜剪成小段, 混匀后取 1 g 鲜铁皮石斛 5 份, 105 °C 杀青 30 min 后 60 °C 烘干至恒重, 测得新鲜铁皮石斛的平均含水量为 79.92%。以铁皮石斛干品为基准, 按上述含水量换算铁皮石斛鲜品的取样量。分别取干石斛 6 g、鲜石斛 30 g, 用 10 倍量的蒸馏水煎煮 2 次, 每次 30 min, 合并两次水煎液后浓缩至 66.7 mg/mL。

1.3.3 动物分组及干预

小鼠适应性饲养 1 周后随机分成正常组、干石斛组和鲜石斛组, 每组 6 只。干石斛组及鲜石斛组小鼠分别灌胃铁皮石斛干品及鲜品, 正常组小鼠灌胃等体积无菌水。灌胃量为 0.4 mL/只/次, 每天 1 次, 连续 7 d。灌胃期间 3 组小鼠自由取食及饮水。参考《中华人民共和国药典》2020 版^[3], 以铁皮石斛干品计, 成人的服用量为 6 g/d, 小鼠临床等效用量为 1 g/kg/d。

1.3.4 小鼠一般情况观察

干预期间, 每天观察小鼠的皮毛、活动情况, 定时记录各组小鼠的体重、摄食量及饮水量。

1.3.5 小鼠肠道黏膜样品采集

干预结束后采集样品。样品采集前 12 h 禁食不禁水, 颈椎脱臼处死小鼠, 在无菌环境下解剖取小肠及结肠段, 挤出肠道内容物后剖开小肠及结肠, 用预冷的 0.9% 氯化钠溶液清洗 2 次后用灭菌的盖玻片刮取黏膜, 分别装于无菌微量离心管。所有样本冻于 -80 °C 冰箱待测。

1.3.6 16S rRNA 基因全长序列测序

对所有样本提取基因组 DNA 后进行 PCR 扩增与产物纯化, 质检后用 Pacbio 平台对细菌 16S rRNA 基因全长序

列进行测序, 引物为 27F (5'-AGRGTGTTGATYNTGGCT CAG-3') 和 1492R (5'-TASGHTACCTTGTTASGACTT-3')。测序由深圳微科盟科技集团有限公司完成。

1.3.7 生物信息学分析

使用 QIIME2 (2022.2) 软件中的 DADA2 (1.22.0) 插件对原始测序数据进行过滤得到有效数据, 进一步去噪、去嵌合并得到扩增特征序列 (operational taxonomic units, OTUs)。选取 OTU 的代表性序列与 Greengenes2 数据库 (Greengenes Database 13.8) 比对进行物种注释。用 QIIME2 diversity 插件分析 α 及 β 多样性, PICRUST2 进行功能预测。

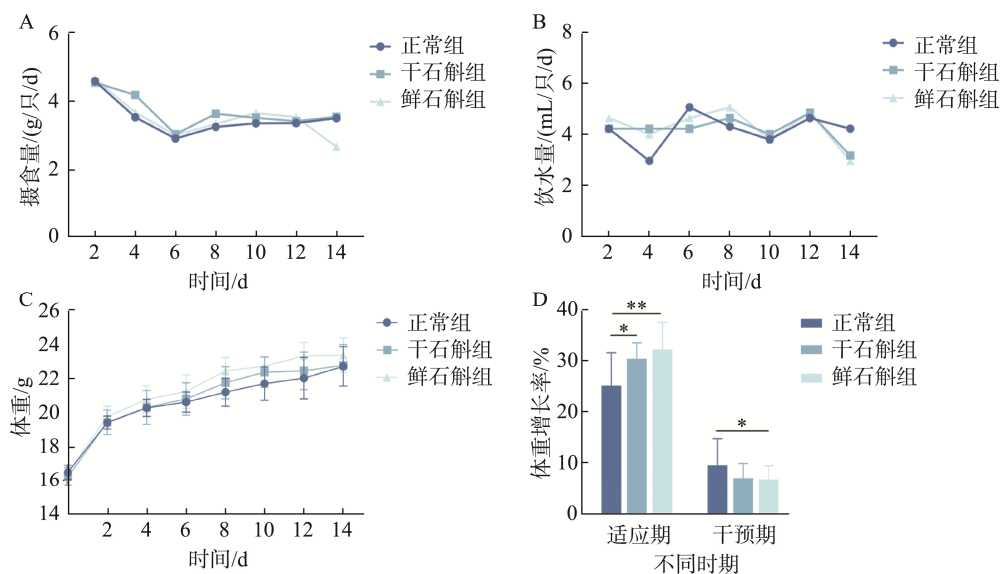
1.4 数据处理

运用 SPSS 23.0 软件进行数据统计分析, 两组间比较采用独立样本 t 检验。用 Wilcoxon 比较菌群 α 多样性组间差异; 用 Kruskal Wallis/LeFSe/DESeq2 等进行物种各分类水平在组间的显著性差异分析。

2 结果与分析

2.1 干、鲜铁皮石斛对小鼠生长情况的影响

健康小鼠灌胃新鲜及干燥铁皮石斛后, 皮毛、步态、粪便、活动及精神状态等与正常组小鼠无异。适应期及干预期各组小鼠的摄食量、饮水量、体重无显著差异 (图 1)。适应期结束后, 干石斛组与鲜石斛组小鼠的体重增长率均显著高于正常组小鼠 ($P_{干}=0.018$, $P_{鲜}=0.002$), 然而在干预结束后, 干石斛组小鼠的体重增长率低于正常组小鼠, 鲜石斛组小鼠的体重增长率显著低于正常组小鼠 ($P=0.034<0.05$), 说明铁皮石斛干品及鲜品在不改变摄食量的情况下, 有利于控制体重的增长, 且鲜品控制体重的效果优于干品。



注: *表示具有显著性差异 ($P<0.05$), **表示具有极显著性差异 ($P<0.01$), 图 2、6 同。

图 1 干、鲜铁皮石斛对正常小鼠生长情况的影响 ($n=6$)

Fig. 1 Effects of dried *Dendrobium officinale* and fresh *Dendrobium officinale* on the growth of normal mice ($n=6$)

2.2 干、鲜铁皮石斛对小鼠肠道菌群 α 多样性的影响

应用 16S 全长测序技术比较了干、鲜铁皮石斛对小鼠小肠及结肠黏膜菌群的影响,用 Chao1 和 Simpson 指数分别评价肠道菌群的丰富度和均匀度,用 Wilcoxon 比较组间差异。由图 2 可知,干、鲜铁皮石斛均降低了结肠黏膜菌群的丰富度及均匀度,但对小肠黏膜菌群丰富度及均匀度的影响趋势不一致。与正常组相比,铁皮石斛鲜品提高了小鼠小肠黏膜菌群的 Chao1 和 Simpson 指数,而干铁皮石斛降低了小鼠小肠黏膜菌群的 Chao1 和 Simpson 指数,且干、鲜二组有显著性差异($P_{\text{Chao1}}=0.005$; $P_{\text{Simpson}}=0.015$)。

2.3 干、鲜铁皮石斛对小鼠肠道菌群 β 多样性的影响

用偏最小二乘法判别分析(partial least squares discriminant analysis, PLS-DA)对丰度大于 10 的 OTU 进行分析,比较各组间的差异。干石斛组小鼠小肠黏膜菌群样

本分布较集中,说明不同样本间菌群差异较小;鲜石斛组小鼠小肠黏膜菌群样本较离散,但与正常小鼠小肠黏膜样本距离较近(图 3A),预示着这两组样本的黏膜菌群结构可能较相似。相较而言,不同组小鼠的结肠黏膜菌群在组内较为集中,但组间差异较大(图 3B),说明干、鲜铁皮石斛对正常小鼠结肠黏膜中的高丰度菌群影响较大。

2.4 干、鲜铁皮石斛对小鼠肠道菌群组成的影响

在属水平,正常小鼠小肠黏膜的优势菌属是 *Barnesiella* (23.0%)、*Clostridium* (21.7%)、*Lactobacillus* (11.6%)(图 4A)。以上菌属在干石斛组小鼠小肠黏膜中的相对丰度均低于正常组,铁皮石斛鲜品提高了 *Clostridium* 及 *Lactobacillus* 的相对丰度,降低了 *Barnesiella* 的相对丰度。正常小鼠结肠黏膜的优势菌属是 *Barnesiella* (33.6%)、*Ruminococcus* (18.9%)和 *Mucispirillum* (11.7%)(图 4B)。铁皮石斛干品及鲜品均降低了 *Barnesiella* 与 *Ruminococcus* 的相对丰度。

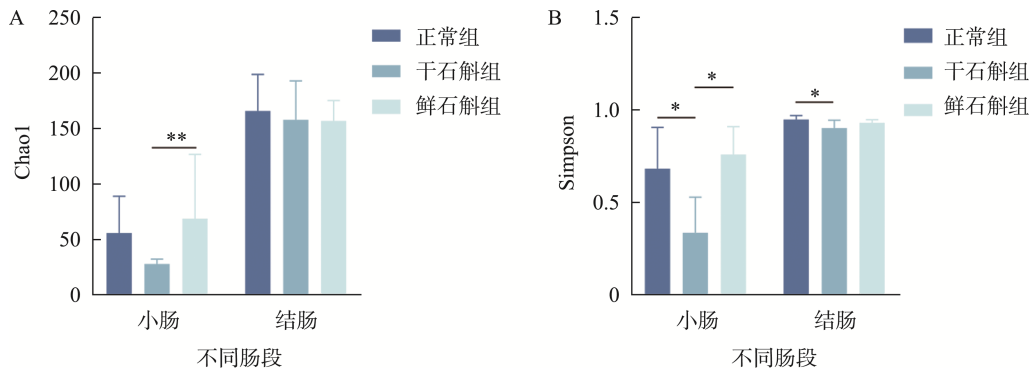
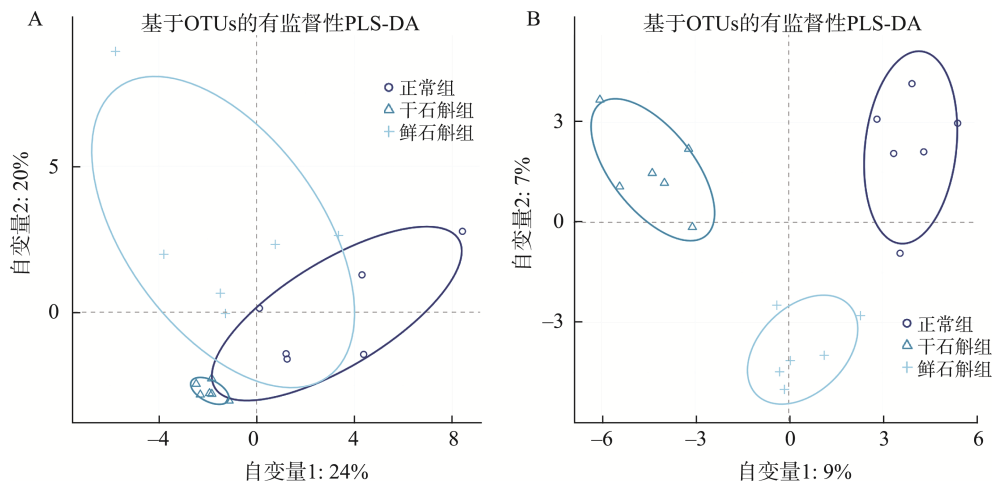


图 2 干、鲜铁皮石斛对小鼠肠道菌群 α 多样性的影响($n=6$)

Fig.2 Effects of dried *Dendrobium officinale* and fresh *Dendrobium officinale* on the α diversity of gut microbiota in mice ($n=6$)



注: A. 小肠黏膜菌群; B. 结肠黏膜菌群; 下同。

图 3 干、鲜铁皮石斛对小鼠肠道菌群 β 多样性的影响($n=6$)

Fig.3 Effects of dried *Dendrobium officinale* and fresh *Dendrobium officinale* on the β diversity of gut microbiota in mice ($n=6$)

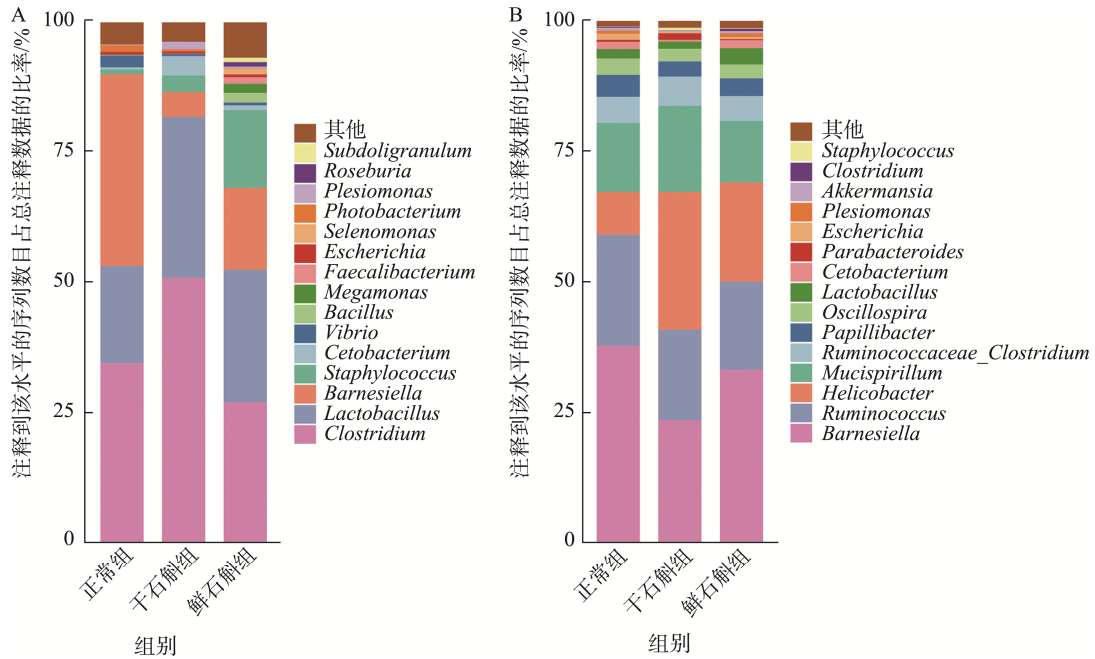


图 4 干、鲜铁皮石斛对小鼠肠道菌群组成的影响(n=6, 属水平)

Fig.4 Effects of dried *Dendrobium officinale* and fresh *Dendrobium officinale* on the structure of gut microbiota in mice (n=6, genus)

在小鼠小肠黏膜中注释了 7 个属于 *Lactobacillus* 的菌种, 包括 *Lactobacillus agilis*、*Lactobacillus brevis*、*Lactobacillus hamsteri*、*Lactobacillus helveticus*、*Lactobacillus plantarum*、*Lactobacillus reuteri*、*Lactobacillus vaginalis*, 除 *Lactobacillus agilis* 在干石斛组中的相对丰度较高外, 其余菌种的相对丰度在鲜石斛组显著提高(图 5A), 说明铁皮石斛鲜

品有利于 *Lactobacillus* 中相关菌种的增殖。此外, 铁皮石斛鲜品显著提高了有益菌株 *Bacteroides plebeius* 和 *Akkermansia muciniphila*, 乳酸产生菌 *Bifidobacterium adolescentis*, 丁酸产生菌 *Faecalibacterium prausnitzii*、*Butyricoccus pullicaecorum*、*Roseburia inulinivorans* 的相对丰度, 而干铁皮石斛对可产生维生素 B 的 *Cetobacterium somerae* 有促进

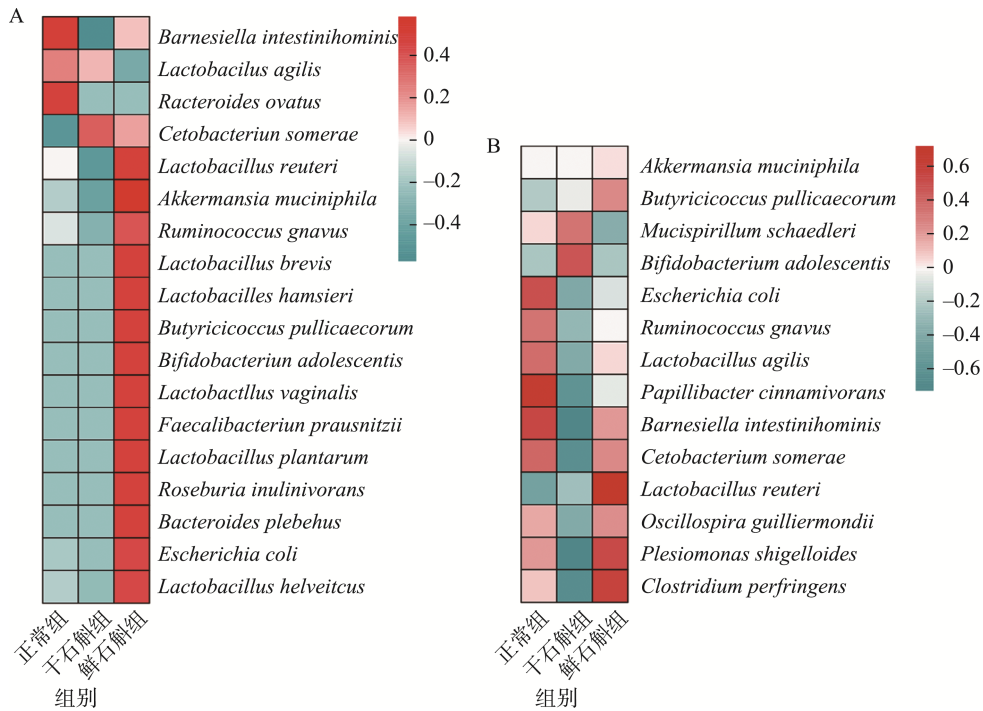


图 5 干、鲜铁皮石斛对小鼠肠道菌群组成的影响(n=6, 种水平)

Fig.5 Effects of dried *Dendrobium officinale* and fresh *Dendrobium officinale* on the structure of gut microbiota in mice (n=6, species)

作用(图 5A)。

在结肠黏膜菌群中, 铁皮石斛鲜品增加了 *Lactobacillus reuteri*、*Butyricoccus pullicaecorum*、*Clostridium perfringens*、*Plesiomonas shigelloides* 的相对丰度, 而干铁皮石斛提高了 *Bifidobacterium adolescentis* 和 *Mucispirillum schaedleri* 的相对丰度(图 5B)。值得注意的是, 铁皮石斛干品还表现出对 *Escherichia coli* 及 *Ruminococcus gnavus* 等肠道疾病相关细菌较强的抑制作用。

2.5 干、鲜铁皮石斛对小鼠肠道菌群功能的影响

基于京都基因与基因组百科全书(kyoto encyclopedia of genes and genomes, KEGG)对已测微生物的基因功能进行预测, 利用邓肯检验(Dunn's test)分析微生物群落预测功能的组间差异。在小肠环境中, 干、鲜铁皮石斛在脂质代谢、多糖合成与代谢、萜类及聚酮类代谢、碳水化合物代谢、外源物质生物降解与代谢、氨基酸代谢、其他代谢物的生物合成等通路均有显著性差异。与正常组相比, 干石斛组上述代谢通路的丰度均下调, 而鲜石斛组上调了脂质代谢、萜类及聚酮类代谢、碳水化合物代谢、外源物质生物降解与代谢等代谢通路(图 6A)。在结肠环境中, 干、鲜石斛对能量代谢、萜类及聚酮类代谢、脂质代谢、

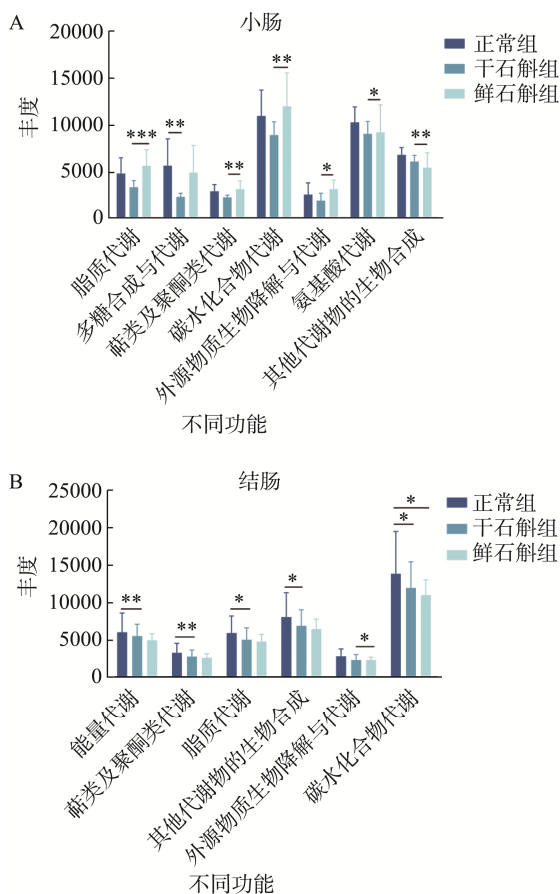


图 6 干、鲜铁皮石斛对小鼠肠道菌群功能的影响($n=6$)
Fig.6 Effects of dried *Dendrobium officinale* and fresh *Dendrobium officinale* on the function of gut microbiota in mice ($n=6$)

其他代谢物的生物合成、外源物质生物降解与代谢、碳水化合物代谢等代谢通路均表现为下调(图 6B)。

3 讨论与结论

3.1 铁皮石斛控制体重的作用与调节肠道菌群有关

课题组前期研究发现铁皮石斛多糖可抑制摄食量及体重增长^[9], 而本研究发现铁皮石斛干、鲜品在不改变小鼠摄食量的情况下显著控制了体重的增长, 且鲜品的体重控制作用强于干品。摄食及体重与肠道的代谢功能密切相关, 而肠道菌群是宿主代谢的关键环节。相较于肠腔菌群易受外源物的影响而群落结构波动较大的特点, 肠黏膜的菌群更为稳定, 且直接影响肠黏膜屏障及宿主免疫^[10-11]。因此, 本研究重点关注了干、鲜铁皮石斛对健康小鼠不同肠段黏膜菌群的影响。研究发现, 各组小鼠结肠黏膜菌群的多样性高于小肠黏膜菌群。铁皮石斛鲜品提高了小鼠小肠黏膜菌群的 α 多样性, 降低了结肠黏膜菌群的 α 多样性; 而铁皮石斛干品降低了不同肠段黏膜菌群的 α 多样性, 说明干、鲜铁皮石斛对小肠黏膜菌群的影响趋势相反。

从菌群结构分析, 相较于正常组, 铁皮石斛鲜品提高了产丁酸菌 *Faecalibacterium Prausnitzii*、*Butyricoccus pullicaecorum*、*Roseburia inulinivorans* 及产乙酸、丙酸菌 *Akkermansia muciniphila* 的相对丰度, 但干品对以上菌株无促进作用。丁酸、乙酸、丙酸属于短链脂肪酸的重要组成部分, 是肠道菌群代谢膳食纤维的产物^[12]。其中, 丁酸可降低脂肪生成并增加瘦素分泌^[13], 还可通过上调 *Claudin-1*、*Zonula occludens-1* 和 *Occludin* 等基因增加紧密连接, 通过增加 *Mucin 2* 的表达以增强肠上皮黏液层, 参与氧化应激调节等^[14-15]。乙酸参与食欲和人体代谢的调节, 可通过分泌胰高血糖素样肽 1 和 YY 肽来减轻体重^[16]。丙酸可抑制肝脏糖异生进而改善葡萄糖稳态和胰岛素敏感性^[17]。KEGG 代谢功能分析显示铁皮石斛鲜品上调了脂质及碳水化合物代谢, 可能是其促进短链脂肪酸产生菌增殖的结果, 并有利于控制体重。

3.2 干、鲜药材成分差异是二者药效差异的基础

一般情况下, 鲜药干燥时水分大量损失, 伴随着组织和细胞结构的不可逆破坏, 其化学成分改变, 且干燥后的药材很难复水至鲜药状态, 饮片的煎煮复水也不是干燥的可逆过程^[18]。陈莉萍等^[19]发现鲜马齿苋中总黄酮的含量是干品的 1.83 倍, 且抑制金黄色葡萄球菌、大肠杆菌、痢疾杆菌的效果优于干品; 此外, 鲜马齿苋中生物碱及多酚的含量高于干品, 能显著促进胰岛素抵抗 HepG2 细胞对细胞外葡萄糖的消耗, 表现出更强的降糖活性^[20]。研究表明, 铁皮石斛干燥加工后黄酮、生物碱、多糖等成分含量发生改变, 且鲜铁皮石斛的体内外抗氧化活性均优于干品, 与

鲜品中多糖的含量高于干品有关^[21-24]。综上,化学成分的改变是药材干品与鲜品药效差异的基础。

膳食成分与肠道菌群的相互影响已被广泛报道。富含多酚、花青素及植物蛋白的饮食有助于提高肠道中乳杆菌属 *Lactobacillus* 及双歧杆菌属 *Bifidobacterium* 的定植,并诱导短链脂肪酸的产生以促进肠道健康,从而更好地防御病原体,改善营养代谢及免疫反应^[25-28]。乳杆菌基因组含有大量碳水化合物代谢酶,参与十二指肠及空肠中碳水化合物的降解,还可通过减少脂肪酸吸收、增加脂肪酸氧化相关基因的表达来减少脂肪细胞的大小及脂质过氧化,对体重有显著的调节作用^[29]。本研究发现铁皮石斛鲜品对小肠及结肠黏膜中 *Lactobacillus* 的促进作用均强于干品。课题组前期研究发现铁皮石斛鲜品中可溶性蛋白质、总酚、总黄酮及总花色苷的含量高于干品^[24],可能是鲜品有效促进 *Lactobacillus* 增殖的物质基础。

3.3 结论与展望

本研究显示鲜、干铁皮石斛对不同肠段黏膜菌群的影响有差异,铁皮石斛鲜品有利于促进小肠黏膜益生菌及短链脂肪酸产生菌的增殖,而干品有助于抑制结肠黏膜病原菌的增殖,预示铁皮石斛鲜品侧重于调节肠道代谢功能以保持机体的健康状态,适宜健康人群日常保健使用;而干品侧重于降低肠道疾病风险,可用于肠道疾病的预防及辅助治疗。

隋代杨上善在《黄帝内经·太素》中描述药食两用物品“空腹食之为食物,患者食之为药物”^[30],强调药食两用物品对健康与疾病机体的作用有异。因此,后续有必要深入比较研究铁皮石斛在健康与不同疾病状态下的作用差异,为其深度开发提供指导。

参考文献

- [1] CHEN WH, LU JM, ZHANG JH, *et al.* Traditional uses, phytochemistry, pharmacology, and quality control of *Dendrobium officinale* Kimura et Migo [J]. *Frontiers in Pharmacology*, 2021, 12: 726528.
- [2] XU XY, ZHANG C, WANG N, *et al.* Bioactivities and mechanism of actions of *Dendrobium officinale*: A comprehensive review [J]. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2022, 2: 6293355.
- [3] 中华人民共和国药典委员会. 中华人民共和国药典一部[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2020.
Chinese Pharmacopoeia Commission. Pharmacopoeia of the People's Republic of China (No.1) [M]. Beijing: China Medical Science and Technology Press, 2020.
- [4] 郝近大. 中医临床常用鲜药及其功效[J]. 首都医药, 2013, 20(9): 47-49.
HAO JD. Commonly used fresh medicinal materials and their efficacy in clinical traditional Chinese medicine [J]. *Capital Medicine*, 2013, 20(9): 47-49.
- [5] MERRA G, NOCE A, MARRONE G, *et al.* Influence of mediterranean diet on human gut microbiota [J]. *Nutrients*, 2020, 13(1): 7.
- [6] ILLIANO P, BRAMBILLA R, PAROLINI C. The mutual interplay of gut microbiota, diet and human disease [J]. *FEBS Journal*, 2020, 287(5): 833-855.
- [7] ZUO WF, PANG Q, YAO LP, *et al.* Gut microbiota: A magical multifunctional target regulated by medicine food homology species [J]. *Journal of Advanced Research*, 2023, 52: 151-170.
- [8] 余凌英, 李星, 蔡平君, 等. 干姜和炮姜对脾胃虚寒型胃溃疡大鼠药理学指标及肠道菌群的影响[J]. 中国药房, 2022, 33(20): 2460-2465.
YU LY, LI X, CAI PJ, *et al.* Effects of *Zingiber officinale* and processed *Zingiber officinale* on pharmacodynamic indexes and intestinal flora on gastric ulcer rats with spleen-stomach deficiency and cold type [J]. *China Pharmacy*, 2022, 33(20): 2460-2465.
- [9] 谢果珍, 唐圆, 宁晓妹, 等. 铁皮石斛多糖对正常小鼠肠道菌群的影响[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2021, 47(4): 2460-2465.
XIE GZ, TANG Y, NING XM, *et al.* Effects of *Dendrobium officinale* polysaccharides on gut microbiota of mice [J]. *Journal of Hunan Agricultural University (Natural Sciences)*, 2021, 47(4): 2460-2465.
- [10] DANIEL N, LÉCUYER E, CHASSAING B. Host/microbiota interactions in health and diseases-Time for mucosal microbiology [J]. *Mucosal Immunology*, 2021, 14(5): 1006-1016.
- [11] JUGE N. Relationship between mucosa-associated gut microbiota and human diseases [J]. *Biochemical Society Transactions*, 2022, 50(5): 1225-1236.
- [12] WANG J, ZHU N, SU X, *et al.* Gut-microbiota-derived metabolites maintain gut and systemic immune homeostasis [J]. *Cells*, 2023, 12(5): 793.
- [13] FUSCO W, LORENZO MB, CINTONI M, *et al.* Short-chain fatty-acid-producing bacteria: Key components of the human gut microbiota [J]. *Nutrients*, 2023, 15(9): 2211.
- [14] CHEN GX, RAN X, LI B, *et al.* Sodium butyrate inhibits inflammation and maintains epithelium barrier integrity in a TNBS-induced inflammatory bowel disease mice model [J]. *EBioMedicine*, 2018, 30: 317-325.
- [15] LIANG LP, LIU L, ZHOU WY, *et al.* Gut microbiota-derived butyrate regulates gut mucus barrier repair by activating the macrophage/WNT/ERK signaling pathway [J]. *Clinical Science*, 2022, 136(4): 291-307.
- [16] HERNÁNDEZ MAG, CANFORA EE, JOCKEN JWE, *et al.* The short-chain fatty acid acetate in body weight control and insulin sensitivity [J]. *Nutrients*, 2019, 11(8): 1943.
- [17] YOSHIDA H, ISHII M, AKAGAWA M. Propionate suppresses hepatic gluconeogenesis via GPR43/AMPK signaling pathway [J]. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 2019, 672: 108057.
- [18] 李彩霞, 苗晋鑫, 余喻先, 等. 鲜药的功效特点及干燥对鲜药物质基础的影响[J]. 中华中医药杂志, 2022, 37(11): 6652-6656.

- LI CX, MIAO JX, YU YX, *et al.* Efficacy characteristics of fresh medicine and the effects of drying on the material basis of fresh medicine [J]. *China Journal of Traditional Chinese Medicine and Pharmacy*, 2022, 37(11): 6652–6656.
- [19] 陈莉萍, 余杰, 陈玲琳, 等. 鲜与干马齿苋药材品质及抗菌作用对比研究[J]. *西华大学学报(自然科学版)*, 2016, 35(6): 89–91.
- CHEN LP, YU J, CHEN LL, *et al.* Content difference of quality and the effect of antibacterial in fresh and dried *Portulacac herba* [J]. *Journal of Xihua University (Natural Science Edition)*, 2016, 35(6): 89–91.
- [20] GU JF, ZHENG ZY, YUAN JR, *et al.* Comparison on hypoglycemic and antioxidant activities of the fresh and dried *Portulaca oleracea* L. in insulin-resistant HepG2 cells and streptozotocin-induced C57BL/6J diabetic mice [J]. *J Ethnopharmacol*, 2015, 161: 214–223.
- [21] 张雨婷. 鲜、干铁皮石斛多糖成分及抗氧化活性的差异研究[D]. 合肥: 安徽中医药大学, 2017.
- ZHANG YT. Study on the differences of polysaccharide components and antioxidant activities in fresh and dry *Dendrobium officinale* Kimura et Migo [D]. Hefei: Anhui University of Chinese Medicine, 2017.
- [22] 陈志琳, 赵颖, 李玮, 等. 基于 UPLC-MS 技术分析铁皮石斛炮制前后糖类成分差异[J]. *中草药*, 2023, 54(13): 4321–4328.
- CHEN ZL, ZHAO Y, LI W, *et al.* UPLC-MS metabonomics technology revealing difference of carbohydrate in *Dendrobium officinale* under different processing methods [J]. *Chinese Traditional and Herbal Drugs*, 2023, 54(13): 4321–4328.
- [23] 辛明, 张娥珍, 李楠, 等. 不同干燥工艺对铁皮石斛多糖及石斛碱的影响[J]. *南方农业学报*, 2013, 44(8): 1347–1350.
- XIN M, ZHANG EZ, LI N, *et al.* Effects of different drying methods on polysaccharides and dendrobine from *Dendrobium candidum* [J]. *Journal of Southern Agriculture*, 2013, 44(8): 1347–1350.
- [24] 黄爱红, 谭小竹, 刘海霞, 等. 鲜、干铁皮石斛营养及功效成分的含量差异研究[J]. *食品安全质量检测学报*, 2024, 15(7): 298–304.
- HUANG AIH, TAN XZ, LIU HX, *et al.* Differences of nutritional and functional component content between fresh and dried *Dendrobium officinale* [J]. *Journal of Food Safety & Quality*, 2024, 15(7): 298–304.
- [25] LIANG AQ, LEONARD W, BEASLEY JT, *et al.* Anthocyanins-gut microbiota-health axis: A review [J]. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2024, 64(21): 7563–7588.
- [26] BLESSO CN. Dietary anthocyanins and human health [J]. *Nutrients*, 2019, 11(9): 2107.
- [27] ZHU SS, ZHAO YW, LIU LD, *et al.* High plant protein diet ameliorated hepatic lipid accumulation through the modulation of gut microbiota [J]. *Molecular Nutrition & Food Research*, 2023, 67(24): e2300515.
- [28] WAN MLY, CO VA, EI-NEZAMI H, *et al.* Dietary polyphenol impact on gut health and microbiota [J]. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2021, 61(4): 690–711.
- [29] DRISSI F, RAOULT D, MERHEJ V. Metabolic role of *Lactobacilli* in weight modification in humans and animals [J]. *Microbial Pathogenesis*, 2017, 106: 182–194.
- [30] 杨上善. 黄帝内经太素[M]. 北京: 中医古籍出版社, 2016.
- YANG SS. *Huangdi Neijing Taisu* [M]. Beijing: Ancient Chinese Medical Book Press, 2016.

(责任编辑: 于梦娇 安香玉)