DOI:10.12441/spyswjs.20241014002 [文章编号] 1673-1689(2025)01-0107-08

天麻与益生菌复配对大鼠消化功能的促进作用

吴机伶[1,2] 郑泽江[1] 金国策[1] 孙 莲[1,2] 左一帆[1] 尉小琴[1] 李 啸[3] 谈亚丽[3]
黄 蓉[3] 陈剑锋[1*] 邹 坤[1]

(1. 三峡大学天然产物研究与利用湖北省重点实验室,湖北 宜昌 443002; 2. 三峡大学健康医学院,湖北 宜昌 443002; 3. 安琪生物科技有限公司,湖北 宜昌 443003)

摘要:【目的】探讨天麻与益生菌复配对大鼠消化功能的影响及其对肠道菌群的作用。**【方法】**选用SD大鼠,首先探究天麻提取物对大鼠消化功能的影响,测定提取物中总多酚和总多糖的质量分数,并将提取物与益生菌复配,灌胃30 d后,测定大鼠的体质量、摄食量、食物利用率、胃蛋白酶活性、胃泌素(GAS)和生长抑素(SS)的质量浓度等,并用16S rRNA检测肠道菌群结构。**【结果】**复配组大鼠的体质量、摄食量、胃蛋白酶活性、胃蛋白酶排出量、GAS质量浓度相对于空白组均显著增加(P<0.05),SS质量浓度显著降低(P<0.05),且天麻与益生菌复配能调整大鼠肠道菌群结构,增加Lactobacillaceae、Ruminococcaceae、Lachnospiraceae等有益菌的相对丰度。**【结论】**天麻与益生菌复配对促进大鼠消化功能有积极作用,具有一定的开发价值。

关键词:天麻;益生菌;消化功能;胃泌素;生长抑素;肠道菌群

Improving Effect of Co-administration of *Gastrodia elata* and Probiotics on the Digestive Function in Rats

WU Jiling[1,2] *ZHENG Zejiang*[1] *JIN Guoce*[1] *SUN Lian*[1,2] *ZUO Yifan*[1] *YU Xiaoqin*[1]
LI Xiao[3] *TAN Yali*[3] *HUANG Rong*[3] *CHEN Jianfeng*[1*] *ZOU Kun*[1]

(1. Hubei Key Laboratory of Natural Products Research and Development, China Three Gorges University, Yichang 443002, China; 2. College of Medicine and Health Sciences, China Three Gorges University, Yichang 443002, China; 3. Angel Biotechnology Co., Ltd., Yichang 443003, China)

Abstract: [**Objective**] To investigate the effects of co-administration of *Gastrodia elata* (*G. elata*) and probiotics on the digestive function and intestinal microbiota in rats. [**Method**] SD rats were utilized to explore the effects of *G. elata* extract on the digestive function, and the mass fractions of total phenols and polysaccharides in the extract were determined. The extract was then combined with probiotics for gavage in rats. After 30 d of gavage, the body weight, food intake, food utilization rate, pepsin activity, and mass concentrations of gastrin (GAS) and somatostatin (SS) were measured. The intestinal microbiota structure was analyzed by 16S rRNA sequencing. [**Result**] The co-administration group showed increases in body weight, food intake, pepsin activity, pepsin excretion, and GAS level compared with the control group (P<0.05), with a decrease in SS level (P<0.05). Additionally, the co-administration of *G. elata* and probiotics adjusted the intestinal microbiota structure by increasing the relative abundance of beneficial bacteria such as Lactobacillaceae, Ruminococcaceae, and Lachnospiraceae. [**Conclusion**] The co-administration of *G. elata* and probiotics positively affects the digestive function in rats and holds the potential for development.

基金项目:国家自然科学基金青年基金项目(82204237);湖北省自然科学基金项目(2022CFB827)。
通信作者:陈剑锋(1979—),男,博士,副教授,硕士研究生导师,主要从事中药药理学研究。E-mail:chenjianfeng@ctgu.edu.cn
收稿日期:2024-10-14 **修回日期:**2024-12-21

Keywords: *Gastrodia elata*; probiotics; digestive function; gastrin; somatostatin; intestinal microbiota

近年来，因饮食失宜导致消化功能紊乱的亚健康人群数量显著上升[1-2]。其中，功能性消化不良（functional dyspepsia，FD）作为消化系统中常见的慢性疾病，其主要症状有上腹部疼痛、餐后饱胀等，全球 FD 的发病率为 10%~30%[3]。目前，治疗 FD 的常规药物包括胃动力促进剂如莫沙必利和多潘立酮[4]，这些药物虽然能够迅速缓解消化不良引起的肠胃不适，但长期服用通常伴随头晕、嗜睡、神经过敏等诸多副作用[5]，也无法从根本上解决问题，停药后复发概率较大。随着公众健康意识的提高，益生菌和药食同源物质因在调节胃肠道功能方面的潜在益处而受到了关注[6-8]，不仅安全性得到认可，且能从根本上改善问题，具有良好的市场应用前景。

植物乳植杆菌（*Lactiplantibacillus plantarum*）在中华人民共和国卫生部公告（2008 年第 20 号）中认定为新资源食品，是一种公认的益生菌，具有调节肠道菌群平衡、抑制有害菌生长、调节免疫等作用[9-11]，现已广泛用于调节肠道微生态平衡和辅助治疗多种消化系统疾病[12-14]。另外，植物乳植杆菌与中药材等联合使用发挥协同作用的研究也有很多报道[15-17]。天麻是兰科植物天麻 *Gastrodia elata* Bl. 的干燥块茎，其味甘、性平，具有息风止痉、平抑肝阳之功效，在我国民间有着悠久的食用历史[18]。天麻分布广泛、药用价值高，种植面积也逐年扩大，在不少地区已成为当地乡村振兴的主产业之一。2023 年国家卫生健康委员会、市场监督管理总局联合发布《关于党参等 9 种新增按照传统既是食品又是中药材的物质公告》（2023 年第 9 号），正式将天麻纳入食药物质目录，之后天麻也逐渐应用于保健品、食品等领域[19]。卫自等[20]研究表明，天麻对胃黏膜有一定保护作用，可以改善受损的胃腺并增强胃酸分泌。因此，作者以植物乳植杆菌和天麻为研究对象，探究天麻对大鼠消化功能的影响及其与益生菌联用的协同作用，为扩展天麻的应用以及开发安全有效的促消化食品提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验动物

SPF 级雄性 SD 大鼠：体质量 125~145 g（体质量差异不超过平均值的 10%），三峡大学实验动物中心提供，动物质量合格证序号 42010200009696，试验动物使用许可证号 SYXK（鄂）2022-0061。饲养条件：SPF 级动物房，温度（22±1）℃，相对湿度（55±15）%，12 h/12 h 明暗循环，标准饲料喂养，自由饮水，适应性喂养 1 周后进行试验。

1.2 材料

天麻饮片：产地湖北宜昌五峰，中国（亳州）中药材交易中心市场；植物乳植杆菌 Ali. Plateau. LP.VIII：安琪生物科技有限公司；健胃消食片：江中药业股份有限公司；大鼠 GAS 的 ELSA 科研试剂盒、大鼠 SS 的 ELSA 科研试剂盒：江苏酶免实业有限公司；紫外可见分光光度计：UV-1900i 型，岛津仪器（苏州）有限公司。

1.3 天麻水提取物和醇提取物的制备

取天麻饮片 600 g，粉碎过 5 号筛（筛网直径为 0.18 mm），分别以纯水和体积分数 95% 乙醇为提取溶剂，料液比均为 1 kg∶10 L，加热回流 2 h，提取 2 次，过滤合并滤液，减压浓缩得到浸膏，经冷冻干燥后分别得到天麻水提取物和醇提取物。

1.4 天麻提取物总多酚和总多糖质量分数的测定

取没食子酸工作溶液，采用 Folin-Ciocalteu 比色法，在 760 nm 处测定吸光度，得到回归方程为 y_1=44.959x_1+0.024 2，R^2=0.998 3。采用同样的方法测定并计算天麻水提取物和醇提取物中总多酚的质量分数。取无水葡萄糖工作溶液，采用硫酸-蒽酮比色法，在 625 nm 处测定吸光度，得到回归方程为 y_2=7.443 8x_2+0.003，R^2=0.998 3。采用同样的方法测定并计算天麻水提取物和醇提取物中总多糖的质量分数。

1.5 天麻提取物促进大鼠消化功能的试验设计

80 只雄性 SD 大鼠随机均分为 8 组，分别为：空白组；阳性药物组（健胃消食片，0.64 g/kg）；天麻水提取物高、中、低剂量组（1.50、0.75、0.15 g/kg）；天麻醇提取物高、中、低剂量组（0.63、0.32、0.06 g/kg）。空白组灌胃生理盐水 30 d。

1.6 天麻水提取物和益生菌复配促进大鼠消化功能的试验设计

50 只雄性 SD 大鼠，体质量 125~145 g（体质量

差异不超过平均值的10%），随机均分为5组，分别为：空白组；阳性药物组（健胃消食片，0.64 g/kg）；天麻水提取物组（0.75 g/kg）；益生菌组（9 mg/kg）；复配组（0.75 g/kg天麻水提物+9 mg/kg益生菌）。益生菌产品规格为1×10^{11} CFU/g，其人体推荐用量为1×10^{10} CFU/g，按体表面积换算成大鼠的灌胃剂量为9 mg/kg。空白组灌胃生理盐水30 d。

1.7　大鼠体质量变化、摄食量和食物利用率的测定

每周对各组大鼠的体质量和摄食量进行记录，并按照式（1）计算食物利用率。

$$P=\frac{m_1}{m_2}\times100\% \quad (1)$$

式中：

P——食物利用率，%；

m_1——与第0天体质量相比，大鼠的体质量增量，g；

m_2——大鼠的摄食量，g。

1.8　胃蛋白酶活性及排出量的测定

按照《保健食品功能检验与评价方法（2022年版）》推荐的试验方法进行，大鼠麻醉后收集4 h内排出的胃液。以胃液对新鲜蛋白管的消化能力评价胃蛋白酶活性和胃蛋白酶排出量，按式（2）~（3）计算。

$$U=L^2\times16 \quad (2)$$

式中：

U——胃蛋白酶活性，U/mL；

L——蛋白管四端透明长度均值，mm。

$$V_1=U\times V_2 \quad (3)$$

式中：

V_1——胃蛋白酶排出量，U/h；

U——胃蛋白酶活性，U/mL；

V_2——每小时胃液量，mL/h。

1.9　大鼠血清中GAS、SS质量浓度的测定

试验结束时对大鼠腹主动脉取血，分离血清，使用ELISA试剂盒检测大鼠血清中GAS、SS的质量浓度。

1.10　肠道菌群分析

试验结束时收集大鼠结肠内容物置于灭菌离心管中，立刻放入-80 ℃冰箱保存，样本由上海美吉生物医药科技有限公司进行相关测序分析。

1.11　数据处理与分析

数据以平均值±标准差表示，使用GraphPad Prism软件处理数据和绘图，组间比较采用方差分析，$P<0.05$表示差异显著。

2　结果与讨论

2.1　天麻提取物中总多酚和总多糖质量分数的变化

分别以纯水和体积分数95%乙醇为溶剂提取天麻，冷冻干燥后得到供试品，分别测定供试品中总多酚和总多糖的质量分数，结果见图1。天麻水提取物中总多酚、总多糖的质量分数分别为1.99%、19.90%，天麻醇提取物中总多酚、总多糖的质量分数分别为1.57%、14.05%，两者总多酚的质量分数相差不大，而天麻水提取物中总多糖的质量分数高于醇提取物。季晓晖[21]通过分析多种天麻的水溶性和醇溶性浸出物发现，水溶性成分的质量分数远高于醇溶性成分。陈琛等[22]测得天麻水提取物中的总多糖质量分数为38.24%，可见不同提取方法会导致有效成分质量分数产生差异。

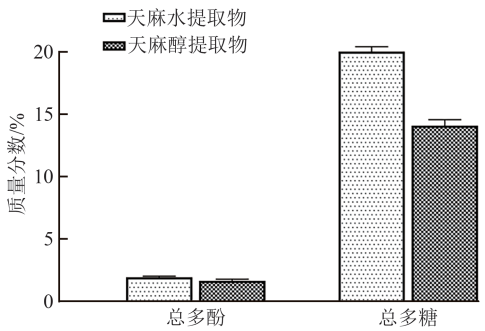
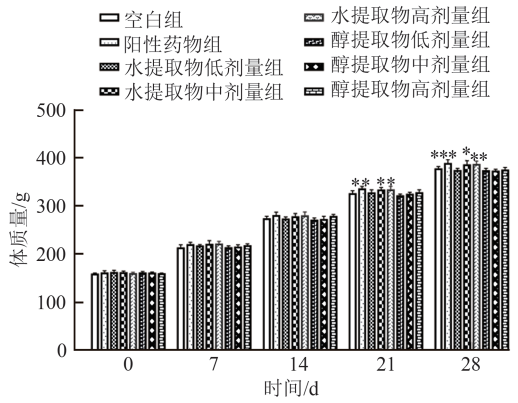


图1　天麻提取物中总多酚和总多糖质量分数

Fig. 1　Mass fractions of total polyphenols and total polysaccharides in *G. elata* extract

2.2　天麻提取物对大鼠体质量、摄食量和食物利用率的影响

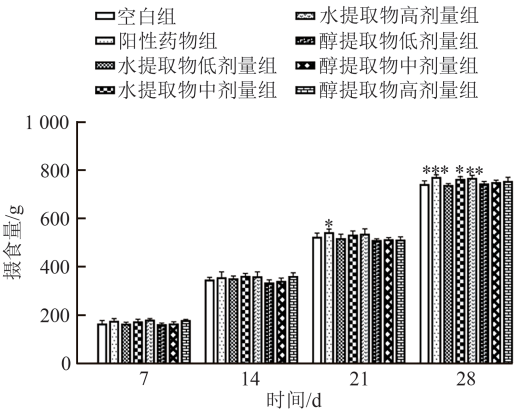
消化不良易导致食欲不振、体质量下降[23]；而消化功能越好则摄食量越多。如图2~4所示，与空白组相比，天麻水提取物中、高剂量组大鼠的体质量、摄食量在第28天时均显著增加（$P<0.05$），其中天麻水提取物中剂量组的体质量、摄食量分别增加了2.20%、2.83%，天麻水提取物高剂量组的体质量、摄食量分别增加了2.40%、3.39%。而醇提取物对应的各剂量组未见明显变化。另外，天麻水提取物和醇提取物均不影响大鼠的食物利用率。



*—与空白组相比差异显著(P<0.05);
**—与空白组相比差异极显著(P<0.01);
***—与空白组相比差异极其显著(P<0.001)。

图 2 天麻提取物对大鼠体质量的影响

Fig. 2 Effects of *G. elata* extract on the body weight of rats



*—与空白组相比差异显著(P<0.05);
***—与空白组相比差异极其显著(P<0.001)。

图 3 天麻提取物对大鼠摄食量的影响

Fig. 3 Effects of *G. elata* extract on the food intake of rats

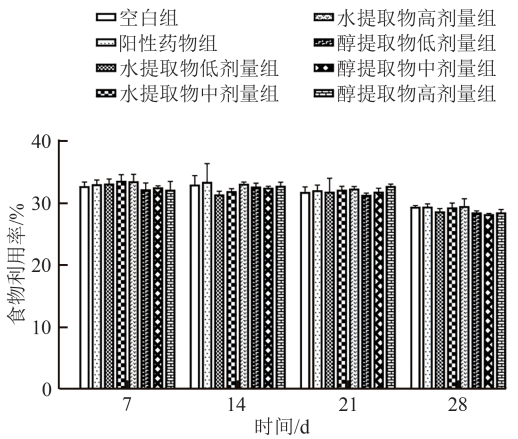


图 4 天麻提取物对大鼠食物利用率的影响

Fig. 4 Effects of *G. elata* extract on the food utilization rate of rats

2.3 天麻提取物对大鼠胃蛋白酶活性及排出量的影响

消化酶活性是评价消化系统功能的主要指标之一[24]。如表 1 所示，与空白组相比，天麻水提取物中、高剂量组大鼠的胃蛋白酶活性、胃蛋白酶排出量均显著提高，天麻水提取物中剂量组的胃蛋白酶活性、胃蛋白酶排出量分别提高了 13.02%、26.35%，天麻水提取物高剂量组的胃蛋白酶活性、胃蛋白酶排出量分别提高了 13.93%、23.99%，但每小时胃液量无显著变化。而天麻醇提取物各剂量组大鼠的每小时胃液量、胃蛋白酶活性、胃蛋白酶排出量均未见明显变化。

表 1 天麻提取物对大鼠胃蛋白酶活性及排出量的影响

Table 1 Effects of *G. elata* extract on the pepsin activity and output in rats

组别	每小时胃液量/（mL/h）	胃蛋白酶活性/（U/mL）	胃蛋白酶排出量/（U/h）
空白组	0.98±0.02	287.77±21.37	280.20±32.48
阳性药物组	1.02±0.03	328.65±14.78***	336.16±24.34
天麻水提取物低剂量组	1.00±0.13	324.79±18.00**	322.99±29.39
天麻水提取物中剂量组	1.11±0.10	325.23±9.86**	354.04±41.93**
天麻水提取物高剂量组	1.07±0.02	327.85±15.34**	347.42±37.40*
天麻醇提取物低剂量组	0.94±0.10	279.86±17.56	258.13±43.93
天麻醇提取物中剂量组	0.96±0.10	281.09±18.97	271.81±40.60
天麻醇提取物高剂量组	0.98±0.01	285.21±17.03	277.08±46.99

注：“*”表示与空白组差异显著（P<0.05）；“**”表示与空白组差异极显著（P<0.01）；“***”表示与空白组差异极其显著（P<0.001）。

2.4 天麻提取物对大鼠 GAS 及 SS 质量浓度的影响

胃酸分泌可以促进蛋白质的消化，胃酸分泌的主要调节剂是 GAS 和 SS[25]。GAS 是一种促进性胃肠激素，其作用包括促进胃肠道蠕动、增加胃酸和胃蛋白酶的分泌，同时还能刺激食欲并加快胃内容物的排空，对胃肠道黏膜具有保护作用[26]。SS 存在于胃幽门和氧化黏膜细胞中，其主要作用是抑制胃酸分泌、抑制胃蛋白酶和 GAS 释放，进而抑制胃肠蠕动，引起胃排空障碍[27]。如表 2 所示，与空白组相比，天麻水提取物中、高剂量组大鼠的 GAS 质量浓度显著上升（P<0.05），分别提高了 6.25%、6.36%，但 SS 的质量浓度无显著变化。天麻醇提取物各剂量组大鼠的 GAS 及 SS 质量浓度均未见明显变化。

表2　天麻提取物对大鼠GAS、SS质量浓度的影响

Table 2　Effects of *G. elata* extract on the mass concentrations of GAS and SS in rats

组别	GAS质量浓度/（pg/mL）	SS质量浓度/（pg/mL）
空白组	333.10±8.53	124.62±6.25
阳性药物组	363.33±4.93**	107.63±4.11*
天麻水提取物低剂量组	350.50±8.36	111.83±7.14
天麻水提取物中剂量组	353.93±8.75*	115.38±10.18
天麻水提取物高剂量组	354.27±7.13*	115.63±7.57
天麻醇提取物低剂量组	346.33±10.02	127.67±10.50
天麻醇提取物中剂量组	348.00±9.85	122.46±2.15
天麻醇提取物高剂量组	349.67±7.77	125.50±4.13

注：“*”表示与空白组差异显著（$P<0.05$）；“**”表示与空白组差异极显著（$P<0.01$）。

2.5　天麻水提取物和益生菌复配对大鼠体质量、摄食量和食物利用率的影响

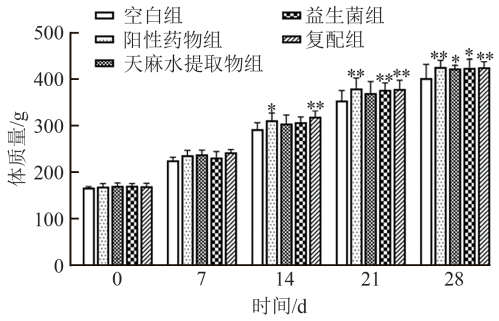
与天麻醇提取物相比，其水提取物对大鼠胃肠道消化功能的促进作用更显著。多项研究证实植物多糖可以调节菌群结构，具有促进肠道健康的生物活性[28]。如张竞男等[29]研究发现黄芪多糖可通过调节肠道菌群在一定程度上治疗高脂饮食引起的慢性肠道炎症。张馨方等[30]提取了食药用真菌红汁乳菇中的多糖并确定了其纯化单糖组成，发现其多糖成分可调节肠道菌群并维持体内菌群平衡。天麻水提取物中总多糖的质量分数较高，具有促进消化的作用。因此，选用0.75 g/kg天麻水提取物与益生菌复配，观察其对大鼠消化功能的影响。如图5~7所示，与空白组相比，给药后的第28天，复配组大鼠体质量、摄食量均极显著增加（$P<0.01$），分别增加了5.78%、6.44%，与天麻水提取物组（分别增加了5.12%、4.01%）和益生菌组（分别增加了5.45%、2.95%）相比，两者复配的效果更明显。

2.6　天麻水提取物和益生菌复配对大鼠胃蛋白酶活性及排出量的影响

如表3所示，与空白组相比，复配组大鼠的胃蛋白酶活性、胃蛋白酶排出量均显著增加，分别增加了36.56%、46.64%。与单用天麻水提取物和益生菌相比，两者复配对大鼠的胃蛋白酶活性、胃蛋白酶排出量的增加效果更明显。

2.7　天麻水提取物和益生菌复配对大鼠GAS及SS质量浓度的影响

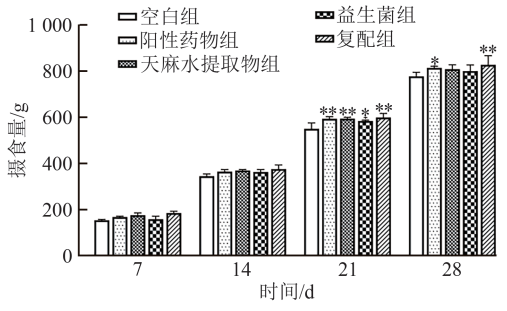
如表4所示，与空白组相比，复配组大鼠的GAS质量浓度增加了8.80%，与单用天麻水提取物



*—与空白组相比差异显著（$P<0.05$）；
**—与空白组相比差异极显著（$P<0.01$）。

图5　天麻水提取物和益生菌复配对大鼠体质量的影响

Fig. 5　Effects of co-administration of *G. elata* water extract and probiotics on the body weight of rats



*—与空白组相比差异显著（$P<0.05$）；
**—与空白组相比差异极显著（$P<0.01$）。

图6　天麻水提取物和益生菌复配对大鼠摄食量的影响

Fig. 6　Effects of co-administration of *G. elata* water extract and probiotics on the food intake of rats

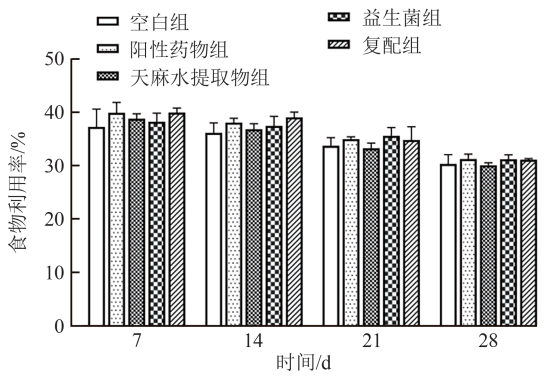


图7　天麻水提取物和益生菌复配对大鼠食物利用率的影响

Fig. 7　Effects of co-administration of *G. elata* water extract and probiotics on the food utilization rate of rats

（增加了5.18%）和益生菌（增加了6.48%）相比，两者复配更能促进GAS的分泌。另外，与空白组相比，复配组大鼠的SS质量浓度下降了20.11%，与单用天麻水提取物（下降了8.54%）和益生菌（下降了18.05%）相比，两者复配能更好地抑制SS分泌。

表 3　天麻水提取物和益生菌复配对大鼠胃蛋白酶活性及排出量的影响

Table 3　Effects of co-administration of *G. elata* water extract and probiotics on the pepsin activity and output in rats

组别	每小时胃液量/（mL/h）	胃蛋白酶活性/（U/mL）	胃蛋白酶排出量/（U/h）
空白组	1.09±0.14	287.35±47.45	313.32±34.47
阳性药物组	1.17±0.15	366.65±46.47*	423.64±26.01*
天麻水提取物组	1.01±0.10	370.11±18.23*	376.30±43.07
益生菌组	1.05±0.10	389.78±21.07**	411.82±52.47*
复配组	1.16±0.24	392.40±20.70***	459.44±81.73**

注：“*”表示与空白组相比差异显著（$P<0.05$）；“**”表示与空白组相比差异极显著（$P<0.01$）；“***”表示与空白组相比差异极其显著（$P<0.001$）。

表 4　天麻水提取物和益生菌对大鼠 GAS、SS 质量浓度的影响

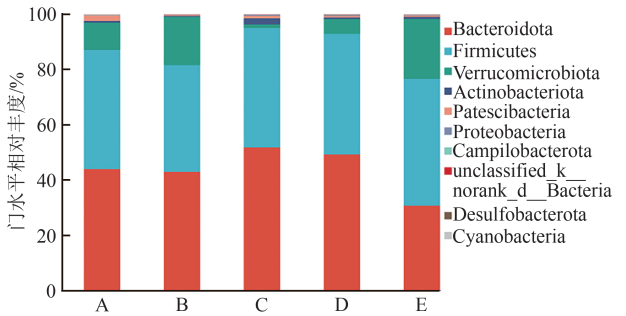
Table 4　Effects of co-administration of *G. elata* water extract and probiotics on the mass concentrations of GAS and SS in rats

组别	GAS 质量浓度/（pg/mL）	SS 质量浓度/（pg/mL）
空白组	337.10±6.78	122.67±11.01
阳性药物组	371.68±6.55***	102.33±9.81*
天麻水提取物组	354.55±5.50*	112.20±3.62
益生菌组	358.93±9.15**	100.53±7.66*
复配组	366.78±11.90***	98.00±7.37*

注：“*”表示与空白组差异显著（$P<0.05$）；“**”表示与空白组差异极显著（$P<0.01$）；“***”与空白组差异极其显著（$P<0.001$）。

2.8　大鼠肠道的微生物群落结构分析

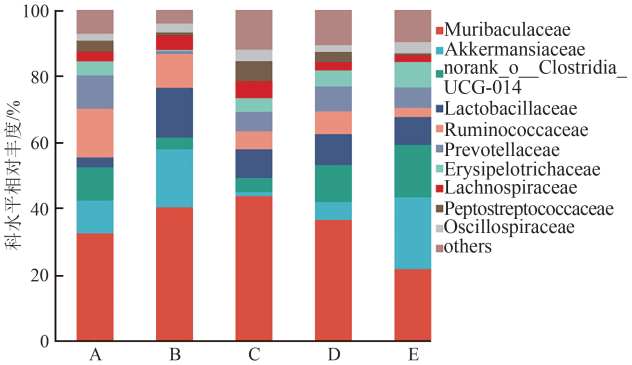
分别在门水平和科水平上对大鼠肠道的微生物群落结构进行分析，见图 8~9。在门水平上，相对丰度较高的菌群依次为 Bacteroidota（拟杆菌门）、Firmicutes（厚壁菌门）、Verrucomicrobiota（疣微菌门）等。其中 Bacteroidta 与 Firmicutes 具有绝对优势。目前认为 Bacteroidta 相对丰度的下降与 Firmicutes 相对丰度的上升是肥胖发生的标志之一，两者比值 F/B 是评价肠道微生物的重要指标之一[31]。益生菌组、天麻水提取物组、复配组的 F/B 与空白组相比均下降，这与华中一等[32]的结果相同，说明益生菌、天麻水提取物以及两者复配均有助于调节大鼠肠道菌群，且复配组调节肠道菌群结构的效果更明显。在科水平上，Bacteroidetes 中的 Muribaculaceae（鼠肠菌科）相对丰度较高，与空白组相比，复配组中 Muribaculaceae（鼠肠菌科）、Lactobacillaceae（乳杆菌科）、Ruminococcaceae（瘤胃菌科）、Lachnospiraceae（毛螺菌科）等菌群的相对丰度增加。研究指出，Muribaculaceae 能够减轻炎症、抑制有害细菌生长[33]。Lachnospiraceae 能够有效地发酵多种复杂的多糖（如果胶、木聚糖和甘露聚糖），将其转化为短链脂肪酸，如乙酸、丙酸和丁酸，其相对丰度的增加和丁酸盐浓度的升高可能有助于改善肠道屏障、减少过敏反应和预防结肠损伤[34]。蔡志阳等[35]通过总结瘤胃球菌与结/直肠癌的关系，推断出瘤胃球菌在肠道内有促进有益菌生长、促进丁酸盐生成、减少肠道内毒素等作用。研究表明 Lactobacillaceae 在肠道中具有调节微生物群落、增强肠道屏障、调节免疫、促进短链脂肪酸吸收等作用[36-37]。总的来说，复配组的肠道菌群结构跟空白组存在差异，且有益菌的相对丰度增加。



A—阳性药物组；B—益生菌组；C—复配组；D—天麻水提取物组；E—空白组。

图 8　各组大鼠肠道菌群在门水平的物种分布

Fig. 8　Distribution of gut microbiota species in each group of rats at the phylum level



A—阳性药物组；B—益生菌组；C—复配组；D—天麻水提取物组；E—空白组。

图 9　各组大鼠肠道菌群在科水平的物种分布

Fig. 9　Distribution of gut microbiota species in each group of rats at the family level

3　结论

天麻水提取物与益生菌复配后，大鼠的体质

量、摄食量均显著增加，说明两者复配后能在一定程度上促进大鼠的消化功能。两者复配后大鼠胃蛋白酶的活性和GAS质量浓度均显著增加，SS质量浓度减少。这些结果表明，天麻水提取物与益生菌复配后可通过调节胃肠激素的分泌来促进胃肠蠕动。通过分析大鼠肠道菌群物种分布可以看出，天麻水提取物与益生菌复配后对肠道菌群结构有一定的调节作用，进而有助于促进大鼠的消化功能。综上，植物乳植杆菌与天麻水提取物的联合使用能够显著改善大鼠的消化功能。作为药食同源物质的组合，在开发新型营养健康食品方面展现出良好的应用潜力，但两者联合后对消化功能产生影响的具体机制尚不明确，仍需进一步深入研究。

参考文献

[1] 张声生，钦丹萍，周强，等. 消化系统常见病功能性消化不良中医诊疗指南（基层医生版）[J]. 中华中医药杂志，2019，34（8）：3619-3625.
ZHANG S S，QIN D P，ZHOU Q，et al. Clinical practice guideline of TCM for common digestive system diseases：functional dyspepsia（edition for primary physician）[J]. China Journal of Traditional Chinese Medicine and Pharmacy，2019，34（8）：3619-3625.（in Chinese）

[2] 刘梦雅，成映霞，白敏，等. 香砂六君子汤调控RhoA/ROCK2/MYPT1信号通路改善功能性消化不良大鼠胃动力的机制[J]. 中国实验方剂学杂志，2023，29（4）：1-8.
LIU M Y，CHENG Y X，BAI M，et al. Mechanism of Xiangsha Liujunzi Tang in regulation of RhoA/ROCK2/MYPT1 pathway to improve gastric motility in rats with functional dyspepsia [J]. Chinese Journal of Experimental Traditional Medical Formulae，2023，29（4）：1-8.（in Chinese）

[3] WANG X N，FEI Y，LI W J，et al. Patient-reported outcome measures in functional dyspepsia：a systematic review and COSMIN analysis [J]. BMC Gastroenterology，2023，23（1）：316.

[4] TALLEY N J. Functional dyspepsia：advances in diagnosis and therapy[J]. Gut and Liver，2017，11（3）：349-357.

[5] 韦润莲，杨玉芳，李梅. 胃肠动力药的不良反应[J]. 中国医学文摘（内科学），2004（5）：669-671.
WEI R L，YANG Y F，LI M. Adverse reactions of gastrointestinal motility drugs [J]. China Medical Abstracts Section（Internal Medicine），2004（5）：669-671.（in Chinese）

[6] 陈梦，胡浩，管征，等. 余甘子提取物与四种中药提取物复配的促消化效果的研究[J]. 中国食品添加剂，2024，35（2）：9-15.
CHEN M，HU H，GUAN Z，et al. Digestion promoting effects of compounds of *Phyllanthus emblica* L. extract and four traditional Chinese medicine extracts[J]. China Food Additives，2024，35（2）：9-15.（in Chinese）

[7] 王叔桥，张丽宏，刘莉，等. 健胃喜食宝片促进消化功能动物试验研究[J]. 四川医学，2012，33（1）：28-30.
WANG S Q，ZHANG L H，LIU L，et al. Animal test on "Jian Wei Xi Shi Bao Tablets" in facilitating digestive function[J]. Sichuan Medical Journal，2012，33（1）：28-30.（in Chinese）

[8] SHEN X Y，XIE A J，LI Z J，et al. Research progress for probiotics regulating intestinal flora to improve functional dyspepsia：a review[J]. Foods，2024，13（1）：151.

[9] RAJASEKHARAN S K，SHEMESH M. Spatiotemporal bio-shielding of bacteria through consolidated geometrical structuring [J]. NPJ Biofilms and Microbiomes，2022，8（1）：37.

[10] WASSENAAR T M，KLEIN G. Safety aspects and implications of regulation of probiotic bacteria in food and food supplements[J]. Journal of Food Protection，2008，71（8）：1734-1741.

[11] LI Y T，LIU A F，CHEN L X，et al. *Lactobacillus* plantarum WSJ-06 alleviates neurobehavioral injury induced by lead in mice through the gut microbiota[J]. Food and Chemical Toxicology，2022，167：113308.

[12] 熊晶晶，黄永坤. 益生菌在儿童消化系统疾病中应用进展[J]. 中国实用儿科杂志，2024，39（1）：25-28.
XIONG J J，HUANG Y K. Progress in the application of probiotics in the digestive system diseases of children[J]. Chinese Journal of Practical Pediatrics，2024，39（1）：25-28.（in Chinese）

[13] 马新明，项芳琴，翟纯毅，等. 复合乳酸菌改善小鼠肠道菌群功能的研究[J]. 食品与生物技术学报，2024，43（4）：98-105.
MA X M，XIANG F Q，ZHAI C Y，et al. Improvement of intestinal microbiota function in mice by compound lactic acid bacteria [J]. Journal of Food Science and Biotechnology，2024，43（4）：98-105.（in Chinese）

[14] ALJOHANI A，RASHWAN N，VASANI S，et al. The health benefits of probiotic *Lactiplantibacillus plantarum*：a systematic review and meta-analysis[J]. Probiotics and Antimicrobial Proteins，2024.

[15] 王腾，魏朵. 益生菌联合四联疗法对Hp阳性消化性溃疡患者炎症相关因子、免疫功能、胃功能的影响[J]. 临床医学研究与实践，2022，7（30）：37-40，56.
WANG T，WEI D. Effects of probiotics combined with quadruple therapy on inflammatory related factors，immunologic function and gastric function in patients with Hp positive peptic ulcer [J]. Clinical Research and Practice，2022，7（30）：37-40，56.（in Chinese）

[16] LI M，XIAO H，SU Y M，et al. Synergistic inhibitory effect of honey and *Lactobacillus plantarum* on pathogenic bacteria and their promotion of healing in infected wounds[J]. Pathogens，2023，12（3）：501.

[17] GUO X，YAN Z P，WANG J X，et al. Effect of traditional Chinese medicine（TCM）and its fermentation using *Lactobacillus plantarum* on ceftriaxone sodium-induced dysbacteriotic diarrhea in mice[J]. Chinese Medicine，2022，17（1）：20.

[18] 魏富芹，黄蓉，何海艳，等. 天麻的药理作用及应用研究进展[J]. 中国民族民间医药，2021，30(11)：72-76.
WEI F Q，HUANG R，HE H Y，et al. Research progress on pharmacological action and application of *Gastrodia elata* Bl.[J]. Chinese Journal of Ethnomedicine and Ethnopharmacy，2021，30(11)：72-76.(in Chinese)

[19] 邓颖颖，吴伟都，陈妮，等. 含天麻保健食品配方应用规律研究[J]. 饮料工业，2023，26(3)：72-78.
DENG Y Y，WU W D，CHEN N，et al. Study on formula application of *Gastrodia* rhizoma health food [J]. Beverage Industry，2023，26(3)：72-78.(in Chinese)

[20] 卫自，沈业寿，史新强. 天麻糖蛋白对小鼠实验性胃溃疡的保护作用[J]. 中药药理与临床，2007，23(6)：34-35.
WEI Z，SHEN Y S，SHI X Q. The protective effect of *Gastrodia elata* polysaccharide on experimental gastric ulcers in mice[J]. Pharmacology and Clinics of Chinese Materia，2007，23(6)：34-35.(in Chinese)

[21] 季晓晖. 天麻的采收加工及其指纹图谱技术研究[D]. 杨凌：西北农林科技大学，2006.

[22] 陈琛，葡蓓蓓，徐尤美，等. 天麻水提物活性成分分析及其抗氧化活性[J]. 食品工业科技，2019，40(5)：17-22.
CHEN C，LIN B B，XU Y M，et al. Analysis of active components and antioxidant activity of aqueous extract of *Gastrodia elata*[J]. Science and Technology of Food Industry，2019，40(5)：17-22.(in Chinese)

[23] 雷静，熊瑞，张秀，等. 复方山楂水提物与醇提物有效成分及促消化效果的对比研究[J]. 现代食品科技，2019，35(11)：52-59.
LEI J，XIONG R，ZHANG X，et al. Comparative study of active ingredients and digestive promotion effect of water- and ethanol- extract from Fufang Shanzha[J]. Modern Food Science and Technology，2019，35(11)：52-59.(in Chinese)

[24] 王睿，刘丽达，蒋中仁，等. 健中消食片促进消化功能动物试验研究[J]. 预防医学情报杂志，2014，30(6)：436-438.
WANG R，LIU L D，JIANG Z R，et al. Effect of Jianzhong indigestion tablets in improving animal digestive function[J]. Journal of Preventive Medicine Information，2014，30(6)：436-438.(in Chinese)

[25] SCHUBERT M L，REHFELD J F. Gastric peptides-gastrin and somatostatin[J]. Comprehensive Physiology，2019，10(1)：197-228.

[26] TOMINAGA K，TSUMOTO C，ATAKA S，et al. Regional brain disorders of serotonin neurotransmission are associated with functional dyspepsia [J]. Life Sciences，2015，137：150-157.

[27] CHOI Y J，KIM N，YOON H，et al. Increase in plasma acyl ghrelin levels is associated with abatement of dyspepsia following *Helicobacter pylori* eradication[J]. Journal of Gastroenterology，2016，51(6)：548-559.

[28] SONG Q Q，WANG Y K，HUANG L X，et al. Review of the relationships among polysaccharides，gut microbiota，and human health [J]. Food Research International，2021，140：109858.

[29] 张竞男，苑红，马春丽，等. 黄芪多糖通过调节肠道菌群抑制高脂饮食小鼠肠道炎症反应[J]. 食品与生物技术学报，2022，41(4)：19-24.
ZHANG J N，YUAN H，MA C L，et al. Experimental investigation on inhibitory effect of *Astragalus* polysaccharides on intestinal inflammation in high-fat diet mice by intestinal flora regulation[J]. Journal of Food Science and Biotechnology，2022，41(4)：19-24.(in Chinese)

[30] 张馨方，程孟雅，杨桥，等. 红汁乳菇多糖的结构特征及对肠道菌群的影响[J]. 食品与机械，2022，38(5)：143-148.
ZHANG X F，CHENG M Y，YANG Q，et al. Structural characteristics of polysaccharides from *Lactarius hatsudake* and its effect on intestinal flora[J]. Food & Machinery，2022，38(5)：143-148.(in Chinese)

[31] MAGNE F，GOTTELAND M，GAUTHIER L，et al. The firmicutes/bacteroidetes ratio：a relevant marker of gut dysbiosis in obese patients?[J]. Nutrients，2020，12(5)：1474.

[32] 华中一，李洪梅，孙建辉，等. 鲜天麻提取物对小鼠肠道菌群结构的影响[J]. 中国中药杂志，2019，44(5)：1004-1009.
HUA Z Y，LI H M，SUN J H，et al. Effect of fresh *Gastrodia elata* on gut microbiota in mice[J]. China Journal of Chinese Materia Medica，2019，44(5)：1004-1009.(in Chinese)

[33] SUN E，MENG X Q，KANG Z X，et al. Zengshengping improves lung cancer by regulating the intestinal barrier and intestinal microbiota[J]. Frontiers in Pharmacology，2023，14：1123819.

[34] ZHANG M R，CUI Y Y，LIU P，et al. Oat *β*-(1→3，1→4)-*D*-glucan alleviates food allergy-induced colonic injury in mice by increasing *Lachnospiraceae* abundance and butyrate production[J]. Carbohydrate Polymers，2024，344：122535.

[35] 蔡志阳，金黑鹰，张春霞，等. 瘤胃球菌与结直肠癌的关系及其影响胃肠道的机制探讨[J]. 肿瘤防治研究，2024，51(9)：789-793.
CAI Z Y，JIN H Y，ZHANG C X，et al. Relationship between *Ruminococcus* and colorectal cancer and its anti-cancer mechanism[J]. Cancer Research on Prevention and Treatment，2024，51(9)：789-793.(in Chinese)

[36] WALTER J，O'TOOLE P W. Microbe profile：the *Lactobacillaceae*[J]. Microbiology，2023，169(12)：001414.

[37] 刘梅梅，胡汝倩，郭耀文，等. 罗伊氏乳酸杆菌SL001对AD模型小鼠和C57BL/6小鼠肠道微生物的影响[J]. 生物工程学报，2020，36(9)：1887-1898.
LIU M M，HU R Q，GUO Y W，et al. Influence of *Lactobacillus reuteri* SL001 on intestinal microbiota in AD model mice and C57BL/6 mice[J]. Chinese Journal of Biotechnology，2020，36(9)：1887-1898.(in Chinese)

（责任编辑：史润东东）