

松花粉青梅复合提取液的促消化功能研究

董旭¹, 尹利端², 杜芬³, 刘楚怡^{1,3*}

(1. 中国海洋大学医学院药学院海洋药物教育部重点实验室, 山东青岛 266003; 2. 烟台新时代健康产业有限公司, 山东烟台 264006; 3. 青岛海洋生物医药研究院, 山东青岛 266001)

摘要 [目的]评价松花粉青梅复合提取液对功能性消化不良动物模型的作用。[方法]建立功能性消化不良小鼠的动物模型,并利用该模型考察松花粉青梅复合提取液对消化系统的促进能力。综合评价松花粉青梅复合提取液对动物的食物利用率、小肠运动情况、消化酶分泌情况和胃排空试验的影响。[结果]松花粉青梅复合提取液对体重增重、摄食量和食物利用率都有明显促进作用,且能够增加消化不良模型小鼠的墨汁推进率,增加胃蛋白酶活性和模型小鼠的胃排空率。[结论]松花粉青梅复合提取液能够明显提升小鼠的胃肠运动功能。

关键词 功能性消化不良;松花粉青梅复合提取液;动物模型;墨汁推进率

中图分类号 R 284 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2023)24-0170-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2023.24.038



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Study on Digestion-promoting Function of Compound Extract of Pine Pollen and Greengage

DONG Xu¹, YIN Li-duan², DU Fen³ et al (1. Key Laboratory of Marine Drugs, Ministry of Education, School of Medicine and Pharmacy, Ocean University of China, Qingdao, Shandong 266003; 2. Yantai New Era Health Industry Chemical Co., Ltd., Yantai, Shandong 264006; 3. Marine Biomedical Research Institute of Qingdao, Qingdao, Shandong 266001)

Abstract [Objective] To evaluate the effect of compound extract of pine pollen and greengage on digestive function of animal model. [Method] The animal model of functional dyspepsia in mice was established and used to investigate the promoting effect of compound extract of pine pollen and greengage on digestive system. The effects of pine pollen and greengage compound extract on food utilization, movement of small intestine, secretion of digestive enzymes and gastric emptying in rats were evaluated comprehensively. [Result] The compound extract of pine pollen and greengage had a significant promoting effect on weight gain, food intake and food utilization rate, and could increase the ink propulsion rate of dyspeptic mice, pepsin activity and gastric emptying rate of model mice. [Conclusion] The compound extract of pine pollen and greengage can significantly enhance the gastrointestinal motility of mice.

Key words Functional dyspepsia; Compound extract of pine pollen and greengage; Animal model; Ink propulsive rate

近年来,随着生活节奏的加快、饮食结构的变化,使得当今社会人们消化功能紊乱等疾病的发病率显著上升。消化不良主要表现为由消化功能减弱、内部功能紊乱所引发的胃肠道不适的系统性疾病^[1]。功能性消化不良疾病起源于胃十二指肠区域,表现为上腹部存在不适或慢性和复发性疼痛,是最常见的消化系统综合征^[2-3]。有数据显示,目前门诊疾病中消化内科疾病发病率高达23%^[4-5]。针对这类消化系统疾病,临床上主要使用H₂受体拮抗剂、促胃肠动力药和质子泵抑制剂等合成药^[6],长期治疗副作用大,效果却不理想^[7-8]。从天然药食同源植物中探索副作用小且具有促消化功能的原材料,进行有效配伍,并结合现代制剂技术开发产品,越来越受到人们的关注,具有良好的市场前景和较高的社会价值^[9-10]。

松花粉多糖具有良好的免疫调节^[11]以及降血糖、降血脂功能^[12],也被广泛应用于功能制品中。前期研究发现松花粉也具有一定的促消化作用,并将其与青梅提取物进行最适比例的复配,获得具有良好性状与活性的复配提取物^[13-14]。该研究旨在建立功能性消化不良动物模型,并利用该模型研究松花粉青梅复合提取物对功能性消化不良动物食物利用率、小肠运动情况、消化酶分泌情况和胃排空的影

响,考察其促消化功能。

1 材料与方法

1.1 试验材料 松花粉青梅复合提取液,烟台新时代健康产业有限公司;乙醇、盐酸、柠檬酸、乙醚、淀粉、葡萄糖、羧甲基纤维素钠,北京化学试剂公司;磷酸盐缓冲液(PBS)、胃蛋白酶活性检测试剂盒,索来宝公司;阿托品, Sigma 公司;墨汁,荣宝斋;奶粉,飞鹤集团公司;生理盐水;小鼠(18~22 g)、SD大鼠(120~150 g),济南鹏悦动物繁育公司。

1.2 试验设备 SY21-NI4V 恒温水浴锅,北京长风仪器仪表公司;GL-20B 高速冷冻离心机,上海安亭实验仪器厂;TS-1 涡旋振荡器,其林贝尔仪器制造有限公司;AY220 电子分析天平,日本岛津公司;电热恒温鼓风干燥箱,上海市实验设备厂;pHS-3C 精密 pH 计,上海精密科学仪器有限公司;紫外可见分光光度计,UNICO 公司;96 孔培养板(平底), Gibco 公司。

1.3 试验方法

1.3.1 松花粉青梅复合提取液的制备。将干燥松花粉按料液比 1:25(g:mL)与纯化水混合,经浸提、超声处理后,过滤、浓缩得松花粉提取液;八成新鲜青梅果经清洗、热烫、去核处理后,打浆,离心,过滤,得青梅汁;将松花粉提取液与青梅汁按照 1:1 重量比混合,即得松花粉青梅复合提取液。

1.3.2 松花粉青梅复合提取液对大鼠食物利用率的影响。选用同性别 120~150 g SD 大鼠,每组 8 只,分为阴性对照组、松花粉青梅复合提取液人体推荐剂量 5 倍、10 倍和 20 倍剂量组,经口给予对应受试样品 30 d,每 7 d 测 2 次体重和食物

基金项目 国家自然科学基金项目(51703214);高校共建项目(HYJK1902)。

作者简介 董旭(1998—),男,河北保定人,硕士研究生,研究方向:功能食品的研究开发。*通信作者,高级工程师,博士,从事功能食品的研究开发工作。

收稿日期 2023-02-02

摄入量,计算体重增重、摄食量和食物利用率。

1.3.3 松花粉青梅复合提取液促进大鼠消化酶分泌试验。经口给予各组大鼠对应受试样品 30 d 后,乙醚麻醉大鼠,幽门结扎法收集胃液,测定单位时间内胃液量和胃蛋白酶活,按以下公式计算胃蛋白酶排出量。

胃蛋白酶排出量(U/h)=胃蛋白酶活性×每小时胃液量

1.3.4 松花粉青梅复合提取液促进小鼠小肠运动试验。选用体重在 18~22 g 同性别小鼠,每组 10 只,除空白组外,模型组和低、中、高剂量样品组均用 0.05% 复方地芬诺酯造模,经口给予对应受试样品 30 d。最后一次给予受试样品 30 min 后给予复方地芬诺酯,30 min 后再给予墨汁指示剂,25 min 后处死动物,按以下公式计算墨汁推进率。

墨汁推进率=墨汁推进长度/小肠总长度×100%

1.3.5 松花粉青梅复合提取液促进小鼠胃排空试验。经口给予各组大鼠对应受试样品 30 d 后,各组小鼠腹腔注射 1 mg/kg 阿托品,20 min 后每只灌胃 0.8 mL 半固体营养糊(10 g 羧甲基纤维素钠、16 g 奶粉、8 g 糖、8 g 淀粉和 2 g 活性炭溶于 250 mL 蒸馏水),20 min 后脱颈处死小鼠,迅速剖腹

进行全胃切除称重,并洗去胃内容物后称胃净重,按以下公式计算胃内残留率和排空率。

胃残留率=(胃全重-胃净重)/半固体营养糊质量×100%

胃排空率=1-胃残留率

1.4 数据分析 采用 Microsoft Office Excel 2003 进行绘图,统计学分析采用 SPSS 19.0 软件进行,以 *t* 检验进行显著性分析, $P<0.05$ 时表示有显著性差异, $P<0.01$ 时表示有极显著差异。所有数据均以 $\bar{x}\pm S$ 表示。

2 结果与分析

2.1 松花粉青梅复合提取液对大鼠食物利用率的影响 试验过程中,各试验组大鼠在 30 d 内体重变化统计结果如表 1 所示。从表 1 可以看出,试验过程中,各试验组动物均未出现拒食现象,体重均呈现逐渐增加的趋势。前 21 d,与对照组相比各组大鼠体重均不存在显著差异;但自 24 d 后,中、高剂量组与对照组相比体重呈现显著差异;27 d 后,各剂量组与对照组相比体重均呈现极显著差异,说明松花粉青梅复合提取液对大鼠的体重增加有显著作用。

表 1 动物体重对比($n=8$)
Table 1 Comparison of animal weights

单位:g

组别 Group	1 d	3 d	7 d	10 d	14 d
对照组 Control group	139.43±5.66	160.20±7.86	181.28±7.88	211.73±6.33	232.45±6.46
低剂量组 Low-dose group	138.89±5.68	161.69±8.02	182.75±8.04	212.73±8.03	242.69±8.02
中剂量组 Middle-dose group	138.74±8.31	160.65±4.26	184.11±4.25	216.16±9.55	246.40±11.03
高剂量组 High-dose group	144.31±8.14	169.96±7.01	191.71±6.08	221.09±7.17	252.96±7.01
组别 Group	17 d	21 d	24 d	27 d	30 d
对照组 Control group	264.70±4.54	281.20±7.86	301.01±7.99	309.20±10.59	322.09±8.07
低剂量组 Low-dose group	275.09±7.57	298.91±9.16	316.69±8.02	320.78±8.08**	339.69±8.02**
中剂量组 Middle-dose group	273.65±4.26	301.29±4.87	318.65±4.26*	323.70±4.31**	342.65±4.26**
高剂量组 High-dose group	284.04±6.90	310.00±6.95	328.96±7.01**	337.21±6.60**	354.96±7.01**

注:与对照组比较,* $P<0.05$,** $P<0.01$ 。

Note:Compared with the control group,* $P<0.05$,** $P<0.01$.

对大鼠体重增重、摄食量和食物利用率分析结果见表 2。从体重增重来看,与对照组相比,低、中、高剂量组大鼠体重增重均极显著增加($P<0.01$),但不同剂量试验组间不存在显

著差异($P>0.05$),说明松花粉青梅复合提取液对大鼠体重增加会产生显著影响,但在设定的试验剂量范围内不存在剂量依赖关系。

表 2 松花粉青梅复合提取液对大鼠食物利用率的影响($n=8$)

Table 2 Effect of compound extract of pine pollen and greengage on food utilization rate in rats

组别 Group	体重增重 Weight gain//g	摄食量 Food intake//g	食物利用率 Food utilization rate//%
对照组 Control group	183.78±5.66	742.56±15.64	24.74±0.48
低剂量组 Low-dose group	200.80±5.68**	777.35±16.35**	25.83±0.16**
中剂量组 Middle-dose group	203.91±8.31**	786.20±15.60**	25.94±0.43*
高剂量组 High-dose group	200.65±8.14**	798.68±13.40**	25.12±0.40

注:与对照组比较,* $P<0.05$,** $P<0.01$ 。

Note:Compared with the control group,* $P<0.05$,** $P<0.01$.

在摄食量方面,与对照组相比,低、中、高剂量组摄食量均极显著增加($P<0.01$),且随着松花粉青梅复合提取液摄入剂量的增加,大鼠的食物摄入量也逐渐增加,这说明松花粉青梅复合提取液能够显著增加大鼠食欲且增加摄食量。松花粉青梅复合提取液组大鼠食物利用率与对照组相比均有所增加,其中低剂量组能够极显著提高其食物利用率

($P<0.01$),但与摄入量不存在线性关系,且不同剂量试验组间不存在显著差异($P>0.05$)。

2.2 松花粉青梅复合提取液对小鼠小肠运动的影响 松花粉青梅复合提取液对小鼠小肠运动影响结果如表 3 所示。与对照组相比,模型组的墨汁推进率明显降低,差异有统计学意义($P<0.01$),表明小鼠在灌胃给予复方地芬诺酯后,肠

蠕虫抑制模型建立成功。在模型成立条件下,松花粉青梅复合提取液的高、中、低剂量给药组墨汁推进率与模型组比

较均具有显著差异($P<0.01$),表明松花粉青梅复合提取液能增加小鼠小肠的蠕虫。

表3 松花粉青梅复合提取液对小鼠小肠墨汁推进率的影响($n=10$)

Table 3 Effect of compound extract of pine pollen and greengage on the ink propulsion rate of small intestinal in mice

组别 Group	小肠总长度 Total length of small intestine//cm	墨汁推进长度 Ink propulsion length//cm	墨汁推进率 Ink propulsion rate//%
对照组 Control group	61.47±2.80	38.11±0.81	62.10±2.55
模型组 Model group	61.59±1.09	24.98±1.07 ^{##}	40.60±2.13 ^{##}
低剂量组 Low-dose group	61.84±3.16	31.42±1.82 ^{**}	51.00±4.95 ^{**}
中剂量组 Middle-dose group	60.70±4.06	31.81±1.65 ^{**}	52.53±3.13 ^{**}
高剂量组 High-dose group	59.54±2.41	34.18±2.27 ^{**}	57.53±5.14 ^{**}

注:与对照组比较,## $P<0.01$ 。与模型组比较,** $P<0.01$ 。

Note:Compared with the control group,## $P<0.01$.Compared with the model group,** $P<0.01$ 。

2.3 松花粉青梅复合提取液对大鼠消化酶分泌的影响 从表4可以看出,与对照组相比,低、中、高剂量组大鼠的胃蛋白酶活性、胃液量和胃蛋白酶排出量均有所增加($P<0.05$),

且不同剂量试验组间不存在显著差异($P>0.05$)。说明促消化功能产品会增加大鼠的胃蛋白酶活性和胃液分泌,能够较好地促进动物消化。

表4 松花粉青梅复合提取液对大鼠消化酶活性的影响($n=8$)

Table 4 Effect of compound extract of pine pollen and greengage on digestive enzyme activity in rats

组别 Group	胃蛋白酶活性 Pepsin activity U/mL	胃液量 Gastric juice volume//mL/h	蛋白酶排出量 Protease excretion//U/h
对照组 Control group	182.95±5.83	0.58±0.04	106.11±7.26
低剂量组 Low-dose group	253.21±11.66 ^{**}	0.72±0.01 [*]	182.33±18.78 ^{**}
中剂量组 Middle-dose group	246.75±19.79 ^{**}	0.71±0.05 [*]	175.16±16.00 ^{**}
高剂量组 High-dose group	259.61±6.86 ^{**}	0.78±0.06 [*]	202.52±17.07 ^{**}

注:与对照组比较,* $P<0.05$,** $P<0.01$ 。

Note:Compared with the control group,* $P<0.05$,** $P<0.01$ 。

参照《保健食品检验与评价技术规范(2020版)》规定,动物体重、体重增重、摄食量,小肠运动试验和消化酶测定指标中任2个结果阳性即可判定该受试样品结果阳性。因此,松花粉青梅复合提取液具有促消化功能。

2.4 松花粉青梅复合提取液对小鼠胃排空的影响 功能性消化与胃排空障碍和胃容受性舒张功能紊乱密切相关^[7-8],因此,该研究增加了胃排空试验考察松花粉青梅复合提取液对胃肠道功能障碍的影响。从表5可以看出,对照组、模型组小鼠的胃排空率分别为61.61%、38.12%,对照组的胃排空率极显著高于模型组($P<0.01$),表明小鼠胃动力抑制模型建立成功。而与模型组相比,松花粉青梅复合提取液低、中、高

剂量组小鼠固体食物胃排空率均有极显著增加($P<0.01$),且随着添加剂量增加,胃排空率逐渐增高。这说明松花粉青梅复合提取液可显著提升小鼠的胃运动功能。

3 结论

该研究建立了功能性消化不良大鼠动物模型及小鼠动物模型,并利用该模型研究了松花粉青梅复合提取液对消化功能的促进能力。松花粉青梅复合提取液对大鼠的体重增重、摄食量和食物利用率都有明显促进作用,对大鼠的胃蛋白酶活性和胃液分泌有显著促进作用,且能够增加消化不良模型小鼠的墨汁推进率和胃排空率,说明松花粉青梅复合提取液能够明显提升小鼠的胃肠运动功能。

参考文献

- [1] 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.
- [2] 吴柏瑶,张法灿,梁列新.功能性消化不良的流行病学[J].胃肠病学和肝病杂志,2013,22(1):85-90.
- [3] 安晓霞,梁尧,王振刚,等.中医药治疗功能性消化不良的临床研究进展[J].中医学报,2018,46(4):123-127.
- [4] 全甲刚,曲波,王蓓蓓,等.功能性消化不良的发病机制[J].世界华人消化学杂志,2013,21(9):785-790.
- [5] 张声生,赵鲁卿.功能性消化不良中医诊疗专家共识意见(2017)[J].中华中医药杂志,2017,32(6):2595-2598.
- [6] 吴毓谦,汪龙德,牛媛媛,等.十二指肠低度炎症在功能性消化不良中的研究进展[J].中国中西医结合消化杂志,2023,31(1):68-71,76.
- [7] 黄倩,周柏,蔡婷,等.功能性消化不良治疗方案的研究进展[J].中国实用内科杂志,2021,41(12):1064-1068.

表5 松花粉青梅复合提取液对小鼠胃排空和胃残留的影响($n=10$)

Table 5 Effect of compound extract of pine pollen and greengage on gastric emptying and gastric residue in mice 单位:%

组别 Group	胃排空率 Gastric emptying rate	胃残留率 Gastric residue rate
对照组 Control group	61.61±5.67	38.39±5.67
模型组 Model group	38.12±4.33 ^{##}	61.88±4.33 ^{##}
低剂量组 Low-dose group	51.01±5.03 ^{**}	48.99±5.03 ^{**}
中剂量组 Middle-dose group	52.68±4.26 ^{**}	47.32±4.26 ^{**}
高剂量组 High-dose group	55.04±6.96 ^{**}	44.96±6.96 ^{**}

注:与对照组比较,## $P<0.01$ 。与模型组比较,** $P<0.01$ 。

Note:Compared with the control group,* $P<0.01$.Compared with the model group,** $P<0.01$ 。

ria sp.)可促进有效物质靛蓝的积累^[28],假单胞菌和泛菌(*Pantoea* sp.)对丹参中酚类物质迷迭香酸、丹酚酸 B 的积累具有显著促进作用^[29]。该研究结果发现毛壳菌属(*Chaetomium*)与羌活醇呈显著负相关($P < 0.05$),而与异欧前胡素呈显著正相关($P < 0.05$),说明毛壳菌属可促进异欧前胡素的积累,而抑制羌活醇的积累。但有关根际微生物如毛壳菌属如何调控羌活有效成分羌活醇和异欧前胡素的积累与合成尚不清楚,下一步可结合多种组学方法开展相关研究,如蛋白组学和转录组学等。

4 结论

本研究通过测定川西北羌活主产区根际土壤微生物群落结构、理化性质及羌活次生代谢产物含量,并进行冗余分析和相关性分析,得到如下基本结论:①羌活根际土壤微生物多样及物种丰富,细菌以 *Vicinamibacter*、土生单胞菌属(*Terrimonas*)和硝化螺旋菌属(*Nitrospira*)为优势属,真菌以被孢霉属(*Mortierella*)、四孢菌属(*Tetracladium*)和黄豆菌属(*Kotlabaecia*)为优势属。②羌活根际土壤微生物易受土壤 pH 及养分含量的调控,与土壤 pH 和速效氮磷钾及有机质含量呈显著相关关系。③根际土壤微生物显著影响羌活次生代谢产物羌活醇和异欧前胡素的积累。

参考文献

- [1] 国家药典委员会.中华人民共和国药典:2020年版一部[S].北京:中国医药科技出版社,2020:183-184.
- [2] LI A H,JIANG S Y,YANG G,et al.Molecular mechanism of seed dormancy release induced by fluridone compared with cod stratification in *Notopterygium incisum*[J].BMC plant biology,2018,18(1):1-11.
- [3] 李爱花,蒋舜媛,郭娜,等.中药植物羌活种子休眠解除的代谢组分析[J].中国农业科技导报,2021,23(5):44-51.
- [4] 杨萍,王红兰,孙辉,等.野生抚育下羌活根状茎生长特性与品质相关性研究[J].中国中药杂志,2020,45(4):739-745.
- [5] 尹青岗,熊超,王晓蓉,等.羌活无公害规范化栽培体系研究[J].中药材,2019,42(3):698-703.
- [6] 王红兰,杨萍,孙辉,等.羌活野生和栽培产地土壤水力学性质的对比研究[J].中国中药杂志,2020,45(16):3805-3811.
- [7] ZHENG X K,WEN R,LIU Y N,et al.Nitric oxide inhibitory phenolic constituents isolated from the roots and rhizomes of *Notopterygium incisum*[J].Bioorganic chemistry,2022,128:1-11.
- [8] 祝蕾,严辉,刘培,等.药用植物根际微生物对其品质形成的影响及其作用机制的研究进展[J].中草药,2021,52(13):4064-4073.
- [9] 丛微,喻海茫,于晶晶,等.人参种植对林地土壤细菌群落结构和代谢功

- 能的影响[J].生态学报,2021,41(1):162-171.
- [10] 朱永官,彭静静,韦中,等.土壤微生物组与土壤健康[J].中国科学:生命科学,2021,51(1):1-11.
- [11] 彭政,郭秀芝,徐扬,等.药用植物与根际微生物互作研究进展与展望[J].中国中药杂志,2020,45(9):2023-2030.
- [12] 张海珠,李杨,张彦如,等.菌根真菌处理下滇重楼对营养元素的吸收和积累[J].环境化学,2019,38(3):615-625.
- [13] XIE Z C,CHU Y K,ZHANG W J,et al.*Bacillus pumilus* alleviates drought stress and increases metabolite accumulation in *Glycyrrhiza uralensis* Fisch.[J].Environmental and experimental botany,2019,158:99-106.
- [14] ZHOU N,MEI C M,ZHU X Y,et al.Research progress of rhizosphere microorganisms in *Fritillaria* L. medicinal plants[J].Front bioeng biotechnology,2022,10:1-12.
- [15] 吴红姝,张晟恺,焦艳阳,等.微生物菌肥对太子参连作障碍和药理作用的改良效应[J].中国生态农业学报,2021,29(8):1315-1326.
- [16] SHENG M M,JIA H K,ZHANG G Y,et al.Siderophore production by rhizosphere biological control bacteria *Brevibacillus brevis* GZDF3 of *Pinellia ternata* and its antifungal effects on *Candida albicans*[J].Journal of microbiol biotechnol,2020,30(5):689-699.
- [17] 鲍士旦.土壤农化分析[M].3版.北京:中国农业出版社,2000.
- [18] 姜小凤,郭凤霞,陈垣,等.种植模式对当归根际细菌群落多样性及代谢通路的影响[J].应用生态学报,2021,32(12):4254-4262.
- [19] 王勇,何舒,熊冰杰,等.不同栽培模式对人参根际土壤微生物多样性的影响研究[J].中草药,2021,52(17):5303-5310.
- [20] 刘世鹏,韦浩敏,李智,等.连作对附子根际土壤微生物群落结构的影响[J].中国微生物生态学杂志,2020,32(5):520-526.
- [21] 蒋靖怡,王铁霖,池秀莲,等.基于高通量测序的紫花丹参与白花丹参根际细菌群落结构研究[J].中国中药杂志,2019,44(8):1545-1551.
- [22] 王琪,王红兰,孙辉,等.蚕豆间作对羌活次生代谢产物及根际土壤微生物多样性的影响[J].中国中药杂志,2022,47(10):2597-2604.
- [23] CHEN G Z,XUE Y,YU X,et al.The structure and function of microbial community in rhizospheric soil of American ginseng (*Panax quinquefolius* L.) changed with planting years[J].Current microbiology,2022,79(9):1-13.
- [24] FANG X X,WANG H Y,ZHAO L,et al.Diversity and structure of the rhizosphere microbial communities of wild and cultivated ginseng[J].BMC microbiology,2022,22(1):1-12.
- [25] 高慧芳,许佳音,孟婷,等.太子参根际土壤微生物多样性及其与土壤主要理化因子的相关性[J].福建农业学报,2021,36(3):345-357.
- [26] 王钰,潘媛,伍晓丽,等.不同种植模式下黄连根际土壤理化特性及细菌群落结构变化[J].中国中药杂志,2021,46(3):582-590.
- [27] 曹宏杰,王立民,徐明怡,等.五大连池新时期火山熔岩台地不同植被类型土壤微生物群落的功能多样性[J].生态学报,2019,39(21):7927-7931.
- [28] ZENG M J,ZHONG Y J,CAI S J,et al.Deciphering the bacterial composition in the rhizosphere of *Baphicacanthus cusia* (Nees) Bremek [J].Scientific reports,2018,8(1):1-11.
- [29] YOU H,YANG S J,ZHANG L,et al.Promotion of phenolic compounds production in *Salvia miltiorrhiza* hairy roots by six strains of rhizosphere bacteria [J].Engineering in life sciences,2018,18(3):160-168.

(上接第 172 页)

- [8] 李军祥,陈諳,李岩.功能性消化不良中西医结合诊疗共识意见(2017年)[J].中国中西医结合消化杂志,2017,25(12):889-894.
- [9] 傅曼琴,肖更生,吴继军,等.广陈皮促消化功能物质基础研究[J].中国食品学报,2018,18(1):56-64.
- [10] 姚莉,鞠洋.窄叶鲜卑花促消化作用的实验研究[J].中国中西医结合消化杂志,2009,17(6):376-378.

- [11] 周玉蕾,朴泓洁.松花粉多糖对免疫调节作用的影响研究[J].生物化工,2021,7(4):135-137.
- [12] 常智尧,刘其尊,李全宏.松花粉功能作用及其加工利用研究进展[J].粮食与油脂,2020,33(4):20-22.
- [13] 余洋洋,徐玉娟,余元善,等.青梅的营养健康效应研究进展[J].现代农业科技,2020(23):215-218.
- [14] 戴承恩,何小平,郑芬芬,等.松花粉主要活性成分及保健作用的研究进展[J].食品研究与开发,2019,40(8):212-219.