

余甘子提取物及其复配物改善大鼠的功能性消化不良症状

谭岸^{1,2}, 王智诚¹, 袁铭¹, 胡浩¹, 曹庸^{1*}, 温林凤^{1*}

(1. 华南农业大学食品学院, 广东省功能食品活性物重点实验室, 广东省天然活性物工程技术研究中心, 广东广州 510642)(2. 湖南伍星生物科技有限公司, 湖南娄底 417700)

摘要: 该研究通过《保健食品功能检验与评价方法(2022年版)》中的促进消化功能检验方法中小鼠小肠运动、大鼠增重、摄食量、食物利用率、胃蛋白酶测定等试验研究了余甘子单方和四种复方的促消化效果。结果表明, 余甘子(单方组), 余甘子、山楂、茯苓和陈皮(复方1组), 余甘子、山楂、白术和麦芽(复方2组), 余甘子、山楂、茯苓、白术和陈皮(复方3组), 余甘子、山楂、茯苓、白术、麦芽和陈皮(复方4组)小鼠小肠推进率分别提高了65.99%、80.53%、107.91%、67.47%、90.47% ($P<0.05$, $P<0.01$, $P<0.0001$, $P<0.05$, $P<0.001$), 大鼠胃蛋白酶活性分别增强了89.24%、60.42%、103.07%、74.56%、106.84% ($P<0.01$, $P\geq 0.05$, $P<0.01$, $P<0.05$, $P<0.01$), 大鼠胃蛋白酶排出量分别增强了89.30%、60.39%、103.14%、74.69%、106.98% ($P<0.01$, $P\geq 0.05$, $P<0.01$, $P<0.05$, $P<0.01$)。此外, 复方4组大鼠食物利用率增加了15.35% ($P<0.05$), 体质量增长、摄食量无显著差异 ($P\geq 0.05$), 其他组别的上述3项指标均无显著影响 ($P\geq 0.05$)。研究表明余甘子提取物及其复配物可有效改善大鼠功能性消化不良症状。该研究为余甘子及其复配物促消化功能产品的开发和推广提供了相应的理论参考。

关键词: 余甘子; 复配物; 功能性消化不良; 促消化功能

文章编号: 1673-9078(2024)04-1-7

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2024.4.0462

Phyllanthus emblica L. Extract and Its Formulated Products Ameliorate Functional Dyspepsia Symptoms in Rats

TAN An^{1,2}, WANG Zhicheng¹, YUAN Ming¹, HU Hao¹, CAO Yong^{1*}, WEN Linfeng^{1*}

(1. College of Food Science, South China Agricultural University, Guangdong Provincial Key Laboratory of Nutraceuticals and Functional Foods, Guangdong Natural Active Object Engineering Technology Research Center, Guangzhou 510642, China)(2. Hunan Wuxing Biotechnology Co. Ltd., Loudi 417700, China)

Abstract: In this research, small intestinal motility in mice, weight gain in rats, food intake, food utilization by rats

引文格式:

谭岸,王智诚,袁铭,等.余甘子提取物及其复配物改善大鼠的功能性消化不良症状[J].现代食品科技,2024,40(4):1-7.

TAN An, WANG Zhicheng, YUAN Ming, et al. *Phyllanthus emblica* L. extract and its formulated products ameliorate functional dyspepsia symptoms in rats [J]. Modern Food Science and Technology, 2024, 40(4): 1-7.

收稿日期: 2023-04-18

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(31972078); 第67批中国博士后面上项目(2020M672651); 广东省功能食品活性物重点实验室项目(2018B030322010)

作者简介: 谭岸(1970-), 男, 本科, 高级工程师, 研究方向: 功能食品及原料药研究, E-mail: 1608240630@qq.com

通讯作者: 曹庸(1966-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 食品功能与配料, 天然活性物的分离纯化鉴定及活性, E-mail: caoyong2181@scau.edu.cn; 共同通讯作者: 温林凤(1992-), 女, 在读博士, 研究方向: 食品功能与配料, 天然活性物的分离纯化鉴定及活性, E-mail: wenlf159@stu.scau.edu.cn

and pepsin determination were used to examine the effects of *Phyllanthus emblica* L. (PEL) and four formulated products according to the digestion-promoting function test methods described in Health Food Function Inspection and Evaluation Methods (2022 edition). The results showed that the small intestinal propulsion rates of the PEL (PEL alone) group, the PEL-hawthorn (H)-*Poria cocos* Wolf (PCW)-Tangerine Peel (TL) group (Formulated Group 1), the PEL-H-*Atractylodis Macrocephalae* Rhizoma (AMR)-*Hordei Fructus Germinatus* (HFG) group (Formulated Group 2), the PEL-H-PCW-AMR-TL group (Formulated Group 3), and the PEL-H-PCW-AMR-HFG-TL group (Formulated Group 4) increased by 65.99%, 80.53%, 107.91%, 67.47%, and 90.47% ($P < 0.05$, $P < 0.01$, $P < 0.0001$, $P < 0.05$, $P < 0.001$), respectively. Their pepsin activities in rats increased correspondingly by 89.24%, 60.42%, 103.07%, 74.56%, and 106.84% ($P < 0.01$, $P \geq 0.05$, $P < 0.01$, $P < 0.05$, $P < 0.01$), and the amounts of secreted pepsin in corresponding groups of rats increased by 89.30%, 60.39%, 103.14%, 74.69%, and 106.98% ($P < 0.01$, $P \geq 0.05$, $P < 0.01$, $P < 0.05$, $P < 0.01$), respectively. In addition, the food utilization rates in rats of the Formulated Group 4 increased by 15.35% ($P < 0.05$). However, there were insignificant differences in weight gain and food intakes ($P < 0.05$) as well as the above three indicators in other groups ($P < 0.05$). The research showed that extract of *Phyllanthus emblica* L. and its formulated products could effectively ameliorate the symptoms of functional dyspepsia in rats. The results of this study provides a theoretical reference for the development and promotion of digestion-promoting functional products using PEL and other formulated products.

Key words: *Phyllanthus emblica* L.; complex; functional dyspepsia; digestive promoting effect

余甘子是一种药食同源的果实，国内外均有栽种，在中国主要分布于云南、福建、广东、广西等地，是中国南方地区的特色经济物种^[1]。研究表明，余甘子含有黄酮、酚酸、鞣质和生物碱等活性物质，具有抗氧化、降血脂、抗溃疡、护肝和护胃等生物活性功能^[2,3]。山楂是一种药食兼用的植物，广泛分布于亚洲、欧洲、中北美洲及南美洲的北部，我国主要有北方山楂和云贵高原云南山楂两大产区^[4]。山楂中生物活性成分主要包括多糖、有机酸类、萜类、黄酮类及其衍生物，具有抗氧化、抗炎、提高免疫力、降脂、护肝、健胃消食等功效^[5-7]。茯苓是一种重要的药食同源原料，常寄生于松科植物赤松和马尾松等植物的根上，主要化学成分多糖类、三萜类、二萜类、甾醇类以及其他类化合物^[8]，具有抗衰老、镇静催眠、抗炎和利尿等多种生物活性功能^[9]。白术是一种菊科药用植物，包含多糖类、倍半萜类、聚乙炔类等多种生物活性物质，具有保肝、抗菌抗炎、抗肿瘤、调节胃肠功能、调节免疫系统、调节神经系统、调节脂质代谢等生物活性功能^[10,11]。陈皮是药食同源的宝贵原料之一，富含黄酮类化合物、挥发油、生物碱、微量元素等多种生物活性成分，具有抑菌、抗炎、抗氧化、抗肿瘤、促消化、祛痰、保肝、降血压和神经保护等多种作用^[12]。麦芽由禾本科一年生草本植物大麦的成熟果实经发芽干燥而得，是中医临床上常用的一味消食药，含有多种酶类及生物碱类化学成分，具有抗氧化、助消化、降

血糖、护肝等作用^[13]。

消化不良是由消化功效减弱、内部紊乱所引发的胃肠道不适的系统性疾病^[14]。《伤寒杂论》中指出消化不良是由于长期饮食不节制、暴饮暴食而出现的气机阻滞，并时常伴有的胃脘症状^[15]。功能性消化不良（Functional Dyspepsia, FD）是一种常见的功能性胃肠道疾病，涉及胃肠道的胃十二指肠区，包括胃脘痛或灼烧感、餐后腹胀或早饱等症状^[16-18]。已有研究表明多种配方对功能性消化不良具有改善作用，比如陈皮、山楂、半夏、党参、炙甘草等组成的药方^[19]，陈皮、当归、厚朴等药材^[20]。

目前，针对余甘子以及山楂、茯苓、白术、陈皮、麦芽等复配物对功能性消化不良症状的研究鲜见报道，且不同食物基质与生物活性物质相互作用对其功效可能产生一定影响。因此，本研究通过《保健食品功能检验与评价方法（2022年版）》中的促进消化功能检验方法构建功能性消化不良小鼠模型，探讨余甘子及4种复配物对功能性消化不良症状的改善作用，为开发食药两用资源以及功能性促消化食品提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

余甘子、山楂、茯苓、白术、陈皮、麦芽等提取物从西安三江生物工程有限公司购买获得，其提

取部位分别为果实、果实、干燥菌核、根茎、果皮、种子,均采用热水浸提法提取,再对提取液进行浓缩、喷雾干燥获得提取物粉末样品。盐酸洛哌丁胺及多潘立酮为处方药,其余试剂均为国产分析纯试剂。

1.2 动物

六周龄雄性 balb/c 小鼠 (18~22 g), 8 组, 每组 8 只; SD 大鼠 (120~150 g), 6 组, 每组 8 只; 均从广东斯嘉景达生物科技有限公司 (生产许可证号: SCXK (粤) 2020-0052) 采购获得。动物饲养在华南农业大学实验动物中心, 实验动物使用许可证号: SYXK (粤) 2019-0136。

1.3 仪器与设备

UV-1750PC 型紫外可见分光光度计, 日本岛津仪器公司; ME204 型电子分析天平, 上海梅特勒-托利多仪器公司; 游标卡尺, 美耐特; 恒温培养箱, 上海一恒科学仪器有限公司; 真空干燥箱, 上海一恒科学仪器有限公司。

1.4 方法

1.4.1 小肠运动实验

适应性喂养 balb/c 小鼠一周, 随机将其分为 8 组, 每组 8 只。模型对照组用盐酸洛哌丁胺进行造模^[21]。每日经口给予空白组、模型组小鼠 0.2 mL 蒸馏水/只, 其余组别按照表 1 提取物灌胃, 灌胃 30 d。实验结束前禁食不禁水 16 h, 于测定当天各实验组再给予一次受试样品, 空白对照组和模型对照组给予蒸馏水。30 min 后各实验组和模型对照组给予洛哌丁胺 (3 mg/kg, 按体质量计), 空白对照组给予蒸馏水。30 min 后各组给予 0.6 mL 5% 炭末半固体糊, 30 min 后处死动物。取幽门至盲肠部的整段小肠直铺于白纸上, 测量记录小肠全长和幽门到黑色半固体糊前沿的距离, 并计算小肠推进率^[22], 计算公式 (1) 为:

$$T = \frac{L_1}{L_2} \times 100\% \quad (1)$$

式中:

T —小肠推进率, %;

L_1 —半固体糊推进长度, cm;

L_2 —小肠总长度, cm。

1.4.2 胃排空率的测定

称量全胃质量 (即胃内容物 + 胃组织质量), 0.9% 生理盐水洗去胃内容物后用滤纸吸干并称量空胃质量 (即胃组织质量), 胃排空率计算公式 (2) 为:

$$B = \left(1 - \frac{m_0 - m_1}{m_0}\right) \times 100\% \quad (2)$$

式中:

B —胃排空率, %;

m_0 —全胃质量, g;

m_1 —空胃质量, g。

1.4.3 大鼠体质量增重、摄食量、食物利用率实验

随机将大鼠分为空白组和余甘子以及复配提取物处理组共 6 组 (见表 2), 每组 8 只, 实验开始对动物的体质量进行称重, 其体质量差异应不高于动物平均体质量的 10%。经口受试样品 30 d, 实验期间, 需要每周对动物的体质量和食物摄入量进行称量和记录, 实验结束后需要根据此前的记录来计算体质量、体质量增重、摄食量和食物利用率^[23], 计算公式 (3) 为:

$$U = \frac{\Delta m}{m} \times 100\% \quad (3)$$

式中:

U —食物利用率, %;

Δm —体质量增加量, g;

m —摄食量, g。

1.4.4 胃蛋白酶指标检测

按表 2 方法进行分组及给药, 实验结束时对所有大鼠采取禁食不禁水 24 h 的处理方式, 再用水合氯醛麻醉大鼠幽门结扎方法收集 3 h 内排出的胃液, 测定每小时胃液量。用内径 1 mm, 长 100 mm 的毛细玻璃管吸满新鲜鸡蛋清, 置于热水中凝固鸡蛋清, 即得蛋白管。取胃液 1 mL 放入 50 mL 的三角烧瓶中, 加入 0.05 mol/L 盐酸溶液 15 mL 摇匀, 放入新鲜制作的蛋白管两根。塞好瓶口, 在 37 °C 恒温箱中孵育 24 h, 取出蛋白管, 用尺测量蛋白管两端透明部分的长度 (mm), 以四端之值求其平均值^[24,25]。计算胃蛋白酶活性和胃蛋白酶排出量, 计算公式 (4、5) 为:

$$D = \bar{L}^2 \times 16 \quad (4)$$

$$E = A \times V \quad (5)$$

式中:

D —胃蛋白酶活性, U/mL;

\bar{L} —四端蛋白管透明部分长度均值, mm;

E —胃蛋白酶排出量, U/h;

A —胃蛋白酶活性;

V —每小时胃液量。

表 1 小鼠分组

Table 1 Grouping of mice in each group

分组		灌胃样品及剂量
空白	空白对照组	蒸馏水 (每只 0.2 mL)
余甘子 (单方)	单方组	低浓度余甘子 150 mg/kg
模型	模型组	蒸馏水 (每只 0.2 mL)
阳性	阳性组	多潘立酮 1 mg/kg
4 种原料复方	复方 1 组	余甘子 150 mg/kg、山楂 300 mg/kg、茯苓 50 mg/kg、陈皮 100 mg/kg
	复方 2 组	余甘子 150 mg/kg、山楂 300 mg/kg、白术 120 mg/kg、麦芽 24 mg/kg
5 种原料复方	复方 3 组	余甘子 150 mg/kg、山楂 300 mg/kg、茯苓 50 mg/kg、白术 120 mg/kg、陈皮 100 mg/kg
6 种原料复方	复方 4 组	余甘子 150 mg/kg、山楂 300 mg/kg、茯苓 50 mg/kg、白术 120 mg/kg、麦芽 24 mg/kg、陈皮 100 mg/kg

注: 每组 8 只。灌胃样品及剂量: 人体余甘子 3 g, 提取物为 0.75 g, 暨人体每天剂量 750 mg/(d·60 kg)[12.5 mg/(d·kg)], 小鼠与人体换算常数按 12, 小鼠对应剂量为 150 mg/(d·kg)。

表 2 大鼠分组

Table 2 Grouping of rats in each group

分组		灌胃样品及剂量
空白	空白对照组	蒸馏水 (0.2 mL)
余甘子 (单方)	单方组	余甘子 80 mg/kg
4 种原料复方	复方 1 组	余甘子 80 mg/kg、山楂 160 mg/kg、茯苓 25 mg/kg、陈皮 50 mg/kg
	复方 2 组	余甘子 80 mg/kg、山楂 160 mg/kg、白术 60 mg/kg、麦芽 13 mg/kg
5 种原料复方	复方 3 组	余甘子 80 mg/kg、山楂 160 mg/kg、茯苓 25 mg/kg、白术 60 mg/kg、陈皮 50 mg/kg
6 种原料复方	复方 4 组	余甘子 80 mg/kg、山楂 160 mg/kg、白术 60 mg/kg、麦芽 13 mg/kg、陈皮 50 mg/kg

注: 每组 8 只。灌胃样品及剂量: 人体余甘子 3 g, 提取物为 0.75 g, 暨人体每天剂量 750 mg/(d·60 kg)[12.5 mg/(d·kg)], 大鼠与人体换算常数按 6.25, 大鼠对应剂量为 80 mg/(d·kg)。

1.5 统计学方法

实验数据均以平均值 ± 标准差 (Mean ± SD) 表示。多组间差异采用单因素方差分析 (One Way Analysis of Variance, ANOVA) 分析, 数据分析软件为 GraphPad Prism 8.0.2。P < 0.05 表示差异具有统计学意义。

2 结果与讨论

2.1 提取物结果

对余甘子、山楂、陈皮、白术、茯苓、麦芽等原料的提取结果进行分析, 其得率分别为 25%、25%、25%、20%、5%、3%。上述 6 种提取物检测结果表明, 余甘子提取物中没食子酸和多酚分别为 6.14%、17.33%, 山楂提取物中枸橼酸 3.87%, 陈皮提取物中橙皮苷和总黄酮分别为 0.76%、0.18%, 白术、茯苓、麦芽 3 种提取物中粗多糖分别为 43.38%、25.84% 和 32.14%, 此外, 其水分含量分

别为 2.05%、2.46%、3.15%、4.10%、3.35% 和 2.95%。

2.2 样品对小鼠小肠运动的影响

胃肠运动是消化机体中重要的生理功能^[26], 通过测定小肠运动功能可以评价消化功能状态^[25]。

余甘子和四种复方对小鼠小肠运动功能的影响如图 1 所示。图 1a 中, 与空白组 76.49% 相比, 模型组小肠推进率 39.96% 下降了 47.76%, 具有显著性差异 (P < 0.001), 表明本实验的消化不良模型构建成功; 与模型组相比, 余甘子 (单方组) 66.33%, 余甘子、山楂、茯苓和陈皮 (复方 1) 72.14%, 余甘子、山楂、白术和麦芽 (复方 2) 83.08%, 余甘子、山楂、茯苓、白术和陈皮 (复方 3) 66.92%, 余甘子、山楂、茯苓、白术、麦芽和陈皮 (复方 4) 76.11%, 阳性组 80.84% 显著提高小肠推进率 (P < 0.05), 相对于模型组分别提高了 65.99%、80.53%、107.91%、67.47%、90.47%、102.30%, 表明余甘子及四种复方对模型小鼠的小肠运动率具有推进作用, 其中复方 2 最突出, 余甘子单方组和复方 3 最弱。

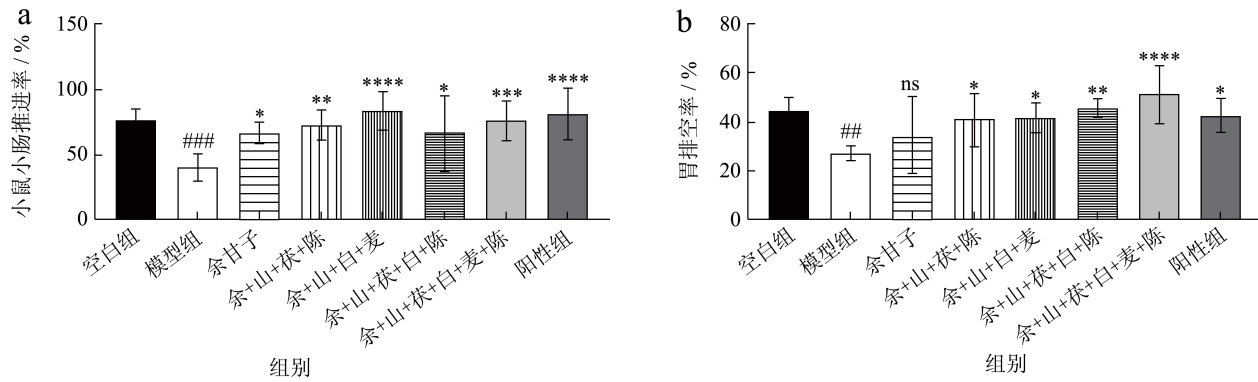


图 1 余甘子和四种复方对小鼠小肠运动功能的影响

Fig.1 Effects of *Phyllanthus emblica* L and four kinds of complexes on small intestine movement in mice

注: ##表示与空白组相比 $P < 0.01$; ###表示与空白组相比 $P < 0.001$; ns表示与模型组相比 $P > 0.05$; *表示与模型组相比 $P < 0.05$; **表示与模型组相比 $P < 0.01$; ***表示与模型组相比 $P < 0.001$; ****表示与模型组相比 $P < 0.0001$ 。

表 3 余甘子及复配提取物对大鼠体质量、体质量增重、摄食量和食物利用率的影响

Table 3 Effects of *Phyllanthus emblica* L and four kinds of complexes on body weight, weight gain, food intake and food utilization in rats ($\bar{X} \pm S, n=8$)

组别	初始体质量/g	末次体质量/g	增重/g	摄食量/g	食物利用率/%
空白组	179.1 ± 7.11	392.82 ± 15.67	213.71 ± 19.21	724.06 ± 43.53	29.52 ± 2.35
单方组	183.75 ± 5.75	400.31 ± 17.50	216.57 ± 20.57	727.79 ± 5.32	29.76 ± 0.49
复方 1	184.07 ± 9.43	341.6 ± 42.91	198.73 ± 42.12	715.4 ± 0.51	27.78 ± 1.37
复方 2	178.16 ± 9.12	393.92 ± 41.41	215.76 ± 40.38	718.1 ± 17.24	30.05 ± 1.27
复方 3	183.45 ± 5.34	410.31 ± 16.50	226.86 ± 10.57	725.79 ± 5.32	31.25 ± 1.4
复方 4	185.01 ± 5.30	419.85 ± 15.39	234.84 ± 26.38	689.4 ± 10.51	34.05 ± 1.05*

注: *表示与空白组比较 $P < 0.05$; **表示与空白组比较 $P < 0.01$ 。

已有研究表明胃排空延迟被认为是功能性消化不良的病理生理机制^[27-29]。图 1b 中, 与空白组 44.50% 相比, 模型组小鼠胃排空率 27.08% 下降了 39.15%, 具有显著性差异 ($P < 0.01$)。与模型组相比, 余甘子 (单方组) 33.58% 未见明显差异 ($P > 0.05$), 复方 1 (40.79%), 复方 2 (41.62%), 复方 3 (45.39%), 复方 4 (51.34%), 阳性组 (42.49%) 显著提高小肠胃排空率 ($P < 0.05$), 相对于模型组分别提高了 50.63%、53.69%、67.61%、89.59%、56.91%, 表明四种复方对模型小鼠的小肠胃排空率具有促进作用, 其中复方 4 最突出, 复方 2 和复方 3 最弱。

2.3 样品对大鼠体质量、体质量增重、摄食量和食物利用率的影响

本研究连续灌胃给予大鼠余甘子单方及 4 种复方 30 d, 通过测定摄食量、体质量增量、食物利用率评价单方和复方的促消化效果。结果如表 3 所示, 余甘子单方组、四种复方组对大鼠体质量和摄食量

均无显著影响 ($P \geq 0.05$), 在食物利用率指标上, 除复方 4 外, 其他 4 组均无显著影响 ($P \geq 0.05$), 与空白组 29.52% 相比, 复方 4 食物利用率 34.05% 增加了 15.35% ($P < 0.05$)。

2.4 样品对大鼠胃蛋白酶活性、胃蛋白酶排出量的影响

食物在胃肠中进行消化与消化酶的消化和胃肠运动有关^[30], 本研究通过测定胃蛋白酶活性和胃蛋白酶排出量来对比余甘子单方组和四种复方组的促消化效果^[25], 结果如图 2 所示。与空白组胃蛋白酶活性 130.1 U/mL 和胃蛋白酶排出量 65.03 U/h 相比, 余甘子、山楂、茯苓和陈皮提取物 (复方 1) 的胃蛋白酶活性 208.7 U/mL 和胃蛋白酶排出量 104.3 U/h 无显著性差异 ($P \geq 0.05$), 余甘子单方组 246.2 U/mL, 余甘子、山楂、白术和麦芽 (复方 2) 264.2 U/mL, 余甘子、山楂、茯苓、白术和陈皮 (复方 3) 227.1 U/mL, 余甘子、山楂、茯苓、白术、麦芽和陈皮 (复方 4) 269.1 U/mL 胃蛋白酶活性显

著增强 ($P<0.05$), 分别增强了 89.24%、103.07%、74.56%、106.84%; 余甘子单方组 123.1 U/h, 复方 2 组 132.1 U/h, 复方 3 组 113.6 U/h, 复方 4 组 134.6 U/h 胃蛋白酶活性显著增强 ($P<0.05$), 分别增强了 89.30%、103.14%、74.69%、106.98%, 表明余甘子单方及复方 2 组、复方 3 组、复方 4 组均能显著增强胃蛋白酶活性。

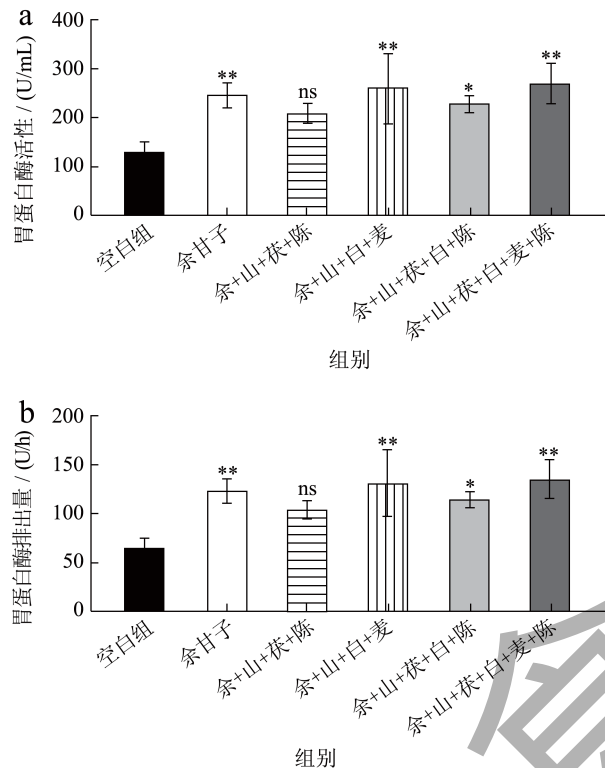


图 2 余甘子和四种复方对大鼠胃蛋白酶活性 (a)、胃蛋白酶排出量 (b) 的影响

Fig.2 Effects of *Phyllanthus emblica* L and four kinds of compounds on pepsin activity (a), pepsin excretion (b) in rats

注: ns 表示与空白组相比 $P\geq 0.05$; * 表示与空白组相比 $P<0.05$; ** 表示与空白组比较 $P<0.01$; *** 表示与空白组比较 $P<0.001$; **** 表示与空白组比较 $P<0.0001$ 。

3 结论

本研究根据保健食品功效学研究中的促进消化功能方法测定了小鼠小肠运动、大鼠增重、摄食量、食物利用率、胃蛋白酶测定等指标, 余甘子(单方组), 余甘子、山楂、茯苓和陈皮(复方 1 组), 余甘子、山楂、白术和麦芽(复方 2 组), 余甘子、山楂、茯苓、白术和陈皮(复方 3 组), 余甘子、山楂、茯苓、白术、麦芽和陈皮(复方 4 组)显著提高了小鼠小肠推进率 ($P<0.05$ 、 $P<0.01$ 、 $P<0.0001$ 、

$P<0.05$ 、 $P<0.001$), 除复方 1 外, 其他组均显著增强了胃蛋白酶活性和大鼠胃蛋白酶排出量 ($P<0.01$ 、 $P<0.01$ 、 $P<0.05$ 、 $P<0.01$)。此外, 复方 4 组显著增加了大鼠食物利用率 ($P<0.05$), 说明余甘子及其复配物对功能性消化不良小鼠胃肠道运动具有促进作用。本研究通过对比余甘子及其复配物的促消化效果, 为相关产品的开发提供了理论依据。

参考文献

- [1] 甘阳英,肖广江,蔡时可,等.中国余甘子产业发展的现状分析与发展建议[J].中国农学通报,2022,38(32):148-154.
- [2] 杨婉媛,陈晓维,刘杜娟,等.余甘子的生物活性及加工研究进展[J].广东农业科学,2022,49(7):120-130.
- [3] LI P, WANG C, LU W, et al. Antioxidant, anti-inflammatory activities, and neuroprotective behaviors of *Phyllanthus emblica* L. fruit extracts [J]. Agriculture, 2022, 12(5): 588.
- [4] 董宁光,王燕,郑书旗,等.我国山楂产业现状与发展建议[J].中国果树,2022,10:87-91.
- [5] 王磊,王辉,康福忠,等.山楂的生物活性成分及其在畜禽业中的研究进展[J].饲料研究,2022,21:146-149.
- [6] 耿慧春,满莹,赵智勇.山楂叶化学成分和药理作用研究进展[J].中国现代医生,2009,47(26):12-13.
- [7] 张亮亮.山楂不同提取物的成分分析、生物活性及抑菌机理研究[D].太原:山西师范大学,2020.
- [8] 蒋军艳.健脾益气汤联合西药治疗肺脾气虚型RA-ILD的临床研究[D].南宁:广西中医药大学,2018.
- [9] 叶青,刘东升,王兰霞,等.茯苓化学成分、药理作用及质量控制研究进展[J].中医药信息,2023,40(2):75-79.
- [10] 杨丹阳,于欢,吴晓莹,等.白术化学成分及其生物活性研究进展[J].中华中医药学刊,2023,41(5):171-182.
- [11] LUAN R Q, CUI Y L, ZHANG X L, et al. Rhizoma atractylodis macrocephalae: a review of photochemistry, pharmacokinetics and pharmacology [J]. Pharmazie, 2020, 75(2): 42-55.
- [12] 徐健,曾万祥,王晓东,等.陈皮的化学成分与药理学作用研究进展[J].中国野生植物资源,2022,41(10):72-76.
- [13] 凌俊红.麦芽的化学成分及炮制学研究[D].沈阳:沈阳药科大学,2005.
- [14] 涂永丽,周宏炫,谭书明,等.刺梨促消化功能研究[J].食品与发酵工业,2020,46(24):85-89.
- [15] 高卓林.促消化颗粒的药学研究[D].长春:吉林大学,2020.
- [16] ALEXANDER C F, SANJIVM, MARIA FC, et al. Functional dyspepsia [J]. The Lancet, 2020, 396(10263): 1689-1702.
- [17] PAUL E, FERNANDO A, GUY B, et al. Functional dyspepsia [J]. Nature Reviews Disease Primers, 2017, 3: 17081.

- [18] 钟亚东,潘猛,徐德昌,等.茯苓-山药复配米稀和猴头菇饼干对功能性消化不良大鼠的改善作用[J].食品工业科技,2021,42(22):355-362.
- [19] 卢红治.健脾理气法治疗功能性消化不良46例[J].河南中医,2013,33(11):1968-1969.
- [20] 李晓燕,冯妮,石颖.补脾开郁汤辨治脾虚肝郁型功能性消化不良验案3则[J].河北中医,2012,34(10):1489-1490.
- [21] 赵宏宇,王玉,刘新宇,等.山楂沙棘片对小鼠通便功能实验研究[J].特产研究,2017,39(2):24-27.
- [22] 万绵洁.砂仁叶油化学成分分析及初步药理研究[D].广州:广州中医药大学,2017.
- [23] 段超慧.蒙药材叉分蓼黄酮类化合物分离鉴定及抗肿瘤作用机制研究[D].哈尔滨:黑龙江中医药大学,2019.
- [24] 叶美玉.党参山楂健脾养胃咀嚼片的制剂工艺及药效学研究[D].兰州:兰州大学,2019.
- [25] 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.
- [26] 涂永丽.刺梨促消化饮品加工技术研究[D].贵阳:贵州大学,2021.
- [27] STANGHELLINI V, TOSETTI C, PATERNICO A, et al. Risk indicators of delayed gastric emptying of solids in patients with functional dyspepsia [J]. Gastroenterology, 1996, 110(4): 1036-1042.
- [28] JONSSON B H, HELLSTRÖM P M. Motilin-and neuropeptide Y-like immunoreactivity in a psychophysiological stress experiment on patients with functional dyspepsia [J]. Integrative Physiological and Behavioral Science, 2000, 35(4): 256-265.
- [29] 周广玉.功能性消化不良患者大脑结构和功能异常研究[D].西安:西安电子科技大学,2013.
- [30] 傅曼琴,肖更生,吴继军,等.广陈皮促消化功能物质基础的研究[J].中国食品学报,2018,18(1):56-64.

现代食品科技