

微切变-助剂互作技术制备柑橘皮粉的 保健功能研究

吴菲菲^{1,2,3,4}, 徐永平^{3,4}, 赵良忠^{1,2}, 李淑英⁴, 李化强^{1,2,3,4*}

(1. 邵阳学院生物与化学工程系, 邵阳 422000; 2. 湖南省果蔬清洁加工工程技术研究中心, 邵阳 422000; 3. 大连理工大学生命科学与生物技术学院, 大连 116024; 4. 大连赛姆生物工程技术有限公司博士后科研工作站, 大连 116620)

摘要: **目的** 考察微切变-助剂互作技术制备的柑橘皮粉的保健功能, 以促进柑橘皮的合理利用。**方法** 将健康昆明小鼠随机分为空白对照组、粗粉组和微切助粉组, 每组 10 只, 空白对照组小鼠饲喂商品鼠粮, 实验组小鼠分别饲喂含柑橘皮粗粉或经微切变-助剂互作技术处理柑橘皮制备的微切助粉鼠粮。连续饲养小鼠一定周期后, 研究柑橘皮微切助粉对小鼠多种保健功能的影响。**结果** 与对照组相比, 柑橘皮微切助粉极显著地增加小鼠的体重, 免疫器官指数, 血清中抗体 IgG、IgA 和 IgM 的含量和血清中 SOD 的水平, 说明柑橘皮可提高小鼠免疫力。二甲苯所致小鼠耳肿胀试验证明柑橘皮微切助粉的耳肿胀抑制率为 74.3%, 且抗炎效果接近阿司匹林, 表明柑橘皮具有非常好的抗炎作用。另外, 柑橘皮微切助粉组小鼠的负重游泳时间(6.88 ± 0.27 min)是对照组(4.67 ± 0.18 min)的 1.47 倍, 表明柑橘皮具有抗疲劳作用。与对照组相比, 柑橘皮微切助粉极显著地缩短了戊巴比妥钠所致小鼠的入睡时间和延长了睡眠持续时间, 表明柑橘皮具有镇静催眠作用。**结论** 柑橘皮具有提高小鼠机体免疫力、抗炎、抗疲劳、镇静催眠的作用, 且柑橘皮微切助粉的各种保健效果优于其粗粉。

关键词: 柑橘皮; 微切变-助剂互作技术; 保健功能

Health functions of citrus peel powder processed by press-shear assisted interaction technology

WU Fei-Fei^{1,2,3,4}, XU Yong-Ping^{3,4}, ZHAO Liang-Zhong^{1,2}, LI Shu-Ying⁴, LI Hua-Qiang^{1,2,3,4*}

(1. Department of Biology and Chemistry Engineering, Shaoyang University, Shaoyang 422000, China; 2. Hunan Provincial Engineering and Technology Research Center for Fruit and Vegetable Clean Processing, Shaoyang 422000, China; 3. School of Life Science and Biotechnology, Dalian University of Technology, Dalian 116024, China; 4. Postdoctoral Research Stations of Dalian SEM Bio-Engineering Technology Co., Ltd., Dalian 116620, China)

ABSTRACT: Objective To investigate the the health functions of citrus peel powder processed by press-shear assisted interaction technology (PAI), so as to improve the rational use of citrus peel. **Methods** Kunming mice were randomly divided into blank control group, coarse powder group and PAI powder group with ten mice in

基金项目: 国家科技部 863 计划项目(2013AA102805-03)、湖南省科技厅重点项目(2015CK3031)、湖南省果蔬清洁加工工程技术研究中心项目(2015TP2022)

Fund: Supported by the “863” Program of China (2013AA102805-03), the Key Program of Science and Technology Department of Hunan Province (2015CK3031), and the Program of Hunan Provincial Engineering and Technology Research Center for Fruit and Vegetable Clean Processing (2015TP2022)

*通讯作者: 李化强, 博士, 硕士生导师, 主要研究方向为食品生物技术与安全。E-mail: biohqff@163.com

*Corresponding author: LI Hua-Qiang, Ph.D, Master Supervisor, Department of Biology and Chemistry Engineering, Shaoyang University, Shaoyang 422000, China. E-mail: biohqff@163.com

each group. Animals in blank control group were fed with standard mouse chow. Animals in experimental groups were fed with mouse chow containing citrus peel coarse powder or PAI powder, respectively. After a certain period of continuous feeding, several health functions of citrus peel PAI powder were investigated in mice. **Results** Compared with control group, the body weight, immune organ indexes, serum antibodies content and SOD value of mice in experimental group were significantly increased, implying that citrus peel had immunomodulatory effect in mice. It was demonstrated that inhibition rate of xylene-induced ear swelling of mice in experimental group was 74.3% and the anti-inflammatory effect was close to aspirin, showing citrus peel had significant anti-inflammatory effect. Moreover, loaded-swimming time of mice in citrus peel PAI powder group (6.88 ± 0.27 min) was 1.47 times of that of control group (4.67 ± 0.18 min), indicating citrus peel had anti-fatigue effect. Compared with control group, citrus peel PAI powder had significantly shortened the time to fall asleep and prolonged sleep duration in mice induced by pentobarbital sodium, suggesting that citrus peel had sedative and hypnotic effects. **Conclusion** Citrus peel has many pharmacological functions, including immunomodulatory, anti-inflammatory, anti-fatigue, sedative and hypnotic effects, and the various health effects of citrus peel PAI powder are superior to its coarse powder.

KEY WORDS: citrus peel; press-shear assisted interaction technology; health functions

1 引言

柑橘(*Citrus reticulata* Blanco)属芸香科类植物, 是世界上产量最大宗的水果种类^[1]。柑橘生产加工必然伴随大量副产物的产生, 柑橘类果实榨汁后会产生 40~50% 的皮渣^[2]。柑橘皮中含有钙、铁、磷等多种微量元素和丰富的活性成分^[3]。中医观点认为, 柑橘皮味辛、苦、性温, 可入药, 具有化痰止咳、理气止痛等功能。除氨基酸外, 柑橘皮中所含其它营养成分均高于果肉, 尤其是富含黄酮类、果胶、维生素 C、纤维素、类胡萝卜素和微量元素等物质, 使柑橘皮及其提取物具有多重的生理功效^[4]。但是传统的处理方法是将其直接丢弃、填埋或少部分加工成饲料, 既造成了极大的资源浪费, 也对环境造成严重污染^[5-7]。

微切变—助剂互作技术属于机械化学领域, 它是将固体原料与化学助剂共同研磨, 利用高能机械力研磨产生的机械化学效应, 选用水或少量有机溶剂提取其中活性成分的一项新应用^[8]。国内外研究表明, 高强度的研磨不仅可以破碎原料细胞使其活性成分暴露出来, 而且还能促进活性成分与助剂接触、反应, 从而改变活性成分的溶解性。近年来, 大连理工大学动物性食品安全保障技术教育部工程研究中心运用微切变-助剂互作技术高效、低成本地提取天然产物中的活性物质, 如刺五加中的异秦吡啶、刺五加苷 B 和总黄酮^[9-11]、辣椒中的辣椒碱和辣椒红色素^[12]、穿心莲中的穿心莲内酯^[13]等, 大大地提高了目标活性物质的产量。

本研究拟利用微切变-助剂互作技术处理柑橘皮制备

微切助粉, 研究其对小鼠免疫力、抗炎、抗疲劳、镇静催眠等保健功能的影响, 以期为柑橘皮药理功能的研究和合理利用提供理论依据。

2 材料与方法

2.1 实验材料

清洁级昆明种小鼠 140 只(24 ± 2 g, 8 周龄), 雌雄各半, 购自大连医科大学实验动物中心。柑橘皮由湖南李文食品有限公司提供。

柑橘皮粗粉的制备: 选取一定量的柑橘皮, 用蒸馏水洗净, 在 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下于恒温鼓风干燥箱内干燥 2~3 h, 然后将干燥的橘皮在小型中药粉碎机中研磨粉碎 2 min, 粒径为 $200\sim 250\text{ }\mu\text{m}$ (激光粒度分析仪检测), 制备成柑橘皮粗粉, 备用。

柑橘皮微切助粉的制备: 将柑橘皮粗粉和 5%(W:W) 复合助剂(具体成分保密)混匀, 在高能振动研磨机中研磨 40 min, 制备得粒径为 $20\sim 40\text{ }\mu\text{m}$ 的柑橘皮微切助粉。试验组鼠粮的制备: 用中药粉碎机将商品鼠粮粉碎成粉末, 根据文献的报道^[14], 在鼠粮粉末中添加 10%(W:W) 的柑橘皮粗粉或柑橘皮微切助粉, 充分搅拌、混匀, 然后重新压制成棒状鼠粮用于饲喂试验组小鼠。

2.2 仪器和试剂

LS100Q 型激光粒度分析仪(美国 Beckman Counter 公司); FW177 型中药粉碎机(天津市泰斯特仪器有限公司); WZJ (BFM)-6J 高能振动研磨机(山东济南倍力粉技术工程有限公司); SUNRISE-BASIC 酶标仪(瑞士 TECAN 公司); 5804R 低温冷冻离心机(德国 Eppendorf 公司); 电热 202-1A

型恒温鼓风干燥箱(常州迈科诺仪器有限公司); YDB5002型电子天平(日本岛津公司); 计时器(京南计时器有限公司); 温度计(上海云鸥自动化仪表有限公司); 小鼠血清免疫球蛋白(IgG, IgA, IgM)ELISA 试剂盒(上海晶天生物科技有限公司); 超氧化物歧化酶 SOD 试剂盒(南京建成生物技术有限公司); 戊巴比妥钠(美国 Bioszune 公司); 阿司匹林和地西洋(海王星辰药店)。

2.3 实验方法

2.3.1 柑橘皮对小鼠免疫功能影响的实验

将 30 只健康昆明小鼠随机分为空白对照组、粗粉组和微切助粉组, 每组 10 只。空白对照组小鼠饲喂商品鼠粮, 实验组小鼠分别饲喂含柑橘皮粗粉或柑橘皮微切助粉的鼠粮。连续饲养小鼠 40 d 后, 各组小鼠称重, 采用颈椎脱臼(断颈)处死法将其处死。取所有小鼠的胸腺和脾脏, 吸干后称重, 并计算免疫器官指数, 即胸腺指数(mg/g)=胸腺重量/体重; 脾脏指数(mg/g)=脾脏重量/体重。取小鼠全血, 在低温冷冻离心机 3500 r/min 下离心 20 min, 取上清, 待待检样品。用小鼠血清免疫球蛋白 ELISA 试剂盒和酶标仪检测 450 nm 处吸光度, 通过标准曲线计算样品中小鼠免疫球蛋白 IgG、IgA 和 IgM 的浓度。用超氧化物歧化酶 SOD 试剂盒检测小鼠血清中 SOD 的含量^[15,16]。

2.3.2 柑橘皮抗炎作用的实验

将 40 只健康昆明小鼠随机分为空白对照组、阳性对照组、粗粉组和微切助粉组, 每组 10 只。空白对照组小鼠口服生理盐水(2.5 mL/kg), 阳性对照组小鼠灌胃阿司匹林溶液(25 mg/kg), 对照组小鼠饲喂商品鼠粮, 实验组小鼠分别饲喂含柑橘皮粗粉或柑橘皮微切助粉的鼠粮。每天 1 次, 连续给药 14 d。末次给药 45 min 后, 小鼠左右两耳分别涂 0.05 mL 二甲苯致炎 20 min, 空白对照组小鼠涂等体积的生理盐水。颈椎脱臼处死各组小鼠, 剪下耳朵, 用直径 8 mm 打孔器分别取左右耳同一部位的耳片, 称其重量。计算各组小鼠的耳肿胀率和耳肿胀抑制率: 耳肿胀率=(左耳片重量-右耳片重量)/右耳片重量×100%; 耳肿胀抑制率=(空白组肿胀率-给药组肿胀率)/空白组肿胀率×100%^[17,18]。

2.3.3 柑橘皮抗疲劳作用的实验

将 30 只健康昆明小鼠随机分为空白对照组、粗粉组和微切助粉组, 每组 10 只。空白对照组小鼠饲喂商品鼠粮, 实验组小鼠分别饲喂含柑橘皮粗粉或柑橘皮微切助粉的鼠粮。自由采食和饮水, 连续饲喂 14 d。抗疲劳测定实验时, 末次给药 30 min 后, 于小鼠尾根部 2~3 cm 处挂上负重器(其重量为小鼠体重的 5%), 将小鼠置于水深 30 cm、水温(18±0.5)℃的容器中(60 cm×70 cm×40 cm)游泳。观察并记录各组小鼠的负重游泳时间^[19,20]。

2.3.4 柑橘皮镇静催眠的实验

将 40 只健康昆明小鼠随机分为空白对照组、阳性对

照组、粗粉组和微切助粉组, 每组 10 只。空白对照组小鼠口服生理盐水(2.5 mL/kg), 阳性对照组小鼠灌胃地西洋溶液(4 mg/kg), 对照组小鼠饲喂商品鼠粮, 实验组小鼠分别饲喂含柑橘皮粗粉或柑橘皮微切助粉的鼠粮。每天 2 次, 持续给药 7 d。在末次给药前 8 h, 各组小鼠均禁食禁水, 末次给药 30 min 后, 每只小鼠腹腔注射戊巴比妥钠(50 mg/kg), 立即观察, 记录每只小鼠的入睡时间和睡眠持续时间^[21,22]。

2.3.5 统计分析

试验结果表示为平均值±标准偏差($\bar{X} \pm SE$), 采用 Origin7.5 软件对试验数据进行统计分析, 组间差异通过方差分析后用 Duncan 法进行多重比较。

3 结果与分析

3.1 柑橘皮对小鼠免疫功能的影响

与对照组相比, 柑橘皮粗粉和微切助粉均能极显著地增加小鼠的体重($P<0.01$, 见图 1), 免疫器官指数($P<0.01$, 见图 2), 血清中抗体 IgG、IgA 和 IgM 的含量($P<0.01$, 见图 3)。并且, 与对照组相比(5.27±0.17 U/g Hb), 柑橘皮粗粉和微切助粉均极显著地提高了小鼠血清中超氧化物歧化酶 SOD 的水平, 分别为(7.82±0.26) U/g Hb 和(7.89±0.38) U/g Hb, 是对照组的 1.48 倍和 1.50 倍($P<0.01$, 见图 4)。以上结果说明, 柑橘皮具有提高小鼠免疫力、减少自由基对细胞的损伤, 达到延缓衰老的效果, 这与其他学者证明橘皮对体液免疫和细胞免疫有促进作用的结论相一致^[23]。而且, 柑橘皮微切助粉对小鼠机体免疫功能的促进作用优于其粗粉($P<0.05$ 或 $P<0.01$), 表明该技术在加工柑橘皮方面具有一定的优越性。

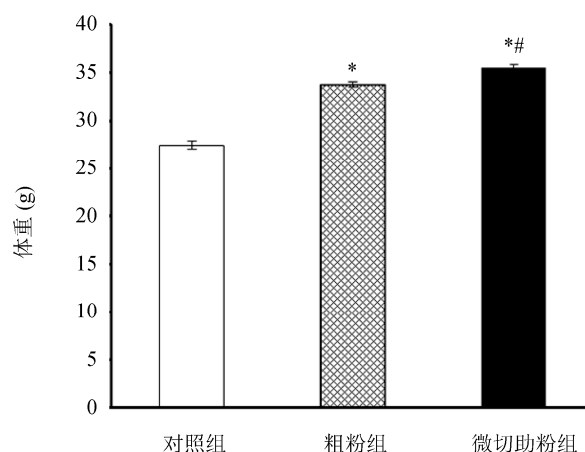
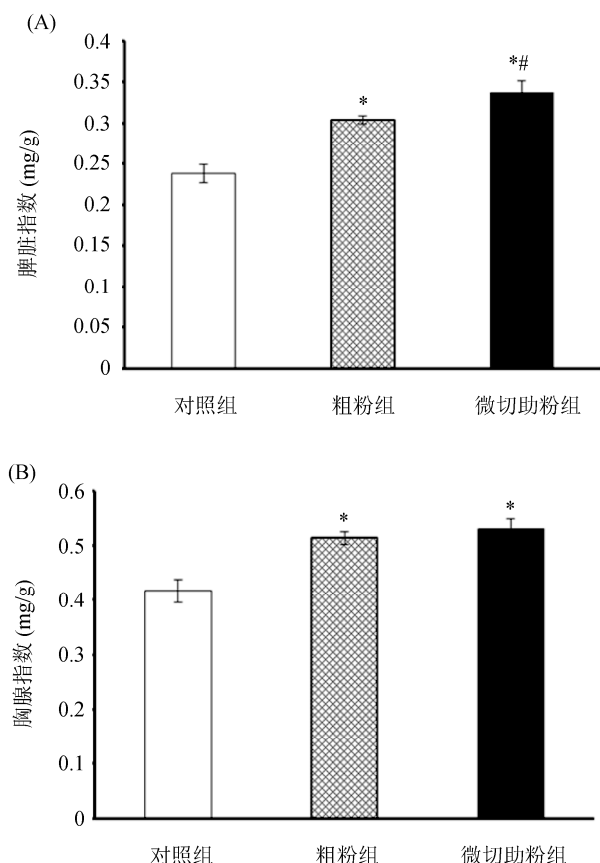
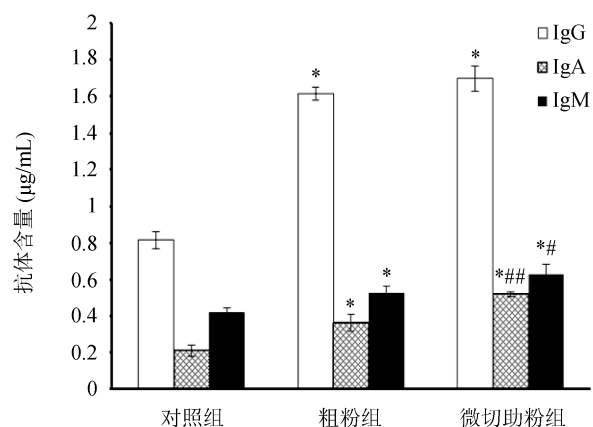
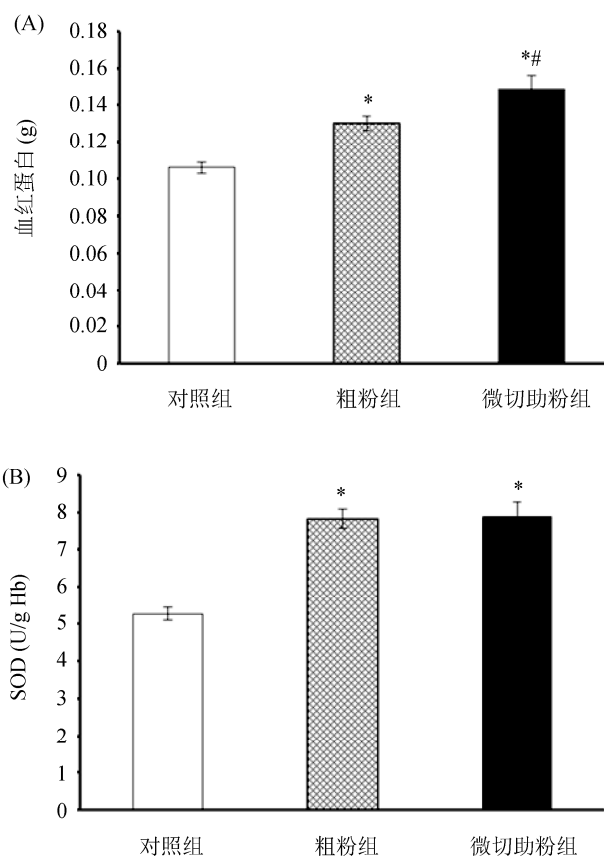


图 1 柑橘皮粉对小鼠体重的影响($n=10$)

Fig. 1 Effect of citrus peel powder on body weight of mice ($n=10$)
注: *表示与对照组比, 差异极显著($P<0.01$); #表示与粗粉组比, 微切助粉组差异显著($P<0.05$)。

图 2 柑橘皮粉对小鼠免疫器官指数的影响($n=10$)Fig. 2 Effect of citrus peel powder on immune organ indexes of mice ($n=10$)注: *表示与对照组比, 差异极显著($P<0.01$); #表示与粗粉组比, 微切助粉组差异显著($P<0.05$)。图 3 柑橘皮粉对小鼠血清中抗体含量的影响($n=10$)Fig. 3 Effect of citrus peel powder on the content of serum antibodies in mice ($n=10$)注: *表示与对照组比, 差异极显著($P<0.01$); #表示与粗粉组比, 微切助粉组差异显著($P<0.05$); ##表示与粗粉组比, 微切助粉组差异极显著($P<0.01$)。图 4 柑橘皮粉对小鼠血清中血红蛋白和 SOD 值的影响($n=10$)Fig. 4 Effect of citrus peel powder on serum hemoglobin and SOD value in mice ($n=10$)注: *表示与对照组比, 差异极显著($P<0.01$); #表示与粗粉组比, 微切助粉组差异显著($P<0.05$)。

3.2 柑橘皮对二甲苯所致小鼠耳肿胀的影响

柑橘皮粉对二甲苯所致小鼠耳肿胀的影响见表 1。由表 1 结果可以看出, 与对照组相比, 阿司匹林、柑橘皮粗粉和微切助粉均极显著地降低了小鼠的耳肿胀($P<0.01$), 分别比对照组降低了 61.41%、33.97%和 33.79%。同时, 柑橘皮粗粉和微切助粉的耳肿胀抑制率分别为 71.7%和 74.3%, 说明柑橘皮能有效地抑制二甲苯所致小鼠耳肿胀的程度, 并且抗炎效果接近阳性对照组阿司匹林, 表明柑橘皮具有非常好的抗炎作用。该结果与其他研究报道一致, 推测柑橘精油或黄酮类化合物可能是柑橘皮具有抗炎功能的主要物质^[1,24,25]。

3.3 柑橘皮对小鼠负重游泳时间的影响

由图 5 结果可知, 对照组、柑橘皮粗粉组和微切助粉组小鼠的负重游泳时间分别为(4.67 ± 0.18) min、(5.79 ± 0.24) min 和(6.88 ± 0.27) min。与对照组相比, 柑橘皮粗粉和微切助粉均极显著地延长了小鼠的负重游泳时间($P<0.01$), 分别是对照组的 1.24 倍和 1.47 倍, 表明柑橘皮具有良好的抗

疲劳作用,该结果与马森等^[14]的研究报道相一致。而且,与粗粉组相比,柑橘皮微切助粉显著地延长了小鼠的负重游泳时间($P<0.05$),提高了 18.83%,说明柑橘皮微切助粉的抗疲劳效果优于其粗粉,体现了微切变-助剂互作技术的优越性。

表 1 柑橘皮粉对二甲苯所致小鼠耳肿胀的影响($n=10$)
Table 1 Effect of citrus peel powder on xylene-induced ear swelling of mice ($n=10$)

分组	耳肿胀(mg)	耳肿胀率(%)	耳肿胀抑制率(%)
对照组	11.04 ± 0.25	57.6	0
阿司匹林组	4.26±0.37*	8.1	85.9
粗粉组	7.29±0.44*	16.3	71.7
微切助粉组	7.31±0.51*	14.8	74.3

注: *表示与对照组比,差异极显著($P<0.01$)。

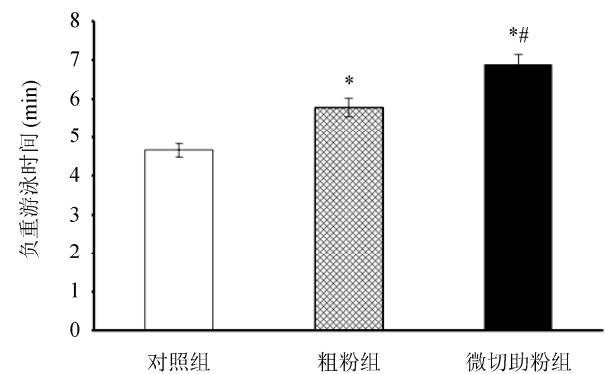


图 5 柑橘皮粉对小鼠负重游泳时间的影响($n=10$)

Fig. 5 Effect of citrus peel powder on loaded-swimming time of mice ($n=10$)

注: *表示与对照组比,差异极显著($P<0.01$); #表示与粗粉组比,微切助粉组差异显著($P<0.05$)。

3.4 柑橘皮对戊巴比妥钠所致小鼠镇静催眠的影响

由图 6 结果可知,对照组、柑橘皮粗粉组和微切助粉组小鼠的入睡时间分别为(6.59 ± 0.36) min、(4.47 ± 0.14) min 和(4.26 ± 0.28) min。与对照组相比,柑橘皮粗粉和微切助粉均能极显著地缩短戊巴比妥钠所致小鼠的入睡时间($P<0.01$),并且接近阳性对照组地西洋的效果。而且,与对照组(11.22 ± 1.55) min 相比,柑橘皮粗粉和微切助粉均极显著地延长了小鼠的睡眠持续时间($P<0.01$),分别为(19.89 ± 2.32) min 和(26.18 ± 1.67) min,表明柑橘皮对小鼠具有良好的镇静和催眠作用。该结果与其他学者的研究一致,柠檬苦素是柑橘皮具有镇静、催眠作用的主要活性物质^[26]。

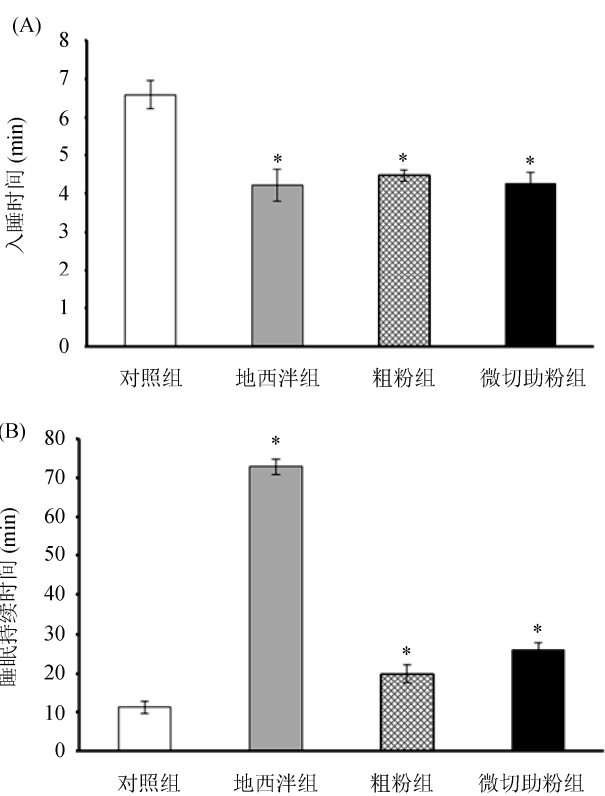


图 6 柑橘皮粉对戊巴比妥钠所致小鼠镇静催眠的影响($n=10$)

Fig. 6 Effect of citrus peel powder on sedative and hypnotic functions of mice induced by pentobarbital sodium ($n=10$)

注: *表示与对照组比,差异极显著($P<0.01$)。

4 结 论

本研究采用微切变-助剂互作技术处理柑橘皮制备微切助粉,并研究其对小鼠保健功能的影响。实验结果表明,柑橘皮具有提高小鼠机体免疫力、抗炎、抗疲劳、镇静催眠的作用,而且柑橘皮微切助粉的保健效果明显优于其粗粉,显示了该技术的优越性。总之,本研究可为柑橘皮药理功能的研究和合理综合利用奠定重要的基础。

参考文献

[1] 郭辉,张斌,钱俊青. 柑橘皮精油分离纯化工艺及其抗炎活性研究[J]. 食品工业, 2014, 35(1): 168–171.
Guo H, Zhang B, Qian JQ. Purification technology and anti-inflammatory activity for essential oil from citrus peel [J]. Food Ind, 2014, 35(1): 168–171.
[2] Braddock R.J. By-products of citrus fruit [J]. Food Technol, 1996, 49(9): 74, 76–77.
[3] 陈纯馨,赖兴华,袁毅桦,等. 从柑桔皮中提取香精油的技术研究[J]. 佛山大学学报, 1997, 15(2): 68–72.
Chen CX, Lai XH, Yuan YH, et al. Technical study on obtaining perfume essential oil from orange peel [J]. J Foshan Univ, 1997, 15(2): 68–72.
[4] 丁晓雯. 柑桔皮提取液抗氧化及其它保健功能研究[D]. 重庆: 西南农业大学, 2004.

- Ding XW. Study on anti-oxidation and other healthy function of the extracts from citrus peel [D]. Chongqing: Southwest Agricultural University, 2004.
- [5] 方政, 高彦祥. 柑橘加工副产物中有效成分开发利用的研究进展[J]. 中国食品添加剂, 2005, (4): 9-13.
- Fang Z, Gao YX. Progress in research on utilization of the effective components in by-products of citrus processing [J]. China Food Addit, 2005, (4): 9-13.
- [6] 汪海波, 汪芳安, 潘从道. 柑橘皮果胶的改进提取工艺研究[J]. 食品科学, 2007, 28(2): 136-141.
- Wang HB, Wang FA, Pan CD. Study on improved pectin extraction method from orange peel [J]. Food Sci, 2007, 28(2): 136-141.
- [7] 王健, 黄国林. 柑橘皮中果胶的萃取方法研究进展[J]. 四川食品与发酵, 2007, 43(4): 12-15.
- Wang J, Huang GL. Progress of extraction methods of pectin in citrus skin [J]. Sichuan Food Ferment, 2007, 43(4): 12-15.
- [8] Boldyrev VV, Tkáčová K. Mechanochemistry of solids: past, present and prospects [J]. J Mater Synth Process, 2000, 8(3/4): 121-132.
- [9] Liu Y, Jin LJ, Li XY, et al. Application of mechanochemical pretreatment (MCPT) to aqueous extraction of isofraxidin from *Eleutherococcus senticosus* [J]. Ind Eng Chem Res, 2007, 46(20): 6584-6589.
- [10] Jin LJ, Li HQ, Wu FF, et al. Application of mechanochemical pretreatment prior to aqueous extraction of eleutheroside B from *Eleutherococcus senticosus* [J]. Ind Eng Chem Res, 2012, 51(32): 10695-10701.
- [11] 刘莹, 金礼吉, 徐永平, 等. 机械化学法辅助提取刺五加总黄酮的工艺研究[J]. 时珍国医国药, 2007, 18(12): 2889-2891.
- Liu Y, Jin LJ, Xu YP, et al. Optimization of the mechanochemical assisted extraction of total flavonoids from *Eleutherococcus senticosus* [J]. Lishizhen Med Mater Med Res, 2007, 18(12): 2889-2891.
- [12] Li HQ, Jin LJ, Wu FF, et al. Effect of red pepper (*Capsicum frutescens*) powder or red pepper pigment on the performance and egg yolk color of laying hens [J]. Asian-Austr J Anim Sci, 2012, 25(11): 1605-1610.
- [13] 宋春娜, 王洋, 金礼吉, 等. 微切助剂互作技术辅助提取穿心莲内酯的工艺研究[J]. 时珍国医国药, 2008, 19(11): 2638-2641.
- Song CN, Wang Y, Jin LJ, et al. Optimization of the mechanochemical assisted extraction of andrographolide from *Andrographis paniculata* [J]. Lishizhen Med Mater Med Res, 2008, 19(11): 2638-2641.
- [14] 马森. 甾体柑橘皮和柑橘皮的抗缺氧、抗疲劳作用[J]. 畜牧兽医杂志, 2010, 29(2): 14-19.
- Ma S. The effects of anti-fatigue and anti-hypoxia of citrus suavisima peel and orange peel [J]. J Anim Sci Vet Med, 2010, 29(2): 14-19.
- [15] 张会新, 刘洪雨, 刘畅, 等. 黑木耳多糖对小鼠免疫功能的影响[J]. 动物医学进展, 2009, 30(7): 23-25.
- Zhang HX, Liu HY, Liu C, et al. Effect of polysaccharides from *Auricularia auricular* on immunologic function in mice [J]. Progr Vet Med, 2009, 30(7): 23-25.
- [16] 段博文, 李运, 刘昕, 等. 柳茶多糖对小鼠免疫功能的影响[J]. 中国中药杂志, 2010, 35(11): 1466-1469.
- Duan BW, Li Y, Liu X, et al. Effect of polysaccharides in processed *Sibiraea* on immunologic function of immunosuppression mice [J]. China J Chin Mater Med, 2010, 35(11): 1466-1469.
- [17] 王辰, 尹小萍, 陈邦添, 等. 广西甜茶提取物的抗炎作用研究[J]. 中国药房, 2010, 21(31): 2891-2893.
- Wang C, Yin XP, Chen BT, et al. Anti-inflammatory effects of the extract of *Rubus scuaivissimus* cultivated in Guangxi [J]. China Pharm, 2010, 21(31): 2891-2893.
- [18] 朱爱江, 方步武, 吴咸中, 等. 芍药甘草汤的抗炎作用研究[J]. 天津医药, 2009, 37(2): 120-124.
- Zhu AJ, Fang BW, Wu XZ, et al. Study on anti-inflammation effect of Shaogan decoction [J]. Tianjin Med J, 2009, 37(2): 120-124.
- [19] 杨帆, 王莹, 蔡东联, 等. 人参蚂蚁药酒对小鼠的抗疲劳作用[J]. 氨基酸和生物资源, 2011, 33(1): 1-3.
- Yang F, Wang Y, Cai DL, et al. Study of anti-fatigue effects of Ginseng-Ant Medicinal Liquor on mice [J]. Amino Acids Biotic Resour, 2011, 33(1): 1-3.
- [20] 梁桂英, 付艳萍, 栾添. 蒲公英水提液对小鼠抗疲劳作用的研究[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(33): 20402-20403.
- Liang GY, Fu YP, Luan T. Study on effect of HERBA TARAXACI decoction on the anti-fatigue of mice [J]. J Anhui Agric Sci, 2011, 39(33): 20402-20403.
- [21] 贺敏, 金若敏, 田雪松, 等. 三七颗粒镇静催眠作用的初步研究[J]. 辽宁中医杂志, 2009, 36(8): 1418-1419.
- He M, Jin RM, Tian XS, et al. Research the sedative-hypnotic effect of Sanqi granules [J]. Liaoning J Tradit Chin Med, 2009, 36(8): 1418-1419.
- [22] 周莉莉, 任超, 李思远, 等. 东亚钳蝎提取物的镇静催眠作用研究[J]. 时珍国医国药, 2011, 22(2): 393-394.
- Zhou LL, Ren C, Li SY, et al. Research the sedative-hypnotic effect of *Buthus martensii* Karch extraction [J]. Lishizhen Med Mater Med Res, 2011, 22(2): 393-394.
- [23] 金治萃, 胡萌, 白莲花, 等. 桔皮注射液对免疫功能的影响[J]. 内蒙古医学杂志, 1993, 13(2): 1-3.
- Jin ZC, Hu Y, Bai LH, et al. Effect on immune function of orange peel injection [J]. Inner Mong Med J, 1993, 13(2): 1-3.
- [24] 彭燕, 盛雪飞, 吴丹, 等. 柑橘属中黄酮类化合物的研究与应用进展[J]. 食品与发酵工业, 2009, 35(7): 113-118.
- Peng Y, Sheng XF, Wu D, et al. Progress in research and application of citrus flavonoids [J]. Food Ferment Ind, 2009, 35(7): 113-118.
- [25] 陈嘉景, 彭昭欣, 石梅艳, 等. 柑橘中类黄酮的组成与代谢研究进展[J]. 园艺学报, 2016, 43(2): 384-400.
- Chen JJ, Peng ZX, Shi MY, et al. Advances in on flavonoid composition and metabolism in citrus [J]. Acta Hort Sin, 2016, 43(2): 384-400.
- [26] 周玉付, 沈媛媛, 周志钦, 等. 柑橘类柠檬苦素抗癌活性研究进展[J]. 中国细胞生物学学报, 2011, 33(5): 548-553.
- Zhou YF, Shen YY, Zhou ZQ, et al. Anticancer activities of citrus limonoids [J]. Chin J Cell Biol, 2011, 33(5): 548-553.

(责任编辑: 姚菲)

作者简介



吴菲菲, 博士, 硕士生导师, 主要研究方向为食品生物技术与安全。
E-mail: wufeifei0414@163.com



李化强, 博士, 硕士生导师, 主要研究方向为食品生物技术与安全。
E-mail: biohqff@163.com