

DOI: 10.12161/j.issn.1005-6521.2025.02.010

金银花产品物理特性及解酒护肝功效评价

王丽,张明,王崇队,范棋,吴茂玉,和法涛,郑晓冬,马超*

(中华全国供销合作总社 济南果品研究所,山东 济南 250014)

摘要:以金银花原料为主,辅以其他药食同源类物质(菊花、麦芽、陈皮、茯苓、薄荷、葛根),设计一款金银花解酒护肝复方功能性食品。采用提取、浓缩、喷雾干燥技术分别制作金银花单方粉和金银花复方粉,并从物理特性及功效方面进行研究。在物理特性方面,与单方粉相比,金银花解酒护肝复方粉流动性好,水溶性指数大、溶解性好;在抗氧化活性方面,金银花复方粉 DPPH 自由基清除率达到 70.40%,羟基自由基清除率达到 96.25%,均优于金银花单方粉;在斑马鱼酒精性肝损伤模型中,金银花复方粉增加肝脏荧光面积及荧光强度更明显,具有更好的酒精性肝损伤保护作用。

关键词:金银花;功能性食品;抗氧化;解酒护肝;斑马鱼

Evaluation of the Physical Properties of Honeysuckle Product and Its Effects of Relieving Alcohol Intoxication and Protecting Liver

WANG Li, ZHANG Ming, WANG Chongdui, FAN Qi, WU Maoyu, HE Fatao, ZHENG Xiaodong, MA Chao*

(Jinan Fruit Research Institute, China Supply and Marketing Cooperatives, Jinan 250014, Shandong, China)

Abstract: A honeysuckle-based compound functional food for relieving alcohol intoxication and protecting the liver was designed, supplemented with other medicinal and edible homologous substances such as chrysanthemum, malt, tangerine peel, poria cocos, mint, and pueraria. Using extraction, concentration, and spray-drying techniques, both honeysuckle single powder and honeysuckle compound powder were prepared, and their physical properties and effects were studied. In terms of physical properties, compared to the single powder, the honeysuckle compound powder for relieving alcohol intoxication and protecting the liver exhibited better flowability, a higher water solubility index, and better solubility. Regarding antioxidant activity, the DPPH radical scavenging capacity of honeysuckle compound powder reached 70.40%, and the hydroxyl radical scavenging capacity reached 96.25%, both of which were superior to those of the honeysuckle single powder. In a zebrafish model of alcoholic liver injury, the honeysuckle compound powder more significantly increased the fluorescence area and intensity of the liver, demonstrating a better protective effect against alcoholic liver injury.

Key words: honeysuckle; functional foods; anti-oxidation; relieving alcohol intoxication and protecting the liver; zebrafish

引文格式:

王丽,张明,王崇队,等.金银花产品物理特性及解酒护肝功效评价[J].食品研究与开发,2025,46(2):69-75.

WANG Li, ZHANG Ming, WANG Chongdui, et al. Evaluation of the Physical Properties of Honeysuckle Product and Its Effects of Relieving Alcohol Intoxication and Protecting Liver[J]. Food Research and Development, 2025, 46(2): 69-75.

金银花又名双花、忍冬花等,是我国传统中药材,性味甘、寒,归肺、心、胃经,有清热解毒、疏散风热之功效,食用历史悠久^[1-2]。作为药食同源食品,金银花广泛应用于食品、药品及保健品领域^[3]。虽然金银花的

功效众多,但市面上的金银花功能食品主要集中在清热解酒、利咽润喉等功效,其解酒护肝功能开发不足^[4-6]。因此,金银花保肝利胆、解酒护肝产品在市场上具有较大的发展前景。

基金项目:山东省重点研发计划项目(2022TZXD0036、LJNY202105)

作者简介:王丽(1989—),女(汉),助理研究员,硕士,研究方向:天然产物提取及功能食品研发。

*通信作者:马超(1982—),男(汉),研究员,博士,研究方向:农产品精深加工。

古书《神农本草经·序别》记载：“药有君臣佐使，以相宣摄合和，宜用一君二臣三佐五使，又可一君三臣九佐使也”^[7]。以金银花为君药，起到清热解毒、保肝利胆的功效；薄荷、菊花作为臣药，协助君药散风清热、平肝疏肝；麦芽、茯苓、葛根作为佐助药，辅助君臣起到健脾生津、消胀等作用；陈皮为使药，起到引药入经的作用。前期研究利用金银花为原料，同时选择其他几种药食同源的食材，利用中医“君臣佐使”配伍原理，设计一款功能性食品，得到以下组方：金银花 30 g、麦芽 10 g、菊花 15 g、陈皮 15 g、茯苓 10 g、薄荷 10 g、葛根 10 g。各成分主从有序、相互协同、相互制约，既有明确的分工，又有密切的配合，非常严谨，最终体现出保肝护肝的功效^[8-9]。研究表明，肝脏的发病机理与自由基引发的脂质过氧化有着密切的关系，因此，研究金银花产品抗氧化作用对明确其解酒护肝作用有一定帮助。

斑马鱼具有体型小、繁殖快、培育简单快捷的特点，其在胚胎发育时期身体透明可见，显微镜下易于观察，是继大鼠与小鼠以后的第三大模式生物^[10]。通过乙醇处理建立肝脏荧光转基因斑马鱼酒精肝损伤模型，研究金银花产品对乙醇引起的斑马鱼肝损伤的保护作用，对金银花功能性食品的开发具有一定的参考价值^[11-12]。

因此，为明确上述配伍组方的金银花解酒护肝功能性食品的功效，本研究以金银花为主要原料，通过对比金银花单方产品及复方产品中的有效成分含量、物理性质、体外抗氧化性能、斑马鱼体内解酒护肝功效评价等指标，最终明确金银花复方产品的物理性质及解酒护肝功效特点，以期为实现产品技术转化提供参考。

1 材料与方 法

1.1 材料与试剂

金银花、菊花、麦芽、陈皮、茯苓、薄荷、葛根：亳州市东联药业有限公司。

野生型斑马鱼 AB 品系、肝脏荧光转基因斑马鱼品系(SWS20220710)：山东省科学院；无水乙醇、盐酸、氯化钠、氢氧化钠、1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazyl, DPPH)标准品、异丁醇、磷酸二氢钠、磷酸氢二钠、铁氰化钾、氯化亚铁、硫酸铁、水杨酸、双氧水、乙醇(均为分析纯)：国药集团化学试剂有限公司；甲基纤维素、培养板、玻璃片：鼎国昌盛生物科技有限公司；麦芽糊精(食品级)：山东西王糖业有限公司。

1.2 仪器与设备

BT-9300H 激光粒度分析仪：丹东市百特仪器有限公司；MA160-1CN 水分测定仪：赛多利斯科学仪器(北京)有限公司；DGG-9070B 电热恒温鼓风干燥箱：上海

森信实验仪器有限公司；ME104 电子天平：瑞士梅特勒-托利多仪器有限公司；SHA-B 双功能水浴恒温振荡器：江苏杰瑞尔电器有限公司；UV1000 紫外分光光度计：上海天美科学仪器有限公司；TDL-5-A 离心机低速大容量多管离心机：上海安亭科学仪器厂；600 system 高效液相色谱仪：美国 Waters 公司；2487 紫外检测器、2996 二极管阵列检测器、717 自动进样器：上海仪电分析仪器有限公司；H-Spray 5S 喷雾干燥机：北京霍尔斯生物科技有限公司；SZX16 型荧光显微镜、DP2-BSW 图像采集系统：日本 Olympus 公司；3111 型水套式 CO₂ 培养箱：美国 Forma 公司；ESEN-AW-S1 型斑马鱼养殖饲养设备：北京爱生科技发展有限公司；Phenom Pro 扫描电子显微镜：荷兰复纳科学仪器有限公司。

1.3 方 法

1.3.1 金银花单方粉及复方粉得制备

1.3.1.1 金银花单方粉的制备

取金银花 200 g，粉碎后加水 10 倍，沸水煎 0.5 h，重复 3 次，合并滤液并浓缩，得浓缩液 4 000 mL，测定其固形物含量为 5.6%，加入麦芽糊精 0.523 kg(麦芽糊精含量 70%)。使用喷雾干燥机对溶液进行喷雾，设定进风温度 170 ℃，排风温度 106 ℃，雾化器转速为 40 Hz，最终得粉 467.5 g^[13]。

1.3.1.2 金银花复方粉的制备

称量麦芽 20 g、菊花 30 g、金银花 60 g、陈皮 30 g、茯苓 20 g、薄荷 20 g、葛根 20 g，共 200 g。加入 10 倍量的热水煎煮 0.5 h，重复 3 次，合并滤液并浓缩，浓缩后得到 4 000 mL 浓缩液，经检测得固形物含量为 7.6%，加入麦芽糊精 0.709 kg(麦芽糊精含量 70%)，用喷雾干燥机对溶液进行喷雾，设定进风温度 170 ℃，排风温度 106 ℃，雾化器转速为 40 Hz，最终得粉 462.7 g。

1.3.2 金银花单方粉与复方粉粉体性质测定

1.3.2.1 金银花单方粉与复方粉的粒径测定

通过激光粒度分析仪测定两种粉剂的粒径，粒径越小则其分散性越好，溶解性能越好^[13-17]。

1.3.2.2 振实密度的测定

分别称取 10 g 粉体(金银花单方粉或金银花复方粉)，移入 50 mL 量筒中，振实，直至量筒内物料体积不再变化，读取物料体积，重复测量 3 次，取平均值，振实密度计算公式如下。

$$P = \frac{m}{V}$$

式中： P 为振实密度，g/mL； m 为物料质量，g； V 为物料体积，mL。

1.3.2.3 松密度的测定

准确称取 5 g(M , g)粉体(金银花单方粉、金银花复方粉)，将其小心移入 50 mL 量筒中，将量筒水平方向轻轻摇动，使粉体上表面尽量平整，记录此时粉体的

体积(V, mL)。松密度($p, \text{g/mL}$)计算公式如下。

$$p = \frac{M}{V}$$

1.3.2.4 休止角的测定

在平静状态下,将粉体堆积斜面与底部水平面所夹的角规定为休止角。将 10 g 粉经过漏斗倒在水平面上,使得粉体呈自然堆积状。测量粉堆高度(h, cm)及其粉堆半径(r, cm),休止角($\theta, ^\circ$)根据以下公式进行计算。

$$\theta = \arctan\left(\frac{h}{r}\right)$$

1.3.2.5 水分测定

参考 GB/T 5528—2008《动植物油脂水分及挥发物含量测定》中的方法进行水分测定。

1.3.2.6 水溶性指数(water solubility index, WSI)测定

称取金银花单方粉及复方粉各 1 g(M_0),分别放置于 100 mL 三角瓶中,加入 40 mL 蒸馏水,充分混匀后在 80 °C 恒温水浴条件下处理 30 min,冷却后移入 50 mL 离心管中,在室温下 6 000 r/min 离心 10 min,取上清液置于预先称质量的干燥烧杯(M_1, g)中,先用酒精灯加热除去绝大部分水分,然后在 105 °C 温度下干燥,最后将干燥好的样品与烧杯称质量(M_2, g)。水溶性指数($W, \%$)采用如下公式计算^[14]。

$$W = (M_2 - M_1) / M_0 \times 100$$

式中: W 为水溶性指数,%; M_1 为干燥烧杯的质量,g; M_2 为干燥好的样品+烧杯总质量,g。

1.3.2.7 抗氧化活性的测定

样品溶液的制备:各取样品 2.000 g(以纯品计),以 1:50 的质量比加入 70% 的乙醇溶液,在 70 °C 恒温水浴锅中振荡提取 3 h,提取后的样液以 3 000 r/min 离心 5 min,取上清液备用,浓度为 40 mg/mL^[18-22]。

1) DPPH 自由基清除能力测定

各取 2 mL 样品溶液和 2 mL DPPH 溶液(0.2 mmol/L)放入试管中,充分混匀后避光静置 30 min,在 517 nm 处测定其吸光度 A_1 。同法测定 2 mL 样品溶液和 2 mL 无水乙醇混合后的吸光度 A_2 和 2 mL DPPH 溶液加入 2 mL 纯化水的吸光度 A_0 。DPPH·清除率($D, \%$)计算公式如下。

$$D = \left(1 - \frac{A_1 - A_2}{A_0}\right) \times 100$$

2) 羟基自由基清除能力测定

分别取 1 mL 样品溶液加入到试管中,依次加入 1 mL 8 mmol/L FeSO_4 溶液、1 mL 8 mmol/L 水杨酸-乙醇溶液、1 mL 8 mmol/L H_2O_2 。充分混匀后静置 1 h,在 510 nm 测定吸光度 A_2 。用纯化水替代样品测得吸光度 A_0 ;用纯化水替代 H_2O_2 测得吸光度 A_1 。羟基自由基清除率($O, \%$)计算公式如下。

$$O = \left(1 - \frac{A_2 - A_1}{A_0}\right) \times 100$$

1.3.2.8 金银花单方粉与复方粉的扫描电子显微镜鉴别

分别将金银花单方粉与复方粉的样品通过双面胶贴在进样台上,均匀平铺压实,用扫描电子显微镜进行群体和个体的观察,重点观察样品的表面结构和微观结构^[23]。

1.3.3 金银花单方粉及复方粉的解酒护肝功效分析

1.3.3.1 酒精性肝损伤动物模型的建立

参考陈灿滨^[24]的方法,以健康肝脏荧光转基因斑马鱼品系为模型,在受精卵发育到 3 dpf 时,以 0.9% 的乙醇诱导,在乙醇脱氢酶的催化下脱氢氧化,致使机体三羧酸循环障碍、脂肪酸氧化减弱,进而影响脂肪代谢,致使脂肪在肝细胞内沉积,形成脂肪肝,肝脏染色变深,同时肝脏结构发生改变,如肝脏肿大、肝脏发生变性、卵黄囊吸收延迟等,造模成功。

1.3.3.2 安全性剂量确定

设置金银花单方粉及复方粉样品组浓度为 12.5、25、50、100、200、400、800、1 600、3 200 $\mu\text{g/mL}$ 。

选用受精后 3 d(3 dpf)的健康野生型斑马鱼 AB 品系,转移至 6 孔板的样孔中,每孔 20 条。设置空白对照组给予斑马鱼养殖水;样品组给予不同浓度的样品溶液,置于 28.5 °C 的恒温培养箱中培养,每天光照/黑暗时间为 14 h/10 h,每天更换新鲜鱼水。在扫描电子显微镜下观察,并对其死亡数目进行统计学分析^[25]。

1.3.3.3 肝脏保护功效评价

设置金银花单方粉及复方粉样品组浓度为均为 25、50、100、200、400 $\mu\text{g/mL}$ 。选用发育 3 dpf 的肝脏荧光转基因斑马鱼品系,脱膜后转移至 6 孔板,每孔 20 条。空白对照组给予斑马鱼养殖水;模型组为 0.9% 的乙醇溶液;两个样品组分别给予不同浓度的样品溶液,置于 28.5 °C 的恒温培养箱中培养至 4 dpf。然后在荧光显微镜下观察、拍照,以 Image-J 软件统计斑马鱼肝脏荧光面积和强度,根据荧光面积和荧光强度反映肝脏的受损程度,肝脏的荧光面积和强度越大说明肝脏受损程度越小,完整性越好^[26]。

1.4 数据处理

采用 SPSS 20.0 进行数据处理,所有试验均重复 3 次,采用 Origin 9.0 进行图形处理,数据以平均值 \pm 标准差表示, $P < 0.05$ 表示具有统计学意义。

2 结果与分析

2.1 金银花单方粉及复方粉理化性质及抗氧化指标

金银花单方粉及复方粉基本理化指标及抗氧化指标见表 1。

通过测定中位径确定两种粉剂的粒径大小,产品

表1 金银花单方粉及复方粉基本理化及抗氧化指标

Table 1 Basic physicochemical indexes of honeysuckle single powder and compound powder

品种	中位径/ μm	振实密度/(g/mL)	松密度/(g/mL)	休止角/ $^\circ$	水分含量/%	水溶性指数/%	DPPH·清除率/%	羟基自由基清除率/%
金银花单方粉	55.86 \pm 3.12	0.760 \pm 0.032	0.385 \pm 0.041	29.90 \pm 2.18	3.52 \pm 0.05	95 \pm 3	62.50 \pm 3.30	83.30 \pm 2.34
金银花复方粉	51.13 \pm 2.11	0.582 \pm 0.063	0.500 \pm 0.022	25.90 \pm 2.90	3.89 \pm 0.08	99 \pm 5	70.40 \pm 4.70	96.25 \pm 4.56

粒径的大小对固体饮料类产品的稳定性至关重要。产品的粒径越大,越容易在重力作用下析出沉淀;粒径越小说明其分散性越好,溶解性能越好,越容易制成可溶性的固体饮料^[4]。由表1可以看出,在粒径分布方面,金银花单方粉与复方粉差异不大,分散性及溶解性能均较好,这说明喷雾干燥工艺对金银花单方粉及复方粉粉体的粒径影响不大,这两个产品均适合固体饮料剂型的开发。

松密度是指松散颗粒堆积体的平均密度,包括颗粒的内外孔和颗粒间的空隙。松密度小的微粒孔隙率大,质量轻,填充体积大,流动性差;松密度大的微粒孔隙率小,质量大,填充体积小,流动性好,有利于制成粉剂固体饮料剂型^[5]。通过表1松密度数值比较得出,金银花单方粉松密度较小,装填体积大,流动性差;金银花复方粉的松密度较大,装填体积小,流动性较好。这有利于后期的产品包装工序的实现。

休止角是评价粉体流动性的重要参数,粉体休止角越小,流动性越好,越容易进行粉剂产品的制备。从表1可以看出,金银花单方粉及复方粉的休止角均小于 30° ,两者流动性均较好,金银花复方粉的休止角比

金银花单方粉小,说明其流动性更好,用其做成粉剂剂型的固体饮料,生产工艺更易实现。

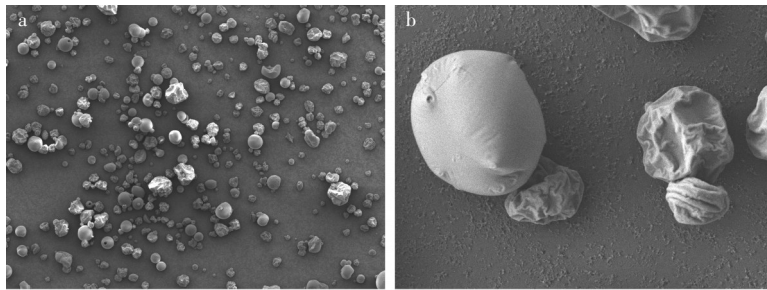
在相同贮藏条件下,金银花复方粉的水分含量更高,这说明其吸水性好,溶解性好;从水溶性指数可以看出,金银花复方粉的水溶性指数大,溶解性能好^[9],有利于制作固体饮料,但要更加注意其产品的储存条件。

羟基自由基是生物体过氧化性损伤的主要原因,它的形成会受到物理和化学因素的影响,如辐射损伤等^[18]。由表1可知,金银花复方粉的DPPH自由基清除能力及羟基自由基清除能力均高于单方粉,侧面明确了金银花复方粉的解酒护肝活性^[7]。

综上,选择金银花复方粉做基料,进行解酒护肝固体饮料的开发及生产加工具有一定的优势。

2.2 金银花单方粉与复方粉的扫描电子显微镜鉴别结果

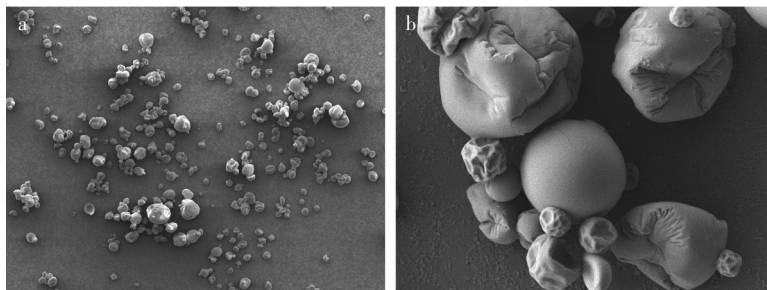
由于金银花单方粉及复方粉的粒径范围分布在 $5\sim 200\ \mu\text{m}$,具有高放大倍数的扫描电子显微镜可以更加清楚地观察到两种粉的表面及内部结构^[18]。金银花单方粉及复方粉扫描电子显微镜结果见图1和图2。



a. 放大100倍的表面结构;b. 放大500倍的表面结构。

图1 金银花单方粉扫描电子显微镜图

Fig.1 Electron microscopy of honeysuckle single powder



a. 放大100倍的表面结构;b. 放大500倍的表面结构。

图2 金银花复方粉扫描电子显微镜图

Fig.2 Electron microscopy of honeysuckle compound powder

由图1、图2可以看出,以麦芽糊精作为填充剂制备的金银花单方粉及复方粉颗粒形状近似球形,微观结构相差不大。因喷雾干燥机的进气量不能达到稳定状态,导致水分蒸发速率不同,所以制成的粉剂形成的形状、尺寸、大小不完全一致,有少量粉粒表面凹陷或者破裂。由于制备时高温瞬时蒸发水分,蒸发速率不同会形成粉粒体表面凹陷,蒸汽的热膨胀也会引起囊膜的破裂,形成孔洞以及囊体表面的裂痕^[21]。

2.3 金银花单方粉及复方粉产品功效评价试验结果

2.3.1 样品安全剂量确定

将金银花单方粉及复方粉两个样品进行安全剂量确定试验,结果如表2和表3所示。

表2 金银花单方粉剂量对斑马鱼幼鱼存活率的影响

Table 2 Safe dose of honeysuckle single powder to juvenile zebrafish

浓度/($\mu\text{g/mL}$)	存活率/%		
	4 dpf	5 dpf	6 dpf
0(空白对照组)	100.0 \pm 0.0	100.0 \pm 0.0	100.0 \pm 0.0
12.5	100.0 \pm 0.0	100.0 \pm 0.0	100.0 \pm 0.0
25	100.0 \pm 0.0	100.0 \pm 0.0	100.0 \pm 0.0
50	100.0 \pm 0.0	100.0 \pm 0.0	100.0 \pm 0.0
100	100.0 \pm 0.0	100.0 \pm 0.0	100.0 \pm 0.0
200	100.0 \pm 0.0	100.0 \pm 0.0	100.0 \pm 0.0
400	100.0 \pm 0.0	100.0 \pm 0.0	80.1 \pm 8.9
800	100.0 \pm 0.0	100.0 \pm 0.0	79.1 \pm 10.4
1 600	88.4 \pm 9.7	88.4 \pm 10.2	77.1 \pm 10.3*
3 200	89.2 \pm 9.2	82.1 \pm 8.5*	51.4 \pm 9.9**

注:与对照组相比,*表示差异显著, $P < 0.05$;**表示差异极显著, $P < 0.01$ 。

表3 金银花复方粉剂量对斑马鱼幼鱼存活率的影响

Table 3 Safe dose of honeysuckle compound powder to juvenile zebrafish

浓度/($\mu\text{g/mL}$)	存活率/%		
	4 dpf	5 dpf	6 dpf
0(空白对照组)	100.0 \pm 0.0	100.0 \pm 0.0	100.0 \pm 0.0
12.5	100.0 \pm 0.0	100.0 \pm 0.0	100.0 \pm 0.0
25	100.0 \pm 0.0	100.0 \pm 0.0	100.0 \pm 0.0
50	100.0 \pm 0.0	100.0 \pm 0.0	100.0 \pm 0.0
100	100.0 \pm 0.0	100.0 \pm 0.0	100.0 \pm 0.0
200	100.0 \pm 0.0	100.0 \pm 0.0	100.0 \pm 0.0
400	100.0 \pm 0.0	100.0 \pm 0.0	80.2 \pm 9.5
800	100.0 \pm 0.0	100.0 \pm 0.0	80.2 \pm 8.8
1 600	89.6 \pm 10.2	89.6 \pm 10.2	73.2 \pm 11.6*
3 200	90.2 \pm 9.2	80.2 \pm 8.9*	52.7 \pm 9.9**

注:与对照组相比,*表示差异显著, $P < 0.05$;**表示差异极显著, $P < 0.01$ 。

由表2、表3可知,经金银花单方粉及复方粉不同剂量的样品(0、12.5、25、50、100、200、400、800、1 600、3 200 $\mu\text{g/mL}$)处理斑马鱼幼鱼,在400 $\mu\text{g/mL}$ 以下剂量,均未引起斑马鱼死亡,当剂量为400 $\mu\text{g/mL}$ 时,6 dpf的斑马鱼死亡率升高。当浓度为1 600 $\mu\text{g/mL}$

时,均出现斑马鱼幼鱼死亡。1 600 $\mu\text{g/mL}$ 剂量两种样品均开始出现沉淀,达到最大溶解度,两个样品的活性也导致斑马鱼的耐受性下降,根据以上结果,确定两种样品的安全剂量均不超过800 $\mu\text{g/mL}$ 。

2.3.2 金银花样品对酒精性肝损伤的保护作用

给与不同剂量的金银花单方粉及复方粉样品,检测其对斑马鱼酒精性肝损伤的保护作用,具体情况如图3~图6。

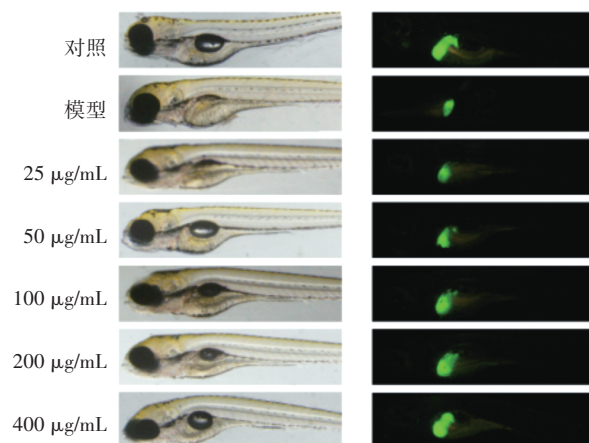
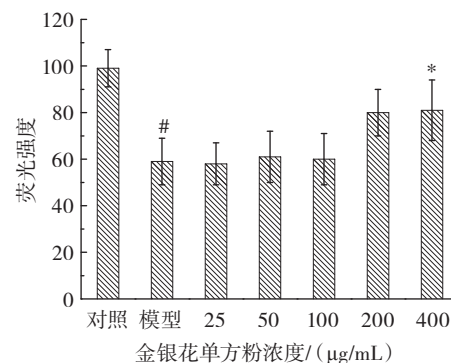
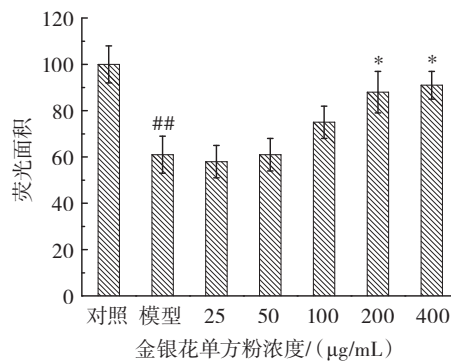


图3 金银花单方粉对酒精性肝损伤斑马鱼的影响

Fig.3 Protective effect of honeysuckle single powder on alcoholic liver injury in zebrafish



##表示与空白对照组相比差异极显著, $P < 0.01$;#表示与空白对照组相比差异显著, $P < 0.05$;*表示与模型组相比差异显著, $P < 0.05$ 。

图4 金银花单方粉样品对酒精性肝损伤斑马鱼的影响

Fig.4 Protective effect of honeysuckle single powder on alcoholic liver injury in zebrafish

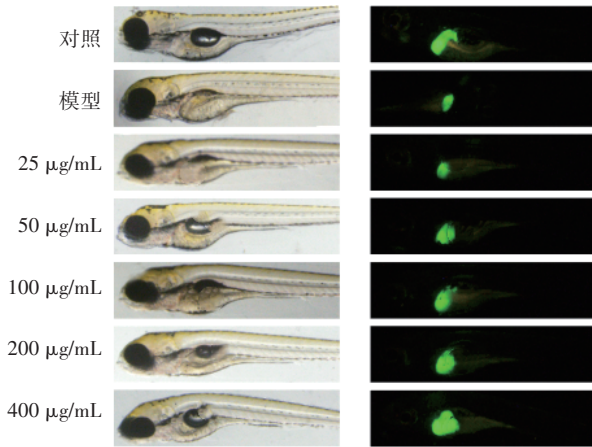
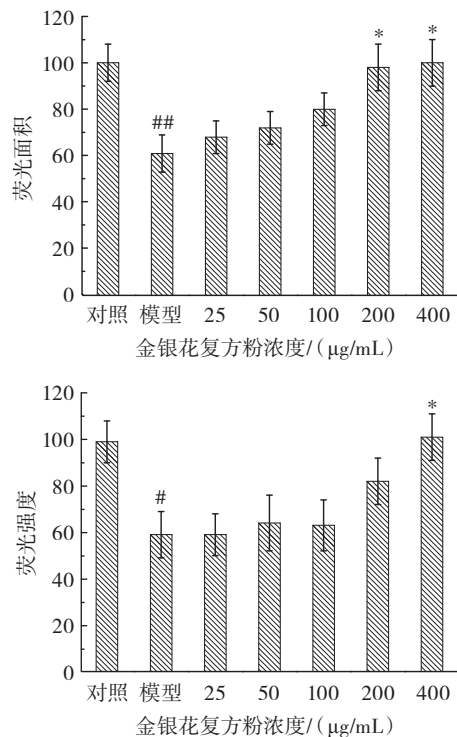


图5 金银花复方粉样品对酒精性肝损伤斑马鱼的影响

Fig.5 Protective effect of honeysuckle compound powder on alcoholic liver injury in zebrafish



##表示与空白对照组相比差异极显著, $P < 0.01$; #表示与空白对照组相比差异显著, $P < 0.05$; *表示与模型组相比差异显著, $P < 0.05$ 。

图6 金银花复方样品对酒精性肝损伤斑马鱼的影响

Fig.6 Protective effect of honeysuckle compound powder on alcoholic liver injury in zebrafish

由图3~图6可知,与对照组相比,模型组(0.9%乙醇组)肝脏荧光面积及荧光强度显著降低,具有统计学差异,说明造模成功^[25];与模型组相比,金银花单方粉及复方粉在浓度200、400 μg/mL时都可以显著增加肝脏的荧光面积,其中金银花复方粉比单方粉的作用更强;400 μg/mL剂量的金银花单方粉及复方粉都可以显著增加肝脏的荧光强度,金银花复方粉较单方粉在增加肝脏荧光面积上更明显。金银花复方粉在

400 μg/mL时,荧光面积及荧光强度均大于单方粉,这说明金银花复方粉对酒精性肝损伤方面具有更好的保护作用^[26]。

3 结论

本研究以中医理论为基础,利用“君臣佐使”配伍原理,设计了一款金银花解酒护肝复方产品,经对其进行粉体物理性质、抗氧化活性以及斑马鱼解酒护肝功效评价等研究,最终结果表明,金银花解酒护肝复方粉与金银花单方粉相比,流动性好,水溶性指数大、溶解性好;在抗氧化活性方面,DPPH自由基清除率达到70.40%,羟基自由基清除率达到96.25%,抗氧化活性更强;金银花单方粉及复方粉处理野生型斑马鱼AB的安全剂量为不超过800 μg/mL;200、400 μg/mL金银花单方粉及复方粉均可以增加肝脏的荧光面积,且具有统计学差异;400 μg/mL金银花单方粉及复方粉均可以增加肝脏的荧光面积,增加荧光强度。两种样品相比较而言,金银花复方粉在增加肝脏荧光面积、增强荧光强度方面比金银花单方粉更有优势,金银花复方粉在解酒护肝方面具有更好的作用。

参考文献:

- 胡凯基,王浩楠,袁卉霞.我国金银花研究进展浅析[J].河北北方学院学报(自然科学版),2022,195(7):38-42.
HU Kaiji, WANG Haonan, YUAN Huiyu. Analysis on the progress of Chinese honeysuckle research[J]. Journal of Hebei North University (Natural Science Edition), 2022, 195(7): 38-42.
- 李松涛,葛岚岚,肖凌云,等.金银花化学成分的抗病毒作用研究进展[J].新发传染病电子杂志,2020,5(2):136-139.
LI Songtao, GE Lanlan, XIAO Lingyun, et al. Research progress on antiviral effects of chemical constituents of *Lonicera japonica* flos [J]. Electronic Journal of Emerging Infectious Diseases, 2020, 5(2): 136-139.
- 吴娇,王聪,于海川.金银花中的化学成分及其药理作用研究进展[J].中国实验方剂学杂志,2019,25(4):225-234.
WU Jiao, WANG Cong, YU Haichuan. Chemical constituents and pharmacological effect of *Lonicerae japonicae* Flos[J]. China Industrial Economics, 2019, 25(4): 225-234.
- WANG S, YANG L, HOU A J, et al. Screening hepatoprotective effective components of *Lonicerae japonica* Flos based on the spectrum-effect relationship and its mechanism exploring[J]. Food Science and Human Wellness, 2023, 12(1): 283-294.
- 罗进,黄成,周静仪,等.金银花的功能活性及其健康产品开发研究进展[J].现代食品,2022,28(17):73-76,87.
LUO Jin, HUANG Cheng, ZHOU Jingyi, et al. Research progress on functional activity and health product development of *Lonicerae japonicae* flos[J]. Modern Food, 2022, 28(17): 73-76, 87.
- 王婷婷,赵敏,隋园园,等.金银花保健功能及开发利用研究进展[J].中国果菜,2020,40(10):32-39.
WANG Tingting, ZHAO Min, SUI Yuanyuan, et al. Research progress on health function and utilization of honeysuckle[J]. China Fruit & Vegetable, 2020, 40(10): 32-39.
- BI X L, GONG M R, DI L Q. Review on prescription compatibility of Shaoyao Gancao Decoction and reflection on pharmacokinetic

- compatibility mechanism of traditional Chinese medicine prescription based on *in vivo* drug interaction of main efficacious components[J]. Evidence - Based Complementary and Alternative Medicine: ECAM, 2014, 2014: 208129.
- [8] MAI L Y, LI Y X, CHEN Y, et al. Applications of mathematical statistics methods on compatibility researches of traditional Chinese medicines formulae[J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2014, 39(10): 1749-1756.
- [9] 龙天键, 许二平. 方剂配伍理论研究述评[J]. 中医学报, 2021, 36(8): 1663-1667.
LONG Tianjian, XU Erping. Summary and discussion of prescription compatibility theory[J]. Acta Chinese Medicine, 2021, 36(8): 1663-1667.
- [10] 张洪亚, 王振国, 刘邦刚, 等. 石榴酒体外及斑马鱼体内抗氧化活性研究[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(19): 18-23.
ZHANG Hongya, WANG Zhenguo, LIU Banggang, et al. Research in the antioxidant activity of pomegranate wine *in vitro* and zebrafish *in vivo*[J]. Food Research and Development, 2017, 38(19): 18-23.
- [11] JIN Lingtai, ZHANG Ming, FANG Shuangqi, et al. Study on lowering uric acid effect and component analysis of drug food homologous compound based on zebrafish model[J]. Science and Technology of Food Industry, 2023, 44(19): 410-416.
- [12] ZHANG Y Y, LI Q, WANG F Z, et al. A zebrafish (*danio rerio*) model for high-throughput screening food and drugs with uric acid-lowering activity[J]. Biochemical and Biophysical Research Communications, 2019, 508(2): 494-498.
- [13] 李杰, 陈道鸽, 王兵兵, 等. 水热法提取金银花中绿原酸的工艺研究[J]. 食品研究与开发, 2018, 39(2): 62-67.
LI Jie, CHEN Daoge, WANG Bingbing, et al. Study on extraction process of chlorogenic acid from *Flos lonicerae* by hydrothermal method[J]. Food Research and Development, 2018, 39(2): 62-67.
- [14] 张明, 熊永星, 孟晓峰, 等. 蒸汽爆破耦合超微粉碎技术对灵芝子实体粉体品质及理化特性的影响[J]. 食品科技, 2021, 46(12): 69-76.
ZHANG Ming, XIONG Yongxing, MENG Xiaofeng, et al. Effect of steam explosion coupled ultrafine grinding technology on the powder quality and physical and chemical properties of *Ganoderma lucidum* fruit body[J]. Food Science and Technology, 2021, 46(12): 69-76.
- [15] ZHAO X Y, YANG Z B, GAI G S, et al. Effect of superfine grinding on properties of ginger powder[J]. Journal of Food Engineering, 2009, 91(2): 217-222.
- [16] LECUMBERRI E, MATEOS R, IZQUIERDO-PULIDO M, et al. Dietary fibre composition, antioxidant capacity and physico-chemical properties of a fibre-rich product from cocoa (*Theobroma cacao* L.) [J]. Food Chemistry, 2007, 104(3): 948-954.
- [17] BAI Y X, LI Y F. Preparation and characterization of crosslinked porous cellulose beads[J]. Carbohydrate Polymers, 2006, 64(3): 402-407.
- [18] 王崇队, 张明, 杨立凤, 等. 牡丹花蕊超微粉体制备工艺及理化特性[J]. 食品工业, 2021(10): 140-144.
WANG Chongdui, ZHANG Ming, YANG Lifeng, et al. Preparation technology and physicochemical properties of ultrafine powder of peony stamens[J]. Food Industry, 2021(10): 140-144.
- [19] 姜茗轩, 张红兵, 李冉, 等. 金银花主要活性成分及内生菌研究进展[J]. 河北省科学院学报, 2022, 39(5): 7-13.
JIANG Mingxuan, ZHANG Hongbing, LI Ran, et al. Research progress on main active components and endophytic bacteria of Honey-suckle[J]. Journal of Hebei Academy of Sciences, 2022, 39(5): 7-13.
- [20] 王荣, 秦兰, 王娜娜, 等. 石榴皮、金银花、牡丹复配物体外抗氧化作用评价[J]. 广州化工, 2022, 50(15): 57-59, 64.
WANG Rong, QIN Lan, WANG Nana, et al. Evaluation of antioxidant effects of pomegranate peel, honeysuckle and peony compound [J]. Guangzhou Chemicals, 2022, 50(15): 57-59, 64.
- [21] LI C C, TANG Y, GU F W, et al. Phytochemical analysis reveals an antioxidant defense response in *Lonicera japonica* to cadmium-induced oxidative stress[J]. Scientific Reports, 2022, 12(1): 6840.
- [22] GOLUBEV D, ZEMSKAYA N, SHEVCHENKO O, et al. Honey-suckle extract (*Lonicera pallasii* L.) exerts antioxidant properties and extends the lifespan and healthspan of *Drosophila melanogaster* [J]. Biogerontology, 2022, 23(2): 215-235.
- [23] 刘斯博. 亚麻籽油微胶囊的制备及其释放性能研究[D]. 郑州: 河南工业大学, 2016.
LIU Sibao. Preparation and release properties of flaxseed oil microcapsules[D]. Zhengzhou: Henan University of Technology, 2016.
- [24] 陈灿滨. 酒精性脂肪肝斑马鱼模型的建立及白凤菜保肝护肝作用研究[D]. 漳州: 闽南师范大学, 2016.
CHEN Canbin. Establishment of zebrafish model of alcoholic fatty liver and study on hepatoprotective effect of white phoenix vegetable[D]. Zhangzhou: Minnan Normal University, 2016.
- [25] XIA Q, LIU K C, JIA Z L, et al. The hepatoprotective effects of squid gonad phospholipids on fatty liver disease in zebrafish[J]. Food Bioscience, 2020, 35: 100592.
- [26] JIA Z L, CEN J, WANG J B, et al. Mechanism of isoniazid-induced hepatotoxicity in zebrafish larvae: Activation of ROS - mediated ERS, apoptosis and the Nrf2 pathway[J]. Chemosphere, 2019, 227: 541-550.

责任编辑:张璐

收稿日期:2023-02-23