

麦冬亲水成分分析及提取物对大鼠急性酒精性肝损伤的保护作用

陈光宇^{1,2,3}, 饶 智^{1,2,3}, 谢梦洲^{1,2,3*}, 瞿昊宇^{1,2,3}, 李 亮^{1,2,3}, 何 群¹

(1. 湖南中医药大学药食同源功能性食品工程技术研究中心, 湖南 长沙 410208; 2. 湖南中医药大学中医心肺病证辨证与药膳食疗重点实验室, 湖南 长沙 410208; 3. 湖南中医药大学中医诊断学湖南省重点实验室, 湖南 长沙 410208)

摘要: **目的** 分析麦冬亲水成分, 并探究提取物对大鼠急性酒精性肝损伤的保护作用。**方法** 采用超高效反相/亲水色谱-四极杆-飞行时间质谱 (UPLC/HILIC-Q-TOF-MS) 法、分子排阻色谱-示差折光法、网络药理-分子对接技术测定水提冻干粉及多糖、果糖、酚酸提取物中亲水成分, 预测解酒护肝活性。大鼠随机分为正常组、模型组、麦冬水提冻干粉组、麦冬多糖提取物组、麦冬果糖提取物组、麦冬酚酸提取物组、3-*O*-对香豆酰奎宁酸组, 每组 9 只, 分别预防性给药 14 d 后, 除正常组外其余各组大鼠给予 50% 乙醇 (14 mL/kg) 建立急性酒精性肝损伤模型, 根据血清 ALT、AST、LDH、TG、VLDL 水平结合肝组织病理学变化分析各提取物及 3-*O*-对香豆酰奎宁酸活性作用的强弱。**结果** 从各提取物中鉴定出 103 种亲水成分及分子量为 6 000、4 000 Da 的多糖类成分, 并发现 3-*O*-对香豆酰奎宁酸、对羟基肉桂酸甲酯。对大鼠急性酒精性肝损伤保护作用依次为麦冬酚酸提取物=麦冬果糖提取物=3-*O*-对香豆酰奎宁酸>麦冬多糖提取物>麦冬水提冻干粉。**结论** 麦冬果糖、酚酸提取物、3-*O*-对香豆酰奎宁酸对大鼠急性酒精性肝损伤具有保护作用。

关键词: 麦冬; 亲水成分; 提取物; 急性酒精性肝损伤; 超高效反相/亲水色谱-四极杆-飞行时间质谱 (UPLC/HILIC-Q-TOF-MS); 分子排阻色谱-示差折光法; 网络药理-分子对接技术

中图分类号: R285.5; R927.2

文献标志码: B

文章编号: 1001-1528(2024)02-0584-06

doi: 10.3969/j.issn.1001-1528.2024.02.038

研究表明, 二百多种疾病与过度饮酒有关, 过度饮酒会导致酒精性肝损伤, 损伤健康状态^[1], 而麦冬多糖提取物对肝损伤具有保护作用^[2-4]。目前, 国内外对于麦冬化学成分研究大多集中在多糖、黄酮、皂苷类成分^[5-9], 而鲜有涉及有机酸、生物碱、酚酸、苷类等亲水性成分, 并且未明确多糖类成分的分子量。本实验利用水煎提取-大孔树脂吸附分离-制备色谱纯化、冷冻干燥等方法制备麦冬多糖、果糖、酚酸提取物及水提冻干粉等亲水性部位, 采用超高效反相/亲水色谱-四极杆-飞行时间质谱 (UPLC/HILIC-Q-TOF-MS) 法、分子排阻色谱-示差折光法、网络药理-分子对接技术分析提取物中亲水成分, 预测其解酒护肝活性, 再建立大鼠急性酒精性肝损伤模型, 根据血清 ALT、AST、LDH、TG、VLDL 水平结合肝组织病理学变化分析其活性作用强弱, 以期以麦冬为原料的水煎制剂开发提供依据。

1 材料

1.1 动物 SD 大鼠 63 只, 体质量 (240±10) g, 4~6 周龄, 购自湖南斯莱克景达实验动物有限公司, 实验动物生产许可证号 SCXK (湘) 2020-0002, 饲养于湖南中医药大学

学动物房, 饲养环境为室温 (25±1)℃, 自由饮食, 适应性饲养 7 d, 观察其一般状况。研究经湖南中医药大学动物伦理委员会批准 (批号 LL2020123001)。

1.2 试剂与药物 麦冬 (批号 20201019, 产地四川绵阳) 购自湖南省音爽生物科技有限公司, 经湖南省中医药大学药植鉴定教研室王智副教授鉴定为正品。ALT、AST、LDH、TG、VLDL ELISA 试剂盒均购自江苏晶美生物科技有限公司。3-*O*-对香豆酰奎宁酸 (批号 M31HB182895)、葡聚糖 T100 (批号 H29M11B114192)、葡聚糖 T50 (批号 H23S11B125400)、葡聚糖 T20 (批号 M01GS142715)、葡聚糖 T10 (批号 A19GS145781)、葡聚糖 T5 (批号 N08GS166773)、葡聚糖 T2 (批号 H21S8B44410)、葡聚糖 T1 (批号 A14GS157734) 对照品均购自上海源叶生物科技有限公司, 纯度均>98%。乙腈 (批号 18100306LM01), 甲醇 (批号 17111204LM01) 均为色谱纯, 购自瑞典 Oceanpak 公司; 无水乙醇为分析纯, 购自上海沃凯生物技术有限公司; 水为超纯水。

1.3 仪器 Exion LC AD 型超高效液相色谱仪、3500 型三

收稿日期: 2022-09-28

基金项目: 湖南省教育厅科学研究基金项目 (18B237); 湖南省药食同源工程中心开放基金项目 (2018YSTY02)

作者简介: 陈光宇 (1988—), 男, 硕士, 实验师, 研究方向为药食同源功能性食品。E-mail: chenguanguyu58@126.com

* 通信作者: 谢梦洲 (1964—), 女, 博士, 教授, 研究方向为中医药膳学。E-mail: 1173511369@qq.com

网络出版日期: 2022-12-29

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/31.1368.R.20221228.1337.001.html>

重四级杆质谱仪、X-500R 型飞行时间四极杆质谱仪（美国 AB Sciex 公司）；GPCCleanup600 型制备色谱仪（北京莱伯泰科仪器股份有限公司）；iMaik 型酶标仪（美国 Bio-Rad 公司）；ADS-7 型大孔树脂、ADS-5C 型制备色谱填料（天津南开和成科技有限公司）。

2 方法与结果

2.1 麦冬多糖、果糖、酚酸提取物及水提冻干粉制备 称取麦冬 2.0 kg，切碎，分别加 15、10 倍量水煎煮 2、1.5 h，合并 2 次煎液，滤过，得水煎滤液，取 1/4 量，在 50℃ 下减压浓缩至生药量 1 g/mL，冷冻干燥，即得水提冻干粉；其余以 2.5 BV/h 匀速流过大孔树脂柱，1 BV 水以 2.5 BV/h 匀速淋洗大孔树脂柱，收集合并流出液和水洗液，在 50℃ 下减压浓缩至 1 000 mL，加入 95% 乙醇至 5 000 mL，静置 4 h 以上，4 000 r/min 离心 10 min，溶液分层为沉淀和上清液，收集沉淀，在 50℃ 下减压干燥 8 h，即得多糖提取物。收集上清液，在 50℃ 下减压浓缩至 300 mL，即得果糖提取物。5 BV 20% 乙醇以 1.5 BV/h 匀速淋洗大孔树脂柱，收集洗脱液，在 50℃ 下减压浓缩至 200 mL，经制备色谱柱，以水为流动相，以 10 mL/min 匀速淋洗制备色谱柱，根据制备色谱图所示信号（图 1）收集 100~400 min 流出液作为馏分，在 50℃ 下减压浓缩至 20 mL，加无水乙醇 180 mL、乙酸乙酯 400 mL、石油醚（60~90℃）300 mL，静置 4 h 以上，4 000 r/min 离心 10 min，沉淀在 50℃ 下减压干燥 8 h，其间沉淀颜色由黑变深黄，即得麦冬酚酸提取物。然后，测得水提冻干粉、多糖提取物、果糖提取物、酚酸提取物得率分别为 50.71%、42.15%、4.10%、0.008 87%。

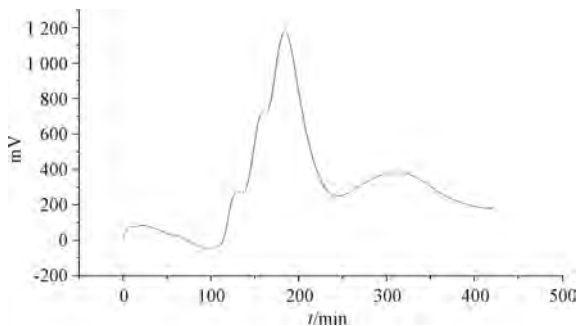


图 1 麦冬酚酸提取物馏分制备色谱图

2.2 UPLC/HILIC-Q-TOF-MS 法分析亲水成分

2.2.1 反相色谱空白对照品溶液制备 取适量水，12 000 r/min 离心 10 min，即得。

2.2.2 亲水色谱空白对照品溶液制备 取适量 80% 乙腈，12 000 r/min 离心 10 min，即得。

2.2.3 反相色谱供试品溶液制备 取“2.1”项下各提取物适量，制成质量浓度分别为 49.860、33.675、0.080、10.187 mg/mL 的溶液，12 000 r/min 离心 10 min，取上清液，即得。

2.2.4 亲水色谱供试品溶液制备 精密吸取“2.2.3”项下反相色谱供试品溶液 1 mL，精密加入 9 mL 80% 乙腈，摇

匀，12 000 r/min 离心 10 min，取上清液，即得。

2.2.5 反相色谱条件 Waters ACQUITY UPLC® BEH C₁₈ 色谱柱（2.1 mm×100 mm，1.7 μm）；流动相乙腈（A）-0.1% 甲酸（B），梯度洗脱（0~10 min，10% A；10~45 min，10%~90% A；45~49 min，90% A；49~50 min，90%~10% A；50~60 min，10% A）；体积流量 0.3 mL/min；柱温 25℃；进样量 10 μL。

2.2.6 亲水色谱条件 Waters ACQUITY UPLC® BEH Amid 色谱柱（2.1 mm×150 mm，1.7 μm）；流动相乙腈（A）-水（B），梯度洗脱（0~10 min，100% A；10~20 min，100%~70% A；20~30 min，70% A；30~32.5 min，70%~100% A；32.5~45 min，100% A）；体积流量 0.3 mL/min；柱温 35℃；进样量 10 μL。

2.2.7 质谱条件 电喷雾离子源（ESI），正负离子模式；质量扫描范围 m/z 100~1 000；喷雾电压 5 500、-4 500V；雾化气温度 550℃；气帘气 35 psi（1 psi=6.895 kPa）；辅助气、雾化气 50 psi；碰撞能量（35±15）eV。TOF/MS 一级预扫描、TOF/MS/MS 二级扫描离子累积时间分别为 100、1 150 ms，触发二级扫描的方法为信息依赖扫描（IDA），条件为多重质量亏损（MMDF）、动态背景扣除（DBS），满足者优先进行。麦冬各提取物的液质总离子流图见图 2。

2.2.8 3-*O*-对香豆酰奎宁酸、对羟基肉桂酸甲酯的结构分析 母离子 m/z 337.093 [M-H]⁻ 开环苷键断裂并丢失 OH，产生碎片离子 m/z 191.055、163.039，119.050 [M-H]⁻ 进一步丢失 COOH，产生碎片离子 m/z 119.050 [M-H]⁻，推测该化合物为 3-*O*-对香豆酰奎宁酸，其二级质谱图及裂解途径见图 3。

母离子 m/z 177.055 [M-H]⁻ 丢失 CH₃，产生碎片离子 m/z 162.320，进一步丢失 OH，产生碎片离子 m/z 145.029，进一步丢失 CO，产生碎片离子 m/z 117.034，推测该化合物为对羟基肉桂酸甲酯，其二级质谱图及裂解途径见图 4。

2.2.9 结果 根据化合物准确相对分子质量及其碎片信息，参考相关文献，并与对照品、SCIEX 公司天然产物谱库对照，共鉴定出 103 种亲水成分，具体见图 5。由此可知，水提冻干粉、多糖提取物、果糖提取物、酚酸提取物分别存在 45、21、34、42 种该类成分。

2.3 网络药理-分子对接技术预测提取物成分活性 参考文献 [10-12] 报道，利用 SwissTargetPrediction 数据库预测麦冬酚酸提取物成分作用于 228 个靶点，选择其中度值排名前 20 位的作用靶点，通过 KEGG 预测可以作用于 57 条通路，其中可以从 MAO 靶点调控酒精中毒信号通路，见图 6。再根据 MAO（1S3B）靶点蛋白计算麦冬各提取物成分结合能大小，作为其活性评价依据，部分成分结合情况见图 7，在 103 种成分中结合能排名前 20 位的成分见表 1。

2.4 分子排阻色谱串联示差折光法分析提取物中糖类成分分子量

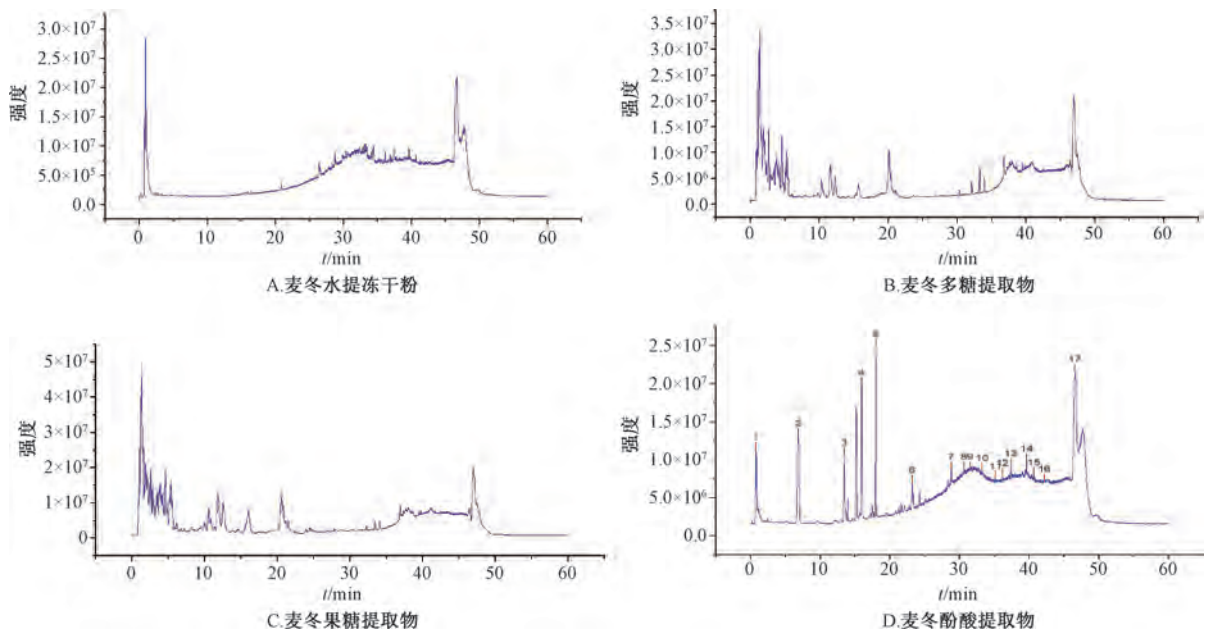


图 2 麦冬提取物 UPLC-Q-TOF-MS/MS 总离子流图

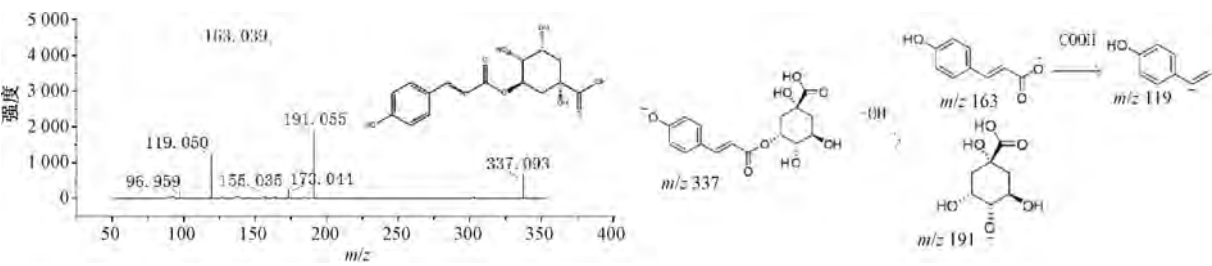


图 3 3-O-对香豆酰奎宁酸的二级质谱及裂解图

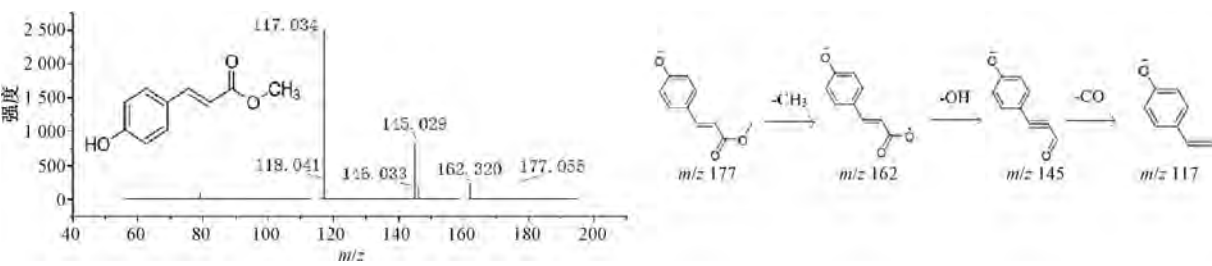


图 4 对羟基肉桂酸甲酯的二级质谱及裂解图

表 1 麦冬各提取物成分与靶蛋白 MAOB 的结合能

编号	成分	结合能/(kJ·mol ⁻¹)	编号	成分	结合能/(kJ·mol ⁻¹)
1	重楼皂苷 I	-10.00	11	积雪草酸	-8.30
2	麦冬皂苷 D'	-9.70	12	鹅脱氧胆酸	-8.20
3	木犀草苷	-9.10	13	对羟基肉桂酸甲酯	-8.20
4	6-醛基异麦冬黄酮酮 A	-9.10	14	大黄酮-8-O-β-D-葡萄糖苷	-8.20
5	短葶山麦冬皂苷 C	-8.80	15	桔红素	-8.10
6	灵芝烯酸 C	-8.60	16	防己内酯	-8.10
7	灵芝酸 C2	-8.60	17	紫花前胡苷	-8.00
8	苦杏仁苷	-8.50	18	甲基麦冬高异黄酮 A	-8.00
9	3-O-对香豆酰奎尼酸	-8.50	19	隐绿原酸	-7.80
10	川陈皮素	-8.40	20	绿原酸	-7.70

2.4.1 空白对照溶液制备 取适量水，过 0.22 μm 微孔滤膜，即得。

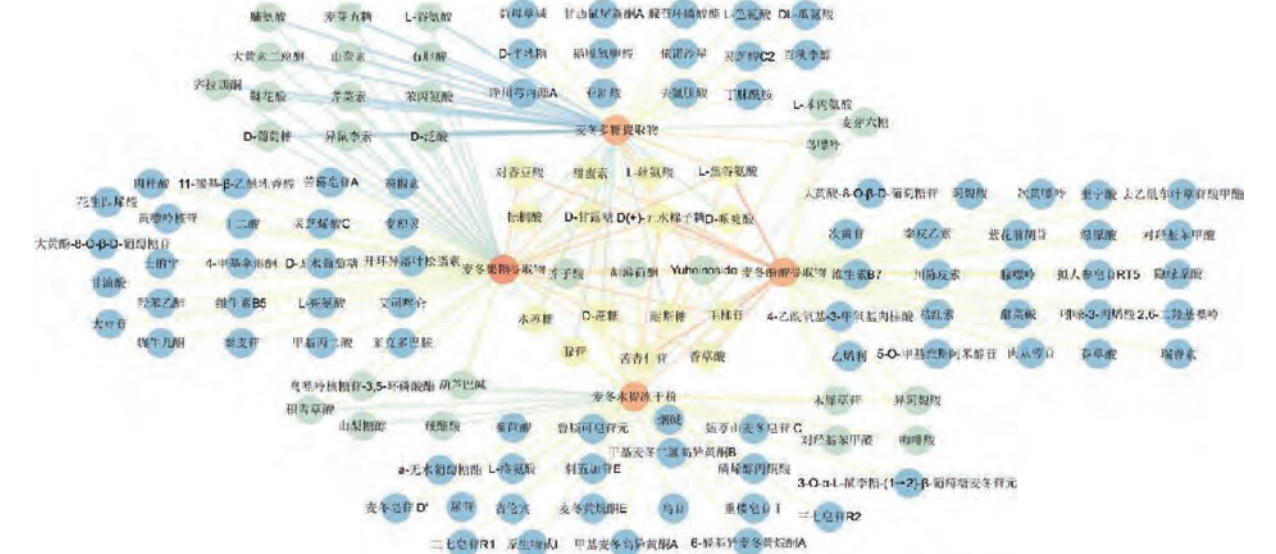


图 5 麦冬提取物亲水成分

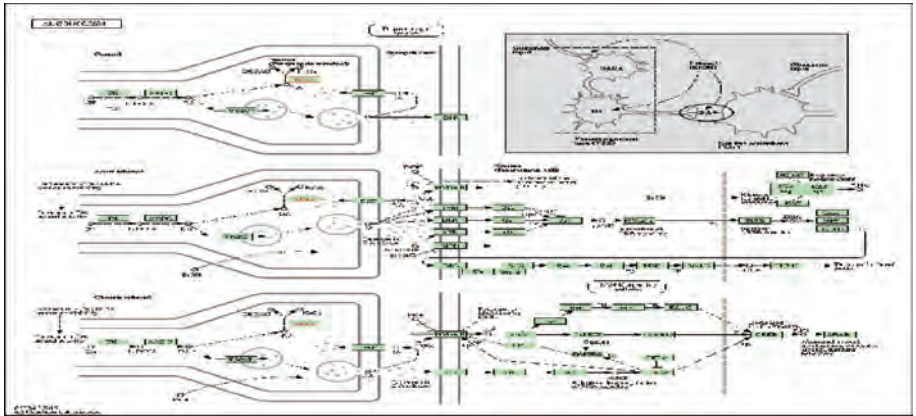


图 6 麦冬酚酸提取物在酒精中毒信号通路中作用靶点

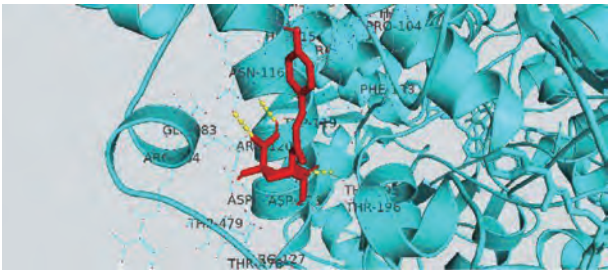


图 7 3-O-对香豆酰奎宁酸与 MAOB 靶蛋白的分子对接模式

2.4.2 分子量对照品溶液制备 制备质量浓度为 10.11、10.35、10.21、10.32、10.04、11.32、10.01 mg/mL 的葡聚糖 T100、T50、T20、T10、T5、T2、T1（分子量分别为 100 000、50 000、20 000、10 000、5 000、2 000、1 000 Da）溶液，即得。

2.4.3 供试品溶液制备 按“2.2.3”项下方法制备，即得。

2.4.4 分子排阻色谱条件 Shodex SUGAR KS-804 色谱柱（8.0 mm×300 mm，7 μm）；流动相水，等度洗脱（0~30

min）；体积流量 0.5 mL/min；柱温 50 ℃；进样量 10 μL；示差折光检测，色谱图见图 8，发现有分子量为 1 000、1 600、4 000、6 000、70 000、110 000、170 000 Da 的多糖类成分。

2.5 麦冬各提取物、3-O-对香豆酰奎宁酸对大鼠急性酒精性肝损伤模型的影响 参考文献 [13] 报道。

2.5.1 分组、给药与取材 63 只大鼠随机分为正常组、模型组、麦冬水提冻干粉组、麦冬多糖提取物组、麦冬果糖提取物组、麦冬酚酸提取物组、3-O-对香豆酰奎宁酸组，每组 9 只，给药组大鼠灌胃给予 450.30、498.60、67.35、0.27、0.25 mg/mL 水提冻干粉及多糖、果糖、酚酸提取物，3-O-对香豆酰奎宁酸溶液（10 mL/kg），每天 1 次，正常组、模型组大鼠灌胃给予等体积纯化水，连续 14 d。除正常组外，其余各组大鼠于第 15 天一次性灌胃给予 50%乙醇（14 mL/kg），正常组大鼠灌胃给予等体积纯化水，禁食 16 h，腹腔注射 60 mg/kg 戊巴比妥钠溶液麻醉后腹主动脉取血和肝组织。

2.5.2 统计学分析 通过 SPSS 16.0 软件进行处理，数据以

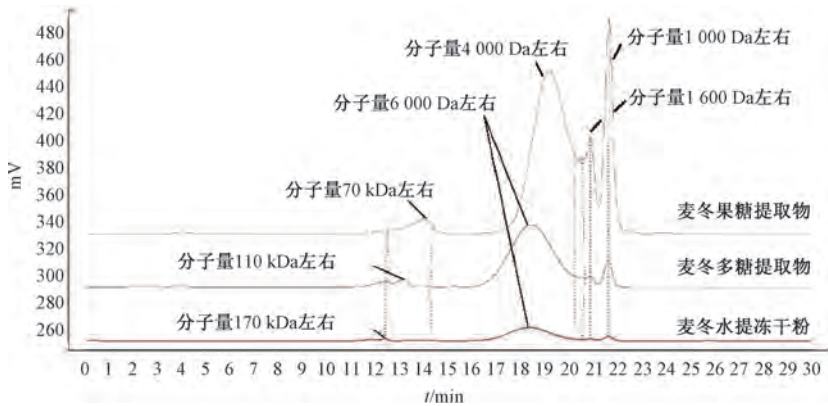


图 8 麦冬提取物分子排阻色谱图

($\bar{x}\pm s$) 表示, 采用 95% 可信区间重叠法计算误差区间, 组间比较采用正态性检验。 $P<0.05$ 表示差异具有统计学意义。

2.5.3 麦冬各提取物对大鼠血清 ALT、AST、LDH、TG、VLDL 水平的影响 将大鼠血液于 4℃、4 000 r/min 下离心 15 min, 取上清液, 检测血清谷丙转氨酶 (ALT)、谷草转氨酶 (AST)、乳酸脱氢酶 (LDH)、甘油三酯 (TG)、极

低密度脂蛋白 (VLDL) 水平, 严格按照相关试剂盒说明书操作, 结果见表 2。由此可知, 与正常组比较, 模型组大鼠血清 ALT、AST、LDH、TG、VLDL 水平升高 ($P<0.01$); 与模型组比较, 给药组大鼠血清 ALT、AST、LDH、TG、VLDL 水平降低 ($P<0.01$)。

表 2 各组大鼠血清 ALT、AST、LDH、TG、VLDL 水平比较 ($\bar{x}\pm s$, $n=8$)

组别	LDH/(pg·mL ⁻¹)	TG/(pg·mL ⁻¹)	VLDL/(pg·mL ⁻¹)	ALT/(pg·mL ⁻¹)	AST/(pg·mL ⁻¹)
正常组	35.44±3.14	10.15±0.92	17.52±0.69	75.78±3.63	407.70±16.73
模型组	40.64±2.71 ^{##}	11.84±1.04 ^{##}	19.01±0.80 ^{##}	87.79±3.93 ^{##}	498.60±14.16 ^{##}
麦冬水提冻干粉组	36.97±1.52 ^{**}	11.42±0.58	17.54±0.76 ^{**}	73.11±3.95 ^{**}	421.40±13.62 ^{**}
麦冬多糖提取物组	33.88±1.84 ^{**}	11.27±0.45	19.36±0.94	70.00±3.46 ^{**}	422.90±15.34 ^{**}
麦冬果糖提取物组	32.91±3.27 ^{**}	10.04±0.92 ^{**}	17.99±0.28 ^{**}	71.58±3.18 ^{**}	430.70±13.76 ^{**}
麦冬酚酸提取物组	29.32±3.04 ^{**}	9.911±0.14 ^{**}	16.28±1.25 ^{**}	71.25±3.51 ^{**}	437.50±14.58 ^{**}
3-O-对香豆酰奎宁酸组	32.38±3.48 ^{**}	9.758±0.68 ^{**}	17.12±0.79 ^{**}	72.43±3.75 ^{**}	424.30±15.42 ^{**}

注: 与正常组比较, ^{##} $P<0.01$; 与模型组比较, ^{**} $P<0.01$ 。

2.5.4 肝脏病理学检查 将各组大鼠肝脏左叶置于 10% 福尔马林溶液中固定, 经过乙醇脱水、石蜡包埋后, 每个肝组织制成 5 μm 超薄切片, 进行常规苏木精、伊红染色, 在显微镜下连续观察整张组织切片中脂滴在肝脏的分布范围和面积, 结果见图 9。由此可知, 正常组大鼠肝细胞完整, 肝细胞索排列整齐, 颜色鲜艳, 胞浆内无脂滴分布, 肝组织无异常病变; 与正常组比较, 模型组大鼠肝组织结构模

糊, 肝索紊乱, 肝细胞出现较多脂滴空泡, 伴有炎症细胞浸润, 表明一次性给予大量酒精对大鼠肝脏造成损伤; 与模型组比较, 各给药组大鼠肝细胞均可见有一定炎症细胞浸润, 但麦冬水提冻干粉组、麦冬多糖提取物组、麦冬果糖提取物组、麦冬酚酸提取物组、3-O-对香豆酰奎宁酸组大鼠肝细胞脂滴空泡明显减少, 肝索排列较为整齐, 结构趋于正常。

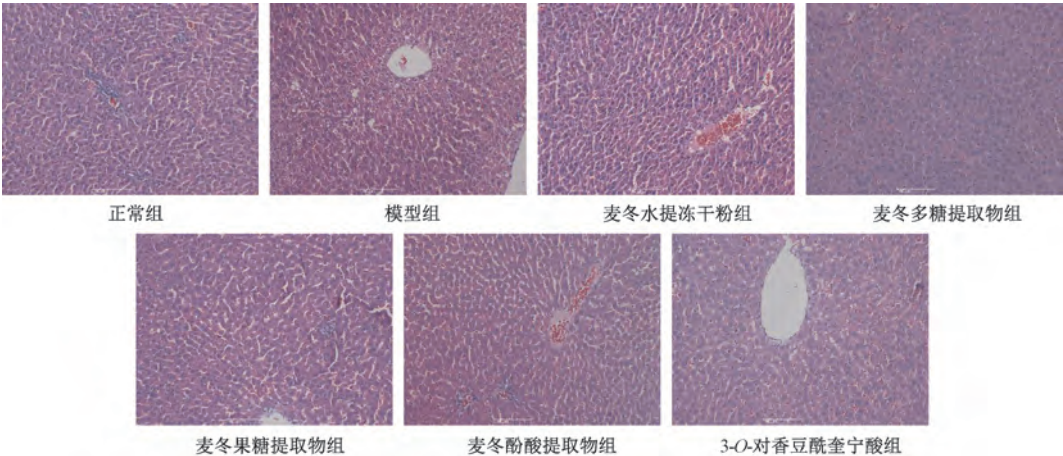


图 9 各组大鼠肝组织病理学形态变化 (HE, ×200)

2.5.5 药效指标分析 参考文献 [14] 报道, 将各药效指标量化评分, 再将各给药组药效与模型组、正常组进行比较, 若较模型组低、正常组高则计 1 分, 较模型组低、与正常组相同则计 2 分, 较模型组低、正常组低则计 3 分, 结果见表 3。由此可知, 药效强弱依次为麦冬酚酸提取物=麦冬果糖提取物=3-*O*-对香豆酰奎宁酸>麦冬水提冻干粉>麦冬多糖提取物, 提示麦冬对大鼠急性酒精性肝损伤有保护作用的有效部位或单体为麦冬酚酸提取物、麦冬果糖提取物、3-*O*-对香豆酰奎宁酸。

表 3 药效指标分析结果 (分)

药效指标	LDH	TG	VLDL	ALT	AST	切片	总得分
麦冬水提冻干粉	2	—	2	2	2	2	10
麦冬多糖提取物	2	—	—	2	2	2	8
麦冬果糖提取物	2	2	2	2	2	2	12
麦冬酚酸提取物	2	2	2	2	2	2	12
3- <i>O</i> -对香豆酰奎宁酸	2	2	2	2	2	2	12

3 讨论

本实验从麦冬各提取物中鉴别出总共 103 个化合物, 主要有酚酸、苷类、生物碱、糖类、黄酮、皂苷等成分, 其中 3-*O*-对香豆酰奎宁酸和对羟基肉桂酸甲酯为首次从该植物和该属植物中发现。麦冬多糖多以“水提醇沉”法制备, 本研究发现, 麦冬水提分离浓缩液经高浓度乙醇沉淀后, 上清液具有像果冻一样的特性, 命名为麦冬果糖提取物。麦冬多糖提取物中主要有分子量为 6 000 Da 的多糖类成分, 麦冬果糖提取物中主要有分子量为 4 000 Da 的多糖类成分。

麦冬各提取物对大鼠急性酒精性肝损伤保护作用强弱分别为麦冬酚酸提取物 (0.27 mg/mL) = 麦冬果糖提取物 (67.35 mg/mL) = 3-*O*-对香豆酰奎宁酸 (0.25 mg/mL) > 麦冬水提冻干粉 (450.30 mg/mL) > 麦冬多糖提取物 (498.60 mg/mL), 说明麦冬活性物质基础集中于酚酸、苷类、生物碱、黄酮、皂苷等天然产物类成分, 麦冬多糖活性次之。在麦冬多糖类成分中, 分子量为 6 000 Da 的多糖类成分活性小于分子量为 4 000 Da 的多糖类成分。

麦冬皂苷 D'、6-醛基异麦冬黄烷酮 A、短葶山麦冬皂苷 C、对羟基肉桂酸甲酯、甲基麦冬高异黄酮 A、麦冬黄烷酮 E 与靶点蛋白 MAOB 结合能与 3-*O*-对香豆酰奎尼酸相近, 推测这些化合物对急性酒精性肝损伤具有一定的保护活性, 可能为麦冬中对急性酒精性肝损伤的关键活性成分, 可作

为以麦冬为原料的水煎制剂开发中的评价指标。

参考文献:

[1] 孟文文, 刘慧茹, 张文光, 等. 中药防治酒精性肝病作用机制的研究进展[J]. 中草药, 2022, 53(3): 868-881.

[2] 任东根, 龚 婷, 王丽娟, 等. 川麦冬多糖的结构特征及对过度运动引起小鼠肝损伤的改善作用[J/OL]. 食品与发酵工业: 1-15 [2022-11-27]. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/detail.aspx?dbcode=CAPJ&dbname=CAPJLAST&filename=SPFX20221123006>.

[3] 李竹英, 唐承爱. 麦冬多糖解酒保肝作用的实验研究[J]. 湘南学院学报 (医学版), 2017, 19(4): 20-24.

[4] 曹科峰, 黄兵兵, 杨 帆. 麦冬多糖对 CC1₄ 诱导的急性肝损伤的保护作用及其作用机制研究[J]. 中医药导报, 2015, 21(14): 25-28.

[5] 李小辉, 袁名睿, 陆礼和, 等. 浙麦冬的化学成分研究[J]. 中草药, 2022, 53(2): 347-353.

[6] 李小辉, 袁名睿, 陆雪萍, 等. 麦冬的化学成分研究[J]. 中草药, 2021, 52(13): 3804-3809.

[7] 郭俊林, 邵 青, 吴琳琳, 等. 麦冬标准汤剂的质量标准研究[J]. 中国现代应用药学, 2021, 38(13): 1572-1576.

[8] 顾志荣, 李 芹, 吕 鑫, 等. 川麦冬、浙麦冬中 8 种成分测定及综合质量评价[J]. 中成药, 2021, 43(6): 1513-1520.

[9] 刘考铎, 唐诗怡, 赵露颖, 等. 基于性状特征的浙产麦冬和川产麦冬的主成分和聚类比较分析[J]. 中草药, 2021, 52(6): 1765-1771.

[10] 褚 煜, 陈 海, 吕宏阳, 等. 基于网络药理与分子对接研究 4 味药食两用中药治疗 2 型糖尿病的机制[J]. 中成药, 2022, 44(10): 3360-3365.

[11] 仁增加, 李啟恩, 切羊让忠, 等. 基于“味性化味-网络药理-分子对接”的藏药四味姜黄汤防治糖尿病肾病的作用机制预测[J]. 中成药, 2022, 44(2): 640-646.

[12] 赖艳妮, 徐卫方, 刘小虹, 等. 运用网络药理学和分子对接探讨肿节风治疗流行性感冒的药理作用机制[J]. 中成药, 2021, 43(5): 1350-1356.

[13] 饶 智, 陈光宇, 谢梦洲, 等. 芦根提取物对大鼠急性酒精性肝损伤的保护作用研究[J]. 时珍国医国药, 2022, 33(1): 95-98.

[14] 瞿昊宇, 谢梦洲, 何卫波, 等. 基于虚热证小鼠药效及机制分析的新五汁饮组方研究[J]. 中华中医药杂志, 2022, 37(8): 4670-4674.