

引用:彭倩,徐雅慧,张蕾,戴余雯,张乾,斗喜平,王晓飞.木蝴蝶总黄酮纯化工艺优化及其抗肿瘤活性研究[J].中医药导报,2025,31(3):65-69,76.

木蝴蝶总黄酮纯化工艺优化 及其抗肿瘤活性研究^{*}

彭倩¹,徐雅慧²,张蕾²,戴余雯¹,张乾¹,斗喜平³,王晓飞¹

(1.兰州大学第二医院/第二临床医学院,甘肃 兰州 730030;

2.广州中医药大学中药学院,广东 广州 510006;

3.兰州大学药学院,甘肃 兰州 730000)

[摘要] 目的:采用大孔吸附树脂分离技术优化木蝴蝶总黄酮纯化工艺并考察其抗肿瘤活性。方法:比较不同型号的大孔吸附树脂对木蝴蝶总黄酮的静态吸附和动态吸附效果,筛选富集效果较好的大孔吸附树脂;结合单因素试验,以总黄酮样品浓度、pH值、最大加样体积、解析溶剂和解析用量为考察因素,优化大孔吸附树脂对木蝴蝶总黄酮的最佳纯化工艺。采用MTT法考察木蝴蝶总黄酮对H1975、HepG2细胞增殖的影响。结果:AB-8大孔吸附树脂的醇解析液中黄酮的纯度最高,木蝴蝶样品质量浓度为6 mg/mL,pH值为2~4,最大加样体积为21 BV时吸附最完全。6 BV体积水洗脱及6 BV体积70%乙醇先后解吸时,总黄酮解析最为完全且纯度最高。MTT试验结果显示,木蝴蝶总黄酮对H1975与HepG2细胞增殖均具有抑制作用,IC₅₀分别为157.7 μg/mL与649.2 μg/mL,表明木蝴蝶总黄酮具有一定的抗肿瘤活性。结论:大孔吸附树脂富集分离木蝴蝶总黄酮的纯化工艺稳定可行,所得的木蝴蝶总黄酮对H1975细胞增殖具有明显抑制作用,但对HepG2细胞增殖抑制作用较弱。

[关键词] 木蝴蝶;总黄酮;大孔吸附树脂;富集纯化;抗肿瘤活性

[中图分类号] R284.2 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1672-951X(2025)03-0065-05

DOI:10.13862/j.cn43-1446/r.2025.03.011

Optimization of Enrichment and Purification Process for Total Flavonoids from Muhudie (Oroxylum indicum) And Their Anti-tumor Activity

PENG Qian¹, XU Yahui², ZHANG Lei², DAI Yuwen¹, ZHANG Qian¹,
DOU Xiping³, WANG Xiaofei¹

(1.The Second Hospital & Clinical Medical School, Lanzhou University, Lanzhou Gansu 730030, China;

2.School of Pharmaceutical Sciences, Guangzhou University of Traditional Chinese Medicine, Guangzhou Guangdong 510006, China; 3.School of Pharmacy, Lanzhou University, Lanzhou Gansu 730000, China)

[Abstract] Objective: To optimize the purification process of total flavonoids from Muhudie (Oroxylum indicum) using macroporous adsorbent resin separation technique and investigate their antitumour activity. Methods: The static and dynamic adsorption effects of different types of macroporous adsorption resins on the total flavonoids of Muhudie (Oroxylum indicum) were compared to screen the macroporous adsorption resins with better enrichment effects. And then combined with a one-factor test, the concentration of the total flavonoid samples, the pH value, the maximum volume of the sample, the solvent of the resolution, and the amount of the resolution were used as the factors of investigation, to optimize the optimal purification process of the macroporous adsorption resins on the total flavonoids of Muhudie (Oroxylum indicum). In addition, MTT method was used to investigate the effects of total flavonoids of Muhudie (Oroxylum indicum) on the proliferation of H1975 and HepG2 cells. Results: The highest purity of flavonoids was found in the alcohol resolving solution of AB-8 macroporous adsorbent resin, and the most complete adsorption was achieved when the sample concentration of Oroxylum indicum was 6 mg/mL, and the pH value was 2~4, with the maximal volume of 21 BV.

*基金项目:兰州大学第二医院“萃英科技创新”计划项目(CY2020-MS14)

通信作者:王晓飞,男,副主任药师,主要研究方向为天然产物的分析分离

The highest purity was achieved when it was eluted with 6 BV volume of water and desorbed with 6 BV volume of 70% ethanol. The results of the MTT assay showed that the total flavonoids of Muhudie (*Oroxylum indicum*) showed some inhibitory effect on the proliferation of H1975 and HepG2 cells, with IC₅₀ of 157.7 μg/mL and 649.2 μg/mL, respectively, indicating that the total flavonoids in Muhudie (*Oroxylum indicum*) have certain anti-tumour activity. Conclusion: The purification process for the enrichment and separation of total flavonoids from Muhudie (*Oroxylum indicum*) by macroporous adsorption resin is stable and feasible, and the obtained total flavonoids from Muhudie (*Oroxylum indicum*) shows significant inhibitory effect on the proliferation of H1975 cells, but the inhibitory effect on the proliferation of HepG2 cells is weak.

[Keywords] Muhudie (*Oroxylum indicum*); total flavonoids; macroporous adsorption resin; enrichment and purification process; anti-tumor activity

木蝴蝶(*Oroxylum indicum*)又名千张纸、破布子,为紫葳科植物木蝴蝶*Oroxylum indicum* (L.)Vent.的干燥成熟种子,味苦、甘、凉,归肺、肝、胃经,具有清肺利咽、疏肝和胃及敛疮等功效。木蝴蝶始载于《滇南本草》,随后又被《纲目拾遗》记载。1995年木蝴蝶作为中国传统中药被首次收载于《中华人民共和国药典》。木蝴蝶主要分布在云南、广东、江西、广西、贵州等地^[1]。国内外研究报道的木蝴蝶化合物大约有100多种,其中黄酮及苷类化合物为主要有效部位^[2-3],此外还含有对羟基苯乙醇和环乙醇类^[4-5]、挥发油及有机酸类等成分^[6-7]。《滇南本草》记载木蝴蝶“入肺经,定喘,消痰;入脾胃经,破瘀积,通行十二经气血,除血瘀注、气瘀注之毒。又能补虚、宽中、进食,民族地区呼为三百两银药者,盖其治瘀得效也”。现代药理研究表明,木蝴蝶粗提物具有抗氧化^[8-9]、抗炎、抗菌^[10]、抗肿瘤^[11-13]和镇咳祛痰^[14]等药理活性。其中黄酮类化合物是其发挥药理作用的主要有效部位,白杨素为黄酮类化合物中重要的有效活性成分。

大孔吸附树脂具有稳定性高、表面积大、吸附容量大、选择性好、吸附速度快、解吸条件温和、使用周期长等优点,是20世纪60年代出现的新型有机高聚物吸附剂,在环保、食品、医药等领域得到广泛应用。大孔吸附树脂可用于纯化富集黄酮类化合物^[15-17]。然而,有关大孔吸附树脂对木蝴蝶总黄酮进行纯化的研究尚不明确。

因此,本研究旨在考察DM130、D101、AB-8、HPD-100、DM301型大孔吸附树脂对木蝴蝶总黄酮的静态吸附和动态吸附效果,优化木蝴蝶总黄酮的分离纯化工艺,并结合MTT法考察木蝴蝶总黄酮对H1975、HepG2细胞增殖作用的影响,以为木蝴蝶的药理活性研究及其相关制剂开发提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 细胞 人肺腺癌细胞(H1975)(批号:BNF608006102)、人肝癌细胞(HepG2)(批号:BNF60800692)细胞株均来自中国科学院上海细胞库。

1.1.2 主要试剂 木蝴蝶(广州采芝林药业,批号:YPA5L0001);白杨素(四川省维克奇生物技术有限公司,纯度>98%,批号:480-40-0);大孔吸附树脂DM130(批号:190411)、D101(批号:200313)、AB-8(批号:190518)、HPD-100(批号:190314)、DM301(批号:190519)均购自天津海光化工有限公司;无水

乙醇(天津市科密欧化学试剂有限公司,批号:64-17-5);三氯化铝(天津市大茂化学试剂厂,批号:XK13-201-00146);甲基噻唑蓝四氮唑盐(MTT)(上海生工生物工程有限公司,批号:A600799);二甲基亚砜(DMSO)(广州塞拉芬生物科技有限公司,批号:0231-4L);0.25%Trypsin-EDTA胰酶(批号:12605010)与青霉素和链霉素联合抗生素(批号:13505157)均购自美国Gibco公司。

1.1.3 主要仪器 紫外可见分光光度计(尤尼柯上海仪器有限公司,型号:UV-2100);旋转蒸发仪(上海霄汉实业发展有限公司,型号:XHRE-2000A);低温冷却液循环泵(巩义市予华仪器有限责任公司,型号:DLSB-5L/25);数显恒温水浴锅(上海浦东物理光学仪器厂,型号:HH-6);分析天平(瑞士普利赛斯公司,型号:XS225);电热恒温水浴锅(北京精科华瑞仪器有限公司,型号:SII-NI4B);净化工作台(苏州净化设备有限公司,型号:SW-CJ-2D);生物显微镜(重庆奥特光学仪器有限公司,型号:BOS-300);酶标仪(美国Thermo Fisher公司,型号:1510);pH计(赛多利斯科学仪器北京有限公司,型号:PB-10)。

1.2 方法

1.2.1 木蝴蝶总黄酮测定方法的建立

1.2.1.1 溶液的制备 对照品溶液的制备:精密称定白杨素对照品1.97 mg,用70%乙醇溶解并定容至10 mL容量瓶中,得到197 μg/mL的对照品溶液。

供试品溶液的制备:将木蝴蝶药材粉碎,称取200 g置于圆底烧瓶中,用10倍量70%乙醇回流提取2次,2 h/次,提取液经滤纸过滤并浓缩至无醇味,取上清作为提取液。精密量取提取液1.0 mL,置25 mL容量瓶中,用70%乙醇稀释定容至刻度,摇匀,即得供试品溶液。

1.2.1.2 显色方法及检测波长的确定 参考文献[18]测定方法,分别精密量取供试品溶液、对照品溶液适量,加入饱和三氯化铝溶液进行显色,采用紫外分光光度计在333 nm波长处测定木蝴蝶总黄酮含量。

1.2.1.3 标准曲线的绘制 将“1.2.1.1”项下白杨素对照品溶液稀释成质量浓度为1.97、3.94、7.88、11.82、15.76、19.70 μg/mL的溶液,加入饱和三氯化铝溶液显色,采用紫外分光光度计在333 nm波长处测定吸光度。以吸光度为纵坐标,质量浓度为横坐标绘制标准曲线。

1.2.2 大孔吸附树脂的筛选

1.2.2.1 树脂的预处理 称取大孔吸附树脂适量,在无水乙醇溶液中浸泡24 h后,更换无水乙醇继续浸泡,直至上清液加适量水无白色浑浊现象为止,再用蒸馏水冲洗至无醇味。其次进行酸碱处理,先用1.00 mol/L的HCl溶液浸泡24 h,用蒸馏水冲洗至上清液pH值为中性;再用1.00 mol/L的NaOH溶液浸泡24 h,用蒸馏水冲洗至上清液pH值为中性^[19]。

1.2.2.2 静态吸附及解析试验 取各型大孔吸附树脂2.5 g,置于磨口三角瓶中,分别加入40 mL供试品溶液,在室温下静态吸附24 h,收集上清液,测定静态吸附后总黄酮浓度。随后加入25 mL的超纯水及50 mL 70%乙醇各静态解析24 h,测定水及70%乙醇解析液中总黄酮浓度,按照以下公式计算树脂的吸附量、吸附率、解吸量、解析率及纯度,选择吸附效果最佳的大孔树脂。

$$\text{吸附量} = \frac{(C_a - C_b) \times V_b}{W}$$

$$\text{吸附率} (\%) = \frac{(C_a - C_b)}{(C_a \times 100\%)} \times 100\%$$

$$\text{析量} = \frac{V_c \times C_c}{W}$$

$$\text{解析率} (\%) = \frac{C_c}{(C_a - C_b) \times 100\%} \times 100\%$$

式中: C_a 为样品质量浓度(mg/mL); C_b 为吸附后上清液质量浓度(mg/mL); C_c 为解析液质量浓度(mg/mL); V_b 为加样体积(mL); V_c 为洗脱液体积(mL); W 为树脂质量(g)。

$$\text{纯度} (\%) = \frac{(C \times V)}{m \times 100\%}$$

式中: C 为解析液质量浓度(mg/mL); V 为解析液体积(mL); m 为干燥后木蝴蝶总黄酮纯化物的质量(mg)。

1.2.3 样品浓度的筛选 称取5份等量AB-8型大孔吸附树脂,分别加入30 mL不同质量浓度(2、4、6、8、10 mg/mL)供试品溶液进行静态吸附,室温吸附24 h后,测定上清液中的总黄酮浓度,考察样品浓度对大孔吸附树脂吸附量及吸附率的影响。

1.2.4 样品pH值的筛选 取5份等量AB-8型大孔吸附树脂,分别加入30 mL不同pH值(2、4、5、6、8)的供试品溶液进行静态吸附,室温吸附24 h后,测定上清液中的总黄酮浓度,考察样品pH值对大孔吸附树脂吸附量及吸附率的影响。

1.2.5 最大加样体积的确定 样品体积过小时吸附不完全,纯化效率降低;体积过大则会产生无效吸附,因此研究样品体积对大孔吸附树脂的影响尤为重要。将大孔吸附树脂装入层析柱(1.5 cm×12.0 cm)中,加入木蝴蝶样品以流速为3 BV/h进行动态吸附,收集流出液测定总黄酮浓度。当流出液浓度接近于样品加入浓度时,停止加样并记录样品体积,即得到最大加样体积。

1.2.6 解析溶剂的筛选 首先用25 mL超纯水除去部分杂质,再用40 mL不同体积分数的乙醇(40%、50%、60%、70%、80%)静态解析已吸附完全的大孔吸附树脂,室温解析24 h后,测定水和乙醇解析液中总黄酮浓度,以解析率和总黄酮纯度优选最佳解析溶剂。

1.2.7 洗脱用量的考察 先后用超纯水及70%乙醇以3 BV/h的流速将已吸附饱和的大孔吸附树脂层析柱(1.5 cm×12.0 cm)进行解析,收集洗脱液,测定洗脱液中总黄酮浓度和固形物浓度,以总黄酮浓度及固形物浓度对洗脱体积作图。

1.2.8 纯化工艺验证 精密称取木蝴蝶粉末,按照“1.2.1.1”项下制备木蝴蝶样品溶液,调节样品质量浓度为6 mg/mL,pH值为2~4,在大孔吸附树脂层析柱后静态吸附24 h,先以6 BV的水洗脱,再用6 BV 70%乙醇解吸,得到的70%乙醇的解析液,旋转蒸发进行浓缩,冷冻干燥得到木蝴蝶纯化物,通过测定其得率与纯度,以考察纯化工艺的稳定性与可靠性。

1.2.9 抗肿瘤活性研究 取对数生长期的人肺癌细胞H1975、人肝癌细胞HepG2,以 1×10^4 个/孔接种于96孔细胞培养板,置于37 °C,5%CO₂培养箱中培养,设置空白组、正常组与给药组,每组分别设置6个平行孔。空白组不接种细胞;正常组接种细胞无任何药物添加;给药组接种细胞后分别加入6.25、12.50、25.00、50.00、100.00、200.00 μg/mL木蝴蝶总黄酮溶液,干预时间为24 h。随后弃去上清,加入100 μL含10% MTT的培养液,继续培养4 h后,在570 nm波长处测定吸光值(A),计算肿瘤细胞抑制率。细胞抑制率=(A_{给药组}-A_{空白组})/(A_{正常组}-A_{空白组})×100%。

2 结 果

2.1 标准曲线结果 白杨素质量浓度在1.97~19.7 μg/mL范围内与吸光度呈良好的线性关系,回归方程为 $Y=0.0461X-0.0074$, $R^2=0.999$ 。(见图1)

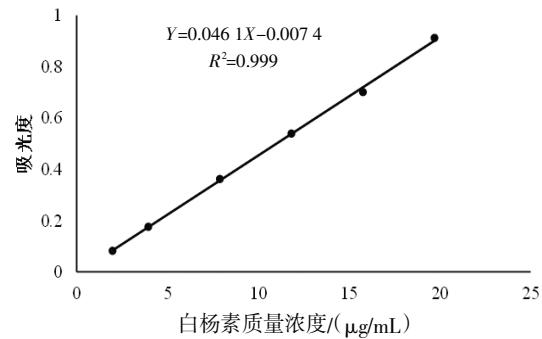


图1 白杨素标准曲线图

2.2 大孔吸附树脂筛选结果 D101型大孔吸附树脂对木蝴蝶总黄酮的吸附效果最好,其次为AB-8、HPD-100型大孔吸附树脂。DM301型大孔吸附树脂对木蝴蝶总黄酮的解析效果最优,AB-8与D101型次之。然而,通过分析70%乙醇解析液中木蝴蝶总黄酮的纯度时,AB-8型大孔吸附树脂醇解析液中木蝴蝶总黄酮的纯度最高(58.64%)。(见表1~2)因此,综合吸附率、解析率、纯度结果分析,本研究选择AB-8型大孔吸附树脂作为木蝴蝶总黄酮富集和纯化的载体。

表1 不同型号大孔吸附树脂对木蝴蝶总黄酮吸附量结果

树脂类型	树脂质量/g	初始质量浓度/(mg/mL)	滤液质量浓度/(mg/mL)	吸附量/(mg/g)	吸附率/%
HPD-100	2.5049	4.137	0.2332	62.50	94.36
AB-8	2.5082	4.137	0.1970	62.83	95.24
D101	2.5169	4.137	0.1666	63.10	95.97
DM130	2.5310	4.137	0.2525	61.39	93.90
DM301	2.5169	4.137	0.3735	59.81	90.97

表2 不同型号大孔吸附树脂对木蝴蝶总黄酮解吸率结果

树脂类型	吸附量/(mg/g)	水解吸量/(mg/g)	水解吸率/%	醇解吸量/(mg/g)	醇解吸率/%	纯度/%
HPD-100	62.34	0.565	1.45	54.79	70.32	54.93
AB-8	62.83	0.490	1.25	57.51	73.22	58.64
D101	63.10	0.414	1.05	58.36	73.98	57.01
DM130	61.39	0.840	2.19	55.76	72.66	52.76
DM301	59.81	0.384	1.03	56.71	75.85	56.73

2.3 样品浓度结果 随着木蝴蝶总黄酮质量浓度的升高,大孔吸附树脂对木蝴蝶总黄酮的吸附量随之上升,而吸附率却呈下降趋势,且当质量浓度大于8 mg/mL时,吸附率直线下降不利于木蝴蝶总黄酮纯化分离,因此选用6 mg/mL为最佳样品质量浓度。(见图2)

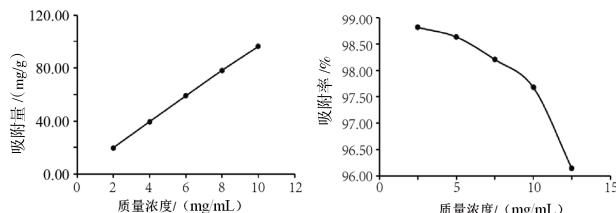


图2 不同质量浓度下木蝴蝶总黄酮的吸附量和吸附率

2.4 样品pH值结果 当pH值低于4时,大孔吸附树脂对木蝴蝶总黄酮的吸附量与吸附率影响不明显;当pH值大于4时,大孔吸附树脂对木蝴蝶总黄酮的吸附量及吸附率显著下降。(见图3)因此,选用pH值为2~4的木蝴蝶样品时保证吸附效果最佳。

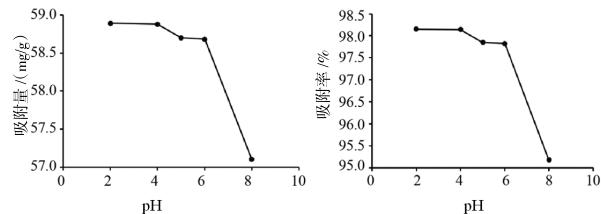


图3 不同pH值下木蝴蝶总黄酮的吸附量和吸附率

2.5 样品最大体积确定结果 当上样体积大于21 BV时,流出液中木蝴蝶总黄酮的质量浓度几乎接近6 mg/mL,表明树脂层析柱对木蝴蝶总黄酮的吸附达到饱和,此时树脂的吸附量约为128.90 mg/g。(见图4)因此,确定样品最大体积为21 BV。

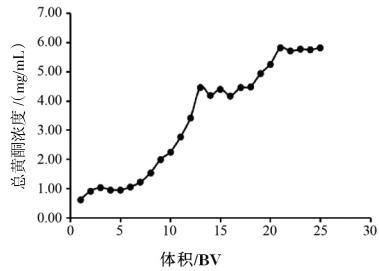


图4 AB-8型大孔吸附树脂的吸附量曲线图

2.6 解析溶剂优化结果 水溶液中含有少量木蝴蝶总黄酮,说明部分木蝴蝶总黄酮可以被水解吸,故需要对水洗脱用量进行考察。不同体积分数乙醇的解析液中,70%乙醇对木蝴蝶总黄酮的解析率最高,可达到62.27%。(见图5)且其木蝴蝶总黄酮纯度高达61.82%。(见图6)因此,本研究选用70%乙醇

为最佳洗脱溶剂。

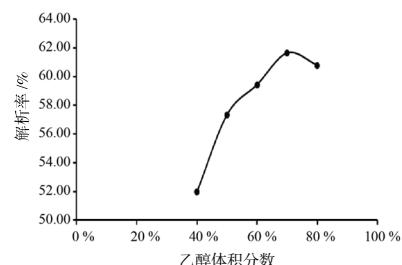


图5 不同体积分数乙醇对总黄酮解吸率的影响

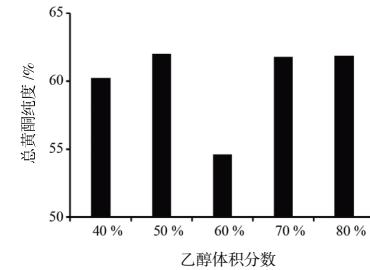


图6 不同体积分数乙醇对总黄酮纯度的影响

2.7 解析容积用量结果 当水洗脱体积达到6 BV时,水溶性杂质基本去除,木蝴蝶总黄酮浓度达到最低且趋于平衡,故洗脱用水量确定为6 BV。当70%乙醇洗脱体积到6 BV时,木蝴蝶总黄酮基本解析完全,总解析率为76.75%。(见图7~8)

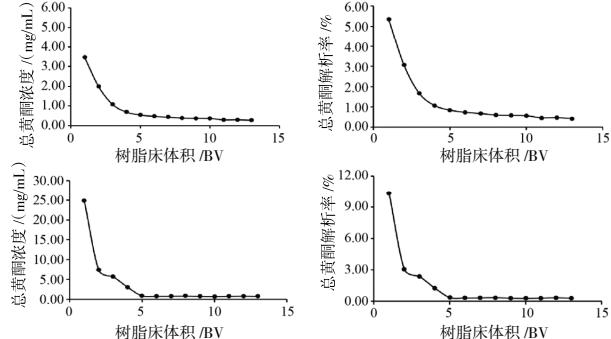


图7 水洗脱对总黄酮及总固形物的影响

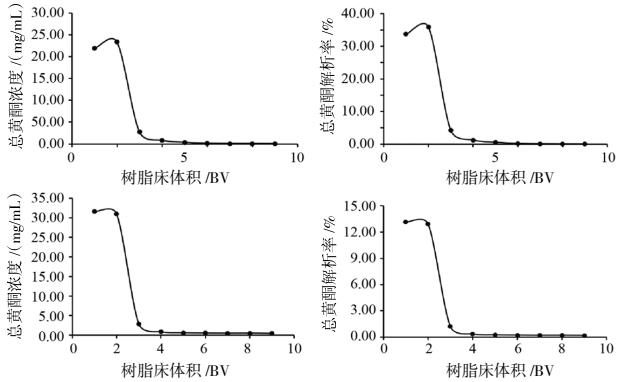


图8 醇解析对木蝴蝶总黄酮和总固形物的影响

2.8 纯化工艺验证结果 经大孔吸附树脂纯化得到的木蝴蝶纯化物,其收率为59.0%,木蝴蝶总黄酮纯度为62.1%。

2.9 抗肿瘤活性研究结果 木蝴蝶总黄酮对H1975与HepG2细胞增殖均具有一定的抑制作用,IC₅₀分别为157.7 μg/mL与649.2 μg/mL,表明木蝴蝶总黄酮具有一定的抗肿瘤活性,尤其对H1975细胞增殖具有明显的抑制作用。(见图9)

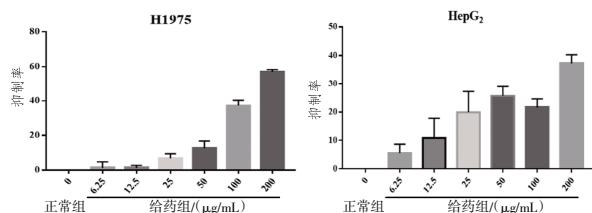


图9 木蝴蝶总黄酮对肿瘤细胞的抑制作用

3 讨 论

木蝴蝶黄酮粗提物的化学成分非常复杂,除了含有黄酮类化合物以外,还含有糖类、有机酸、蛋白质及鞣质等物质,因此需要进一步纯化^[20-21]。大孔吸附树脂作为一种有机高聚吸附剂,具有选择性好、吸附容量大、解吸容易、再生简便等优点,对苷类、黄酮类等成分的富集纯化有较好的效果,在生物碱类、酚类等方面的分离纯化中也有广泛应用。因此本研究采用大孔吸附树脂对木蝴蝶提取物进行富集纯化。

本研究首先采用静态吸附和解析实验筛选不同极性的大孔吸附树脂,其中HPD-100、D101、AB-8、DM130为非极性大孔吸附树脂,DM310为中等极性大孔吸附树脂。结果表明非极性大孔吸附树脂HPD-100、D101、AB-8、DM130对木蝴蝶总黄酮的吸附率明显高于中等极性的DM310。根据极性相似相溶原理,木蝴蝶中黄酮类化合物极性相对较低,主要为黄酮苷元及连一个糖的黄酮苷元。这与前期的研究结果^[22]相符。本研究采用单因素考察对样品浓度、pH值、最大加样体积等吸附条件进行优化,优化后发现将木蝴蝶样品调至pH值为2~4时吸附最完全。这可能是由于黄酮类化合物显酸性。在酸性条件下,其主要以分子的状态存在,有利于其与非极性大孔吸附树脂的结合;而在碱性条件下,其主要以离子的状态存在,不利于其与大孔吸附树脂的结合。

本研究对解析溶剂及解析液体积等解吸附条件进行优化,优化后发现解吸溶液随着乙醇体积分数(40%~70%)的升高,其解析率升高。这是由于随着乙醇体积分数的升高,解析溶液的极性降低,其对极性相对较低的木蝴蝶总黄酮解析能力升高。而当乙醇浓度体积分数升高至80%时,其解析率低于乙醇浓度70%时的解析率。这可能是由于在80%乙醇中大孔吸附树脂的孔径发生改变,进而影响其解析能力。具体原因有待进一步研究。

近年来,肿瘤的确诊率日益升高,已成为危害人类健康的重大疾病。临幊上主要治疗手段包括放疗、化疗及手术。由于传统临幊治疗过程中往往会发生严重不良反应及毒性,低毒高效的天然化合物成为抗肿瘤研究的重点^[23]。木蝴蝶作为一种常用的传统中药,在临幊上应用广泛,且近年来木蝴蝶抗肿瘤活性的研究也日趋深入。研究表明木蝴蝶中黄酮类化合物对肺癌、肝癌、食管癌等有一定的抑制作用。王大勇等^[24]研究发现木蝴蝶苷A可抑制肝癌细胞增殖、侵袭和上皮间质转化,诱导肝癌细胞凋亡,其机制与抑制MEK/ERK信号通路有关。WEI L B等^[25]通过建立肺癌细胞A549移植、转移和原位移植模型,发现木蝴蝶素A能通过抑制ERK/GSK-3β信号通路抑制肺癌细胞A549的侵袭和迁移,从而达到抑癌的作用。鲁冰冰^[26]研究发现木蝴蝶苷A可以通过与JAK2靶向结合,在细胞和组织中下调STAT3Try705、STAT3Ser727和NFKBSer907的

磷酸化水平,阻滞细胞周期在G₀/G₁期,进而在体内和体外实验中有效抑制食管鳞癌细胞增殖。基于此,本研究以H1975、HepG2细胞为模型,评价纯化所得的木蝴蝶总黄酮对其增殖作用的影响。结果显示,木蝴蝶总黄酮能够抑制H1975、HepG2细胞的增殖,尤其对H1975细胞的增殖具有明显的抑制作用,具有潜在的抗肿瘤活性,但其药效和作用机制还需通过体内药理实验作进一步研究。木蝴蝶中总黄酮提取物成分复杂,分离纯化总黄酮活性成分的研究尤为重要。

参考文献

- 魏晓楠,郝铁成.中药木蝴蝶研究概况[J].中国野生植物资源,2019,38(4):66-73.
- SINHA S, NAILWAL T. Quality assessment and evaluation of Oroxylum indicum through HPLC fingerprint and QAMS for important flavonoid components[J]. Eurasian ChemComm, 2021,3(1):45-55.
- CHUMKAEW P, SRISAWAT T. A new flavone from Oroxylum indicum and its antibacterial activity[J]. Chem Nat Compd, 2021,57(2):274-276.
- 翟翔宇,萧伟,杨彪,等.木蝴蝶种子的化学成分研究[J].中国中药杂志,2015,40(15):3013-3016.
- 陈关凤,侯晓杰,李玮.木蝴蝶质量标准及药理作用研究进展[J].农技服务,2019,36(5):46-48,51.
- 胡殿丽.木蝴蝶总黄酮提取工艺和脂肪酸成分研究[D].郑州:郑州大学,2010.
- 王义梅,吴素莹,汤菊,等.木蝴蝶果实不同组织挥发性化学成分研究[J].黑龙江农业科学,2021(8):59-64.
- 李云贵,李天平,赵绿英,等.木蝴蝶黄酮粗提物体外抗氧化活性研究[J].广州化工,2018,46(10):78-80.
- MAIRUAE N, CONNOR J R, BURANRAT B, et al. Oroxylum indicum (L) extract protects human neuroblastoma SH-SY5Y cells against β-amyloid-induced cell injury[J]. Mol Med Rep, 2019,20(2):1933-1942.
- 谭瑶琳,钟林江,杨俊莉,等.基于网络药理学与设计空间法的木蝴蝶提取工艺研究[J].中国抗生素杂志,2023,48(7):786-797.
- 李楠楠,包永睿,郑义博,等.基于迁移芯片木蝴蝶总黄酮类对肝癌细胞迁移的影响研究[J].中南药学,2021,19(10):2023-2027.
- LI N N, MEN W X, ZHENG Y B, et al. Oroxin B induces apoptosis by down-regulating microRNA -221 resulting in the inactivation of the PTEN/PI3K/AKT pathway in liver cancer[J]. Molecules, 2019,24(23):4384.
- 李楠楠,孟宪生,包永睿,等.木蝴蝶挥发性成分体外抗肿瘤活性评价及化学成分研究[J].中国现代应用药学,2016,33(11):1361-1365.
- 潘勇,韦健全,郑子敏,等.木蝴蝶对小鼠的镇咳祛痰作用研究[J].右江民族医学院学报,2008,30(4):550-551.
- 王丹丹,刘莞汐,左甜甜,等.大孔吸附树脂及其在中药领域应用研究进展[J].中国药事,2022,36(下转第76页)

- 作用机制[J].中医药导报,2024,30(6):105–112.
- [6] LIU Y, YANG X C, GAN J H, et al. CB-Dock2: Improved protein-ligand blind docking by integrating cavity detection, docking and homologous template fitting[J]. Nucleic Acids Res, 2022,50(W1):W159–W164.
- [7] YANG X C, LIU Y, GAN J H, et al. FitDock: Protein-ligand docking by template fitting[J]. Brief Bioinform, 2022,23(3):bbac087.
- [8] 刘鑫澜,朱朋艳,马金蓉,等.基于网络药理学及体外实验探究野蚕豆根抗氧化活性及其作用机制[J].天然产物研究与开发,2024,36(1):155–166.
- [9] 洪博,刘荣宏,侯玉娇,等.蒲公英药材UPLC指纹图谱及10个成分含量测定研究[J].药物分析杂志,2023,43(11):1858–1865.
- [10] 崔雪,郑重飞,李莹,等.紫花地丁化学成分分析及其体外抗氧化活性考察[J].中国实验方剂学杂志,2021,27(5):117–123.
- [11] 徐志琴,赵志敏,马庆,等.南板蓝根化学成分、药理作用及质量控制研究进展[J].世界科学技术—中医药现代化,2021,23(9):3365–3375.
- [12] 国家药典委员会.中华人民共和国药典:一部[S].中国医药科技出版社,2020:367.
- [13] BAGNATO G, LEOPIZZI M, URCIUOLI E, et al. Nuclear functions of the tyrosine kinase src[J]. Int J Mol Sci, 2020,21(8):2675.
- [14] 陈烨,王智,傅浩栋,等.Src蛋白激酶的研究进展[J].辽宁大学学报(自然科学版),2023,50(4):359–365.
- [15] ALQAHTANI A, AYESH H S K, HALAWANI H. PIK3CA gene mutations in solid malignancies: Association with clinicopathological parameters and prognosis [J]. Cancers, 2019,12(1):93.
- [16] XU W, WANG Z Q, ZHANG Z, et al. PIK3CB promotes oesophageal cancer proliferation through the PI3K/AKT/mTOR signalling axis[J]. Cell Biol Int, 2022,46(9):1399–1408.
- [17] HILLMER E J, ZHANG H, LI H S, et al. STAT3 signaling in immunity[J]. Cytokine Growth Factor Rev, 2016,31:1–15.
- [18] XIANG Z F , YU S Q , XU Y X, et al. CH25H promotes autophagy and regulates the malignant progression of laryngeal squamous cell carcinoma through the PI3K–AKT pathway[J]. Cancer medicine, 2024,13(20):e70312.
- [19] 储正达,蔡彬.秦皮甲素和秦皮乙素的药理研究进展[J].中药新药与临床药理,2024,35(2):291–298.
- [20] NGUYEN D P, LI J Y, YADAV S S, et al. Recent insights into NF- κ B signalling pathways and the link between inflammation and prostate cancer[J]. BJU Int, 2014,114(2):168–176.
- [21] 张雯,孙雅丽,王琳,等.咖啡酸及其衍生物药理作用研究进展[J].动物医学进展,2021,42(8):103–106.
- [22] 郭静,尚海,马丽炎,等.芦荟大黄素衍生物AE-YJ通过PI3K–Akt/NF- κ B和MAPK/NF- κ B途径抑制LPS诱导RAW264.7细胞炎症介质的释放[J].中国药理学通报,2021,37(12):1700–1708.
- [23] 张文强,文亮,李慧,等.儿茶素经PI3K–Akt–eNOS信号通路对冠心病大鼠心肌损伤及抗炎作用分析[J].现代生物医学进展,2023,23(9):1619–1623.
- [24] 程扬,宾东华,尹园缘,等.参苓白术散对克罗恩病大鼠肠道炎症及PI3K/Akt信号通路的影响[J].中医药导报,2024,30(4):30–34.

(收稿日期:2024-06-17 编辑:蒋凯彪)

(上接第69页)(7):826–835.

- [16] 李红,李波,李晨阳,等.大孔树脂纯化苜蓿总黄酮及纯化前后抗氧化能力比较[J].草地学报,2022,30(3):750–757.
- [17] 向雪黎,宦振州,何天赐,等.大孔吸附树脂纯化天山堇菜中总黄酮的工艺研究[J].海峡药学,2019,31(5):23–25.
- [18] 陈丛瑾,黄克瀛,李德良,等.AlCl₃显色分光光度法测定香椿叶中总黄酮[J].分析试验室,2006,25(12):91–94.
- [19] 王晓华,韦汉燕,桂劲松,等.大孔树脂纯化薜荔茎总黄酮的工艺研究[J].中国民族民间医药,2020,29(24):34–38.
- [20] 高彦宇,刘思宇,沈芳玲,等.木蝴蝶药理作用及临床应用研究进展[J].中医药学报,2021,49(5):102–106.
- [21] 吴茵,白万军,魏欣.基于UPLC-Q-TOF-MS技术分析木蝴蝶中化学成分[J].中国实验方剂学杂志,2019,25(2):196–200.
- [22] PENG Q, SHANG X Y, ZHU C C, et al. Qualitative and quantitative evaluation of *Oroxylum indicum* (L.) Kurz by HPLC and LC-qTOF-MS/MS[J]. Biomed Chro-

matogr, 2019,33(11):e4657.

- [23] ZHU X H, LANG H D, WANG X L, et al. Synergy between dihydromyricetin intervention and irinotecan chemotherapy delays the progression of colon cancer in mouse models[J]. Food Funct, 2019,10(4):2040–2049.
- [24] 王大勇,匡晓睿,余志丹.木蝴蝶苷A对肝细胞癌细胞侵袭增殖的抑制作用及机制[J].西部医学,2023,35(7):976–981.
- [25] WEI L B, YAO Y Y, ZHAO K, et al. Oroxylin A inhibits invasion and migration through suppressing ERK/GSK-3 β signaling in snail-expressing non-small-cell lung cancer cells[J]. MolCarcinog, 2016,55(12):2121–2134.
- [26] 鲁冰冰.木蝴蝶苷A对食管鳞癌增殖的抑制作用及其机制的研究[D].郑州:郑州大学,2020.

(收稿日期:2024-08-21 编辑:蒋凯彪)