



田梦飞,肖雨昕,刘庆龙,等. MOFs 对毛蕊花糖苷的吸附解吸性能研究[J]. 黑龙江农业科学,2022(5):74-79.

MOFs 对毛蕊花糖苷的吸附解吸性能研究

田梦飞^{1,2,3},肖雨昕^{1,2},刘庆龙^{1,2},邱乐群^{1,3,4},王伟豪^{1,2,3},李春英^{1,3,4},赵春建^{1,2,3}

(1. 东北林业大学 化学化工与资源利用学院,黑龙江 哈尔滨 150040;2. 林业生物制剂教育部工程研究中心,黑龙江 哈尔滨 150040;3. 黑龙江省林源活性物质生态利用重点实验室,黑龙江 哈尔滨 150040;4. 森林植物生态学教育部重点实验室,黑龙江 哈尔滨 150040)

摘要:为了探究 MOFs 材料对地黄叶提取物中毛蕊花糖苷的吸附解吸性能,首先制备 MOFs 材料,随后以吸附量、解吸量、解吸率为指标筛选最适宜分离毛蕊花糖苷的 MOFs 和大孔树脂,以单因素试验对 ZIF-8 吸附、解吸毛蕊花糖苷的能力进行优化,并在优化所得条件下比较 ZIF-8 和 D-101 对毛蕊花糖苷的吸附、解吸能力。结果表明:ZIF-8 对毛蕊花糖苷的吸附量和解吸量分别为 40.78 和 25.42 mg·g⁻¹,其分别是 D-101 大孔树脂对毛蕊花糖苷吸附量和解吸量的 1.85 倍和 1.83 倍。因此,ZIF-8 对毛蕊花糖苷的吸附、解吸性能优于 D-101 大孔树脂。

关键词:MOFs;分散固相萃取;地黄叶;毛蕊花糖苷;大孔树脂

地黄叶为玄参科地黄属植物地黄(*Rehmannia glutinosa* Libosch.)的干燥叶片^[1],主产于河北、河南、山东、山西等地^[1]。毛蕊花糖苷为其中主要活性成分之一,具有抗菌、抗氧化、抗肿瘤以及降血糖等多种药理作用^[2-5]。然而作为非传统药用部位,地黄叶在地黄收获后常被作为废弃物丢弃。因此为提高资源利用率,本研究将对地黄叶提取物中的毛蕊花糖苷进行分离。现有毛蕊花糖苷的分离多借助大孔树脂进行,其不仅耗时长而且预处理复杂。MOFs 作为金属有机框架是一种新型多孔材料,具有比表面积大、孔隙率高、活性中心分散等特点,为其作为活性成分的分离材料奠定了基础^[6]。然而 MOFs 的应用多集中在催化剂、废水处理、药物载体、气体储存等领域,其在分离纯化领域的应用鲜有报道^[6-9]。因此本研究拟借助 MOFs 多孔材料对地黄叶提取物进行分散固相萃取以分离其中的毛蕊花糖苷,并将其对毛蕊花糖苷的吸附解吸性能进行探究,以期扩宽其应用领域,丰富天然产物分离材料的种类。

1 材料与方法

1.1 材料

地黄叶来自河南焦作康辉怀药种植专业合作社。

毛蕊花糖苷标准品(纯度≥98.0%)、大孔树脂(AB-8、HPD-300、D-101)、乙腈(HPLC 级)、乙酸(HPLC 级)、无水乙醇、盐酸、氢氧化钠、氯化钙、1,2,4,5-苯四羧酸、丙酮、FeCl₃·6H₂O、对苯二甲酸、N,N-二甲基甲酰胺、ZnNO₃、二甲基咪唑。

1.2 地黄叶中毛蕊花糖苷的提取

40℃烘干后的地黄叶打粉过 40 目筛并与 70%乙醇按 10 mL·g⁻¹的液固比混合,混合物于 50℃条件下以 250 W 功率超声提取 25 min。

1.3 毛蕊花糖苷的 HPLC 检测

以乙腈(A)和 0.1%乙酸水溶液(B)为流动相,借助 Klimail 100-5 C18 色谱柱(250 mm×4.6 mm,5 μm)在 Aglient 1260 型高效液相色谱仪上对毛蕊花糖苷进行检测分析。梯度洗脱条件为 0~12 min,13%~24%(A);12~15 min,24%~13%(A);15~20 min,13%~13%(A)。检测条件为波长 334 nm,柱温 35℃,进样量 20 μL。

1.4 毛蕊花糖苷的分散固相萃取

1.4.1 MOFs 多孔材料的制备 ZIF-8 的制备:将 Zn(NO₃)₂·4H₂O(0.734 g)、Hmim(0.811 g)与 50 mL N,N-二甲基甲酰胺(DMF)混匀,随后将其转移至反应釜中 140℃条件下反应 24 h。离心所得样品以甲醇超声洗涤并在 60℃烘箱中干燥 24 h 进行纯化^[10-11]。

MIL-53-Fe 的制备:按 1:1:280 的摩尔比将三氯化铁、对苯二甲酸和 N,N-二甲基甲酰胺混匀后转移至聚四氟乙烯内衬的反应釜中 150℃反

收稿日期:2022-01-28

基金项目:大学生创新训练项目(202110225447)。

第一作者:田梦飞(1993—),女,硕士研究生,从事植物活性成分分离与活性研究。E-mail:1255894206@nefu.edu.cn。

通信作者:李春英(1976—),女,博士,副教授,从事植物活性成分分离与活性研究。E-mail:ley@nefu.edu.cn。

应 15 h。将所得样品先在 150 ℃烘箱中活化过夜,再以 500 mL·g⁻¹的液固比将活化后的样品与去离子水在圆底烧瓶中混合并在油浴中搅拌 2 h。将沉淀离心分离并干燥即得纯化后样品^[12]。

UiO-66-(COOH)₂ 的制备:50 mL 蒸馏水用于分散 1,2,4,5-苯四羧酸(4.3 g)和氯化锆(2.3 g),随后将分散液转移至圆底烧瓶中于 100 ℃磁力搅拌下冷凝回流 24 h。将所得凝胶以蒸馏水洗 3 次后以 10 mL·g⁻¹的液固比将样品与蒸馏水混合并于 100 ℃下活化 16 h。最后以丙酮对样品洗涤并于 30 ℃真空干燥^[13]。

1.4.2 MOFs 多孔材料吸附解吸毛蕊花糖苷的性能优化 (1)MOFs 吸附解吸毛蕊花糖苷性能的筛选。将 1.4.1 制备所得 MOFs 材料分别与 1.2 提取所得地黄叶提取液按 5 mg·mL⁻¹ 的固液比在 50 mL 离心管中混合后涡旋 10 s 以使固液混合均匀。随后将各离心管置于摇床上以 180 r·min⁻¹ 震摇 24 h 以完成吸附。吸附完成后于 10 000 r·min⁻¹ 条件下离心 5 min 进行固液分离,并测定分离所得提取液中毛蕊花糖苷含量。分离所得 MOFs 以去离子水洗涤一次后,按 10 mg·mL⁻¹ 的固液比加入无水乙醇,涡旋 10 s 后于摇床上以 180 r·min⁻¹ 震摇

24 h 进行毛蕊花糖苷的解吸。以 10 000 r·min⁻¹ 离心 5 min 后固液分离,并测定分离所得解吸液中毛蕊花糖苷含量。分别计算各 MOFs 材料对毛蕊花糖苷的吸附量和解吸率。

(2)ZIF-8 固相萃取分离毛蕊花糖苷吸附条件优化。吸附动力学曲线制备:取前处理优化所确定的对毛蕊花糖苷具有最佳吸附解吸性能的 ZIF-8,将其与地黄叶提取液按 5 mg·mL⁻¹ 的固液比混匀后于 180 r·min⁻¹ 震摇 24 h,期间每隔 1 h 取一次上清液进行毛蕊花糖苷含量测定,并补加相同量提取原液。

ZIF-8 固相萃取分离毛蕊花糖苷吸附单因素优化,具体参数详见表 1。

(3)ZIF-8 固相萃取分离毛蕊花糖苷解吸条件优化。解吸动力学曲线制备:分离上述完成吸附动力学曲线制备的 ZIF-8,将其去离子水洗涤一次后以 10 mg·mL⁻¹ 的固液比与无水乙醇混匀。随后在 180 r·min⁻¹ 震摇 24 h,期间每隔 1 h 取一次上清液进行毛蕊花糖苷含量测定,并补加相同量无水乙醇。

ZIF-8 固相萃取分离毛蕊花糖苷解吸单因素优化,具体参数详见表 2。

表 1 ZIF-8 固相萃取分离毛蕊花糖苷吸附单因素优化试验

优化因素种类	参数条件			
	固液比 /(mg·mL ⁻¹)	提取液 pH	摇床速度 /(r·min ⁻¹)	摇床时间/h
固液比优化	1,3,5,7,9	6	180	3
提取液 pH 优化	5	4,6,8,10,12	180	3
摇床速度优化	5	6	60,100,140,180,220	3

表 2 ZIF-8 固相萃取分离毛蕊花糖苷解吸单因素优化试验

优化因素种类	参数条件					
	固液比 /(mg·mL ⁻¹)	解吸剂种类	解吸剂浓度 /%	解吸剂 pH	解吸时间/h	摇床速度 /(r·min ⁻¹)
固液比优化	4,7,10,13,16	乙醇	100	6.0	4	180
解吸剂种类优化	10	乙醇,甲醇,正丁醇	100	6.0	4	180
解吸剂浓度优化	10	乙醇	60,70,80,90,100	6.0	4	180

1.5 MOFs 材料与大孔树脂分离毛蕊花糖苷性能对比

1.5.1 大孔树脂静态吸附解吸毛蕊花糖苷性能考察 将大孔树脂(D-101,AB-8,HPD-300)分别以 5 mg·mL⁻¹ 的固液比与地黄叶提取液混匀,随后放入 180 r·min⁻¹ 的摇床中吸附 24 h。吸附完成后的树脂以去离子水洗涤一次后,分别按 5 mg·mL⁻¹ 的固液比加入无水乙醇进行 24 h 180 r·min⁻¹ 的摇床解吸。计算其各自所对应的毛

蕊花糖苷吸附量、吸附率、解吸量以及解吸率。

1.5.2 大孔树脂与 MOFs 材料对毛蕊花糖苷吸附解吸性能对比 取前处理筛选所得大孔树脂种类与 MOFs 材料进行固相萃取分离毛蕊花糖苷性能对比。其吸附、解吸的具体条件分别为前处理优化所得条件。

1.6 数据分析

试验数据采用 SPSS 22.0 统计软件进行处理分析。

2 结果与分析

2.1 MOFs 多孔材料吸附解吸毛蕊花糖苷的性能优化

2.1.1 MOFs 吸附解吸毛蕊花糖苷性能的筛选

由图 1 可知, ZIF-8、MIL-53-Fe、UiO-66-(COOH)₂ 对毛蕊花糖苷均有一定的吸附、解吸能力。虽然 MIL-53-Fe 对毛蕊花糖苷的解吸率最高, 但其对毛蕊花糖苷的较小吸附量限制了其对毛蕊花糖苷的解吸量。ZIF-8 和 UiO-66-(COOH)₂ 对毛蕊花糖苷吸附量相近, 由于 ZIF-8 对毛蕊花糖苷的解吸能力强于 UiO-66-(COOH)₂, 因此由 ZIF-8 所获得的毛蕊花糖苷解吸量高于 UiO-66-(COOH)₂。由此可见, 相较于 MIL-53-Fe 和 UiO-66-(COOH)₂, ZIF-8 更适合用于毛蕊花糖苷的分离。

2.1.2 ZIF-8 固相萃取分离毛蕊花糖苷吸附条件优化

ZIF-8 对毛蕊花糖苷的吸附量在 0~3 h 时逐渐增加, 3 h 后逐渐趋于平稳(图 2A)。因此, 3 h 被确定为最佳静态吸附时间。

由固液比对毛蕊花糖苷吸附量的考察可知, 固液比在 1~5 mg·mL⁻¹ 范围内时, 毛蕊花糖苷随固液比的增加而增加。而固液比在 5~9 mg·mL⁻¹ 范围时, 固液比的进一步增加却不能引起毛蕊花

糖苷吸附量的增加(图 2B)。为了降低成本, 5 mg·mL⁻¹ 被选为获得毛蕊花糖苷最佳吸附性能的固液比。

pH 决定了毛蕊花糖苷的形态和 ZIF-8 表面的电荷类型, 进而影响毛蕊花糖苷在 ZIF-8 上的吸附。随着 pH 由 4 增加到 6, 毛蕊花糖苷在 ZIF-8 上的吸附量呈递增趋势。当 pH 高于 6 时, 毛蕊花糖苷在 ZIF-8 上的吸附量开始减少(图 2C)。因此, 溶液 pH 为 6 时毛蕊花糖苷的吸附效果最佳。

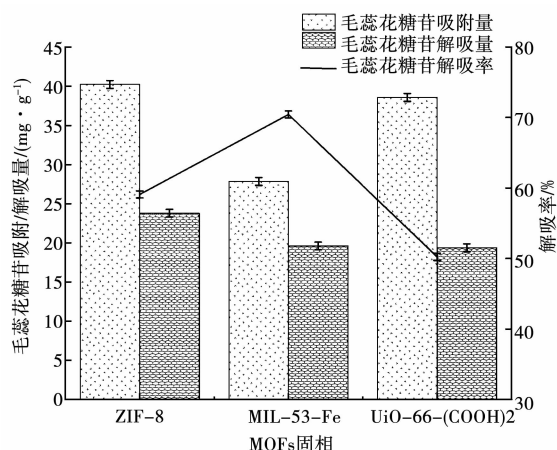


图 1 MOFs 固相萃取分离毛蕊花糖苷性能对比

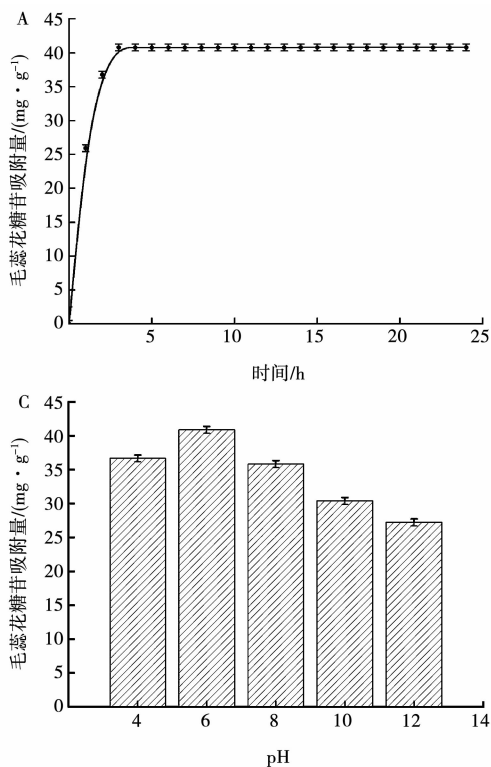


图 2 ZIF-8 固相萃取分离毛蕊花糖苷吸附性能优化

随着摇床速率从 $60 \sim 180 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$, ZIF-8 对毛蕊花糖苷的吸附量也逐渐增加, $180 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 时, ZIF-8 对毛蕊花糖苷的吸附量达到峰值。随后摇床速率进一步增加, 反而使毛蕊花糖苷的吸附量随之下降(图 2D)。因此, $180 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 被选为最佳摇床速率。

2.1.3 ZIF-8 固相萃取分离毛蕊花糖苷解吸条件优化 由解吸动力学曲线可知, 当解吸时间到达 4 h 时, 毛蕊花糖苷解吸量基本达到平衡(图 3A)。因此, 从试验效率考虑, 4 h 被选为最佳解吸时间。

在固液优化试验中, 毛蕊花糖苷的解吸量先

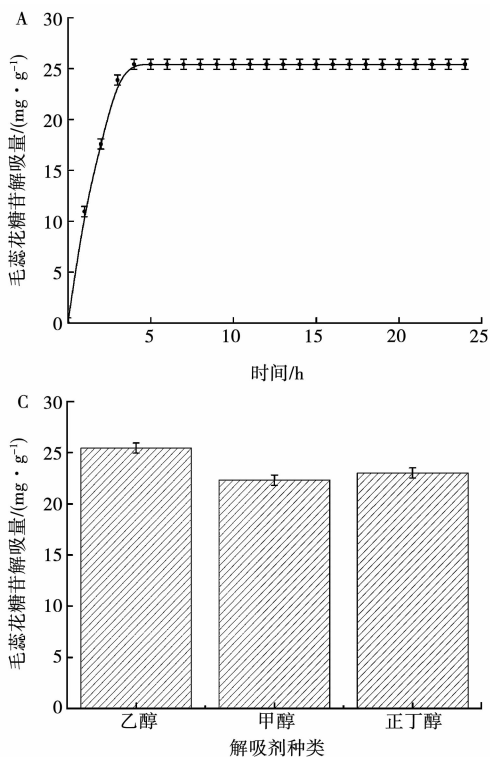


图 3 ZIF-8 固相萃取分离毛蕊花糖苷解吸性能优化

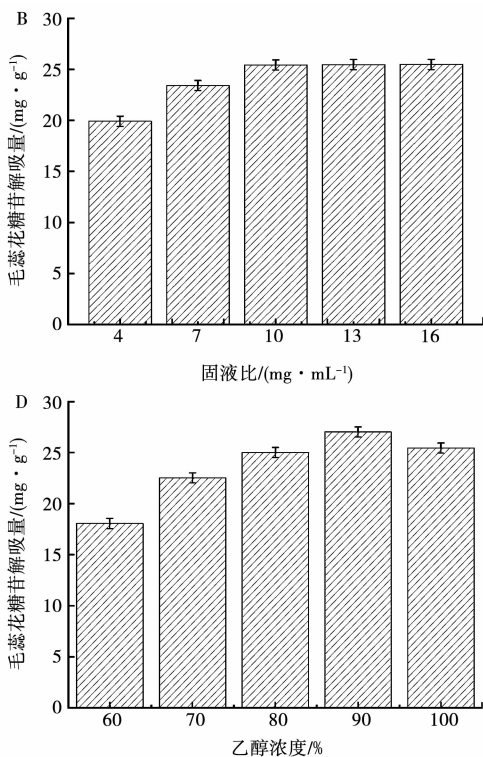
2.2 ZIF-8 与大孔树脂分离毛蕊花糖苷性能对比

2.2.1 大孔树脂静态吸附解吸毛蕊花糖苷性能考察 对 D-101, HPD-300 和 AB-8 静态吸附解吸毛蕊花糖苷的性能进行考察发现, D-101 型大孔树脂对毛蕊花糖苷表现出较好的吸附解吸性能。其对毛蕊花糖苷的吸附量、解吸量和解吸率均高于其他两种大孔树脂(图 4)。

2.2.2 大孔树脂与 ZIF-8 对毛蕊花糖苷吸附解吸性能对比 ZIF-8 与 D-101 在相同条件下对毛蕊花糖苷进行静态吸附解吸。与 D-101 大孔树脂

随固液比的增加而增加, 而后逐渐趋于稳定(图 3B)。因此从经济、节能和毛蕊花糖苷解吸量角度考虑, 得出 $10 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 是最佳固液比。

分别以正丁醇、乙醇和甲醇为解吸剂, 以毛蕊花解吸量为指标对解吸剂种类进行筛选。试验发现当乙醇为解吸剂时, 毛蕊花糖苷解吸量最高(图 3C)。而后对乙醇作为解吸剂时的浓度进行探究。结果显示, 当乙醇浓度为 $60\% \sim 90\%$ 时, 毛蕊花糖苷解吸量随乙醇浓度的升高而增加; 乙醇超过 90% 时毛蕊花糖苷解吸量反而随解吸剂浓度增加而降低(图 3D)。因此, 90% 乙醇最适宜解吸 ZIF-8 所吸附的毛蕊花糖苷。



相比, 在毛蕊花糖苷的分离上 ZIF-8 体现出更强的性能。其对毛蕊花糖苷的吸附量 ($40.78 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$) 和解吸量 ($25.42 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$) 分别为 D-101 大孔树脂对毛蕊花糖苷吸附量 ($22.01 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$) 和解吸量 ($13.86 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$) 的 1.85 倍和 1.83 倍(图 5)。

2.3 地黄叶提取物由 ZIF-8 分离前后液相图对比

在单因素优化所得的最佳吸附解吸条件下, 以 ZIF-8 为分离材料对地黄叶提取物进行分散固相萃取, 其分离前后的 HPLC 检测图如图 6 所示, 地黄叶提取物经 ZIF-8 吸附解吸后, 解吸液中

的杂峰大幅减少。所以,ZIF-8 作为分散固相萃取分离毛蕊花糖苷的吸附剂不仅对毛蕊花糖苷有着可观的吸附解吸性能,而且在纯度提高上也有着较大的潜力。

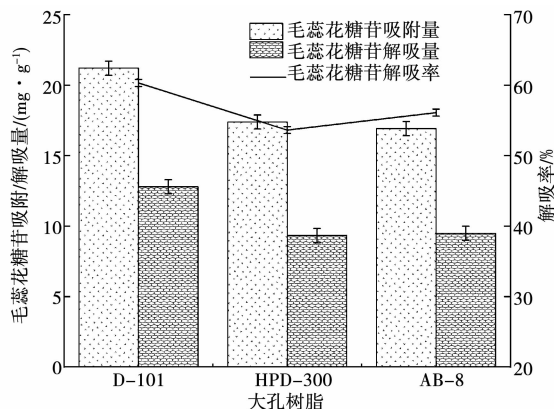


图4 大孔树脂静态吸附解吸毛蕊花糖苷性能对比

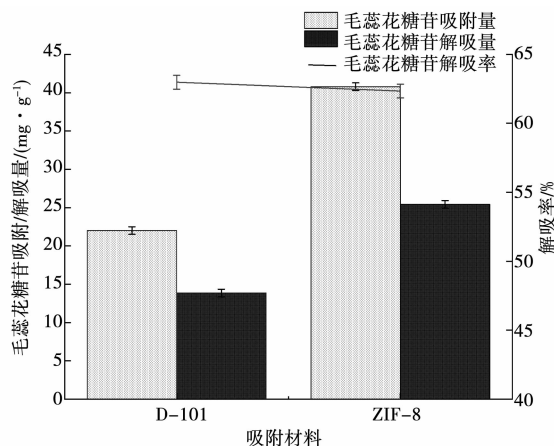


图5 ZIF-8 与 D-101 静态分离毛蕊花糖苷性能对比

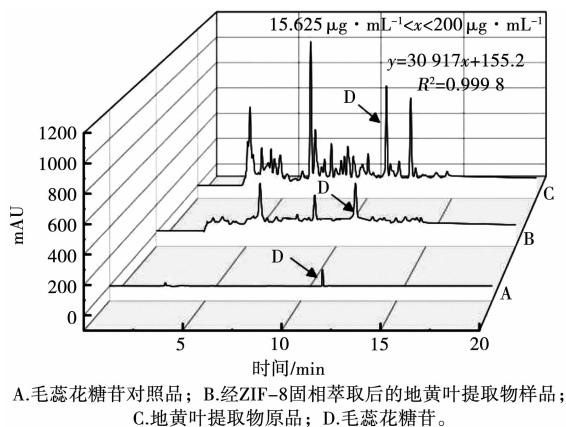


图6 毛蕊花糖苷 HPLC 检测图

3 讨论

本研究通过单因素试验对 ZIF-8 分散固相萃取分离毛蕊花糖苷的吸附解吸条件进行了优化。在吸附条件优化过程中,其静态吸附 3 h 毛蕊

花糖苷吸附量就不再随时间延长而增加,是因为此时 ZIF-8 对提取液中毛蕊花糖苷的吸附量已达到饱和。而固液比方面,其小于 $5 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 时,所用 ZIF-8 量的活性位点数量少于提取液中毛蕊花糖苷的量,所以活性位点的限制使 ZIF-8 吸附的毛蕊花糖苷量随固液比的增加而增加。当固液比超过 $5 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 时,限制 ZIF-8 吸附毛蕊花糖苷量的因素转为提取液中实际所含的毛蕊花糖苷的数量。此时,ZIF-8 活性位点数量大于提取液中毛蕊花糖苷量。因此,进一步增加固液比不会再使毛蕊花糖苷的吸附量增加。而 pH 优化试验中影响 ZIF-8 与毛蕊花糖苷间作用力的是电荷类型及其数量。毛蕊花糖苷中含有羧基和酚羟基,这些基团的离子化会随着 pH 的增加而增加,从而使毛蕊花糖苷转为负电性。但强酸强碱性的环境又易引起毛蕊花糖苷中酯基的水解。因而弱酸性环境下毛蕊花糖苷更稳定。而弱酸环境中的 H^+ 可与 ZIF-8 中的 -N- 配位使 ZIF-8 显正电性与负电性的毛蕊花糖苷特异性结合吸附。因此,当溶液 pH 为 6 呈弱酸性时 ZIF-8 对毛蕊花糖苷的吸附效果最佳。摇床速率对 ZIF-8 吸附能力的影响则体现在毛蕊花糖苷与 ZIF-8 的接触充分度上。当摇床速率小于 $60 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 时,ZIF-8 在溶液中分散性受限,导致 ZIF-8 与毛蕊花糖苷接触不充分,吸附不完全。当摇床速率大于 $180 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 时,ZIF-8 与毛蕊花糖苷接触的时间过短,毛蕊花糖苷吸附牢固度欠佳。因此, $180 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 为最佳摇床速率。

解吸条件优化试验发现, $10 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 是其最佳解吸固液比。是由于 ZIF-8 中吸附的毛蕊花糖苷量是一定的,故其必定对应一个可使 ZIF-8 所吸附毛蕊花糖苷解吸量达到饱和的解吸剂体积。当固液比小于 $10 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 时,解吸剂体积不足以使 ZIF-8 上负载的毛蕊花糖苷完全解吸至解吸液中。而当固液比超过 $10 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 时,毛蕊花糖苷的解吸达到饱和,固液比的进一步增加不会再引起解吸量的增加。与甲醇和正丁醇相比,中等极性的乙醇与毛蕊花糖苷的极性更接近。并且毛蕊花糖苷虽为苷类,其苷元极性相对较小致使毛蕊花糖苷的极性大于苷元但也小于一般苷类。由于相似相溶原理,90%乙醇更适宜其解吸。

4 结论

MOFs 作为多孔金属骨架在毛蕊花糖苷吸附解吸上体现出优越的性能。其中以 ZIF-8 最为突

出,其对毛蕊花糖苷的吸附量和解吸量分别为 D-101 大孔树脂的 1.85 倍和 1.83 倍。且其相对树脂而言用量小,保存方便,由此可见 MOFs 多孔材料分散固相萃取可作为大孔树脂纯化毛蕊花糖苷的替代方法,并有望在其他天然产物的分离中应用。

参考文献:

- [1] ZONG W R, CHEONG K L, WU D T, et al. Preparation and purification of raffinose family oligosaccharides from *Rehmannia glutinosa* Libosch. by fast protein liquid chromatography coupled with refractive index detection[J]. Separation and Purification Technology, 2014, 138: 98-103.
- [2] ZHOU F, XU T, ZHAO Y J, et al. Chitosan-coated liposomes as delivery systems for improving the stability and oral bioavailability of acteoside[J]. Food Hydrocolloids, 2017, 83: 17-24.
- [3] 郑帅, 杨敏, 白彝华, 等. 毛蕊花糖苷调控 Snail1 表达在糖尿病肾脏疾病中上皮细胞-间质转化中的作用[J]. 中国老年学杂志, 2021, 41(19): 4320-4324.
- [4] 谢莹, 林鑫, 袁静, 等. 毛蕊花糖苷对糖尿病肾病小鼠肾组织中高迁移率族蛋白 1 及核因子 KB 表达的影响[J]. 中华肾脏病杂志, 2021, 37(10): 817-823.
- [5] 孔德兴, 徐永清, 杨燕, 等. 向日葵列当毛蕊花糖苷的提取工艺优化及其抗氧化活性[J/OL]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2022, 50(8): 1-11[2022-01-10]. https://kns.cnki.net/kcms/detail/detail.aspx?dbcode=CAPJ&dbname=CAPJLAST&filename=XBNY20220120003&uniplatform=NZKPT&v=U7efZx3mFVBEBOLFZ3IU7dCjqETC3ODTqx_M7uS0IX-ErW33rs2Pw1-dRVnvOzwh. DOI: 10. 13207/j.cnki.jnwafu. 2022. 08. 012.
- [6] 王唯, 王冬晶, 孙亮, 等. MOFs 材料声催化活性在工业废水处理中的应用进展[J/OL]. 工业水处理, 2022: 1-8[2022-01-10]. https://kns.cnki.net/kcms/detail/detail.aspx?dbcode=CAPJ&dbname=CAPJLAST&filename=GY-SC2022017000&uniplatform=NZKPT&v=WAYoBR-pUseTirUhvyjIS0I_YngGubQXccVojp7SFMVSxoyZy6zxxlxMtpt-zjPN. DOI: 10. 19965/j.cnki.iwt. 2021-1356.
- [7] 张秋云, 杨先菊, 吴亚萍, 等. MOFs 衍生 TiO₂ 负载硅钨酸的制备及催化合成生物柴油[J]. 粮食与油脂, 2022, 35(1): 58-63.
- [8] 田娜, 贾庆明, 马艾华, 等. 金属-有机骨架材料的微波法制备及其应用[J]. 化工新型材料, 2016, 44(10): 39-41.
- [9] 杨宇州, 李政, 黄艳凤, 等. MOF 基水凝胶材料的制备及其应用[J]. 化学进展, 2021, 33(5): 726-739.
- [10] MOHAMED Y, QUYNH N P L, NORAFIQA H I, et al. Effect of incorporating different ZIF-8 crystal sizes in the polymer of intrinsic microporosity, PIM-1, for CO₂/CH₄ separation[J]. Microporous and Mesoporous Materials, 2021, 312: 110761.
- [11] 封红瑞, 李松涛, 霍晓兵, 等. ZIF-8 材料的制备及应用进展[J]. 化学通报, 2021, 84(12): 1314-1322.
- [12] COMBARIEU G, MORCRETTOT M, MILLANGE F, et al. Influence of the benzoquinone sorption on the structure and electrochemical performance of the MIL-53(Fe) hybrid porous material in a lithium-ion battery[J]. Chemistry of Materials, 2009, 21(8): 1602-1611.
- [13] 生森森, 刘佳祥, 李卓. 金属有机框架材料 UiO-66-(COOH)₂ 吸附去除染料废水中的亚甲基蓝和罗丹明 B[J]. 西安交通大学学报, 2020, 54(9): 180-188.

Exploration of the Adsorption and Desorption Performance of Acteoside on MOFs

TIAN Meng-fei^{1,2,3}, XIAO Yu-xin^{1,2}, LIU Qing-long^{1,2}, QIU Le-qun^{1,3,4}, WANG Wei-hao^{1,2,3}, LI Chun-ying^{1,3,4}, ZHAO Chun-jian^{1,2,3}

(1. College of Chemical, Chemical Engineering and Resource Utilization, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China; 2. Engineering Research Center of Forestry Biologics, Ministry of Education, Harbin 150040, China; 3. Heilongjiang Provincial Key Laboratory of Ecological Utilization of Forestry-based Active Substances, Harbin 150040, China; 4. Key Laboratory of Forest Plant Ecology, Ministry of Education, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China)

Abstract: In order to explore the adsorption and desorption properties of MOFs on acteoside in *Rehmannia glutinosa* leaves extract, MOFs were first prepared by referring to the literature method. Then, the most suitable MOFs and macroporous resins for the separation of acteoside were screened according to the adsorption capacity, desorption capacity and desorption yield. The ability of ZIF-8 to adsorb and desorb acteoside was optimized by single factor experiments. The adsorption and desorption capacities of ZIF-8 and D-101 on acteoside were compared under the optimized conditions. The results showed that the adsorption and desorption of acteoside by ZIF-8 were 40.78 and 25.42 mg·g⁻¹, respectively. Which were 1.85-fold and 1.83-fold that of those obtained by D-101, respectively. Therefore, the adsorption and desorption performance of ZIF-8 on acteoside was better than that of D-101 macroporous resin.

Keywords: MOFs; dispersive solid phase extraction; leaves of *Rehmannia glutinosa* Libosch.; acteoside; macroporous resin