

大孔树脂对沙枣多酚的动态吸附解析性能研究

王 雅^{1,2}, 樊明涛¹, 赵 萍², 曾贤菲², 李占娟²

(1 西北农林科技大学 食品科学与工程学院, 陕西 杨凌 712100; 2 兰州理工大学 生命科学与工程学院, 甘肃 兰州 730050)

[摘 要] **【目的】**筛选适宜沙枣多酚纯化的大孔树脂。**【方法】**通过静态吸附与解析试验,从 AB-8、NKA-9、NKA、D4020、X-5 和 D101 中筛选可用于沙枣多酚纯化的大孔树脂,并研究其对沙枣多酚的动态吸附和解析性能。**【结果】**NKA-9 树脂对沙枣多酚的饱和吸附量为 19.58 mg/g,吸附等温线符合 Langmuir 和 Freundlich 方程,动力学曲线符合 Langmuir 方程,饱和吸附时间为 7 h 左右;NKA-9 大孔树脂纯化沙枣多酚的最佳工艺条件为:上柱液 pH 4,上柱液中沙枣多酚质量浓度 1.00 mg/mL,上样液体积 25.12 mL,上样流速 1.0 mL/min,洗脱液乙醇体积分数 60%,洗脱剂体积 18.84 mL,洗脱剂流速 1.0 mL/min。**【结论】**NKA-9 型大孔树脂表现出较好的吸附性能与解析效果,能很好地富集纯化沙枣多酚。

[关键词] 沙枣;多酚;大孔吸附树脂;纯化

[中图分类号] TS255

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2010)12-0215-06

Dynamic absorption and desorption of polyphenols from *Elaeagnus angustifolia* L. by macroporous absorbent resins

WANG Ya^{1,2}, FAN Ming-tao¹, ZHAO Ping², ZENG Xian-fei², LI Zhan-juan²

(1 College of Food Science and Engineering, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 College of Life Science and Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou, Gansu 730050, China)

Abstract: **【Objective】** This study was to study a suitable resin for purifying *Elaeagnus angustifolia* L. polyphenol. **【Method】** Dynamic absorption and desorption experiments were carried out to select suitable resin from AB-8, NKA-9, NKA, D4020, X-5 and D101 of macroporous absorbent resin for *E. angustifolia* L. polyphenol. **【Result】** The static saturated adsorption capacity of NKA-9 resin was 19.58 mg/g while the time for it to achieve saturation adsorption was 7 h. Besides, the absorption isotherm data of NKA-9 resin could well fit the Langmuir equation and Freundlich equation, and the absorption kinetic also fitted the Langmuir equation; The optimum absorption conditions of macroporous resin NKA-9 were pH value 4, concentration of feed 1.00 mg/mL, volume of polyphenol sample 25.12 mL, feeding rate 1.0 mL/min. And the optimum desorption conditions were elute ethanol concentration 60%, elute volume 18.84 mL, elution rate 1.0 mL/min. **【Conclusion】** Macroporous resin NKA-9 possessed the strongest absorbent ability and easier desorption property, which is a better macroporous absorbent resin for purifying polyphenols in *E. angustifolia* L..

Key words: *Elaeagnus angustifolia* L.; polyphenol; macroporous absorbent resin; purification

沙枣(*Elaeagnus angustifolia* L.)为胡颓子科胡颓子属植物,是沙漠盐碱地的“宝树”,也是一种绿

色食药资源。沙枣果实富含糖类、蛋白质、矿物质及多种微量元素,还富含鞣质,有清热、止咳平喘、消肠

* [收稿日期] 2010-06-01

[基金项目] 兰州理工大学优秀青年教师培养计划资助项目(0908ZXC164)

[作者简介] 王 雅(1974—),女,甘肃武威人,副教授,在读博士,主要从事功能食品研究。E-mail: wangya502@163.com

[通信作者] 樊明涛(1963—),男,陕西富平人,教授,博士生导师,主要从事食品微生物研究。

炎、镇静、固精、健胃、止泻、利尿、排毒去湿热、调节恢复人体血液循环系统、降血压、降血糖、降血脂等保健功能^[1-2]。艾志录等^[3]、赵艳红等^[4]分别研究了用大孔吸附树脂纯化苹果渣多酚和石榴皮多酚。目前,对沙枣多酚的研究主要集中在提取方法上,尚未见利用大孔吸附树脂纯化沙枣多酚的报道。本研究从几种大孔树脂中筛选出对沙枣多酚具有良好吸附和解析性能的树脂,并考察其对沙枣多酚的动态吸附与解析性能及其主要影响因素,以期建立沙枣多酚大孔树脂纯化的适宜条件。

1 材料与方法

1.1 试验材料

于 2008—2009-09 连续 2 年在甘肃古浪县腾格里沙漠采集沙枣样品,去核后粉碎,过孔径 0.38 mm 的筛,备用。

1.2 主要试剂和仪器

AB-8、NKA-9、NKA、D4020 型大孔吸附树脂,南开大学化工厂;X-5、D101 大孔吸附树脂,安徽三星树脂科技有限公司;单宁酸标准品, SIGMA-ALDRICH Inc;其他试剂均为国产分析纯。参照文献^[5]的方法制备 Folin-Dennis 试剂。

UV-9000 紫外分光光度计,北京瑞丽分析仪器公司;JY99-2D 型超声波细胞粉碎机,宁波新芝生物科技股份有限公司。

1.3 沙枣乙醇提取液的制备及多酚含量的测定

称取 50.00 g 沙枣样品,以体积分数 60%乙醇为溶剂,料(g)液(mL)比 1:12,于 280 W 功率下超声提取 10 min,于 3 500 r/min 离心 5 min 后,减压浓缩蒸去乙醇,得沙枣乙醇提取液。参照文献^[6]中的 Folin-Dennis 法,以单宁酸为基准物质,测定沙枣乙醇提取液中的多酚含量为 1.5 mg/mL。

1.4 树脂的筛选^[3]

将所用大孔吸附树脂用无水乙醇浸泡 24 h,然后用蒸馏水冲洗至无醇味,再用体积分数 5%的盐酸溶液浸泡 4 h,蒸馏水冲洗至中性,最后用质量分数 2%的 NaOH 溶液浸泡 4 h,蒸馏水冲洗至中性备用。

1.4.1 静态吸附试验 准确称取经滤纸吸干预处理过的 6 种供试湿树脂 1.00 g 于 100 mL 锥形瓶中,加入 30 mL 沙枣乙醇提取液,避光密封,置于振荡器中,25 ℃、120 r/min 振荡,每隔 1 h 从上清液中取样,测定多酚含量,按下式计算吸附量,考察树脂对沙枣多酚的吸附效果。

$$\text{吸附量}(\text{mg/g}) = \frac{(C_0 - C_1) \times V}{M} \quad (1)$$

式中: C_0 为吸附前试液的多酚质量浓度(mg/mL), C_1 为吸附后试液的多酚质量浓度(mg/mL), V 为供试液体积(mL), M 为树脂湿质量(g)。

1.4.2 静态解析试验 将充分吸附的树脂过滤,用水冲洗后滤干,置于锥形瓶中,加入体积分数 60%的乙醇溶液 30 mL,密封振荡(25 ℃、120 r/min),每隔 1 h 从上清液中取样,测定多酚含量,按下式计算解析率。

$$\text{解析率} = \frac{C_0}{C_1 - C_2} \times 100\% \quad (2)$$

式中: C_0 为解析液的多酚质量浓度(mg/mL), C_1 为粗提液的多酚质量浓度(mg/mL), C_2 为上清液的平衡多酚质量浓度(mg/mL)。

1.5 吸附等温线

称取经预处理的 NKA-9 大孔树脂 2.00 g,置于 100 mL 锥形瓶中,分别加入沙枣乙醇提取液 10, 20, 40, 60, 80 mL,振荡吸附(25 ℃、120 r/min) 8 h 后,测定上清液中的多酚质量浓度,按下式计算吸附率,绘制吸附等温线。

$$\text{吸附率} = \frac{(C_0 - C_1)}{C_0} \times 100\% \quad (3)$$

式中: C_0 为吸附前试液的多酚质量浓度(mg/mL), C_1 为吸附后试液的多酚质量浓度(mg/mL)。

1.6 NKA-9 树脂对沙枣多酚的动态吸附解析性能研究

参考文献^[7-10]的方法进行试验。取 5.00 g 处理过的 NKA-9 树脂,装柱后,在相同条件下研究上样液 pH、多酚质量浓度、上样液流速、上样量对 NKA-9 树脂吸附效果的影响,分析解析剂(乙醇)体积分数、洗脱剂体积、洗脱剂流速对洗脱效果的影响。测定多酚质量,根据下式计算吸附率和解析率:

$$\text{吸附率} = \frac{(M_1 - M_2)}{M_1} \times 100\% \quad (4)$$

$$\text{解析率} = \frac{M_3}{M_1 - M_2 - M_4} \times 100\% \quad (5)$$

式中: M_1 为上柱液多酚质量(mg), M_2 为漏出液多酚质量(mg), M_3 为解析液多酚质量(mg), M_4 为水洗液多酚质量(mg)。

1.7 NKA-9 树脂动态洗脱特性分析^[11]

按确定的最佳吸附和解析条件上柱洗脱,分部收集洗脱液于试管,测定试管中洗脱液的沙枣多酚含量。以洗脱液体积为横坐标,洗脱液中沙枣多酚质量浓度(mg/mL)为纵坐标,绘制洗脱曲线。

2 结果与分析

2.1 树脂的筛选

2.1.1 不同树脂对沙枣多酚的吸附性能 由图 1 可以看出,吸附初期 6 种树脂均能快速吸附多酚物质,且随吸附时间的延长吸附速率均有所下降,并缓慢趋向饱和,7 h 后基本达到吸附平衡;吸附曲线与 Langmuir 吸附曲线相符,属于单分子层吸附类型。各种树脂的静态吸附总量相差较大,顺序依次是 AB-8>NKA-9>D101>X-5>D4020>NKA。AB-8 和 NKA-9 树脂的静态饱和吸附量分别为 20.22 和 19.58 mg/g,AB-8 和 NKA-9 树脂的最低吸附量

分别为 4.52 和 6.46 mg/g,此现象说明大孔树脂对沙枣多酚的吸附具有较强的选择性,其吸附性能大小与树脂类型有关。

2.1.2 不同树脂对沙枣多酚的解析性能 图 2 表明,体积分数 60% 的乙醇溶液对各种树脂均有较好的解析能力,解析速度也较快,基本在 3 h 内就可达到解析平衡。NKA-9 树脂的最大解析率可达 88.70%,绝大部分沙枣多酚类物质均能被洗脱下来;AB-8 大孔树脂的最大解析率可达 76.16%。

综合以上试验结果发现,NKA-9 树脂对沙枣多酚物质不仅具有较强的吸附能力,而且容易洗脱,是纯化沙枣多酚物质的优良材料。

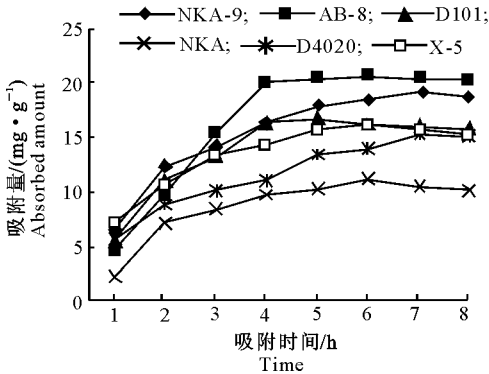


图 1 不同树脂对沙枣多酚的静态吸附曲线
Fig.1 Static absorption curves of different types of macroporous resin

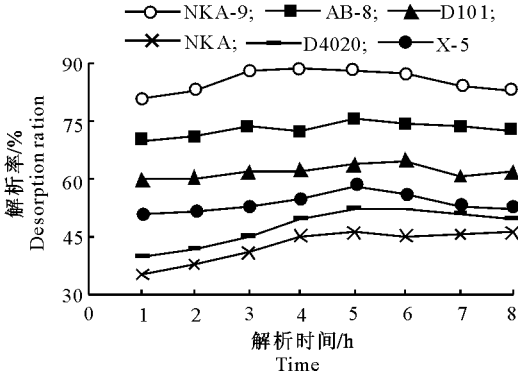


图 2 不同树脂对沙枣多酚的静态解析曲线
Fig.2 Static desorption curves of different types of macroporous resin

2.2 NKA-9 树脂对沙枣多酚的吸附等温线

在 25 ℃ 时,NKA-9 大孔树脂吸附沙枣多酚溶液,用平衡溶液中的沙枣多酚质量浓度(C)对吸附载体上的沙枣多酚吸附量(Q)作图,结果如图 3 所示。

低质量浓度多酚溶液中可以吸附、富集到沙枣多酚。

分别用 Langmuir 单层等温吸附方程和 Freundlich 等温方程,对沙枣多酚吸附等温线数据进行拟合,结果见表 1。用 Langmuir 方程计算可得,NKA-9 树脂表面的最大吸附量为 44.64 mg/g。

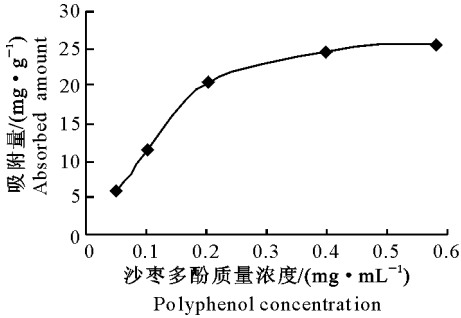


图 3 25 ℃ 时 NKA-9 树脂对沙枣多酚的吸附等温线
Fig.3 Absorption isotherm curve of NKA-9 resin at 25 ℃

根据 Brunauer 等^[12]划分的典型等温吸附线类型及 De Vault 提出的“优惠”和“非优惠”平衡曲线概念^[13]可知,本试验中 NKA-9 树脂的等温吸附线属于向上凸的优惠型吸附等温线,与 Langmuir 吸附曲线相符,为单分子层吸附,表明 NKA-9 树脂在

表 1 NKA-9 型树脂的吸附等温线方程

Table 1 Isotherm equation of NKA-9 resin		
拟合方程 Equation type	吸附等温线方程 Isotherm equation	相关系数 R ²
Langmuir	$Y=0.007\ 3x+0.022\ 4$	0.995 0
Freundlich	$Y=0.604\ 3x+3.708\ 4$	0.959 1

2.3 NKA-9 树脂对沙枣多酚的吸附动力学曲线^[13]

由图 1 可知,0~7 h 内 NKA-9 树脂对沙枣多酚的吸附量随时间的延长而增大,之后吸附量趋于稳定,说明吸附 7 h 左右即可达到饱和吸附量。用 Langmuir 单层吸附模型拟合,拟合方程为 $Y=1.761\ 3x-0.359\ 1$,决定系数 $R^2=0.965\ 9$,说明 NKA-9 树脂吸附与 Langmuir 单层吸附模型拟合较好。

2.4 NKA-9 树脂对沙枣多酚的动态吸附解析性能

2.4.1 上样液 pH 对 NKA-9 树脂吸附效果的影响

经测定沙枣乙醇提取液呈酸性。由图 4 可见,在 $\text{pH} < 4$ 时,NKA-9 树脂对沙枣多酚的吸附量随 pH 值的增加而增大, pH 值为 4 时,吸附量达最大; $\text{pH} > 4$ 时,随着 pH 值的增大,NKA-9 树脂对沙枣多酚的吸附能力下降,原因可能是树脂对物质的吸附能力主要取决于化合物的酸碱度,酸性化合物在酸性溶液中易吸附。

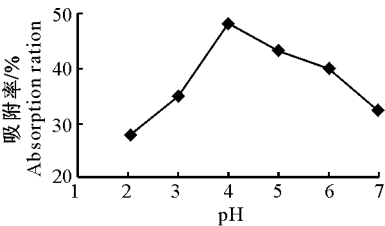


图 4 pH 值对 NKA-9 树脂吸附沙枣多酚效果的影响

Fig. 4 Effect of pH value on absorption efficiency

2.4.2 上柱液质量浓度对 NKA-9 树脂吸附效果的影响

由图 5 可知,在沙枣多酚质量浓度较低的条件 ($< 1.0 \text{ mg/mL}$),随提取液中沙枣多酚质量浓度的增加,NKA-9 树脂的吸附率逐渐增大,这可能

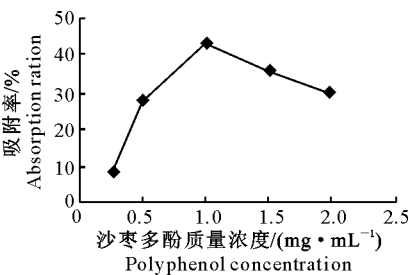


图 5 沙枣多酚提取液质量浓度对 NKA-9 树脂吸附效果的影响

Fig. 5 Effect of concentration of feed on absorption efficiency

2.4.4 上样液体积对 NKA-9 树脂吸附效果的影响

由图 7 可见,随上样液体积的增大,NKA-9 树脂对沙枣多酚的吸附率降低。沙枣多酚溶液的体积为 $12.56 \sim 25.12 \text{ mL}$ 时,NKA-9 树脂的吸附率较高,之后随上柱液体积的继续增大,吸附率迅速下降,当上样量达 62.80 mL 时,吸附率仅为 23.01% 。理论上讲,上样量越少,吸附率越高,但若上柱量过少,纯化周期将有所延长,纯化效率较低。综合考虑认为,上样液体积以 25.12 mL 为宜。

2.4.5 乙醇体积分数对 NKA-9 树脂解析效果的影响

由图 8 可知,随乙醇体积分数的增加,NKA-9 树脂的解析率呈先升高后下降的变化趋势。当乙醇体积分数为 60% 时,解析率最大,达 85.01% 。因

是因为低质量浓度可以增加沙枣多酚分子与树脂的接触,加速其进入树脂内部并迅速扩散;当提取液中沙枣多酚质量浓度 $> 1.0 \text{ mg/mL}$ 时,随提取液中沙枣多酚质量浓度的增加,NKA-9 树脂的吸附率逐渐减小,其原因可能是高质量浓度时树脂表面接触多酚分子过多,阻碍其他多酚分子进入树脂内部,影响多酚分子在树脂内的扩散,导致树脂吸附率下降;同时随着吸附液质量浓度的增加,试液中与多酚竞争吸附的杂质也会增加,因此本试验提取液中沙枣多酚质量浓度以 1.0 mg/mL 为宜。

2.4.3 上样流速对 NKA-9 树脂吸附效果的影响

由图 6 可知,随上样流速的增大 NKA-9 的吸附率逐渐降低。上样流速对树脂吸附的影响主要是通过影响溶质向树脂表面的扩散,从而影响吸附效果。上样流速太快时,沙枣多酚溶液和树脂接触时间短,其分子来不及扩散到树脂的内表面而发生漏吸,导致吸附率降低。上样流速较小时,多酚分子有足够的时间与树脂内表面接触,有利于树脂对多酚的吸附,从而可以减少多酚分子的漏出量,有利于提高其吸附率。但若流速过小,会使作业周期延长,所以上样流速以 1.0 mL/min 为宜。

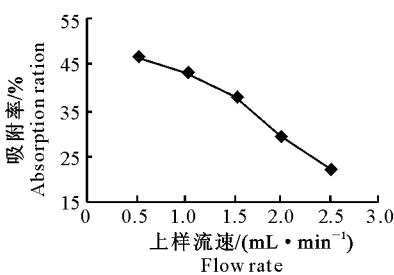


图 6 上样流速对 NKA-9 树脂吸附沙枣多酚效果的影响

Fig. 6 Effect of flow rate on absorption efficiency

此,选用体积分数 60% 乙醇溶液对沙枣多酚进行洗脱。

2.4.6 洗脱剂体积对洗脱效果的影响

由图 9 可知,体积分数 60% 乙醇的洗脱能力与其体积呈正相关,体积越大,解析率越大。当洗脱剂体积为 3.14 mL 时,几乎没有沙枣多酚被洗脱出来,而当洗脱剂体积达到 18.84 mL 时,有 87.42% 的沙枣多酚被洗脱出来。因此,从节约成本出发,用体积分数 60% 乙醇洗脱时,其用量以 18.84 mL 为佳。

2.4.7 洗脱剂流速对解析效果的影响

由图 10 可知,洗脱剂流速为 0.5 mL/min 时,解析率可达 87.07% ;而洗脱剂流速为 2.5 mL/min 时,解析率只有 67.08% ,这可能是因为流速过快时,洗脱剂不

能与被吸附的多酚进行充分作用,而将其从大孔树脂的吸附位点上置换出来。在试验中,若流速太慢

则会使作业周期延长,因此综合考虑认为,最佳洗脱剂流速为 1.0 mL/min。

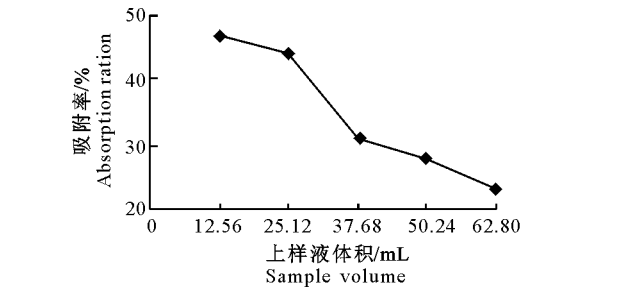


图 7 上样液体积对 NKA-9 树脂吸附沙枣多酚效果的影响
Fig. 7 Effect of sample volume on absorption efficiency

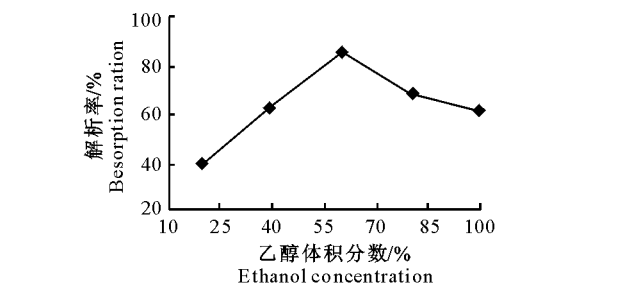


图 8 乙醇体积分数对沙枣多酚洗脱效果的影响
Fig. 8 Effect of ethanol solution on desorption efficiency

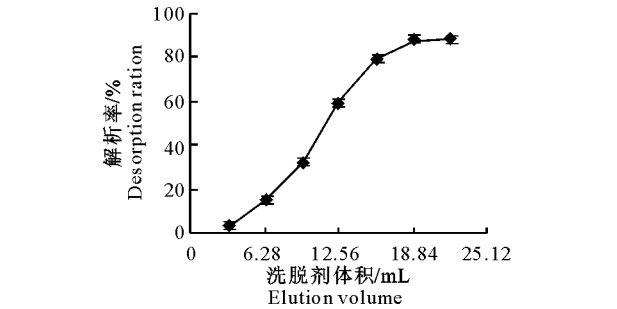


图 9 洗脱剂体积对沙枣多酚洗脱效果的影响
Fig. 9 Effect of elution volume on desorption efficiency

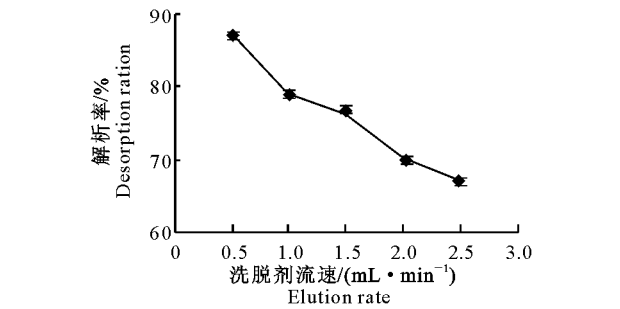


图 10 洗脱剂流速对沙枣多酚洗脱效果的影响
Fig. 10 Effect of elution rate on desorption efficiency

2.4.8 NKA-9 树脂的动态洗脱特性 由图 11 可以看出,动态条件下 NKA-9 树脂上的沙枣多酚有良好的洗脱性能,多酚物质的洗脱高峰相对集中,对称性好。当洗脱剂体积为 9.42 mL 时,洗脱的多酚质量浓度达到最大值,为 1.92 mg/mL。当洗脱剂体积达 21.98 mL 时,沙枣多酚解析率达到最高,为 88.06%。

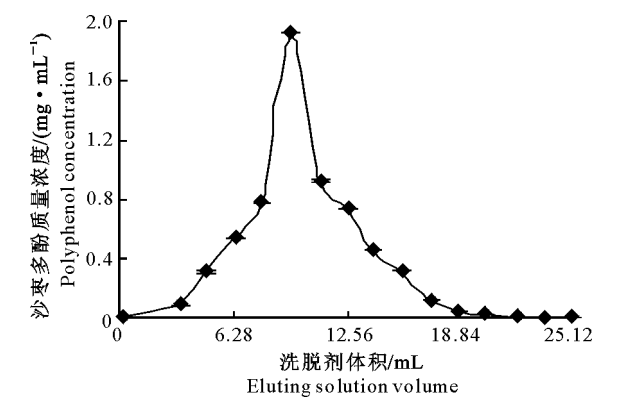


图 11 NKA-9 树脂的动态洗脱曲线
Fig. 11 Dynamic desorption curve of resin NKA-9

2.5 提取物中沙枣多酚纯度的测定

按照 2.2 节的方法测得纯化前的沙枣多酚纯度为 17.14%,纯化后的纯度为 82.67%,可以看出纯化后的多酚纯度是纯化前的 4.8 倍。

3 结 论

(1)通过静态吸附与解析试验,筛选到适用于沙枣多酚分离纯化的大孔吸附树脂为 NKA-9。NKA-9 大孔树脂吸附沙枣多酚 7 h 左右即可达到饱和状态,饱和吸附量为 19.58 mg/g,吸附等温线和吸附动力学曲线符合 Langmuir 方程。

(2)当上柱液中沙枣多酚质量浓度为 1.00 mg/mL、pH 为 4、上样流速为 1.0 mL/min、上样液体积为 25.12 mL 时,NKA-9 树脂对沙枣多酚的吸附量达到较大。

(3)以体积分数 60%乙醇为洗脱剂,洗脱剂体积为 18.84 mL、洗脱剂流速为 1.0 mL/min 时,沙枣多酚的动态解析效果最好,解析率达最高值87.07%,且洗脱峰集中,对称性好,无明显拖尾现象。

(4)经 NKA-9 大孔树脂纯化后,沙枣多酚的纯度是纯化前的 4.8 倍。

[参考文献]

[1] 刘勇民. 维吾尔药志(上册)[M]. 乌鲁木齐:新疆科技卫生出版社,1999:228.
Liu Y M. The uyghura history of medicine(Volume I) [M]. Urumuqi: Xinjiang Science and Technology Press, 1999: 228. (in Chinese)

[2] 黄俊华,艾合买提江,杨昌友,等.沙枣(*Elaeagnus angustifolia* L.)研究现状与展望 [J].中国野生植物资源,2005,24(3):26-33.
Huang J H,Ai H M T J,Yang C Y,et al. Present situation and prospect about the study of *Elaeagnus angustifolia* L. [J]. Chinese Wild Plant Resources, 2005, 24(3): 26-33. (in Chinese)

[3] 艾志录,王育红,王海,等.大孔树脂对苹果渣中多酚物质的吸附研究 [J].农业工程学报,2007,23(8):245-248.
Ai Z L,Wang Y H,Wang H,et al. Absorption of polyphenols from apple pomace by macroporous absorbent resins [J]. Transactions of the CSAE,2007,23(8):245-248. (in Chinese)

[4] 赵艳红,李建科,李国荣.石榴皮多酚纯化及其抗氧化活性表征 [J].食品科学,2010,31(11):31-37.
Zhao Y H,Li J K,Li G R. Purification with macroporous absorbent resins and *in vitro* antioxidant evaluation of pomegranate peel polyphenols [J]. Food Science,2010,31(11): 31-37. (in Chinese)

[5] Jayaprakasha G K,Singh R P,Sakariah K K. Antioxidant activity of grape seed (*Vitis vinefera*) extracts on peroxidation models *in vitro* [J]. Food Chem,2001,73:285-290.

[6] William H. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists [M]. 14th ed. Washington D C: Gout Print Off,1980.

[7] 袁英姿,曹清明,钟海雁,等.大孔吸附树脂纯化油茶籽多酚的研究 [J].食品与机械,2009,25(1):61-63.
Yuan Y Z,Cao Q M,Zhong H Y,et al. Study on the purification of camellia ole ifera seeds polyphenols with macroporous absorbent resin [J]. Ood & Machinery,2009,25(1):61-63. (in Chinese)

[8] 黄阿根,董瑞建,谢凯舟.茶树花多酚大孔树脂纯化工艺研究 [J].农业工程学报,2007,23(9):239-245.
Huang A G,Dong R J,Xie K Z. Purification technology of polyphenols from tea flower with macroporous absorbent resin [J]. Transactions of the CSAE,2007,23(9):239-245. (in Chinese)

[9] 胡青平,徐建国,田呈瑞,等.天然茄子皮红色素分离纯化的动态吸附参数研究 [J].西北植物学报,2007,27(6):1256-1260.
Hu Q P,Xu J G,Tian C R,et al. Parameters of dynamic absorption in the isolation and purification of red pigment from the aubergine [J]. Acta Bot Boreal-Occident Sin,2007,27(6): 1256-1260. (in Chinese)

[10] 王育红,朱维军,潘治利,等. NKA-9 大孔树脂对苹果多酚的动态吸附工艺优化 [J].农业机械学报,2009,40(8):119-123.
Wang Y H,Zhu W J,Pan Z L,et al. Optimization of the absorption property of apple polyphenols on NKA-9 macroporous resin [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery,2009,40(8):119-123. (in Chinese)

[11] 张茜,贾冬英,姚开,等.大孔吸附树脂纯化石榴皮多酚 [J].精细化工,2007,24(4):345-349.
Zhang Q,Jia D Y,Yao K,et al. Purification of polyphenols from pomegranate peel by macroporous absorbent resin [J]. Fine Chemicals,2007,24(4):345-349. (in Chinese)

[12] Brunauer S,Emmett P H,Teller E. Absorption of gases of multimolecular layers [J]. J Am Chem Soc,1938,60:309-314.

[13] 叶振华.吸着分离过程基础 [M].北京:化学工业出版社,1988:20-43.
Ye Z H. The basis of absorption and separation process [M]. Beijing: Chemical Engineering Press,1988: 20-43. (in Chinese)