

# 大孔树脂吸附纯化番木瓜籽总三萜研究

李幼梅, 周楷, 白新鹏, 张云竹\*

(海南大学食品学院, 海口 570228)

**摘要:** **目的** 筛选出适宜吸附纯化番木瓜籽总三萜的树脂类型, 初步确定其吸附-解析工艺条件。**方法** 采用 S-8、NAK-9、AB-8、HPD700 和 D-101 5 种不同极性大孔树脂对番木瓜籽总三萜进行吸附纯化, 通过比较 5 种树脂对番木瓜籽总三萜的吸附解析性能及产品回收率, 筛选出最佳树脂类型及确定吸附纯化工艺。**结果** 试验表明, 相较其他 4 种树脂, 弱极性树脂 AB-8 较适用于番木瓜籽总三萜的吸附纯化, 建立了 AB-8 静态吸附总三萜的动力学方程, 确立了 AB-8 纯化总三萜的工艺条件, 对树脂 AB-8 的等温吸附进行初步探讨。**结论** 在洗脱剂乙醇体积分数为 80%、吸附 2 h、解析 2 h, AB-8 大孔树脂对番木瓜籽总三萜纯化效果较佳, 产品的解析率达 70.89%, 回收率达到 59.58%。

**关键词:** 番木瓜籽; 总三萜; 大孔树脂; 纯化

## Study on purification of total triterpenes from papaya seeds with macroporous resins

LI You-Mei, ZHOU Kai, BAI Xin-Peng, ZHANG Yun-Zhu\*

(College of Food Science and Engineering, Hainan University, Haikou 570228, China)

**ABSTRACT: Objective** To filtrate the best macroporous resins for purification of total triterpenes in papaya seeds and to confirm the technological parameters. **Methods** The purification of total triterpenes from papaya seeds with 5 types of macroporous resins S-8, NAK-9, AB-8, HPD700, and D-101 was studied. The optimal resin and parameters for purification were confirmed by comparing the properties of adsorption and desorption and recovery. **Results** Compared to other resins, AB-8 was the most appropriate resin for the purification of papaya seeds total triterpenes. The static adsorption kinetics equation of total triterpenes of AB-8 had been established. **Conclusion** Validation experiments indicated that with ethanol desorption agent concentration of 80%, 2 h adsorption and desorption 2 h, desorption ratio and product purity could reach 70.89% and 59.58%, respectively.

**KEY WORDS:** papaya seeds; total triterpenes; macroporous resin; purification

## 1 引言

番木瓜(*Carica Papaya* L.), 名万寿果、番瓜、木

瓜等, 属十字花目番木瓜科水果, 原产于中美洲, 现广泛分布于世界各国。据 FAO 统计, 全球番木瓜年产量超 1000 万吨, 我国超 50 万吨, 在广东、海南、

基金项目: 2014 年海南省研究生创新科研课题(Hys2014-27)、海南大学研究生优秀学位论文培育计划第一批资助

**Fund:** Supported by 2014 Postgraduate Student Innovation Scientific Research Project of Hainan Province (Hys2014-27), the First Funding Project of Excellent Dissertation of Postgraduate of Hainan University

\*通讯作者: 张云竹, 副教授, 主要研究方向生物资源利用。E-mail: Iamsue123 @ 163.com

\*Corresponding author: ZHANG Yun-Zhu, Associate Professor, College of Food Science and Engineering, Hainan University, Haikou 570228, China. E-mail: Iamsue123 @ 163.com.

广西、台湾等地大量种植。

番木瓜籽是番木瓜成熟果实的种子, 约占质量7%, 呈卵球形, 作为鲜食或加工后的副产物, 视为废弃物丢弃, 这样不仅加重环境负担, 且浪费大量生物资源。番木瓜籽营养成分丰富<sup>[1,2]</sup>, 其中粗脂肪含量约28.44%, 粗蛋白含量约为24.91%, 含较高的甾醇<sup>[3]</sup>、三萜类化合物等<sup>[4]</sup>。三萜类(triterpenoids)化合物是一类基本母核由30个碳原子组成的萜类化合物, 具有广泛的生物活性<sup>[5-7]</sup>, 如抗炎、抗肿瘤、保肝、溶血等。近年来, 对三萜类化合物的药理活性研究成果较多, 如抗高血压、抗动脉粥样硬化、抗心律失常以及调脂、降糖作用等。

大孔树脂, 是20世纪60年代发展起来的一类以吸附为特点, 对有机物具有浓缩、分离作用的高分子分离材料, 因其具有吸附容量大、吸附速度快、选择性好、再生简单等优点, 被广泛地应用于植物中三萜类成分的分离纯化<sup>[8-11]</sup>。杨晓艳等<sup>[12]</sup>采用大孔树脂纯化莱菔蕨总三萜, 确定最佳树脂种类与纯化工艺; 袁怀波等<sup>[13]</sup>采用大孔树脂对木瓜三萜酸的纯化进行研究; 莫永俊等<sup>[14]</sup>采用大孔树脂对五味子总木脂素、总三萜、五味子醇甲进行吸附解析性能研究。

查阅国内外相关文献资料, 发现当前对番木瓜籽总三萜的研究未见有详细的报道, 特别是对其分离纯化的系统研究, 为充分利用生物资源, 本试验利用先进的亚临界水提取技术对番木瓜籽粕进行提取得到总三萜粗提物, 并对总三萜粗提物进行进一步的吸附纯化研究, 考察S-8、NAK-9、AB-8、HPD700和D-101这5种树脂对番木瓜籽总三萜的吸附解析性能, 用梯度浓度的乙醇对其进行梯度解析, 确定最佳树脂类型及纯化条件、优化番木瓜籽总三萜纯化工艺, 为番木瓜籽总三萜的进一步开发利用提供一定的理论依据。

## 2 材料与方法

### 2.1 材料

番木瓜籽: 产自海南大学农学院植物园, 属番木瓜属番木瓜种红肉番木瓜, 编号HNsp5018, 自来水洗净, 冷冻干燥, 粉碎, 石油醚脱脂, 磷酸盐缓冲液(pH8.0)去蛋白后冷冻干燥得番木瓜籽粕, 即原料。

齐墩果酸标准品(Sigma GE); 无水乙醇、香草醛、冰醋酸、高氯酸、乙酸乙酯等试剂(分析纯, 广州化学试剂厂)

大孔树脂: 南开大学化工厂、沧州宝恩化工有限公司, 树脂型号、物理性能见表1。

### 2.2 试验方法

#### 2.2.1 番木瓜籽总三萜粗提物的制备

称取100g的番木瓜籽粕在亚临界温度220℃下反应10min, 冷却至室温, 取滤液, 真空浓缩至浸膏, 乙酸乙酯萃取, 真空浓缩后, 冷冻干燥得番木瓜籽总三萜粗提液。经蒸馏水稀释至一定浓度, 此样品用于静态吸附及解析性能试验。

#### 2.2.2 总三萜含量的测定

精确称取齐墩果酸10mg置容量瓶中, 用无水乙醇溶解并稀释到50mL, 浓度为0.2mg/mL。分别吸取齐墩果酸对照样品溶液0.1、0.2、0.3、0.4、0.5、0.6、0.7、0.8、0.9、1.0mL置于具塞试管中, 加热挥发溶剂, 加入0.2mL5%香草醛-冰醋酸, 0.8mL高氯酸, 60℃恒温水浴15min, 冰水浴2min, 加入乙酸乙酯4mL, 摇匀, 550nm处测吸光值, 以蒸馏水为空白对照<sup>[15]</sup>。总三萜浓度与吸光值之间的回归方程为 $Y=0.0061X-0.0320$ ,  $r^2=0.9985$ 。

表1 5种树脂的理化性质

Table 1 Physical and chemical properties of the 5 kinds of resin

树脂	极性	外观	比表面(m <sup>2</sup> /g)	平均孔径(nm)
S-8	极性	乳白色不透明球状颗粒	100~120	0.3~1.25
NAK-9	极性	乳白色不透明球状颗粒	160~200	0.315~1.25
AB-8	弱极性	乳白色半透明球状颗粒	480~520	0.315~1.25
HPD700	中极性	乳白色不透明球状颗粒	650~700	0.315~1.25
D-101	非极性	乳白色不透明球状颗粒	500~550	0.315~1.25

### 2.2.3 树脂的预处理及再生

工业级新树脂使用前必须进行预处理, 除去树脂中含有的未聚合单体、交联剂、制孔剂、有机和无机杂质。

预处理方法: 先用去离子水溶胀后浮选, 5% HCl 溶液浸泡 24 h, 去离子水水洗至中性, 然后用 70% 乙醇浸泡 24 h, 去离子水水洗至无白色浑浊, 700 mg/L 的 NaOH 溶液浸泡 24 h, 去离子水水洗至中性, 干燥, 备用。

### 2.2.4 静态吸附试验

#### (1) 总三萜吸附容量测定

准确称取 2.0 g 已处理好的 S-8、NAK-9、AB-8、HPD700、D-101 树脂于 150 mL 锥形瓶中, 加入 30 mL 样品液, 置于摇床上, 35 °C, 100 r/min 振荡 24 h, 充分吸附后抽滤, 测定剩下样品溶液中的总三萜浓度, 按公式计算各树脂对总三萜的吸附容量(mg/g)和吸附率:

$$Q=(C_0-C_e)V/m\times 100\%$$

$$E\%=(C_0-C_e)/C_0\times 100\%$$

式中:  $Q$ -重量吸附量(mg/g);  $E\%$ -吸附率;  $C_0$ -总三萜溶液的起始浓度(mg/mL);  $C_e$ -吸附平衡后溶液中总三萜的浓度(mg/mL);  $V$ -吸附液的体积(mL);  $m$ -干树脂重量(g)。

#### (2) 总三萜解析率的测定

吸附饱和的树脂加入无水乙醇 30 mL, 置于摇床中, 35 °C, 100 r/min 振荡 24 h, 过滤, 测定无水乙醇溶液中的总三萜的浓度, 按公式计算各树脂对总三萜的解析率和回收率:

$$B\%=C_b\times V_b/(Q\times m)\times 100\%$$

$$R\%=C_b/C_0\times 100\%$$

式中:  $B\%$ -解析率;  $C_b$ -乙醇溶液中总三萜的浓度(mg/mL);  $C_0$ -总三萜溶液的起始浓度(mg/mL);  $V_b$ -乙醇溶液的体积(mL);  $Q$ -重量吸附量(mg/g);  $m$ -干树脂重量(g)。

#### (3) 静态吸附等温线实验

分别准确称取 2.0 g 树脂于 150 mL 锥形瓶中, 各加入 30 mL 不同浓度的总三萜溶液, 置于摇床上, 35 °C, 100 r/min 振荡 24 h, 然后取其上清液, 测达到平衡时总三萜浓度( $C_e$ ), 计算出平衡吸附量( $Q_e$ ), 以平衡吸附量( $Q_e$ )对平衡浓度( $C_e$ )作图即为静态吸附等温线。

#### (4) 静态吸附-解析动力学特性试验

准确称取 2.0 g 树脂于 150 mL 锥形瓶中, 加入

30 mL 样品液, 置于摇床上, 35 °C, 100 r/min 的恒温水浴振荡器上振摇均匀吸附, 每间隔 1 h 分析吸附液中总三萜的浓度, 绘制静态吸附动力学曲线。

## 3 结果与分析

### 3.1 5 种树脂静态吸附总三萜能力的比较

单位质量的树脂对总三萜的吸附量是设备设计的重要参数, 树脂的吸附性能与被吸附分子的极性、大小以及吸附剂的极性、比表面积、孔径大小等因素有密切关系。实验选取 S-8、NAK-9、AB-8、HPD700 和 D101 5 种树脂进行比较, 这 5 种树脂中, 分子的极性和颗粒的理化性质不同, NAK-9 和 S-8 为极性树脂, AB-8 为弱极性树脂, HPD700 和 D101 为非极性树脂, 这 5 种树脂进行吸附后, 结果如图 1 和图 2 所示。

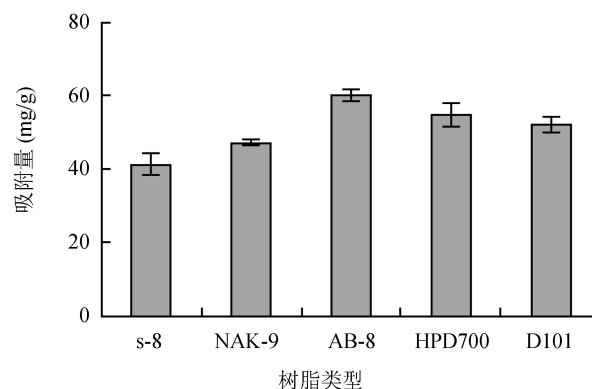


图 1 树脂种类对吸附量的影响

Fig. 1 Effect of resin type on adsorption capacity

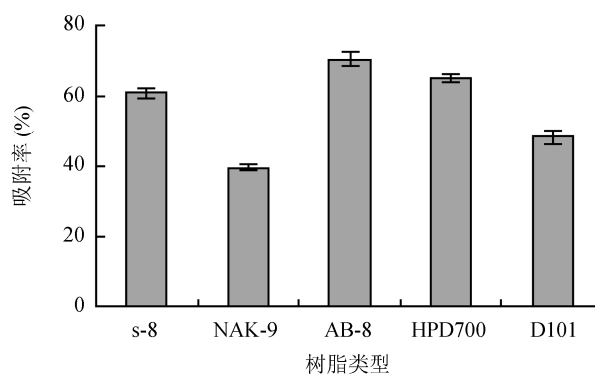


图 2 树脂种类对吸附率的影响

Fig. 2 Effect of resin type on adsorption rate

从图 1 知, 弱极性树脂 AB-8 的吸附量较大, 对总三萜的吸附量达到了 60.18 mg/g; 两种非极性树脂

HPD700 和 D101 的吸附量居中, 对总三萜的吸附量都分别为 54.91 mg/g 和 52.21 mg/g; 而两种极性树脂 S-8 和 NAK-9 的吸附量较小, 对总三萜的吸附量仅为 41.18 mg/g 和 47.02 mg/g。从图 2 知, S-8、NAK-9、AB-8、HPD700、D101 这 5 种树脂的吸附率分别为 60.99%、39.80%、70.54%、65.20%、48.36%。分子极性的大小直接影响分离的效果, 极性大的化合物一般适合采用中极性的树脂进行分离, 极性小的物质则适合在非极性的树脂上分离。番木瓜籽中的总三萜虽然可能具有少量中极性基团如羧基、羟基等, 但由于总三萜母核较大, 所以极性相对较低, 因此在极性大的树脂上难于被吸附, 从分子极性以及吸附量、吸附率综合考虑, AB-8、HPD700、D101 具有较好的吸附作用。

### 3.2 不同乙醇体积分数对树脂解析效果的影响

解析是吸附的逆过程, 加入解析剂后通过改变体系的亲水-憎水平衡, 改变吸附剂和吸附质之间的分子引力, 改变介质的介电常数, 使原来的吸附崩解。对非极性树脂, 一是要求采用对化合物有较好溶解度的溶剂, 二是要求洗脱液要有合适的极性, 常用的解析剂有水、低级醇、丙酮、乙酸乙酯等。实验采用不同浓度梯度的乙醇对吸附饱和后的树脂进行解析, 筛选出解析效果好、产品回收率高的解析液浓度, 结果见表 2。

由表 2 可知, 蒸馏水对 5 种树脂的解析率最小, 这可能是水为极性化合物, 不适宜可能为弱极性或非极性的番木瓜籽总三萜类成分; 解析效果随乙醇的浓度增加明显提高, 树脂 S-8 的解析率在 100% 乙醇解析率最大, 其他 4 种树脂均在乙醇浓度为 80% 时达到最大解析程度。

解析剂乙醇的浓度对番木瓜籽总三萜产品的回收有一定影响, 由表 2 可知, 采用乙醇浓度 80% 洗脱下来的产品回收率最高, S-8、NAK-9、AB-8、HPD700、D101 这 5 种树脂的产品回收率分别为 39.53%、41.82%、59.58%、51.16%、47.13%。综合解析率及产品回收率, 80% 乙醇作为洗脱液可较好地洗脱番木瓜籽三萜类成分。

### 3.3 5 种树脂解析能力比较

良好的解析剂使得吸附质和解析剂的亲和力大于吸附质和树脂之间的亲和力, 从而使吸附质从树脂上解析下来。以 80% 乙醇作为解析剂, 对 5 种吸附饱和的树脂进行解析, 解析效果如图 3 和 4 所示。

从图 3 中可见, AB-8 和 D101 树脂都具有较高的解析率, 对总三萜的解析率分别达到 62.54%、56.77%; NAK-9 和 HPD700 树脂的解析率居中, 对总三萜的解析率分别为 51.92% 和 51.86%, 二者的解析能力相当; S-8 树脂的解析率较低, 仅为 38.09%。结合吸附能力的比较, AB-8 和 D101 树脂具有较好的吸附-解析能力。

经树脂吸附纯化后, 番木瓜籽总三萜的产品回收率如图 4 所示, 从图 4 中看出, 树脂 NAK-9 洗脱后产品的回收率最低, 仅为 28.85%; 非极性树脂 HPD700 和 D101 的回收率比较接近, 产品回收率分别为 42.74%、42.02%; 弱极性树脂 AB-8 的番木瓜籽总三萜产品回收率较高, 达到了 47.22%。

结合 5 种树脂吸附-解析能力以及对产品回收率的比较, 由于 AB-8、HPD700、D101 这三种树脂的回收率差别不大, 因此有必要对这三种树脂作下一步的吸附等温分析。

表 2 不同乙醇体积分数对树脂解析效果的影响

Table 2 Effect of different ethanol concentration on the resin desorption and recovery of triterpenoids

乙醇浓度	解析率(%)					回收率(%)				
	S-8	NAK-9	AB-8	HPD700	D101	S-8	NAK-9	AB-8	HPD700	D101
0%	12.72	15.26	16.97	13.11	14.09	6.34	7.57	8.66	6.20	6.36
20%	15.29	26.09	23.40	32.39	28.28	13.14	14.85	18.55	18.26	19.97
40%	20.49	19.63	24.18	22.23	21.78	12.72	16.97	30.22	25.47	29.73
60%	36.92	38.28	39.03	39.67	44.52	14.84	13.96	45.24	33.49	40.85
80%	45.48	52.88	70.89	68.23	60.65	39.53	41.82	59.58	51.16	47.13
100%	47.99	46.34	53.83	55.94	52.63	38.38	26.42	48.63	36.60	43.24

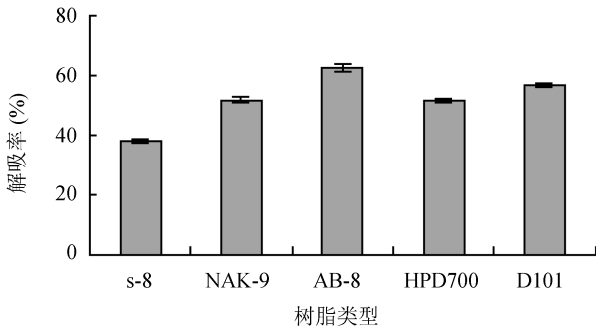


图 3 树脂种类对解析率的影响

Fig. 3 Effect of resin type on the desorption rate

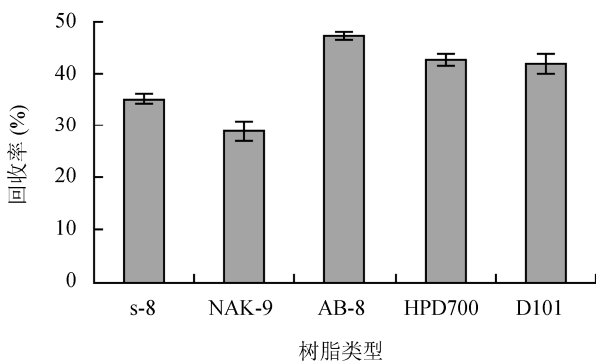


图 4 树脂种类对回收率的影响

Fig. 4 Effect of resin type on the recovery

### 3.4 静态吸附等温线

吸附等温线反应了温度一定时, 吸附量随吸附液浓度变化的情况, 以吸附量为纵坐标, 吸附液浓度为横坐标, 绘制等温吸附曲线。D101、AB-8、HPD700 这 3 种树脂的等温吸附曲线见图 5。

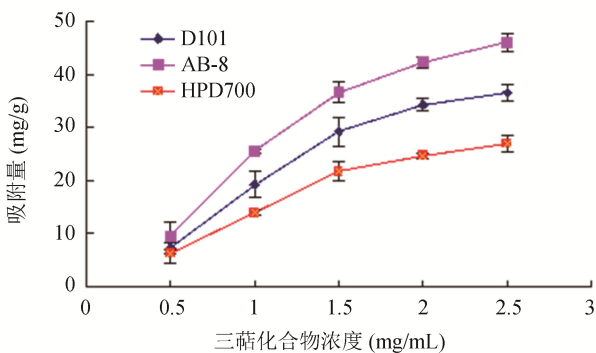


图 5 三种树脂对总三萜的吸附等温线

Fig. 5 Three kinds of resin adsorption of total triterpenoids isotherm

由图 5 吸附等温线可以看出, 随着吸附液浓度的增加, 三种树脂的吸附量逐渐接近平衡。参考 Brunauer<sup>[16]</sup>所描述的 5 种吸附等温线类型图, 可推断 D101、AB-8、HPD700 这 3 种树脂呈单分子层吸附, 其吸附等温线可用 Langmuir 方程描述。且这三种树脂的吸附都是优惠型的吸附等温线, 即等温线的斜率随浓度的增加而减小, 吸附质中的总三萜化合物分子和吸附树脂之间的亲和力随着吸附液浓度的增加而降低。

当前, 对静态单分子层析附, 有不同的吸附经验方程, 但其中应用较广泛、较经典的是 Langmuir 方程和 Freundlich<sup>[17]</sup>方程。

Langmuir 方程:  $C_e/Q_e = C_e/Q_m + 1/Q_m \times K_L$

其中,  $C_e$ -平衡时总三萜的浓度(mg/mL);  $Q_e$ -平衡时吸附量(mg/g);  $Q_m$ -平衡时最大单层吸附量(g);  $K_L$ -特性常数。

Freundlich 等温吸附方程式:  $\ln Q_e = \ln K_f + n \ln C_e$

其中,  $C_e$ -平衡时总三萜的浓度(mg/mL);  $Q_e$ -平衡时吸附量(mg/g);  $K_f$ -吸附量的相对大小;  $n$ -吸附剂表面的不均匀性和吸附强度的相对大小。

对图 5 的静态吸附曲线分别按 Langmuir 方程和 Freundlich 方程进行拟合, 如图 6、7 所示。

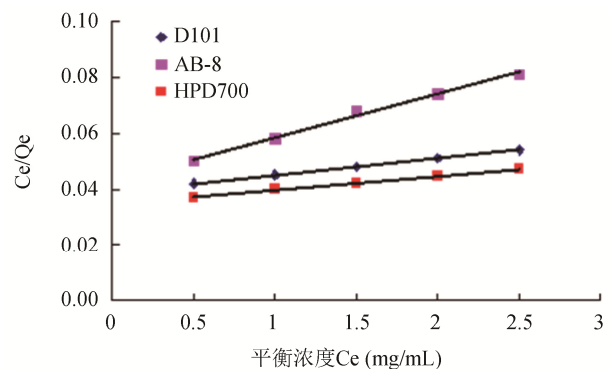


图 6 Langmuir 方程线性拟合图

Fig. 6 Linear fit of Langmuir

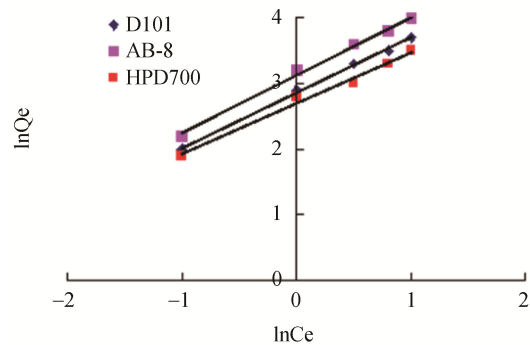


图 7 Freundlich 方程线性拟合图

Fig. 7 Linear fit of Freundlich

采用偏最小二乘法进行线性拟合得到的 Langmuir 方程和 Freundlich 方程的有关参数见表 3 和 4。

从表 3 可看出, Langmuir 方程相关系数  $r^2 > 0.9875$ , 从表 4 可看出, Freundlich 方程相关系数  $r^2 > 0.9928$ , 说明 Freundlich 方程能更好描述番木瓜籽中总三萜在树脂上的吸附平衡行为。同时, 也说明 AB-8 树脂的吸附效果比较好, 为树脂的筛选工作奠定了良好基础。

### 3.5 静态吸附-解析动力学

单用树脂的静态吸附量和吸附率来评价其吸附性能是不全面的, 因为合适的树脂除了具有极大的

吸附量和较高的解析率外, 同时应具有较快的吸附和解析速度, 所以有必要进行树脂的吸附和解析动力学特征<sup>[18]</sup>。对 AB-8 树脂的静态吸附动力学曲线见图 8, 由图 8 可知, 前 1 h, AB-8 树脂吸附率较快, 吸附量随时间的延长增大, 至 2 h 后, 吸附量基本趋于饱和, 变化平缓, 说明 AB-8 树脂对番木瓜籽总三萜的吸附为快速平衡型, 省时高效, 具有良好的静态吸附性, 适合工业生产的吸附纯化。静态解析动力学曲线见图 9, 由图可知前 1 h, AB-8 树脂解析较快, 解析率随时间的延长增大, 至 2 h 后, 解析达到平衡, 变化平缓, 说明 AB-8 树脂对番木瓜籽总三萜的解析为快速平衡型, 省时高效, 具有良好的静态吸附性, 适合工业生产的吸附纯化。

表 3 Langmuir 拟合方程及其参数  
Table 3 Fitted Langmuir regression equations and parameters

树脂类型	回归方程	$Q_m$	$K_L$	$r^2$
D101	$C_e/Q_e=0.0156C_e+0.0428$	64.10	0.3645	0.9891
AB-8	$C_e/Q_e=0.0060C_e+0.0039$	166.67	1.538	0.9954
HPD700	$C_e/Q_e=0.0050C_e+0.0347$	200	0.1441	0.9875

表 4 Freundlichr 拟合方程及其参数  
Table 4 Fitted Freundlich regression equations and parameters

树脂类型	回归方程	$K_f$	n	$r^2$
D101	$\ln Q_e=0.8409 \ln C_e+2.8614$	17.49	0.8409	0.9928
AB-8	$\ln Q_e=0.8903 \ln C_e+3.1285$	22.84	0.8903	0.9998
HPD700	$\ln Q_e=0.7719 \ln C_e+2.6993$	14.87	0.7719	0.9973

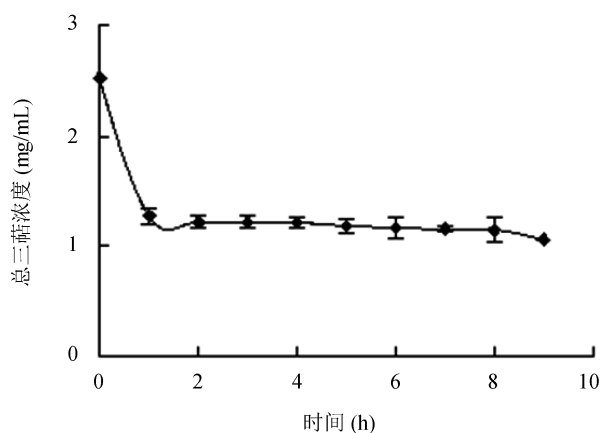


图 8 AB-8 静态吸附动力学曲线  
Fig. 8 Static adsorption kinetic curve

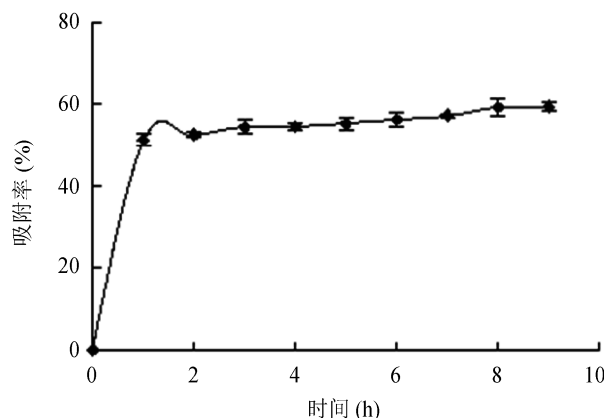


图 9 AB-8 静态解析动力学曲线  
Fig. 9 Static resolution kinetic curve

## 4 结 论

番木瓜籽中的总三萜物质可通过大孔树脂进行吸附纯化,比较 S-8、NAK-9、AB-8、HPD700 和 D-101 这 5 种不同极性大孔树脂对番木瓜籽中的总三萜吸附解析性能差异,试验结果表明弱极性树脂 AB-8 较适合番木瓜籽总三萜的吸附纯化。在洗脱剂乙醇体积分数为 80%、吸附 2 h、解析 2 h,采用 AB-8 大孔树脂对番木瓜籽总三萜纯化效果较佳,产品的解析率达 70.89%,回收率达到 59.58%。

## 参考文献

- [1] 邓楚津, 钟益强, 张良, 等. 番木瓜籽基本成分及营养价值[J]. 营养保健, 2012, 33(6): 185-188.  
Deng CJ, Zhong YQ, Zhang L, *et al.* Basic components and nutritional value of papaya seed [J]. Food Res Dev, 2012, 33(6): 185-188.
- [2] Li YM, Su N, Yang HQ, *et al.* The extraction and properties of carica papaya seed oil [J]. Adv J Food Sci Technol, 2015, 7(10): 773-779.
- [3] 李月, 陈锦屏, 段玉峰. 植物甾醇功能及开发前景展望[J]. 粮食与油脂, 2004, 5: 11-13.  
Li Y, Chen JB, Duan YF. Prospect of development and functions of phytosterol [J]. J Cereal Oil, 2004, 5: 11-13.
- [4] 王丽彬, 欧宁. 番木瓜中生物活性物质的提取及药理作用研究[J]. 现代中药研究与实践, 2008, 4: 5-8.  
Wang LB, Ou N. Study on extraction of active component in carica papaya and its pharmacological action [J]. Res Prac Chin Med, 2008, 4: 15-18.
- [5] Somovaa A, Nadara P, Rammanana FO. Cardiovascular, antihyperlipidemic and antioxidant effects of oleanolic and ursolic acids in experimental hypertension [J]. Phytomedicine, 2003, 10(2-3): 115-121.
- [6] 葛金芳, 李俊, 胡成穆, 等. 枇杷叶三萜酸的免疫调节作用研究[J]. 中国药理学通报, 2006, 22(10): 1194-1198.  
Ge JF, Li J, Hu CM, *et al.* Immunoregulatory actions of triterpene acids loquatleaf (TAL) [J]. Chin Pharmacol Bull, 2006, 22(10): 1194-1198.
- [7] 赵志栋, 高宁. 熊果酸抗肿瘤作用分子机制的研究进展[J]. 中华肿瘤防治杂志, 2011, 18(24): 1969-1972.  
Zhao ZG, Gao N. Advance of molecular mechanism of ursolic acid-mediated anti-cancer activity [J]. Chin J Cancer Prev Treat, 2011, 18(24): 1969-1972.
- [8] 纵伟, 夏文水, 崔宝良. 大孔树脂吸附纯化大叶紫薇叶中总三萜的研究[J]. 食品工业科技, 2005, 26(9): 49-51.  
Zong W, Xia WS, Cui BL. Study of macroporous resin adsorption and purification of total triterpenes in leaves of lagerstroemia [J]. Sci Technol Food Ind, 2005, 26(9): 49-51.
- [9] 钱竹, 徐鹏, 章克昌, 等. 大孔树脂分离提取发酵液中灵芝三萜类物质[J]. 食品与生物技术学报, 2006, 25(6): 111-114.  
Qian Z, Xu P, Zhang KC, *et al.* Extraction of ganoderic triterpenes from fermented broth by macroporous resin [J]. J Food Sci Biotech, 2006, 25(6): 111-114.
- [10] 王亚红, 周端文. 大孔树脂吸附纯化甘草酸的工艺研究[J]. 中成药, 2006, 28(9): 1268-1271.  
Wang YH, Zhou RW. Absorption and purification of glycyrrhizic acid with macrosejin [J]. Chin Tradit Patent Med, 2006, 28(9): 1268-1271.
- [11] 王清亭, 王晓东, 赵兵. 大孔树脂分离纯化文冠果种仁总皂苷[J]. 食品工业科技, 2013, 3(10): 219-223.  
Wang QT, Wang XD, Zhao B. Separation and purification of total saponin from seed kernel of *Xanthoceras sorbifolia* Bunge by macroporous resin [J]. Sci Technol Food Ind, 2013, 3(10): 219-223.
- [12] 杨晓艳, 马骥, 彭飞, 等. 大孔树脂法分离纯化荚果蕨总三萜[J]. 食品工业科技, 2015, 2(36): 238-242.  
Yang XY, Ma J, Peng F, *et al.* Separation and purification of triterpenes from *Matteuccia struthiopteris* with macroporous resin [J]. Sci Technol Food Ind, 2015, 2(36): 238-242.
- [13] 袁怀波, 江力, 陈宗道. 大孔树脂分离纯化木瓜总三萜酸的研究[J]. 食品与机械, 2007, 23(4): 80-82.  
Yuan HB, Jiang L, Chen ZD. Purification of Chinese quince triterpenes with macroporous resin [J]. Food Mach, 2007, 23(4): 80-82.
- [14] 莫永俊, 汪春泉, 王琦, 等. 大孔树脂纯化五味子总木脂素、总三萜工艺研究[J]. 制剂与技术, 2013, 10(5): 106-111.  
Mo YJ, Wang CQ, Wang Q, *et al.* Study on purification of total lignans and total triterpenes from *Schisandra Chinensis* (turcz.) Baill by AB-8 macroporous resin [J]. Prep Technol, 2013, 10(5): 106-111.
- [15] 唐春红, 项昭保. 木瓜中齐墩果酸的提取分离及含量测定[J]. 中国野生植物资源, 2001, 20(2): 48-50.  
Tang CH, Xiang ZB. The extraction, separation and content of oleanolic acid in Papaya [J]. Chin Wild Plant Resour, 2001, 20(2): 48-50.
- [16] Brunauer S, Deming L, Deming W, *et al.* Cardiovascular, antihyperlipidemic and antioxidant effects of oleanolic and

ursolic acids in experimental hypertension [J]. *J Am Chem Soc*, 1940, 62(7): 1723.

[17] Mead JA. A comparison of the Langmuir, Freundlich and Temkin equations to describe phosphate adsorption properties of soils [J]. *Aust J Soil Res*, 1981, 19 (3): 333–342.

[18] Xue B, Xiao QL, Yun ZZ, Xiu JC, *et al.* Extraction and identification of the hepatoprotective bio-active components of the root of *Actinidia deliciosa* [J]. *African J Biotech*, 2012, 11(79): 14482–14489.

(责任编辑: 李振飞)

## 作者简介



李幼梅, 在读硕士研究生, 主要研究方向为农产品加工及贮藏工程。  
E-mail: 551907021@qq.com



张云竹, 副教授, 主要研究方向生物资源利用。  
E-mail: Iamsue123 @ 163.com

## “食品中农药残留、兽药残留检测技术”专题征稿

农药、兽药作为农业生产投入品是促进生产、确保增长的重要基础,但是,由此带来的食品安全问题值得关注。国内外许多研究者一直致力于发展快速、高通量、多组分的残留检测技术,从而,推动了有关仪器设备和分析技术的进展。

鉴于此,本刊特别策划了“食品中农药残留、兽药残留检测技术”专题,由国家食品安全风险评估中心赵云峰研究员担任专题主编,赵云峰研究员目前担任国家食品安全风险评估中心理化实验部主任、食品安全国家标准审评委员会委员。专题将围绕食品中农药残留、兽药残留检测的农药残留前处理技术、检测方法、残留分布与消除规律、残留危害的风险评估、农药登记田间残留试验、残留检测的规范化采样和标准、农药残留和蔬菜在水果上的代谢转化规律、国外农药残留和兽药残留标准比较、JMPR 农药残留和 CCRVDF 制定准则及变化、检测机理等多方面展开讨论,计划在 2015 年 8 月出版。

编辑部与赵云峰研究员特邀请各位专家为本专题撰写稿件,综述、研究论文均可,以期进一步提升该专题的学术质量和影响力。请在 2015 年 7 月 25 日前通过网站或 E-mail 投稿。我们将快速处理并优先发表。

投稿方式:

网站: [www.chinafoodj.com](http://www.chinafoodj.com)

E-mail: [jfoodsq@126.com](mailto:jfoodsq@126.com)

《食品安全质量检测学报》编辑部