

甘蔗渣多酚的纯化及抗氧化活性研究

区惠敏, 郭娟, 龚玉石, 叶金连, 杨师涵, 区卓颖

(广东药学院食品科学学院, 广东广州 510006)

摘要: 本文利用大孔吸附树脂通过静态吸附与解吸实验研究了甘蔗渣中多酚的分离纯化工艺, 并利用DPPH自由基体系、邻苯三酚法检测了甘蔗渣多酚的抗氧化活性。结果表明: NKA-9型树脂是富集纯化甘蔗多酚的最好材料; NKA-9树脂的最佳动态吸附条件为甘蔗多酚液浓度2.50mg/mL, 流速1.00mL/min, 最优洗脱条件为乙醇浓度60%, 洗脱流速1.00mL/min, 洗脱体积10BV, 此条件下甘蔗多酚的收率为72.32%, 纯度可达39.21%; 抗氧化活性实验表明, 甘蔗多酚对超氧阴离子 $O_2^{\cdot-}$ 和DPPH都具有良好的清除效果, 并随多酚浓度的增加, 其清除效果也相应提高; 与Vc相比, 甘蔗多酚对DPPH的清除效果不及Vc, 但对超氧阴离子 $O_2^{\cdot-}$ 的清除效果明显高于Vc; 甘蔗多酚浓度为3.00mg/mL时, 对超氧阴离子的清除率最高, 达到82.3%, 甘蔗多酚浓度为5.00mg/mL时, 其对DPPH溶液的清除率达80.43%。

关键词: 甘蔗渣; 甘蔗多酚; 纯化技术; 抗氧化活性

文章编号: 1673-9078(2013)7-1596-1600

Purification and Antioxidant Activity of Sugarcane Pomace Polyphenols

OU Hui-min, GUO Juan, GONG Shi-yu, YE Jin-lian, YANG Shi-han, QU Zhuo-ying

(College of Food Sciences, Guangdong Pharmaceutical University, Guangzhou 510006, China)

Abstract: Purification technology of polyphenols from sugarcane pomace was studied by static absorption and desorption of macroporous resin, and antioxidative activity of sugarcane polyphenols was evaluated by DPPH free radical and pyrogallol autoxidation. Results indicated that macroporous resin NKA-9 was the best material for purifying polyphenols in sugarcane pomace. The optimum absorption conditions of macroporous resin NKA-9 were concentration of feed 2.5 mg/mL and feeding rate 1.0 mL/min. The optimum desorption conditions were elute-ethanol concentration 60%, elution rate 1.0 mL/min and elute volume 10 BV. Under conditions in which the yield of sugarcane polyphenols was 72.3% and purity was 39.2%. The sugarcane polyphenols showed high scavenging activities on superoxide anion radicals and DPPH radical, and the scavenging activity of polyphenols increased with increasing polyphenol concentration. Sugarcane polyphenols showed lower scavenging activity on DPPH radical but high scavenging activity on superoxide anion radicals than vitamin C. When sugarcane polyphenol concentration was 3.0 mg/mL, its scavenging activity on superoxide anion reached the highest, being of 82.3%. Further increasing sugarcane polyphenol concentration to 5 mg/mL, however, led to the decrease of the scavenging activity on DPPH (80.43%).

Key words: sugarcane pomace; sugarcane polyphenols; purification technology; antioxidant activity

植物多酚是多羟基酚类化合物的总称, 又叫单宁、鞣质, 大量研究表明其具有极强的抗癌、抗氧化性、抗肿瘤、抗衰老、抑制高血压、高血脂等功效^[1-2]。因此, 对植物多酚的研究及开发得到全世界科技工作者的广泛关注。尤其是近几年来, 随着人们对多酚产品功能特性研究的进一步深入, 高纯度多酚产品以其多方面的杰出功能, 在国内及国际市场上销路极好。然而国内对多酚产品的开发和应用起步较晚, 生产工艺落后, 生产成本较高, 并且生产出来的多酚产品多为初级产

收稿日期: 2013-03-10

基金项目: 广东省中医局项目(2010415); 广东省大学生创新项目(1057310027)

通讯作者: 郭娟(1978-), 女, 博士, 讲师, 主要从事天然产物分离纯化新技术的研究

品, 纯度较低, 缺乏市场竞争力, 因此, 积极开展高纯度多酚的生产技术研究迫在眉睫。在各种纯化方法中, 大孔吸附树脂法因具有操作简便、吸附量大、选择性好等优点, 在天然产物工业化分离中具有很好的应用^[3-4]。

我国甘蔗资源丰富, 加工业发达, 每年都会产生大量的蔗渣, 由于高的水分和糖含量, 外加南方主产区炎热的天气很易使其发酵、腐败, 造成严重的环境污染, 因此, 废渣的处理是多年来一直困扰众多生产厂家的一大难题。甘蔗渣中富含多酚, 为此, 本论文以废弃的蔗渣为原料, 对大孔吸附树脂法制取较高度的甘蔗多酚进行详细的研究, 旨在变废为宝, 缓解环境污染, 同时也为生产高纯度的多酚制品提供技术支持。

1 材料与方法

1.1 材料

供试材料: 甘蔗渣, 由广东江门甘化厂提供。甘蔗渣经粉碎后过100目筛。

1.2 主要试剂及仪器

1.2.1 主要试剂

没食子酸标准溶液; Folin-Ciocalteu 试剂; 10% Na₂CO₃溶液; 大孔吸附树脂: XDA-5, NKA-9, DI01, AB-8, 西安电力树脂厂; DPPH, 美国Sigma公司, 分析纯; 三羟甲基氨基甲苯 (Tris)、邻苯三酚、V_C、盐酸、无水乙醇等。

1.2.2 主要仪器

紫外可见分光光度仪 (WFZ UV-2000), 上海尤尼柯仪器有限公司; 低速大容量离心机 (TDL-5-A), 上海安亭科学仪器厂; 微波炉 (WD750BS 750W), 格兰仕电器有限公司; 旋转蒸发器 (R201 B-II), 上海申顺生物技术有限公司; 真空冷冻干燥机 LG-5/12 北京广开源科学器材; 真空干燥箱 DZF-6050 上海申安医疗器械公司。

1.3 试验方法

1.3.1 甘蔗多酚粗提液的制备

称取适量甘蔗渣粉碎后置于锥形瓶中, 在乙醇浓度70%, 料液比 1:20, 功率 540 W 条件下进行微波辅助提取 30s, 提取液冷却后, 收集上清液经旋转蒸发器浓缩, 制得甘蔗多酚浓缩液, 备用。

1.3.2 甘蔗多酚的定量

参照文献^[9]采用改进的 Folin-Ciocalteu 法: 移取定量多酚稀释液与 Folin 试剂反应, 25 °C 下保温 2 h, 以相应溶剂做空白, 在 765 nm 处测定吸光度, 以没食子酸作标准测定多酚含量。

1.3.3 甘蔗多酚粗提液的分离纯化

1.3.3.1 大孔吸附树脂的预处理

各种树脂先用 100% 乙醇在室温下密封浸泡 8 h, 然后用 5% 的 HCl 浸泡 8 h, 蒸馏水洗至中性, 再用 5% NaOH 浸泡 8 h, 用蒸馏水洗至中性备用。

1.3.3.2 静态吸附试验

准确称取用滤纸吸干预处理过的湿树脂 1.00 g 于 100 mL 锥形瓶中, 加入定量的甘蔗多酚粗提液, 避光密封, 置于振荡器中, 25 °C、120 r/min 振荡, 定时从上清液中取样, 测定多酚含量。进行吸附树脂的筛选, 并对影响吸附的各因素(供试液质量浓度、树脂投入量等)进行优化研究。根据以下公式计算吸附量:

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

注: C₀, C₁ 吸附前、后供试液中总多酚的浓度 (mg/mL), V-供试液体积(mL), M-树脂湿重(g)

1.3.3.3 静态解吸试验

准确称取用滤纸吸干预处理过的湿树脂 1.00 g 于 100 mL 锥形瓶中, 加入定量的甘蔗多酚粗提液, 避光密封, 置于振荡器中, 25 °C、120 r/min 振荡, 定时从上清液中取样, 测定多酚含量。进行吸附树脂的筛选, 并对影响吸附的各因素(供试液质量浓度、树脂投入量等)进行优化研究。根据以下公式计算吸附量:

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

将上述充分吸附了甘蔗多酚水溶液的树脂进行过滤, 去除水液, 再将其置于锥形瓶中, 加入 60% 的乙醇水溶液 100 mL, 封口, 置于气浴恒温振荡器中, 25 °C, 120 r/min, 定时从上清液中取样, 检测多酚含量, 并对影响解吸效果各因素(解吸剂种类、浓度等)进行优化。根据下面公式计算解吸率:

$$\text{解吸率}/\% = \frac{c \times v}{w} \times 100$$

注: w-吸附总量 (mg), v-洗脱总体积 (mL), c-洗脱液中甘蔗多酚的浓度 (mg/mL)。

1.3.3.4 动态试验

取筛选出的树脂 30.00 g, 预处理后湿法装入 1.6 cm×40.0 cm 的层析柱中, 蒸馏水平衡后, 加入定量的多酚粗品溶液至出现泄漏点, 然后用 60% 乙醇溶液洗脱, 分段收集洗脱液, 测其多酚含量, 并绘制洗脱曲线。合并收集含多酚的部分, 制成干样, 测定甘蔗多酚的收率和纯度。

1.3.4 甘蔗多酚收率和纯度的计算

$$\text{收率}/\% = C_2 \times V_2 / C_1 \times V_1 \times 100\%$$

注: C₁-上柱前多酚溶液的浓度 (mg/mL), V₁-上柱前多酚溶液总体积 (mL); C₂-纯化后多酚浓度 (mg/mL), V₂-纯化后多酚溶液总体积 (mL)。

$$\text{纯度}(\%) = C_1 \times V_1 / M \times 100\%$$

注: C₁-纯化后多酚浓度 (mg/mL), V₁-多酚溶液体积 (mL), M-多酚物干重 (mg)

1.3.5 甘蔗多酚对超氧阴离子 (O₂^{·-}) 清除效果的测定

采用改进的邻苯三酚法进行测定^[9]。在碱性条件下, 邻苯三酚自氧化产生超氧阴离子, 生成有色中间产物在 320 nm 处有最大吸收峰。当加入清除剂后, 可清除 O₂^{·-}, 阻止中间产物积累, 减弱溶液在 320 nm 处的吸收, 因此可通过添加试样前后吸光度的变化表示试样的清除效果。25 °C 恒温水浴, 移取邻苯三酚 0.05 mL 于 5 mL 离心管, 加入 (pH=8.2) 的 Tris-HCl 缓冲溶液 2.85 mL, 加入不同浓度的甘蔗多酚溶液 0.1 mL, 以蒸馏水代替甘蔗多酚溶液作对照, 以蒸馏水代替邻苯三酚测定本底, 抵消甘蔗多酚液自身的干扰。迅速混匀, 使用 1 cm 比色皿, 以重蒸水作空白, 在 320 nm 处 4 min

时测 A_{320} 。清除率计算公式如下：

$$\text{清除率} S\% = [A_{\text{空}} - (A_{\text{样}} - A_{\text{底}})] / A_{\text{空}} \times 100\%$$

注：S：亲除氯； $A_{\text{空}}$ ：试剂空白的吸光度值； $A_{\text{样}}$ ：样液的吸光度值； $A_{\text{底}}$ ：样液本底的吸光度值。

1.3.6 甘蔗多酚对 DPPH 的清除率测定

采用 DPPH 法^[7]。DPPH 是一种很稳定的自由基，在乙醇溶液中呈深紫色，在 517 nm 处有最大吸收峰，当有自由基清除剂(AH)存在时，其单电子被结合而使其颜色减退，在最大吸收波长处的吸光度减小，减小的程度与清除剂的清除能力及其数量呈定量关系，该能力用清除率(Inhibition percent IP)表示，IP 值越大，抗氧化能力越强。用 95%乙醇将甘蔗多酚的提取物与 Vc 分别配成 0.01、0.05、0.10、0.50、1.00、5.00 mg/mL 6 种浓度的溶液。另配制浓度为 1.0×10^{-4} mol/L 的 DPPH 乙醇溶液。取 2 mL DPPH 溶液和 2 mL 待测液，充分混合，静置 30 min 后在波长 517 nm 下测定其吸光度。各待测液对 DPPH 的清除率可用下式计算：

$$\text{IP}(\%) = [1 - (A_i - A_j) / A_c] \times 100\%$$

注： A_i 为 2 mL DPPH 溶液+2 mL 待测溶液吸光度； A_j 为 2 mL 待测液+2 mL 溶剂的吸光度； A_c 为 2 mL DPPH 溶液+2 mL 溶剂的吸光度；IP(%) 为溶液对 DPPH 的清除率。

2 结果与分析

2.1 树脂的筛选

2.1.1 不同树脂对甘蔗多酚的吸附性能

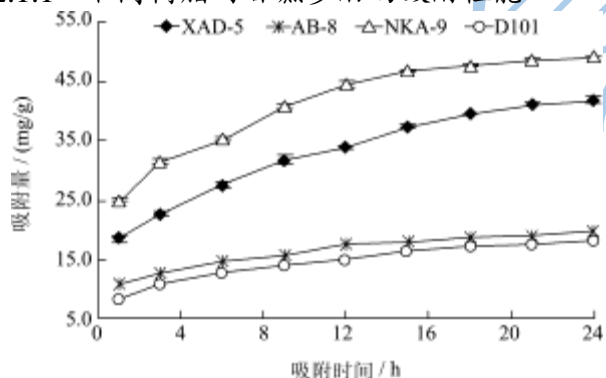


图 1 不同类型树脂对甘蔗多酚的吸附曲线

Fig.1 Absorption curves of different types of resin for sugarcane polyphenols

取预处理后的 4 种大孔树脂各 1.00 g，分别准确加入浓度为 0.98 mg/mL 的甘蔗多酚样液 100 mL，按 1.3.3.2 静态吸附试验方法，进行静态吸附试验，结果表明（图 1），树脂的吸附速率随时间的增加而急剧下降，然后慢慢趋向饱和，20 h 后均基本达到吸附平衡，但各树脂的静态吸附总量相差较大，其中 NKA-9 的饱和静态吸附量最大，达到 49.22 mg/g，XAD-5 次之，为 41.89 mg/g，AB-8 的饱和静态吸附明显要低，为 19.61

mg/g，D101 最低，仅为 18.00 mg/g，大约只相当于 NKA-9 静态饱和吸附量的 1/3。这一现象说明了大孔树脂对甘蔗渣中的多酚物质的吸附具有强的选择性，其吸附性能的大小与树脂的类型有很大的关系。

2.1.2 不同树脂对甘蔗多酚的解吸性能

将吸附饱和的 4 种树脂，用 80% 的乙醇解析，其静态解析曲线如图 2 所示。由图 2 可见，乙醇溶液对各种树脂都具有较好的解吸能力，解吸速率也很快，基本 2 h 内就达到了解吸平衡，饱和吸附量最大的 NKA-9 树脂 2 h 时其解吸率就达 74.51%，大部分甘蔗多酚类物质被洗脱下来。其次是 XAD-5 大孔树脂，2 h 就有 72.15% 的解吸率，D101 大孔树脂的解吸效果最差，2 h 解吸率才达 41.41%，7 h 后仍然只有 44.32%，难以实现对甘蔗渣中多酚物质的有效分离。

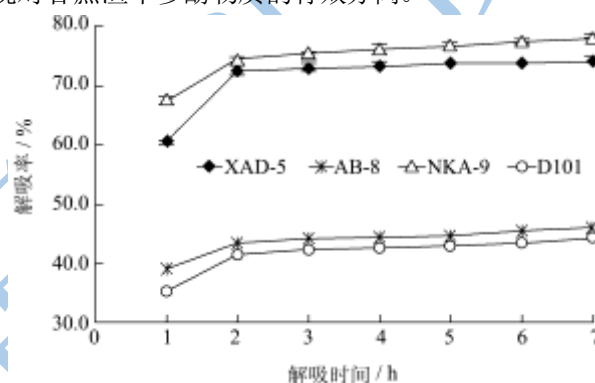


图 2 不同类型树脂对甘蔗多酚的解吸曲线

Fig.2 Desorption curves of different types of resin for sugarcane polyphenols

综合以上试验结果，NKA-9 树脂不仅对甘蔗渣中的多酚物质具有较强的吸附能力，而且易于洗脱，是吸附分离甘蔗渣中多酚物质的优良材料，因此本实验选用 NKA-9 树脂作为吸附分离甘蔗渣中多酚的材料。

2.2 NKA-9 树脂的静态吸附解吸研究

2.2.1 供试液甘蔗多酚浓度对 NKA-9 树脂吸附量的影响

称取活化好的湿树脂各 1.00 g 置于具塞锥形瓶中，分别加入浓度为 0.50、1.00、2.00、2.50、3.00、4.00 mg/mL 的甘蔗多酚 120、60、30、24、20、15 mL，进行静态吸附试验，结果表明（图 3），在总多酚浓度较低时，NKA-9 吸附甘蔗多酚的能力随着料液的浓度的提高而增加。当料液浓度为 0.50 mg/mL 时，NKA-9 树脂对甘蔗多酚的吸附量为 41.04 mg/g 湿树脂；当料液浓度为 2.50 mg/mL 时，其吸附量增加至 49.70 mg/g 湿树脂。显然，在多酚浓度较低条件下，随着多酚浓度的提高，多酚的吸附量也随着增加，但是，随着料液浓度的提高，特别是样液浓度超过 3.00 mg/mL 时，吸附量却随着样液浓度的增加而减少，这可能是由于随着料液浓度的增

加, 甘蔗多酚等物质在树脂内部扩散能力降低, 与总多酚竞争吸附的杂质量也随之增加, 因而导致树脂吸附量有所下降。所以, 本实验的样液浓度应控制在 2.50 mg/mL 左右为宜。

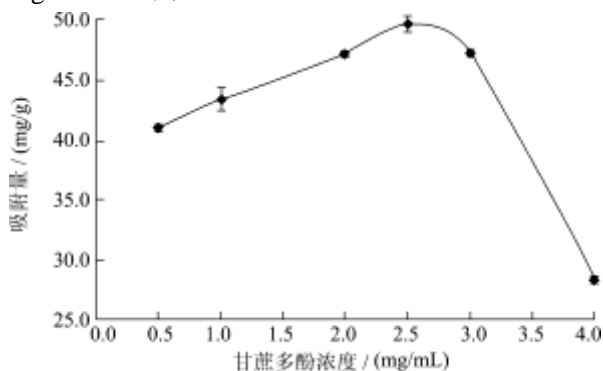


图3 甘蔗多酚浓度对 NKA-9 树脂吸附量的影响

Fig.3 Static absorption curve of NKA-9 resin at different concentration of sugarcane polyphenols

2.2.2 解吸剂乙醇浓度对解吸率的影响

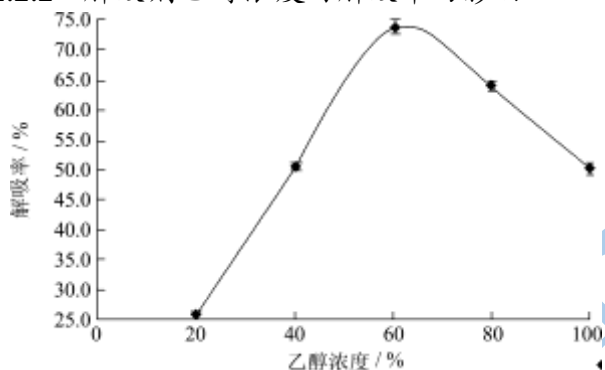


图4 乙醇浓度对 NKA-9 树脂静态解吸曲线

Fig.4 Static desorption curve of NKA-9 resin at different ethanol solution

为了尽可能提高甘蔗多酚的回收率, 通常应选用解吸率较高的溶剂作为解吸剂, 经过试验可知, 丙酮、甲醇及乙醇都具有较好的洗脱效果, 但考虑到甘蔗多酚一般要应用在食品及医药行业中, 因此本试验就选用无毒性的乙醇作为解吸剂, 考察了乙醇浓度对解吸率的影响。结果如图 4 所示, 在一定范围内, 随着乙醇浓度增加洗脱效果也得以提高。乙醇浓度为 20% 时, 解吸率仅为 25.13%; 而当乙醇浓度提高到 60% 时, 则解吸率达到 74.06%, 之后随着乙醇浓度的增加, 洗脱效果变差。因此, 宜选用 60% 左右的乙醇对甘蔗渣中的多酚物质进行洗脱。

2.3 动态吸附解吸试验

2.3.1 上样速率对树脂吸附量的影响

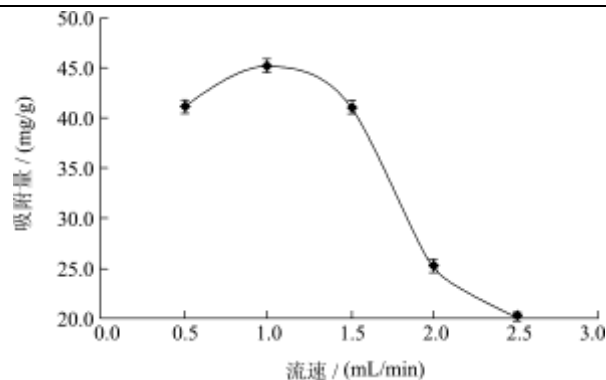


图5 上样速率对 NKA-9 树脂吸附量的影响

Fig.5 Resorption curve of NKA-9 resin at different sample rate

树脂装柱量 30.00 g, 流速分别为 0.5、1.0、1.5、2.0、2.5 mL/min, 测定了室温条件下 NKA-9 树脂甘蔗多酚的动态吸附效果, 结果如图 5 所示。在上料液速率较低的情况下, 随着上料液流速的增加, 多酚物质的吸附量也随着增加, 但当上料液流速大于 1.00 mL/min 后, 随着上料液流速的增加, 多酚物质的吸附量反而降低, 这是由于当上样液流速过大时, 甘蔗渣中的多酚物质还未及扩散到树脂的内表面, 就被冲出柱子, 从而造成树脂对多酚物质的吸附量快速下降。实验结果说明在一定范围内降低上样液的流速可以提高 NKA-9 树脂对甘蔗渣中多酚物质的动态吸附效果。但流速过低又会影响到生产效率, 会使生产周期延长, 提高生产的成本。因此综合考虑, 上料液流速以 1.00 mL/min 较为适宜, 此流速下多酚物质的吸附量可达 45.32 mg/g。

2.3.2 动态洗脱曲线

选用浓度为 2.50 mg/mL 的供试液, 以 1.00 mL/min 的流速进样, 吸附甘蔗多酚达到饱和的 NKA-9 树脂, 先用少量的蒸馏水洗去吸附的可溶性糖类, 再用 10 BV 60% 的乙醇洗脱, 洗脱速度为 1.00 mL/min。

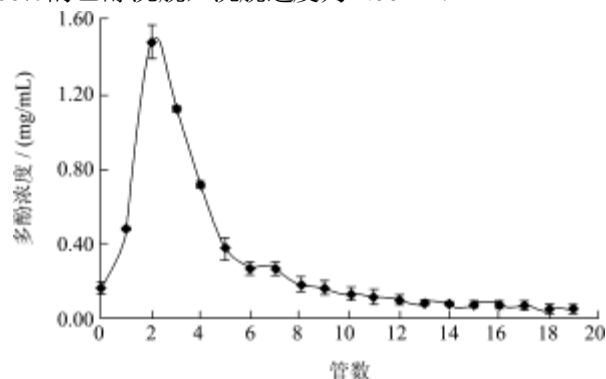


图6 动态洗脱曲线

Fig.6 Dynamic elution curve

每管接收洗脱液 10 mL, 测定室温条件下乙醇溶液对树脂上吸附的多酚物质的动态洗脱效果。其洗脱曲线如图 6 所示。实验结果表明, 动态条件下 NKA-9 树脂上吸附的多酚物质极易洗脱, 只用很少量的洗脱剂即可

使树脂柱上吸附的多酚物质洗脱下来。多酚物质的洗脱高峰也相对比较集中,当洗脱体积为20~60 mL时,洗脱液中的甘蔗多酚含量较高。合并多酚含量较高的试管测得多酚纯度为39.21%,收率为72.32%。

2.4 甘蔗多酚对超氧阴离子(O₂^{·-})清除效果的测定

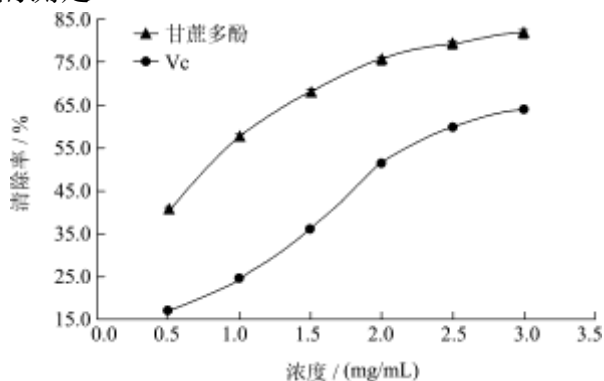


图7 甘蔗多酚和Vc对超氧阴离子的清除作用

Fig.7 Scavenging activity on superoxide anion radicals of sugarcane polyphenols and vitamin C

甘蔗多酚提取物对O₂^{·-}的清除效果如图7。由图7可知,在试验浓度范围内,甘蔗多酚和Vc对超氧阴离子O₂^{·-}均表现出较好的清除效果,且清除率随浓度的增加而增强。当甘蔗多酚的浓度小于2.00 mg/mL时,清

除效果随着甘蔗多酚浓度增大而增高趋势显著,浓度大于2.00 mg/mL时,清除率趋于稳定,浓度为3.00 mg/mL时,清除率最高,达到82.33%。Vc对O₂^{·-}的清除效果整体不如甘蔗多酚,相同浓度下,甘蔗多酚的清除效果明显强于Vc,由此可见,甘蔗渣多酚具有很强的抗氧化性。阎欲晓^[8]等人也采用邻苯三酚自氧化体系法,研究了甘蔗叶多酚对超氧自由基的清除作用,结果表明多酚对超氧自由基的抑制能力与多酚的浓度成一定的量效关系,甘蔗叶多酚与Vc比较,多酚的抑制作用稍低,与本试验相比,多酚的清除效果总体变化趋势一致,但本试验中甘蔗渣多酚对超氧自由基的清除作用要强于Vc,这可能是本实验中甘蔗多酚纯度高的原因。

2.5 甘蔗多酚对DPPH的清除率

DPPH是一种很稳定的以氮为中心的自由基,若受试物能清除它,则提示受试物具有降低羟自由基、烷自由基或过氧自由基的有效浓度和打断脂质过氧化链反应的作用。从表1可以看出,在试验浓度范围内,Vc溶液和甘蔗多酚对DPPH都具有比较强的清除效果,并且随着浓度的增加,其抗氧化能力也相应提高;但在相同的浓度下,甘蔗多酚对DPPH的清除效果不及Vc,这可能是由于甘蔗多酚的纯度较低所导致,但也表现出了良好的抗氧化性。

表1 甘蔗多酚对DPPH的清除率

Table 2 Clearance rate of sugarcane polyphenols to DPPH

浓度 mg/mL	0.01	0.05	0.1	0.5	1.0	5.0
Vc的清除率/%	78.26±0.012	84.78±0.018	88.41±0.011	90.58±0.009	92.20±0.010	94.93±0.007
甘蔗多酚的清除率/%	55.80±0.023	60.87±0.031	66.67±0.008	73.91±0.036	78.98±0.041	80.43±0.016

3 结论

3.1 不同树脂对甘蔗多酚的吸附效果不同,在所选的4种大孔吸附树脂中NKA-9为甘蔗多酚分离纯化的最佳材料。

3.2 NKA-9树脂的最佳动态吸附条件为甘蔗多酚浓度2.50 mg/mL,流速1.00 mL/min,最优洗脱条件为乙醇浓度60%,洗脱流速1.00 mL/min,洗脱体积10 BV,此条件下甘蔗多酚的收率为72.32%,纯度为39.21%。

3.3 在试验浓度范围内,甘蔗多酚对超氧阴离子O₂^{·-}和DPPH都具有良好的清除效果,且随多酚浓度的增大,其抗氧化能力也相应提高。与Vc相比,甘蔗多酚对DPPH的清除效果不及Vc,但对超氧阴离子O₂^{·-}的清除效果明显高于Vc;甘蔗多酚浓度为3.00 mg/mL时,对超氧阴离子的清除率最高,达到82.33%,甘蔗多酚浓度为5.00 mg/mL时,其对DPPH溶液的清除率达80.43%。

参考文献

[1] Manuel Sandoval, Nataly N, et al. Antioxidant activity of the cruiferous vegetable Maca [J]. Food Chemistry, 2002, 207-213

[2] Benvenuti S, I Pellati E, Melegari M, et al. Polyphenols, anthocyanins, ascorbic acid, and radical scavenging activity of rubus, ribes, and aronia [J]. J Food Sci. 2004,69(3): 164

[3] 孙建霞. 苹果多酚的提取分离及其主要功能活性研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2006

Sun Jian xia. Studies on the extraction and the essential biological activities of apple polyphenols [D]. Taian: Shandong agricultural university, 2006

[4] 周林, 蔡妙颜, 郭祀远, 等. 大孔吸附树脂应用的研究进展[J]. 昆明理工大学学报(理工版), 2003, 28(6): 99-102

Zhou Lin, Cai Miao-yan, Guo Si-yuan, et al. Progress in the Application of Macroporous Adsorption Resin [J]. Journal of Kunming University of Science and Technology (Science and Technology), 2003, 28(6): 99-102

- [5] 郭娟,艾志录,崔建涛,等.苹果渣中多酚物质的福林法测定[J]. 食品工业科技,2006,27(2):178-180
Guo Juan, Ai Zhi-lu, Cui Jian-tao, et al. Determining of the polyphenols in apple pomace by Folin polyphenols [J]. Science and Technology of Food Industry, 2006, 27(2): 178-180
- [6] 李斐菲,吴拥军,屈凌波,等.中药巴戟天抗自由基活性研究[J]. 光谱实验室,2005,3:553-555
Li fei-fei, Wu yong-jun, Qu ling-bo, et al. Study on anti-radical activity of chinese medicine morinda officinalis how [J]. Chinese Journal of Spectroscopy Laboratory, 2005, 3: 553-555
- [7] 勾明玥,刘梁,张春枝.采用DPPH法测定26种植物的抗氧化活性[J]. 食品与发酵工业,2010,36(3):148-150
Gou Ming-yue, Liu Liang, Zhang Chun-zhi. Determination of Antioxidant Activity in 26 Plants by DPPH Method [J]. Food and Fermentation Industries. 2010, 36(3): 148-150
- [8] 阎欲晓,吴国燕,杨龙,等.甘蔗叶多酚物质的超声提取及生理活性研究[J]. 食品研究与开发,2012,4(33):63-66
Yan Yu-xiao, Wu Guo-yan, Yan Long, et al. Ultrasonic-assisted Extraction and Physiological Activities of Polyphenols from Sugar Cane Leaves [J] Food Research And Development, 2012, 4(33): 63-66