

玫瑰红色素的理化性质、生物活性及提取应用研究进展

Research advances on property, extraction and application of red pigment from rose

王慧英

WANG Hui-ying

(聊城大学东昌学院, 山东 聊城 252000)

(Liaocheng University Dongchang College, Liaocheng, Shandong 252000, China)

摘要:文章综述了近 10 年国内外有关玫瑰红色素的提取方法、理化性质、结构成分和生物活性及应用价值的相关研究,探讨了研究中存在的问题和发展前景。

关键词:玫瑰红色素;理化性质;生物活性;结构成分

Abstract: This paper reviewed extraction method, physical and chemical property, biological activity and structural components of rosered pigment. The problems and development prospects were discussed in the research.

Keywords: rosered pigment; physical and chemical property; biological activity; constituent

玫瑰(*Rosa rugosa* Thunb.)别名刺玫、徘徊花,属蔷薇科、蔷薇属,多年生常绿或落叶小灌木。玫瑰全身是宝,根可入药、酿酒,具有理气活血的作用;玫瑰果含有大量的维生素和多种氨基酸,其中 V_C 最为丰富;玫瑰花含有 300 多种化学成分,包括芳香醇、脂肪酸、酚类以及含香精的油脂等。因此,玫瑰不仅是园林绿化和水土保持的优良植物材料,更具有重要的经济价值,在食用、药用、化工等方面有着重要的开发利用价值^[1]。

近些年来,随着对玫瑰营养价值的认识逐渐深入,对其食用价值和保健价值的研究,尤其是玫瑰精油和玫瑰色素的提取应用开始成为热点。玫瑰红色素安全无毒,具有特定的生物学特性,可广泛用于食品加工和纺织印染等。本文结合国内外近 10 年来有关玫瑰红色素的研究成果,综述了其提取制备、结构成分、理化性质和生理活性,以期对玫瑰色素综合开发利用提供理论依据。

基金项目:山东省高校科研项目(编号:J17KB118)
作者简介:王慧英(1974—),女,聊城大学东昌学院讲师,硕士。
E-mail: why5623@126.com

收稿日期:2018-08-28

1 结构与性质

1.1 化学结构

玫瑰红色素为花色苷类色素,包括矢车菊素-3,5-双葡萄糖苷^{[2]20-24[3]}、矢车菊素-3-葡萄糖苷、飞燕草花色苷-3-葡萄糖鼠李糖苷和芍药色素-3-葡萄糖苷^[4-6],其中主要成分矢车菊素-3,5-双葡萄糖苷^[5],占到色素总量的 94.9%,相对分子量为 647,分子结构见图 1。

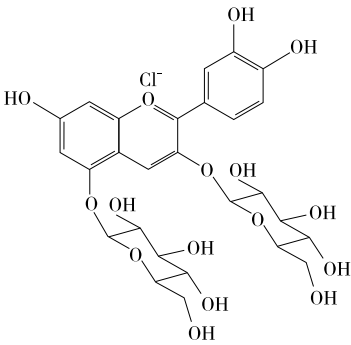


图 1 玫瑰红色素的基本结构

Figure 1 Basic structure of red pigment from rose

1.2 理化性质与稳定性

1.2.1 溶解性 玫瑰红色素属于水溶性色素,易溶于水、甲醇、乙醇、柠檬酸、酸性乙醇等极性溶剂,不溶或难溶于石油醚、乙酸乙酯等非极性溶剂^[7]。考虑到食用色素的后续精制和安全性能,一般选用柠檬酸—乙醇为玫瑰色素的提取剂。

1.2.2 酸碱性及吸收光谱 玫瑰红色素对 pH 敏感,pH 值不同,显示出不同的颜色。pH<5 时,颜色为紫红色;pH>5 时,颜色为粉红色;pH>7 时,颜色逐渐变为黄色、黄绿色。由此可见,pH 越低,颜色越红,pH 逐渐升高,最大吸收波长红移,颜色随之发生变化^[8]。说明酸性环境有利于玫瑰红色

素的稳定性,而碱性环境会使其稳定性下降。

玫瑰红色素溶液在可见光区(500,514,516,518,520,526,530 nm 等)的最大吸收波长有所不同,可能是试验中选用的玫瑰品种和溶液 pH 不同的原因。

1.2.3 光照和温度 文献[7]研究表明,温度低于 70 ℃时,色素吸光度基本没有变化,而高于 70 ℃时,吸光度明显下降,溶液颜色逐渐变浅。刘志国等^[9]将色素溶液在 80 ℃时加热 30 min,吸光值降低,约为 25 ℃时的 88%。葛芹等^[10]试验表明,低 pH(1,2)色素溶液在 110 ℃加热 15 min 后,溶液颜色变化不明显,吸光度分别由原来的 0.947,0.877 变为 0.796,0.474,表现出较好的热稳定性。对于 pH>3 的溶液,温度超过 80 ℃时,吸光值升高,溶液颜色变为黄褐色,色素品质下降。因此,玫瑰红色素的热稳定性相对较差,试验或加工时应避免超过 80 ℃的高温。

李玉麟^[11]将 pH 分别为 1,2,3 的色素溶液在自然散射光下密封放置 28 d,溶液颜色均仍然红艳,吸光值未发生明显变化,色素残存率分别为 93.38%,91.06%,92.58%。文献[10]同样将 pH 分别为 1,2,3 的色素溶液在光照下放置 84 h,色素残存率分别是 93.72%,88.06%,57.50%。可见,玫瑰红色素在光照条件下稳定性相对较好,并且酸性越强越有利于色素溶液在光照下的保存。

1.2.4 氧化剂和还原剂 研究色素溶液的氧化性和还原性时,经常采用的是 H₂O₂ 和 Na₂S₂O₃。有学者^[11-12]认为 H₂O₂ 的影响较小,Na₂S₂O₃ 的影响明显,也有学者^[10]认为二者的影响均较大、且浓度越大、时间越长,色素的吸光值变化越显著。

1.2.5 金属离子 大多数金属离子对玫瑰红色素没有影响,Na⁺、Zn²⁺、Al³⁺、Ca²⁺、Cu²⁺ 有一定的保色作用,可增强色素的稳定性;Fe²⁺ 影响不大,Fe³⁺ 影响明显,使色素溶液颜色和吸光值均发生明显变化,在储存或使用时应避免接触。

1.2.6 食品添加剂 蔗糖、葡萄糖、柠檬酸、可溶性淀粉、食盐在食品添加剂允许的剂量范围内对色素提取液影响较小,吸光值变化幅度很小,溶液颜色无明显变化。蔗糖、葡萄糖可一定程度增强色素的稳定性,蔗糖是浓度越大,增强效果越明显;葡萄糖与蔗糖不同,低浓度时增强效果显著,浓度增大,稳定作用反而减弱,V_C 的存在会使色素的稳定性下降,主要是因为 V_C 会攻击红色素的 C₄ 位置,从而影响了其稳定性^[10]。

2 玫瑰红色素的生物活性及其应用

2.1 抗氧化作用

石秀花等^[13]以猪油和菜籽油为底物,采用恒温箱储藏法测定油类的过氧化值,以此衡量玫瑰红色素的抗氧化性,试验表明玫瑰色素对猪油和菜籽油均有抗氧化作用,添加量为 0.02%时对菜籽油的抗氧化效果较好,添加量为 0.03%时则对猪油的抗氧化能力强。张麟^{[14]31-32}研究证明玫瑰色素能够一定程度地清除·OH 和 O₂^{-·},清除率随着加入量的增加而上升,当色素浓度为 0.4 mg/mL 时,对·OH 的清除能力最大,对 O₂^{-·} 则能完全清除。文献[2]⁴¹⁻⁴³则通过清除

DPPH· 比较了玫瑰红色素和 V_C 的抗氧化能力,证实玫瑰红色素清除 DPPH· 的 EC₅₀ 为 0.053 mg/mL, V_C 清除 DPPH· 的 EC₅₀ 为 0.066 mg/mL,玫瑰红色素的抗氧化能力比 V_C 强,樊琛等^[15]对玫瑰花苞提取物的抗自由基能力进行了检测,试验数据证实其对 HO·、O₂^{-·}、DPPH·、ABTS⁺ 均有清除作用,对 DPPH·、ABTS⁺ 的清除率高达 90%。玫瑰色素无毒副作用,抗氧化能力较强,可用于医疗、保健等。

2.2 抑菌作用

文献[14]³⁰⁻³¹研究表明玫瑰红色素对白色念珠菌、金黄色葡萄球菌、铜绿假单胞菌、肺炎白式克雷菌等菌种生长的抑制作用较明显,尤其是对金黄色葡萄球菌、白色念珠菌的抑制作用最为突出。试验结果显示,30 mg/L 的玫瑰红色素溶液抑菌效果非常明显,在抑制白色念珠菌、金黄色葡萄球菌、肺炎白式克雷菌方面,强于 2 000 U/mL 的青霉素钠,并且抑菌效果较稳定。因此,玫瑰红色素既可以开发抗菌消炎药物,还兼具有食品防腐剂、增色剂的作用,开发前景广阔。

2.3 调节血脂作用

何熹等^[16]对大鼠进行高脂饲料喂养试验,受试组给予不同剂量的玫瑰色素,取其尾血进行总胆固醇(TC)、甘油三酯(TG)、高密度脂蛋白(HDLC)含量的测定比较。发现大鼠经高脂饲料喂养后,血清 TC、TG 均有明显升高,然后按 1.25,2.50,5.00 g/kg 体重的不同剂量对受试组大鼠进行玫瑰色素灌胃,发现 36 d 后,TC、TG、HDLC 都有不同程度的改变。其中,5.00 g/kg 剂量玫瑰色素使 TC 明显降低,尤其是 2.50 g/kg 剂量受试组,TC 明显下降,由 84.5 mg/dL 下降为 36.2 mg/dL,TG 下降效果明显,HDLC 则出现不同程度的升高。由此可见,玫瑰红色素具有一定的降低血脂、防治动脉硬化的保健功能^[17]。

2.4 纺织染色作用

曹机良^[18]用 FeSO₄ 和 ZnSO₄·7H₂O 作媒染剂,以羊毛和蚕丝织物为材料,对玫瑰色素的染色性能进行了探讨,结果表明低剂量的 Fe²⁺、Zn²⁺ 就可使玫瑰红色素的染色特征值发生明显变化,使羊毛和蚕丝织物呈现出不同的颜色,玫瑰红色素 10 mL、媒染温度 90 ℃、媒染时间 60 min、媒染剂 FeSO₄ 和 ZnSO₄·7H₂O 的剂量为 2 g/L 时,染色效果最好,颜色最深,染色牢度能满足服装标准。吴志奔^[19]认为最佳染色工艺为媒染剂选用 5%的 FeSO₄,色素提取液 15 mL,染色时间 120 min,染色温度 90 ℃,对羊毛织物具有较好的上染能力,色牢度较好,适合于蛋白质纤维染色。

3 玫瑰红色素的制备

3.1 玫瑰红色素的提取

1993 年,刘纪正等^[20]利用玫瑰花提取精油后的花渣为原料,对玫瑰红色素的提取进行了研究,开启了中国对玫瑰红色素研究的先例。发展至今玫瑰红色素的常用提取工艺流程为:原料→清洗→晾干→破碎→提取→抽滤→浓缩→精制→干燥→成品。玫瑰红色素常用的提取方法有酸-醇提取法、微波辅助提取法、超声波辅助提取法等。

3.1.1 酸—乙醇提取法 玫瑰红色素作为一种可以食用的天然色素,最常采用的提取方法是溶剂萃取法。提取溶剂的种类、pH 值、提取时间、提取温度、提取次数等均会影响提取效果。科研人员分别以不同品种的玫瑰为原料进行了玫瑰

色素提取的研究,最佳提取工艺参数见表 1。
由表 1 可看出,提取原料不同,最佳提取工艺有所区别,实际生产中可以对上述工艺参数进行再优化,以提高提取效率。

表 1 酸—乙醇提取玫瑰红色素最佳工艺比较
Table 1 Comparison of optimum extraction technology of rose red pigment by acid and ethanol

原料	提取溶剂	料液比(g/mL)	pH 值	提取温度/℃	提取时间/min	提取次数	参考文献
妙峰山玫瑰干花	30 % 柠檬酸	1 : 10	1.00	60	60	1	[7]
食用玫瑰花	10 % 柠檬酸	1 : 10	/	50	60	1	[10]
药食玫瑰干花	15 % 柠檬酸	1 : 50	/	50	90	1	[21]
药食玫瑰花酱	15 % 柠檬酸	1 : 10	/	50	30	1	
苦水玫瑰	80 % 乙醇	1 : 20	1.00	75	60	3	[22] ²⁹⁻³⁴
玫瑰花渣	65 % 乙醇	1 : 20	1.00	75	90	1	[23]
玫瑰干花	盐酸—95 % 乙醇	1 : 30	/	60	60	2	[24]
玫瑰干花	70 % 乙醇	1 : 10	2.00	75	45	1	[25]
刺玫瑰花粉	55 % 乙醇	1 : 35	1.50	室温	25	1	[26]
苦水玫瑰	81.5 % 乙醇	1 : 90	1.05	室温	45	2	[27]

3.1.2 超声波提取法 超声波是一种高频机械波,具有较强的空化效应和震动效应。超声波技术应用于植物色素的提取,可打破细胞壁,加速细胞内色素等物质的释放渗透,提高提取率。李子江等^[28]通过响应面法对玫瑰红色素的提取条件进行了优化,结果表明超声波功率 500 W、超声波时间 10 min、温度 40 ℃、乙醇体积分数 55 % 时,色素的提取率为 6.23 mg/g · 干重。谢秋涛等^[29]用超声波辅助法提取玫瑰花渣红色素,结论则是超声波功率 400 W、超声时间 120 min、提取温度 70 ℃、料液比 1 : 20 (g/mL)、乙醇体积分数 65 %、pH 1 时提取效果最佳。徐宛璐等^[30]则用超声辅助法提取玫瑰色素,在料液比 1 : 160 (g/mL)、65 % 乙醇、超声波功率 500 W、超声时间 30 min 的条件下,玫瑰色素的获得率较高。同样是超声波辅助提取玫瑰色素,文献^[17]发现,在料液比 1 : 10 (g/mL)、乙醇体积分数 50 % 的条件下,选择 40 ℃、300 W 的超声辅助提取 20 min,玫瑰色素提取率高且性能稳定。超声波辅助提取玫瑰色素的技术安全可靠、时间短、效率高,在工业化生产中具有较大发展潜力。

3.1.3 微波提取法 微波也称为超高频电磁波,可透过溶剂介质到达物料内部,使其温度迅速升高破裂,加速色素等有效成分的渗透流出。文献^{[2]²⁰⁻²⁴}探讨了微波辅助提取玫瑰色素的工艺条件,并与传统溶剂法进行了比较,表明在 60 % 乙醇、5.00 V 微波、微波时间 20 min、料液比 1 : 20 (g/mL)、提取 1 次的条件下提取效果最佳,提取率为 1.59 %,远高于传统溶剂法的 1.01 %。樊爱萍等^[33]用微波辅助法提取玫瑰红色素,通过正交试验优化提取工艺,以乙醇体积分数 40 %、料液比 1 : 5 (g/mL)、微波功率 560 W、提取时间 35 s 为最佳条件,相比于传统的热回流提取法,提取时间大大缩短,提取率增大 8.10 %,具有明显的优势。微波提取法大大缩短了提取时间,但在工业化层面的应用还缺乏相应的设备,目前难以实现真正的工业化和规模化。

3.1.4 超临界流体提取法 超临界流体是介于气液之间的一种既非气态又非液态的物态,高密度,低黏度,具有较强的溶解力。文献^[16]用 CO₂ 超临界萃取技术提取玫瑰黄酮类色素,得到紫红色粉末,含量为 63 mg/g · 干重,提取率是 0.55 %。相对于传统的色素提取方法,此法提取工艺简单,安全无毒。但因为设备昂贵,运行成本较高等原因,CO₂ 超临界萃取技术在玫瑰色素上的运用受到一定限制,只限于实验室内色素的研究分析。
3.1.5 冻结—融解辅助水浸提法 徐青梅^[32]将玫瑰花原料的水混合物放入—30 ~ —4 ℃ 冰箱,完全冻结后取出迅速搅拌溶解,来回重复 2 ~ 3 次。然后加入去离子水和乙醇进行萃取浓缩,得到红色膏状色素固体。经冻结—融解处理,细胞壁破碎,色素等细胞内溶解物快速渗透溶解,缩短了浸提时间,提取率较高,可达 8.65 %。柳滢春^[33]在传统工艺的基础上进行优化改进,增加冻结—研磨的步骤,与原工艺相比,玫瑰花色素的提取量增加了 24.50 %。

3.1.6 其他新型提取技术 应用于提取植物色素的新型技术还有酶法和双水相萃取法等。酶法提取色素是利用一些生物酶如纤维素酶、果胶酶等分解破坏细胞壁,加速细胞内色素的溶解扩散,达到提取目的。褚盼盼等^[34]用双酶法(果胶酶+纤维素酶)提取黑豆皮中的红色素,结果显示,该技术提取条件温和,有效成分稳定,简单高效,应该是一种有前途的色素提取新型技术。信璨等^[35]采用双水相萃取法对月季花色素进行了分离纯化,萃取率可达到 98.45 %。作为一种新兴的色素分离技术,双水相萃取法能够保证色素的生物活性,不存在有机溶剂残留,易于扩大工程规模,被广泛用于生物酶、蛋白质、食用色素等的分离提纯。目前这些技术还未见到用于玫瑰红色素的提取,但对于优化、探索玫瑰色素的研究会有重要的参考作用。

3.2 纯化

大孔树脂是一类人工合成的、多孔立体结构的聚合物吸

附剂,具有吸附能力强、易于解吸附、再生处理简单等优点,可有效除去色素提取液中的蛋白质、糖类等杂质。文献[22]³⁵⁻⁵⁰考察了 AB-8、X-5、NK-9、D-101、S-8、ADS-86 种大孔树脂对玫瑰花渣色素的吸附和解吸效果,发现 D-101 有较好的吸附和解吸效果。在吸附温度 30 ℃时,pH 为 2、浓度为 0.45 mg/mL 的上样液以 2 mL/min 的速度流经 Φ 2 cm×20 cm 树脂柱,吸附量最大,为 16.875 mg/g;再以 pH 1、170 mL 的 90% 酸性乙醇为洗脱剂、洗脱流速 1 mL/min 时,解析效果最佳,色素纯度显著提高,色价由 41 变为 97。赵垒等^[36]对 AB-8 树脂动态解吸玫瑰色素的各种影响因素进行了探讨,认为最佳吸附条件是上样液色素浓度 15.63 mg/mL、pH 1.92、吸附速度 7.19 BV/h;最佳解吸工艺参数是 pH 1.1、3.45 BV 的 67% 乙醇为洗脱剂、解吸流速 2.72 BV/h,此时色素的解吸率为 99.19%。鉴于大孔树脂纯化玫瑰花红色素安全无毒、简单高效的优点,具有较高的工业化价值。

4 结语

玫瑰红色素具有降脂、抑菌、染色等作用,可用于药品、保健品、食品、化妆品等加工行业,是一种多功能天然食用色素,开发前景十分广阔。至今,对玫瑰红色素的认识已经积累了大量数据,但多集中在实验室的小试阶段,局限于实验室的提取纯化以及稳定性研究,有关分子结构、含量测定、生物活性、生理保健和工厂化生产的研究很少,限制了其开发应用。因此,应加快对玫瑰红色素的深入研究,为其广泛地开发利用提供科学理论依据。

参考文献

[1] 张雪喜,孙迪,田鑫,等. 玫瑰花渣的再利用研究进展. [J]. 农产品加工, 2016(2): 64-66.

[2] 姚育翠. 玫瑰花中原花青素的分离分析及抗氧化活性研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2008.

[3] 石秀花,徐金玉,陶金华,等. 野玫瑰色素的分离及结构鉴定[J]. 农产品加工: 学刊, 2010(12): 71-73.

[4] 杜鹃,吴津蓉,石秀花. 玫瑰色素的化学成分研究[J]. 食品研究与开发, 2012, 33(4): 137-139, 143.

[5] LEE J H, LEE H J, CHOUNG M G. Anthocyanin compositions and biological activities from the red petals of Korean edible rose (*Rosa hybrida* cv. Noblered) [J]. Food Chemistry, 2011, 129 (2): 272-278.

[6] 张玲,徐宗大,汤腾飞,等. ‘紫枝’玫瑰(*Rosa rugosa* ‘Zizhi’)开花过程花青素相关化合物及代谢途径分析[J]. 中国农业科学, 2015, 48(13): 2 600-2 611.

[7] 王丽君,高同雨,刘卫强,等. 妙峰山玫瑰色素提取工艺及稳定性研究[J]. 北方园艺, 2009(11): 12-15.

[8] 王忠民,石秀花,李瑾瑜. 野玫瑰色素理化性质的研究[J]. 食品科学, 2007, 28(6): 93-97.

[9] 刘志强,何建伟,胡松. 玫瑰色素稳定性的研究[J]. 武汉工业学院学报, 2006, 25(2): 1-4.

[10] 葛芹,马晓军. 食用玫瑰花色苷的提取及其稳定性研究[J]. 食品工业科技, 2012, 33(14): 146-149, 152.

[11] 李玉曠. 玫瑰花红色素的稳定性研究[J]. 中国食物与营养, 2008(1): 43-46.

[12] 唐红枫,孙茜,穆婷,等. 玫瑰色素的提取及稳定性研究[J]. 湖北农业科学, 2012, 51(6): 1 218-1 221.

[13] 石秀花,王忠民. 野玫瑰色素对油脂的抗氧化作用[J]. 现代食品科技, 2006, 2(2): 98-100.

[14] 张麟. 玫瑰红色素开发利用研究[D]. 长春: 吉林大学, 2009.

[15] 樊琛,胥惠贞,刘桂芹,等. 玫瑰花苞抗自由基能力的检测[J]. 食品研究与开发, 2015, 36(5): 78-81.

[16] 何熹,韩宁. CO₂超临界萃取法提取玫瑰类黄酮及其保健功能研究[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(26): 12 699-12 700.

[17] 石秀花. 超声波提取野玫瑰色素及体外抗氧化性分析[J]. 食品科学, 2017, 38(9): 90-94.

[18] 曹机良. 玫瑰红色素对羊毛和蚕丝的媒染性能[J]. 染料与染色, 2011, 48(6): 26-29.

[19] 吴志奔,罗秋兰,罗玉成. 玫瑰花色素对羊毛织物染色性能的研究[J]. 纺织科技进展, 2017(12): 26-29.

[20] 刘纪正,刘建华,程传格. 玫瑰花渣中色素的研究[J]. 山东科学, 1993, 6(1): 8-13.

[21] 刘志强,张宇,张振新,等. 玫瑰色素提取条件的优化[J]. 武汉工业学院学报, 2005, 24(1): 1-3, 7.

[22] 周学森. 苦水玫瑰精油及花渣中色素的提取纯化[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2010.

[23] 杜鹃. 玫瑰精油后产物的综合利用研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2006: 30-35.

[24] 孙茜,张雨婷,穆婷,等. 玫瑰色素提取工艺条件优化研究[J]. 化学与生物工程, 2011, 28(8): 11-13.

[25] 冯文婕,万建峰. 玫瑰花色素的提取与稳定性研究[J]. 浙江化工, 2013, 44(12): 13-17.

[26] 李玉曠. 玫瑰花红色素提取工艺研究[J]. 中国食物与营养, 2006(7): 38-40.

[27] 龚祥,王波,路秀云,等. ‘苦水玫瑰’花色苷的提纯及其抑菌活性[J]. 甘肃农业大学学报, 2018, 53(4): 168-176.

[28] 李子江,唐琳,刘萍,等. 响应面法优化玫瑰花花色苷提取工艺的研究[J]. 食品科技, 2009, 34(11): 221-225.

[29] 谢秋涛,李高阳. 超声波辅助乙醇提取法提取玫瑰色素[J]. 食品与机械, 2012, 28(3): 148-150.

[30] 徐宛璐,罗华唐琳,来明月,等. 超声波辅助提取玫瑰色素及其稳定性研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2018, 9(11): 2 830-2 835.

[31] 樊爱萍,刘卫,吴荣书. 微博辅助提取玫瑰花红色素工艺的优化[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(14): 8 336-8 338.

[32] 徐青梅. 水浸提法提取玫瑰花中红色素的工艺研究[J]. 陕西教育学院学报, 2010, 26(2): 108-110.

[33] 柳滢春. 玫瑰花红色素的提取工艺及应用研究[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(8): 4 854-4 855.

[34] 褚盼盼,孙辉,席瑞峰,等. 双酶法提取黑豆红色素新工艺[J]. 天津农业科学, 2015, 21(6): 74-76.

[35] 信臻,常丽新,贾长虹. 双水相萃取法分离纯化月季花色素[J]. 河北联合大学学报: 自然科学版, 2012, 34(2): 56-60.

[36] 赵垒,唐琳,王晓阳. 响应面法优化玫瑰花色苷提取工艺[J]. 中国食品添加剂, 2010(10): 117-123.