

杨梅素植物来源及提取分离方法研究进展

刘同方,于华忠*,陈雁梅,高梦,郑红岩,刘建兰 (吉首大学林产化工工程湖南省重点实验室,湖南张家界 427000)

摘要 杨梅素广泛存在于天然植物中,具有抗肿瘤、抗炎和抗氧化等多种药理活性。通过查阅国内外相关文献,对杨梅素的植物来源和提取分离方法进行分类和总结,以期今后的进一步研究和开发利用提供参考。
关键词 杨梅素;植物来源;提取分离方法
中图分类号 S609.9;TQ917 **文献标识码** A **文章编号** 0517–6611(2014)15–04781–03

Research Progress on Plant Origins and Extraction Methods of Myricetin
LIU Tong-fang, YU Hua-zhong et al (Key Laboratory of Hunan Forest Products and Chemical Industry Engineering, Jishou University, Zhangjiajie, Hunan 427000)
Abstract Myricetin is widely distributed in natural plants, which display a diverse array of interesting pharmacological activities including antitumor, anti-inflammatory, anti-oxidant and so on. Through looking up domestic and international relevant documents, the plant origins and extraction methods of myricetin were classified and summarized, in order to provide references for the further research and development of myricetin.
Key words Myricetin; Plant origins; Extraction methods

杨梅素[3,5,7-三羟基-2-(3,4,5-六羟基苯基)-4H-1-苯并吡喃-4-酮,Myricetin]又名杨梅树皮素、杨梅黄酮、杨梅酮、杨梅黄素,是一种多羟基黄酮醇化合物,广泛存在于天然植物中^[1]。现代药理学研究表明,杨梅素具有抗炎镇痛、抗肿瘤、降血糖、保肝和抗氧化等多种药理活性,尤其在防治心血管疾病方面作用明显^[2–4]。鉴于其抗氧化功能及降低胆固醇等作用,一些欧洲国家已有将杨梅素作为保健食品上市,但还未有相关药品上市,因此具有较大的开发和应用潜力。目前市场上杨梅素产品主要是从资源相对有限的杨梅树皮和显齿蛇葡萄叶中提取得到。笔者将从杨梅素植物来源和提取分离方法2个方面进行综述,为杨梅素的研究与开发提供参考。

1 杨梅素的植物来源

杨梅素作为黄酮醇类化合物,其广泛分布于杨梅科、葡萄科、豆科、杜鹃花科和大戟科等多科植物中^[5],而其中以杨梅科和葡萄科植物为代表植物。杨梅素植物来源分类见表1^[6–64]。

研究文献发现,多科植物中都含有杨梅素,但以杨梅科(Myricaceae)和葡萄科(Vitaceae)植物为主要研究对象,工业化生产中大多数也都采用杨梅树皮和显齿蛇葡萄叶作为提取来源。除了在植物中发现有杨梅素之外,在蜂蜜^[65]和红酒^[66]中也发现含有杨梅素,蜂蜜中杨梅素可能是来源于植物的花粉,而红酒中的杨梅素可能是采用葡萄科植物葡萄作为酿酒材料的缘故。

2 杨梅素的提取与分离

目前,黄酮醇类化合物的提取方法主要有水提取法、有机溶剂提取法、碱提取酸沉淀法、超声波提取法、微波提取法和超临界流体提取等方法;分离方法主要有溶剂萃取法、硅

胶色谱、聚酰胺色谱、葡聚糖凝胶柱色谱和大孔树脂分离等方法^[67–68]。但是杨梅素的提取方法以水提法、有机溶剂提取法和超声波提取法为主,分离方法主要是硅胶柱色谱法、聚酰胺柱色谱法和葡聚糖凝胶柱色谱法。

表1 杨梅素植物来源分类

植物科名	植物名称	参考文献
葡萄科(Vitaceae)	显齿蛇葡萄、大叶蛇葡萄、山葡萄、异叶蛇葡萄、粤蛇葡萄、葡萄、红提、三叶乌莓等	[6–14]
杨梅科(Myricaceae)	杨梅、毛杨梅、矮杨梅等	[15–18]
豆科(Leguminosae)	绿豆、豌豆、苦马豆、红花锦鸡儿、草红藤、罗望子等	[19–24]
杜鹃花科(Ericaceae)	满山红、鳞腺杜鹃、髯花杜鹃、樱草杜鹃、头花杜鹃、笃斯越橘等	[25–30]
蔷薇科(Rosaceae)	山楂、海棠、李子、布朗、草莓、杏子、苹果、刺梨、新疆野苹果等	[13, 20, 31–32]
报春花科(Primulaceae)	聚花过路黄、狭叶落地梅、胭脂花等	[33–35]
茄科(Solanaceae)	西红柿、圣女果、茄子、甜椒等	[12–13, 36]
十字花科(Brassicaceae)	萝卜、菜花等	[20]
百合科(Liliaceae)	洋葱、芦荟等	[12, 20, 36]
无患子科(Sapindaceae)	龙眼、文冠木等	[13, 37]
芸香科(Rutaceae)	柚子、蜜柚等	[13]
猕猴桃科(Actinidiaceae)	猕猴桃等	[13]
伞形科(Apiaceae)	胡萝卜等	[20, 36]
藜科(Chenopodiaceae)	菠菜等	[20, 36]
葫芦科(Cucurbitaceae)	西葫芦等	[36]
楝科(Meliaceae)	苦楝树等	[20]
辣木树科(Moringaceae)	辣木树等	[20]
桑科(Moraceae)	菩提树等	[20]
漆树科(Anacardiaceae)	黄桫、芒果等	[38–39]
蓼科(Polygonaceae)	木藤蓼、莽麦七等	[40–41]
桃金娘科(Myrtaceae)	柠檬桉、岗松等	[42–43]
大戟科(Euphorbiaceae)	泽漆、Bridelia ferruginea等	[44–45]
菊科(Asteraceae)	红花等	[46]
壳斗科(Fagaceae)	欧洲栗等	[47]
白花丹科(Plumbaginaceae)	补血草、黄花矾松、架棚等	[48–50]
唇形科(Lamiaceae)	冬青叶兔唇花等	[51]
蝶形花科(Papilionaceae)	草红藤等	[52]
冬青科(Aquifoliaceae)	苦丁茶等	[53]
禾本科(Poaceae)	大麦等	[54]

作者简介 刘同方(1987–),男,安徽东至人,硕士研究生,研究方向:林产化学加工工程。*通讯作者,硕士生导师,从事天然产物化学研究。
收稿日期 2014-04-30

续表 1

植物科名	植物名称	参考文献
金缕梅科(Hamamelidaceae)	檫木等	[55]
锦葵科(Malvaceae)	黄蜀葵花等	[56]
景天科(Crassulaceae)	救心草等	[57]
莲科(Dicotyledoneae)	莲子等	[58]
牻牛儿苗科(Geraniaceae)	甘青老鹳草等	[59]
鼠李科(Rhamnaceae)	枳椇子等	[60]
薯蓣科(Dioscoreaceae)	黄独等	[61]
水青树科(Tetracentraceae)	水青树等	[62]
松科(Pinaceae)	雪松等	[63]
杨柳科(Salicaceae)	旱柳等	[64]

2.1 杨梅素的提取

2.1.1 水提取法。水提取法所需要的成本很低,安全性高,故非常适合工业生产,但水提取法缺点明显,提取效率低,杂质多,且容易霉变,一般需提取后用乙醇沉淀法处理方能进入下一步分离^[69]。曹延怀等在研究民间植物药草红藤的化学成分过程中,将草红藤全草干品进行水煎煮 2 次,每次 1 h,过滤,然后对滤液进行分离纯化,得到了杨梅素^[52]。姜仕先等称取一定量的藤茶,加水提取 2 次,弃去残渣,液体放置 24 h,滤出沉淀,得到总黄酮结晶,最后分离得到杨梅素^[70]。陈缙光等将 0.5 g 无刺根干样品,用 10 ml 水分 3 次提取,每次加热回流 1 h,合并提取液,测得杨梅素含量为 1.77%^[71]。

2.1.2 有机溶剂提取法。有机溶剂提取法是使用最广泛的方法,很容易实现工业化生产。常用有机溶剂有甲醇、乙醇、乙酸乙酯、乙醚等。该方法对设备要求简单,产品得率较高,但成本也相对较高,杂质含量也高^[72]。魏红福等在杨梅素提取工艺研究中发现,以乙醇 95% 作为提取试剂,料液比 1:15,95 ℃ 条件下,提取 1.5 h,杨梅素提取率达到 0.088%^[73]。邓丹雯等在进行杨梅素提取工艺优化的研究中,用乙醇回流法提取杨梅树叶中的杨梅素,在最优条件下,杨梅素的提取率可达 1.355%^[74]。王定勇^[75]、汤芳萍^[9]和覃洁萍^[76]等在研究相应植物化学成分的时候,都采用有机试剂提取法提取化合物,然后进行分离纯化,都得到了杨梅素。

2.1.3 超声波辅助提取法。超声波提取法是一种外加物理场的方法,是指以超声波辐射压强产生的空化效应和热效应引起机械搅拌、加速扩散溶解的一种新型提取方法,是近年来应用到天然产物提取分离中的一种提取手段^[77]。程海燕在硕士毕业论文试验研究中采用超声波辅助提取法,从杨梅中提取黄酮类化合物,提取率相对有机溶剂提取法较高^[78]。张明生等在研究江口县显齿蛇葡萄中二氢杨梅素和杨梅素含量的研究中,采用超声波辅助提取显齿蛇葡萄中的二氢杨梅素和杨梅素^[79]。梁永锋采用超声波丙酮浸提甘青老鹳草,然后进行分离纯化,获得杨梅素^[59]。陈明生等进行岗松中杨梅素含量测定的研究中,提取方法选择了超声波辅助提取法^[43]。

2.2 杨梅素的分离

2.2.1 硅胶柱层析法。硅胶柱层析法是常用的天然药物分离手段,在黄酮醇的分离中,主要适用于分离黄酮醇类苷元。何桂霞等用采用硅胶柱层析法分离含杨梅素的粗产品,以甲

苯:乙酸乙酯:甲酸(10:8:5)洗脱,在第 5~14 流份经处理得杨梅素^[80]。王定勇等对氯仿部分进行反复硅胶柱层析分离,用石油醚-丙酮体系梯度洗脱,甲醇重结晶纯化,得到化合物 2 为杨梅素^[81]。张晓等将 EtOAc 部分反复进行硅胶柱色谱分离,梯度洗脱,分离得到 330 mg 杨梅素^[33]。侯柏玲等取 100 g 苦马豆提取物进行硅胶柱层析,以氯仿-甲醇梯度洗脱,分离得到 6 种化合物,其中化合物 5 为杨梅素^[21]。

2.2.2 聚酰胺柱层析法。聚酰胺色谱是由酰胺聚合而成的一类高分子物质,其吸附黄酮类化合物的原理是由于其分子内部的许多酰胺基和羰基与黄酮混合物形成氢键,其形成氢键的能力与溶剂有关,在水中形成氢键的能力最强。同时聚酰胺的膨胀性又可以使被吸附的物质渗入其内部,从而使其具有较大的吸附容量。甘春丽等将藤茶提取液所得结晶用乙醇-乙醚(1:2)混合溶液溶解,与聚酰胺拌样,待溶剂完全挥干后,加到预处理过的聚酰胺柱,将 40%~50% 乙醇洗脱部分减压浓缩,放置数天后,有大量杨梅素晶体析出^[82]。曹延怀等将草红藤提取滤液冷却后过聚酰胺柱,少量水洗,EtOH-H₂O 梯度洗脱,合并相同流分,用聚酰胺柱精制得到杨梅素^[52]。

2.2.3 葡聚糖凝胶柱层析法。葡聚糖凝胶分离黄酮类化合物的机制是:分离游离黄酮时,主要依靠吸附作用,由吸附力的强弱不同加以分离。王岩等将显齿蛇葡萄的聚酰胺柱层析洗脱液用 Sephadex-LH20 柱层析纯化,得到杨梅素产品^[7]。钱景时等用 ODS 与 Sephadex LH-20 反复柱层析,从冬青叶兔唇花中得到杨梅素^[51]。Vercruysse S A R 等用 Sephadex LH-20 从 Pinus contorta 中分离纯化的到杨梅素和槲皮素等化合物^[82]。

2.2.4 大孔吸附树脂分离法。大孔树脂具有选择性好,能快速吸附且吸附容量大、机械强度高、再生容易等特点。程海燕进行了 AB-8 大孔吸附树脂对杨梅素分离条件的研究^[78]。黄迪惠采用大孔吸附树脂分离莲子壳中的黄酮类化合物^[58]。杨桂霞等研究笃斯越橘果实中黄酮类化合物的时候,使用 XAD-7 树脂柱进行粗纯化^[30]。

2.2.5 其他分离方法。除了上面介绍的杨梅素常用分离方法之外,还有其他分离方法,例如:重结晶^[76]、分子印迹柱层析^[6]、高速逆流色谱法^[83]、凝胶渗透色谱及制备高效液相色谱^[44]等多种分离手段。但是大部分分离过程中不只是采用一种分离方法,而是多种方法相结合使用的过程,从而达到较好的分离效果。

3 结语

由于杨梅素具有广泛的药理活性,一些国家已有将杨梅素开发成保健食品上市,美国食品药品监督管理局(U. S. Food and Drug Administration)已将杨梅素广泛应用于医药、食品、保健品和化妆品,杨梅素需求量逐年增加。然而,杨梅素主要是从天然植物中提取获得,这些植物资源也相对有限,有的植物杨梅素含量又较低,造成市场上杨梅素产品供应远远不足,且价格也相对较高,一些高效的分离方法,成本也相对较高。因此,寻找一种高效的制备杨梅素的方法,具有重要

现实意义。Li 等通过生物工程技术,使黄酮醇合酶(FLS)基因在苦荞麦中表达,经检测,在苦荞麦各个部位中都有杨梅素、槲皮素和山奈酚累积^[84]。夏立利用橙皮苷成功进行半合成黄酮醇类化合物^[85]。所以,化学合成法和生物工程技术方法,是获得杨梅素的 2 种可行的方法,而且一旦实现工业化生产,将会带来可观的经济效益。

参考文献

[1] 唐霖,张莉静,王明谦. 杨梅中活性成分杨梅素的研究进展[J]. 中成药,2006,28(1):121-122.

[2] ONG K C,HOON ENG KHOO. Biological effects of myricetin[J]. Gen Pharmac,1997,29(2):121-126.

[3] 林国钡,谢燕,李国文. 杨梅素的研究进展[J]. 国际药学研究杂志,2012,39(6):483-487.

[4] 邱麒麟,郭素华. 杨梅活性成分药理作用的研究进展[J]. 海峡药学,2010,22(8):42-44.

[5] 江纪武,肖庆祥. 植物药有效成分手册[K]. 北京:人民卫生出版社,1986:751-752.

[6] ZHONG S,KONG Y,ZHOU L,et al. Efficient conversion of myricetin from Ampelopsis grossedentata extracts and its purification by MIP-SPE[J]. Journal of Chromatography B,2014,945:39-45.

[7] 王岩,周莉玲,李锐,等. 显齿蛇葡萄的化学成分研究[J]. 中药材,2000,25(4):254-256.

[8] 沈伟,孙晓杰,张秀桥,等. 大叶蛇葡萄化学成分研究[J]. 时珍国医国药,2010,21(4):866-867.

[9] 汤芳萍,吴翠芳. 山葡萄化学成分的研究[J]. 湖南中医学院学报,2003,23(4):21-22.

[10] 张琼光. 异叶蛇葡萄的化学成分研究[D]. 武汉:湖北中医学院,2003.

[11] 刘文案,王玫馨,周爱群,等. 中药粤蛇葡萄的研究[J]. 中山大学学报:医学科学版,1989,10(3):32-35.

[12] KUMAR A,MALIK A K,TEWARY D K. A new method for determination of myricetin and quercetin using solid phase microextraction-high performance liquid chromatography - ultra violet/visible system in grapes, vegetables and red wine samples[J]. Analytica Chimica Acta,2009,631(2):177-181.

[13] 郭长江,徐静,韦京豫,等. 我国常见水果类黄酮物质的含量[J]. 营养学报,2008,30(2):130-135.

[14] KUMAR D,KUMAR S,GUPTA J,et al. A review on chemical and biological properties of *Cayratia trifolia* Linn. (Vitaceae)[J]. Pharmacognosy reviews,2011,5(10):184-188.

[15] TONG Y,ZHOU X M,WANG S J,et al. Analgesic activity of myricetin isolated from *Myrica rubra* Sieb. et Zucc. leaves[J]. Archives of Pharmacol Research,2009,32(4):527-533.

[16] 廖华卫,刘恩桂,王定勇. 杨梅树皮的化学成分研究[J]. 中南药学,2006,4(3):196-199.

[17] 陈健,韦丁. 毛杨梅树皮化学成分研究[J]. 食品工业科技,2010,31(11):98-100.

[18] 周志宏,杨崇仁. 矮杨梅鲜叶的酚性化学成分[J]. 云南植物研究,2000,22(2):219-224.

[19] MIEAN K H,SUHAILA M. Flavonoid(Myricetin,Quercetin,Kaempferol, Luteolin,and Apigenin)content of edible tropical plants[J]. Agric Food Chem,2001,49:3106-3112.

[20] SULTANA B,ANWAR F. Flavonols(kaempferol, quercetin, myricetin) contents of selected fruits, vegetables and medicinal plants[J]. Food Chemistry,2008,108(3):879-884.

[21] 侯柏玲,李占林,李锐. 苦马豆根和茎中黄酮类化学成分的研究[J]. 实用药物与临床,2005,8(1):46-47.

[22] 杨国勋. 红花锦鸡儿抗 HIV 化学成分的研究[D]. 上海:复旦大学,2004.

[23] 曹延怀,黄远征,丁立生. 草红藤中的黄酮成分[J]. 中国中药杂志,2000,25(5):290-291.

[24] 庄俊钰,李泮生,王三永. 罗望子壳降血糖活性化学成分的研究[J]. 现代食品科技,2011,27(7):773-776.

[25] 刘永隆,傅丰永,谢晶曦,等. 满山红化学成分的研究(第1报)[J]. 化学学报,1976,34(3):210-221.

[26] 张钰. 藏产鳞腺杜鹃化学成分的研究[D]. 成都:西南交通大学,2012.

[27] 周先礼,秦长红,梅莹,等. 髯花杜鹃叶的化学成分研究[J]. 中草药,2010,41(2):206-208.

[28] 吴奶珠,黄帅,王友松,等. 藏药櫻草杜鹃的黄酮类成分研究[J]. 中草药,2011,42(7):1279-1281.

[29] 王生新,纪兰菊,伊甫中,等. 头花杜鹃的化学成分[J]. 植物学报,1984,26(1):71-75.

[30] 杨桂霞,范海林,郑毅男,等. 笃斯越橘果实中黄酮类化合物的分离鉴定[J]. 吉林农业大学学报,2006,27(6):643-644.

[31] 王慧,黄聪,刘思源,等. HPLC 测定刺梨中杨梅素和槲皮素的含量[J]. 中国实验方剂学杂志,2013,19(1):109-111.

[32] 冯涛,陈学森,张艳敏,等. 新疆野苹果叶片抗氧化能力及多酚组分的研究[J]. 中国农业科学,2008,41(8):2386-2391.

[33] 张晓,彭树林,王明奎,等. 聚花过路黄化学成分的研究[J]. 药学报,1999,34(11):835-838.

[34] 李胜华,向秋玲. 狭叶落地梅的化学成分研究[J]. 中草药,2010(6):881-883.

[35] 曲功霖,欧阳捷,孔德云,等. 蒙药胭脂花的化学成分研究[J]. 中草药,2007,38(9):1308-1310.

[36] 韦京豫,徐静,郭长江,等. 北京市售 30 种蔬菜中类黄酮物质含量分析[J]. 中国食品卫生杂志,2009,21(5):415-417.

[37] 倪慧艳,张朝晖. 文冠木化学成分研究[J]. 中药材,2009,32(5):702-704.

[38] MATIĆ S,STANIĆ S,BOGOJEVIĆ D,et al. Methanol extract from the stem of *Cotinus coggygia* Scop., and its major bioactive phytochemical constituent myricetin modulate pyrogallol-induced DNA damage and liver injury[J]. Mutation Research Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis,2013,755(2):81-89.

[39] 胡彦君,刘桑,王定勇. 芒果叶的化学成分研究[J]. 亚太传统医药,2010,6(2):18-19.

[40] 赵利琴,张小平,张朝凤. 木藤蓼化学成分分离鉴定[J]. 食品科学,2012,33(7):1-5.

[41] 程新萍,陈晟,田棣,等. 荞麦七化学成分研究[J]. 中药材,2011(11):1727-1730.

[42] 沈兆邦,徐建平. 柠檬桉叶化学成分研究(二报)——黄酮类化合物的分离鉴定[J]. 林产化学与工业,1987,7(2):28-33.

[43] 陈明生,刘布玛,林霄,等. 岗松中杨梅素的含量测定[J]. 时珍国医国药,2010,21(11):2771.

[44] 杨莉,陈海霞,高文远. 泽漆化学成分及其体外抗肿瘤活性研究[J]. 天然产物研究与开发,2008,20(4):575-577.

[45] CIMANGA K,YING L,BRUYNE T,et al. Radical scavenging and xanthine oxidase inhibitory activity of phenolic compounds from *Bridelia ferruginea* stem bark[J]. Journal of Pharmacy and Pharmacology,2001,53(5):757-761.

[46] 金鸣,王玉芹,李家实,等. 红花中黄酮醇类成分的分离和鉴定[J]. 中草药,2003,34(4):306-307.

[47] SUSPLUGAS P. Study of the chemical composition of chestnut tree *Castanea vulgaris* Lamk. (Cupuliferae) leaves[J]. Plan Med et. Phytotherapie,1978,12:31-35.

[48] LIN LIE-CHW ENN,CHOU CHENG-JEN. Flavonoids and phenolics from *Limonium sinense* [J]. Planta Medica,2000,66(4):382-383.

[49] 叶冠,范明松,黄成钢. 黄花矶松中的酚性化学成分[J]. 天然产物研究与开发,2005,17(5):583-584.

[50] 岳建民,林中文,孙汉萱,等. 架棚化学成分的研究[J]. 云南植物研究,1994,16(1):81-84.

[51] 钱景时,张彬锋,王玮,等. 冬青叶兔唇花化学成分研究[J]. 中草药,2012,43(5):869-872.

[52] 曹延怀,黄远征,丁立生. 草红藤中的黄酮成分[J]. 中国中药杂志,2000,25(5):290-291.

[53] 刘祖生,徐月荣,梁月荣,等. 苦丁茶化学成分研究-黄酮类化合物的 HPLC 分离鉴定[J]. 浙江大学学报:农业与生命科学版,1992,18(S1):66-69.

[54] 杨涛,段承俐,杨生超,等. 大麦籽粒中 4 种主要黄酮类化合物的 HPLC 测定方法研究[J]. 麦类作物学报,2009,29(4):618-622.

[55] 游璐茜,吴振,赵玉芬. 榧木中槲皮素,山奈酚和杨梅素含量的高效液相色谱法测定[J]. 化学通报,2009(10):896-900.

[56] 赖先银,赵玉英,梁鸿. 黄蜀葵花化学成分的研究[J]. 中国中药杂志,2006,31(19):1597-1600.

[57] 于志斌,杨广义,吴霞,等. 救心草的化学成分研究[J]. 天然产物研究与开发,2007,19(1):67-69.

[58] 黄迪惠. 莲子壳黄酮的分离纯化,结构及抗氧化活性研究[D]. 武汉:华中农业大学,2009.

[59] 梁永锋. 甘青老鹳草化学成分研究[J]. 中药材,2009,31(12):1825-1827.

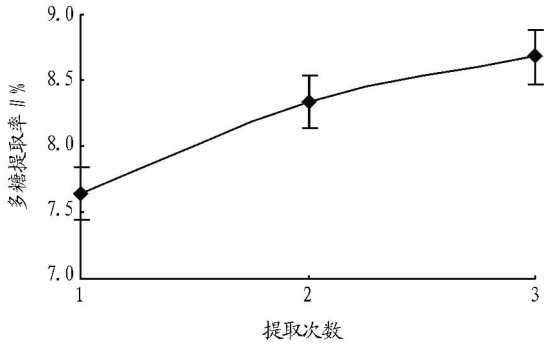


图5 浸提次数对多糖提取效果的影响

表1 菌株体多糖提取正交试验因素与水平设计

水平	因素			
	浸提时间	料液比	浸提温度	乙醇浓度
	(A) //h	(B) //g/ml	(C) //℃	(D) //%
1	1.5	1:10	70	65
2	2.0	1:15	80	70
3	2.5	1:20	90	75

为 $A > C > B > D$, 即浸提时间对多糖提取率的影响最大, 乙醇浓度的影响最小。猴头菌菌丝体多糖提取的最优组合为 $A_2B_2C_2D_3$, 提取工艺参数为: 浸提温度 $80\text{ }^{\circ}\text{C}$, 浸提时间 2.0 h , 料液比为 $1:15\text{ g/ml}$, 乙醇沉淀多糖时终浓度为 75% , 浸提次数为 2 次, 此时多糖的提取率可达到 8.87% 。

3 结论

试验得出, 猴头菌多糖最佳的提取工艺参数为: 浸提温度 $80\text{ }^{\circ}\text{C}$, 浸提时间 2.0 h , 料液比为 $1:15\text{ g/ml}$, 乙醇沉淀多糖时终浓度为 75% , 浸提次数为 2 次, 在此条件下, 多糖的提取

率可高达 8.87% 。

表2 菌株体多糖提取正交试验结果

试验号	因素				多糖提取率 %
	浸提时间	料液比	浸提温度	乙醇浓度	
	(A) //h	(B) //g/ml	(C) //℃	(D) //%	
1	1.5	1:10	70	65	7.42
2	1.5	1:15	80	70	8.19
3	1.5	1:20	90	75	6.57
4	2.0	1:10	90	70	7.68
5	2.0	1:15	70	75	8.52
6	2.0	1:20	80	65	8.61
7	2.5	1:10	80	75	7.72
8	2.5	1:15	90	70	6.87
9	2.5	1:20	70	65	6.64
k_1	7.39	7.61	7.52	7.56	
k_2	8.27	7.86	8.17	7.58	
k_3	7.08	7.27	7.04	7.60	
R	1.19	0.59	1.13	0.04	

参考文献

- [1] 苗晓燕, 朱维红, 陈梅香, 等. 猴头菌丝体多糖提取工艺比较研究[J]. 食品研究与开发, 2013, 34(6): 30-33.
- [2] 肖丽霞, 于洪涛, 胡晓松, 等. 猴头菇多糖的纯化工艺[J]. 食品科学, 2011, 32(24): 186-190.
- [3] 吴志明, 李公斌, 辛秀兰, 等. 猴头菇多糖的提取工艺[J]. 食品研究与开发, 2011, 32(7): 36-38.
- [4] 孙靖轩, 王延锋, 王金贺, 等. 食用菌多糖提取技术研究概况[J]. 中国食用菌, 2012, 31(3): 6-9.
- [5] 彭川丛, 孔静, 游丽君, 等. 超声波辅助热水浸提香菇多糖响应面优化工艺及其抗氧化活性的研究[J]. 现代食品科技, 2011, 27(4): 452-456.
- [6] 王超, 蒋璇, 彭杰, 等. 香菇粗多糖提取工艺的研究[J]. 江苏科技大学学报: 自然科学版, 2013, 27(1): 85-88.
- [7] 贾颖颖, 李永裕, 陈建烟, 等. 橄榄多糖提取工艺研究[J]. 中国农学通报, 2012, 28(9): 276-280.
- [8] 魏秀娟, 向发椿, 崔明筠, 等. 铁苋菜多糖提取工艺优化[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(34): 16548-16551.

(上接第 4783 页)

[60] 沙美, 丁林生. 枳椇子的化学成分研究[J]. 中国药科大学学报, 2001, 32(6): 418.

[61] 高慧媛, 吴立军, 尹凯, 等. 中药黄独的化学成分研究[J]. 沈阳药科大学学报, 2001, 18(6): 414-416.

[62] 郑向炜, 张灿奎, 郑庆安, 等. 水青树茎皮的化学成分研究[J]. 植物科学学报, 2000, 18(6): 536-538.

[63] 石晓峰, 刘东彦, 李爽, 等. RP-HPLC 法同时测定雪松松针中杨梅素、槲皮素和山柰酚的含量[J]. 药物分析杂志, 2012, 32(9): 1550-1553.

[64] 韩立芹, 姜盼, 金沙, 等. 早柳叶中三种黄酮类成分及水杨苷含量的高效液相色谱法测定[J]. 时珍国医国药, 2012, 23(2): 396-398.

[65] IURLINA M O, SAIZ A I, FRITZ R, et al. Major flavonoids of Argentinean honeys. Optimisation of the extraction method and analysis of their content in relationship to the geographical source of honeys[J]. Food Chemistry, 2009, 115(3): 1141-1149.

[66] TSANOVA-SAVOVA S, RIBAROVA F. Free and conjugated myricetin, quercetin, and kaempferol in Bulgarian red wines[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2002, 15(6): 639-645.

[67] 徐东翔. 植物资源化学[M]. 长沙: 湖南科学技术出版社, 2004: 82-92.

[68] 陶锋, 李向荣, 占洁. 黄酮醇类化合物提取分离方法的研究进展[J]. 中药材, 2008, 31(10): 1586-1588.

[69] ROGERIO A P, KANASHIRO A, FONTANARI C, et al. Anti-inflammatory activity of quercetin and isoquercitrin in experimental murine allergic asthma[J]. Inflammation Research, 2007, 56(10): 402-408.

[70] 姜仕先, 董乃维, 张婧, 等. 藤茶中杨梅素和二氢杨梅素的分离及抗心肌细胞凋亡作用[J]. 哈尔滨医科大学学报, 2008, 42(1): 4-6.

[71] 陈缦光, 王玫馨, 蔡沛洋, 等. 无刺根中蛇葡萄素和杨梅素的含量测定[J]. 中药材, 1997, 20(1): 23-25.

[72] 张纪宁, 欧阳艳. 黄酮类化合物的提取工艺研究进展[J]. 伊犁师范学院学报, 2008, 6(2): 27-30.

[73] 魏红福, 王志江. 杨梅素的提取工艺研究[J]. 广东微量元素科学, 2009, 16(7): 63-66.

[74] 邓丹雯, 杨佩, 吕建奎, 等. 杨梅素提取工艺优化[J]. 食品与发酵工业, 2013(3): 210-215.

[75] 王定勇, 刘恩桂, 冯玉静. 聚花过路黄化学成分研究[J]. 亚热带植物科学, 2007, 36(2): 19-21.

[76] 覃洁萍, 许学键, 李剑江. 广西瑶族藤茶化学成份的研究[J]. 天然产物研究与开发, 1997, 9(4): 41-43.

[77] PANIWNKY L, BEAUFOY E, LORIMER J P, et al. The extraction of rutin from flower buds of Sophora japonica[J]. Ultrasonics Sonochemistry, 2001, 8(3): 299-301.

[78] 程海燕. 杨梅中黄酮类化合物的分离、鉴定及其核仁油脂的提取分析[D]. 武汉: 华中农业大学, 2009.

[79] 张明生, 张妮, 何磊磊, 等. 江口县显齿蛇葡萄中二氢杨梅素和杨梅素含量分析[J]. 广东农业科学, 2012(15): 124-126.

[80] 何桂霞, 裴刚, 周天达, 等. 瑶族藤茶中杨梅素的分离与结构鉴定[J]. 中国民族医药杂志, 2000 6(1): 40-41.

[81] 王定勇, 刘恩桂, 冯玉静. 杨梅树皮中黄酮类成分研究[J]. 时珍国医国药, 2008, 19(5): 1149-1150.

[82] VERCRIJSSE S A R, DELCOUR J A, DONDEYNE P. Isolation of quercetin, myricetin, and their respective dihydro-compounds by Sephadex LH-20 chromatography[J]. Journal of Chromatography A, 1985, 324: 495-497.

[83] 张友胜, 施英, 徐玉娟, 等. 利用高速逆流色谱法同时纯化藤茶中的二氢杨梅素和杨梅素[J]. 现代化工, 2008, 28(3): 44-46.

[84] LI X, KIM Y B, KIM Y, et al. Differential stress-response expression of two flavonol synthase genes and accumulation of flavonols in tartary buckwheat[J]. Journal of Plant Physiology, 2013, 170(18): 1630-1636.

[85] 夏立. 由橙皮苷半合成生物活性黄酮醇及新型糖缀合物合成研究[D]. 长沙: 湖南大学, 2012.