

# 茄科药用植物中多糖成分提取及药理作用的研究进展<sup>△</sup>

黄越燕\*, 潘琳琳, 周吉芳(嘉兴学院医学院, 浙江 嘉兴 314001)

中图分类号 R284.2 文献标志码 A 文章编号 1001-0408(2015)28-3989-04

DOI 10.6039/j.issn.1001-0408.2015.28.33

**摘要** 目的:为深入研究茄科药用植物的多糖类化合物提供理论基础。方法:以“茄科”“枸杞”“多糖成分”“提取”“药理作用”等为关键词,组合检索2007年1月—2015年3月中国知网、万方、维普数据库中的相关文献,简述各种茄科药用植物中多糖类化合物的提取分离、药理作用研究进展。结果:共检索到相关文献87条,其中有效文献45条。多糖类化合物提取分离方法有水提醇沉法、碱提法、酶解法、超声波辅助提取法、微波辅助提取法、闪式提取法、复合法等;其在抗肿瘤、免疫调节、保肝、抗氧化、抗衰老、降血糖、生殖保护等方面都有药理作用。结论:茄科药用植物中多糖成分的药理活性广泛,建议加强对多糖成分的分离纯化及化学结构研究,并对单一组分多糖进行药理活性和作用机制研究。

**关键词** 茄科;多糖;提取方法;药理作用;研究进展

通过化学合成研发新药往往代价昂贵,且不良反应多,因此,以中药为代表的天然药物资源成了新药研发的重要补充手段,传统中医药学理论也为从天然药物中开发提取有效活性物质指明了方向。茄科植物广泛分布于温热地区,是药用植物资源中历史较早、种类较多的科属<sup>[1]</sup>。该科常见品种包括枸杞、龙葵、颠茄、白英、天仙子、山莨菪、曼陀罗、洋金花等,均为传统中药材资源,且茄科的酸浆、旋花茄、夜来香、乳茄、红丝线、龙珠、烟草等也可作一定药用<sup>[2]</sup>。茄科药用植物在清热解毒、祛风除湿、解痉止痛、止咳平喘等方面有一定临床疗效<sup>[3]</sup>,其化学成分包括生物碱、多糖、黄酮及其苷类、皂苷、挥发油、有机酸及其衍生物等<sup>[2]</sup>。研究表明,龙葵多糖、枸杞多糖(LBP)等多糖类成分在抗肿瘤、免疫调节等方面具有较好药理活性和潜在应用价值,正日益受到重视<sup>[4-5]</sup>。故笔者以“茄科”“枸杞”“多糖成分”“提取”“药理作用”等为关键词,组合检索2007年1月—2015年3月中国知网、万方、维普数据库中的相关文献。结果得到相关文献87条,对其中45条有效文献分析总结后,就茄科药用植物中多糖类化合物在提取分离方法及药理作用两个方面的研究进展作一综述,以期对茄科植物多糖类成分进一步研究及茄科药用植物资源的有效开发利用提供参考。

## 1 提取分离方法

### 1.1 水提醇沉法

根据“相似相溶”原理,对多糖这类极性大分子化合物,水是较好的提取媒介,再向水提液中加入高浓度乙醇可使多糖沉淀分离。因此,水提醇沉法是植物多糖最常用的提取方法,该法简单方便、成本低、无污染,但缺点是提取温度高、耗时长、效率低。王林江等<sup>[6]</sup>采用水提醇沉法从白英中提取多糖,采用苯酚-硫酸法测定了3个产地白英的多糖含量。张文杰等<sup>[7]</sup>设计L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>)正交试验,以提取温度、溶剂用量、提取次数和时间

为因素,以多糖含量为指标确定天仙子多糖的最佳提取工艺为100℃、加水10倍量回流提取3次、每次1h,此工艺下多糖含量为2.201%。常建红等<sup>[8]</sup>先采用热水提取LBP,工艺为温度100℃、pH 11.0、料液比1:2、提取时间2h;再以二乙基氨基乙基-葡聚糖A-50柱层析得到纯度较高的LBP,并采用Sevag法[氯仿-正丁醇(4:1)]与酶法联用纯化,先加0.1%木瓜蛋白酶、pH 6.5、50℃下酶解2h,后以Sevag法脱蛋白1次,醇沉烘干得脱蛋白LBP,脱蛋白率达86.8%。江培等<sup>[9]</sup>采用水提醇沉法提取洋金花多糖,以苯酚-硫酸法测定洋金花多糖含量,并进行效能指标认证。结果显示,测定平均回收率为99.41%。王萍等<sup>[10]</sup>采用水提醇沉法提取毛酸浆多糖,以提取温度、提取时间、料液比和提取次数作为单因素考察,再通过正交试验得到毛酸浆多糖的最佳提取条件为提取温度100℃、时间3h、料液比1:20,此工艺条件下毛酸浆多糖得率为5.38%。

### 1.2 碱提法

碱提法的原理是利用碱液破坏植物细胞壁及细胞膜的完整性,使其通透性提高,以利于酸性多糖的浸出。常用碱液有0.1~1 mol/L NaOH、KOH、CaO、Ca(OH)<sub>2</sub>等。但碱提取后的液体需中和,程序较繁琐,仅适用于特定类型的多糖,如LBP、灵芝多糖等。杨瑞欣<sup>[11]</sup>在传统水提取基础上研究更优的提取LBP的方法,分析了浸提温度、浸提液pH、液料比和提取时间等因素对LBP得率的影响。确定了碱液提取最优工艺为液料比70:1、pH 10.0、温度65℃、浸提时间3.5h,此时LBP得率达7.46%,比传统水提工艺提高了1.59%。碱提法提取效率高,但碱液浓度对多糖稳定性有影响<sup>[12]</sup>,有些多糖在碱性较强时会水解。因此提取过程应控制碱液浓度不宜过高,提取液应迅速中和或透析,常通以氮气或加入硼氢化钠以防止多糖水解而造成多糖得率下降<sup>[13]</sup>。

### 1.3 超声波辅助提取法

超声波辅助提取是利用超声波的空化作用及其次级效应,如机械振动、乳化、扩散和击碎等,在植物细胞周围形成微流,同时在细胞内形成胞内环流,使细胞受到严重破坏,提高细胞膜和细胞壁的通透性,达到加快细胞释放多糖、缩短提取时间和提高多糖提取率的目的<sup>[14]</sup>。超声提取在常压、室温下操

△基金项目:浙江省教育厅科研项目(No.Y201431468);嘉兴市科技局科技计划项目(No.2009AY2067);嘉兴学院2014年度校级SRT项目(No.117)

\*副教授,硕士。研究方向:中药药理学。电话:0573-83643848。E-mail:hyllinda@163.com

作,简便安全、提取率高、有效成分损失少,缺点是可能导致可溶性多糖降解。舒俊生等<sup>[15]</sup>采用超声辅助提取法对烟叶多糖进行提取。结果,上中下部烟叶粗多糖含量分别为10.13%、7.36%、7.18%,并通过离子色谱法分析发现烟叶多糖主要由阿拉伯糖、半乳糖、葡萄糖和果糖组成。许春平等<sup>[16]</sup>通过单因素试验和正交试验对低次烟叶多糖提取工艺进行了优化,得到最佳提取条件为超声波功率600 W、提取时间4 min、料液比1:25、温度60℃,此工艺条件下多糖得率为2.56%。孙汉文等<sup>[17]</sup>建立以超声波辅助水提取LBP的工艺,设计单因素和正交试验考察了提取温度、时间、次数及料液比的影响。结果显示料液比对提取率影响最大,温度影响最小,超声提取以室温为宜;超声20 min、料液比1:3、提取4次时LBP收率可达10%。

#### 1.4 微波辅助提取法

微波提取作为天然植物有效成分提取的新技术,其原理是利用高频电磁波穿透萃取剂达到细胞内部,由于溶剂及细胞液吸收能量,使细胞内部温度升高、压力增大,从而使细胞壁破裂,位于细胞内部的有效成分则从细胞中释放出来,被溶剂溶解<sup>[18]</sup>。该法具有穿透力强、加热效率高、升温快而均匀、萃取时间显著缩短、提取效率高、安全无污染等优越性。但有研究认为,微波提取得到的多糖在单糖组成上有一定差异性<sup>[19]</sup>。邱志敏等<sup>[20]</sup>利用响应面法优化LBP的微波辅助水提取工艺。确定最佳提取工艺为微波功率300 W、微波时间1.8 min、液料比26:1,枸杞粗多糖得率可以达到9.57%。王月因等<sup>[21]</sup>采用单因素和正交试验研究LBP提取工艺,比较了料液比、微波功率、微波时间、提取次数等因素对提取率的影响。结果表明,微波提取最佳条件为微波功率料液比1:30、微波功率480 W、微波时间20 min、提取2次,此条件下多糖提取率接近40%,且该法提取LBP优于热水浸提法。于开源等<sup>[22]</sup>研究了微波功率、提取时间及料液比对脱脂酸浆籽中多糖提取率的影响,以多糖提取率为响应值确定优化条件为料液比1:12、微波功率610 W、微波时间83 s,多糖提取率达5.57%。

#### 1.5 酶解法

酶解法是利用酶水解植物纤维素,使细胞壁破裂释放壁内的多糖,从而实现快速高效提取<sup>[14]</sup>。常用的酶有蛋白酶、纤维素酶、果胶酶等。酶解法提取多糖虽选择性高、多糖活性高、易除杂质,但成本较高、条件苛刻、酶容易失活,因此限制了其在大规模工业化中的应用。汪焕林等<sup>[23]</sup>以LBP得率为指标,用单因素和正交试验对料液比、提取时间、提取温度和酶质量分数等因素进行考察,确定LBP最佳提取工艺为50℃、料液比1:20、提取时间20 min、酶质量分数0.5%,此时多糖得率为2.95%。于翠芳等<sup>[24]</sup>利用复合酶法提取LBP的工艺,采用响应曲面法分析了酶解温度、酶解时间、加酶量对LBP的提取率的影响。结果表明,采用复合酶[蛋白酶-纤维素酶-果胶酶(1:1:1)]提取LBP的最佳条件为酶解温度51℃、酶解时间60 min、加酶量0.32%,LBP提取率为13.96%;与单一酶法相比提取率差异不大,但提取速度提高约50%。

#### 1.6 复合法

将多种方法结合提取多糖,能大大加速多糖的溶出,通过工艺优化达到最优的提取效果。较常使用的如微波-酶法、微

波-超声联用提取等。王启为等<sup>[25]</sup>对微波联合纤维素酶法提取LBP进行研究,确定最佳工艺条件为微波功率450 W、微波时间6 min、物料80目、液料比25:1(ml/g)、纤维素酶用量1.5%、酶解温度50℃、酶解时间60 min、体系pH值4.8,此时LBP得率为13.2%。周丹红等<sup>[26]</sup>利用微波-超声波辅助提取LBP,采用正交试验考察料液比、提取温度、微波和超声波功率、提取时间等对LBP提取效率的影响。结果显示,最佳提取工艺为料液比1:10、提取温度100℃、微波功率300 W、提取时间6 min、超声处理20 min、超声功率300 W、温度70℃。任雪峰等<sup>[27]</sup>研究了酶解超声协同提取茄蒂多糖条件,在pH为5、50℃水浴温度下用1%纤维素酶酶解30 min,采用响应面法优化超声提取条件。结果表明,茄蒂多糖最佳提取条件为料液比1:36(g/ml)、超声时间22 min、超声温度68℃,此条件下多糖得率为5.49%。

#### 1.7 闪式提取法

闪式提取是利用高速机械剪切力和搅拌力,迅速破坏植物细胞组织,使细胞内部的有效成分与溶剂充分接触而快速溶解转移,从而实现有效成分的高效提取,具有提取快速、不需要加热、有效成分损失小的特点<sup>[28]</sup>。黄越燕等<sup>[28]</sup>采用总多糖提取量和浸膏得率为综合评价指标,采用L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>)正交试验考察提取电压、提取时间、提取次数、料液比等因素。结果表明,龙葵总多糖的闪式提取最佳工艺为加30倍量水、电压80 V、提取2次、每次2 min,总多糖提取量为4.585 mg/g。李娇等<sup>[29]</sup>比较研究了水提法、超声法和闪式法提取铁皮石斛多糖的效果,并用正交试验对工艺条件进行了优化。结果显示,闪式提取最优条件为固液比1:15、闪提时间2 min、转速4 000 r/min,此时多糖提取率为24.05%,耗时仅为2 min。与传统水提法和超声法比较,闪式提取具有明显优越性。

## 2 药理作用

近年来茄科药用植物在临床应用广泛,其多糖类化合物药理作用的研究主要有抗肿瘤、免疫调节、抗氧化和抗衰老、降糖、生殖保护等几个方面。

### 2.1 抗肿瘤和免疫调节作用

李健等<sup>[30]</sup>研究了龙葵多糖对U14荷瘤模型小鼠生长的抑制及对荷瘤小鼠的免疫调节作用。采取MTT法检测龙葵多糖体外对U14细胞增殖的影响;建立U14宫颈癌腹水瘤模型,观察给药对肿瘤的抑制作用和对荷瘤小鼠存活时间的影响;用酶联接免疫吸附法检测荷瘤小鼠血清的细胞因子水平。结果表明,180 mg/kg的龙葵多糖对宫颈癌U14生长抑制率达53.68%,并能显著延长荷瘤小鼠生命周期,可增加荷瘤小鼠血清γ干扰素水平,降低白细胞介素(IL)44水平,推测该多糖可能通过激活机体内免疫系统的活动,调节细胞因子分泌而发挥抗肿瘤作用。张杰等<sup>[31]</sup>采用不同浓度的白毛藤多糖作用于胰腺癌细胞,检测肿瘤细胞凋亡率及半胱氨酸天冬氨酸蛋白酶3(Caspase-3)的表达。结果表明,白毛藤中多糖成分可以抑制胰腺癌细胞增殖,其抗癌机制可能是通过活化Caspase-3途径来诱导肿瘤细胞凋亡。LBP被认为是茄科植物枸杞的重要活性成分,其抗肿瘤作用及免疫调节作用得到较多研究的证实,其对于肝癌、宫颈癌、前列腺癌、卵巢癌、大肠癌、食管癌、

血癌、肺癌等方面均具有一定的抗肿瘤活性<sup>[32]</sup>。LBP能作用于免疫活性细胞如T细胞、B细胞等,发挥细胞和体液的免疫功能,或降低肿瘤免疫抑制因子血管内皮生长因子(VEGF)、转化生长因子61(TGF-61)的分泌,达到抑制肿瘤的作用<sup>[33]</sup>。

## 2.2 保肝作用

章培军等<sup>[34]</sup>研究了LBP对四氯化碳(CCl<sub>4</sub>)所致小鼠急性肝损伤、小鼠血清中IL-6和IL-8水平的影响,并采集肝组织病理样品进行病理学观察。结果显示,LBP能显著防止CCl<sub>4</sub>引起的小鼠血清中丙氨酸氨基转移酶(ALT)的升高,且药物存在量效关系,还可降低CCl<sub>4</sub>引起的小鼠血清IL-6、IL-8水平升高;病理学镜检结果表明,LBP可明显减轻CCl<sub>4</sub>对肝组织的损伤。实验证实了LBP具有良好护肝作用,其机制可能与降低小鼠血清ALT、IL-6、IL-8的水平有关。秦树森等<sup>[35]</sup>采用CCl<sub>4</sub>诱导大鼠急性肝损伤模型,观察了红丝线多糖对模型大鼠血清中ALT、天冬氨酸氨基转移酶(AST)、丙二醛(MDA)及超氧化物歧化酶(SOD)水平的影响。结果表明,红丝线多糖可抑制急性肝损伤大鼠血清中ALT、AST的活性,降低MDA的水平,升高SOD的水平。可见,红丝线多糖对CCl<sub>4</sub>致大鼠急性肝损伤具有较好的保护作用。

## 2.3 抗氧化和抗衰老作用

茄科植物多糖的抗氧化和抗衰老作用被广泛研究,其中对LBP的研究较多。邵鸿娥等<sup>[36]</sup>通过小鼠游泳耐疲劳实验研究了LBP对小鼠耐力和血清中SOD活性、MDA含量的影响,进而探讨LBP的抗衰老作用机制。结果显示,50、100 mg/kg剂量的LBP均可显著延长小鼠耐力游泳时间(分别提高12.32%、1.23%),提高抗疲劳能力,小鼠血清中SOD活性明显升高、MDA含量明显降低。龚涛等<sup>[37]</sup>研究了枸杞粗多糖在小鼠体内的抗氧化作用,发现100、200、400 mg/kg剂量的枸杞粗多糖能显著提高D-半乳糖衰老模型小鼠血清、肝脏及脑组织中SOD活性,降低MDA含量,能显著提高正常小鼠常压耐缺氧能力和游泳抗疲劳能力,小鼠的脾指数和胸腺指数也得到显著提高。结果表明,枸杞粗多糖能促进提高小鼠的机体免疫水平,具有显著的抗氧化、抗衰老作用。许春平等<sup>[38]</sup>研究了低次烟叶多糖的生物活性,发现其具有较强的抗氧化活性和自由基清除能力。刘鹏举等<sup>[38]</sup>从酸浆中提取水溶性粗多糖,经体外实验表明酸浆多糖对羟基自由基及超氧阴离子自由基均具有清除功能。

## 2.4 降血糖作用

李晓冰等<sup>[39]</sup>探讨了LBP对糖尿病大鼠血糖水平及机体免疫功能的影响。通过尾iv给予链脲佐菌素复制糖尿病大鼠模型,经给药干预比较大鼠血糖水平、脾脏指数、胸腺指数、脾淋巴细胞刺激指数及外周血T淋巴细胞亚群水平。结果显示,第2、4周多糖组大鼠血糖水平均较模型组降低,胸腺指数、脾淋巴细胞刺激指数及CD3、CD4及CD4/CD8值均较模型组升高,CD8值较模型组降低,表明LBP能较好地调节血糖水平,其作用与改善糖尿病大鼠免疫功能低下有关。宗灿华等<sup>[40]</sup>观察了LBP对2型糖尿病(2-DM)大鼠胰岛素抵抗及肾周脂肪组织脂联素基因mRNA表达的影响。实验选用高脂饲料加小剂量链脲佐菌素建立2-DM大鼠模型,ig给药8周后,采用逆转

录-聚合酶链反应法检测肾周白色脂肪组织脂联素基因mRNA水平,并测定空腹血糖(FBG)、血清胰岛素(FINS)和血脂的含量,计算胰岛素抵抗指数(IRI)。结果,LBP组2-DM大鼠肾周脂肪组织脂联素基因mRNA表达明显升高,FBG、FINS、IRI、总胆固醇、三酰甘油、低密度脂蛋白水平明显降低。这表明LBP可通过增加脂联素基因mRNA表达,改善2-DM大鼠脂代谢紊乱,降低胰岛素抵抗,从而实现降血糖作用。

## 2.5 生殖保护作用

曹池等<sup>[41]</sup>研究了早期低剂量接触氯化甲基汞(MMC)对大鼠生殖生长发育的影响及LBP的早期干预作用。实验将健康7日龄大鼠经颈部sc给予MMC,自然观察大鼠体质量、发育、生殖繁育能力及子代仔鼠早期生长发育和存活状况,并将已孕母鼠哺乳期仔鼠染毒,观察母鼠产仔情况。结果显示,MMC染毒大鼠毛色萎缩、精神状态倦怠、食欲不振、生长较缓慢,未产仔或产仔的产死率高、或产畸胎,仔鼠出生体质量异常,染毒仔鼠影响其已孕母鼠再次生育;而使用LBP干预可抑制MMC对大鼠引起的生殖发育毒性。

## 2.6 其他作用

现代药理研究表明龙葵多糖具有抗炎、抗过敏、抗菌、解热镇痛、镇静、杀虫活性等药理作用<sup>[42-43]</sup>。LBP还具有明目、防治青光眼、防治白内障、抗溃疡等作用<sup>[44-45]</sup>。

## 3 结语

茄科植物多糖成分的提取方法在传统热水提取、碱水提取、酶法提取的基础上,逐渐应用到超声波、微波辅助、闪式提取等新方法,大大提高了多糖的提取效率,节约了操作时间。茄科植物多糖的药理作用广泛,体现在抗肿瘤和免疫调节、保肝、抗氧化抗衰老、降血糖、生殖保护等诸多方面。

目前对茄科植物多糖的研究面临的问题主要有:(1)对茄科植物多糖的研究,主要集中在对枸杞、龙葵、酸浆和烟叶多糖的研究,而其他茄科植物如天仙子、白英、刺天茄、颠茄等含生物碱、莨菪碱成分高,对于此类植物多糖的研究还不多。此外,旋花茄、夜来香、乳茄、龙珠多糖成分仍有待进一步研究。(2)提取得到的多糖多为粗品,大多数多糖的化学结构尚未明确,在提取成分中分离出选择性高、广谱的化合物仍是研究的重要内容。

因此,在今后的研究开发中,应更加注重对茄科植物中天仙子、白英、刺天茄、颠茄、旋花茄、夜来香、乳茄、龙珠等多糖成分的研究;并加强茄科植物多糖的分离纯化,用均一的单一组分多糖进行药理活性和作用机理研究;深入研究单体成分的作用机制,加强多糖的化学结构研究。茄科植物种类繁多、分布广泛、多糖含量高、资源丰富,对茄科植物多糖进行广泛深入研究,阐明其生物活性及构效关系,对寻找新药先导化合物,具有医学和经济意义。

## 参考文献

- [1] 邹蓉,韦春强,唐赛春,等.广西茄科外来植物研究[J].亚热带植物科学,2009,38(2):60.
- [2] 付宏伟,万福生,黄春洪.茄科属植物抗肿瘤研究进展[J].实用临床医学,2008,9(8):134.
- [3] 李志文,周宝利,刘翔,等.茄科植物体内糖苷生物碱的生

- 理生态活性研究进展[J].上海农业学报,2011,27(3):129.
- [4] 霍炳杰,常靓.龙葵多糖抗肿瘤生长和转移作用研究进展[J].河北中医,2014,36(8):1249.
- [5] 肖佩玉,万正兰,黄际薇.枸杞多糖对肝癌模型小鼠抗肿瘤机制与免疫功能的影响[J].中国药房,2014,25(43):4046.
- [6] 王林江,雷倩,马双良,等.不同产地白英中多糖含量的测定[J].时珍国医国药,2010,21(9):2176.
- [7] 张文杰,王岩,于昕雯,等.天仙子多糖提取工艺[J].中华中医药学刊,2012,30(3):625.
- [8] 常建红,刘延吉,田晓艳,等.东北枸杞多糖分离纯化及鉴定[J].沈阳农业大学学报,2009,40(5):616.
- [9] 江培,何杏,王金宏,等.洋金花中多糖的含量测定[J].黑龙江医药,2013,26(2):163.
- [10] 王萍,付勇,苗雨,等.毛酸浆果实多糖的提取[J].食品工业科技,2008,29(2):204.
- [11] 杨瑞欣.枸杞多糖提取工艺及抗氧化活性的研究与探讨[J].化学工程与装备,2010,38(9):42.
- [12] 张锦雀,黄丽英,苏聪枚.中草药多糖提取分离纯化研究进展[J].中药材,2008,31(11):1760.
- [13] 陈忱,彭景,孙桂菊,等.枸杞多糖提取工艺的研究进展[J].粮食与食品工业,2013,20(4):54.
- [14] 魏永祥,高希礼.枸杞多糖的研究进展[J].安徽农业科学,2010,38(11):5834.
- [15] 舒俊生,田振峰,陈开波,等.烟叶中多糖的分离及单糖组成[J].食品与机械,2013,29(3):34.
- [16] 许春平,杨琛琛,王铮,等.低次烟叶多糖的提取及生物活性分析[J].烟草科技,2013,26(11):52.
- [17] 孙汉文,刘占锋.枸杞多糖的超声波辅助水提取与分级纯化[J].食品工业科技,2009,30(3):230.
- [18] 黄文书,冯作山,李焕荣,等.微波法提取枸杞多糖工艺研究[J].中国食物与营养,2007,21(8):44.
- [19] 薛丹,黄豆豆,黄光辉,等.植物多糖提取分离纯化的研究进展[J].中药材,2014,37(1):157.
- [20] 邱志敏,芮汉明.微波辅助提取枸杞多糖的工艺优化及其抗氧化性研究[J].食品工业科技,2012,33(7):220.
- [21] 王月囡,辛广,翁霞.两种不同方法提取枸杞多糖的比较研究[J].鞍山师范学院学报,2010,12(4):39.
- [22] 于开源,鞠晓峰,宫春颖.微波辅助提取酸浆籽中多糖方法优化[J].黑龙江八一农垦大学学报,2012,24(5):55.
- [23] 汪焕林,曹长年,汪世昊,等.酶法提取格尔木枸杞中多糖工艺的研究[J].安徽农业科学,2013,41(1):304.
- [24] 于翠芳,朱英莲,王世清.复合酶法提取枸杞多糖工艺[J].食品研究与开发,2014,35(4):40.
- [25] 王启为,晋晓勇,全晓塞,等.微波-纤维素酶法提取枸杞多糖的工艺研究[J].生物学杂志,2013,30(6):95.
- [26] 周丹红,蔡晓咏,王聪,等.微波-超声波辅助提取枸杞中的多糖工艺[J].光谱实验室,2013,30(1):383.
- [27] 任雪峰,李帅,刘军军,等.酶解-超声协同提取茄蒂多糖及抗氧化研究[J].食品工业科技,2014,35(4):246.
- [28] 黄越燕,谭荣德,吴世平.龙葵总多糖的闪式提取工艺优选[J].中国实验方剂学杂志,2015,21(3):17.
- [29] 李娇,荣永海,荣龙.闪式提取铁皮石斛多糖[J].中药材,2013,36(9):1524.
- [30] 李健,韩增胜,李青旺.龙葵多糖抗肿瘤和免疫调节作用的研究[J].安徽农业科学,2008,36(33):14589.
- [31] 张杰,杨旭东,郝晶,等.白毛藤多糖诱导胰腺癌细胞凋亡的研究[J].中国食物与营养,2012,18(12):64.
- [32] 郭培培.枸杞多糖的抗肿瘤作用及其机制研究[J].北京联合大学学报:自然科学版,2011,25(4):26.
- [33] 董淑楠,朱柯蕙,印虹,等.枸杞多糖的理化性质及其免疫调节研究进展[J].中国医药生物技术,2013,8(1):66.
- [34] 章培军,邢雁霞,刘斌钰,等.枸杞多糖对实验性肝损伤保护作用的研究[J].中国药物与临床,2011,11(11):1286.
- [35] 秦树森,刘笑甫,张可锋.红丝线多糖对大鼠急性肝损伤的保护作用[J].华西药学杂志,2010,25(5):559.
- [36] 邵鸿娥,刘斌钰,邢雁霞,等.枸杞多糖对小鼠体内抗氧化酶活性及耐力的影响[J].中国自然医学杂志,2010,12(2):133.
- [37] 龚涛,王晓辉,赵靓,等.枸杞多糖抗氧化作用的研究[J].生物技术,2010,20(1):84.
- [38] 刘鹏举,薛小刚,马镛,等.水溶性酸浆果多糖的提取及清除自由基作用的研究[J].食品科技,2007,32(12):96.
- [39] 李晓冰,陈玉龙,展俊平,等.枸杞多糖对糖尿病大鼠血糖水平及机体免疫功能的影响[J].中国全科医学,2013,16(9):3208.
- [40] 宗灿华,田丽梅.枸杞多糖对2型糖尿病大鼠胰岛素抵抗及脂联素基因表达的影响[J].中国康复理论与实践,2008,14(6):531.
- [41] 曹池,刘香,陈海斌,等.枸杞多糖对新生鼠氯化甲基汞慢暴露染毒致成年期生育能力下降的干预作用[J].世界中医药,2013,8(12):1471.
- [42] 庞永峰,陈培丰.中药龙葵的化学成分及药理毒理研究进展[J].山西中医,2011,27(1):47.
- [43] 吴琼.茄科植物杀虫活性成分研究进展[J].植物医生,2012,25(6):4.
- [44] 王忠忠,鲁晓丽,张自萍.枸杞子明目作用的研究进展[J].中国新药杂志,2013,22(14):1648.
- [45] 张一芳,冯怡,徐德生,等.枸杞多糖抗溃疡活性部位筛选研究[J].中国实验方剂学杂志,2012,18(12):209.

(收稿日期:2015-05-18 修回日期:2015-06-05)

(编辑:林 静)