

# Study and Application of Radix Isatidis Polysaccharide

Nana Bai, Weixing Wang, Qian Li\*, Yehong Guo, Xiaoling Meng, Yuan Chen\*

Department of Cultivation and Identification of Chinese Herbal Medicine/Institute of Chinese Medicinal Materials, Gansu Provincial Key Laboratory of Good Agricultural Productive Technology for Traditional Chinese Medicines, College of Agronomy, Gansu Agricultural University, Lanzhou Gansu  
Email: \*liqian1984@gsau.edu.cn, cygcx1963@163.com

Received: Apr. 21<sup>st</sup>, 2018; accepted: May 14<sup>th</sup>, 2018; published: May 21<sup>st</sup>, 2018

## Abstract

Radix Isatidis is the dry root of the cruciferous plant *Isatis indigotica* Fortune, which is one of the most commonly used traditional medicinal materials in China with the functions of clearing heat and detoxifying, cooling blood and regulating pharynx. Polysaccharide is one of the main active ingredients of Radix Isatidis and has various biological activities such as anti-infection, anti-tumor and immune regulation. Herein, the extraction, separation and purification, analysis and testing, efficacy and utilization of Radix Isatidis polysaccharide, etc. were summarized and reviewed, which would provide guide for the development and use of Radix Isatidis.

## Keywords

Radix Isatidis, Polysaccharide, Extraction and Separation, Content Testing, Utilization

# 板蓝根多糖的研究与应用

白娜娜, 王伟星, 李 欠\*, 郭晔红, 孟小玲, 陈 垣\*

甘肃农业大学农学院, 中草药栽培与鉴定系/中药材研究所, 甘肃省中药材规范化生产技术创新重点实验室, 甘肃 兰州

Email: \*liqian1984@gsau.edu.cn, cygcx1963@163.com

收稿日期: 2018年4月21日; 录用日期: 2018年5月14日; 发布日期: 2018年5月21日

## 摘 要

板蓝根为十字花科植物菘蓝的干燥根, 是我国传统常用大宗药材之一, 具有清热解毒、凉血利咽之功效。

\*通讯作者。

板蓝根含有多种活性成分，多糖为其主要有效成分之一，具有抗感染、抗肿瘤、免疫调节等多种生物活性。现从板蓝根多糖的提取、分离纯化、分析测试、功效及利用等方面进行综述，为板蓝根的开发与利用提供参考依据。

## 关键词

板蓝根，多糖，提取分离，含量测定，利用

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

板蓝根(Radix Isatidis)系我国传统常用中药，始载于《神农本草经》，别名北板蓝根、靛根、靛蓝根、靛青根，十字花科植物菘蓝为其正品原植物，药材为菘蓝的干燥根。本品呈圆柱形，稍扭曲，长 10~20 cm，直径 0.5~1 cm。表面淡灰黄色或淡棕黄色，有纵皱纹及横生皮孔，并有支根或支根痕。可见暗绿色或暗棕色轮状排列的叶柄残基和密集的疣状突起。现代研究也证明，板蓝根具有抑菌、抗病、抗癌、抗炎、镇痛、退热[1]等功效，并且临床上常用于病毒性疾病及细菌性感染疾病的治疗，同时板蓝根的药理活性及有效成分也得到了深入的研究。现今临床上常用于治疗和预防病毒性疾病和细菌性感染疾病，如咽喉肿痛、流行性乙型脑炎、肝炎、腮腺炎、红眼病、流行性感冒、麻疹等春季常见病[2]。

## 2. 有效成分

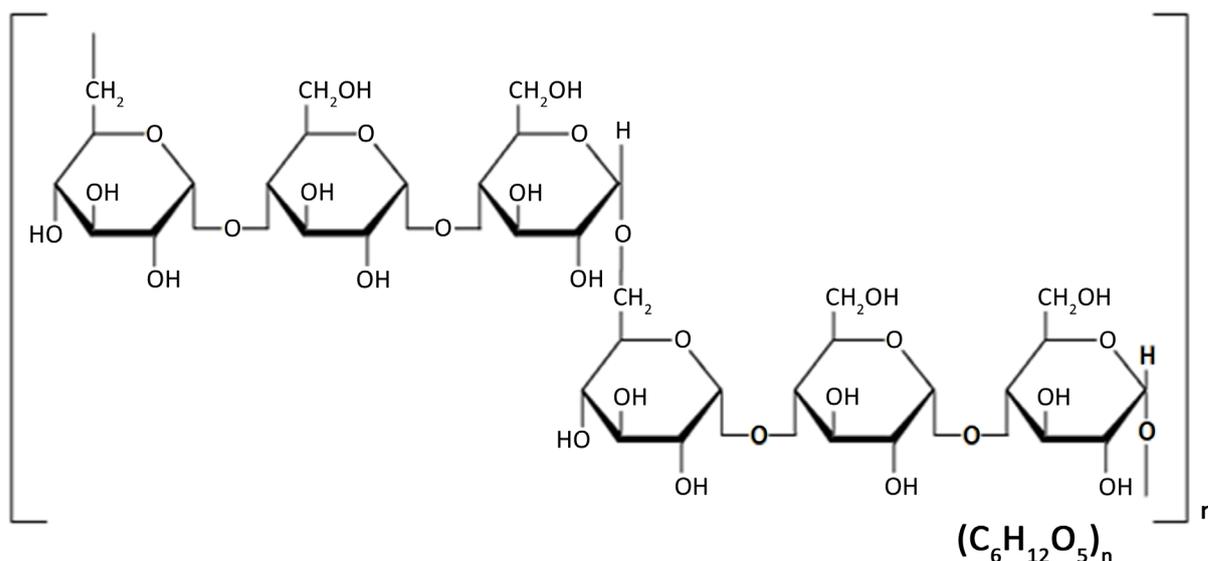
板蓝根化学成分以及药理活性成分的研究目前是一个热点，现阶段从板蓝根提取物分离鉴定出 100 多种化合物，其中包括生物碱类、有机酸类、木脂素类、芥子苷类、核苷类、黄酮类、氨基酸类、甾醇类、含硫类化合物和微量元素[3]，这与其他中药类似，所含成分较为复杂。现就己探明板蓝根化学成分做一概括，见表 1。然而板蓝根的活性物质主要集中在水溶性成分中，其中板蓝根多糖是从板蓝根水浸液中提取出的一种活性多糖，在板蓝根中含量约为 12%，是一种含氨基酸的蛋白多糖，主要由木糖、阿拉伯糖、葡萄糖、鼠李糖、甘露糖和半乳糖组成[4]。板蓝根凝集素是从板蓝根药材中提取的一种外源凝集素，是一类非免疫源的蛋白质，余沛涛等[5]认为板蓝根药材中的凝集素含结合糖，为糖蛋白。

### 2.1. 多糖简介

多糖(polysaccharides, PS)又称多聚糖，由 10 个以上相同或不同的单糖分子通过糖苷键合、脱水形成的多羟基聚合物，来源于高等植物、藻类、菌类及动物体内，根据现有的研究情况可分为植物多糖、细菌多糖、真菌多糖和动物多糖，是自然界含量最丰富的生物聚合物[6]，其结构式如图 1 所示。植物多糖参与细胞的各种生理活动，且具有多种药理作用及生物学功能。随着分子生物学细胞生物学等相关学科及仪器技术的发展，国内外对植物多糖的复合物及化合物的研究也日渐深入。通过对植物多糖的提取分离、脱色纯化、含量测定、组分分析、构效关系、药理作用及生物学功能等研究内容的分析，需要研发、临床及生产经营企业各个阶段人员的共同努力和配合来开发更多与植物多糖相关的产品[7]。

**Table 1.** Main active ingredients and Pharmacological effects of Radix Isatidis**表 1.** 板蓝根的主要有效成分及药理作用

成分类别	代表化合物	药理作用
多糖	板蓝根多糖	提高机体免疫力、抗氧化
	板蓝根凝集素	提高免疫力、抗病毒、降血脂
	靛玉红	抗肿瘤、抗病毒
	靛蓝	保肝、抗病毒
生物碱类	靛红	抑制单胺氧化酶转化
	依靛蓝双酮	清除自由基
	板蓝根二酮 B	抗肿瘤
黄酮类	蒙花苷	抗病毒
	大黄素	
含硫类	告衣春表告衣春	抗流感病毒
	黑芥子苷	
核苷类	腺苷	抗病毒、抗内毒素
氨基酸类	尿苷尿嘧啶	抗凝血(活血化瘀)
	甘氨酸	抗内毒素
	水杨酸苯甲酸	抗内毒素、抗炎
有机酸类	邻氨基苯甲酸	抗内毒素、抗肿瘤
	高级不饱和脂肪酸	抗肿瘤
木脂素类	异落叶松树脂醇	抗病毒

**Figure 1.** Structure of polysaccharides**图 1.** 多糖的结构式

## 2.2. 板蓝根多糖的功效

### 2.2.1. 提高机体免疫力

许益民等[8]研究证明,对正常小鼠腹腔注射板蓝根多糖 50 mg/kg 能明显增加其脾细胞总数和淋巴细

胞数。板蓝根多糖可诱导体内淋巴细胞转化，增强脾细胞中的自然杀伤细胞活性，证明板蓝根多糖主要通过体内免疫系统起作用。糖类作为生命信息的携带者和传递者，在发育、分化、神经系统和免疫系统的维持等方面起着重要作用[9][10][11]。

### 2.2.2. 保护肝脏作用

苏辉[12]等通过大鼠自体肝移植模型模拟移植肝缺血再灌注损伤，观察板蓝根多糖对肝实质功能的影响，结果提示应用板蓝根多糖处理后的肝实质损伤明显降低，表明板蓝根多糖对肝功能及肝细胞损伤具有明显的保护作用。

### 2.2.3. 抗氧化作用

张萍[13]等进行了板蓝根多糖自由基清除实验，结果显示板蓝根多糖具较强的自由基清除能力。

### 2.2.4. 抗病毒作用

左娅[14]等将板蓝根多糖对已感染和未感染流感病毒的小鼠进行腹腔注射，观察小鼠的生存时间、测定小鼠血清中抗体变化及脾细胞 IFN- $\gamma$  水平，证实板蓝根多糖能促进小鼠非特异性免疫、增强体液免疫功能，参与调节细胞免疫，提高小鼠抗流感病毒感染能力，并且可能通过增强机体的非特异性免疫而对流感病毒具有预防作用。

### 2.2.5. 降血脂作用

冯群[15]先于 1993 年初步考查了板蓝根多糖对高脂模型大鼠的降血脂作用。实验结果表明板蓝根多糖具有降血脂作用，且高剂量的板蓝根多糖有明显的降脂作用。

## 3. 多糖的提取方法

### 3.1. 样品预处理

一般来讲，多糖在提取之前，首先要对原料进行粉碎，因为在粉碎的过程中，植株的细胞组织被破坏，在提取时能使提取物尽可能地溶出，提高提取效率。其次对于含脂类成分较多的原料，则需进行脱脂处理，避免脂溶物难于和目标提取物进行分离，同时也可以破坏糖苷酶活性，目前用于脱脂处理的有机溶剂有：石油醚、丙酮、乙醇等[16]。

### 3.2. 提取

多糖的常用提取方法有溶剂提取法、酶解法、超滤法、超声波法、微波法、超临界流体萃取法等。

#### 3.2.1. 溶剂提取法

溶剂提取法是根据植物中各种化学成分在溶剂中的溶解性，选用对有效成分溶解度大、对不需溶出的成分溶解度小的溶剂，将有效成分从药用植物组织中溶解出来的方法，主要有以下几种：浸渍法，渗漉法，煎煮法，回流提取法和连续回流提取法。多糖提取的传统方法为水煎煮法，这种方法因操作简便易行，设备要求不高等特点，至今仍在科研及生产领域广泛应用。溶剂大多采用水、中性盐溶液或稀碱水，在不同温度下进行提取。一般情况下不在酸性条件下进行提取，因酸性条件下易引起多糖糖苷键的断裂。影响水提法多糖得率的因素有原料粉碎粒度、提取时间、提取温度、提取液 pH 值等，通过工艺优化来得到较高的多糖得率。

张萍等[13]用水煮醇沉法提取板蓝根多糖的最佳工艺条件为浸提温度 100℃、浸提时间 7 h、醇沉时间 24 h，多糖的提取率达 27.5%。黄小方[17]首先以均匀设计对板蓝根多糖的提取工艺进行优化，结果表明板蓝根多糖提取的最佳工艺条件为水提温度 100℃，时间 2.5 h 和 10 倍的加水量，理论多糖得率约在

13.8%~20.44%。刘依等[18]通过对乙醇浓度和醇沉次数进行考察,得出了醇沉时,当乙醇浓度为 80%时,板蓝根多糖的得率最高,达到了 13.3%。增加醇沉次数,虽然多糖含量明显提高(达到了 80.253%),但是得率却有所降低(14.83%),且进行二次醇沉,需要使用大量有机溶剂,使成本过高。

水提取法为传统的多糖提取方法,具有操作简单、适宜大规模生产的特点。但也存在提取时间长、提取率低的缺点,且在提取过程中温度往往较高,易破坏多糖的结构[19]。

### 3.2.2. 超声波法

张艳等[20]利用超声波辅助提取技术对板蓝根多糖的提取工艺进行优化。在单因素实验基础上,以提取温度、液固比、提取时间、功率应用 Box-Behnken [21]中心组合方法进行四因素三水平试验,以多糖得率为响应值,进行响应面分析。研究得到超声波辅助提取板蓝根多糖的最佳提取工艺为:液固比 33:1 (ML/g),提取温度 60℃,提取时间 30 min,功率 90 W,在此优化条件下板蓝根多糖的产率为 7.91%,与模型预测值 7.24%非常接近。超声波法提取板蓝根多糖能大大缩短提取时间,且方法简便、可靠、高效。

车荣珍等[22]利用超声波辅助提取板蓝根多糖。优化工艺参数后,用得到的最佳提取条件(超声功率 149.8 w、超声时间 30.5 min、液固比 30 mL/g)实验提取多糖,最终粗多糖的提取率达到 15.52%。

超声提取具有耗时短、提取率高、提取温度低的优点,但在提取过程中随着提取时间延长,易破坏多糖结构,且由于设备限制,不适宜规模化生产[23] [24] [25]。

### 3.2.3. 微波法

唐志华[26]以水为提取溶剂,采用微波辅助提取板蓝根多糖,正交试验设计优化微波提取板蓝根多糖的工艺。结果表明:微波提取板蓝根多糖的最优条件为料液比 1:40、提取时间 8 min、微波功率 500 W,在此条件下,板蓝根多糖提取率为 6.55%。

谷旭哈等[27]巧采用正交试验设计纤维素酶提取川牛膝的多糖,在优化的工艺下多糖得率为 71.70%。与其他方法相比,酶法提取川牛膝多糖较水提醇沉法、超声提取法、索氏提取法得率高。

微波提取法具有提取效率高、耗时短、环保节能等优点。但提取温度高,易破坏多糖的结构,不适宜规模化生产[28]。

## 4. 纯化方法

提取分离后的板蓝根多糖含有多种杂质,包括蛋白质、色素、低分子量成分,在进行对板蓝根多糖精度和纯度较高的实验研究时,需要对从板蓝根中提取分离得到的粗多糖进行纯化、分级。对于蛋白质的脱除,目前较多采用三氯乙酸法、三氯三氟乙烷法、鞣酸、盐酸法、sevage 法和酶降解法。而脱色方法中离子交换法、氧化法、金属络合物法、吸附法(纤维素、硅藻土、活性炭)使用较多,目前常采用活性炭和大孔树脂脱色[29]。下面就 sevage 法进行介绍:

### Sevage 法

此法依据蛋白质在氯仿等有机溶剂中易变性的特点,按照氯仿与戊醇或正丁醇一定体积比例配置溶液,并剧烈振荡混合液 30 min,使蛋白质与有机溶剂完全接触并变性生成凝胶,进而离屯、分离除去蛋白质,此法通常和酶法除蛋白相结合,效果更佳[30]。

张萍等[29]在单因素的基础上采用正交试验研究巧石榴皮多糖的 sevage 法除蛋白最佳工艺,实验结果表明,sevage 法除石榴皮多糖中蛋白脱除率达 88.46%,多糖损失率为 8.05%,最后得出结论,sevage 法除石榴皮粗多糖蛋白是一种有效的除蛋白方法。姜军[32]采用 sevage 法加酶法去除蛋白质,实验结果表明,复合法比单纯使用 sevage 法多糖的损失小,复合法更具优势。郝博慧等[33]实验选用 sevage 法进行蕨麻粗多糖脱蛋白研究,采用正交实验研究了料液比、静置时间、摇振时间、氯仿正丁醇对蕨麻粗多糖

脱蛋白工艺的影响。最佳脱蛋白条件是料液比 1:1、静置时间 25 min, 摇振时间 30 min。氯仿:正丁醇 = 5:1。

## 5. 含量测定

目前, 对于药用植物有效成分的测定有很多方法, 如高效液相色谱法、气相色谱法、比色法、薄层色谱法、紫外可见分光光度法等。

硫酸-苯酚比色法是测定多糖的常用方法[34], 基本原理是: 多糖在 98%硫酸的作用下水解为单糖, 并迅速脱水生成糖醛衍生物, 该衍生物在强酸条件下与苯酚起显色反应, 生成橙黄色物质, 在一定浓度范围内及波长 490 nm 处, 其吸光度 A 值与糖浓度 c 呈线性关系, 因此可以利用紫外可见分光光度计测定其吸光度, 代入回归方程求得多糖浓度, 从而计算多糖产率。

刘依[18]在分析比较各种板蓝根有效成分测定方法的基础上, 选用苯酚-硫酸比色法作为板蓝根多糖的定量测定方法, 作出了多糖的标准曲线:  $c = 2.2476A + 0.05309$ , 其相关系数  $r = 0.9970$ ; 选择直接比色测定法作为靛蓝、靛玉红的测定方法, 并在此基础上通过试验确定了靛蓝、靛玉红的最大吸收波长及显色稳定性。通过对乙醇浓度和醇沉次数进行考察, 得出了醇沉时, 当乙醇浓度为 80%时, 板蓝根多糖的得率最高, 达到了 13.38%; 增加醇沉次数, 虽然多糖含量明显提高(达到了 80.253%), 但是得率却有所降低(14.83%), 且进行二次醇沉, 需要使用大量有机溶剂, 使成本过高的结论。李中跃等[35]应用高相液相色谱法测定粗糙龙胆根的龙胆苦苷含量, 探讨更准确、简便和经济的标准化测量和提取方法。测定紫外检测波长 270 nm。龙胆标准曲线回归方程为:  $Y = 7.20e + 006X - 1.96e + 003$ ,  $r = 0.99967$ 。龙胆苦苷平均回收率 98.19%,  $RSD = 4.2\%$ 。稳定实验中含量的保留时间的  $RSD = 0.3\%$ , 峰面积的  $RSD = 4.1\%$ , 含量的  $RSD = 3.9\%$ , 12 小时内稳定。精密度实验中的峰面积积分值的  $RSD = 1.3\%$ 。标准方法为以甲醇-水(25:75)为流动相, 流速: 1.0 mL/min, 紫外检测波长 270 nm。此方法能准确、快捷的测定粗糙龙胆根中龙胆苦苷的含量, 可作为粗糙龙胆根龙胆苦苷的测定方法。

## 6. 板蓝根多糖的利用及产品开发

### 6.1. 板蓝根多糖保健酒

刘志明等[36]以板蓝根为原料, 在一定条件下泡制白酒, 制得板蓝根多糖保健酒。试验表明, 泡制板蓝根多糖酒可用 100℃下加热 3 h 或自然干燥的板蓝根粉粒直接进行, 用石油醚和体积分数为 95%的乙醇充分浸提后的板蓝根粉粒泡制白酒, 虽然多糖含量降低, 但该工艺模拟了用板蓝根制药残渣泡制多糖保健酒的技术路线, 可充分利用板蓝根生药资源, 并有效地保持多糖活性。适宜条件下泡制的板蓝根多糖保健酒橙黄清澈, 具有板蓝根特有的清香和微苦滋味。

### 6.2. 板蓝根多糖胶冻

刘志明等[37]以模拟板蓝根制药残渣为原料, 用水浸提板蓝根多糖, 制备板蓝根多糖胶冻。研究表明在板蓝根多糖提取液(18.9 mg/mL)与卡拉胶溶液(20 mg/mL)体积比 3:7、绵白糖加量 30 mg/mL、果汁粉加量 45 mg/mL、柠檬酸加量 0.6 mg/mL 时口感最佳, 板蓝根多糖胶冻冻体均匀、色美味佳, 其内聚性、黏附性、胶黏性、咀嚼性、弹性和硬度等力学性质能很好地满足食用需要。

### 6.3. 板蓝根多糖饮料

刘志明等[38]以大庆地产板蓝根为原料, 经石油醚脱脂和乙醇充分浸提, 得到模拟板蓝根制药残渣。该残渣用水作溶剂提取板蓝根多糖, 提取温度 95℃, 料液比 1:9 (g:mL), 提取时间 1.5 h, 提取 3 次。将多糖提取液离心, 上清液合并、混匀, 作为板蓝根多糖饮料的基液, 添加其他辅料配制饮料。单因素试

验与正交试验结果表明,板蓝根多糖饮料优化配方中主要辅料对基液(多糖含量 1.13 g/100 mL)的比例分别为绵白糖 8 g/100 mL,柠檬酸 0.4 g/100 mL,甜蜜素 0.30 mg/100 mL,槐豆胶 0.3 g/100 mL,再辅以山梨酸钾和少许食用色素、香精。所得板蓝根多糖饮料色泽橙黄、略带板蓝根滋味,酸甜适口。

#### 6.4. 富硒板蓝根多糖口服液

王立红等[39]发明了一种富硒板蓝根多糖口服液。首先将板蓝根和氯化钠、水混合加热提取板蓝根多糖,然后将收集的板蓝根多糖与硒化剂进行催化反应,最后的反应物再与硫代硫酸钠和水混配后制得成品。该口服液具备板蓝根多糖和有机硒的双重功效,二者相互结合,同时作用于机体,能进一步增强机体的免疫能力,在临床实际使用中,避免了畜禽在缺硒及免疫异常状态下的猝死,降低了养殖户的经济损失。

#### 6.5. 多糖-淀粉基卷烟搭口胶粘剂

李勇[40]发明了一种板蓝根多糖-小麦蛋白改性淀粉基卷烟搭口胶粘剂,该胶黏剂由木薯淀粉,葛根,广藿香,山豆根,聚丙烯酸钠,板蓝根多糖,小麦蛋白,果糖,羧甲基纤维素,木瓜蛋白酶,硼砂,甘油和葡萄糖酸钠制得。该发明的卷烟搭口胶粘剂不仅具有良好的胶粘性能和流变性能,稳定性好,适用于高速卷烟机,而且能改善卷烟吸味、减轻卷烟中的有害成分对人体的危害,还有清热解毒、宣肺利咽、止咳生津的辅助功效,使用价值高,实用性强。

### 7. 结语与展望

板蓝根多糖的研究引起了人们的重视,但是到目前为止仍存在一些不足,主要是:① 研究的板蓝根多糖制剂以粗制品为多;② 化学结构不明确,构效关系不清楚,质量难以控制,造成药效重复性差;③ 板蓝根多糖作为临床用药其作用强度和发生速度似不理想。这些问题是制约多糖研究的深入及多糖类新药创制的主要问题。目前也有一些趋势,希望突破这些“瓶颈”问题。① 提高多糖类检测方法的水平,建立起对多糖类药物有效的质量控制标准;② 探索多糖“活性片段”(活性决定簇)。多糖的生物活性体现在其与受体相互识别、相互作用的过程中,多糖与受体作用时,往往是其中的特异性寡聚糖片段(活性中心)与受体相结合。研究多糖的活性片段及活性片段与多糖之间的关系,不仅有利于研究多糖的结构,且对揭示多糖结构与功能的关系具有重要的意义,对多糖制品的功效和多糖类药物的质量控制标准的研究都将起到重要的促进作用;③ 对多糖进行分子修饰。分子修饰提高其生物活性,这是多糖类新药开发和多糖构效关系研究的重要途径之一。总之,随着多糖研究方法和技术的不断进步,相信板蓝根多糖的研究会更加深入和透彻,其应用前景也会更加的广阔。

### 基金项目

国家中医药管理局中药标准化研究:当归等 4 种中药饮片标准化建设项目(ZYBZH-Y-GS-11),甘肃农业大学学生科研训练计划项目(SRTP20170104 & 20180102),盛彤笙科技创新基金(GSAU-ST201737)和伏羲青年人才引进专项(GSAU-RCZX201704)。

### 参考文献

- [1] 贾建,曹荣安,杜亿华,赵泽龙,李良玉.板蓝根多糖研究进展[J].食品工业科技,2016,37(18):378-383.
- [2] 许桂红.板蓝根多糖化学与溶液粘度及免疫调节活性的研究[D].[硕士学位论文].扬州:扬州大学,2006.
- [3] 耿婵娟.板蓝根多糖的提取及其免疫调节作用研究[D].[硕士学位论文].大庆:黑龙江八一农垦大学,2012.
- [4] 郭怀忠,张斌,徐相涛,张硕敏.板蓝根多糖的降解和单糖组成的毛细管区带电泳测定研究[J].中草药,2010,

- 41(5): 744-747.
- [5] 余沛涛, 陈燕. 板蓝根和泽泻蛋白质提取物的糖含量[J]. 上海师范大学学报(自然科学版), 1999(1): 102-104.
- [6] 赵祥杰, 杨荣玲, 邝哲师, 叶明强, 罗国庆, 肖更生, 廖森泰. 植物来源多糖的研究进展[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(35): 17016-17018.
- [7] 杜清, 许晓辉, 林鹏程, 卢永昌, 叶菊. 植物多糖的研究进展及开发前景[J]. 转化医学电子杂志, 2017, 4(4): 78-82.
- [8] 许益民, 陆平成, 王永珍, 黄振新. 板蓝根多糖促进免疫功能的实验研究[J]. 中西医结合杂志, 1991(6): 357-359 + 325-326.
- [9] 赵国华, 陈宗道, 李志孝, 阚建全. 活性多糖的研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2001(7): 45-48.
- [10] 马宝瑕, 陈新, 邓军娥. 中药多糖研究进展[J]. 中国医院药学杂志, 2003, 23(6): 360-362.
- [11] 王雪松, 郑芸, 方积年. 降血糖多糖及寡糖的研究进展[J]. 药科学报, 2004, 39(12): 1028-1033.
- [12] 苏辉, 张培建, 朗洁, 张杰, 庄卓男, 孟中良, 伍学艳. 板蓝根多糖减轻自体肝移植大鼠缺血再灌注损伤的研究[J]. 中国现代普通外科进展, 2011, 14(4): 265-268.
- [13] 张萍, 刘捷, 邓扬悟, 张晓峰. 板蓝根多糖的提取工艺及其清除自由基作用的初步研究[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2006(3): 36-38.
- [14] 左娅, 代明, 王志勇, 刘军. 板蓝根多糖对小鼠抗流感病毒感染的作用[J]. 华西药学杂志, 2008, 23(6): 666-667.
- [15] 冯群先, 毕一俐, 仇健明, 等. 板蓝根多糖降脂作用的初步观察[J]. 中国医药学报, 1993, 8(增刊): 75.
- [16] 赵现敏. 中药多糖的免疫增强活性及其对抗体生成影响的研究[D]: [硕士学位论文]. 郑州: 河南农业大学, 2007.
- [17] 黄小方. 板蓝根多糖提取分离及其分子量测定的研究[D]: [硕士学位论文]. 扬州: 扬州大学, 2007.
- [18] 刘依. 板蓝根有效成分的提取分离及含量测定[D]: [硕士学位论文]. 北京: 中国农业大学, 2002.
- [19] 邹林武. 香菇多糖提取工艺及其分子结构改性研究[D]: [硕士学位论文]. 广州: 华南理工大学, 2013.
- [20] 张艳, 赵志刚, 张海容. 超声波辅助提取板蓝根多糖的工艺优化[J]. 山东化工, 2015, 44(18): 41-45.
- [21] 李跃辉, 王银, 彭宇, 何亚辉, 杨再江, 向丽. 正交设计结合 Box-Behnken 效应面法优选银桑菊固体饮料提取工艺[J]. 国际药学研究杂志, 2016, 43(4): 761-767.
- [22] 车荣珍, 吴艳, 艾连中, 艾维娜. 超声波辅助提取板蓝根多糖的工艺优化[J]. 时珍国医国药, 2011, 22(10): 2498-2501.
- [23] 赵鹏. 款冬花多糖提取纯化工艺研究及结构鉴定[D]: [博士学位论文]. 西安: 西北大学, 2010.
- [24] 王振斌, 刘加友, 马海乐, 孙亚钊, 王林, 闫景坤, 郭强. 无花果多糖提取工艺优化及其超声波改性[J]. 农业工程学报, 2014, 30(10): 262-269.
- [25] 汪树生, 苏玉春, 孙雪菲, 陈光. 超声波辅助提取银耳多糖的工艺研究[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2017(6): 154-157.
- [26] 唐志华. 微波辅助提取板蓝根多糖的工艺条件研究[J]. 农业机械, 2011(14): 172-174.
- [27] 谷旭哈, 刘傲霞, 成悦, 等. 纤维素酶法提取川牛膝多糖[J]. 生物加工过程, 2015(6): 75-80.
- [28] 席彩彩, 张文芳, 侯明月, 张永萍. 微波提取技术在中药有效成分提取中的应用[J]. 中国药业, 2014, 23(3): 94-96.
- [29] 杨颜芳, 张贵君, 王晶娟. 板蓝根多糖药理作用及其提取纯化技术研究进展[C]//第四届中国中药商品学术大会暨中药鉴定学科教学改革与教材建设研讨会论文集. 中国商品学会. 2015: 6.
- [30] 郭淑臻, 张霄翔, 雷红. 灰树花多糖 Sevage 法除蛋白工艺的研究[J]. 安徽化工, 2014, 40(5): 27-30.
- [31] 张萍, 贺茂萍, 殷力, 葛秋萍. 石榴皮多糖的 Sevage 法除蛋白工艺研究[J]. 食品科技, 2013, 38(12): 219-222+231.
- [32] 姜军. 山药多糖的分离纯化及其化学结构的初步研究[D]: [硕士学位论文]. 扬州: 扬州大学, 2007.
- [33] 郝博慧, 杨鑫, 马莺. 蕨麻 Sevage 法脱蛋白工艺研究[J]. 食品工业科技, 2011, 32(2): 254-255+258.
- [34] 鲁建江, 王莉, 顾承志, 成玉怀. 板蓝根多糖的提取及含量测定[J]. 广东药学, 2001(4): 16-18.
- [35] 李中跃, 王洪峰, 王富献, 穆立蕾, 王臣. 粗糙龙胆龙胆苦苷含量的标准化测定与提取方法[J]. 广东化工, 2014, 41(23): 6-7.
- [36] 刘志明, 孙清瑞, 王雯, 吴海舟. 板蓝根多糖保健酒的研制[J]. 农产品加工(学刊), 2010(11): 48-51.
- [37] 刘志明, 孙清瑞, 王欣, 王雯. 板蓝根多糖胶冻的研制及其品质评价[J]. 食品科学, 2011, 32(8): 327-330.

- 
- [38] 刘志明, 王雯, 杜开祥, 吴海舟. 板蓝根多糖饮料的研制[J]. 农产品加工, 2015(7): 12-14.
- [39] 王立红, 刘鼎阔, 赵云英, 赵晶晶, 张俊霞. 一种富硒板蓝根多糖口服液及其制备方法[P]. 中国专利, CN103720646A. 2014-04-16.
- [40] 李勇, 一种板蓝根多糖-小麦蛋白改性淀粉基卷烟搭口胶粘剂及其制备方法[P]. 中国专利, CN105802538A. 2016-07-27.

**知网检索的两种方式:**

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2168-5665, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: [br@hanspub.org](mailto:br@hanspub.org)