

板蓝根的研究进展及其质量标志物预测分析

尤素文, 王连睿, 东红阳, 苗明三 (河南中医药大学 / 河南中医药大学豫药全产业链协同创新中心, 河南郑州 450046)

摘要: 板蓝根是我国传统中药材, 具有清热解毒, 凉血利咽的功效。现代药理研究表明, 板蓝根中含有生物碱类、硫代葡萄糖苷类、苯丙素类、核苷类、有机酸类、氨基酸类等多种活性成分, 具有抗病毒、抗菌、抗内毒素、抗肿瘤、免疫调节及抗炎等药理作用。本文通过对近年来板蓝根的化学成分及药理作用进行系统总结, 并基于中药质量标志物(Q-Marker)理论, 从植物亲缘学与特有性成分、传统药效与药性、新的药效作用、炮制前后成分变化等多方面, 对板蓝根的 Q-Marker 进行了预测分析。建议将落叶松脂醇、落叶松脂醇糖苷、异落叶松脂素、直铁线莲宁 B 等木脂素类化合物; 胞苷、尿苷、腺苷、鸟苷等核苷; 靛蓝、靛玉红、(R,S)-告依春、表告依春等生物碱; 水杨酸、苯甲酸、丁香酸和邻氨基苯甲酸等有机酸, 以及萜类、黄酮类、多糖等成分作为板蓝根 Q-Marker 的潜在对象, 可为板蓝根质量控制体系的完善提供参考。

关键词: 板蓝根; 研究进展; 化学成分; 药理作用; 质量标志物; 质量控制

中图分类号: R282.71 **文献标志码:** A **文章编号:** 1003-9783(2026)02-0377-08

doi: 10.19378/j.issn.1003-9783.2026.02.019

Research Progress in *Isatidis Radix* and Predictive Analysis of Its Quality Markers

YOU Suwen, WANG Lianrui, DONG Hongyang, MIAO Mingsan (Henan University of Chinese Medicine / Henan University of Chinese Medicine Collaborative Innovation Center of the Whole Industry Chain of Yu Medicine, Zhengzhou 450046 Henan, China)

Abstract: *Isatidis Radix* is a traditional Chinese medicinal material with the functions of clearing heat and detoxifying, cooling blood, and soothing the throat. Modern pharmacological studies have shown that *Isatidis Radix* contains various active components such as alkaloids, glucosinolates, phenylpropanoids, nucleosides, organic acids, and amino acids. It exhibits pharmacological effects including antiviral, antibacterial, anti-endotoxin, antitumor, immunomodulatory, and anti-inflammatory activities. This article systematically summarizes the chemical composition and pharmacological effects of *Isatidis Radix* in recent years. Based on the theory of traditional Chinese medicine quality markers (Q-Markers), a predictive analysis of the Q-Markers of *Isatidis Radix* is conducted from multiple perspectives, including plant phylogeny and specificity of components, traditional efficacy and properties, newly identified pharmacological effects, and changes in components before and after processing. It is proposed that lignan compounds such as lariciresinol, lariciresinol glycoside, isolariciresinol, and clematine B; nucleosides such as cytidine, uridine, adenosine, and guanosine; alkaloids such as indigo, indirubin, (R,S)-epigoitrin, and epigoitrin; organic acids such as salicylic acid, benzoic acid, syringic acid, and anthranilic acid; as well as terpenoids, flavonoids, and polysaccharides could serve as potential candidates for Q-Markers of *Isatidis Radix*. This analysis provides a reference for improving the quality control system of *Isatidis Radix*.

Keywords: *Isatidis Radix*; research progress; chemical composition; pharmacological effects; quality markers; quality control

收稿日期: 2025-04-27

作者简介: 尤素文, 女, 硕士研究生, 研究方向: 中药学。通信作者: 苗明三, 男, 博士, 教授, 研究方向: 中药学。

基金项目: 河南省重点科技计划项目(232301420019); 河南省杰出外国专家工作室(GZS2024015); 河南省重大专项(221100310400); 河南省中医药科学研究专项(2024ZYD15); 河南省高等学校重点科研项目(25CY021); 河南省重大公益专项(201300310100); 岐黄学者支持项目(国中医药人教函2022-6)。

板蓝根为十字花科植物菘蓝 *Isatis indigotica* Fort. 的干燥根，其味苦性寒，归心、胃经，具有清热解毒，凉血利咽的功效，常用于治疗温疫时毒、发热咽痛、温毒发斑、疔腮、烂喉丹痧、大头瘟疫、丹毒、痈肿等症^[1]。板蓝根在《神农本草经》中被列为上品，谓之“蓝实”^[2]，“板蓝根”一词最早出现在宋代《太平圣惠方》中。金元明清时期板蓝根应用更加广泛，如金元时期李东垣的普济消毒饮、罗天益的活命金丹以及至圣保命金丹等方中都含有板蓝根。明清时期涌现的许多影响深远的药学著作如《本草纲目》《本草经疏》《慈航集三元普济方》《温热经纬》等典籍中，均记载了含有板蓝根的方剂^[3-4]。板蓝根在抗菌、抗病毒等方面效果显著，临床应用广泛，具有广阔的发展前景，完善其质量标准体系、加强其质量控制具有重要意义。

现阶段板蓝根的质量标准体系尚需完善，有待进一步提升，如2025年版的《中国药典》中仅测定

单一成分(*R,S*)-告依春的含量，不能全面反映板蓝根的整体质量；且关于板蓝根药材中重金属元素的研究较少，并未对重金属和有害元素作出规定值^[1]。中药材的质量与其化学成分密切相关，是其发挥药理活性的物质基础^[5]。因此，本文拟通过系统总结板蓝根的化学成分及药理作用，并基于刘昌孝院士提出的Q-Marker理论对板蓝根质量标志物进行预测分析，以期板蓝根的质量控制方法提供科学依据与研究思路。

1 板蓝根的化学成分

目前，从板蓝根中分离得到的化合物有很多，主要包括生物碱类、硫代葡萄糖苷类、苯丙素类、核苷类、有机酸类、氨基酸类。此外，还含有少量的黄酮类、蒽醌及甾醇类化合物。

1.1 生物碱类 见表1。板蓝根中的生物碱类最为丰富，按母核结构可细分为吲哚类、喹啉酮类、喹啉和异喹啉类，并以吲哚类生物碱为主^[6]。

表 1 板蓝根中的生物碱类化合物

Table 1 Alkaloids compounds in *Isatidis Radix*

序号	化合物名称	分子式	文献	序号	化合物名称	分子式	文献
1	靛红	C ₈ H ₅ NO ₂	[7]	18	依靛蓝双酮	C ₂₃ H ₂₂ N ₂ O ₅	[11]
2	4(3H)-喹唑酮	C ₈ H ₆ N ₂ O	[8]	19	2-吲哚酮	C ₈ H ₇ NO	[12]
3	2,5-二羟基吲哚	C ₈ H ₇ NO ₂	[8]	20	2-甲基-6-喹啉甲酸	C ₈ H ₇ NO ₂	[13]
4	3-羟苯基喹唑酮	C ₁₄ H ₁₀ N ₂ O ₂	[8]	21	吲哚	C ₈ H ₇ NO	[14]
5	靛苷	C ₁₄ H ₁₇ NO ₆	[8]	22	1-甲氧基吲哚-3-甲醛	C ₁₀ H ₉ NO ₂	[14]
6	羟基靛玉红	C ₁₆ H ₁₀ N ₂ O ₃	[8]	23	异靛蓝	C ₁₆ H ₁₀ N ₂ O ₂	[15]
7	依靛蓝酮	C ₁₈ H ₁₈ N ₂ O ₄	[8]	24	去氧鸭嘴花酮碱	C ₁₁ H ₁₀ N ₂ O	[16]
8	青黛酮	C ₂₃ H ₁₃ N ₃ O ₂	[8]	25	色胺酮	C ₁₅ H ₈ N ₂ O ₂	[17]
9	2-氨基-喹啉-4-羧酸	C ₁₀ H ₈ N ₂ O ₂	[9]	26	2,4,(1H,3H)-喹唑二酮	C ₈ H ₆ N ₂ O ₂	[18]
10	靛蓝	C ₁₆ H ₁₀ N ₂ O ₂	[9]	27	3-(2'-羟苯基)-4(3H)-喹唑酮	C ₁₄ H ₁₀ N ₂ O ₂	[18]
11	靛玉红	C ₁₆ H ₁₀ N ₂ O ₂	[9]	28	2-(4-氧-3(4H)-喹啉基)苯甲酸甲酯	C ₁₆ H ₁₂ N ₂ O ₃	[19]
12	菘蓝苷 E	C ₃₀ H ₂₅ N ₃ O ₇	[9]	29	Isaindigotone	C ₂₀ H ₁₈ N ₂ O ₄	[19]
13	1-甲氧基-2-吲哚乙腈	C ₁₁ H ₁₀ N ₂ O	[10]	30	Isatindigoticoic acid A	C ₁₇ H ₁₄ N ₂ O ₅	[20]
14	2,3-二氢-4-羟基-2-氧-吲哚-3-乙腈	C ₁₀ H ₈ N ₂ O ₂	[11]	31	Epiisatindigoticoic acid A	C ₁₇ H ₁₄ N ₂ O ₅	[20]
15	吲哚-3-乙腈-6-O-β-D-葡萄糖苷	C ₁₆ H ₁₈ N ₂ O ₆	[11]	32	Epiphaitanthrin A	C ₁₈ H ₁₄ N ₂ O ₃	[20]
16	(E)-3-(3',5'-二)甲氧基-4'-(羟基)-2-吲哚酮	C ₁₇ H ₁₅ NO ₄	[11]	33	Phaitanthrin A	C ₁₈ H ₁₄ N ₂ O ₃	[20]
17	板蓝根甲素	C ₂₁ H ₂₅ NO ₆	[11]				

1.2 硫代葡萄糖苷类及其代谢产物 见表2。从板蓝根中分离的硫苷及其代谢产物主要包含(*R,S*)-告依

春、表告依春、黑芥子苷等化合物^[21]。

表 2 板蓝根中的硫代葡萄糖苷类及其代谢产物

Table 2 Glucosinolates and their metabolites in *Isatidis Radix*

序号	化合物名称	分子式	文献	序号	化合物名称	分子式	文献
34	(<i>R,S</i>)-告依春	C ₅ H ₇ NOS	[11]	40	2-羟基-3-丁烯基硫甙	C ₁₁ H ₁₉ NO ₁₀ S ₂	[23]
35	表告依春	C ₅ H ₇ NOS	[11]	41	Gluconapin	C ₁₁ H ₁₉ NO ₉ S ₂	[23]
36	黑芥子苷	C ₁₀ H ₁₇ NO ₉ S ₂ ·K	[11]	42	金莲葡萄糖硫苷	C ₁₄ H ₁₉ NO ₉ S ₂	[23]
37	表原告依春	C ₁₁ H ₁₉ NO ₁₀ S ₂	[22]	43	4-Hydroxyglucobrassicin	C ₁₆ H ₂₀ N ₂ O ₁₀ S ₂	[23]
38	葡萄糖芸苔素	C ₁₆ H ₂₀ N ₂ O ₉ S ₂	[7]	44	Gluconapoleiferin	C ₁₂ H ₂₁ NO ₁₀ S ₂	[24]
39	新葡萄糖芸苔素	C ₁₇ H ₂₂ N ₂ O ₁₀ S ₂	[23]				

1.3 苯丙素类 见表 3。苯丙素类是板蓝根中丰富程度排第 3 位的化合物，包括木脂素类、香豆素类和简

单苯丙素类。其中，木脂素类为主要的抗病毒活性成分之一^[25]。

表 3 板蓝根中的苯丙素类化合物

Table 3 Phenylpropanoids compounds in Isatidis Radix

序号	化合物名称	分子式	文献	序号	化合物名称	分子式	文献
45	紫丁香苷	C ₁₇ H ₂₄ O ₉	[8]	53	落叶松脂素-9-O-β-D-葡萄糖苷	C ₂₆ H ₃₄ O ₁₁	[14]
46	异落叶松脂素	C ₂₀ H ₂₄ O ₆	[8]	54	Isatisoside A	C ₂₅ H ₃₀ O ₁₁	[14]
47	(-)-落叶松脂素	C ₂₀ H ₂₄ O ₆	[8]	55	直铁线莲宁 B	C ₃₂ H ₄₄ O ₁₆	[26]
48	落叶松脂素-4,4'-二-O-β-D-葡萄糖苷	C ₂₆ H ₃₃ O ₁₂	[8]	56	板蓝根异香豆素 A	C ₁₄ H ₁₁ NO ₄	[27]
49	落叶松脂素-4-O-β-D-葡萄糖苷	C ₂₆ H ₃₄ O ₁₁	[14]	57	Burselignan	C ₂₀ H ₂₄ O ₆	[28]
50	Evofolin B	C ₁₇ H ₁₈ O ₆	[14]	58	去氢二松柏醇	C ₂₀ H ₂₂ O ₆	[29]
51	皮树脂醇	C ₂₁ H ₂₄ O ₇	[14]	59	(+)-落叶松树脂醇	C ₂₀ H ₂₄ O ₆	[30]
52	Syringaresinol	C ₂₂ H ₂₆ O ₈	[14]				

1.4 氨基酸类 见表 4。氨基酸类是板蓝根中含量丰富且种类较多的一类化学成分，也是抗病毒的代表性成分^[31]。

1.6 有机酸类 见表 6。除氨基酸外，还从板蓝根中分离得到小分子有机酸类化合物，虽然含量较少但种类丰富，具有较强的抗内毒素活性^[37]。

表 4 板蓝根中的氨基酸类化合物

Table 4 Amino acids compounds in Isatidis Radix

序号	化合物名称	文献	序号	化合物名称	文献
60	苏氨酸	[8]	71	精氨酸	[32]
61	丙氨酸	[8]	72	谷氨酸	[32]
62	苏氨酸	[8]	73	脯氨酸	[32]
63	异亮氨酸	[8]	74	组氨酸	[32]
64	甘氨酸	[8]	75	缬氨酸	[32]
65	苯丙氨酸	[8]	76	丝氨酸	[33]
66	天冬氨酸	[19]	77	γ-氨基丁酸	[33]
67	亮氨酸	[19]	78	苯丙氨酸	[33]
68	酪氨酸	[19]	79	羟脯氨酸	[33]
69	色氨酸	[19]	80	瓜氨酸	[33]
70	赖氨酸	[19]			

表 6 板蓝根中的有机酸类化合物

Table 6 Organic acids compounds in Isatidis Radix

序号	化合物名称	分子式	文献
92	L-焦谷氨酸	C ₅ H ₇ NO ₃	[9]
93	苯甲酸	C ₇ H ₆ O ₂	[9]
94	水杨酸	C ₇ H ₆ O ₃	[9]
95	焦脱镁叶绿酸	C ₃₃ H ₃₄ N ₄ O ₃	[16]
96	顺丁烯二酸	C ₄ H ₄ O ₄	[22]
97	丁香酸	C ₉ H ₁₀ O ₅	[22]
98	邻氨基苯甲酸	C ₇ H ₇ NO ₂	[22]
99	5-羟甲基糠酸	C ₇ H ₈ O ₄	[22]
100	吡啶三羧酸	C ₈ H ₅ NO ₆	[22]
101	2-羟基-1,4-苯二甲酸	C ₈ H ₆ O ₅	[22]
102	棕榈酸	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	[22]
103	亚油烯酸	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	[22]
104	芥酸	C ₂₂ H ₄₂ O ₂	[22]
105	琥珀酸	C ₄ H ₆ O ₄	[38]

1.5 核苷类 见表 5。板蓝根中含有较多的核苷酸成分，如尿苷、腺苷、次黄嘌呤等^[34-36]。

1.7 蒽醌及黄酮类化合物 见表 7。板蓝根黄酮类具有较强的抗病毒作用，但目前从板蓝根中分离得到的蒽醌及黄酮类化合物较少^[39]。

表 5 板蓝根中的核苷类化合物

Table 5 Nucleosides compounds in Isatidis Radix

序号	化合物名称	分子式	文献
81	尿嘧啶	C ₄ H ₄ N ₂ O ₂	[11]
82	次黄嘌呤	C ₅ H ₄ N ₄ O	[11]
83	胸腺嘧啶	C ₅ H ₆ N ₂ O ₂	[20]
84	鸟嘌呤	C ₅ H ₅ N ₅ O	[34]
85	腺嘌呤	C ₅ H ₅ N ₅	[34]
86	2,6-二羟基嘌呤	C ₅ H ₄ N ₄ O ₂	[34]
87	尿苷	C ₉ H ₁₂ N ₂ O ₆	[35]
88	胞苷	C ₉ H ₁₃ N ₃ O ₅	[35]
89	腺苷	C ₁₀ H ₁₃ N ₅ O ₄	[35]
90	肌苷	C ₁₀ H ₁₂ N ₄ O ₅	[35]
91	鸟苷	C ₁₀ H ₁₃ N ₅ O ₅	[36]

表 7 板蓝根中的蒽醌及黄酮类化合物

Table 7 Anthraquinones and flavonoids in Isatidis Radix

序号	化合物名称	分子式	文献
106	大黄素	C ₁₅ H ₁₀ O ₅	[8]
107	异甘草素	C ₁₅ H ₁₂ O ₄	[8]
108	大黄素-8-O-β-D-糖苷	C ₂₁ H ₂₀ O ₁₀	[33]
109	蒙花普	C ₂₈ H ₃₂ O ₁₄	[33]
110	新橙皮苷	C ₂₈ H ₃₄ O ₁₅	[40]
111	甘草素	C ₁₅ H ₁₂ O ₄	[40]
112	异牡荆苷	C ₂₁ H ₂₀ O ₁₀	[40]

1.8 微量元素及其他类 板蓝根中的微量元素包括K、Ca、Mg、Zn、Fe、Cu、Mn、Co、Ni、Cd和As,其中Ca、Mg、Zn、Fe含量较为丰富^[41]。此外,板蓝根中还含有甾醇^[42]、寡糖^[43]、多糖^[44]、萜类^[45]等化学成分。

2 板蓝根的药理作用

现代研究表明,板蓝根具有抗病毒、抗菌、抗内毒素、抗肿瘤、免疫调节及抗炎等药理作用。

2.1 抗病毒 左娅等^[46]采用小鼠阴道单纯疱疹病毒Ⅱ型感染模型和3-(4,5-二甲基噻唑-2)-2,5-二苯基四氮唑盐比色法(MTT),分别开展了体内、外抗病毒试验,发现板蓝根多糖对单纯疱疹病毒Ⅱ型呈现出显著的抗感染作用。YANG等^[47]从板蓝根中提取分离出木脂素类成分直铁线莲宁B,并对其体外抗流感活性进行了评价,结果发现直铁线莲宁B对不同亚型人流感病毒(H1N1,包括猪源型H1N1、H3N2及乙型流感)和禽流感病毒(H6N2、H7N3、H9N2)均有不同程度的抑制作用,且直铁线莲宁B不容易导致病毒耐药性。XIAO等^[48]研究发现,板蓝根提取物中的表告依春可明显提高预先感染流感病毒的MDCK细胞活力,主要是通过抑制流感病毒的附着及繁殖发挥作用。板蓝根木脂素落叶松脂醇则可通过调节病毒粒子转录起到防治乙肝病毒的作用^[49]。

2.2 抗菌 板蓝根水提液对多种病菌都具有抑制作用,包括大肠杆菌、流感杆菌、脑膜炎双球菌、金黄色葡萄球菌、肺炎双球菌和表皮葡萄球菌^[50]。有研究^[51]探讨了板蓝根微粉水提物的抗菌活性及其抗菌机制,发现板蓝根微粉水提物能够破坏大肠杆菌细胞壁、细胞膜的完整性,同时能够抑制细菌遗传物质的合成和代谢过程,影响丙酮酸和腺嘌呤核苷三磷酸含量,从而实现对大肠杆菌的抑制作用。耿成锐等^[52]观察发现,板蓝根60%、80%乙醇提取部位均对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌具有抑制作用,且板蓝根80%乙醇提取部位的抑菌效果较强,对绿脓杆菌也有一定的抑制作用。

2.3 抗内毒素 现代研究表明,板蓝根具有的解热特性可能与其抗内毒素作用有密切关系。板蓝根水提物对脂多糖(LPS)诱导的内毒素败血症小鼠具有保护作用,可能是通过调控干扰素调节因子3(IRF3)下游炎症指标干扰素 β (IFN- β)的转录水平及释放,并阻断IFN- β /STAT干扰素信号传导通路来实现的^[53]。李友等^[54]采用动态浊度法检测发现,板蓝根三氯甲烷部

位在体外具有良好的抗内毒素活性。李敬等^[55]通过鲎试验法检测板蓝根中水杨酸的抗内毒素作用,结果显示0.25%水杨酸溶液能够显著抑制内毒素引起的家兔体温升高,并能够将LPS导致的小鼠病死率降低50%。

2.4 抗肿瘤 板蓝根多糖和生物碱对肿瘤细胞有一定抑制作用。李吉萍等^[56]通过建立S180小鼠移植瘤和腹水瘤模型观察板蓝根多糖对荷瘤小鼠的抗肿瘤活性,结果显示不同剂量的板蓝根多糖均能够明显抑制小鼠肿瘤的生长。研究^[57]发现,板蓝根生物碱Isaindigotone主要通过影响线粒体凋亡通路及PI3K/AKT/mTOR通路抑制肿瘤细胞增殖活性。从板蓝根中分离的板蓝根组酸对人鼻咽癌细胞CNE-2及人肺癌细胞H-460有一定的抑制作用^[58]。

2.5 免疫调节 板蓝根多糖是其提高免疫力的主要成分,对特异性和非特异性免疫均有一定作用^[59]。板蓝根多糖通过促进吞噬细胞的功能,促进淋巴细胞的增殖、分化,提高白细胞介素10(IL-10)水平,进而提高机体的免疫功能^[60]。薛瑞等^[61]用腹腔注射环磷酰胺的方式构建了免疫功能低下小鼠模型,然后给予不同剂量的板蓝根多糖进行干预,结果发现板蓝根多糖能够明显改善小鼠的免疫抑制状态,有效提高小鼠机体的免疫功能。徐艺铨^[62]研究发现,板蓝根多糖能提高IL-10水平,并且促进自然杀伤(NK)细胞的吞噬活性,具有明显的体液免疫功能。

2.6 抗炎 炎症反应是疾病中常见而又复杂的一种病理现象。陈凯等^[63]采用膜分离法得到板蓝根的不同有效部位,然后作用于两种炎症模型小鼠,结果发现板蓝根中的总生物碱、总氨基酸的抗炎作用明显,能够明显改善模型动物的炎症反应。徐瑶瑶等^[64]通过LPS诱导RAW264.7细胞建立体外炎症模型发现,板蓝根入血成分异牡荆素对炎症介质NO的抑制作用最强。马毅敏等^[65]为了检测板蓝根不同提取部位对肿瘤坏死因子 α (TNF- α)及前列腺素 E_2 (PGE $_2$)的影响并考察其抗炎活性,采用LPS诱导小鼠巨噬细胞RAW264.7模型,结果发现板蓝根不同提取部位均具有抗炎活性,尤其70%乙醇提取部位表现出较强的抗炎作用,可能与其抑制炎症因子PGE $_2$ 及TNF- α 的释放有关。

2.7 其他作用 除上述药理作用外,板蓝根药材及其制剂还具有解热^[66]、抗血小板聚集^[67]、致突变^[68]等作用及遗传毒性,有待进一步深入研究。

3 板蓝根 Q-Marker 的预测分析

为了进一步完善中药及其复方质量标准,建立科学、量化的质量评价体系,刘昌孝院士于2016年开创性地提出了中药Q-Marker概念^[69-70]。中药Q-Marker指的是在中药材及其制成品中本身就存在的,或是在加工制备过程中新生成的,与中药功能属性密切相关的化学物质,能够精准反映中药的安全性、有效性^[71]。本研究基于Q-Marker概念,从以下6个方面预测分析板蓝根的Q-Marker,旨在为构建板蓝根科学合理的质量控制标准提供参考依据。

3.1 基于植物亲缘学与特有性成分的 Q-Marker 预测分析

板蓝根是十字花科植物菘蓝属菘蓝 *Isatis indigotica* Fort. 的干燥根。据相关研究^[72]报道,全球范围约有30种菘蓝属植物,在地中海沿岸地区、西亚、中亚及中欧区域广泛分布。菘蓝属植物主要含有生物碱、硫代葡萄糖苷、木脂素、黄酮和有机酸类等化合物,且约一半为生物碱类成分,具有抗菌、抗病毒、抗内毒素、抗肿瘤、抗炎等药理作用,与中药材板蓝根的化学成分和药理作用相似^[73]。木脂素被认为是板蓝根的主要活性成分之一,其中落叶松脂醇及落叶松脂醇糖苷是含量较多的木脂素类成分,在抗病毒、抗炎方面发挥重要作用^[74-75]。目前关于木脂素类化合物在中药材及其制剂中的含量研究较多。研究^[76]发现,菘蓝毛状根不仅能积累直铁线莲宁B,且含量稳定,随着培养时间延长而逐渐积累,可达板蓝根含量最高值的2.5倍。不同厂家、不同批次以及不同产地板蓝根药材的直铁线莲宁B含量差异也较大,以江苏、吉林、安徽、河北的含量较高^[77]。上述研究结果为落叶松脂醇、落叶松脂醇糖苷、直铁线莲宁B等木脂素类化合物作为板蓝根的Q-Marker提供了重要参考。

3.2 基于传统药效与药性的 Q-Marker 预测分析

中药功效是指在中医药理论指导下中药用于防治疾病的作用或疗效的高度概括,是指导临床合理用药的核心内容和重要环节^[78]。板蓝根味苦性寒,归心、胃经,具有清热解毒,凉血利咽的功效,与传统功效相关的药理作用为抗菌、抗炎、抗病毒等。传统五味理论认为,苦味药可以清热解毒,《中国药典》记载的200多种苦味药物中,苦寒药中含生物碱的药物最多,占以生物碱为主成分的药物总数的75%^[79]。板蓝根中的生物碱具有抗病毒、抗菌、抗肿瘤等药理作用^[80],主要含有吲哚、喹啉酮、喹啉类化合物,与板蓝根的传统功效基本吻合。《素问·宣明五气》记

载:“五味所入,苦入心。”^[81]在归心经的中药中,萜类和黄酮类含量最高,主要具有抑菌、抗炎、抗肿瘤等药理作用^[82],与板蓝根的传统功效相呼应。综上所述,可将生物碱、萜类、黄酮类作为板蓝根Q-Marker的重要参考。

3.3 基于新的药效作用的 Q-Marker 预测分析

近年来,随着对板蓝根研究的不断深入,也发现了其具有一些新的药理作用,如抗氧化、保肝及预防金属中毒等。有研究^[83]采用超声辅助回流提取法制备板蓝根多糖,发现DPPH自由基清除率随多糖浓度升高而提高,当多糖浓度为6.25 mg·mL⁻¹时,对DPPH自由基的清除率达93.8%,表明板蓝根多糖具有良好的抗氧化能力。苏辉等^[84]通过构建大鼠自体肝移植模型来模拟移植肝缺血再灌注损伤的情况,并观察板蓝根多糖对肝实质功能的影响,结果发现经板蓝根多糖处理后,大鼠的肝实质损伤明显减轻,表明板蓝根多糖能显著保护肝功能及肝细胞损伤。樊永恒等^[85]利用醋酸铅诱导雄性小鼠制备铅中毒小鼠模型,分别给予50、100、200 mg·kg⁻¹不同浓度板蓝根多糖进行干预,结果显示板蓝根多糖对醋酸铅诱发的小鼠生长发育迟缓具有一定的改善作用。综上所述,多糖类可作为板蓝根Q-Marker的重要参考。

3.4 基于炮制前后成分变化的 Q-Marker 预测分析

有研究^[86]采用4种方法对板蓝根药材进行炮制,以(R,S)-告依春以及核苷类成分尿苷、腺苷、鸟苷为指标,比较4种炮制方法的差异,结果显示不同炮制工艺的板蓝根饮片中尿苷、腺苷、鸟苷、(R,S)-告依春的峰面积均高于原药材,表明其抗病毒活性成分含量明显增加,其中润制法炮制的板蓝根饮片整体质量较好。谭铭铭等^[87]采用鼓风干燥、远红外线干燥、晾晒和阴干4种方法,在不同温度条件下对板蓝根药材进行干燥处理,比较不同干燥方法对板蓝根中表告依春和尿苷含量的影响,结果显示,不同干燥条件下表告依春含量为鼓风干燥>远红外线干燥>晾晒>阴干,80℃鼓风干燥时尿苷含量最高。还有研究^[88]对新鲜采收的板蓝根药材在4种不同干燥程度下切制饮片的外观评分及水分、灰分、浸出物、主要成分(R,S)-告依春的含量等方面进行比较,结果表明4种加工炮制技术所得板蓝根饮片质量不同,将鲜品自然干燥(约15d)到一定程度后再切制及干燥所得板蓝根饮片的质量相对较好。综上所述,可将尿苷、腺苷、鸟苷、(R,S)-告依春、表告依春作为板蓝根Q-Marker的参考。

3.5 基于不同产地与采收时期的 Q-Marker 预测分析

中药材的产地、采收时期与其化学成分的含量密切相关,二者均是中药材质量控制的关键环节。谢友良等^[89]采用高效液相色谱(HPLC)法测定不同产地板蓝根药材及制剂中靛蓝和靛玉红的含量,结果表明产于河北及安徽的板蓝根药材中靛蓝、靛玉红含量较高。另有研究^[90]分析了黑龙江大庆、河北安国、甘肃岷县、安徽亳州、安徽阜阳、河南禹州6个产地的板蓝根有效成分表告依春的含量,结果显示不同产地板蓝根的表告依春含量存在较大差异,其中河北安国产板蓝根含量最高,安徽阜阳和黑龙江大庆次之,其余产地则较低。陈勇等^[78]采用反相高效液相色谱(RP-HPLC)法检测不同厂家、不同批次蓝根颗粒的直铁线莲宁B、异落叶松脂素的含量,结果发现其含量差异较大,直铁线莲宁B含量高的达 $307.8 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$,低的仅 $16.3 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$;异落叶松脂素含量高的达 $50.9 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$,低的仅 $6.5 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 。徐小飞等^[91]采用高效液相色谱-二极管阵列检测器(HPLC-DAD)法测定板蓝根药材中核苷类成分和(R,S)-告依春的含量,发现核苷类含量呈峰谷状变化,板蓝根中(R,S)-告依春含量在8月份最低,10月份含量最高。因此,可以将靛蓝、靛玉红、直铁线莲宁B、(R,S)-告依春、异落叶松脂素、表告依春、核苷等作为板蓝根Q-Marker的参考。

3.6 基于化学成分可测性的 Q-Marker 预测分析

夏巧红等^[92]建立了36批板蓝根样品的HPLC指纹图谱,确定了样品中6个贡献度较大的成分,其中3个为(R,S)-告依春、尿苷和鸟苷,建议作为板蓝根质量控制的指标成分。另有研究^[93]采用HPLC法同时测定板蓝根中(R,S)-告依春、直铁线莲宁B、胞苷、鸟苷、尿苷、腺苷6种化学成分,发现(R,S)-告依春、直铁线莲宁B具有良好的稳定性,均可作为质量控制的指标成分。李培启^[94]采用高效毛细管电泳法对板蓝根药材中水杨酸、苯甲酸、丁香酸和邻氨基苯甲酸的含量进行测定,还同时分别测定了3家公司的2批次板蓝根颗粒中的有机酸,发现不同公司板蓝根颗粒的有机酸含量存在较大差异,该测定方法简单、快速。综上所述,(R,S)-告依春、直铁线莲宁B、胞苷、鸟苷、尿苷、腺苷、水杨酸、苯甲酸、丁香酸和邻氨基苯甲酸可作为板蓝根Q-Marker的参考。

4 讨论

中药板蓝根药用历史悠久,因其价格低廉、疗效可靠,在临床上被广泛使用。目前板蓝根在质量

控制方面存在的问题主要有以下几方面:我国板蓝根的产地较多,导致市场上板蓝根的来源复杂,质量参差不齐^[95-97];《中国药典》2025年版仅规定了板蓝根中水溶性成分(R,S)-告依春作为其含量测定项,单一成分不足以全面反映其质量,药材质量难以全面把握^[1];缺乏关于板蓝根药材重金属和有害元素的文献报道;对板蓝根单一成分的研究已趋近成熟阶段,然而在成分、质量与临床疗效三者的关系上还有待于进一步深入研究^[98];目前有关板蓝根的研究多集中在化学成分、药理作用、临床应用方面,而对不同产区药材的质量综合评价研究较少。

本文在系统阐述板蓝根化学成分以及药理作用的基础上,从植物亲缘学与特有性成分、传统药效与药性、新的药效作用、炮制前后成分变化等多方面,对板蓝根的Q-Marker进行了预测分析。建议将落叶松脂醇、落叶松脂醇糖苷、异落叶松脂素、直铁线莲宁B等木脂素类化合物;胞苷、尿苷、腺苷、鸟苷等核苷;靛蓝、靛玉红、(R,S)-告依春、表告依春等生物碱;水杨酸、苯甲酸、丁香酸和邻氨基苯甲酸等有机酸,以及萜类、黄酮类、多糖等成分作为板蓝根Q-Marker的潜在对象,可为板蓝根质量控制体系的完善提供参考。

参考文献:

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典:一部[M]. 北京:中国医药科技出版社, 2025: 222.
- [2] 佚名. 神农本草经[M]. 孙星衍, 孙冯翼, 辑. 赵恒业, 校注. 太原:山西科学技术出版社, 2010: 44.
- [3] 付照羽, 冯治朋, 韩颜超, 等. 板蓝根研究进展[J]. 现代农业科技, 2023, (14): 41-45.
- [4] 唐璇. 板蓝根药用史考[J]. 环球中医药, 2014, 7(11): 869-871.
- [5] 王连睿, 苗明三. 天南星的研究进展及其质量标志物的预测分析[J]. 中药新药与临床药理, 2023, 34(11): 1640-1647.
- [6] 彭爱红. 板蓝根药理活性成分及临床应用进展[J]. 中国当代医药, 2010, 17(12): 13-14.
- [7] 雷黎明, 潘清平. 板蓝根化学、药理、质量及提取方法的研究进展[J]. 时珍国医国药, 2007, (10): 2578-2580.
- [8] 林丽君, 聂黎行, 戴忠, 等. 板蓝根的研究概况[J]. 中国药业, 2015, 24(21): 1-4.
- [9] 张东东, 阮德清, 李婧伊, 等. 板蓝根乙醇提取物中生物碱类化学成分研究[J]. 中华中医药杂志, 2020, 35(5): 2287-2291.
- [10] WANG F Q, BI J T, HE L W, et al. The indole alkaloids from the roots of *Isatis Radix*[J]. *Fitoterapia*, 2021, 153: e104950.
- [11] 闫俊, 赵春芳, 李伯平, 等. 板蓝根化学成分及抗氧化活性的研究[J]. 质谱学报, 2017, 38(2): 248-261.
- [12] 王晓良, 陈明华, 王芳, 等. 板蓝根水提取物的化学成分研究[J]. 中国中药杂志, 2013, 38(8): 1172-1182.

- [13] MOHN T, PLITZKO I, HAMBURGER M. A comprehensive metabolite profiling of *Isatis tinctoria* leaf extracts[J]. *Phytochemistry*, 2009, 70(7): 924-934.
- [14] 左丽, 李建北, 徐景, 等. 板蓝根的化学成分研究[J]. *中国中药杂志*, 2007, (8): 688-691.
- [15] MAUGARD T, ENAUD E, CHOISY P, et al. Identification of an indigo precursor from leaves of *Isatis tinctoria* (Woad) [J]. *Phytochemistry*, 2001, 58(6): 897-904.
- [16] 武佳, 解云霞. 板蓝根化学成分及质量控制研究[J]. *时珍国医国药*, 2006, 17(10): 2067-2068.
- [17] PEDRAS M S C, ABDOLI A, TO Q H, et al. Ecological roles of tryptanthrin, indirubin and N-formylanthranilic acid in *isatis indigotica*: Phytoalexins or phytoanticipins? [J]. *Chem Biodivers*, 2019, 16(3): e1800579.
- [18] 王喜芬, 云海. 板蓝根中3-(2'-羧基苯基)-1(3H)-咪唑酮的抗内毒素作用研究[J]. *时珍国医国药*, 2008, 19(2): 262-264.
- [19] 刘丽芳, 李方洲. 板蓝根化学成分、药理及质量控制管理[J]. *中国卫生产业*, 2018, 15(13): 36-37.
- [20] LIU Y F, WANG X L, CHEN M H, et al. Three pairs of alkaloid enantiomers from the root of *Isatis indigotica*[J]. *Acta Pharmaceutica Sinica B*, 2016, 6(2): 141-147.
- [21] 张东东, 李婧伊, 石燕红, 等. 板蓝根中糖苷类化学成分研究[J]. *中草药*, 2019, 50(15): 3575-3580.
- [22] LIU X T, YU S, YUAN M, et al. Determination of epigoitrin in *Radix Isatidis* by solid phase extraction-quantitative nuclear magnetic resonance spectroscopy[J]. *Chinese Journal of Analytical Chemistry*, 2017, 45(7): 1059-1065.
- [23] MOHN T, CUTTING B, ERNST B, et al. Extraction and analysis of intact glucosinolates—a validated pressurized liquid extraction/liquid chromatography-mass spectrometry protocol for *Isatis tinctoria*, and qualitative analysis of other cruciferous plants[J]. *J Chromatogr A*, 2007, 1166(1): 142-151.
- [24] NGUYEN T, JAMALI A, GRAND E, et al. Phenylpropanoid profiling reveals a class of hydroxycinnamoyl glucaric acid conjugates in *Isatis tinctoria* leaves[J]. *Phytochemistry*, 2017, 144: 127-140.
- [25] 聂黎行, 王馨平, 黄烈岩, 等. 板蓝根化学成分信息库的构建[J]. *中国药理学杂志*, 2022, 57(6): 428-452.
- [26] 张永文, 俞敏倩, 陈玉武, 等. 板蓝根中的木脂素双葡萄糖苷[J]. *中国中药杂志*, 2005, 30(5): 395.
- [27] 王福男, 张荣林, 吴立军. 板蓝根中的一个新异香豆素[J]. *沈阳药科大学学报*, 2005, 22(3): 187.
- [28] 陈焯, 范春林, 王英, 等. 板蓝根的化学成分研究[J]. *中国中药杂志*, 2018, 43(10): 2091-2096.
- [29] YANG L G, JIANG H M, WANG G, et al. Phenylpropanoids and some nitrogen-containing constituents from the roots of *Isatis indigotica* Fort. (Cruciferae) [J]. *Biochem Syst Ecol*, 2014, 54: 313-315.
- [30] 李霞, 陈安家, 李春. 板蓝根水溶性化学成分的研究[J]. *中国实验方剂学杂志*, 2010, 16(5): 64-67.
- [31] 黄远, 董福越, 李楚源. 板蓝根中主要化学成分含量测定方法研究进展[J]. *中国药业*, 2020, 29(7): 150-156.
- [32] 任国萍, 田璐, 李铮, 等. 板蓝根药材中氨基酸含量测定研究[J]. *中国新药杂志*, 2014, 23(1): 99-104.
- [33] 刘云海, 吴晓云, 方建国, 等. 板蓝根化学成分研究(IV)[J]. *医药导报*, 2003, 22(9): 591-594.
- [34] WANG X M, XIE Y Y, HU X M, et al. Qualitative and quantitative analysis of glucosinolates and nucleosides in *Radix Isatidis* by HPLC and liquid chromatography tandem mass spectrometry[J]. *Acta Pharmaceutica Sinica B*, 2013, 3(5): 337-344.
- [35] 崔维恒, 邓晓兰, 王思琴. 采用超高效液相色谱-四极杆-静电场轨道阱高分辨质谱快速鉴定板蓝根的化学成分[J]. *化学研究*, 2023, 34(4): 313-318.
- [36] 李彬, 陈万生, 赵阳, 等. 四倍体板蓝根中的苯丙素类成分[J]. *中草药*, 2005, 36(3): 326.
- [37] 方淑贤, 刘云海, 谢委. 板蓝根有机酸等中药成分抗内毒素研究现状[J]. *中国药房*, 2003, 14(11): 691-693.
- [38] 王小雪, 郑文捷, 谢国祥, 等. 高效毛细管电泳同时测定板蓝根中水杨酸、丁香酸、苯甲酸和邻氨基苯甲酸[J]. *中国中药杂志*, 2009, 34(2): 189-192.
- [39] 张洪江, 何立巍, 唐敏. 板蓝根中黄酮类化合物抗流感病毒的分子对接研究[J]. *化工时刊*, 2018, 32(3): 19-21.
- [40] 何轶, 鲁静, 林瑞超. 板蓝根化学成分研究[J]. *中草药*, 2003, 34(9): 377.
- [41] 倪华, 施霞, 刘云海. 板蓝根化学成分及其药理活性研究进展[J]. *齐齐哈尔医学院学报*, 2008, 29(13): 1609-1611.
- [42] 张时行. 靛青根化学成分的研究[J]. *中草药*, 1983, 14(6): 7-8, 6.
- [43] 刘丹. 基于特征降解糖谱和标记寡糖的复方板蓝根颗粒多糖质量控制研究[D]. 保定: 河北大学, 2024.
- [44] 刘凯会, 吴迪, 李士敏, 等. 板蓝根醇沉沉淀渣化学成分及其抗炎活性研究[J]. *中成药*, 2024, 46(11): 3692-3697.
- [45] 王晓良, 陈明华, 王芳, 等. 板蓝根水提取物的化学成分研究[J]. *中国中药杂志*, 2013, 38(8): 1172-1182.
- [46] 左娅, 朱慧娟, 刘军, 等. 板蓝根多糖抗单纯疱疹病毒 II 型的实验研究[J]. *华西药理学杂志*, 2013, 28(3): 267-269.
- [47] YANG Z F, WANG Y T, ZHENG Z G, et al. Antiviral activity of *Isatis indigotica* root-derived clemastanin B against human and avian influenza A and B viruses *in vitro*[J]. *Int J Mol Med*, 2013, 31(4): 867-873.
- [48] XIAO P, YE W Y, CHEN J W, et al. Antiviral activities against influenza virus (FM1) of bioactive fractions and representative compounds extracted from *Banlangen* (*Radix Isatidis*) [J]. *J Tradit Chin Med*, 2016, 36(3): 369-376.
- [49] YANG L, WANG H Q, YAN H Y, et al. (-)-Lariciresinol Isolated from the roots of *Isatis indigotica fortune ex lindl.* inhibits hepatitis B virus by regulating viral transcription[J]. *Molecules*, 2022, 27(10): 3223.
- [50] 马俊梅. 板蓝根的现代药理及临床新用分析[J]. *中国卫生标准管理*, 2014, 5(6): 64-66.
- [51] 姜晓文, 燕鸽, 李叔洪, 等. 板蓝根微粉水提物抗大肠杆菌活性及其机制的探究[J]. *中国畜牧兽医*, 2020, 47(9): 2968-2978.
- [52] 耿成锐, 李丽娟. 板蓝根不同提取部位抑菌作用比较研究[J]. *世界最新医学信息文摘*, 2017, 17(32): 90.
- [53] 阮德清. 板蓝根水提取物对LPS诱导内毒素败血症小鼠的保护作

- 用及机制研究[D]. 上海: 上海中医药大学, 2019.
- [54] 李友, 马莉, 沈芑, 等. 板蓝根三氯甲烷提取部位抗内毒素作用的“谱效”关系研究[J]. 中国药学杂志, 2011, 46(10): 741-744.
- [55] 李敬, 刘云海, 汤杰, 等. 板蓝根中水杨酸的抗内毒素作用[J]. 中国医院药学杂志, 2007, 27(10): 1349-1351.
- [56] 李吉萍, 朱冠华, 袁野, 等. 板蓝根多糖体内抗肿瘤作用与免疫功能调节实验研究[J]. 天然产物研究与开发, 2017, 29(12): 2010-2016.
- [57] 杜康嘉. 板蓝根生物碱Isaindigotone衍生物的化学合成及其诱导胃癌细胞凋亡机制研究[D]. 兰州: 兰州大学, 2022.
- [58] 莫斯锐, 谢集照, 林霄, 等. 板蓝根组分的分离与GC-MS分析和体外抗肿瘤活性研究[J]. 广东化工, 2017, 44(5): 13-15.
- [59] 刘俊栋, 刘海霞, 李建基, 等. 中药板蓝根抗菌、抗病毒及对免疫系统作用的研究[J]. 中兽医医学杂志, 2005, 24(2): 22-23.
- [60] 张弩. 板蓝根多糖的化学分离及其免疫增强活性的研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2008.
- [61] 薛瑞, 章激, 曹军华, 等. 板蓝根多糖对小鼠免疫功能的调节作用[J]. 中医药导报, 2012, 18(9): 94-96.
- [62] 徐艺铨. 板蓝根多糖的化学分离及其免疫增强活性的研究[J]. 生物技术世界, 2015(7): 140.
- [63] 陈凯, 窦月, 孟凡刚, 等. 板蓝根抗炎作用有效部位初步[J]. 中国实验方剂学杂志, 2012, 18(6): 200-203.
- [64] 徐瑶瑶, 金欣, 于涛涛, 等. 双贝糖浆和君药板蓝根的入血成分及抗炎活性成分[J]. 烟台大学学报(自然科学与工程版), 2024, 37(2): 188-198.
- [65] 马毅敏, 李娜, 刘承伟, 等. 板蓝根不同提取部位抗炎镇痛活性比较研究[J]. 中草药, 2014, 45(17): 2517-2521.
- [66] 林朝龙. 板蓝根清热解毒实质分析[J]. 中国现代药物应用, 2014, 8(12): 242-243.
- [67] 杨春望. 板蓝根药理研究进展[J]. 中国现代药物应用, 2016, 10(9): 282-283.
- [68] 庞竹林, 汤郡, 朱蔚云, 等. 板蓝根对试验性小鼠遗传毒性的影响[J]. 广州医学院学报, 2000, 28(3): 41-44.
- [69] 刘昌孝, 陈士林, 肖小河, 等. 中药质量标志物(Q-Marker): 中药产品质量控制的新概念[J]. 中草药, 2016, 47(9): 1443-1457.
- [70] 张铁军, 白钢, 陈常青, 等. 基于“五原则”的复方中药质量标志物(Q-marker)研究路径[J]. 中草药, 2018, 49(1): 1-13.
- [71] 孙开芬, 徐文芬, 王波, 等. 红禾麻本草考证、化学成分、药理作用研究进展及其质量标志物探讨[J]. 中成药, 2023, 45(4): 1222-1230.
- [72] 韩文静, 万河妨, 付晓东, 等. 菘蓝种质资源和品种选育研究进展[J]. 分子植物育种, 2023, 21(19): 6573-6580.
- [73] 杨立国, 王琪, 苏都那布其, 等. 菘蓝属植物化学成分及药理作用研究进展[J]. 中国现代应用药学, 2021, 38(16): 2039-2048.
- [74] 孙彦君, 王雪, 陈辉, 等. 四氢吡喃型木脂素类化合物研究进展[J]. 中草药, 2013, 44(21): 3067-3079.
- [75] 张学媛. 板蓝根木脂素类成分体内药物化学及抗炎相关分子靶点研究[D]. 南京: 南京中医药大学, 2020.
- [76] 谭宇萍, 董宏然, 杨健, 等. 不同发育期菘蓝和毛状根中直铁线莲宁B的含量变化规律研究[J]. 中国现代中药, 2017, 19(9): 1282-1286.
- [77] 李佳珊, 杜寒倩, 徐盼瑜, 等. 基于药性组合的雌激素样作用中药“性-效-理-病”关系研究[J]. 中草药, 2023, 54(20): 6753-6762.
- [78] 陈勇, 李祥, 陈建伟, 等. HPLC法测定板蓝根颗粒中直铁线莲宁B和异落叶松脂素的含量[J]. 现代中药研究与实践, 2009, 23(6): 53-56.
- [79] 葛改变, 吴心悦, 陈姣, 等. 计算机虚拟筛选技术在中药苦味物质基础中的研究应用[J]. 中国新药杂志, 2022, 31(13): 1273-1281.
- [80] 黄远, 董福越, 李楚源. 板蓝根中主要化学成分含量测定方法研究进展[J]. 中国药业, 2020, 29(7): 150-156.
- [81] 韩学超, 孙坤坤, 徐琬梨. 苦味中药的归经及临床应用[J]. 山东中医药大学学报, 2022, 46(4): 463-466.
- [82] 王小雪, 卢杉, 郑思悦, 等. 归经中药化学成分、药理作用及临床应用的实证分析[J]. 中华中医药杂志, 2018, 33(11): 5193-5197.
- [83] 王玉婷, 彭媛媛, 刘霞, 等. 不同提取方式对北板蓝根多糖含量和抗氧化活性的影响[J]. 上海工程技术大学学报, 2023, 37(2): 128-132.
- [84] 苏辉, 张培建, 朗洁, 等. 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): 19-22.
- [85] 樊永恒, 陈慧, 郭静, 等. 板蓝根多糖对染铅雄性小鼠生长性能的影响[J]. 中兽医医药杂志, 2018, 37(3): 60-62.
- [86] 李恒, 陈江平, 甘力帆, 等. 板蓝根饮片炮制工艺研究[J]. 中医药导报, 2021, 27(1): 58-61.
- [87] 谭铭铭, 黄勇, 徐小飞, 等. 干燥方法对板蓝根药材中表告依春和尿苷含量的影响[J]. 中药材, 2014, 37(4): 578-580.
- [88] 王亚琦, 葛秀允. 板蓝根饮片产地加工炮制技术研究[J]. 中国药房, 2018, 29(5): 656-658.
- [89] 谢友良, 何百寅, 李远彬, 等. 青黛药材中的靛蓝和靛玉红含量的同时测定[J]. 中药新药与临床药理, 2011, 22(4): 452-455.
- [90] 吴国学. 不同产地板蓝根中有效成分含量分析[J]. 国医论坛, 2018, 33(2): 63-64.
- [91] 徐小飞, 张慧晔, 邓乔华, 等. 不同采收期板蓝根核苷类及(R, S)-告依春含量变化研究[J]. 现代中药研究与实践, 2014, 28(2): 19-21.
- [92] 夏巧红, 刘柏龙, 刘生彩, 等. 基于指纹图谱和化学计量法的板蓝根质量评价研究[J]. 广西中医药, 2024, 47(5): 60-69.
- [93] 黄远, 董福越, 李楚源, 等. 一测多评法测定板蓝根中6种化学成分的含量[J]. 中草药, 2021, 52(3): 845-851.
- [94] 李培启. 高效毛细管电泳法测定板蓝根颗粒中的4种有机酸[J]. 华西药学杂志, 2014, 29(4): 425-427.
- [95] 周芳丽, 张丽艳, 李军. 基于指纹图谱结合化学计量分析南板蓝根质量评价研究[J]. 辽宁中医药大学学报, 2022, 24(11): 45-49.
- [96] 邓九零, 陶玉龙, 何玉琼, 等. 板蓝根抗流感病毒活性成分及其作用机制研究进展[J]. 中国中药杂志, 2021, 46(8): 2029-2036.
- [97] 赵美雪, 马丽, 盛钰, 等. 脂质体仿生膜联合LC-MS筛选板蓝根有效成分[J]. 中南药学, 2015, 13(11): 1168-1171.
- [98] 浩文婷, 晋玲, 王振恒, 等. 板蓝根质量评价方法及其质量相关影响因素研究进展[J]. 甘肃中医药大学学报, 2022, 39(2): 74-78.

【编辑: 邹元平, 刘彦宜(英文)】