

UPLC-MS/ELSD 法快速检测板蓝根颗粒及组分中的糖类成分

钱秀玉, 聂黎行*, 戴 忠, 马双成*

中国食品药品检定研究院, 北京 100050

摘要: **目的** 建立板蓝根颗粒及组分中糖类成分的快速定性方法和主要单糖的定量测定方法。**方法** 采用超高效液相色谱结合质谱检测器 (UPLC-MS) 快速定性板蓝根颗粒及组分中的糖类成分, 采用超高效液相色谱结合蒸发光散射检测器 (UPLC-ELSD) 同时测定果糖、葡萄糖的含量。使用 ACQUITY UPLC BEH Amide (2.1 mm × 150 mm, 1.7 μm) 色谱柱分离, 柱温 35 °C。流动相分别为乙腈-0.1% 氨水 (含 10 mmol/L 碳酸氢铵) (75:25) 和乙腈 (含 0.2% 三乙胺)-水 (75:25), 体积流量 0.2 mL/min。质谱检测器采用负离子模式, 毛细管电压 0.8 V, 锥孔电压 4 V, 探头温度 600 °C, 采集频率 1 Hz, 采用全扫描及 SIR 扫描模式。ELSD 检测器漂移管温度 50 °C, 氮气压力 275.8 kPa。**结果** 经 UPLC-MS 法鉴定板蓝根颗粒中糖类成分种类为单糖和双糖, 主要为果糖、葡萄糖、蔗糖、肌醇, 水洗脱组分检出血糖、葡萄糖、蔗糖, 10% 醇洗脱组分和 20% 醇洗脱组分均检出蔗糖。UPLC-ELSD 法含量测定结果表明, 果糖、葡萄糖在各自范围内线性关系良好, 各相关系数均 0.999 3 在以上, 平均回收率分别为 99.0%、100.1%。28 个生产企业的 28 批样品糖类成分含量差异较大。**结论** 所建立的方法准确度、重复性良好, 具有操作简便、节省时间等特点, 可为板蓝根颗粒的质量控制和物质基础研究提供参考。

关键词: 板蓝根颗粒; 果糖; 葡萄糖; 超高效液相色谱; 蒸发光散射检测器; 质谱检测器

中图分类号: R286.02

文献标志码: A

文章编号: 1674-6376 (2020) 07-1267-06

DOI: 10.7501/j.issn.1674-6376.2020.07.010

Rapid determination of sugars in Banlangen Granule and its fractions by UPLC-MS/ELSD

QIAN Xiuyu, NIE Lixing, DAI Zhong, MA Shuangcheng

National Institutes for Food and Drug Control, Beijing 100050, China

Abstract: **Objective** A rapid qualitative method for the Sugars and a quantitation method for the main monosaccharides in Banlangen Granule and its fractions were established. **Methods** Sugars were determined by ultra performance liquid chromatography (UPLC) method combined with mass spectrometric detector (MS). Fructose and glucose were determined by UPLC method combined with evaporative light scattering detector (ELSD). Separation was performed on an ACQUITY UPLC BEH Amide (2.1 mm × 150 mm, 1.7 μm) column and the column temperature was 35 °C. The mobile phase consisted of acetonitrile (containing 0.2% triethylamine)-water (75:25) and acetonitrile-water (containing 0.1% ammonia and 10 mmol/L NH₄HCO₃) (75:25) at a flow rate of 0.2 mL/min. The MS spectra were acquired in negative mode with a capillary voltage of 0.8 kV, a cone voltage of 4.0 kV, a probe temperature of 600 °C, an acquisition frequency of 1 Hz. The analytes were determined in full scan mode and SIR mode. The temperature for the evaporator tube of ELSD was maintained at 50 °C and the gas pressure for nitrogen was 275.8 kPa. **Results** The types of Sugars in Banlangen Granule were monosaccharide and disaccharide. Fructose, glucose, sucrose and inositol in the sample of banlangen granules were detected by UPLC-MS method. Fructose, glucose and sucrose were detected in water fraction. Sucrose was detected in both 10% alcohol fraction and 20% alcohol fraction. The results of UPLC-ELSD method showed that the calibration curves of the 2 components showed good linearity within their test ranges. The correlation coefficients were not lower than 0.9993. The average recoveries for fructose, glucose were 99.0%, 100.1%, respectively. There was a great variation among contents of

收稿日期: 2020-01-10

基金项目: 国家自然科学基金(81303194); 重大新药创制专项课题(2018ZX09735006); 中国食品药品检定研究院学科带头人培养基金(2017X1)

第一作者: 钱秀玉(1995—), 女, 硕士研究生, 主要从事中药质量控制方法的研究。Tel: 17744493230 E-mail: 1747402054@qq.com

*通信作者: 聂黎行 Tel: (010)67095313 E-mail: nielixing@163.com

马双成 Tel: (010)67095272 E-mail: masc@nifdc.org.cn

sugars in 28 batches of samples from 28 manufactures. **Conclusion** The proposed method was accurate, repeatable, simple and fast, thus providing reference for quality control and basic substances research of Banlangen Granule.

Key words: Banlangen Granule; fructose; glucose; ultra performance liquid chromatography (UPLC); evaporative light scattering detector (ELSD); mass spectrometric detector(MS)

板蓝根颗粒是由板蓝根制成的单味制剂,具有清热解毒、凉血利咽的功效^[1]。板蓝根药材中含有多种糖类成分,板蓝根药材中的多糖具有免疫调节、抗炎、抗病毒活性^[2-6]。板蓝根颗粒经板蓝根水提醇沉工艺而来,化学成分多为极性化合物。有学者测定了板蓝根颗粒中的氨基酸、表告依春、腺苷等成分^[7-11],但该制剂中糖类成分的检测尚未见报道。因此研究板蓝根颗粒中糖类成分对阐明其化学物质基础具有重要意义,有必要对本品中糖类成分加以测定。

目前的单个糖类成分的含量测定主要采用高效液相色谱-示差折光法^[12-14]、高效液相色谱-蒸发光散射法^[15-16]和高效液相色谱质谱连用法^[17-18]。蒸发光散射检测器相比示差折光检测器,基线平稳,受外界环境干扰小,并且该方法糖类不用衍生,简化了样品前处理过程,提高检测效率。质谱检测器灵敏度高,能够同时给出化合物保留时间和质量数信息,作为化合物定性的方法专属性强,相比高效液相色谱质谱连用方法操作简便^[19]。本研究采用超高效液相色谱结合质谱检测器(UPLC-MS)法对板蓝根颗粒的糖类成分快速定性,建立超高效液相色谱结合蒸发光散射检测器(UPLC-ELSD)法测定果糖、葡萄糖含量的方法,并应用于测定板蓝根颗粒样品及组分,为该品种的质量控制和物质基础研究提供了实验依据。

1 仪器与试药

AE240、XPE105 电子天平(瑞士 Mettler 公司), R-124A 旋转蒸发仪(瑞士步琦公司),FD-IA-50 冻干机(北京博医康公司),ACQUITY UPLC 超高效液相色谱仪,配有 ACQUITY ELSD 检测器、ACQUITY QDa 检测器,Empower 工作站(美国 Waters 公司),Milli-Q 型超纯水处理系统(美国 Millipore 公司)。

D-果糖(批号 111504-201703,质量分数 99.8%)、D-葡萄糖(110833-201506,99.9%)、蔗糖(111507-201704,100.0%)、麦芽糖(100287-201303,94.3%)、麦芽三糖(100274-201703,供鉴别用)、麦芽五糖(112017-201602,供鉴别用)对照品均购自中国食品药品检定研究院;肌醇购于北京化学

试剂公司,AB-8 型大孔树脂购于天津浩聚树脂科技有限公司。板蓝根水提醇沉浸膏(板蓝根颗粒的中间体)由广州白云山和记黄埔中药有限公司提供,28批次的板蓝根颗粒为各省药品抽验样品,见表1。乙醇、浓硫酸、 α -萘酚、碳酸氢铵、氨水为分析纯,乙腈、三乙胺为色谱纯,水为超纯水。

表1 板蓝根颗粒样品信息

Table 1 Information of Banlangen Granule samples

样品 编号	批号	抽检 省份	样品 编号	批号	抽检 省份
1	4180801	安徽	15	1812032	广州
2	20190301	安徽	16	19010903	安徽
3	190203	安徽	17	201903001	湖南
4	20190402	安徽	18	20180501	青海
5	1812002	江西	19	18062341	青海
6	6190104	青海	20	1806109	江西
7	181110	江西	21	19011143	江西
8	180102	湖南	22	2019012	广州
9	K18A018	青海	23	S1904019	陕西
10	201805102	江西	24	190103	陕西
11	180102	江西	25	190501	安徽
12	171201	海南	26	WXFB1962	云南
13	190403	江西	27	20180611	广州
14	190301	湖南	28	20190302	云南

2 方法与结果

2.1 板蓝根颗粒组分制备

取板蓝根水提醇沉浸膏 50 g,加少量水使溶解稀释,通过已处理好的 AB-8 大孔树脂柱,以 10% 为梯度,依次用 0~100% 乙醇洗脱至无色,收集流分,浓缩冻干,分别得到组分 1~11。经 Molish 理化反应鉴别各部位糖类^[1],从组分 1~6 中检出糖类,本实验分析对象为组分 1~3(即分别为上样液加水洗脱组分、10% 醇洗脱组分、20% 醇洗脱组分)。

2.2 UPLC-ELSD 法初步鉴别糖的类型

2.2.1 色谱条件 色谱柱: Alltech Prevail™ Carbohydrate ES 柱(250 mm TM Carbo, 4 250);柱温: 30 °C;流动相: 乙腈-水(70:30),等度洗脱,体积流量 1.0 mL/min;进样量 1 μ L。

2.2.2 对照品溶液的制备 分别精密称取果糖、麦芽糖、麦芽三糖、麦芽五糖对照品约10 mg,置于10 mL量瓶中,用50%乙腈溶解并稀释至刻度,摇匀,即得单个标准溶液。

2.2.3 供试品溶液的制备 取1组分10 mg,精密称定,置于10 mL量瓶中,用50%乙腈溶解并稀释至刻度,摇匀,即得。

2.2.4 测定 精密吸取对照品溶液1 μ L和供试品溶液1 μ L,按“2.2.1”项下色谱条件测定,进行定性鉴别。

2.3 UPLC-MS法鉴别糖的种类

2.3.1 色谱条件 色谱柱: ACQUITY UPLC™ BEH Amide柱(2.1 mm×150 mm, 1.7 μ m);柱温: 35 $^{\circ}$ C;流动相: 乙腈-0.1%氨水(含10 mmol/L碳酸氢铵)(75:25),等度洗脱,体积流量0.2 mL/min;进样量1 μ L;柱温35 $^{\circ}$ C。QDa质谱检测器参数设置: 负离子模式,毛细管电压:0.8 V,锥孔电压:4 V,探头温度:600 $^{\circ}$ C,采集频率:1 Hz,全扫描:50~450 Hz, SIR模式参数设置如下:果糖、葡萄糖、蔗糖、肌醇分别为179、179、341、179[M-H]⁻。

2.3.2 对照品溶液的制备 分别精密称取果糖、葡萄糖、蔗糖、肌醇对照品约10 mg,置于10 mL量瓶中,用50%乙腈溶解并稀释至刻度,摇匀,即分别得单个标准溶液。

2.3.3 供试品溶液的制备 溶液配制:分别取各板蓝根颗粒样品1 g及上述组分1~3各10 mg,精密称定,置具塞锥形瓶中,精密加入10 mL 50%乙腈溶解,密塞,称定质量,超声10 min使其充分溶解,取出放至室温,用50%乙腈补足失量,摇匀,用微孔滤膜(0.45 μ m)滤过,取续滤液,即得。

2.3.4 测定法 精密吸取对照品溶液1 μ L和供试品溶液1 μ L,按“2.3.1”项下条件测定,进行定性鉴别。

2.4 板蓝根颗粒及组分中主要糖的含量测定

2.4.1 色谱条件 色谱柱: ACQUITY UPLC™ BEH Amide柱(2.1 mm×150 mm, 1.7 μ m);柱温: 35 $^{\circ}$ C;流动相: 乙腈(0.2%三乙胺)-水(75:25),等度

洗脱,体积流量0.2 mL/min;进样量1 μ L;柱温35 $^{\circ}$ C。蒸发光散射检测器参数设置:漂移管温度50 $^{\circ}$ C,氮气压力275.8 kPa,增益100,数据率10 pps,冷却模式。

2.4.2 对照品溶液的制备 精密称取D-果糖250 mg、D-葡萄糖100 mg,精密称定,置于50 mL量瓶中,用50%乙腈溶解并稀释至刻度,摇匀,即得果糖、葡萄糖混合对照品储备液。精密量取混合对照品储备液0.6、1、2、6、8、10 mL,置于10 mL量瓶中,加50%乙腈稀释至刻度,配制系列混合对照品溶液,供含量测定用。

2.4.3 供试品溶液的制备 溶液配制同“2.3.3”项下方法制备。

2.4.4 测定法 精密吸取各系列稀释的混合对照品溶液1 μ L和“2.3.3”项下的供试品溶液1 μ L,按“2.4.1”项下条件测定,记录2种糖的峰面积,以进样量对数值为横坐标,峰面积对数值为纵坐标,绘制工作曲线,计算含量。

2.5 方法学考察

2.5.1 线性关系考察 精密量取不同体积的果糖、葡萄糖对照品储备液至10 mL量瓶中,用50%乙腈稀释至刻度,配成系列浓度的果糖、葡萄糖混合对照品溶液,以进样量的对数值为横坐标,峰面积的对数值为纵坐标绘制标准曲线,并计算回归方程。结果显示糖线性关系良好,回归方程、线性范围和相关系数见表2。

2.5.2 精密度试验 取同一批次供试品溶液,连续测定6次,记录2种糖的峰面积,果糖、葡萄糖峰面积的RSD值分别为2.2%、1.9%,均小于3.0%,表明仪器精密度良好。

2.5.3 稳定性试验 取同一批次供试品溶液,分别于0、0.5、1、2、4、6、8 h进样测定,测定结果为在8 h内果糖、葡萄糖峰面积RSD值分别1.2%、2.1%,RSD值均小于3.0%。表明供试品液在8 h内稳定。

2.5.4 重复性试验 取同一批次样品,平行制备6份供试品溶液,进样测定,计算各糖含量(mg/g),果糖、葡萄糖糖含量的RSD值分别为1.6%、2.1%,RSD

表2 板蓝根颗粒中两种糖的回归方程及线性范围、相关系数

Table 2 Regression equation, linear range, coefficient of two sugars in Banlangen Granule

糖类成分	回归方程	线性范围/(μ g·L ⁻¹)	相关系数
果糖	$Y=10.995+1.7316X$	0.3004~5.0074	0.9998
葡萄糖	$Y=10.632+1.5996X$	0.1208~2.0138	0.9993

值均小于3.0%,表明方法重复性良好。

2.5.5 加样回收试验 取1厂家板蓝根颗粒约0.5 g,精密称定,置具塞锥形瓶中,共9份。取D-果糖56.34 mg、D-葡萄糖13.88 mg,精密称定,置于25 mL量瓶中,用50%乙腈溶解并稀释至刻度,摇匀,即得果糖、葡萄糖加样回收率混合对照品溶液。分别向上述9份样品中精密加入混合标准溶液0.8、1.0、1.2 mL(平行3份),制得加标量为低、中、高水平的样品,进样测定,计算回收率,果糖、葡萄糖平均回收率分别为99.0%、100.1%,RSD值分别为2.7%、1.4%,均小于3.0%。

2.6 样品测定

取板蓝根颗粒,依法测定,UPLC-ELSD法鉴别板蓝根颗粒组分中的糖的类型,结果表明,板蓝根组分1中糖的类型主要为单糖和双糖,未检出多糖,UPLC-ELSD法对照品和供试品溶液色谱图见图1;UPLC-MS法结果表明,板蓝根颗粒及组分1均检出血糖、葡萄糖、蔗糖、肌醇,2、3组分检出蔗糖,SIR通道(m/z 179、341)对照品和供试品溶液色谱图见图2、3。UPLC-ELSD法含量测定结果见表3,含量测定项下对照品和供试品溶液色谱图见图4。

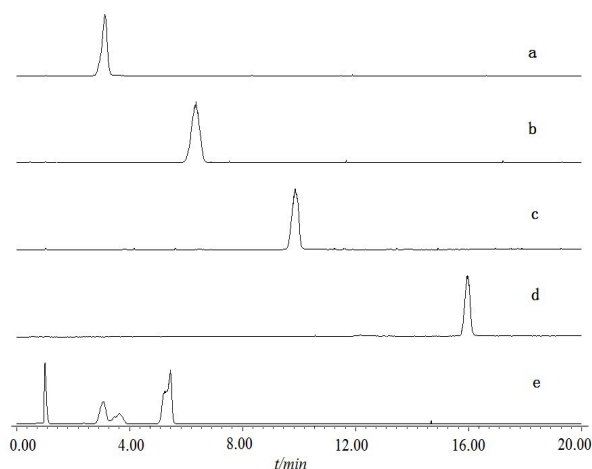


图1 UPLC-ELSD法测定的果糖(a)、麦芽糖(b)、麦芽三糖(c)、麦芽五糖(d)、组分1(e)的色谱图

Fig. 1 Chromatograms of Fructose (a), Maltose (b), Maltotriose (c), Maltopentaose (d), fraction 1 (e), detected using UPLC-ELSD

3 讨论

本实验果糖、葡萄糖含量测定方法主要参照文献^[20]方法,选用ACQUITY UPLC BEH Amide柱,采用酰胺键合相与化合物形成氢键的亲和作用大小,对糖类有较好的分离。考察了乙腈-水、乙腈-水(0.1%三乙胺)、乙腈(含0.2%三乙胺)-水、乙腈-

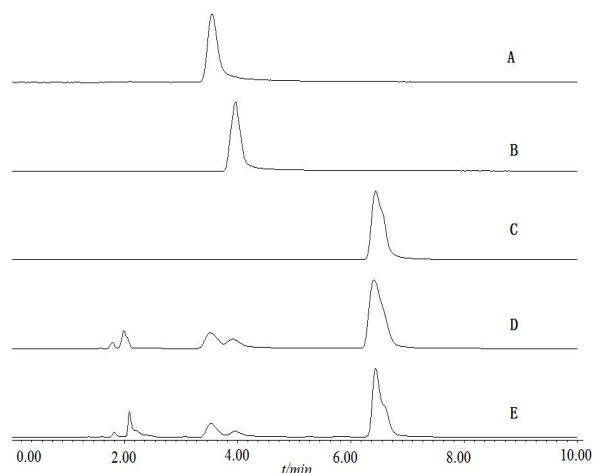


图2 UPLC-MS法SIR通道(m/z 179)测定的果糖(A)、葡萄糖(B)、肌醇(C)、组分1(D)、板蓝根颗粒(E), detected under SIR mode (m/z 179) using UPLC-MS

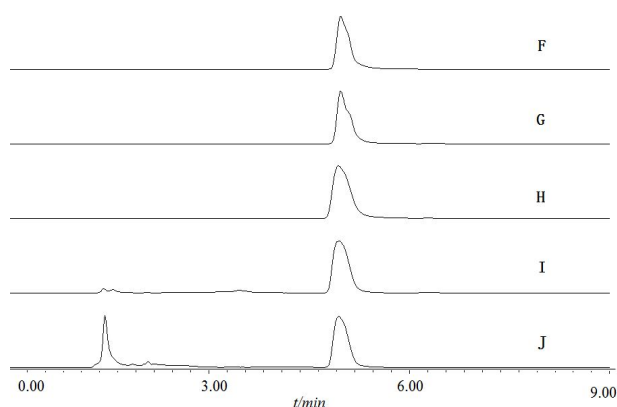


图3 UPLC-MS法SIR通道(m/z 341)测定的蔗糖(F)、板蓝根颗粒(G)、组分1(H)、组分2(I)、组分3(J), detected under SIR mode (m/z 341) using UPLC-MS

0.1%氨水、乙腈-0.1%氨水(含10 mmol/L碳酸氢铵)流动相系统对分离的影响,结果表明,ELSD检测器在乙腈(含0.2%三乙胺)-水、质谱检测器在乙腈-0.1%氨水(含10 mmol/L碳酸氢铵)流动相条件下分别色谱峰峰形好,化合物响应较高。考察了流动相比(70:30、75:25、80:20)及流动相体积流量(0.1、0.13、0.2、0.3 mL/min),结果表明流动性比例为75:25和0.2 mL/min条件下色谱峰分离较好,分析时间短。建立并优化了质谱检测器下流动相条件,提高了单糖和双糖在质谱检测器中的响应。实验条件下,肌醇和板蓝根颗粒样品的峰形仍欠佳,可能与化合物离子化有关,还需改善流动相添

表3 样品测定结果(mg·g⁻¹)Table 3 Identification results of samples (mg·g⁻¹)

样品 编号	果糖	葡萄糖	总和	样品 编号	果糖	葡萄糖	总和
组分1	152.82	115.24	268.06	15	21.96	11.72	33.68
1	5.12	1.97	7.09	16	10.64	6.51	17.15
2	7.57	3.00	10.57	17	13.03	7.76	20.79
3	21.96	10.15	32.11	18	13.64	5.45	19.09
4	7.52	4.03	11.55	19	16.77	11.01	27.78
5	6.79	5.76	12.55	20	7.13	3.10	10.23
6	4.19	2.39	6.58	21	8.27	2.61	10.88
7	3.66	2.00	5.66	22	6.29	2.21	8.50
8	2.93	1.50	4.43	23	6.22	4.21	10.43
9	5.35	2.22	7.57	24	11.03	3.31	14.34
10	29.75	19.12	48.87	25	3.49	4.21	7.70
11	6.25	1.67	7.93	26	8.73	6.57	15.30
12	10.55	5.49	16.04	27	13.46	8.26	21.72
13	11.82	3.97	15.79	28	4.00	2.33	6.33
14	18.92	10.63	29.55				

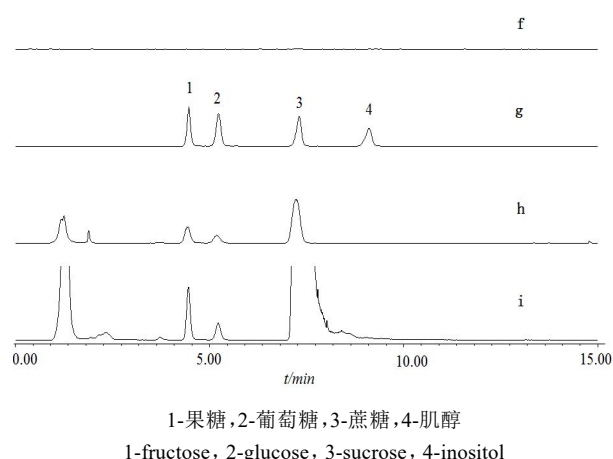


图4 UPLC-ELSD法测定的空白(f)、混合对照品溶液(g)、组分1(h)、板蓝根颗粒(i)的色谱图

Fig.4 Chromatograms of blank (f), mixed standard solution (g), fraction 1 (h), Banlangen Granule (i) detected using UPLC-ELSD

加剂、检测器参数等做进一步研究。

实验以果糖、麦芽糖、麦芽三糖、麦芽五糖对照品为参照定位色谱峰,判断板蓝根颗粒及组分中所含糖的种类。结果表明板蓝根颗粒中糖的类型为单糖和双糖,无板蓝根多糖,主要以果糖、葡萄糖、蔗糖为主,因蔗糖为板蓝根颗粒的辅料,造成阴性干扰,故对果糖和葡萄糖的含量进行了测定。实验还对板蓝根浸膏(无辅料)分离得到的大极性部位的糖类种类及分布进行了研究,结果表明,板蓝根

颗粒原料浸膏中的糖类主要分布在上样液加水洗脱部位,上样液加水洗脱部位果糖、葡萄糖、蔗糖均有检出,该组分果糖、葡萄糖总含量为26.8%,10%醇洗脱组分和20%醇洗脱组分均检出蔗糖。28个厂家的板蓝根颗粒2种糖总量在5.66~48.87 mg/g,含量差异较大,不同厂家的原料来源、生产工艺等因素都有可能是产生差异的原因。建议加强对板蓝根颗粒原料的质量控制,规范生产各环节工艺,提高产品的均一性。

本研究建立了UPLC-ELSD快速测定板蓝根颗粒中果糖、葡萄糖含量的方法,结合质谱检测器检测板蓝根颗粒中的糖类成分,并补充检测出蒸发光散射检测器中响应较低的肌醇,方法具有操作简便、专属性强,分析时间短,无需衍生等特点。本研究首次建立了板蓝根颗粒制剂中糖类的含量测定方法,为研究板蓝根颗粒的质量控制和化学物质基础研究提供了参考。

参考文献

- [1] 中国药典[S].一部.2015.
- [2] 贾建,曹荣安,杜亿华,等.板蓝根多糖研究进展[J].食品工业科技,2016,37(18):378-383.
- [3] 国欣,胡小龙,王月荣,等.板蓝根多糖的系统分离纯化与组成分析[J].中草药,2016,47(9):1508-1514.
- [4] 陆广马.板蓝根中多糖的分离以及高效液相色谱分析[J].亚太传统医药,2014,10(2):30-31.
- [5] 田冰,刘璟.板蓝根多糖在结核小鼠模型中的免疫干预研究[J].检验医学与临床,2017,14(19):2842-2844.
- [6] 陈瑞华,谢婷,田冰,等.板蓝根多糖通过TLR4-NF-κB通路对结核大鼠肺部炎症影响的机制研究[J].海南医学院学报,2019,25(16):1215-1223.
- [7] 万绍晖,徐玫,王荔,等.反相高效液相色谱-柱前衍生法测定复方板蓝根颗粒中氨基酸的含量[J].中药材,2005,28(7):594-596.
- [8] 辛敏通,傅欣彤,陈有根,等.柱前衍生化UPLC测定板蓝根颗粒中主要游离氨基酸的含量[J].中国中药杂志,2011,36(23):3306-3309.
- [9] 高艳梅,谷俊峰.HPLC测定板蓝根颗粒中表告依春的含量[J].中国民族民间医药,2019,28(2):21-22.
- [10] 肖春霞,黄晓婧,文永盛,等.HPLC法同时测定板蓝根颗粒中腺苷和(R,S)-告依春的含量[J].中国药物评价,2017,34(2):81-85.
- [11] 王宁莉,周振旗,贾万仓.板蓝根饮片、板蓝根颗粒中(R,S)-告依春的含量测定[J].中国药业,2018,27(3):30-32.
- [12] 马邨生,林婧,马雪,等.HPLC-RID法测定不同批次刺糖中蔗果三糖含量[J].食品安全导刊,2018,196(3):66.

- [13] 马 蓉, 徐 昊, 李红梅, 等. 高效液相色谱-示差折光测定蜂蜜中5种还原糖的含量 [J]. 安徽农学通报, 2019, 25(13): 42-50.
- [14] 房 艳, 张雅莉, 高俊海. 高效液相色谱-示差折光法测定婴幼儿配方乳粉中低聚半乳糖含量 [J]. 食品科技, 2019, 44(10): 323-327.
- [15] 陈 琦, 李 立, 吴雪原, 等. 高效液相色谱-蒸发光检测器法检测茶叶中掺杂糖类物质 [J]. 茶业通报, 2015, 37(1): 26-29.
- [16] 韦升坚. 高效液相色谱-蒸发光散射法检测无糖饮料中7种糖类物质的含量 [J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(19): 6519-6526.
- [17] 梁 军, 孙黎明, 夏永刚, 等. 亲水作用色谱-质谱法测定麻黄根多糖单糖的组成 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2017, 23(7): 73-78.
- [18] 赵 瑜, 刘金云, 汤 威, 等. 高效液相色谱-串联质谱法测定烟草中的七种糖类物质 [J]. 食品工业科技, 2012, 33(12): 83-86.
- [19] 孙维来, 郑晓雨, 赵彦彪, 等. 基于超高效液相色谱-质谱联用技术对大麻植物中3种成分及化学表型分析 [J]. 分析化学, 2017, 45(7): 1052-1059.
- [20] 姚令文, 刘 瑞, 聂黎行, 等. UPLC-ELSD法快速测定生脉注射液中果糖、葡萄糖、蔗糖、麦芽糖含量 [J]. 中国药事, 2019, 33(1): 75-80.