

胶束电动毛细管电泳法同时测定麻杏止咳糖浆中的 6 种防腐剂

廖乃英¹, 袁孝晔^{2*} (1.广西卫生职业技术学院, 南宁 530023; 2.广西南宁赢创美诗药业有限公司, 南宁 530100)

摘要: 目的 建立胶束电动毛细管色谱-二极管阵列检测法(MEKC-DAD)同时测定不同厂家的麻杏止咳糖浆中苯甲酸、山梨酸、对羟基苯甲酸甲酯、对羟基苯甲酸乙酯、对羟基苯甲酸丙酯、对羟基苯甲酸丁酯等 6 种防腐剂的含量。方法 采用胶束电动毛细管分离模式, 用未涂渍的标准熔融石英毛细管柱(75 μm ×64 cm, 有效长度 56 cm)为分离通道; 背景电解质溶液: 15 mmol·L⁻¹ 硼砂-60 mmol·L⁻¹ 硼酸-50 mmol·L⁻¹ SDS; 检测波长 195 nm; 运行电压: 15 kV; 运行温度: 20 °C; 压力进样: 50 mbar, 5 s。结果 各化合物的浓度与峰面积的线性关系良好($r \geq 0.9993$); 精密度、稳定性试验的 RSD < 2.0%; 加样回收率范围为 98.7%~101.2%($n=9$)。5 家企业共 10 批样品均未检出山梨酸和对羟基苯甲酸酯类; 5 家企业样品的苯甲酸含量与处方相符。结论 本方法可用于麻杏止咳糖浆中防腐剂的检测, 为其生产工艺和质量控制提供有意义的实验数据和参考依据。

关键词: 胶束电动毛细管电泳; 麻杏止咳糖浆; 苯甲酸; 山梨酸; 苯甲酸甲酯类

中图分类号: R917 文献标志码: B 文章编号: 1007-7693(2020)03-0321-05

DOI: 10.13748/j.cnki.issn1007-7693.2020.03.012

引用本文: 廖乃英, 袁孝晔. 胶束电动毛细管电泳法同时测定麻杏止咳糖浆中的 6 种防腐剂[J]. 中国现代应用药学, 2020, 37(3): 321-325.

Simultaneous Determination of Six Preservatives in Mxing Zhike Syrup by MEKC-DAD

LIAO Naiying¹, YUAN Xiaoye^{2*} (1.Guangxi Medical College, Nanning 530023, China; 2.Guangxi Nanning Rexim Pharmaceutical Company, Nanning 530100, China)

ABSTRACT: OBJECTIVE To establish a micellar electrokinetic chromatography with diode array detection(MEKC-DAD) method for simultaneous determination of six preservatives including benzoic acid, sorbic acid, methylparaben, ethylparaben, propylparaben and butyl-p-hydroxybenzoate in Mxing Zhike syrup. **METHODS** Based on the mode of MEKC, an uncoated fused silica capillary(75 μm ×64 cm, 56 cm of effective length) was adopted, and 15 mmol·L⁻¹ borax- 60 mmol·L⁻¹ boric acid-50 mmol·L⁻¹ SDS was selected for the running buffer. The detection wavelength was set at 195 nm. The separation voltage was 15 kV and the column temperature was maintained at 20 °C. The sample was injected at 50 mbar for 5 s. **RESULTS** The calibration curves of the six preservatives in Mxing Zhike syrup showed good linearity($r \geq 0.9993$). RSDs of precision and stability test were <2.0%. The average recoveries of the method were between 98.7%–101.2%($n=9$). No sorbic acid and parabens were detected in 10 batches of samples from 5 enterprises. The benzoic acid content of samples from 5 enterprises was consistent with the prescription. **CONCLUSION** The method is suitable for the detection of preservative in Mxing Zhike syrup. The obtained results are valuable for its manufacturing process and quality control.

KEYWORDS: MEKC-DAD; Mxing Zhike syrup; benzoic acid; sorbic acid; parabens

麻杏止咳糖浆是由麻黄、苦杏仁、甘草(炙)和石膏等 4 味药材加工制成的复方制剂, 具有镇咳、祛痰、平喘的功效^[1], 主要治疗呼吸道感染、急性支气管炎等病症。本品属于糖浆剂, 易引起微生物的滋长和繁殖, 因此为了防止样品变质, 延长保质期, 生产过程中常加入防腐剂。中药合剂、糖浆剂中的防腐剂包括苯甲酸、山梨酸和对羟基苯甲酸酯类(甲酯、乙酯、丙酯、丁酯)^[2]。本品收载于《卫生部药品标准》中药成方制剂第二

十册, 现行标准并没有对处方中的防腐剂限度进行规定。中国药典 2015 年版四部中明确规定, 糖浆剂中山梨酸和苯甲酸的用量不得>0.3%, 羟基苯酯类的用量不得>0.05%。过量使用苯甲酸不仅会破坏维生素 B₁、影响人体对钙的吸收、刺激胃肠道、损坏神经系统, 而且还会对人体肝脏造成危害, 甚至致癌^[3]。近年来羟基苯酯类在临床上有多重不良反应发生, 尤以过敏反应多见^[4]。为了解该品种市售产品中防腐剂的使用情况, 本研究建立

作者简介: 廖乃英, 女, 硕士, 讲师 Tel: (0771)5616035
(0771)6202058 E-mail: 2707806451@qq.com

E-mail: 147789539@qq.com *通信作者: 袁孝晔, 男, 硕士 Tel:

胶束电动毛细管电泳法同时测定麻杏止咳糖浆中苯甲酸、山梨酸、对羟基苯甲酸甲酯、对羟基苯甲酸乙酯、对羟基苯甲酸丙酯、对羟基苯甲酸丁酯等 6 种防腐剂含量的方法,并考察了市售的 5 个厂家 10 个批次麻杏止咳糖浆样品,以为麻杏止咳糖浆的生产工艺和质量控制提供参考依据。

1 仪器与试剂

7100 毛细管电泳仪、未涂渍的标准熔融石英毛细管柱(75 $\mu\text{m}\times 64\text{ cm}$,有效长度 56 cm)均来自美国 Agilent 公司;二极管阵列检测器(DAD);XD205DU 电子天平(梅特勒公司,0.1 mg)。

对照品:苯甲酸(批号:100419-201302;含量:100%)、山梨酸钾(批号:101075-200901;含量:100%)、对羟基苯甲酸甲酯(批号:100278-201103;含量:99.6%)、对羟基苯甲酸乙酯(批号:00847-201102;含量:99.9%)、对羟基苯甲酸丙酯(批号:100444-200401;含量:100%)及对羟基苯甲酸丁酯(批号:110792-200503;含量:100%)均购自中国食品药品检定研究院;各种溶液配制用水为超纯水(电导率 $<0.1\text{ }\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$);硼酸、硼酸钠、SDS 均为分析纯。麻杏止咳糖浆样品分别购自广西大力神制药有限公司,简称 DLS(批号:20180912,20180913);石药集团广西泰诺制药有限公司,简称 TN(批号:180927,180715);广西禅方药业股份有限公司,简称 CF(批号:180602,180603);桂林葛仙翁药业有限公司,简称 GXW(批号:180515,180605);桂林中族中药股份有限公司,简称 ZZ(批号:180805,180202),均为南宁市区药店内销售的药品,共 10 个生产批号。

2 方法与结果

2.1 电泳条件

未涂渍的标准熔融石英毛细管柱(75 $\mu\text{m}\times 64\text{ cm}$,有效长度 56 cm)为分离通道;运行缓冲液:15 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 硼砂-60 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 硼酸-50 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ SDS;检测波长 195 nm;运行电压:15 kV;运行温度:20 $^{\circ}\text{C}$;压力进样:50 mbar,5 s。毛细管使用前依次用 1 $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 氢氧化钠溶液、超纯水和运行缓冲液压力冲洗 20,10,10 min,样品分析间隔用 0.1 $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 氢氧化钠溶液、超纯水、运行缓冲液平衡 5,2,5 min。上述试剂使用前均经 0.22 μm 滤膜滤过,并超声脱气。

2.2 溶液制备

2.2.1 混合对照品溶液

分别精密称取苯甲酸

10.36 mg、山梨酸 10.91 mg、对羟基苯甲酸甲酯 10.62 mg、对羟基苯甲酸乙酯 9.48 mg、对羟基苯甲酸丙酯 10.54 mg、对羟基苯甲酸丁酯 10.23 mg,置不同的 10 mL 量瓶中,用 50%甲醇溶液溶解并定容,摇匀,即得单一的对照品储备液。分别精密量取苯甲酸、山梨酸钾对照品储备液各 6 mL,精密量取对羟基苯甲酸甲酯、对羟基苯甲酸乙酯、对羟基苯甲酸丙酯、对羟基苯甲酸丁酯的对照品储备液各 1 mL,置同一 20 mL 量瓶中,加运行缓冲液定容,摇匀,即得混合对照品储备液。精密量取混合对照品储备液 2.5 mL 置 10 mL 量瓶中,加运行缓冲液稀释至刻度,摇匀,即得混合对照品使用液,用 0.22 μm 滤膜滤过,并超声脱气后 4 $^{\circ}\text{C}$ 保存备用。

2.2.2 供试品溶液 精密量取样品溶液 0.5 mL 置 10 mL 量瓶中,加运行缓冲液定容,摇匀,用 0.22 μm 滤膜滤过,并超声脱气后备用。

2.2.3 阴性对照溶液 按照处方比例,取一定量的糖加适量水溶解后,加入麻黄、苦杏仁、甘草(炙)、石膏等 4 味药材,按现行标准中规定的处方工艺,制备不含苯甲酸的阴性样品,并按“2.2.2”项下方法制备阴性对照溶液。

2.3 系统适用性试验

取“2.2.1”项下混合对照品溶液、供试品溶液和阴性对照溶液,按“2.1”项下电泳条件测试,记录色谱图。结果表明,在该色谱条件下,各成分峰均能达到基线分离,分离度 >2.0 ;6 个成分理论板数均 $>50\ 000$,阴性对照溶液对样品测定无干扰,结果见图 1。

2.4 标准曲线、检测限与定量限

精密吸取混合对照品储备溶液 0.5,1.0,2.5,5.0,10.0 mL 置 10 mL 量瓶中,加运行缓冲液稀释至刻度,摇匀,即得标准曲线溶液。将标准曲线溶液进样测定,以对照品的峰面积(y)对相应的质量浓度(x)进行线性回归,得回归方程、相关系数及线性范围;以各化合物的 $S/N=3$ 时的相应浓度确定最低检测限(LOD);以各化合物的 $S/N=10$ 时的相应浓度确定最低定量限(LOQ)。结果见表 1。

2.5 仪器精密度试验

精密量取“2.2.1”项下混合对照品溶液,重复进样 6 次,测得 6 种防腐剂平均迁移时间、峰面积的 RSD 均 $<1.7\%$, 1.8% ,表明仪器的精密度良好。

表 1 6 种防腐剂对照品标准曲线、检测限与定量限

Tab. 1 Standard curve, LOD and LOQ of six preservatives reference substance

No.	成分	回归方程	<i>r</i>	线性范围/ $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$	LOD/ $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$	LOQ/ $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$
1	苯甲酸	$y=3.725\ 2x+0.243\ 5$	0.999\ 9	15.52~310.49	0.100	0.33
2	山梨酸	$y=0.645\ 9x-1.761\ 7$	0.999\ 7	16.365~327.30	0.160	0.53
3	羟苯甲酯	$y=25.145\ 5x-4.817\ 8$	0.999\ 4	2.66~53.10	0.066	0.22
4	羟苯乙酯	$y=2.778\ 0x-4.736\ 2$	0.999\ 6	2.37~47.31	0.070	0.23
5	羟苯丙酯	$y=3.207\ 4x-3.392\ 0$	0.999\ 6	2.62~52.49	0.072	0.24
6	羟苯丁酯	$y=3.476\ 8x-4.251\ 9$	0.999\ 3	2.56~51.15	0.074	0.25

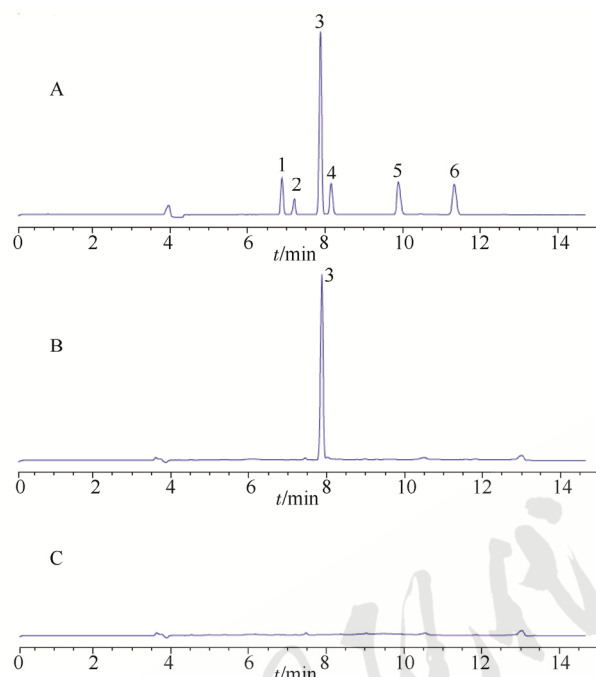


图 1 对照品及样品色谱图

A-混合对照品; B-供试品溶液; C-阴性样品; 1-对羟基苯甲酸甲酯; 2-山梨酸; 3-苯甲酸; 4-对羟基苯甲酸乙酯; 5-对羟基苯甲酸丙酯; 6-对羟基苯甲酸丁酯。

Fig. 1 HPCE chromatograms of reference substances and samples

A-mixed reference substances; B-sample solution; C-negative sample; 1-methylparaben; 2-sorbic acid; 3-benzoic acid; 4-ethylparaben; 5-propylparaben; 6-butyl-p-hydroxybenzoate.

2.6 重复性试验

精密量取样品(厂家: DLS; 批号: 20180913)6 份, 各置 10 mL 量瓶中, 分别精密加入“2.2.2”项下的供试品溶液 2.5 mL 再用运行缓冲液稀释至刻度, 摇匀, 滤过, 即得重复性试验溶液。按“2.1”项下的条件测定, 结果 6 份重复性试验溶液中苯甲酸、山梨酸、对羟基苯甲酸甲酯、对羟基苯甲酸乙酯、对羟基苯甲酸丙酯、对羟基苯甲酸丁酯的迁移时间 RSD 分别为 0.6%, 0.7%, 0.9%, 0.8%, 0.6%, 0.8%, 峰面积 RSD 分别为 0.8%, 1.0%, 1.1%, 0.7%, 1.2%, 0.8%($n=6$)。

2.7 稳定性试验

取“2.6”项下的重复性试验溶液 1 份, 分别在 0, 2, 4, 8, 16, 24 h 进样, 测得苯甲酸、山梨酸、对羟基苯甲酸甲酯、对羟基苯甲酸乙酯、对羟基苯甲酸丙酯、对羟基苯甲酸丁酯的迁移时间 RSD 分别为 0.5%, 0.6%, 0.8%, 0.8%, 0.9%, 0.8%, 峰面积的 RSD 分别为 1.1%, 1.2%, 0.9%, 1.0%, 1.0%, 1.2%, 表明样品溶液在 24 h 内稳定性好。

2.8 加样回收率试验

精密量取 0.25 mL 的供试品(厂家: DLS; 批号: 20180913)共 9 份, 各置 10 mL 量瓶中, 分别精密加入“2.2.1”项下的混合对照品储备溶液 2.0, 2.5, 3.0 mL, 每个水平浓度 3 份, 再用运行缓冲液稀释至刻度, 摇匀, 滤过, 即得低、中、高浓度(80%, 100%, 120%)的回收率溶液。按“2.1”项下的条件测定, 计算回收率。结果见表 2。

2.9 样品分析

在选定的电泳优化条件下, 将 5 个厂家的 10 个批号的样品按“2.2.2”项下方法制备供试品溶液, 注入高效毛细管电泳仪进行测定。根据相应线性关系计算样品中各防腐剂成分的含量。10 批次的样品均能检出苯甲酸, 折算成百分含量, 含量均 $<0.3\%$, 其余 5 个成分均未检出。结果见表 3。

3 讨论

3.1 电泳条件的优化

参考相关文献^[5-9], 对电泳条件进行优化。缓冲液的选择: 实验考察了硼砂、硼砂-硼酸、硼砂-SDS、硼砂-硼酸-SDS 的缓冲液, 发现只有选用硼砂-硼酸-SDS 时, 6 种防腐剂的色谱峰才能达到基线分离。

缓冲液 pH 选择: pH 值改变影响组分电离程度, 影响其与毛细管壁表面作用, 影响组分的迁移速度, 最终影响分离度^[10], 实验考查了硼砂与

表2 6种防腐剂的加样回收率试验($n=9$)Tab. 2 Result of recovery rate of six preservatives in sample($n=9$)

成分	浓度	取样量/mL	样品含量/ μg	加入量/ μg	测得量/ μg	加样回收率/%	平均加样回收率/%	RSD/%
苯甲酸	低	0.25	287.67	620.98	897.96	98.82	99.0	1.0
		0.25	287.67	620.98	890.57	98.01		
		0.25	287.67	620.98	909.21	100.06		
	中	0.25	287.67	776.22	1 075.25	101.07	100.2	0.8
		0.25	287.67	776.22	1 064.21	100.03		
		0.25	287.67	776.22	1 059.11	99.55		
	高	0.25	287.67	931.47	1 240.24	101.73	101.3	0.7
		0.25	287.67	931.47	1 225.36	100.51		
		0.25	287.67	931.47	1 238.58	101.59		
山梨酸	低	0.25	0	654.60	640.54	97.85	97.2	0.6
		0.25	0	654.60	634.64	96.95		
		0.25	0	654.60	633.79	96.82		
	中	0.25	0	818.25	830.78	101.53	100.9	0.8
		0.25	0	818.25	818.13	99.99		
		0.25	0	818.25	826.77	101.04		
	高	0.25	0	981.90	985.75	100.39	100.0	0.5
		0.25	0	981.90	984.04	100.22		
		0.25	0	981.90	977.18	99.52		
羟苯甲酯	低	0.25	0	106.20	108.51	102.18	100.7	2.3
		0.25	0	106.20	104.14	98.06		
		0.25	0	106.20	108.29	101.97		
	中	0.25	0	132.75	131.78	99.27	100.4	1.7
		0.25	0	132.75	132.13	99.53		
		0.25	0	132.75	135.77	102.27		
	高	0.25	0	159.30	155.75	97.77	98.5	0.7
		0.25	0	159.30	158.04	99.21		
		0.25	0	159.30	157.18	98.67		
羟苯乙酯	低	0.25	0	94.61	95.32	100.75	101.5	1.0
		0.25	0	94.61	97.11	102.64		
		0.25	0	94.61	95.66	101.11		
	中	0.25	0	118.26	115.25	97.45	98.1	0.6
		0.25	0	118.26	115.98	98.07		
		0.25	0	118.26	116.74	98.71		
	高	0.25	0	141.92	144.56	101.86	101.3	0.9
		0.25	0	141.92	144.55	101.86		
		0.25	0	141.92	142.21	100.21		
羟苯丙酯	低	0.25	0	104.98	105.55	100.54	102.3	1.5
		0.25	0	104.98	108.56	103.41		
		0.25	0	104.98	107.99	102.87		
	中	0.25	0	131.22	130.35	99.33	100.6	1.7
		0.25	0	131.22	131.22	100.00		
		0.25	0	131.22	134.58	102.56		
	高	0.25	0	157.47	160.25	101.77	101.2	0.6
		0.25	0	157.47	159.34	101.19		
		0.25	0	157.47	158.25	100.50		
羟苯丁酯	低	0.25	0	102.30	101.24	98.96	98.8	0.5
		0.25	0	102.30	101.51	99.23		
		0.25	0	102.30	100.59	98.33		
	中	0.25	0	127.88	125.62	98.24	99.5	1.2
		0.25	0	127.88	128.59	100.56		
		0.25	0	127.88	127.41	99.64		
	高	0.25	0	153.45	157.66	102.74	102.7	0.6
		0.25	0	153.45	158.51	103.30		
		0.25	0	153.45	156.52	102.00		

硼酸以不同浓度配比得到 pH 7.4~9.0 的缓冲液,发现随着 pH 的增大,各组分的分离度增加而迁移时间延长,峰高亦增加,当 pH 为 8.7 时,6 种防腐剂分离效果最好,且理论板数最高,故选择 $15 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 硼砂- $60 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 硼酸为缓冲液, pH 为 8.7。

缓冲液浓度的选择:实验考察了 $10 \sim 50 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 SDS 缓冲液浓度对测定结果的影响,结果发现,迁移时间和分离度随着 SDS 浓度的升高而减小,但分离效果越好。但是 SDS 在毛细管电泳中作为分离缓冲液,浓度极限为 $70 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。经反复实验确定 SDS 浓度为 $50 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

表 3 麻杏止咳糖浆样品测定结果

Tab. 3 Analysis result of Mxing Zhike syrup samples

序号	厂家	批号	$\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$					
			苯甲酸含量	山梨酸含量	羟苯甲酯含量	羟苯乙酯含量	羟苯丙酯含量	羟苯丁酯含量
1	DLS	20180913	24.46	0	0	0	0	0
2	DLS	20180912	24.84	0	0	0	0	0
3	TN	180927	28.22	0	0	0	0	0
4	TN	180715	31.84	0	0	0	0	0
5	CF	180602	32.14	0	0	0	0	0
6	CF	180602	25.88	0	0	0	0	0
7	GXW	180515	34.68	0	0	0	0	0
8	GXW	180605	26.36	0	0	0	0	0
9	ZZ	180805	26.90	0	0	0	0	0
10	ZZ	180202	38.12	0	0	0	0	0

运行电压选择：实验考察了分离电压在 10~30 kV 的条件下对各组分迁移时间的影响，结果表明，分离电压增高，组分迁移时间缩短，分离效果较差，当分离电压为 15 kV 时，样品各组分分离效果较好，故选择分离电压为 15 kV。

检测波长的选择：将 6 种防腐剂的对照品溶液在 190~400 nm 进行全波长扫描发现，羟基苯酯类的 DAD 图基本相似，都在 195 nm 和 255 nm 波长处有最大吸收，且 195 nm 处的吸收值明显>255 nm；苯甲酸在 196 nm 和 258 nm 处有最大吸收，且 196 nm 处的吸收值明显>255 nm；山梨酸的最大吸收波长在 250 nm 处，在 195 nm 处吸收值也比较大。因毛细管电泳不受溶剂末端吸收的影响，可以选择低波长进行分析测定，所以综合考虑，最终选择 195 nm 作为测定波长。

3.2 实验结果分析

测定结果表明，不同来源、不同批次的麻杏止咳糖浆中，6 种防腐剂的含量各不同。5 个生产企业的样品中，结果 10 个批次的样品均检出苯甲酸，且 5 批次的样品苯甲酸含量均符合药典规定的限度要求(0.3%)。10 个批次的样品中均未检出山梨酸及羟基苯酯类防腐剂。10 批样品中，苯甲酸的含量各有不同，即使是同一个生产厂家的样品，苯甲酸的含量也有所差异。由此可见，生产企业对于防腐剂的含量没有引起足够的重视，再

加上并没有法定标准对防腐剂的含量进行测定，导致生产企业并不能真正了解自己产品的质量情况。

3.3 结论

本实验建立胶束电动毛细管电泳法同时测定麻杏止咳糖浆中苯甲酸、山梨酸、对羟基苯甲酸甲酯、对羟基苯甲酸乙酯、对羟基苯甲酸丙酯、对羟基苯甲酸丁酯等 6 种防腐剂的含量，并考察了市售的 5 个厂家 10 个批次麻杏止咳糖浆样品。本方法相对简单、准确，重现性较好，可用于麻杏止咳糖浆内在质量的评价和控制。

REFERENCES

- [1] LUO P H, ZHU Q Q. Determination of amygdalin in Mxing cough syrup by HPLC [J]. Technol Develop Chem Indust(化工技术与开发), 2014, 43(2): 42-43.
- [2] SHEN Y Q, YANG L Y, SHU L D, et al. GC-MS determination of 7 preservatives in granulated drug for common cold [J]. Physical Test Chem Anal(Part B: Chem Anal)(理化检验: 化学分册), 2013, 49(8): 937-942.
- [3] XIE Z H, LI X G, XU T S. Research progress on determination methods of benzoic acid or sodium benzoate [J]. Cereal Oil(粮食与油脂), 2015, 28(3): 6-10.
- [4] LI Z D, ZHANG Y X, GUO Y P, et al. Adverse drug reactions induced by parabens used as preservatives [J]. Chin J Pharmacov(中国药物警戒), 2012, 19(5): 303-305.
- [5] CHEN L Q, YANG K, SU A M, et al. Detection of preservatives in beverages through capillary electrophoresis [J]. J Jishou Univ(Nat Sci Edit)(吉首大学学报 自然科学版), 2017, 38(6): 67-77.
- [6] QIU H, CHEN A J, YE U F. Determination of sulfamethoxazole and trimethoprim in compound sul famethoxazole tablets by HPCE [J]. Chin J Mod Appl Pharm(中国现代应用药学), 2003, 20(1): 60-61.
- [7] GUO P, LIANG Y, WANG J, et al. Study on the fingerprint of aconitum carmichaelii based on FASS-HPCE technology [J]. Chin J Mod Appl Pharm(中国现代应用药学), 2018, 35(4): 537-541.
- [8] ZHANG L C, ZENG K, GAO G, et al. Simultaneous determination of seven preservatives in drink by high-performance capillary electrophoresis [J]. Chin J Anal Lab(分析实验室), 2015, 34(1): 77-80.
- [9] HAN K, ZHAI X L. Determination of hydroquinone, phenol and preservatives in cosmetics by capillary electrophoresis [J]. Chin J Anal Lab(分析实验室), 2011, 30(11): 107-109.
- [10] XUE H B, ZHANG H, LIANG L L, et al. Simultaneous determination of 5 sweeteners in food by HPCE [J]. J Food Sci Biotechnol(食品与生物技术学报), 2014, 33(3): 315-320.

收稿日期: 2019-03-02

(本文责编: 李艳芳)