

# 超高效液相色谱-串联质谱法检测汤料食品中罂粟壳成分

张 玲, 曹叶中, 李晓芹, 王 伟, 蔡 文, 叶 湖\*

(苏州市食品检验检测中心, 苏州 215104)

**摘 要:** **目的** 建立超高效液相色谱-串联质谱法(ultra performance liquid chromatography tandem mass spectrometry, UPLC-MS/MS)定性定量检测市售麻辣烫、火锅底料及牛肉汤等汤料食品中罂粟碱、吗啡、可待因、那可丁和蒂巴因的分析方法。**方法** 样品经 0.1 mol/L HCl 提取、混合阳离子(mixed-cation, MCX)固相萃取柱净化。选用 Waters BEH HILIC(2.1 mm×100 mm, 1.7 μm)色谱柱进行分离, 以 0.1%(V/V)甲酸-乙腈和 0.1%甲酸-10 mmol/L 甲酸铵溶液为流动相, 进行梯度洗脱。采用正离子源模式(positive electrospray ionization, ESI<sup>+</sup>)和多反应检测(multi reaction monitor, MRM)模式进行检测, 内标法定量。**结果** 在 0.1~20 μg/L(吗啡和可待因)以及 0.1~4.0 μg/L(蒂巴因、那可丁和罂粟碱)的浓度范围内, 5 种罂粟壳物质线性良好, 相关系数均大于 0.995, 检出限为 0.1~0.5 μg/L, 方法回收率的范围在 77.9%~95.5%之间, 相对标准偏差 1.75%~9.49%(n=6)。**结论** 方法简单易行可操作, 且精密度及准确度均较高, 适用于汤料食品中罂粟壳的检测。

**关键词:** 超高效液相色谱-串联质谱法; 汤料食品; 罂粟壳

## Determination of poppy shell in soup foods by ultra performance liquid chromatography tandem mass spectrometry

ZHANG Ling, CAO Ye-Zhong, LI Xiao-Qin, WANG Wei, CAI Wen, YE Hu\*

(Suzhou Institute For Food Control, Suzhou 215104, China)

**ABSTRACT: Objective** To establish a qualitative and quantitative method for the determination of papaverine, morphine, codeine, narcotine and thebaine in soup foods such as spicy hot pot, hot pot soup and beef soup by ultra performance liquid chromatography tandem mass spectrometry (UPLC-MS/MS). **Methods** The sample was extracted with 0.1 mol/L HCl, and purified through a mixed-cation (MCX) solid-phase extraction column. Waters BEH HILIC (2.1 mm×100 mm, 1.7 μm) was selected for separation, with 0.1% formic acid (V/V)-acetonitrile and 0.1% formic acid-10 mmol/L ammonium formate solution as mobile phases to carry out gradient elution. Positive electrospray ionization (ESI<sup>+</sup>) and multiple reaction monitor (MRM) mode were used for determination. The quantification was performed by the internal standard method. **Results** In the concentration range of 0.1-20 μg/L (morphine and codeine) and 0.1-4.0 μg/L (tibaine, nacodin and papaverine), the linear relation of 5 kinds of poppy shell was well, with all the correlation coefficients over 0.995. The limits of detection were 0.1-0.5 μg/L. The

基金项目: 苏州市科技计划项目(SS2019039)

Fund: Supported by Science and Technology Planning Project of Suzhou City (SS2019039)

\*通讯作者: 叶湖, 高级工程师, 主要研究方向为食品检验与质量控制。E-mail: yehu@szzj.js.cn

\*Corresponding author: YE Hu, Senior Engineer, Suzhou Institute for Food Control, No. 1336, Wuzhong Street, Wuzhong District, Suzhou 215100, China. E-mail: yehu@szzj.js.cn

recovery rate of the method ranged from 77.9% to 95.5%, and the relative standard deviation was 1.75%–9.49% ( $n=6$ ). **Conclusion** This method is simple, easy to operate and has high precision and accuracy, which is suitable for the detection of poppy shell in soup food.

**KEY WORDS:** ultra performance liquid chromatography tandem mass spectrometry; soup foods; poppy shell

## 1 引言

罂粟壳是国家明令禁止添加在食品中的物质,早在 2011 年 4 月 19 日国家卫生部发布的《食品中可能违法添加的非食用物质和易滥用的食品添加剂名单》<sup>[1]</sup>中就有罂粟壳。罂粟壳含有吗啡、可待因、罂粟碱、蒂巴因、那可汀等生物碱类物质,虽然含量较少,但如果长期食用极易上瘾,还会对人体的神经系统造成损害,并可能造成慢性中毒。罂粟壳中的生物碱会使人嗜睡和性格改变,引起某种程度的惬意和欣快感,可造成人注意力、思维和记忆性能的衰退,长期食用会引起精神失常,出现幻觉,严重时甚至会导致呼吸停止而死亡<sup>[2,3]</sup>。我国在罂粟壳的管理方面虽然已经出台了一些政策<sup>[4,5]</sup>,在一定程度上使得罂粟壳在调味品中的违规添加现象得到了改善,但还是存在违规添加现象<sup>[6]</sup>。由于罂粟壳的添加会使食物味道更加鲜美,有些不法商家和饭店为了谋取利益,在汤料和辅料中添加罂粟壳及其水浸物等违禁原料,以吸引更多的食客,据悉,麻辣烫、火锅、拉面、牛肉粉和烤禽类等属于添加罂粟壳的“重灾区”<sup>[7]</sup>。因此,建立灵敏、准确、快速的罂粟壳残留检测方法,为执法提供技术鉴定依据当务之急。

目前对食品中罂粟壳物质检测的研究方法有薄层色谱法<sup>[8]</sup>、液相色谱法<sup>[9-11]</sup>、气相色谱法<sup>[12]</sup>、高效液相色谱-串联四极杆质谱法<sup>[13,14]</sup>。其中高效液相色谱法灵敏度低,气相色谱法需要对样品进行复杂的衍生化,另外,目前参考标准 DB 31/2010-2012《食品安全地方标准 火锅食品中罂粟碱、吗啡、那可丁、可待因和蒂巴因的测定 液相色谱-串联质谱法》<sup>[15]</sup>和 BJS 201802《食品中吗啡、可待因、罂粟碱、那可丁和蒂巴因的测定》<sup>[16]</sup>中提供的方法前处理复杂,费时费力,且净化效果不理想。本研究采用混合阳离子(mixed-cation, MCX)固相萃取柱对汤料食品中的脂肪和磷脂进行净化,以减少其对目标化合物的干扰,提高方法准确度,以期对相关产品的日常批量检测提供参考依据。

## 2 材料与方法

### 2.1 材料与仪器

#### 2.1.1 试剂与材料

盐酸罂粟碱、盐酸那可丁、吗啡、磷酸可待因、蒂巴因、吗啡-D5、可待因-D5 标准品(纯度大于 93.0%)、4 类固相萃取柱(HLB、PriME HLB、MAX 和 MCX)(苏州普瑞德生物科技有限公司); 甲醇、乙腈(色谱纯,美国 Thermo

Fisher 公司); 盐酸、正己烷(分析纯,国药集团化学试剂苏州有限公司); 甲酸、甲酸铵(质谱级,苏州精密化学科技有限公司); 实验用水为超纯水。

麻辣烫、火锅底料、牛肉汤、烤肉和卤菜汤料样品均购买于街市店面。

#### 2.1.2 仪器与设备

Waters Xevo TQ-S 三重四极杆质谱仪、ACQUITY UPLC 超高效液相色谱仪(美国沃特世公司); Mili-Q 型超纯水仪(美国密理博公司); ME204E 电子天平(瑞士梅特勒-托利多公司); X-30 离心机(美国 BECKMAN 公司); SB-80DTD 超声波清洗机(宁波新芝生物科技有限公司)。

## 2.2 实验方法

### 2.2.1 罂粟壳物质标准溶液的配制

标准储备液: 精密称取盐酸罂粟碱、盐酸那可丁、蒂巴因、吗啡和磷酸可待因标准品适量,用甲醇溶液配制罂粟碱、那可丁、蒂巴因、吗啡和可待因的浓度均为 1.0 mg/mL 的溶液,作为标准储备液。

混合标准品溶液: 精密吸取浓度为 1.0 mg/mL 的罂粟碱、那可丁、蒂巴因储备液各 1.0 mL 和浓度为 1.0 mg/mL 的吗啡、可待因储备液各 5 mL 于 20 mL 容量瓶中,用甲醇定容至刻度线,摇匀。

同位素内标工作溶液(5.0  $\mu\text{g/mL}$ ): 分别精密吸取内标物质适量,用甲醇配制吗啡-D5、可待因-D5 的浓度均为 5.0  $\mu\text{g/mL}$  的溶液。

标准工作溶液的配制: 分别精密吸取上述混合标准品溶液和同位素内标工作溶液适量,用乙腈溶液稀释成浓度为 0.5、1.0、2.0、5.0、10.0、20.0  $\mu\text{g/L}$ (吗啡和可待因)以及浓度为 0.1、0.2、0.4、1.0、2.0、4.0  $\mu\text{g/L}$ (蒂巴因、那可丁和罂粟碱)的系列标准工作溶液,各物质内标溶液浓度均为 50.0 ng/mL。

### 2.2.2 样品前处理

取 1 g 样品(精确到 0.001g)于 50 mL 离心管中,加入 100  $\mu\text{L}$  同位素内标工作液,加入 5 mL 0.1 mol/L HCl 溶液后超声 10 min,4000 r/min 离心 10 min 后取下层清液,再加入 5 mL 0.1 mol/L HCl 溶液重复上述操作,合并 2 次提取液于 15 mL 离心管中,加入 5 mL 正己烷摇匀,4000 r/min 离心 5 min 后弃去正己烷层,全部过 MCX (60 mg/3 mL)固相萃取柱,氮气吹干后,用乙腈定容到 1 mL 后过 0.22  $\mu\text{m}$  滤膜上机分析。

### 2.2.3 测定条件

#### (1)液相色谱条件

色谱柱: Waters BEH HILIC(1.7  $\mu\text{m}$ , 2.1 mm $\times$ 100 mm, 1.7  $\mu\text{m}$ ); 流动相: A: 0.1%(V/V) 甲酸-乙腈, B: 0.1 %甲酸-10 mmol/L 甲酸铵溶液, 梯度洗脱程序如表 1 所示; 柱温: 40  $^{\circ}\text{C}$ ; 进样量: 1  $\mu\text{L}$ 。

表 1 梯度洗脱程序  
Table 1 Gradient elution program

洗脱时间/min	流动相 A/%	流动相 B/%	流速/(mL/min)
0.0	90	20	0.3
0.3	90	10	0.3
1.0	80	20	0.3
2.5	80	20	0.3
3.0	90	20	0.3
6.0	90	10	0.3

#### (2)质谱条件

离子化方式: 正离子源喷雾(positive electrospray ionization, ESI<sup>+</sup>), 多反应监测(multi reaction monitor, MRM)采集模式; 毛细管电压 3.0 kV; 离子源温度 150  $^{\circ}\text{C}$ ; 脱溶剂气温度: 400  $^{\circ}\text{C}$ ; 脱溶剂气流量: 900 L/Hr; 锥孔气: 50 L/Hr; 碰撞气(N<sub>2</sub>)流速为 0.15 mL/min。质谱参数见表 2。

表 2 5 种罂粟壳物质多反应监测扫描模式的质谱参数  
Table 2 Mass spectrometry parameters of 5 kinds of poppy husk substances in multiple reaction monitoring scanning mode

化合物名称	离子对( $m/z$ )	锥孔电压/V	碰撞能量/eV
罂粟碱	340.1>171.1	30	35
	340.1>202.2*	30	35
吗啡	286.1>165.2*	30	35
	286.1>181.2	30	35
那可丁	414.1>220.1*	30	22
	414.1>353.3	30	28
可待因	300.1>165.1	30	40
	300.1>215.1*	30	25
蒂巴因	312.1>58.1*	30	15
	312.1>249.1	30	15
吗啡-D5	291.1>167.1*	30	35
	291.1>230.1	30	23
可待因-D5	305.1>167.0*	30	35
	305.1>217.1	30	30

注: \*为定量离子。

### 2.2.4 数据处理

定性分析: 在相同的色谱和质谱条件下, 对照 5 种罂粟壳物质标准品定性离子, 以及出峰时间, 对样品中各罂粟壳物质进行定性分析。

定量分析: 通过不同罂粟壳物质定量离子的峰面积, 根据 5 种罂粟壳物质标准曲线的回归方程, 计算样品中各罂粟壳成分的含量。

## 3 结果与分析

### 3.1 流动相洗脱梯度的优化

罂粟壳是一类极性差异较大的物质, 在 HILIC 色谱柱上的吸附-解吸能力不同, 因此可以用 HILIC 柱进行分离。以 0.1%甲酸-乙腈(A)和 0.1 %甲酸-10 mmol/L 甲酸铵溶液(B)作为流动相, 如果选择有机相浓度高的等度洗脱, 极性强的化合物先出峰, 分离度也较好, 但是会造成极性弱的化合物出峰时间长, 甚至检测不到, 如果选择有机相浓度低的等度洗脱, 极性强的化合物出峰时间可能重叠到一起, 分离度不理想。综合以上考虑, 选择梯度洗脱。液相初始条件为高浓度有机相, 把强极性的罂粟壳物质洗脱出来, 逐渐增大水相比例来洗脱弱极性罂粟壳物质, 最终达到 5 种罂粟壳物质的分离。流动相洗脱梯度优化的最终结果见表 1。2 min 内 5 种罂粟壳物质全部出峰(图 1), 罂粟壳物质色谱出峰顺序为那可丁、罂粟碱、蒂巴因、可待因及吗啡, 出峰时间分别为 1.08、1.12、1.38、1.61、1.64 min, 分离效果较好且对目标化合物干扰小。

### 3.2 质谱条件的优化

取罂粟壳物质标准品, 采用多反应监测扫描模式进行子离子优化。母离子为 M+1, 毛细管电压 2.5 kV, 锥孔电压 30 V, 碰撞能量 35 eV。液相部分只连接两通进行优化, 优化后的质谱参数见表 2, 以响应信号最高的作为定量离子, 响应信号次之的作为定性离子。

### 3.3 固相萃取柱的选择

本研究对样品的净化采用 MCX 固相萃取柱。实验对比了 HLB、PriME HLB、MAX 及 MCX 4 类固相萃取柱的净化和保留效果, 4 种 SPE 柱中罂粟壳物质的加标回收的比较如图 2 所示。结果表明, 以加标回收率作为评价指标, MCX 的吸附及净化能力较好, 能够有效地将样品中的杂质吸附, 不仅有效地去除了对目标化合物的干扰物, 又确保了待测组分较少的损失。较目前法检参考标准 DB 31/2010-2012 中所使用的 PSA、无水硫酸镁、C<sub>18</sub> 粉末净化方法省时又省力。

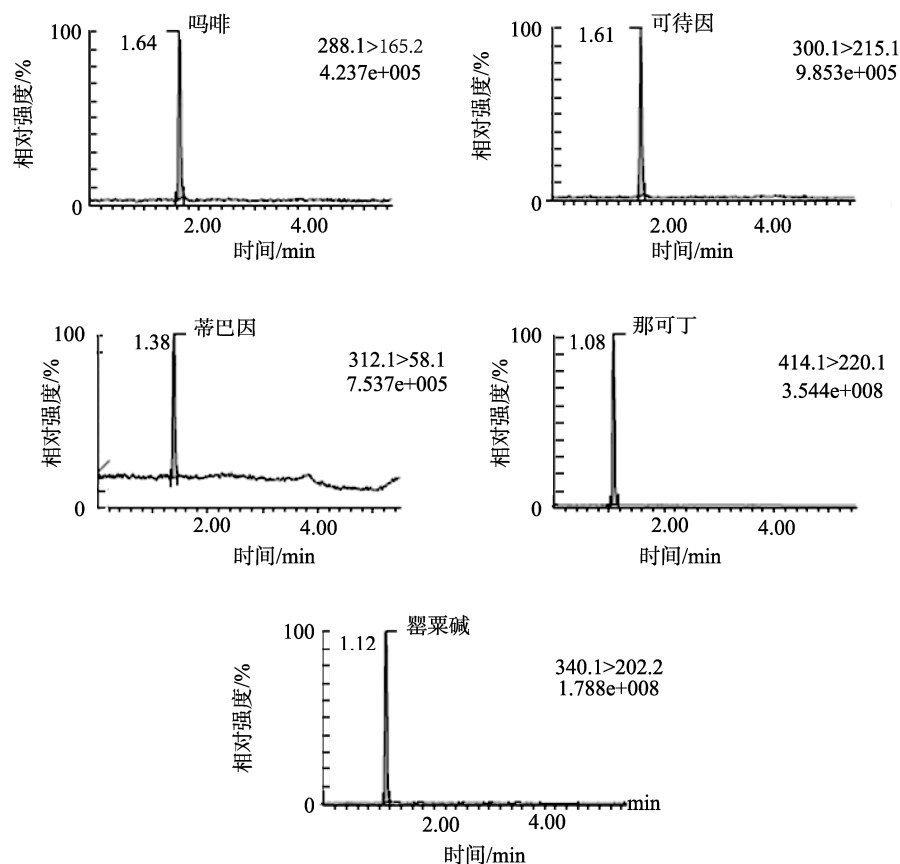


图 1 5 种罂粟壳物质的定量离子色谱图

Fig.1 Quantitative ion chromatograms of 5 poppy shell substances

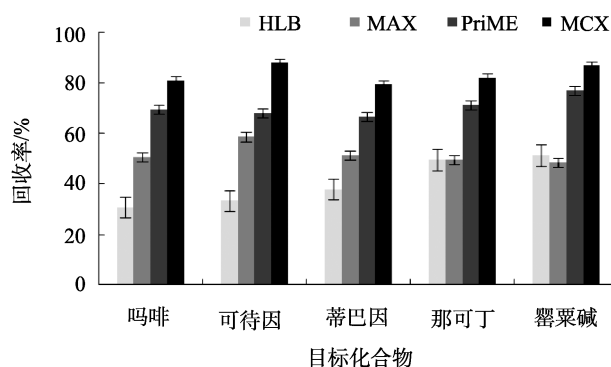


图 2 4 种 SPE 柱中罂粟壳物质的加标回收的比较(n=6)

Fig.2 Comparison of spiked recovery of poppy shell material in 4 SPE columns(n=6)

### 3.4 检测方法的线性关系和检出限

标准曲线在 0.1~20 μg/L(吗啡和可待因)以及 0.1~4.0 μg/L(蒂巴因、那可丁和罂粟碱)的浓度范围内, 5 种罂粟壳物质线性相关系数均大于 0.995, 线性良好, 以信噪比大于 3

为检出限, 其中蒂巴因、那可丁和罂粟碱检出限为 0.1 μg/L, 吗啡和可待因检出限为 0.5 μg/L, 方法灵敏度高。

### 3.5 方法回收率及精密度

选用麻辣烫(S1)、火锅底料(S2)、牛肉汤(S3)阴性样品, 对其添加不同浓度罂粟壳混合标准物质, 加标回收实验的 3 水平加标量分别为 0.5、5.0、50.0 μg/kg(吗啡和可待因)以及 0.1、1.0、10.0 μg/kg(蒂巴因、那可丁和罂粟碱), 每个水平重复 6 次测定, 结果见表 4, 可以看出, 加标回收率的范围在 77.9%~95.5% 之间, 相对标准偏差 1.75%~9.49%(n=6), 方法精密度及准确度均较高。其中 S1 样品质谱图谱及加标质谱图谱见图 3。

### 3.6 实际样品检测

为了进一步验证试验方法的实用性, 将从超市及小摊贩处购买的烤肉和卤菜汤料按所优化的条件和 DB 31/2010-2012 标准规定的方法分别进行检测, 结果均未检出。今后将进一步加大抽样量并扩大抽样样品品类, 对新建方法进行充分验证。

表 3 5 种罂粟壳物质的线性实验结果  
Table 3 Linear experiment results of 5 poppy shell materials

物质种类	线性方程	相关系数 $r^2$	检出限/( $\mu\text{g/L}$ )
吗啡	$Y=1.13X-0.21$	0.997	0.5
可待因	$Y=1.74X-0.62$	0.996	0.5
蒂巴因	$Y=50914.9X+1841.8$	0.999	0.1
那可丁	$Y=265641.0X+20829.1$	0.998	0.1
罂粟碱	$Y=119206.0X+13682.6$	0.999	0.1

表 4 罂粟壳的加标回收率结果(%)( $n=6$ )  
Table 4 Spike recovery results of poppy husks(%)( $n=6$ )

样品	加标量/( $\mu\text{g/kg}$ )	平均加标回收率 $\pm$ 相对标准偏差				
		吗啡	可待因	蒂巴因*	那可丁*	罂粟碱*
S1	0.5(0.1)	84.6 $\pm$ 2.83	77.9 $\pm$ 3.50	84.4 $\pm$ 2.89	83.4 $\pm$ 3.41	85.2 $\pm$ 5.17
	5(1)	88.5 $\pm$ 3.91	86.6 $\pm$ 3.65	87.9 $\pm$ 3.51	86.0 $\pm$ 4.21	90.7 $\pm$ 2.54
	50(10)	90.4 $\pm$ 2.21	90.3 $\pm$ 2.21	91.4 $\pm$ 2.89	92.5 $\pm$ 3.22	93.0 $\pm$ 3.06
S2	0.5(0.1)	80.5 $\pm$ 3.45	81.1 $\pm$ 4.09	81.5 $\pm$ 3.23	83.2 $\pm$ 2.90	84.3 $\pm$ 4.91
	5(1)	89.2 $\pm$ 2.22	89.4 $\pm$ 2.14	89.6 $\pm$ 4.23	87.9 $\pm$ 3.91	87.7 $\pm$ 2.27
	50(10)	93.9 $\pm$ 3.62	92.7 $\pm$ 3.32	90.7 $\pm$ 2.68	92.3 $\pm$ 2.95	94.1 $\pm$ 4.28
S3	0.5(0.1)	80.1 $\pm$ 9.49	80.4 $\pm$ 3.28	83.0 $\pm$ 7.08	80.0 $\pm$ 3.92	81.4 $\pm$ 4.10
	5(1)	84.0 $\pm$ 1.75	89.5 $\pm$ 6.44	88.1 $\pm$ 5.45	89.9 $\pm$ 6.39	86.1 $\pm$ 2.66
	50(10)	90.1 $\pm$ 6.54	90.7 $\pm$ 5.90	92.2 $\pm$ 6.26	93.8 $\pm$ 5.20	95.5 $\pm$ 4.57

注: \*号物质加标量为括号内数值量。

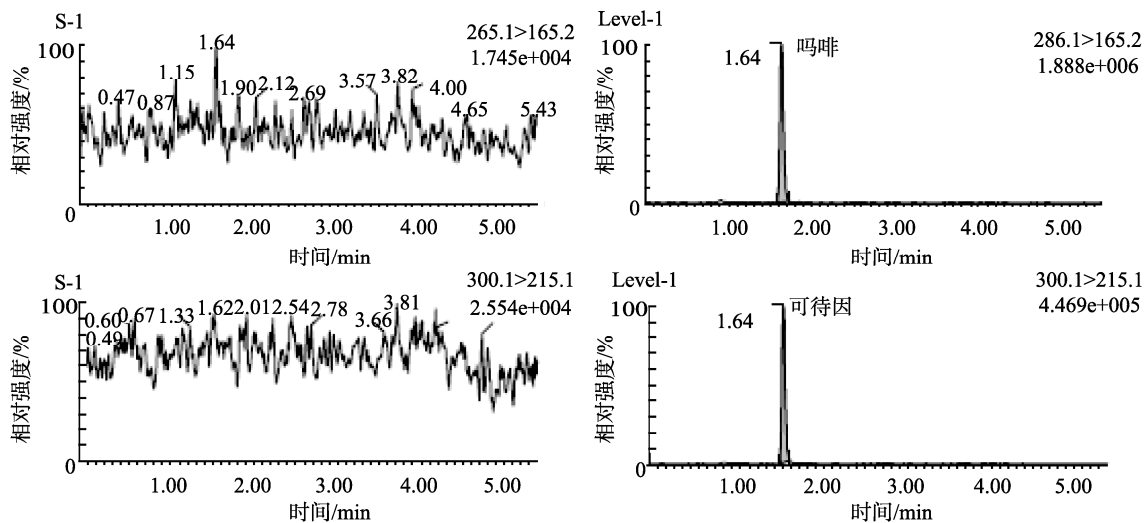
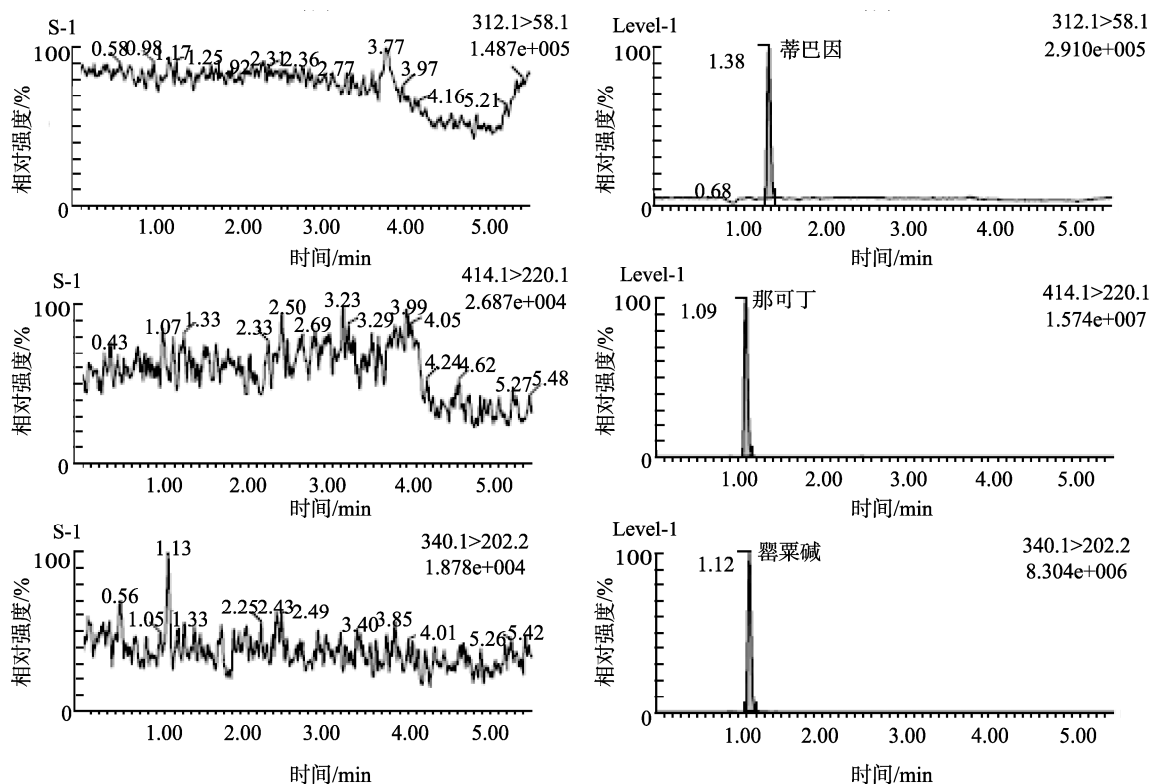


图 3 S1 样品 5 种罂粟壳成分的质谱图谱(左)及加标质谱图谱(右)

Fig.3 Mass spectra (left) and spiked mass spectra (right) of the five poppy shell components of the S1 sample



续图 3 S1 样品 5 种罂粟壳成分的质谱图谱(左)及加标质谱图谱(右)

Fig.3 Mass spectra (left) and spiked mass spectra (right) of the five poppy shell components of the S1 sample

## 4 结论与讨论

本研究利用液质联用仪建立了 5 种罂粟壳物质的检测方法, 选用 Waters BEH HILIC(2.1 mm×100 mm, 1.7 μm)色谱柱进行分离, 以 0.1%甲酸-乙腈和-0.1%甲酸-10 mmol/L 甲酸铵溶液为流动相, 梯度洗脱。离子化方式为 ESI+, 多反应检测采集模式。采用混合阳离子 MCX 固相萃取柱进行净化。5 种化合物在 2 min 内实现快速分离, 经验证该方法准确、快捷、且重现性好。提高了工作效率, 节约了劳动成本, 可为食品中罂粟壳提取物的检测提供科学客观、准确可靠的方法。

### 参考文献

- [1] 食安整治办. 食品中可能违法添加的非食用物质和易滥用的食品添加剂名单(第一批)[Z]. 2008-12-12. Food Safety Administration Office. List of non-edible substances and abuseable food additives that may be illegally added to food (the first batch) [Z]. 2008-12-12.
- [2] 杨雯雯, 殷耀, 张睿, 等. 超高效液相色谱-串联质谱法测定火锅底料中罂粟碱、吗啡、那可丁、可待因和蒂巴因等五种非法添加物[J]. 环境化学, 2016, 35(6): 1321.

Yang WQ, Yin Y, Zhang R, et al. Direct determination of hot pot bottom material in papaverine, morphine, codeine and thebaine, narcotine and

other five kinds of illegal additive by UPLC-MS/MS [J]. Environ Chem, 2016, 35(6): 1321-1324.

- [3] Zhou XF, Vilakshan A, Thomas O. Prolonged intracisternal papaverine toxicity: Index case description and proposed mechanism of action [J]. World Neurosurg, 2018, (109): 251-257.
- [4] 国家药品监督管理局. 罂粟壳暂行管理规定[Z]. 1999. State Drug Administration. Provisional management regulations for poppy shells [Z]. 1999.
- [5] 陈鸣. 罂粟壳的临床应用与管理现状[J]. 中国药房, 2016, 27(571): 10-12. Chen M. Clinical application and management of *Papaver somniferum* [J]. China Pharm. 2016, 27(571): 10-12.
- [6] 刘少伟, 阮赞林. 火锅底料暗藏猫腻—高汤“勾兑门”事件[J]. 质量与标准化, 2017, (2): 39-40. Liu SW, Ruan ZL. Hot pot bottom material conceals greasiness-The event of "blending gate" in soup stock [J]. Qual Stand, 2017, (2): 39-40.
- [7] 涂端玉. 35 家餐企食品添加罂粟壳 火锅 麻辣烫 炸鸡 拉面成重灾区[J]. 广西质量监督导报, 2016, (182): 9. Tu DY. 35 food companies added poppy shells to their hot pots, hot and spicy, fried chicken, and ramen noodles in the disaster area [J]. Guangxi Qual Supervis Guid, 2016, (182): 9.
- [8] 孙立波, 李静, 李杨. 薄层扫描法测定烧(电)烤食品中阿片生物碱含量[J]. 中国公共卫生, 1998, (11): 28-29. Sun LB, Li J, Li Y. Determination of opioid alkaloids in roasted (electric) roasted foods by TLC scanning [J]. Chin J Publ Health, 1998, (11): 28-29.

- [9] 谷岩, 刘广福, 张元, 等. 固相萃取-高效液相色谱法测定汤料中罂粟壳提取物残留量[J]. 理化检验-化学分册, 2011, 47(12): 1411-1412.  
Gu Y, Liu GF, Zhang Y, *et al.* Determination of residual amount of extracts of poppy shell in soup blend with sample pretreatment by solid phase extraction-HPLC [J]. Phys Test Chem Anal Part B, 2011, 47(12): 1411-1412.
- [10] 张靖. 食品中罂粟碱、吗啡、可待因含量的液相色谱检测法研究[J]. 中国卫生检验杂志, 2007, 17(1): 72-73.  
Zhang J. Detection of papaverine morphine and codeine [J]. Chin J Health Lab, 2007, 17(1): 72-73.
- [11] 王建新, 陈文汇, 王彬, 等. 火锅汤料中罂粟壳成分的高效液相色谱检测法[J]. 职业与健康, 2004, (6): 56.  
Wang JX, Chen WH, Wang B, *et al.* Determination of poppy shell ingredients in hot pot soup by high performance liquid chromatography [J]. Occup Health, 2004, (6): 56.
- [12] Popa DS, Oprean R, Curea E, *et al.* TLC-UV densitometric and GC-MSD methods for simultaneous quantification of morphine and codeine in poppy capsules [J]. J Pharm Biomed Anal, 1999, 18(4-5): 645-650.
- [13] 顾万江, 周春艳, 唐晓琴, 等. 固相萃取-超高效液相色谱-串联质谱法同时测定食品中 5 种生物碱[J]. 中国卫生检验杂志, 2014, 24(17): 2481-2484.  
Gu WJ, Zhou CY, Tang XQ, *et al.* Simultaneous determination of 5 alkaloids in foods by solid-phase extraction coupled with ultra high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. Chin J Health Lab Technol, 2014, 24(17): 2481-2484.
- [14] 高志莹, 洪霞, 刘琦, 等. UPLC-MS/MS 同时测定肉汤中 5 种罂粟壳生物碱[J]. 食品研究与开发, 2017, (10): 118-123.  
Gao ZY, Hong X, Liu Q, *et al.* Determination of 5 Opium poppy husk alkaloids in broth by liquid chromatography-electrospray tandem mass spectrometry [J]. Food Res Dev, 2017, (10): 118-123.
- [15] DB 31/2010-2012 食品安全地方标准 火锅食品中罂粟碱、吗啡、那可丁、可待因和蒂巴因的测定 液相色谱-串联质谱法[S].  
DB 31/2010-2012 Local food safety standard-Determination of papaverine, morphine, narcotine, codeine and thebaine in hot pot foods-Liquid chromatography-tandem mass spectrometry [S].
- [16] BJS 201802 食品中吗啡、可待因、罂粟碱、那可丁和蒂巴因的测定[S].  
BJS 201802 Determination of morphine, codeine, papaverine, narcotine and thebaine in food [S].

(责任编辑: 李磅礴)

### 作者简介



张 玲, 硕士, 工程师, 主要研究方向为食品安全检测与质量控制。  
E-mail: zling0812@126.com

叶 湖, 高级工程师, 主要研究方向为食品检验与质量控制。  
E-mail: yehu@szzj.js.cn