

高效液相色谱法测定米面及制品中的 过氧化苯甲酰

彭名军¹, 李慧琴^{1*}, 宋安华¹, 宁初光², 刘冬豪¹, 林子豪¹, 黄儒强³

(1. 广州市食品检验所, 广州 511400; 2. 无限极(中国)有限公司, 广州 510030;

3. 华南师范大学生命科学学院, 广州 510631)

摘要: **目的** 建立高效液相色谱法测定米面及制品中过氧化苯甲酰的含量。**方法** 样品中的过氧化苯甲酰经纯水超声提取, 静置后加入 20 g/L FeSO₄ 溶液与 5%乙酸溶液, 振荡混匀后超声提取 10 min, 上清液过 0.22 μm 水相微孔滤膜。经 Agilent ZORBAX Eclipse Plus C₁₈ 色谱柱分离, 以 20 mmol/L 乙酸铵溶液和甲醇为流动相, 于紫外检测器波长 230 nm 处检测, 外标法定量。**结果** 过氧化苯甲酰在 0~100 mg/L 范围内线性关系良好, 相关系数为 0.999, 方法检出限为 0.40 mg/kg。加标回收率为 87.5%~94.5%, 相对标准偏差为 4.2%~6.4%。

结论 该方法检测结果准确、稳定, 适用于米面及制品中过氧化苯甲酰的准确测定。

关键词: 过氧化苯甲酰; 高效液相色谱法; 米面制品

Determination of benzoyl peroxide in rice, flour and their products by high performance liquid chromatography

PENG Ming-Jun¹, LI Hui-Qin^{1*}, SONG An-Hua¹, NING Chu-Guang², LIU Dong-Hao¹,
LIN Zi-Hao¹, HUANG Ru-Qiang³

(1. Guangzhou Inspection of Food Control, Guangzhou 511400, China;

2. Infinitus (China) Co., Ltd, Guangzhou, 511030, China;

3. College of Life Sciences, South China Normal University, Guangzhou 510631, China)

ABSTRACT: Objective To establish a method for the determination of benzoyl peroxide in rice, flour and their products by high performance liquid chromatography. **Methods** The benzoyl peroxide in the samples was extracted by pure water ultrasonic method. After static treatment, 20 g/L FeSO₄ solution and 5% acetic acid solution were added. After oscillating and mixing, ultrasonic extraction was performed for 10 min, and the supernatant was filtered through 0.22 μm aqueous microporous membrane. The samples were separated with an Agilent ZORBAX Eclipse Plus C₁₈ column using 20 mmol/L ammonium acetate solution and methanol as mobile phase. The signal was detected with ultraviolet detector in 230 nm and quantified by external standard method. **Results** The linear relation of benzoyl peroxide was good within the range of 0–100 mg/L, the correlation coefficient was 0.999, and the detection limit was 0.40 mg/kg. The recoveries were 87.5%–94.5% and the relative standard deviations were 4.2%–6.4%.

基金项目: 广州市科技计划项目 (201707010372)

Fund: Supported by Guangzhou Science and Technology Project (201707010372)

*通讯作者: 李慧琴, 工程师, 主要研究方向为食品检验与质量分析。E-mail: muqinhuizi@163.com

*Corresponding author: LI Hui-Qin, Engineer, No.53, Jiejing 2nd Road, Shiqiao Street, Panyu District, Guangzhou 511400, China. E-mail: muqinhuizi@163.com

Conclusion The method is accurate and stable, which is suitable for the accurate determination of benzoyl peroxide in rice, flour and their products.

KEY WORDS: benzoyl peroxide; high performance liquid chromatography; rice, flour and their products

1 引言

过氧化苯甲酰(benzoyl peroxide)为白色晶体粉末, 微有苦杏仁气味, 能溶于乙醚、氯仿、苯, 微溶于水^[1]。过氧化苯甲酰是一种强氧化剂, 性质极不稳定, 摩擦、撞击、高温等均有引起着火爆炸的危险^[2]。氧化苯甲酰对米面制品具有漂白与防腐的作用, 易被违法添加到米面制品中^[3-5]。过氧化苯甲酰易对眼睛、皮肤和粘膜产生刺激作用^[6-8], 其分解产物苯甲酸, 被人体摄入后, 易加重肝脏负担, 严重时会造成肝、肾的病理变化^[9-12]。截至 2011 年底, 原国家卫生部发布了 6 批《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》^[13], 并于 2014 年底对其进行了修订, 提出了《食品中可能违法添加的非食用物质名单》(征求意见稿)^[14]。2 份名单明确公布了过氧化苯甲酰易在米面及制品中违法添加, 需要加强对违法添加的打击力度。

加强对违法添加过氧化苯甲酰的监管, 首先要建立优化相应的检测方法。关于食品中过氧化苯甲酰的检测方法, 主要有高效液相色谱法^[15,16]、气相色谱法^[17,18]、紫外分光光度法^[19]与荧光法^[20]等。对于小麦粉中过氧化苯甲酰的检测方法, 主要有国家标准方法 GB/T 22325-2008《小麦粉中过氧化苯甲酰的测定高效液相色谱法》^[15], 但该方法在标准曲线的制备中, 直接使用苯甲酸标准溶液与不含苯甲酸和过氧化苯甲酰的小麦粉制备, 存在以下几方面的缺点: (1) 该方法没有采用待测物过氧化苯甲酰制备标准曲线, 可能对检测结果准确度造成影响; (2) 使用苯甲酸标准溶液制备标准曲线, 配制过程复杂; (3) 标液配制过程中使用不含苯甲酸和过氧化苯甲酰的小麦粉制备, 而不含过氧化苯甲酰的小麦粉需检测才能判断。

针对以上问题, 本研究采用高效液相色谱法对米面及制品中过氧化苯甲酰的检测方法进行研究, 建立一种稳定可靠的测定米面及制品中过氧化苯甲酰的方法, 为米面及制品中过氧化苯甲酰的检测提供稳定可靠的检测方法。

2 材料与方法

2.1 仪器、试剂与材料

1260 高效液相色谱仪(美国 Agilent 公司); 2600TH

超声波清洗器(上海安谱科学仪器有限公司); BSA224S-CW 电子天平(德国 Sartorius 公司); JYL-C022E 粉碎机(九阳股份有限公司); AllegraX-30R 高速离心机(美国 Beckman Coulter 公司); MS3 digital 涡旋振荡器(广州仪科实验室技术有限公司)。

过氧化苯甲酰(标准物质, 99.8%, 上海安谱实验科技股份有限公司); 甲醇(色谱纯, 美国 Fisher Chemical 公司); 乙腈(色谱纯, 美国 Fisher Chemical 公司); 乙酸铵、乙酸、硫酸亚铁(分析纯, 广州化学试剂厂); 碘化钾(优级纯, 天津市科密欧化学试剂有限公司); 草酸(分析纯, 汕头市西陇化工厂有限公司); 0.22 μm 水相微孔滤膜(上海安谱实验科技股份有限公司); 实验室用水为 Milli-Q 超纯水。

实验所需的样品在普通市场购买, 基体包括米制品与面制品。

2.2 标准溶液的配制

称取 0.1000 g 过氧化苯甲酰标准物质用甲醇定容至 100 mL 容量瓶中, 溶液浓度为 1.00 mg/mL。分别吸取 0、20、50、100、200、500、1000 μL , 1.00 mg/mL 的过氧化苯甲酰标准溶液至 10 mL 容量瓶中, 分别加入 0.5 mL 的 20 mg/mL 硫酸亚铁溶液与 5%乙酸(V:V)溶液, 用纯水定容至 10 mL。得到浓度分别为 0、2、5、10、20、50、100 mg/L 的过氧化苯甲酰标准溶液, 过膜后待备用。

2.3 样品前处理

称取 2.50 g 经粉碎样品至 10 mL 离心管中, 加入 5 mL 纯水至离心管中, 涡旋振荡混匀 1 min 后超声提取 10 min, 分别加入 0.5 mL 的 20 mg/mL 硫酸亚铁溶液与 5%乙酸溶液, 用纯水定容至 10 mL, 涡旋振荡混匀 1 min 后超声提取 10 min, 再用离心机 10000 r/min 离心 3 min, 取上清液过 0.22 μm 水相微孔滤膜于进样瓶中待测备用。

2.4 仪器色谱条件

色谱柱: Agilent ZORBAX Eclipse Plus C₁₈ (4.6 mm $\times$ 150 mm, 5.0 μm); 流动相: 乙酸铵溶液(20 mmol/L): 甲醇(70: 30, V:V); 进样量为 10 μL ; 流速为 1.2 mL/min; 时间为 10 min; 柱温为 30 $^{\circ}\text{C}$; 测定波长 230 nm, 等度洗脱。分别对标准溶液与待测液进行测定。

3 结果与分析

3.1 检测方法测定波长的确定

对 50 mg/L 过氧化苯甲酰标准溶液与标准空白进行测定,通过色谱图进行峰形的比较,从而确定被还原的过氧化苯甲酰的色谱峰。过氧化苯甲酰经还原,生成苯甲酸。对被还原过氧化苯甲酰的色谱峰进行光谱扫描,扫描范围是 210~700 nm,标准光谱图显示苯甲酸的最大吸收波长是 230 nm。化学物质的最大吸收检测波长主要有物质本身的特性决定的。本方法选择 230 nm 作为方法的测定波长。苯甲酸的光谱图见图 1。

3.2 色谱柱的选择

本研究对液相色谱柱考察,先后对 3 种不同类型的色谱柱进行了测试,分别是沃特世 Waters XBridge BEH HILIC、安捷伦 Agilent Poroshell 120 SB-Aq 与安捷伦 Agilent ZORBAX Eclipse Plus C₁₈。

首先对沃特世 Waters XBridge BEH HILIC(4.6 mm ×150 mm, 3.5 μm)色谱柱考察,该柱子是亲水性色谱柱,适用于分析强极性化合物分析。用 50 mg/L 的过氧化苯甲酰标准溶液作为待测液,对流动相比比例进行不断调整测试,观察待测物是否有保留以及峰面积的比例关系。实验中,各种比例的流动相条件下,色谱图显示待测物没有吸附与解吸。

其次对安捷伦 Agilent Poroshell 120 SB-Aq(2.7 μm, 4.6 mm×100 mm, 2.7 μm)色谱柱考察,该色谱柱可用于高水性条件,适用于分析较强极性化合物,分离特性介于正相与反相色谱柱之间。用 50 mg/L 的过氧化苯甲酰标准溶液作为待测液,对流动相比比例进行不断调整测试,观察待测物是否有保留以及峰面积的比例关系。实验表明,各种比例的流动相条件下,色谱图显示待测物没有吸附

与解吸。

最后对安捷伦 Agilent ZORBAX Eclipse Plus C₁₈(4.6 mm ×150 mm, 5.0 μm)色谱柱考察,该色谱柱是非极性反相色谱柱,适用于弱极性与非极性化合物分析。用 50 mg/L 的过氧化苯甲酰标准溶液作为待测液,对流动相比比例进行不断调整测试,观察待测物是否有保留以及峰面积的比例关系。实验表明,反相色谱柱能够对过氧化苯甲酰进行分离测定。当流动相 20 mmol/L 乙酸铵溶液:甲醇 = 70:30(V:V)时,50 mg/L 过氧化苯甲酰标准溶液的色谱图见图 2。

3.3 流动相及比例选择

高效液相色谱流动相通常有纯水、20 mmol/L 乙酸铵溶液、乙腈与甲醇等,水相与有机相组合选择。本研究对流动相组合选择进行实验,结果表明,只有 20 mmol/L 乙酸铵溶液与甲醇为流动相时才能对待测物实现分离测定。进一步对流动相比比例进行研究,从 20 mmol/L 乙酸铵溶液:甲醇 = 10:90(V:V)开始,让乙酸铵溶液依次增加 10%,甲醇相应依次减少 10%,直到 20 mmol/L 乙酸铵溶液:甲醇 = 90:10(V:V)。用 50 mg/L 的过氧化苯甲酰标准溶液作为待测液,一共进行 9 次测试。实验结果显示:20 mmol/L 乙酸铵溶液:甲醇=60:40(V:V)时,待测物的色谱峰在溶剂峰之后出来,在此之前,都是在溶剂峰之前出峰。随着流动相中乙酸铵溶液比例进一步增大,保留时间逐渐增加。当 20 mmol/L 乙酸铵溶液:甲醇=70:30(V:V)时,待测物色谱峰与溶液中乙酸的色谱峰能很好分离,目标峰的峰形好,且峰面积大。流动相中乙酸铵溶液比例继续增大,保留时间太长,出峰太慢。综合考虑峰形与保留时间,选择 20 mmol/L 乙酸铵溶液与甲醇为流动相,且 20 mmol/L 乙酸铵溶液:甲醇 = 70:30(V:V)。

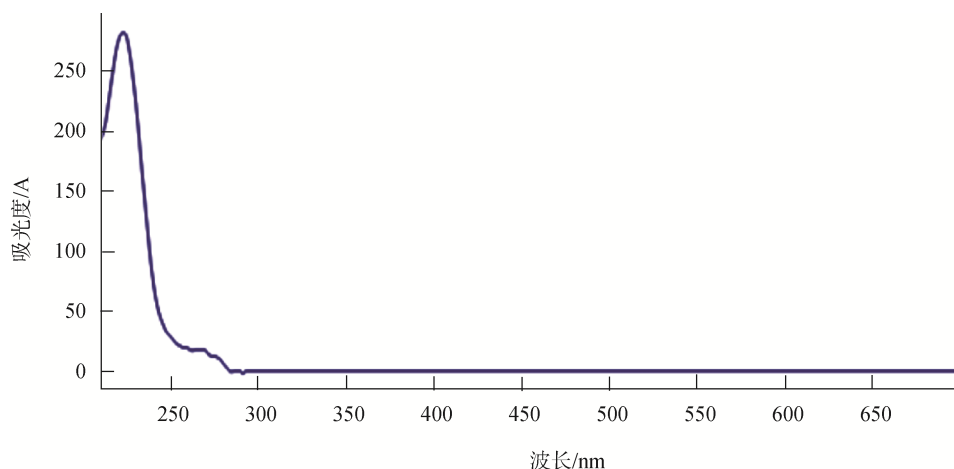


图 1 苯甲酸的光谱图

Fig.1 Spectra of benzoic acid

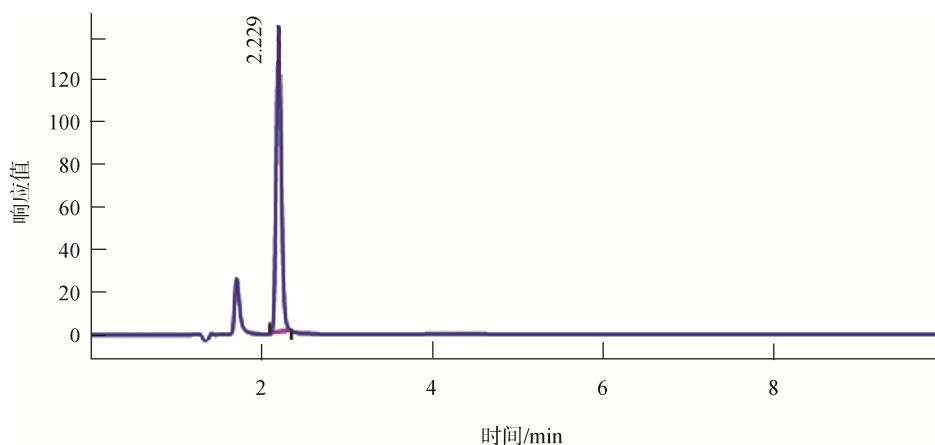


图 2 过氧化苯甲酰的色谱图

Fig.2 Chromatogram of benzoyl peroxide

3.4 提取试剂的选择

过氧化苯甲酰能溶于乙醚、氯仿、苯, 微溶于水^[1]。本实验分别考察用乙腈、甲醇、纯水作为提取试剂, 对加标水平为 50 mg/kg 的加标样品中的过氧化苯甲酰按样品前处理过程进行提取。结果显示, 用乙腈提取时, 过氧化苯甲酰的回收率很差, 几乎没有检出; 用甲醇提取时, 过氧化苯甲酰的回收率为 74.1%, 回收率差; 用纯水提取时, 过氧化苯甲酰的回收率为 97.2%, 重现性好。因此, 选择纯水对样品中的过氧化苯甲酰进行提取。

3.5 还原剂的选择

本研究是通过间接法测定过氧化苯甲酰, 将过氧化苯甲酰还原成苯甲酸后进行测定。在还原剂的选择中, 分别对碘化钾、草酸与硫酸亚铁进行实验, 对加标水平为 50 mg/kg 的加标样品按样品前处理过程进行测定。实验表明, 碘化钾本身的响应值太大, 不利于对目标物色谱峰的观察; 草酸还原过氧化苯甲酰时, 加标样品的回收率为 67.5%, 回收率较差; 硫酸亚铁还原过氧化苯甲酰时, 加标样品的回收率为 97.6%, 回收率高。因此, 选择硫酸亚铁溶液作为还原剂, 同时加乙酸溶液, 让反应在酸性体系下进行, 防止样品待测液较长时间放置时形成亚铁盐或铁盐的沉淀。

3.6 过氧化苯甲酰高效液相色谱法的方法验证

3.6.1 过氧化苯甲酰测定方法的校准曲线范围

本方法研究校准曲线范围时, 考察 0~100 mg/L 的线性宽度。配制浓度为 0、2、5、10、20、50、100 mg/L 的过氧化苯甲酰标准溶液。实验结果表明, 在 0~100 mg/L 的范围内, 过氧化苯甲酰的浓度与色谱峰面积的大小成正比例线性关系, 线性良好。在线性范围 0~100 mg/L 时, 以过氧化苯甲酰浓度为横坐标 X 轴, 以对应色谱峰面积为纵坐标 Y 轴, 得到线性方程: $Y=23.01X+13.14$, 相关系

数为 0.999。

3.6.2 过氧化苯甲酰测定方法的检出限

对于高效液相色谱法, 检出限 = 最低响应值/ $b = S/b^{[21]}$ 。 S —仪器噪音的 3 倍, 即仪器能辨认的最小的物质的信号; b —标准曲线回归方程中的斜率。具体做法是将过氧化苯甲酰标准溶液逐级稀释, 直到待测溶液无信号或信号不明显时, 上一级或上一个浓度即为过氧化苯甲酰的仪器检出限。实验结果显示: 0.20 mg/L 过氧化苯甲酰标准溶液的峰面积相对较大, 信号明显。0.10 mg/L 过氧化苯甲酰标准溶液的峰面积相对较小, 但能够判断是对应待测物的色谱峰。0.05 mg/L 过氧化苯甲酰标准溶液的峰面积非常小, 几乎没有色谱峰。因此, 0.10 mg/L 是过氧化苯甲酰的仪器检出限。当称样量为 2.50 g 时, 提取定容体积为 10 mL 时, 则方法检出限为 0.40 mg/kg。0.10 mg/L 过氧化苯甲酰标准溶液的色谱图见图 3。

3.6.3 过氧化苯甲酰测定方法的准确度结果

理化检验中用加标回收率表示方法的准确度。 $P=(X_1-X_0)/m \times 100\%^{[21]}$ 。 P —加标回收率; X_1 —加标样品的测定值; X_0 —样品的测定值; m —加入的标准物质的量。对于食品中的禁用物质, 加标回收实验应在方法检出限、2 倍方法检出限、10 倍方法检出限 3 个水平进行实验。过氧化苯甲酰加标回收实验测定结果见表 1。

过氧化苯甲酰加标回收试验结果显示, 加标水平 0.40 mg/kg 时, 加标回收率为 87.5%; 加标水平 0.80 mg/kg 时, 加标回收率为 90.0%; 加标水平 4.00 mg/kg 时, 加标回收率为 94.5%。过氧化苯甲酰加标回收试验的结果符合 GB/T 27404-2008 《实验室质量控制规范食品理化检测》^[22] 对回收率的要求, 方法具有准确可靠性。

3.6.4 过氧化苯甲酰测定方法的精密度

对于食品中的禁用物质, 精密度实验应在方法检出限、2 倍方法检出限、10 倍方法检出限 3 个水平进行。

每一个水平样品重复处理测定 6 次,做 6 次平行实验,计算其相对标准偏差(relative standard deviation, RSD)。过氧化苯甲酰精密度的实验测定结果见表 2。

结果显示,过氧化苯甲酰测定水平为 0.40 mg/kg 时,相对标准偏差为 6.4%;过氧化苯甲酰测定水平为 0.80 mg/kg 时,相对标准偏差为 6.1%;过氧化苯甲酰测定水平为 4.00 mg/kg 时,相对标准偏差为 4.2%。精密度的试

验结果符合 GB/T 27404-2008《实验室质量控制规范食品理化检测》^[22]对精密度的要求,方法具有稳定可靠性。

3.6 实际样品的测定

在农贸市场与超市购买 20 份米面及制品样品,用本方法进行样品前处理与测定,过氧化苯甲酰均为未检出。样品的色谱图见图 4,加标样品的色谱图见图 5。

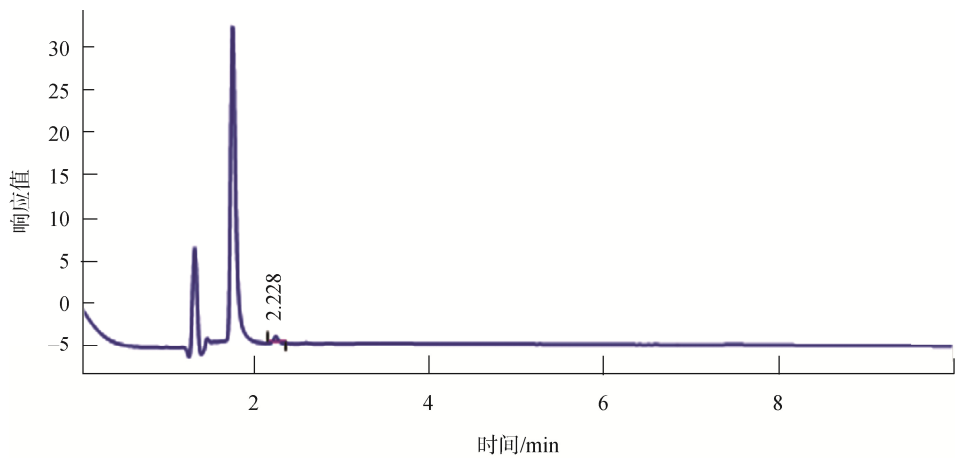


图 3 0.10 mg/L 过氧化苯甲酰标准溶液的色谱图
Fig.3 Chromatogram of standard solution of 0.10 mg/L benzoyl peroxide

表 1 过氧化苯甲酰加标回收实验测定结果
Table 1 Spiked recovery test results of benzoyl peroxide

样品结果/(mg/kg)	加标水平/(mg/kg)	加标样结果/(mg/kg)			相对标准偏差/%	回收率/%
		单次结果①	单次结果②	平均值		
未检出	0.40	0.34	0.36	0.35	5.7	87.5
未检出	0.80	0.74	0.69	0.72	7.0	90.0
未检出	4.00	3.83	3.72	3.78	2.9	94.5

表 2 过氧化苯甲酰精密度的实验测定结果
Table 2 Precision test results of benzoyl peroxide

平行样序号	加标水平		
	0.40 mg/kg	0.80 mg/kg	4.00 mg/kg
1	0.33	0.72	4.10
2	0.37	0.77	3.72
3	0.34	0.69	4.06
4	0.38	0.73	3.85
5	0.36	0.82	3.83
6	0.39	0.73	3.73
RSD/%	6.4	6.1	4.2

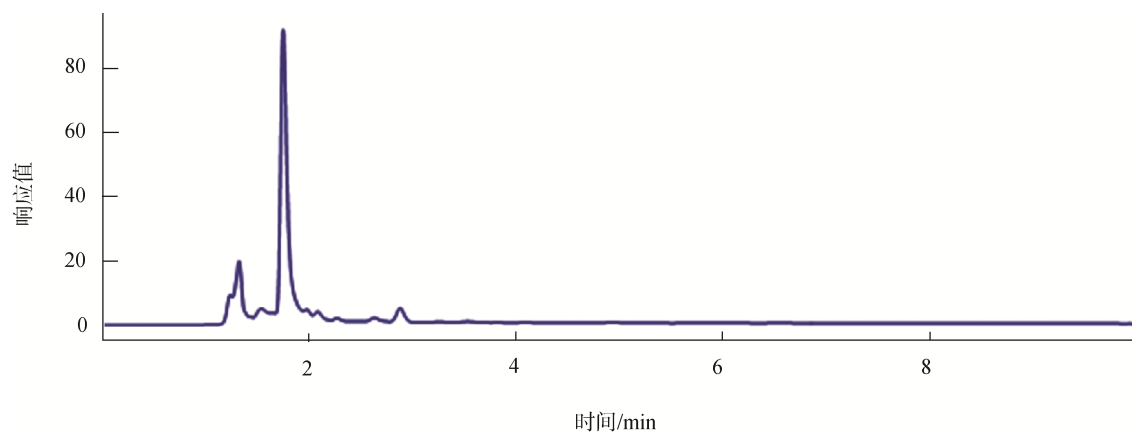


图 4 样品的色谱图

Fig.4 Chromatogram of sample

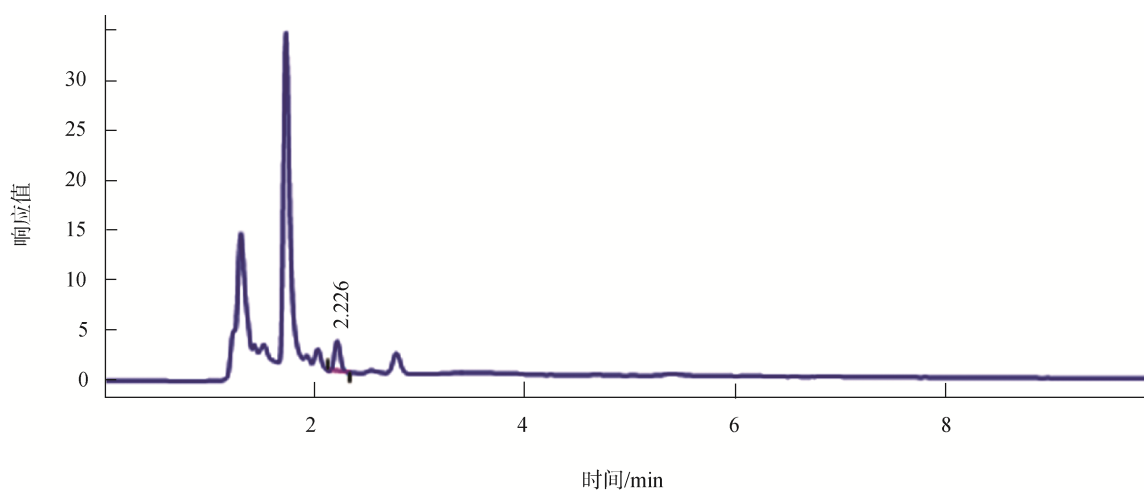


图 5 加标样品的色谱图

Fig.5 Chromatogram of spiked sample.

4 结 论

用高效液相色谱仪对过氧化苯甲酰进行光谱扫描, 选择 230 nm 作为检测方法的测定波长。Agilent ZORBAX Eclipse Plus C₁₈ 色谱柱能够对过氧化苯甲酰进行分离测定, 选择乙酸铵溶液、甲醇作为流动相, 从而实现分离检测。纯水对样品中的过氧化苯甲酰提取效果好, 采用酸性硫酸亚铁溶液作为还原剂, 方法的检出限为 0.40 mg/kg。在 0~100 mg/L 的范围内, 过氧化苯甲酰的浓度分别与色谱峰面积的大小成正比例线性关系, 线性良好, 线性方程为 $Y=23.01X+13.14$, 相关系数为 0.999。方法的准确度与精密度的试验结果均符合 GB/T27404-2008《实验室质量控制规范 食品理化检测》^[22] 的相应要求, 为米面制品中过氧化苯甲酰的检测提供准确、稳定、可靠的检测方法。

参考文献

- [1] 吴迎春, 聂峰. 面粉中过氧化苯甲酰检测方法研究[J]. 陕西理工学院学报(自然科学版), 2010, 26(2): 55-57.
Wu YC, Nie F. Determination of benzoyl peroxide in flour [J]. J Shanxi Univ Technol (Nat Sci Ed), 2010, 26(2): 55-57.
- [2] Mu GF. Determination of benzoyl peroxide, as benzoic acid, in wheat flour by capillary electrophoresis compared with HPLC [J]. J Sci Food Agric, 2012, 92(4): 960-964.
- [3] 徐跃成, 刘刚, 艾涛波, 等. 高效液相色谱法同时测定小麦粉中过氧化苯甲酰和苯甲酸及其含量稳定性考察[J]. 食品安全质量检测学报, 2018, 9(16): 4252-4257.
Xu YC, Liu G, Ai TB, et al. Determination of benzoyl peroxide and

- benzoyl acid in wheat flour products and their content stability [J]. *J Food Saf Qual*, 2018, 9(16): 4252–4257.
- [4] 孟霞, 丁腊梅, 周帅, 等. 高效液相色谱法测定面条中过氧化苯甲酰的含量[J]. *农产品加工*, 2018, (12): 63–65.
- Meng X, Ding LM, Zhou S, *et al*. Determination of benzoyl peroxide in noodles by high performance liquid chromatography [J]. *Farm Prod Process*, 2018, (12): 63–65.
- [5] 宣栋樑. 固相萃取-高效液相色谱法测定牙膏中过氧化苯甲酰[J]. *现代预防医学*, 2018, 45(5): 905–907.
- Xuan DL. Determination of benzoyl peroxide in toothpaste by solid-phase extraction and high performance liquid chromatography [J]. *Mod Prev Med*, 2018, 45(5): 905–907.
- [6] 关桦楠, 龚德状. 市售小麦面粉中过氧化苯甲酰的检测[J]. *包装与食品机械*, 2018, 36(6): 64–68.
- Guan HN, Gong DZ. Detection of benzoyl peroxide in wheat flour on sale [J]. *Packag Food Mach*, 2018, 36(6): 64–68.
- [7] 林建原, 黄炜. 紫外分光光度法同时测定面粉中过氧化苯甲酰及其还原产物苯甲酸的含量[J]. *广东微量元素科学*, 2008, 15(4): 52–55.
- Lin JY, Huang W. Simultaneous determination of benzoyl peroxide and benzoic acid content in flour by ultraviolet spectrophotometry [J]. *Guangdong Trace Elem Sci*, 2008, 15(4): 52–55.
- [8] 樊继鹏, 余秀娟, 陈军, 等. 面制品中过氧化苯甲酰和苯甲酸的测定及热稳定性研究[J]. *包装与食品机械*, 2017, 35(3): 7–10.
- Fan JP, Yu XJ, Chen J, *et al*. Study on the determination and thermal stability of benzoperoxide and benzoic acid in flour products [J]. *Packag Food Mach*, 2017, 35(3): 7–10.
- [9] 刘彩丽. 准确测定面制品中过氧化苯甲酰含量的研究[J]. *粮食与油脂*, 2017, 30(12): 89–90.
- Liu CL. Research on accurate determination method of benzoyl peroxide content in flour products [J]. *Cere Oils*, 2017, 30(12): 89–90.
- [10] Supharok S, Ponghong K, Grudpan K. A green analytical method for benzoyl peroxide determination by a sequential injection spectrophotometry using natural reagent extracts from pumpkin [J]. *Talanta*, 2017, (171): 236–241.
- [11] 邢文. 小麦粉中过氧化苯甲酰检测液相色谱法改进[J]. *预防医学论坛*, 2017, 23(8): 640–641.
- Xing W. Modification for the determination of benzoyl peroxide in wheat flour by HPLC method [J]. *Prev Med Tribune*, 2017, 23(8): 640–641.
- [12] Kraingkrai P. A rapid and sensitive spectrophotometric method for the determination of benzoyl peroxide in wheat flour samples [J]. *J Food Drug Anal*, 2015, 23(4): 652–659.
- [13] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 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[EB/OL]. [2011-04-22]. <http://www.nhfpc.gov.cn/zwgkzt/spaqxx/201406/38e5c8a5361548688d93ed05ac9731a.shtml>
- The national health and family planning commission of the People's Republic of China. List of non edible substances and food additives that may be illegally added to foods [EB/OL]. [2011-04-22]. <http://www.nhfpc.gov.cn/zwgkzt/spaqxx/201406/38e5c8a5361548688d93ed05ac9731a.shtml>.
- [14] 国家卫生计生委办公厅. 关于征求《食品中可能违法添加的非食用物质名单》(征求意见稿)意见的函[EB/OL]. [2014-09-29]. <http://www.nhfpc.gov.cn/sps/s5853/201409/64a8d549311a432c8df6fb446fba8cc.shtml>.
- Office of the National Health Planning Commission. Letter on Soliciting Opinions on the *List of non edible substances that may be illegally added to food* (Draft) [EB/OL]. [2014-09-29]. <http://www.nhfpc.gov.cn/sps/s5853/201409/64a8d549311a432c8df6fb446fbfa8cc.shtml>.
- [15] GB/T 22325-2008 小麦粉中过氧化苯甲酰的测定高效液相色谱法[S].
- GB/T 22325-2008 Determination of benzoyl peroxide in wheat flour high performance liquid chromatography [S].
- [16] 孙艳, 徐跃成, 刘刚, 等. 液相法测定小麦粉中苯甲酸和过氧化苯甲酰[J]. *食品工业*, 2018, 39(10): 322–324.
- Sun Y, Xu YC, Liu G, *et al*. Determination of benzoic acid and benzoyl peroxide in wheatmeal by high performance liquid chromatography [J]. *Food Ind*, 2018, 39(10): 322–324.
- [17] GB/T 18415-2001 小麦粉中过氧化苯甲酰的测定方法[S].
- GB/T 18415-2001 Methods of determination for benzoyl peroxide in wheat flour [S].
- [18] 章沙沙. 气相色谱法快速测定食品中的过氧化苯甲酰[J]. *食品安全质量检测学报*, 2016, 7(4): 1705–1708.
- Zhang SS. Detection of benzoyl peroxide in food by gas chromatography [J]. *J Food Saf Qual*, 2016, 7(4): 1705–1708.
- [19] 裴翠锦, 姚国光. 紫外分光光度法测定面粉中的过氧化苯甲酰[J]. *计量与测试技术*, 2008, 35(2): 46–49.
- Fei CJ, Yao GG. Determination of benzoyl peroxide in flour by ultraviolet spectrophotometry [J]. *Metrol Meas Tech*, 2008, 35(2): 46–49.
- [20] 陆治名, 李月秋, 王鑫超, 等. 分散液相微萃取荧光法速测小麦粉中过氧化苯甲酰[J]. *中国食品添加剂*, 2017, (4): 163–167.

Lu ZM, Li YQ, Wang XC, *et al.* Quick fluorimetric determination of benzoyl peroxide in wheat flour by dispersive liquid-liquid micro extraction [J]. *China Food Addit*, 2017, (4): 163–167.

[21] GB/T 5009.1-2003 食品卫生检验方法理化部分总则[S].

GB/T 5009.1-2003 General principles for physical and chemical parts of food hygiene inspection methods [S].

[22] GB/T 27404-2008 实验室质量控制规范食品理化检测[S].

GB/T 27404-2008 Laboratory quality control standard for food physical and chemical testing [S].

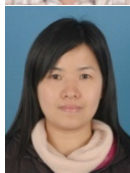
(责任编辑: 韩晓红)

作者简介



彭名军, 高级工程师, 主要研究方向为食品检验与质量分析。

E-mail: pmj0904@126.com



李慧琴, 工程师, 主要研究方向为食品检验与质量分析。

E-mail: muqinhuizi@163.com