

# 高效液相色谱法测定酱卤肉中酸性橙 II 的优化

刘颖\*, 周楠, 石璐, 袁阳蕾, 武文凯

(河南省食品检验研究院, 郑州 450003)

**摘要:** **目的** 建立高效液相色谱法测定酱卤肉中酸性橙 II 的检测方法。**方法** 样品经氨水甲醇提取液提取, 调节 pH 沉淀蛋白后, 过混合弱阴离子(mixed weak anion, PWAX)固相萃取柱净化。采用 20 mmol/L 乙酸铵(A)和甲醇(B)作为流动相进行等度洗脱, 采用二极管阵列检测器(diode array detector, DAD)对酸性橙 II 进行多波长检测。**结果** 本方法可在 10 min 内完成目标化合物与杂质的分离。酸性橙 II 在 0.1、0.5 和 2.0 mg/kg 添加水平的回收率提升至 76.0%~92.5%, 相对标准偏差小于 15%(n=6), 方法检出限为 0.1 mg/kg。**结论** 该方法快速、准确、灵敏, 适合酱卤肉等蛋白质含量高的样品中酸性橙 II 的大批量检测。

**关键词:** 酸性橙 II; 高效液相色谱法; 二极管阵列检测器; 酱卤肉

## Optimization of determination of acid orange II in braised pork by high performance liquid chromatography

LIU Ying\*, ZHOU Nan, SHI Lu, YUAN Yang-Lei, WU Wen-Kai

(Food Inspection and Research Institute of Henan, Zhengzhou 450003, China)

**ABSTRACT: Objective** To establish a method for the determination of acid orange II in marinated pork by high performance liquid chromatography. **Methods** The sample was extracted with ammonia methanol extract, adjusted pH to precipitate protein, and purified by mixed weak anion (PWAX) solid phase extraction column. Using 20 mmol/L ammonium acetate (A) and methanol (B) as mobile phases for isocratic elution, diode array detector (DAD) was used for multi-wavelength detection of acid orange II. **Results** This method completed the separation of the target compound and impurities within 10 minutes. The recoveries were ranged from 76.0%–92.5% with 3 spiked levels of 0.1, 0.5 and 2.0 mg/kg. The relative standard deviations (RSDs) were less than 15% (n=6), and the limits of detection was 0.1 mg/kg. **Conclusion** This method is fast, accurate and sensitive, and is suitable for the mass detection of acid orange II in samples with high protein content such as braised pork.

**KEY WORDS:** acid orange II; high performance liquid chromatography; diode array detector; braised pork

## 0 引言

酸性橙 II 属于化工染料, 通常是金黄色粉末, 俗称金黄色粉, 易溶于乙醇、水等极性溶剂, 是一种偶氮类染料<sup>[1]</sup>。

偶氮化合物在体内分解, 可形成两种芳香胺化合物, 芳香胺化合物在体内经过代谢活动后与靶细胞作用而可能引起癌症, 具有致癌作用<sup>[2-3]</sup>。酸性橙 II 具有色泽鲜艳、着色稳定和价廉的特点, 所以在肉制品中成为最易被违法添加的

基金项目: 河南省市场监督管理局科技计划项目(2020sj38)

Fund: Supported by the Science and Technology Planning Project of Henan Provincial Market Supervision Administration (2020sj38)

\*通信作者: 刘颖, 工程师, 主要研究方向为食品质量与安全。E-mail: 790817960@qq.com

\*Corresponding author: LIU Ying, Engineer, Food Inspection and Research Institute of Henan, Zhengzhou 450003, China. E-mail: 790817960@qq.com

一类染料物质, 极大危害消费者的身体健康<sup>[4-5]</sup>。卫生部在 2008 年发布的食品整治办 3 号文中, 严禁将其作为着色剂添加到卤制熟食中<sup>[6]</sup>。

目前酸性橙 II 的检测方法比较成熟, 主要检测方法有薄层色谱扫描法<sup>[7-8]</sup>、高效液相色谱法<sup>[9-11]</sup>、液相色谱质谱联用法<sup>[12-14]</sup>等。由于肉制品基质复杂、油脂含量高、蛋白质含量高, 前处理方法中常用的净化柱有液液萃取<sup>[15-16]</sup>、聚酰胺柱<sup>[17-18]</sup>、混合型弱阴离子(mixed weak anion, PWAX)交换柱<sup>[19-21]</sup>等。根据酸性橙 II 的分子结构式(如图 1)可以看出其结构中有一个磺酸基( $\text{SO}_3^-$ ), 属于强酸基团, 因此选用 PWAX 交换是比较合适的, 但这类固相萃取(solid phase extraction, SPE)柱吸附和洗脱的能力受 pH 影响较大。本研究经过研究和对比, 选择了最佳的上样 pH 和洗脱溶剂, 针对 SN/T 3536—2013《出口食品中酸性橙 II 号的检测方法》的样品前处理方法进行了改进, 包括提取、过柱、过滤膜等, 以期对肉制品中酸性橙 II 非法添加的检测提供有力的技术支持。

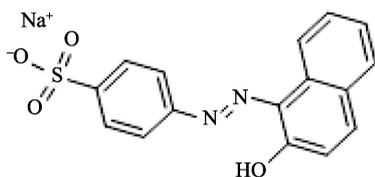


图 1 酸性橙 II 分子结构式

Fig.1 Molecular formula of acid orange II

## 1 材料与方 法

### 1.1 仪器与试剂

LPG-3400SDN 液相色谱仪(配有二极管阵列检测器, 美国赛默飞世尔公司); Organomation N-EVAP 氮吹仪(美国 Organomation 公司); 4-16KS 高速冷冻离心机(德国 Sigma 公司); MV-3000 多管振荡器(成都莱普科技有限公司)。

甲醇(色谱纯, 德国 Merck 公司); 氨水、甲酸(分析纯, 郑州国药集团); Cleanert PWAX 萃取柱(6 mL, 150 mg)、氨基阴离子固相交换柱(500 mg, 3 mL)(北京艾杰尔科技公司); 0.45  $\mu\text{m}$  PVDF 滤头(广州洁特生物过滤股份有限公司); 实验室用水为 Milli-Q 超纯水(美国 Millipore 公司)。

酸性橙 II(批号 B0003777, 纯度 98.3%, 北京曼哈格生物科技有限公司)。

在河南省各个地市抽取 400 余批样本(酱牛肉、卤鸡腿、烧鸡等)。抽样主要在生产环节和流通环节, 地点覆盖河南省内生产企业、超市、农贸市场、批发、零售场所等。

## 1.2 实验方法

### 1.2.1 溶液配制

酸性橙 II 标准溶液配制: 准确称取 10 mg 酸性橙 II 对照品到 100 mL 的容量瓶中, 用水配成 100 mg/L 标准贮备液, 4  $^{\circ}\text{C}$  保存。量取酸性橙 II 贮备液, 置棕色容量瓶中, 用水稀释成质量浓度为 10 mg/L 标准工作液。

2% 甲酸溶液: 在 98 mL 水中加入 2 mL 甲酸, 混合均匀。

5% 氨水甲醇: 取 5 mL 氨水与 95 mL 甲醇混合。

10% 氨水甲醇: 取 10 mL 氨水与 90 mL 甲醇混合。

15% 氨水甲醇: 取 15 mL 氨水与 85 mL 甲醇混合。

### 1.2.2 样品前处理

#### (1) 采样和试样制备

在河南省内, 抽取有代表性的样品 400 份(酱牛肉、卤鸡腿、烧鸡等), 用四分法缩减取 200 g, 粉碎后混匀, 装入自封袋中, 避光, 备用。

#### (2) 提取

称取 2 g (精确至 0.01 g) 粉碎的酱卤肉制品于 50 mL 离心管中, 准确加入 15 mL 提溶液, 充分振荡 10 min, 超声 10 min, 7000 r/min, 4  $^{\circ}\text{C}$  离心 5 min, 取上清液备用, 残渣中再加入 15 mL 提取液, 重复上述提取离心过程, 合并 2 次提取液, 70  $^{\circ}\text{C}$  氮吹, 浓缩至 5 mL 左右, 用甲酸调节 pH 至 6 左右, 冷冻离心, 取上清液, 备用。

#### (3) 净化

PWAX 固相萃取小柱先用 6 mL 甲醇, 6 mL 2% 甲酸水活化。取上清液上柱, 用 6 mL 甲酸水和 2 mL 甲醇淋洗, 彻底抽干, 用 15% 氨水-甲醇溶液 5 mL 洗脱, 收集洗脱液, 水浴(50  $^{\circ}\text{C}$ ) 氮吹至干, 用 1.0 mL 的超纯水溶解, 过 0.22  $\mu\text{m}$  滤膜。

### 1.2.3 液相色谱仪条件

#### (1) 液相色谱条件

安捷伦 ZORBAX Eclipse XDB-C<sub>18</sub> 色谱柱(4.6 mm $\times$ 2500 mm, 5  $\mu\text{m}$ ), 流动相: 20 mmol/L 乙酸铵(A)-甲醇(B), 流速: 1.0 mL/min, 进样体积: 10  $\mu\text{L}$ , 柱温: 35  $^{\circ}\text{C}$ 。液相色谱流动相比例: 0~12.0 min, A:B=40:60 (V:V)。

#### (2) DAD 条件

多波长采集, 190~700 nm。

## 2 结果与分析

### 2.1 DAD 检测器的优化

将酸性橙 II 标准工作液, 通过液相系统进样, 区别于标准中的单波长采集, 选择同时采集 190~700 nm 范围的光谱信息。全波长扫描可以在杂质峰干扰出现时, 利用光谱信息进行进一步确认。结果如图 2 所示, 酸性橙 II 分别

在 207、228、315、484 nm 处有最大吸收,但溶剂与杂质化合物在低波长范围有吸收,会对酸性橙 II 的响应造成干扰。本研究对烧鸡、酱牛肉、酱鸭翅等数十种酱卤肉制品进行空白实验与酸性橙 II 的加标回收实验,结果表明,提取 484 nm 波长处色谱图,空白样色谱图在酸性橙 II 的保留时间前后 2 min 均未出现任何杂质峰,且灵敏度,回收结果均满足实验要求。故选取 484 nm 的色谱图计算酸性橙 II 的含量。

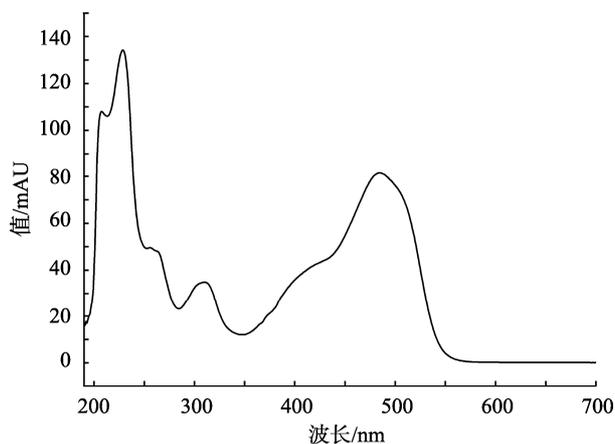


图 2 酸性橙 II 光谱图  
Fig.2 Spectrum of acid orange II

## 2.2 前处理条件优化

### 2.2.1 提取条件优化

#### ①提取试剂的选择

分别采取纯水、甲酸乙醇水、氨水乙醇水溶液对酸性橙 II 加标样品进行超声、振荡提取,按照标准方法净化。上机结果显示纯水提取回收率为 20%~30%,甲酸乙醇水提取回收率为 15%~30%,氨水乙醇水提取回收率为 20%~40%。表明氨水乙醇水的提取效果最佳,实验过程表明,样品如含油脂,可先加乙醚去除油脂后,再进行提取操作,回收率会有一定的提高,这可能是由于油脂的存在会影响固相萃取过程的吸附洗脱。因此,选择用乙醚去除油脂之后,再进行提取操作。

#### ②浓缩方式的选择

酸性橙 II 2 次提取液需进行适当的浓缩,再采用固相萃取柱进行净化。SN/T 3536—2013 标准中采取旋转蒸发的方式进行浓缩,按照标准方法进行的操作,发现旋转蒸发浓缩过程中样品提取液易产生气泡往外喷出,会造成结果的损失,还可能导致样品间的污染。这可能是由于酱卤肉制品中含有大量蛋白质,因此提取阶段均采用冷冻离心代替普通离心,达到去除一部分蛋白质的作用。

本研究采用氮吹的方式进行浓缩,有效避免气泡的产生以及样品间可能产生的污染。氮吹仪可一次性浓缩 24 个样品,也大大提高实验的效率。实验证明在 80 °C 以下的

温度下氮吹不会影响酸性橙 II 的稳定性,适当提高温度可加快浓缩速度,节约实验时间成本。为进一步节省时间成本,样品进行第 2 次提取过程的同时,可将第 1 次的提取液先进行氮吹浓缩,再将第 2 次提取液进行汇合氮吹,吹至剩余大概 5 mL 左右,称作样品提取浓缩液。

### 2.2.2 净化条件优化

#### ①固相萃取柱的选择

本研究分别采用 SN/T 3536—2013 标准中推荐的氨基阴离子固相交换柱,与艾杰尔提供的 Cleanert PWAX 萃取柱在相同条件下,对样品提取浓缩液进行净化。结果表明,氨基阴离子固相交换柱的回收率在 20%~40%,而 Cleanert PWAX 的回收可达到 70%~90%。故后续的实验选用 Cleanert PWAX 对样品提取液进行净化,并对 Cleanert PWAX 柱的上样、淋洗,洗脱条件进行进一步优化。上柱实验中发现淋洗阶段,2 mL 甲醇淋洗即可达到净化效果,故将淋洗用甲醇由 6 mL 降至 2 mL。这一操作不仅可减少有机试剂的使用,还加快了实验进度。

#### ②浓缩液 pH 的优化

弱阴离子交换柱吸附、洗脱效果与上样样液的 pH 和极性有一定的关系,本研究将样品提取浓缩液分别调节到 0、2、4、6、8.5 个 pH 条件,在相同条件下进行淋洗、洗脱、浓缩、滤膜过滤上机。结果如图 3 所示,酸性橙 II 在 pH=2 和 pH=6 的条件下,结果较好。考虑到调节至 pH=2 需要加入大量的甲酸溶液,上样体积变大,固相萃取耗时较长,故本研究选择将提取浓缩液调节至 pH=6。实验过程中发现,样品提取浓缩液在调节 pH 之后,蛋白质会进一步沉淀,故选择上柱前将样液再次冷冻离心。与 SN/T 3536—2013 标准中固相萃取过程相比,上柱样液更澄清。固相萃取过程不需要在负压状态下进行,可在重力作用下以 1 mL/min 流速自然滴落。

#### ③洗脱液的优化

弱阴离子交换柱,洗脱液通常选用氨水甲醇进行洗脱。为达到更好的洗脱效果,本研究采取 3 种浓度的氨水甲醇对固相萃取柱进行洗脱,结果如图 4 所示,5%氨水甲醇、10%氨水甲醇、15%氨水甲醇洗脱效果均较好,回收可达到 80%以上,其中 15%氨水甲醇洗脱效果较好,回收可达到 90%以上。因此,选定 15%氨水甲醇作为固相萃取柱的洗脱液。

### 2.2.3 过滤滤膜优化

洗脱液氮吹至干,之后用 1 mL 水复溶,用水系滤膜过滤后上机检测。实验选用广州洁特生物过滤股份有限公司的 PVDF 滤头与津腾的 PES 滤头,同一复溶液分别使用 2 种滤头过滤上机,结果表明,PVDF 滤头过滤出来的液体中酸性橙 II 的含量较高,与实验室进行的柠檬黄等磺酸基团合成着色剂滤膜实验结果一致。故选用广州洁特生物过滤股份有限公司的 PVDF 滤头进行上机前过滤。

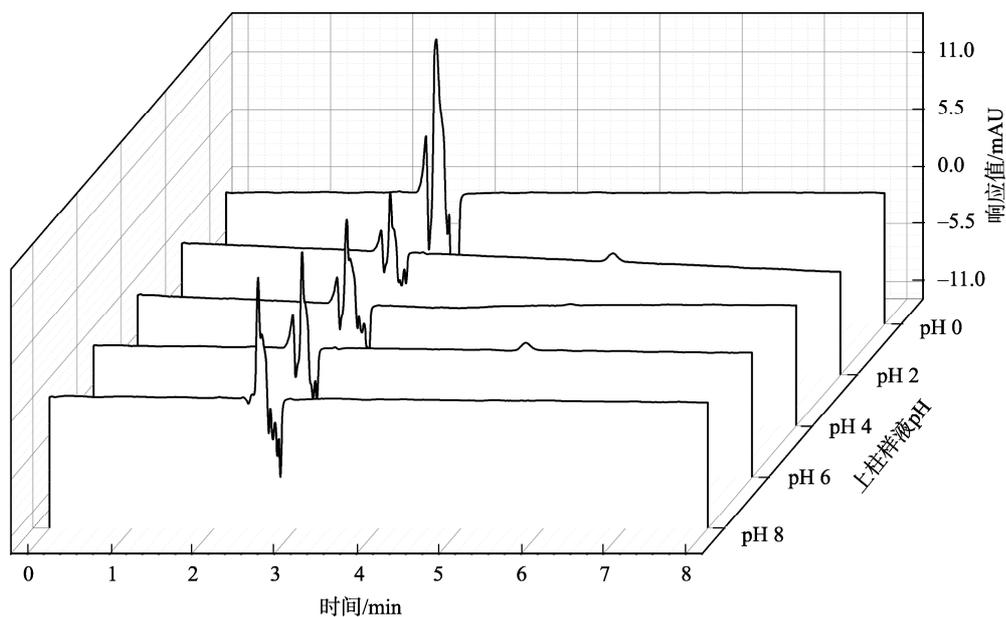


图 3 不同 pH 浓缩液加标回收结果

Fig.3 Standard addition recovery results of different pH concentrates

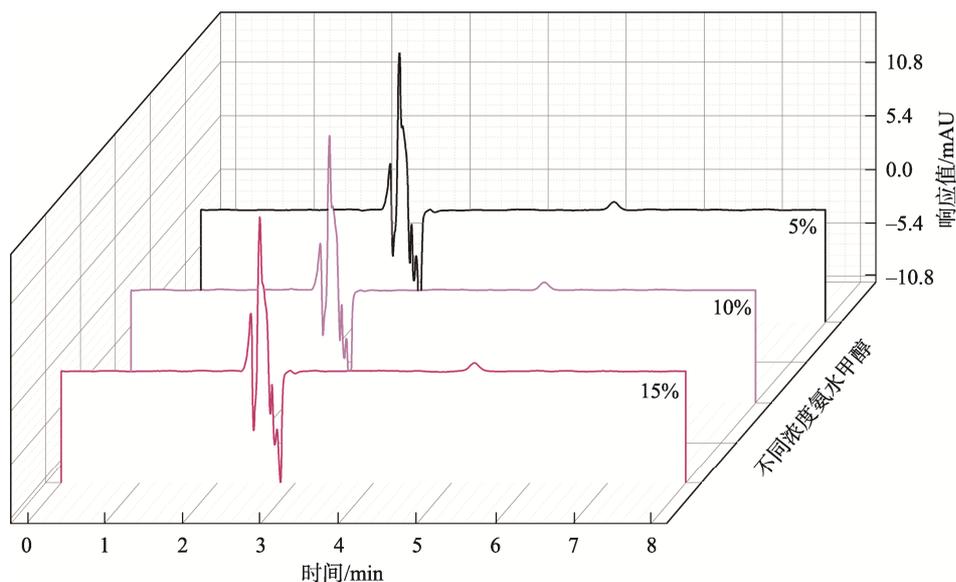


图 4 不同浓度洗脱液的加标回收结果

Fig.4 Standard addition recovery results of different concentrations of eluent

### 2.3 线性范围及检出限

准确吸取适量酸性橙 II 标准工作液, 用水配制成 0.1、0.2、0.5、1.0、2.0、5.0、10.0  $\mu\text{g/mL}$  的标准工作溶液, 以酸性橙 II 含量( $X$ ,  $\mu\text{g/mL}$ )为横坐标, 不同浓度标准物质在 484 nm 处的色谱图面积  $Y$  为纵坐标, 制作校准曲线, 利用校准曲线对样品进行定量计算。相关系数为 0.99997, 斜率为 1.1821, 截距为 0.0066, 线性关系良好。以信噪比为 3 ( $S/N=3$ ) 计算方法检出限(limits of detection, LOD), 本方法酸性橙 II 的方法检

出限为 0.1 mg/kg, 满足检测的要求。

### 2.4 回收率及精密度

以空白卤鸡腿、酱牛肉为样品, 在 0.1、0.5 和 2.0  $\mu\text{g/kg}$  3 个水平下进行加标回收实验, 结果如表 1 所示。酸性橙 II 在 3 个添加水平的回收率为 76.0%~92.5%, 相对标准偏差(relative standard deviation, RSD)小于 15%( $n=6$ ), 与原标准方法回收率为 20%~40%相比, 回收率有了很大的提升, 符合检测的要求。

表 1 加标回收实验结果  
Table 1 Result of spike recovery experiment

化合物	添加浓度/(mg/kg)	回收率/%	RSD/%
卤鸡腿	0.1	76.0	15
	0.5	83.2	8.2
	2.0	90.5	5.1
酱牛肉	0.1	80.2	14
	0.5	86.4	7.8
	2.0	92.5	4.8

## 2.5 实际样品测定

卫生部在 2008 年发布的食品整治办 3 号文中明令规定酸性橙 II 禁止在食品中使用, 用本方法对河南省抽取的 400 份各类酱卤肉制品进行检测, 没有检出阳性样品, 说明近几年食品监管起到了很好的作用。

## 3 结论与讨论

针对酱卤肉制品中油脂含量高、蛋白质含量高的情况, 提取过程均采用冷冻离心的方式, 油脂含量过高时, 则选择先用乙醚萃取去除。提取浓缩液在调节完 pH 之后蛋白会进一步沉淀, 通过再离心再上柱的方式, 有效防止过柱堵塞, 净化效果不佳的情况。通过改进标准方法的浓缩方式、浓缩液 pH、固相萃取柱的选择、淋洗液的体积、洗脱液的碱浓度等条件, 有效提高了酱卤肉基质中酸性橙 II 的回收率, 节省了检测的时间成本。本研究建立了回收率高、稳定性强的酱卤肉中酸性橙 II 的检测方法, 与标准方法相比, 大大提高了实验的可操作性与平行性。采用优化后的前处理方法, 本研究选取了市场上常见种类的肉制品作为加标基质, 均取得良好的回收, 极大改善了目前 SN/T 3536—2013 中回收率不高、固相萃取困难等问题, 可以为肉制品中酸性橙 II 的快速检测提供参考。

## 参考文献

- 王宏伟, 刘素丽, 赵梅, 等. 食品中非法添加工业染料危害的研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(1): 1-7.  
WANG HW, LIU SL, ZHAO M, *et al.* Research progress on the harm of illegal addition of industrial dyes in food [J]. *J Food Saf Qual*, 2019, 10(1): 1-7.
- 戚平, 刘佳, 毛新武, 等. 食品中色素检测的研究进展[J]. 食品与机械, 2018, 34(11): 167-173.  
QI P, LIU J, MAO XW, *et al.* Progress on the detection of the food colour [J]. *Food Mach*, 2018, 34(11): 167-173.
- 林珍珍, 莫卫民, 陈小珍, 等. 超高效液相色谱-串联质谱法测定辣椒制品中 5 种碱性染料[J]. 理化检验, 2013, 49(7): 880-882, 884.  
LIN ZZ, MO WM, CHEN XZ, *et al.* Determination of 5 basic dyes in pepper products by ultra performance liquid chromatography-tandem mass

spectrometry [J]. *Phy Chem Exam*, 2013, 49(7): 880-882, 884.

- 吴海智, 周丛, 袁列江, 等. 高效液相色谱-质谱/质谱法测定食品中的酸性橙 II 与酸性金黄[J]. 分析测试学报, 2014, 33(12): 1387-1392.  
WU HZ, ZHOU C, YUAN LJ, *et al.* Determination of acid orange II and metanil yellow in food by HPLC-MS /MS [J]. *J Instrum Anal*, 2014, 33(12): 1387-1392.
- 刘诗瑶. 色素高分辨质谱检测法的建立与易染色食品的风险监测[D]. 成都: 成都大学, 2020.  
LIU SY. Establishment of high-resolution mass spectrometry detection method for pigments and risk monitoring of easily stained food [D]. Chengdu: Chengdu University, 2020.
- 全国打击违法添加非食用物质和滥用食品添加剂专项整治领导小组. 关于印发《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品种名单(第一批)》的通知[EB/OL]. [2008-12-12]. [http://www.gov.cn/gzdt/2008-12/15/content\\_1178408.htm](http://www.gov.cn/gzdt/2008-12/15/content_1178408.htm) [2021-02-01].  
National leading group for special rectification against illegal addition of non-edible substances and abuse of food additives. Notice on printing and distributing the *List of non-edible substances and food additives easily abusively added in foods (First batch)* [EB/OL]. [2008-12-12]. [http://www.gov.cn/gzdt/2008-12/15/content\\_1178408.htm](http://www.gov.cn/gzdt/2008-12/15/content_1178408.htm) [2021-02-01].
- LOUIS WB, MICHAEL JB. Ultrathin layer chromatography on nanostructured thin films [J]. *J Chromatogr A*, 2008, 1183(2): 179-185.
- 夏立娅, 韩媛媛, 匡林鹤, 等. 薄层色谱扫描法同时检测豆制品中碱性橙、皂黄、柠檬黄和日落黄以及辣椒粉中酸性橙 II、丽春红 2R 和罗丹明 B[J]. 分析实验室, 2010, 29(6): 15-18.  
XIA LY, HAN YY, KUANG LH, *et al.* Simultaneous detection of alkaline orange, soap yellow, lemon yellow and sunset yellow in soy products and acid orange II, ponceau 2R and rhodamine B in chili powder by thin-layer chromatography [J]. *Chin J Anal Lab*, 2010, 29(6): 15-18.
- 李莎, 王银花, 叶麟, 等. HPLC 法同时测定食品中酸性橙 II 和碱性嫩黄 O 的含量[J]. 食品与发酵工业, 2017, 43(3): 234-238, 246.  
LI S, WANG YH, YE L, *et al.* Simultaneous determination of acid orange II and alkaline bright yellow O in food by HPLC [J]. *Food Ferment Ind*, 2017, 43(3): 234-238, 246.
- 胡江涛, 刘兴睿, 何成艳, 等. 固相萃取-高效液相色谱法同时测定食品中 16 种禁限用色素[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(19): 6456-6462.  
HU JT, LIU XR, HE CY, *et al.* Simultaneous determination of 16 prohibited and restricted pigments in food by solid phase extraction-high performance liquid chromatography [J]. *J Food Saf Qual*, 2019, 10(19): 6456-6462.
- 刘慧强, 陈美婷, 王伟达, 等. 低共熔溶剂萃取超高效液相色谱法检测调味油中酸性橙 II、碱性橙 21 和碱性橙 22[J]. 分析实验室, 2018, 37(8): 932-936.  
LIU HQ, CHEN MT, WANG WD, *et al.* Determination of acid orange II, basic orange 21 and basic orange 22 in seasoning oil by ultra performance liquid chromatography with eutectic solvent extraction [J]. *Chin J Anal Lab*, 2018, 37(8): 932-936.
- 蔡屹, 何强, 张亚莉, 等. 固相萃取结合超高效液相色谱-串联质谱法测定植物提取物中 6 种工业染料[J]. 分析实验室, 2016, 35(12): 1402-1407.  
CAI Y, HE Q, ZHANG YL, *et al.* Determination of 6 industrial dyes in plant extracts by solid phase extraction combined with ultra performance

- liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. *Chin J Anal Lab*, 2016, 35(12): 1402-1407.
- [13] 张燕, 舒平, 张妮妮, 等. QuEChERS 前处理高效液相色谱-串联质谱法同时测定食品中 6 种工业染料[J]. *食品安全质量检测学报*, 2016, 7(7): 2790-2797.
- ZHANG Y, SHU P, ZHANG NN, *et al.* Simultaneous determination of 6 kinds of industry dyes in food using QUECHERS sample preparation and high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. *J Food Saf Qual*, 2016, 7(7): 2790-2797.
- [14] 赵珊, 张晶, 丁晓静, 等. 超高效液相色谱电喷雾串联四极杆质谱法检测豆制品中 12 种禁用工业染料[J]. *分析测试学报*, 2016, 35(4): 432-437.
- ZHAO S, ZHANG J, DING XJ, *et al.* Ultra Performance liquid chromatography electrospray tandem quadrupole mass spectrometry for detection of 12 prohibited industrial dyes in soy products [J]. *J Instrum Anal*, 2016, 35(4): 432-437.
- [15] 谢维平, 欧阳燕玲, 黄盈煜, 等. 超高效液相色谱同时测定食品中 4 种工业染料[J]. *中国食品卫生杂志*, 2012, 24(4): 329-332.
- XIE WP, OU YYL, HUANG YY, *et al.* Simultaneous determination of four industrial dyes in food by ultra performance liquid chromatography [J]. *Chin J Food Hyg*, 2012, 24(4): 329-332.
- [16] 陈勇, 花锦, 潘亚利, 等. 超高效液相色谱-电喷雾串联质谱法同时测定调味品与熟肉制品中 6 种工业染料[J]. *中国调味品*, 2014, 39(4): 124-127.
- CHEN Y, HUA J, PAN YL, *et al.* Simultaneous determination of 6 industrial dyes in condiments and cooked meat products by ultra performance liquid chromatography-electrospray ionization tandem mass spectrometry [J]. *China Cond*, 2014, 39(4): 124-127.
- [17] 汪怡, 冯晓青, 王芹, 等. 高效液相色谱法测定卤肉制品中酸性橙 II 染料[J]. *中国卫生检验杂志*, 2014, 24(22): 3241-3243.
- WANG Y, FENG XQ, WANG Q, *et al.* Determination of acid orange II in braised meat products by high performance liquid chromatography [J]. *Chin J Health Lab Technol*, 2014, 24(22): 3241-3243.
- [18] 谭慧, 王胜, 朱其明. 高效液相色谱法同时测定熟肉制品中的 10 种合成色素[J]. *中国卫生检验杂志*, 2014, 24(16): 2334-2336.
- TAN H, WANG S, ZHU QM. Simultaneous determination of 10 synthetic pigments in cooked meat products by high performance liquid chromatography [J]. *Chin J Health Lab Technol*, 2014, 24(16): 2334-2336.
- [19] 李静娜, 贺栋梁, 梁高道, 等. 同时测定肉制品中酸性橙 II 等 11 种合成色素的方法研究[J]. *中国食品卫生杂志*, 2014, 26(4): 372-376.
- LI JN, HE DL, LIANG GD, *et al.* Simultaneous determination of 11 synthetic pigments such as acid orange II in meat products [J]. *Chin J Food Hyg*, 2014, 26(4): 372-376.
- [20] 郭占魁, 晋立川. 高效液相色谱法测定肉制品中酸性橙 II 含量[J]. *肉类工业*, 2020, (9): 42-45.
- GUO ZK, JIN LC. Determination of acid orange II in meat products by high performance liquid chromatography [J]. *Meat Ind*, 2020, (9): 42-45.
- [21] 张水锋, 林珍珍, 陈小珍, 等. 离子对-超高效液相色谱串联质谱多反应监测快速测定肉制品中的酸性橙 II、酸性橙 III、酸性橙 AGT[J]. *分析测试学报*, 2012, 31(10): 1229-1235.
- ZHANG SF, LIN ZZ, CHEN XZ, *et al.* Rapid determination of acid orange II, acid orange III and acid orange AGT in meat products by ion-pair-ultra performance liquid chromatography tandem mass spectrometry with multiple reaction monitoring [J]. *J Instrum Anal*, 2012, 31(10): 1229-1235.

(责任编辑: 于梦娇 韩晓红)

## 作者简介

刘 颖, 工程师, 主要研究方向为食品质量与安全。  
E-mail: 790817960@qq.com