

实验技术与方法

胶体金试纸条在豆芽喹诺酮快速检测的应用

刘美^{1,2}, 姚欢^{1,2}, 余晓琴^{1,2}, 夏梦婷^{1,2}

(1. 四川省食品检验研究院, 四川 成都 610000; 2. 国家市场监管重点实验室(白酒监管技术), 四川 成都 610000)

摘要:目的 研究胶体金免疫层析法检测豆芽中诺氟沙星、氧氟沙星、双氟沙星、恩诺沙星、环丙沙星、氟罗沙星、达氟沙星、培氟沙星、洛美沙星和沙拉沙星10种喹诺酮类药物的适用性。方法 取豆芽样品2g,经5mL提取液提取、过滤、2倍稀释后,加入至金标微孔孵育,后与试纸条反应。通过比较检测线(T线)与控制线(C线)的颜色深浅判读结果;考察与6-苄基腺嘌呤、4-氯苯氧乙酸、甲硝唑、尿素、氯吡脞交叉反应;通过真实阳性样品和加标样品考察方法的可靠性。结果 方法检出限可达到5 μ g/kg;常规检出水平条件下,6-苄基腺嘌呤、4-氯苯氧乙酸、甲硝唑、尿素以及氯吡脞等与喹诺酮类药物不发生交叉反应;真实阳性样品和多水平加标样品证实方法可靠。结论 该方法简单快速,对试剂、耗材、人员等要求不高,易于判读,结果准确可靠,适合现场快速检测。

关键词:胶体金免疫层析;喹诺酮类;豆芽;快速检测

中图分类号:R155 文献标识码:A 文章编号:1004-8456(2023)12-1722-05

DOI:10.13590/j.cjfh.2023.12.005

Application of colloidal gold immunochromatography on rapid detection of quinolones in bean sprouts

LIU Mei^{1,2}, YAO Huan^{1,2}, YU Xiaoqin^{1,2}, Xia Mengting^{1,2}

(1. Sichuan Institute of Food Inspection, Sichuan Chengdu 610000, China; 2. Key Laboratory of Baijiu Supervising Technology for State Market Regulation, Sichuan Chengdu 610000, China)

Abstract: Objective To study the applicability for determination of norfloxacin, ofloxacin, difloxacin, enrofloxacin, ciprofloxacin, fleroxacin, daifloxacin, pefloxacin, lomefloxacin and salafloxacin in bean sprouts by colloidal gold immunochromatography. **Methods** Took representative bean sprout ground 2 g, extracted with 5 mL extraction solution, and then filtered and diluted 2 times. Drew the diluent into the gold standard micropore, incubated at room temperature, and inserted the test strip into the gold standard micropore. The reaction results were interpreted by comparing the color depth of the detection line (T line) and the control line (C line). The experiment also studied the cross-reaction of 6-benzyladenine, 4-chlorophenoxyacetic acid, metronidazole, urea and clopidourea, and the reliability of the method was investigated by real positive samples and multi-level spiked samples. **Results** The detection limit of the method could reach 5 μ g/kg; no cross reactions occurred with 6-benzyladenine, 4-chlorophenoxyacetic acid, metronidazole, urea and clopidourea under the condition of routine detection level; The results of real positive samples and multi-level spiked samples confirmed that the method was reliable. **Conclusion** The method is sensitive, accurate and fast, which is suitable for the field rapid detection of quinolones in bean sprouts.

Key words: Colloidal gold immunochromatography; quinolones; bean sprouts; rapid detection

豆芽,通常指以大豆、绿豆为原料,经生产加工制成的芽菜。豆芽营养丰富,清脆爽口,是百姓餐桌上常见的菜品。然而,豆芽在生长及储运过程

中,会因污染假单胞菌、肠杆菌和酵母菌等病菌而腐烂变质。喹诺酮类药物能抑制细菌脱氧核糖核酸旋转酶的活性,使细胞不能正常分裂,从而达到杀菌的作用。为了追求利益,一些不法商贩会在豆芽生长和储运过程中非法添加喹诺酮类药物,以抑菌杀菌,防止豆芽腐烂,延长豆芽保鲜时间。从各地监管部门的专项监测情况报告以及文献检索可知,豆芽中喹诺酮类滥用问题情况比较突出,尤其以恩诺沙星、诺氟沙星为代表的喹诺酮类药物^[1-6]。

收稿日期:2022-06-20

作者简介:刘美 女 主管药师 研究方向为食品检测与分析 E-mail:125293102@qq.com

通信作者:余晓琴 女 正高级工程师 研究方向为食品安全研究与分析 E-mail:113343838@qq.com

目前,我国针对食品中喹诺酮类药物的检验标准较多,大部分采用液相色谱法和高效液相色谱-串联质谱法。豆芽类产品具有速销、易腐烂变质等特点,且其喹诺酮类药物滥用问题严重,食品安全风险较大,传统的实验室仪器分析方法在时效性方面难以满足监管需求,无法及时发挥风险预警作用。快速检测往往耗时短、操作简便、成本低,能及时有效防控风险,贴合监管实际需求^[7-12]。不少食品检验标准和文献资料中均采用基于胶体金免疫层析原理的快速检测方法对畜禽肉类、水产品、牛奶等食品基质中的喹诺酮类药物进行检测^[13-17]。然而,针对豆芽类的快速检测应用研究却鲜有报道。本研究旨在对胶体金免疫层析法测定豆芽中的喹诺酮类药物开展应用研究,以期为农产品质量安全监管和农产品生产者安全自检工作提供参考。

1 材料与方法

1.1 主要材料与仪器

HM 300 高速组织捣碎机(北京格瑞德曼仪器设备有限公司);XS105 电子天平[梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司,0.01 mg/0.1 mg];BSA423S 电子天平[赛多利斯科学仪器(北京)有限公司,0.001 g];MS 3 涡旋振荡器(德国艾卡公司);Multifuge X3R 离心机(美国赛默飞公司);0.45 μm 水系针筒式滤膜过滤器(天津津腾)。

磷酸二氢钾(KH_2PO_4)(成都市科龙化工试剂厂,分析纯);乙腈(CH_3CN)、甲酸(HCOOH)(成都市科隆化学品有限公司,色谱纯);喹诺酮类快速检测试纸条:深圳市易瑞生物技术股份有限公司(以下简称易瑞,批号:21DY110500002S)、无锡中德伯尔生物技术有限公司(以下简称中德,批号:VB202111002)。标准品:恩诺沙星(中国计量科学研究院,CAS号:93106-60-6,批号:22001,纯度:99.6%),诺氟沙星(Bepure, CAS号:70458-96-7,批号:C0013413,纯度:99.6%),氧氟沙星(Bepure, CAS号:82419-36-1,批号:B0004971,纯度:99.3%),培氟沙星(Dr. Ehrenstorfer, CAS号:70458-95-6,批号:G158454,纯度:92.19%),洛美沙星(Dr. Ehrenstorfer, CAS号:98079-52-8,批号:G142438,纯度:99.42%),盐酸沙拉沙星(Dr. Ehrenstorfer, CAS号:91296-87-6,批号:G752046,纯度:85.82%),氟罗沙星(中国食品药品检定研究院, CAS号:79660-72-3,批号:130458-200902,纯度:92.19%),环丙沙星(Bepure, CAS号:85721-33-1,批号:C0005482,纯度:99.3%),盐酸双氟沙星(Bepure, CAS号:91296-86-5,批号:D0017360,纯度:96.6%),达氟沙星(Dr. Ehrenstorfer, CAS号:

119478-55-6,批号:G139483,纯度:94.27%),4-氯苯氧乙酸(Dr. Ehrenstorfer, CAS号:122-88-3,批号:G752824,纯度:97.28%),6-苄基腺嘌呤(Bepure, CAS号:1214-39-7,批号:C0006572,纯度:98.50%),氯吡脞(农业农村部环境保护科研监测所, CAS号:68157-60-8,批号:202104,浓度:(100 ± 0.15) μg/mL),尿素(ANPEL, CAS号:57-13-6,批号:K8990025,纯度:98.5%),甲硝唑(Dr. Ehrenstorfer, CAS号:443-48-1,批号:G128106,纯度:99.8%)。

1.2 实验方法

1.2.1 溶液配制

磷酸盐溶液(0.1 mol/L):称取磷酸二氢钾 6.8 g,用水溶解并稀释至 500 mL, pH 为 4.0~5.0。

标准储备溶液(1 mg/mL):准确称取各标准品 10 mg(精确至 0.01 mg),分别置于烧杯中,用适量乙腈使溶解(若喹诺酮类药物溶解不佳,可适当加入 0.2 mL 甲酸),并转移至 10 mL 容量瓶,乙腈定容,摇匀,制成质量浓度为 1 mg/mL 的标准储备溶液。

标准工作溶液(1 μg/mL):吸取各标准储备溶液 0.1 mL,分别置于 100 mL 容量瓶中,磷酸盐溶液稀释并定容,摇匀,制成质量浓度为 1 μg/mL 的标准工作溶液。

1.2.2 检测方法

前处理:称取豆芽样品 2 g,组织捣碎机捣碎,加入磷酸盐溶液 5 mL,涡旋提取 2 min, 5 000 r/min 离心 3 min,取上清,过 0.45 μm 水系滤膜,供检测。

样品检测:吸取 200 μL 待测液,加入至金标微孔,上下抽吸 5~10 次直至微孔试剂全部溶解,室温孵育 5 min。将试纸条下端插入金标微孔中,反应 5 min。从微孔中取出试纸条,去掉下端样品垫,在 5 min 内判读结果

1.2.3 前处理稀释比例确定

称取阴性豆芽样品 2 g,分别加入 10 种喹诺酮类药物标准工作溶液,使含量水平为 5 μg/kg,混匀。照 1.2.2 操作后,将待测液用磷酸盐溶液稀释 2.5 倍,取原液、2 倍稀释液、5 倍稀释液供检测。

1.2.4 质控实验

空白实验:选取经液相色谱-质谱方法确认为阴性的样品,称取 2 g 于 10 mL 离心管中,照 1.2.2 及 1.2.3 确定的稀释比例操作。

真实阳性样品试验:选取经液相色谱-质谱方法确认含恩诺沙星 50.650 μg/kg 的两种阳性豆芽样品,称取 2 g,照 1.2.2 及 1.2.3 确定的稀释比例操作。

加标试验:选取经液相色谱-质谱方法确认为阴

性的样品,称取2 g于10 mL离心管中,分别加入10种喹诺酮类药物标准溶液,使加标量分别为0.5倍和2倍检出限,即2.5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 和10 $\mu\text{g}/\text{kg}$,经参比方法确认含量后,照1.2.2和1.2.3确定的稀释比例操作。

1.2.5 交叉反应验证

称取阴性豆芽样品2 g,分别加入适量6-苄基腺嘌呤、4-氯苯氧乙酸、甲硝唑、尿素以及氯吡脞标准溶液,使含量水平为500 $\mu\text{g}/\text{kg}$,照1.2.2和1.2.3确定的稀释比例操作。

2 结果

2.1 前处理

本方法中选用的快检产品适用于诺氟沙星、氧氟沙星、双氟沙星、恩诺沙星、环丙沙星、氟罗沙星、达氟沙星、培氟沙星、洛美沙星和沙拉沙星10种喹诺酮类药物的快速检测,各喹诺酮类药物的检出限不一,范围为1~4 $\mu\text{g}/\text{kg}$,其中大多数药物的检出限为1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (产品说明书载明)。实际工作中,快检阳性结果通常需要采用实验室分析方法(即参比方法)进行再次确证。为避免出现快检检测为阳性的样品经参比方法检测报出为未检出的情况,快检方法的检出限设置应不低于参比方法的检出限为宜。目前,适宜作为豆芽中喹诺酮检测的参比方法为补充检验方法BJS 201909《豆制品、火锅、麻辣烫等食品中喹诺酮类化合物的测定》[方法概要:取5.0 g样品,用0.1 mol/L EDTA-McIlvaine(磷酸氢二钠-柠檬酸)缓冲溶液提取,部分提取液过HLB固相小柱净化,净化液氮吹复溶,供液相色谱质谱仪检测],该方法中环丙沙星和沙拉沙星的检出限为7.5 $\mu\text{g}/\text{kg}$,其余8种喹诺酮药物的检出限为5 $\mu\text{g}/\text{kg}$,快检产品的检出限均低于该参比方法。因此,需要基于仪器方法的检出限水平,对样品前处理进行调整优化,使含量低于5~7.5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 的豆芽样品在快检产品上判读为未检出(阴性)。

称取加标水平为5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 各样品2 g,用5 mL提取液提取后的原液、2倍稀释液、5倍稀释液的显色情况为:原液检测时,10种喹诺酮药物加标样品均判读为阳性;2倍稀释时,部分药物判读为阳性,另有部分药物的检测线和控制线颜色接近,结果判读为阴性;5倍稀释时,全部药物均判读为阴性。鉴于实际阳性样品通常含量水平较高,综合考虑快检应用,将前处理稀释倍数确定为2倍。

2.2 质控实验

在实验过程中,获取到两份豆芽阳性样品,经液相色谱-质谱法确认含恩诺沙星,含量分别为50、

650 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。用这两份阳性样品和0.5倍、2倍检出限加标水平样品检验本方法的可靠性。

真实阳性样品显色结果见图1~2。结果显示,两份阳性样品的C线明显呈红色,T线基本不显色,显色差异明显,判读阳性,与仪器方法的测定结果一致。

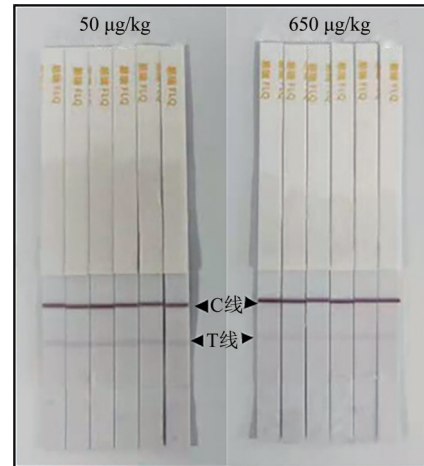


图1 真实阳性样品显色结果(易瑞)(n=6)

Figure 1 Chromogenic results of real positive samples (Yirui) (n=6)

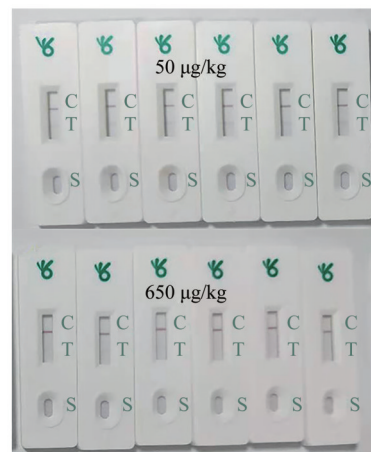


图2 真实阳性样品显色结果(中德)(n=6)

Figure 2 Chromogenic results of real positive samples (Zhongde) (n=6)

0.5倍、2倍检出限加标样品显色结果显示,0.5倍检出限加标水平样品,绝大部分样品在两家产品上的显色结果均能判读为阴性;2倍检出限加标样品在两家产品上的显色结果均判读为阳性,符合预期,检测结果可靠。

2.3 交叉反应

通过抽检监测数据分析、舆情关注以及文献查阅,发现豆芽中除使用喹诺酮类外,还可能违法使用植物生长调节剂、其他类别抗生素等物质。其中,6-苄基腺嘌呤、4-氯苯氧乙酸、甲硝唑、尿素以及氯吡脞为检出频次较高且较易被添加的典型药物^[18-23]。

本方法中将上述 5 种药物作为交叉反应验证对象,结合样品中常见的实际检出含量,以 500 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 作为验证水平。交叉反应结果见表 1。可以看出,6-苄基腺嘌呤、4-氯苯氧乙酸、甲硝唑、尿素以及氯吡脞在 500 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 水平不产生干扰,交叉反应率为 0。

表 1 交叉反应结果($n=2$)Table 1 Results of cross reaction ($n=2$)

药物	验证水平/ ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	检测结果	交叉率/%	检测结果	交叉率/%
6-苄基腺嘌呤	500	-	0	-	0
4-氯苯氧乙酸	500	-	0	-	0
甲硝唑	500	-	0	-	0
尿素	500	-	0	-	0
氯吡脞	500	-	0	-	0

注:“-”表示结果阴性,“+”表示结果阳性

3 结论

本研究聚焦喹诺酮类药物在豆芽中的滥用情况,对基于胶体金免疫层析原理的喹诺酮类快检产品在豆芽中的应用进行了研究。该快检方法能在 30 min 内完成检测,操作简便,耗时短。样品经 5 mL 提取液提取,再经 2 倍稀释,方法检测限为 5 $\mu\text{g}/\text{kg}$,灵敏度高,能达到仪器分析方法要求,且与参比方法检出限匹配。经真实阳性样品和加标样品验证,方法准确可靠。6-苄基腺嘌呤、4-氯苯氧乙酸、甲硝唑、尿素以及氯吡脞对喹诺酮的检测不产生干扰。本快检方法对 10 种喹诺酮类能同时产生阳性反应,当结果判读为阳性时,需要借助仪器确认具体为何种喹诺酮类药物。

参考文献

- [1] 黄燕红,蒋湘,盘正华,等. 豆芽中 30 种植物生长调节剂和喹诺酮类药物残留的快速筛查[J]. 食品工业科技, 2021, 42(23): 287-295.
HUANG Y H, JIANG X, PAN Z H, et al. Rapid screening of 30 plant growth regulators and quinolone antibiotics in bean sprout samples[J]. Science and Technology of Food Industry, 2021, 42(23): 287-295.
- [2] 闵宇航,魏宇涛,杜钢,等. 超高效液相色谱串联质谱法测定豆芽中 15 种喹诺酮类药物[J]. 食品科技, 2020, 45(7): 332-337.
MIN Y H, WEI Y T, DU G, et al. Determination of 15 quinolone antibiotics in soy bean sprout by ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry[J]. Food Science and Technology, 2020, 45(7): 332-337.
- [3] 施元旭,盛华栋,张水锋,等. 同位素稀释法-超高效液相色谱-串联质谱法测定豆芽中 6 种喹诺酮类药物残留[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(11): 3551-3557.
SHI Y X, SHENG H D, ZHANG S F, et al. Determination of 6 quinolones drug residues in bean sprouts by isotope internal standard-ultra performance liquid chromatography-tandem mass

spectrometry[J]. Journal of Food Safety & Quality, 2020, 11(11): 3551-3557.

- [4] 张今君,夏慧丽,高海波. 分散固相萃取-超高效液相色谱-串联质谱法测定豆芽中 6 种喹诺酮类药物[J]. 食品工业科技, 2020, 41(23): 260-265, 271.
ZHANG J J, XIA H L, GAO H B. Determination of 6 kinds of fluoroquinolones in bean sprouts based on dispersed solid phase extraction UPLC-MS/MS method[J]. Science and Technology of Food Industry, 2020, 41(23): 260-265, 271.
- [5] 徐潇颖,赵超群,梁晶晶,等. 全自动固相萃取-高效液相色谱-串联质谱法测定豆芽中 15 种喹诺酮类药物的残留量[J]. 理化检验(化学分册), 2020, 56(5): 583-589.
XU X Y, ZHAO C Q, LIANG J J, et al. HPLC-MS/MS determination of residual amounts of 15 quinolones in bean sprouts with automated solid phase extraction[J]. Physical Testing and Chemical Analysis (Part B: Chemical Analysis), 2020, 56(5): 583-589.
- [6] 程志,宿书芳,魏莉莉,等. 通过式固相萃取净化-液相色谱-串联质谱法测定豆芽中 10 种喹诺酮类抗生素[J]. 分析试验室, 2020, 39(2): 131-136.
CHENG Z, SU S F, WEI L L, et al. Simultaneous determination of ten quinolones in bean sprouts by solid phase extraction purification and ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry[J]. Chinese Journal of Analysis Laboratory, 2020, 39(2): 131-136.
- [7] 叶秋雄,毛新武,梁俊发,等. 农贸市场食用农产品快速检测工作监督评价与效果分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(19): 7826-7830.
YE Q X, MAO X W, LIANG J F, et al. Supervision, evaluation and effect analysis of rapid detection of edible agricultural products in farmers market[J]. Journal of Food Safety & Quality, 2021, 12(19): 7826-7830.
- [8] 张威,郭丹,陈博豪,等. 食品快速检测相关标准法规研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(10): 4236-4243.
ZHANG W, GUO D, CHEN B H, et al. Research progress on relevant standards and regulations of food rapid test[J]. Journal of Food Safety & Quality, 2021, 12(10): 4236-4243.
- [9] 林伟琦. 食品安全快速检测技术的应用研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(3): 961-967.
LIN W Q. Research progress on application of rapid food safety detection technology [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2020, 11(3): 961-967.
- [10] 成长玉,张敏,曹进,等. 食品快速检测方法在国内外的应用与管理比较[J]. 中国食品卫生杂志, 2018, 30(4): 401-404.
CHENG C Y, ZHANG M, CAO J, et al. Comparative study on the application and management of food rapid detection method at home and abroad [J]. Chinese Journal of Food Hygiene, 2018, 30(4): 401-404.
- [11] LIN L, SONG S S, WU X L, et al. A colloidal gold immunochromatography test strip based on a monoclonal antibody for the rapid detection of triadimefon and triadimenol in foods [J]. Food and Agricultural Immunology, 2020, 31(1): 447-462.
- [12] UMAPATHI R, SONWAL S, LEE M J, et al. Colorimetric based on-site sensing strategies for the rapid detection of pesticides

- in agricultural foods: New horizons, perspectives, and challenges [J]. *Coordination Chemistry Reviews*, 2021, 446: 214061.
- [13] 宗婧婧, 张小军, 严忠雍, 等. 胶体金免疫层析法检测水产品中15种喹诺酮类药物[J]. *理化检验(化学分册)*, 2018, 54(5): 591-595.
- ZONG J J, ZHANG X J, YAN Z Y, et al. Detection of 15 quinolones in aquatic products by colloidal gold immunochromatography assay [J]. *Physical Testing and Chemical Analysis (Part B: Chemical Analysis)*, 2018, 54(5): 591-595.
- [14] 张鑫磊, 隋建新, 陈静, 等. 水产品中恩诺沙星胶体金免疫层析毛细管检测及其前处理[J]. *食品科学*, 2017, 38(22): 322-329.
- ZHANG X L, SUI J X, CHEN J, et al. Development of a nano-gold capillary immunochromatographic assay and comparison of different sample pretreatments for detection of enrofloxacin in aquatic products [J]. *Food Science*, 2017, 38(22): 322-329.
- [15] 李向梅, 王战辉, 肖希龙, 等. 同时检测牛奶中喹诺酮类和庆大霉素残留的胶体金免疫层析方法研究[J]. *中国农业科学*, 2014, 47(19): 3883-3889.
- LI X M, WANG Z H, XIAO X L, et al. Development of a colloidal gold immunochromatographic technique for simultaneous detection of quinolones and gentamicin in milk [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2014, 47(19): 3883-3889.
- [16] 万宇平, 赵正苗, 田甜, 等. 胶体金免疫层析法快速检测牛奶中氟喹诺酮类药物残留[J]. *中国乳业*, 2012(12): 50-54.
- WAN Y P, ZHAO Z M, TIAN T, et al. Rapid detection of fluoroquinolone residues in milk using colloidal gold immunochromatography. *China Dairy*, 2012, (12): 50-54.
- [17] 刘烜, 郑文杰, 贺艳, 等. 胶体金免疫层析法快速检测组织样品中喹诺酮类药物残留[J]. *食品研究与开发*, 2009, 30(5): 131-134.
- LIU X, ZHENG W J, HE Y, et al. Rapid detection of the quinolones residue in tissue through colloidal gold immunochromatographic assay [J]. *Food Research and Development*, 2009, 30(5): 131-134.
- [18] 王波, 李美桃. 豆芽中尿素的残留及风险监测评估[J]. *食品工业*, 2021, 42(12): 464-466.
- WANG B, LI M T. Residue and risk assessment of urea in bean sprouts [J]. *The Food Industry*, 2021, 42(12): 464-466.
- [19] 潘项捷, 陆文琪, 王璐璐, 等. 高效液相色谱-串联质谱法测定豆芽中的甲硝唑和羟基甲硝唑[J]. *食品安全质量检测学报*, 2021, 12(9): 3460-3464.
- PAN X J, LU W Q, WANG L L, et al. Determination of metronidazole and hydroxymetronidazole in bean sprouts by high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. *Journal of Food Safety & Quality*, 2021, 12(9): 3460-3464.
- [20] 赵浩军, 杨吉玉, 陈朋云, 等. QuEChERS-超高效液相色谱-串联质谱法同时测定豆芽中6-苄基腺嘌呤和4-氯苯氧乙酸的含量[J]. *食品安全质量检测学报*, 2020, 11(14): 4732-4736.
- ZHAO H J, YANG J Y, CHEN P Y, et al. Simultaneous determination of 6-benzylaminopurine and 4-chlorophenoxyacetic acid in bean sprouts by QuEChERS-ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. *Journal of Food Safety & Quality*, 2020, 11(14): 4732-4736.
- [21] 程盛华, 杨春亮, 曾绍东, 等. 分散固相萃取-超高效液相色谱-串质谱法测定豆芽中10种植物生长剂和杀菌剂[J]. *食品工业科技*, 2016, 37(12): 53-59.
- CHENG S H, YANG C L, ZENG S D, et al. Simultaneous determination of ten plant growth regulators and fungicides in bean sprouts using QuEChERS-UPLC-MS/MS [J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2016, 37(12): 53-59.
- [22] 张婧雯, 郭春海, 葛世辉, 等. 固相萃取-超高效液相色谱串联质谱法同时测定豆芽中6-苄基腺嘌呤、赤霉素和4-氯苯氧乙酸的残留量[J]. *中国食品卫生杂志*, 2014, 26(5): 441-445.
- ZHANG J W, GUO C H, GE S H, et al. Simultaneous determination of 6-benzylaminopurine, gibberellin and 4-chlorophenoxyacetic acid in bean sprouts by solid phase extraction ultra high performance liquid chromatography tandem mass spectrometry [J]. *Chinese Journal of Food Hygiene*, 2014, 26(5): 441-445.
- [23] 谢寒冰, 周明莹, 赵海峰, 等. 高效液相色谱-四极杆飞行时间质谱法同时检测豆芽中的3种外源植物激素残留[J]. *色谱*, 2014, 32(5): 493-498.
- XIE H B, ZHOU M Y, ZHAO H F, et al. Determination of three exogenous plant hormone residues in bean sprout by high performance liquid chromatography quadrupole time of flight mass spectrometry [J]. *Chinese Journal of Chromatography*, 2014, 32(5): 493-498.