

侧向层析免疫试纸法快速检测蔬菜中的腐霉利

姚帮本^{1,2}, 陈赵然², 闫超², 乔冬晴², 程继贵³, 陈伟¹, 姚丽^{1,3*}

(1. 合肥工业大学食品与生物工程学院, 合肥 230009; 2. 安徽省产品质量监督检验研究院, 合肥 230051;
3. 合肥工业大学材料与科学工程学院, 合肥 230009)

摘要: 目的 建立基于胶体金标记的侧向层析免疫试纸快速检测新技术检测多种蔬菜中腐霉利的分析方法。**方法** 利用喷膜仪以 0.5 $\mu\text{L}/\text{cm}$ 的喷速将 1 mg/mL 的羊抗鼠抗体、1 mg/mL 的腐霉利包被原喷到 NC 膜上。再通过静电吸附的方式将腐霉利单克隆抗体标记到胶体金表面, 制备成偶联物滴加到标记垫上。最后依次将样品垫, 标记垫、划好的 NC 膜以及吸水垫粘贴到底板上, 两者之间均有 2 mm 的重叠, 使标记垫处于样品垫之下、NC 膜之上的位置, 组装好完整的试纸条, 测试过程中在样品垫上滴加样品, 观察 C、T 线位置显线情况进行判定。**结果** 该方法不受蔬菜中本身复杂成分以及背景颜色的影响, 能够对蔬菜中腐霉利进行特异性识别鉴定, 10 min 便可获得检测结果。**结论** 该方法测试的结果与仪器法检测结果一致, 检测灵敏度满足国标限量要求。

关键词: 侧向层析试纸; 快速检测; 蔬菜; 腐霉利

Rapid detection of saprophyte in vegetables by lateral chromatography immunoassay

YAO Bang-Ben^{1,2}, CHEN Zhao-Ran², YAN Chao², QIAO Dong-Qing²,
CHENG Ji-Gui³, CHEN Wei¹, YAO Li^{1,3*}

(1. School of Food and Biological Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China; 2. Anhui Province Institute of Product Quality Supervision & Inspection, Hefei 230051, China; 3. School of Materials Science and Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

ABSTRACT: Objective To establish a method for detection the procymidone in various vegetables by rapid detection method of lateral chromatography immunoassay based on colloidal gold labeling. **Methods** Goat anti-mouse antibody and procymidon-BSA (1 mg/mL) were sprayed onto the NC membrane at a spray rate of 0.5 $\mu\text{L}/\text{cm}$ by spray membranes instrument, then the monoclonal antibody was labeled to the colloidal gold surface by electrostatic adsorption, and the conjugated compound was prepared and added to the labeling pad. Finally, the sample pad, marking pad, NC film and absorbent pad were pasted to the bottom plate, there was a 2 mm overlap

基金项目: 国家重点研发计划项目(2018YFC1603606)、广东省食品质量安全重点实验室开放基金项目(2020KF001)、安徽省博士后研究人员科研活动经费资助项目(2020B412)、国家市场监督管理总局科技计划项目(2020MK049)、安徽省市场监督管理局科技计划项目(2019MK037)

Fund: Supported by the Key R&D Program (2018YFC1603606), the Open Fund of the Food Quality and Safety Key Laboratory of Guangdong Province (2020KF001), the Postdoctoral Science Foundation of Anhui Province(2020B412), the project of Science and Technology Program of State Administration for Market Regulation(2020MK049), and the project of Science and Technology Program of Administration for Market Regulation of Anhui Province(2019MK037)

*通信作者: 姚丽, 博士, 主要研究方向为食品质量与安全。E-mail: ybl200999@126.com

*Corresponding author: YAO Li, Ph.D, School of Food and Biological Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China. E-mail: ybl200999@126.com

between the two, so that the conjugation pad was located under the sample pad and above the NC film, then, complete test strip was assembled. During the test, the sample was added to the sample pad, and the position of C and T lines were observed for determination. **Results** This method was independent of the complex components and background color in vegetables, and could specifically identify bean curd in vegetables, and the detection results could be obtained within 10 min. **Conclusion** The test result of this method is consistent with that of instrument method, and the detection sensitivity meets the requirement of national standard limit.

KEY WORDS: lateral flow test strip; rapid detection; vegetables; procymidone

0 引言

腐霉利(procymidone, PCD), 是一个低毒的杀菌剂^[1], 又名杀霉利、二甲菌核利、速克灵等, 通过抑制菌丝顶端细胞壁合成杀死霉菌^[2]。主要用于防治黄瓜、番茄、辣椒、葡萄、草莓等瓜果蔬菜的灰霉病、菌核病、灰星病、花腐病、褐腐病、蔓枯病等^[3], 在非菜中的最大残留限量值为 0.2 mg/kg, 植物油为 0.5 mg/kg, 番茄、黄瓜为 2 mg/kg, 茄子、辣椒、葡萄、蘑菇类(鲜)、鲜食玉米为 5 mg/kg, 草莓为 10 mg/kg^[4]。腐霉利少量摄入体内对人的身体没有影响, 但如果长期超标食用, 会影响人体健康^[5], 轻则刺激眼部和皮肤, 重则可能在人体内定量沉积, 对人体的神经、血液系统等造成危害^[6]。

目前对于农药的检测方法有多种, 而最重要且常用的方法是利用色谱质谱联用等大型仪器检测法。对于腐霉利的检测, 最传统的是气相色谱法^[7-8]、气相色谱-串联质谱法^[9-10]、液相色谱法^[11]和高效液相色谱法^[12]。此外, 赵志敏等^[13]基于不同物质由于其能级结构不同, 在相同波长的照射下产生的荧光特性也不相同的特性, 建立了利用荧光光谱法检测蜂蜜中腐霉利的方法。同时, 利用近红外光谱法对腐霉利的检测也有报道^[14]。目前, 对于腐霉利残留量的检测技术主要为仪器法, 更加快速与高效的方法亟需建立^[15]。

本研究建立了基于胶体金标记的侧向层析免疫试纸快速检测法测定蔬菜中的腐霉利。与传统仪器检测法相比, 这种方法样品前处理简单、检测过程耗时短、测试过程简便、不需要专业技术人员操作、无需仪器维护, 降低了检测成本; 此外, 该方法使用的试纸方便携带, 极大地满足了现场大批量样品的即时检测需求, 有较广阔的实际应用前景。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

HAuCl₄、蔗糖、吐温-20、曲拉通 X-100(Triton X-100)、柠檬酸钠、十二烷基硫酸钠(sodium dodecyl sulfate, SDS)、牛血清蛋白(bovine serum albumin, BSA)、浓盐酸、浓硝酸、磷酸氢二钠(12H₂O)、磷酸二氢钠(2H₂O)、氯化钠、20 倍浓缩氯化钠柠檬酸钠缓冲液(20×SSC)pH 7.0、三羟甲

基氨基甲烷(Tris)(国药集团化学试剂有限公司)。羊抗鼠二抗(上海捷宁生物科技有限公司); 腐霉利抗体与包被原(杭州傲敏生物科技有限公司); 玻璃纤维膜(GL0145)、硝酸纤维素膜(NC 膜)(CN95)、聚氯乙烯(polyvinyl chloride, PVC)底板(DB-8)、吸水垫(H5076)(上海杰一生物技术有限公司)。

1.2 仪器与设备

AL104 分析天平(Mettler Toledo 公司); 加热磁力搅拌器(RCT)(广州仪科实验室技术有限公司); ZF-20D 暗箱式紫外分析仪(郑州豫华仪器制造有限公司); EOS600D 单反相机(佳能光学设备有限公司); XYZ-3 试纸条喷膜仪(美国 Bio-Dot 公司); CM-4000 试纸条切条机(美国 Bio-Dot 公司)。

1.3 实验方法

1.3.1 胶体金的制备

本研究所用胶体金利用柠檬酸钠还原法制得^[16]。取 100 mL 的锥形瓶先用水洗干净, 用王水(浓硝酸与浓盐酸以 1:3 的体积比配制)浸泡过夜后洗净烘干备用; 在锥形瓶中加入 50 mL 的 0.01% 的氯金酸溶液, 在加热磁力搅拌器上加热至沸腾; 维持 1500 r/min 的搅拌转速不变, 在搅拌状态下迅速准确加入一定量的 1% 柠檬酸三钠(Na₃C₆H₅O₇·2H₂O)水溶液; 继续加热煮沸 15 min, 此时可观察到淡黄色的氯金酸水溶液在柠檬酸钠加入后很快变灰色, 继而转成黑色, 随后逐渐稳定成红色。全过程约 2~3 min; 冷却至室温后用超纯水恢复至原体积。本研究中制备的胶体金粒径在 25~30 nm 之间。

1.3.2 胶体金与腐霉利单克隆抗体复合物的制备

1 mL 制备的胶体金中加入 15 μL 0.1 mol/L K₂CO₃ 将其 pH 值调整到 8.0, 随后加入 3 μL 1 mg/mL 腐霉利单克隆抗, 室温条件下振荡孵育 1 h 后再向其中加入 80 μL 质量分数为 10% 的 BSA 溶液进行封闭, 继续振荡反应 30 min; 9500 r/min 离心 7 min, 移去上清液, 沉淀用重悬液重悬, 即制成胶体金-腐霉利单克隆抗体复合物浓缩液。并将其以 4.5 μL/pad 滴加到 3×6 mm 的标记垫上, 在 25 °C 烘箱里烘干备用。

1.3.3 试纸 NC 膜的处理

将 1 mg/mL 的羊抗鼠抗体作为质控线(C 线)样品, 1 mg/mL 的腐霉利包被原作为测试线(T 线)样品, 利用喷膜仪, 将制备好的划膜样品以 0.5 μL/cm 的喷速喷到 NC(型

号为CN95)膜上,将喷好的膜置于25℃烘箱中烘干备用。

1.3.4 样品垫的制备及侧向层析试纸的组装

(1)配制样品垫处理液(50 mmol/L Tris-HCl pH 8.0, 0.15 mmol/L NaCl, 0.25%曲拉通),用裁纸刀切所需宽度的样品垫,浸泡于处理液中2 h后,烘干备用。

(2)试纸条的组装:先依次将用处理液处理好的样品垫、标记垫、划好的NC膜以及吸水垫粘贴到底板上,金标垫与NC膜之间空2 mm的间隙,再在切条机上将初步组装好的板切成3 mm宽的条状;然后将胶体金偶联物处理好的金标垫组装在样品垫与NC膜之间的间隙,使标记垫处于样品垫之下、NC膜之上的位置,则组装好完整的试纸条。

1.3.5 试纸抗干扰检测验证

(1)空白样品的测试:使用气相色谱仪检测验证腐霉利含量为阴性的实际样品豇豆、土豆、青椒、菠菜、茄子、韭菜均称取500 g,使用粉碎机进行充分粉碎,再取一定量置于5 mL离心管中,5000 r/min离心5 min,取200 μL上清液在制备好的试纸上检测,10 min后观察C、T线显线情况。

(2)阳性样本的检测:从500 g含有质量浓度为3.17 mg/kg的韭菜样本中分别称取3、1.5、0.6、0.3、0.15 g,再向其中分别加入0、1.5、2.4、2.7、2.85 mL的10 mmol/L PB溶液,涡旋仪上振荡1 min,再超声分散1 min后,5000 r/min离心5 min,取200 μL上清液在制备好的试纸上检测,10 min后观察C、T线显线情况。

1.3.6 试纸特异性验证

样品(1):10 mmol/L PBS。

样品(2):含有质量浓度均为5 μg/mL的氯氟氰菊酯、三氯杀螨醇、乙酰甲胺磷、敌百虫、水胺硫磷、氟胺氰菊酯、丙溴磷、二甲戊灵、氧乐果蝇毒磷的混合样本。

样品(3):含有质量浓度均为5 μg/mL的氯氟氰菊酯、三氯杀螨醇、乙酰甲胺磷、敌百虫、水胺硫磷、氟胺氰菊酯、丙溴磷、二甲戊灵、氧乐果蝇毒磷,以及200 ng/mL腐霉利的混合样本。

样品(4):200 ng/mL腐霉利样本。

将上述4个样品各200 μL在制备的试纸上进行测试,10 min后观察试纸显色情况。

1.3.7 实际样品的检测

(1)阳性样本的检测:经仪器检测,4种阳性样本中腐霉利含量如表1所示。

表1 实际阳性样本中腐霉利的含量
Table 1 Content of procymidone in positive vegetable samples

样品	红椒	青杭椒	小芹菜	西红柿
腐霉利含量/(mg/kg)	0.39	0.25	0.86	0.5

分别称取表1中样本各500 g,使用粉碎机进行充分粉碎,再从其中取2 g置于5 mL离心管中,加4 mL 10 mmol/L PBS溶液,均质后,5000 r/min离心5 min,取200 μL上清液在制备好的试纸上检测,10 min后观察C、T线显线情况。

阴性样本加标检测:根据GB 2763—2016《食品安全国家标准 食品中农药最大残留限量》^[17]中规定的各类蔬菜中腐霉利的限量标准,向稀释不同浓度的阴性样品中加入腐霉利标准品,使腐霉利终浓度为国家标准最低限量,样品均质后,离心,取上清在试纸上进行测试,在测试试纸能否达到国家标准要求的同时,验证样本基质效应对检测灵敏度是否有影响^[16]。样品中腐霉利限量以及加样情况如表2所示。

表2 实际阴性样本中加入标样明细
Table 2 Content of procymidone in positive vegetable samples

样品名称	样品稀释倍数	取样量/g	加PB的量/mL	腐霉利最终含量/(mg/kg)	国标限量/(mg/kg)
豇豆	2	3	3	0.2	0.2
	3	2	4		
	5	1.2	4.8		
	10	0.6	5.4		
土豆	2	3	3	2	2
	3	2	4		
	5	1.2	4.8		
	10	0.6	5.4		
青椒	2	3	3	5	5
	3	4	4		
	5	4.8	4.8		
	10	5.4	5.4		

表 2(续)

样品名称	样品稀释倍数	取样量/g	加 PB 的量/mL	腐霉利最终含量/(mg/kg)	国标限量/(mg/kg)
菠菜	2	3	3	0.2	0.2
	3	4	4		
	5	4.8	4.8		
	10	5.4	5.4		
茄子	2	3	3	5	5
	3	4	4		
	5	4.8	4.8		
	10	5.4	5.4		
上海青	2	3	3	0.2	0.2
	3	4	4		
	5	4.8	4.8		
	10	5.4	5.4		

2 结果与分析

2.1 实验原理

本方案的设计原理如图 1 所示, 图 1A 中胶体金标记的侧向层析试纸的制备过程, 试纸主要由底板、样品垫、标记垫、NC 膜以及吸水垫组装而成。其中样品垫为测试过程中滴加样品的位置; 标记垫承载胶体金与腐霉利单克隆抗体的复合物, 复合物中胶体金为显色标记物; NC 膜为试纸显线位置, C 线喷涂了羊抗鼠二抗, T 线固定了腐霉利包被原; 吸水垫通过毛细作用, 促进样品向前迁移。样品测试时, 先将其滴加到样品垫上, 样品向前迁移的过程中, 首先与标记垫上的复合物相互作用, 若样品中存在目标物, 则目标物与复合物中抗体相结合, 目标物竞争 T 线上包被原与抗体的结合位点, 在复合物继续向前迁移过程中, 不能被捕获到 T 线上, 故影响 T 线显线; 若样品中无目标物, 则复合物向前迁移时与 T 线上包被原结合, 胶体金被捕获到 T 线上, 从而显线。C 线上的二抗能够通过复合物中的抗体结合将胶体金捕获显线, 所以, 无论样品中是否有目标物存在, C 线都会出线。图 1B 为试纸测试后可能出现的显线情况, 经验证可知, 若所测样品为阴性, 无目标物腐霉利存在, 则 T 线显线强度要强于 C 线; 若 T 线显线与 C 线强度一致或者弱于 C 线, 则说明测试样品中有目标物腐霉利的存在; 如果试纸最终只有 T 线显线, 而 C 线不显线, 则结果无效, 没有参考价值。

2.2 腐霉利检测试纸稳定性验证

该试纸主要用于检测各种蔬菜中腐霉利的含量, 样品较复杂, 试纸能否不受样品中复杂基质以及各种成分的影响, 精确检测出样品中腐霉利含量, 是其能否进行实际应用的重要指标。因此, 本研究选取了仪器检测结果为阴性的豇豆、土豆、青椒、菠菜、茄子、韭菜样本, 以及腐霉利含量为 3.17 mg/kg 的韭菜样本进行验证。结果如图 2 中所示, 图 2A 为 6 种阴性样测试后试纸 T 线均强于 C 线, 说明被测蔬菜样品中无目标物腐霉利的存在, 与仪器检测结果一致。图 2B 为

阳性韭菜样品稀释不同倍数后在试纸上的测试结果, 从左到右, 稀释倍数依次为 1、2、5、10、20 倍。相应的, 在样品未稀释时, T 线完全消除, 说明所测样品中腐霉利含量较高, 与仪器测试含量为 3.17 mg/kg 一致。随着样品稀释度增加, T 线逐渐增强, 背景颜色也逐渐减弱。综上所述, 设计的腐霉利检测试纸抗干扰性较强, 即使直接测试蔬菜样品粉碎后浸出原液, 也能精准测试, 与仪器测试结果一致。

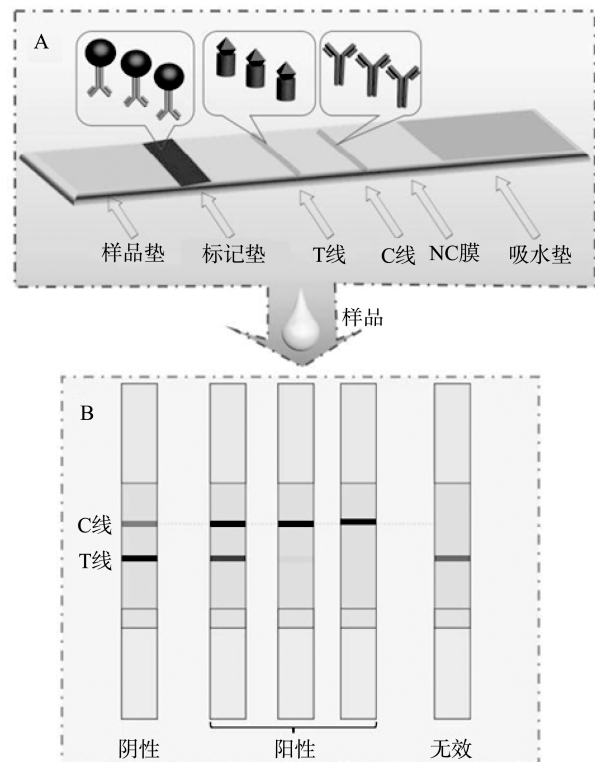
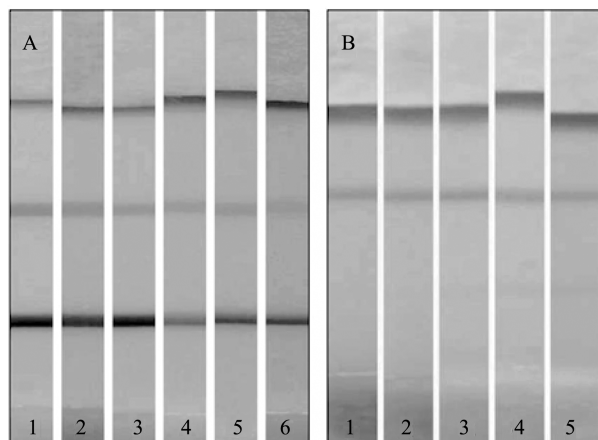


图 1 腐霉利快速检测试纸原理

Fig.1 Schematic of rapid lateral chromatography test strip for procymidone



注: A: 1. 阴性豇豆样本检测结果; 2. 阴性土豆样本检测结果; 3. 阴性青椒样本检测结果; 4. 阴性菠菜样本检测结果; 5. 阴性茄子样本检测结果; 6. 阴性韭菜样本检测结果。B: 1. 腐霉利含量为 3.17 mg/kg 的阳性韭菜样本; 2. 阳性韭菜样本; 3. 稀释 2 倍的阳性韭菜样本; 4. 稀释 5 倍的阳性韭菜样本; 5. 稀释 10 倍的阳性韭菜样本。

图2 腐霉利检测试纸稳定性

Fig.2 Stability of the procymidone test paper

2.3 腐霉利快速检测试纸的特异性验证

腐霉利快速检测试纸的特异性检测结果如图 3 所示, PB 缓冲液上样时, T 线强度远远强于 C 线; 当多种高浓度 (5 $\mu\text{g/mL}$) 的其他农药混合物上样时, T 线有微弱减弱响应, C 线稍有增强, 但仍旧是 T 线强于 C 线。出现这种情况的主要原因是多种高浓度的其他农药中, 某些种类与腐霉利有类似的结构, 因而与腐霉利抗体有微弱的结合效果, 多种高浓度的药物存在时, 结合效果累积, 出现了肉眼可识别的 T 线强度变化。但当该混合样品中含有质量浓度为 200 ng/mL 的腐霉利时, T 线就完全消除干净, 与单独 200 ng/mL 的腐霉利样品检测结果一致。综上所述, 其他农药在浓度为腐霉利浓度的 25 倍时, 均不能达到低浓度腐霉利的检测效果, 证明该试纸对腐霉利有良好的选择性。

2.4 实际阳性样本检测验证

为验证制备的腐霉利快速检测试纸测试结果是否可靠, 选取了已知浓度的不同阳性样本进行测试。已知浓度的阳性样本中腐霉利含量如表 1 所示, 可以看出, 4 种阳性样本中, 西红柿中腐霉利含量较低, 小芹菜中腐霉利含量较高。相应的试纸条检测结果如图 4 所示, 从左到右依次为红椒、青杭椒、小芹菜、西红柿试纸检测后的显色结果。由结果可以看出, 青杭椒对应的检测结果中 T 线显线最强, 但是并没有超过 C 线强度, 对应图 1 原理图中可知为弱阳性结果; 小芹菜对应试纸检测结果中 T 线最浅, 推断可知为强阳性样本, 而红椒和西红柿的 T 线强度介于二者之间, 说明二者腐霉利含量也介于青杭椒与小青菜之间, 相比较

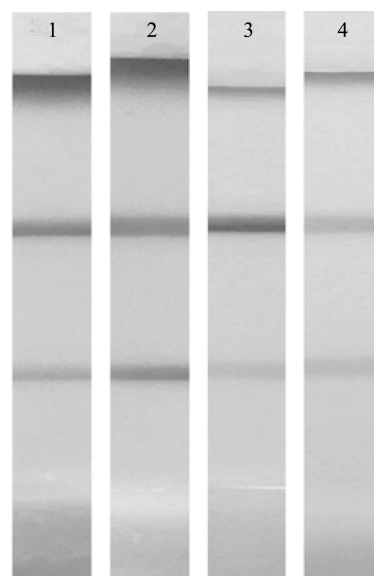
而言, 红椒检测结果 T 线强于西红柿, 说明红椒中腐霉利含量低于西红柿, 与仪器检测实际情况对比可知, 结果完全一致, 说明该试纸检测结果精确可信。



注: 1: PB 缓冲液测试结果; 2: 多种其他农药的混合液测试结果; 3: 含有 200 ng/mL 腐霉利的混合农药测试结果; 4: 质量浓度为 200 ng/mL 的腐霉利样品测试结果。

图3 特异性检测

Fig.3 Specific detection



注: 1. 红椒; 2. 青杭椒; 3. 小芹菜; 4 番茄。

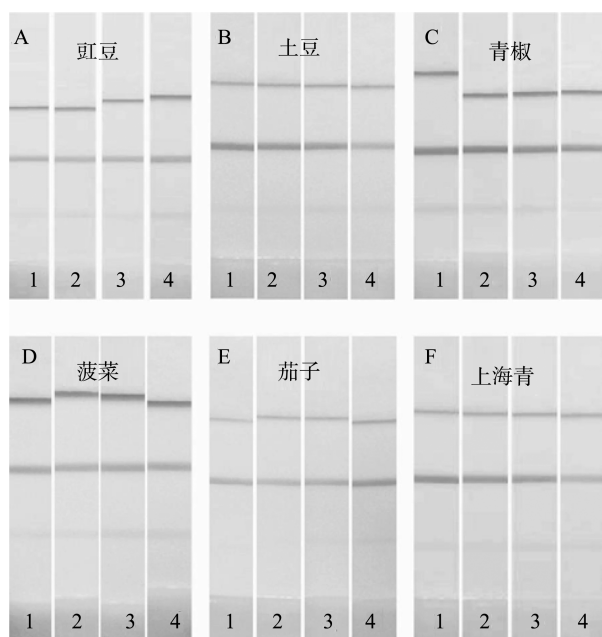
图4 阳性样本测试结果

Fig.4 Test results of positive samples

2.5 实际阴性样品添加腐霉利检测验证

由于国标中对于每种蔬菜中腐霉利的限量不尽相同, 故向不同种类阴性蔬菜样本中加入不同浓度的腐霉利标准品, 使其终浓度为国标限量浓度, 以验证该方法的检测限是否能符合国标要求。此外, 还将蔬菜样品稀释了不同倍数进行测试, 进一步验证蔬菜基质对检测效果是否有影响。蔬菜稀释倍数以及国标限量均在表 2 中说明。结果如

图4所示,6种蔬菜中,加入国家标准限定量的腐霉利之后,结果均为阳性,说明该试纸对实际蔬菜样品中腐霉利的检测限满足国家标准。并且,从结果中发现,每种蔬菜稀释不同倍数后,在相同浓度腐霉利存在的条件下,T线强度区别不大,进一步证明蔬菜浸提液本身对检测干扰较小,不影响检测结果。



注:A: 豇豆; B: 土豆; C: 青椒; D: 菠菜; E: 茄子; F: 上海青(其中,样本的稀释倍数为: 1. 稀释2倍; 2. 稀释3倍; 3. 稀释5倍; 4. 稀释10倍)。

图5 稀释不同倍数的阴性蔬菜样本中加入浓度为国家标准限量的腐霉利标准品检测结果

Fig.5 Test results of negative vegetable samples which diluted in different multiples were spiked with procymidone at the national standard limit concentration

3 结论

本研究建立了基于胶体金标记的侧向层析试纸快速检测新技术,将其应用于多种蔬菜中腐霉利含量的检测中。通过验证发现,该技术抗干扰性强,能够直接用于蔬菜浸提原液的测试,检测结果与气相色谱检测结果保持一致,有较好的精确度。此外,该方法对腐霉利有较好的特异性,在相似农药浓度高于腐霉利浓度25倍的情况下,都不能达到腐霉利的信号响应效果。并且,该方法能够满足国家标准要求,含有国家标准限量浓度的蔬菜样品测试过程中,信号变化明显,说明所建立的方法检测限远远低于国家标准限量要求。综上所述,设计的腐霉利快速检测方法,能够有效应用于蔬菜中腐霉利现场检测中,对于蔬菜

的安全性提供了保障。

参考文献

- [1] KUBISZEWSKI I. Food and agriculture organization (FAO) [J]. Africa Res Bull Econ Finan Tech, 2011, 48(3): 19067A-19067A.
- [2] 宋欣遥,许焯炜,王艳红,等. 腐霉利及其代谢产物在人参植株、根中的消解及膳食风险评估[J]. 农药, 2016, 55(2): 120-123.
SONG XY, XU XW, WANG YH, *et al.* Digestion dynamics and dietary risk assessment of Procymidone and derivatives in ginseng root and plant [J]. Agrochemicals, 2016, 55(2): 120-123.
- [3] 岳凤荣. 高效杀菌剂——腐霉利[J]. 农业知识, 2013, 19: 42.
YUE FR. Efficient fungicide-Procymidone [J]. Agric Knowl, 2013, 19: 42.
- [4] 吾建祥,杨德毅,刘莉,等. 金华蔬果中腐霉利残留的膳食暴露风险评估[J]. 浙江农业科学, 2018, 59(8): 1399-1402.
WU JX, YANG DY, LIU L, *et al.* Dietary exposure risk assessment of procymidone residues in Jinhua vegetables and fruits [J]. Zhejiang Agric Sci, 2018, 59(8): 1399-1402.
- [5] LI Y, KIM MR, LEE KB, *et al.* Determination of procymidone residues in ginseng by GC-ECD and GC-MS equipped with a solvent-free solid injector [J]. Food Control, 2007, 18(4): 364-368.
- [6] 黄一. 分子印迹荧光传感器的设计合成及其对腐霉利的检测[D]. 长春: 吉林大学, 2019.
HUANG Y. Design and synthesis of molecularly imprinted fluorescence sensor and its detection of moldy compound [D]. Changchun: Jilin University, 2019.
- [7] 杨莉,冯光泉,曾鸿超,等. 三七中腐霉利残留的气相色谱法检测[J]. 人参研究, 2016, (5): 28-30.
YANG L, FENG GQ, ZENG HC, *et al.* Gas chromatographic method for determination of moldy residue in *Panax notoginseng* [J]. Ginseng Res, 2016, (5): 28-30.
- [8] TAIRA S, TOKAI M, KANEKO D, *et al.* Mass spectrometry imaging analysis of location of procymidone in cucumber samples [J]. J Agric Food Chem, 2015, 63(27): 6109-6112.
- [9] 杨天庆,韩娟,龚珊,等. 气相色谱-质谱法检测植物油中腐霉利和氟硅唑含量[J]. 中国油脂, 2019, 44(4): 143-145.
YANG TQ, HAN J, GONG S, *et al.* Detection of content of moldy and fluosilazole in vegetable oil by GC-MS [J]. China Oils Fats, 2019, 44(4): 143-145.
- [10] LI Y, KIM M, LEE KB, *et al.* Determination of procymidone residues in ginseng by GC-ECD and GC-MS equipped with a solvent-free solid injector [J]. Food Control, 2007, 18(4): 364-368.
- [11] 徐秋生,贺慧琳,朱吕,等. 高效液相色谱法测定番茄中腐霉利和异菌脲的残留量[J]. 食品安全质量检测学报, 2017, (2): 128-132.
XU QS, HE HL, ZHU L, *et al.* Determination of procymidone and iprodione residues in tomato by high performance liquid chromatography [J]. J Food Saf Qual, 2017, (2): 128-132.
- [12] 任刚,廖卫波,胡志成,等. 人参提取物中腐霉利残留的HPLC分析[J]. 中国实验方剂学杂志, 2013, 19(23): 107-110.
REN G, LIAO WB, HU ZC, *et al.* Analysis of procymidone residues in ginseng extract by HPLC [J]. Chin J Exp Tradit Med Formul, 2013, 19(23): 107-110.

- [13] 葛学峰, 吴彦玮, 赵志敏. 荧光光谱法检测蜂蜜中腐霉利农药的含量[J]. 发光学报, 2017, 38(7): 973-977.
GE F, WU YW, ZHAO ZM. Determination of procymidone residues content in honey by fluorescence spectroscopy [J]. Chin J Lumin, 2017, 38(7): 973-977.
- [14] 孙通, 莫欣欣, 李晓珍, 等. 近红外光谱技术结合变量选择方法定性检测食用植物油中的腐霉利[J]. 光谱学与光谱分析, 2016, (12): 3915-3919.
SUN T, MO XX, LI XZ, *et al.* Qualitative detection of procymidone in edible vegetable oils by near infrared spectroscopy and variable selection methods [J]. Spectrosc Spectral Anal, 2016, (12): 3915-3919.
- [15] RODRÍGUEZ R, PICÓ Y, FONT G, *et al.* Analysis of thiabendazole and procymidone in fruits and vegetables by capillary electrophoresis-electrospray mass spectrometry [J]. J Chromatogr A, 2002, 949(1-2): 359-366.
- [16] 张旭晟, 高阳光, 彭少杰. 韭菜中农药腐霉利残留的膳食暴露风险评估[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(10): 3114-3119.
ZHANG XS, GAO YG, PENG SJ. Dietary exposure assessment of procymidone residue in Chinese leek (*Allium tuberosum* Rottl. ex Spr.) [J]. J Food Saf Qual, 2019, 10(10): 3114-3119.
- [17] GB 2763—2016 食品安全国家标准 食品中农药最大残留限量[S].
GB 2763—2016 National food safety standard—Maximum pesticide residue limit in food [S].

(责任编辑: 王 欣)

作者简介

姚帮本, 主要研究方向为食品质量与安全。

E-mail: bangben333@sina.com

姚 丽, 博士, 主要研究方向为食品质量与安全。

E-mail: ybl200999@126.com



“食品保鲜与贮藏”专题征稿函

随着生活水平的逐渐提高, 人们对食品的质量有了更高的要求。因此, 保鲜技术被广泛应用于食品的加工流通过程中。如何保持食品的新鲜度以及食品在储藏过程中的安全性成为目前研究的重点。

鉴于此, 本刊特别策划了“食品保鲜与贮藏”专题, 由浙江大学 罗自生 教授 担任专题主编, 主要围绕 (1)果蔬、粮食、水产品、禽肉制品等食品保鲜方法、技术; (2)食品在储藏中的生理、生化变化; (3)食品腐败以及控制方法等或您认为有意义的领域展开讨论, 计划在 2021 年 6 月出版。

鉴于您在该领域的成就, 本刊主编国家风险评估 吴永宁 研究员 及浙江大学 罗自生教授 特邀请您为本专题撰写稿件, 以期进一步提升该专题的学术质量和影响力。综述、实验报告、研究论文均可, 请在 2021 年 3 月 19 日前通过网站或 E-mail 投稿。我们将快速处理并优先发表。

谢谢您的参与和支持!

投稿方式(注明专题): 食品保鲜与贮藏

网站: www.chinafoodj.com

E-mail: jfoodsqa@126.com

《食品安全质量检测学报》编辑部