

表面增强拉曼光谱法快速检测猪肉中左旋咪唑残留

施思倩, 杨方威, 姚卫蓉, 于航, 谢云飞*

江南大学食品学院, 江苏 无锡 214000

摘要 左旋咪唑是一种广谱抗虫药, 被广泛应用于抗猪、牛等牲畜体内的线虫。同时左旋咪唑具有特殊的免疫调节作用, 在动物养殖中常用于抗菌消炎、抗病毒、促生长等方面。当其被不合理使用时容易在禽畜肉中产生残留, 目前常见的左旋咪唑检测方法为液相色谱法与气相色谱法, 该类方法具有操作复杂、耗时长、成本高等缺点。表面增强拉曼光谱法具有分析速度快、检测灵敏度高和特异性好等优点, 近年来被广泛应用于农残、兽残等物质的快速检测。为实现猪肉中左旋咪唑残留的快速检测, 建立了一种猪肉中左旋咪唑残留的表面增强拉曼光谱快速检测方法。通过单因素实验, 确定了金胶与样品溶液最佳体积比和最适积分时间分别为 2:1 与 20 s。通过比较不同萃取方法与萃取溶剂对猪肉中左旋咪唑盐酸盐残留量的提取效果, 确定了正己烷液液萃取后离心、取上清液氮吹复溶的操作简单、耗时短的提取条件。通过密度泛函理论中 B3LYP/6-311+G(d) 基组对左旋咪唑盐酸盐理论光谱进行计算, 在优化分子结构后进行频率与拉曼光谱计算, 所得理论计算光谱与固体光谱、溶液光谱出峰情况具有较好的一致性。根据理论计算光谱、固体光谱与溶液光谱确定左旋咪唑盐酸盐的 SERS 特征峰并进行振动归属, 得到 469, 627 和 969 cm^{-1} 处特征峰作为左旋咪唑盐酸盐的定量特征峰, 其中 469 cm^{-1} 为 C—S 键伸缩振动, 627 cm^{-1} 为苯环 C—C 弯曲变形振动, 969 cm^{-1} 为咪唑环内弯曲和侧链骨架振动。在最佳实验条件下, 建立了左旋咪唑盐酸盐标准溶液特征峰 SERS 信号与浓度的标准曲线, 线性方程 R^2 值均在 0.9 以上。对不同加标浓度的实际样品进行检测, 得到平均回收率为 80.39%~95.94%, RSD 值为 3.08%~6.20%。该法操作简便、稳定性好, 无需对样品进行复杂的预处理即可实现对猪肉中左旋咪唑残留的快速准确测定。

关键词 左旋咪唑; 猪肉; 表面增强拉曼光谱; 快速检测

中图分类号: O657.37 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3964/j.issn.1000-0593(2021)12-3759-06

引言

左旋咪唑 (Levamisole) 又名左咪唑、左旋四咪唑、驱虫速等, 结构式如图 1 所示, 主要以盐酸盐形式存在。左旋咪唑是一种广谱抗虫药, 驱虫机理主要为抑制虫体肌肉的琥珀酸脱氢酶的活性与抑制胆碱酯酶的活性, 使虫体能量代谢受阻, 肌肉麻痹, 达到驱虫效果, 被广泛应用于抗牛、羊等牲畜体内的线虫。同时左旋咪唑具有特殊的免疫调节作用, 在动物养殖中常用于抗菌消炎、抗病毒、促生长等方面。当左旋咪唑因不合理使用在动物体内形成残留时, 随着食物链的蓄积作用, 左旋咪唑在人体内的浓度也会不断增加, 从而对人体造成危害。目前已有的有关左旋咪唑的毒副作用报道主要集中在消化系统、神经系统、心血管系统等毒副作用。

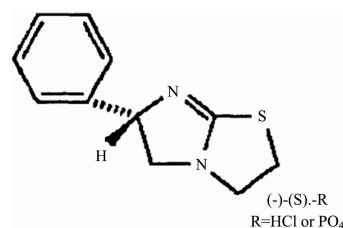


图 1 左旋咪唑化学结构式

Fig. 1 Chemical structural formula of levamisole

目前国内外报道用于检测左旋咪唑的方法有电位滴定法、高效液相法、气相色谱法及气相色谱-串联质谱法、液相色谱-串联质谱法^[1-2]等。其中色谱法是目前检测左旋咪唑盐酸盐的主要方法, 该方法具有灵敏度和准确度较高、应用范

收稿日期: 2020-10-31, 修订日期: 2021-02-08

基金项目: 国家重点研发项目(2018YFC1602300), 国家自然科学基金项目(32001627)资助

作者简介: 施思倩, 1996 年生, 江南大学食品学院硕士研究生 e-mail: 1721910731@qq.com

* 通讯作者 e-mail: xieyunfei@jiangnan.edu.cn

围广的优点,但是存在设备昂贵、前处理复杂等限制,在实际检测中使用受到一定的限制。

表面增强拉曼光谱(surface enhanced Raman spectroscopy, SERS)作为一种新兴的光谱分析技术,近年来在食品、临床、药品检测等领域飞速发展。SERS 分析技术具有操作简单、检测快速、成本低廉的特点,可用于直接检测硝基咪唑抗生素^[3]、喹诺酮类抗生素、 β -兴奋剂等兽药。陶进江等^[4]通过优化金胶合成条件、金胶添加量、活化剂添加量等条件,建立了快速可靠的鸭肉中己烯雌酚残留 SERS 检测方法。Cheng 等^[5]通过制备聚集再氧化氧化石墨烯/金纳米粒子,首次建立了结合液-液提取净化的动物尿液中克伦特罗的 SERS 测定方法,该方法检测灵敏度高,与传统的液相色谱-串联质谱法相比测量结果可以 100% 准确识别所有阳性和阴性尿样。Zhao 等^[6]利用银镜反应生成水溶性球形环糊精改性银纳米粒子,将其用于鸡肉与鸭肉中马波沙星含量的检测,优化检测条件后拉曼信号增强系数达 2.11×10^7 。

但目前未见用 SERS 法检测猪肉中左旋咪唑盐酸盐残留的报道。本研究以金溶胶作为 SERS 增强基底,对左旋咪唑盐酸盐的拉曼检测条件与猪肉中提取条件进行摸索与优化,建立了一种液液萃取法提取猪肉中左旋咪唑盐酸盐残留后进行 SERS 检测的快速检测方法。

1 实验部分

1.1 试剂

左旋咪唑盐酸盐标准品(纯度 $>98.0\%$),柠檬酸三钠盐二水合物(纯度 99.0%),均购于上海百灵威试剂公司;氯金酸钾(纯度 97.0%)购于南京森贝伽生物科技有限公司;甲醇(色谱纯),正己烷(色谱纯),无水硫酸钠(分析纯),氢氧化钠(分析纯),乙酸乙酯(分析纯),三氯甲烷(分析纯),盐酸(分析纯),硝酸(分析纯),均购于国药集团化学试剂有限公司;超纯水。猪肉,购于当地超市。

王水:取一体积浓硝酸慢慢倒入至三体积浓盐酸中,不断用玻棒搅拌均匀,冷却。用于浸泡制备金胶的圆底烧瓶。

左旋咪唑盐酸盐标准液:精确称取 0.10 g 的左旋咪唑盐酸盐粉末溶于 100 mL 的甲醇中,制得浓度为 $1\ 000\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的左旋咪唑盐酸盐母液。用甲醇稀释左旋咪唑盐酸盐甲醇母液制得不同浓度的左旋咪唑盐酸盐甲醇稀释液。

$5\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 NaOH 溶液:称取 20.0 g NaOH 固体,溶于 100 mL 水,混匀。

1.2 设备

ME204E 电子天平,梅特勒-托利多仪器有限公司;ZNCL-GS 磁力加热油浴锅,上海越众仪器设备有限公司;可调式移液器,美国 Thermo LabSystems 公司;Milli-Q 超纯水系统,美国 Millipore 公司;GZX-9076MBE 电热鼓风干燥箱,上海博讯实业有限公司医疗设备厂;BCD-602W 冰箱,青岛海尔股份有限公司;PS-10 超声波清洗器,东莞市洁康超声波设备有限公司;RamTracer-200-HS 便携式拉曼光谱仪,美国欧普图斯;ZGDCY-24 干式氮吹仪,上海梓桂仪器有限公司;TGL-16M 台式高速冷冻离心机,上海卢湘仪离心机仪

器有限公司;WH-2 微型漩涡混合仪,上海沪西分析仪器厂有限公司。

1.3 金溶胶制备

本方法中使用金溶胶作为 SERS 增强基底,通过改进后的经典的柠檬酸三钠还原氯金酸钾法制得。具体操作为:在事先泡过王水并洗净烘干的圆底烧瓶中加入 47 mL 超纯水与 $3\text{ mL } 10\text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 氯金酸钾,充分混合,放入预热好的 $120\text{ }^\circ\text{C}$ 油浴锅内,磁力搅拌器以 $565\text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 搅拌并保持温度恒定至溶液沸腾;加入 $2\text{ mL } 1\%$ (质量分数)柠檬酸三钠水溶液,继续在 $120\text{ }^\circ\text{C}$ 下恒温搅拌 20 min ,得紫红色的金纳米溶胶,冷却至常温, $4\text{ }^\circ\text{C}$ 冰箱中冷藏保存备用。

1.4 样品处理

称取 2.5 g 已搅碎的猪肉放入 50 mL 离心管中,依次加入 5 g 无水硫酸钠、 $4\text{ mL } 10\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 NaOH 溶液、 10 mL 萃取剂,涡旋混匀。 $4\text{ }^\circ\text{C } 10\ 000\text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 离心 10 min ,取上层有机层。重复萃取两次猪肉组织并合并萃取液,一组氮吹干后水复溶,待测(一次液液萃取)。另一组加入 $2.5\text{ mL } 0.5\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 HCl 进行反萃取,混匀后 $4\text{ }^\circ\text{C } 10\ 000\text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 离心 10 min ,取水层待测(二次液液萃取)。

1.5 拉曼检测条件

仪器参数为:激光光源波长 785 nm ,激光功率 250 mW ,扫描时间 20 s ,扫描次数 3 次。在包有锡纸的载玻片上依次滴加一定体积的金胶和待测液,混合均匀后立即进行扫描。每个样品扫描 9 次取平均值。

1.6 理论光谱计算

先使用 Gaussian 5.0 软件画出左旋咪唑盐酸盐分子结构式,得到 Gaussian Input Files,然后通过两步法进行理论光谱计算:(1)通过 Optimization 功能对左旋咪唑盐酸盐分子结构式进行优化,得到最佳分子空间结构;(2)以优化后分子结构式作为 Gaussian Input Files,通过 Frequency 功能 B3LYP/6-311+G(d)基组水平对左旋咪唑盐酸盐分子进行光谱计算,该计算基组的校正因子为 0.9680 。计算结束后得到 Gaussian Output Files,其中含有优化后的左旋咪唑盐酸盐分子结构示意图与理论计算拉曼光谱数据。通过比较理论计算光谱与固体标准物质拉曼光谱、标准溶液 SERS 光谱,并结合参考文献,对分子特征峰进行指认。

2 结果与讨论

2.1 理论计算

左旋咪唑盐酸盐在 Gaussian 计算中的结构优化图如图 2(a)所示,由优化后得到的分子结构图可知 HCl 分子的位置与苯环较接近,计算得到的理论光谱中主要的振动模式为苯环变形振动、苯环与 HCl 分子间的相互作用。由图 2(b)可看出矫正后固体拉曼光谱图与理论计算拉曼光谱图基本一致。如苯环的 C—H 面外弯曲振动在理论光谱中位于 801 cm^{-1} ,固体光谱中位于 810 cm^{-1} ,咪唑环中的 N—H 面内弯曲振动在理论光谱中位于 $1\ 177\text{ cm}^{-1}$,固体光谱中位于 $1\ 187\text{ cm}^{-1}$ 。波数差在可接受范围内。

部分特征峰的出峰情况存在一定的差异,如固体光谱中

469 cm^{-1} 处为双峰，而理论光谱中对应位置为单峰；理论光谱中 C—H 面外弯曲在 887 cm^{-1} 位置出峰，而固体中相应位置并未出峰。这可能与物质所处的状态不同有关，理论计算中设定物质为真空环境，而实验光谱中左旋咪唑盐酸盐以粉末存在，有分子间作用力影响。

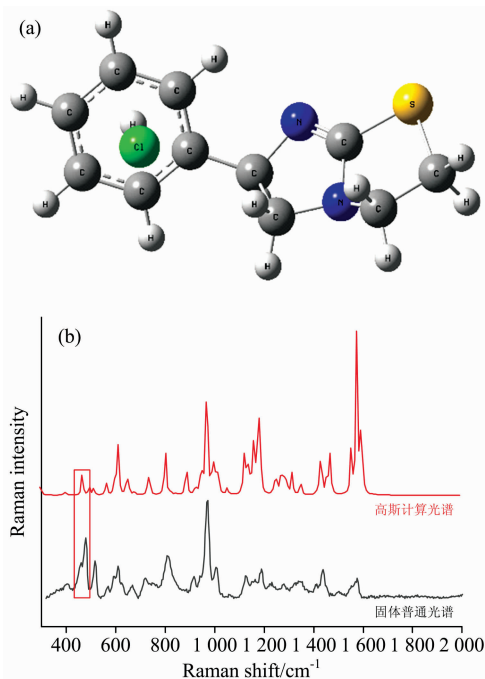


图 2 左旋咪唑盐酸盐理论计算结果

(a): 优化后左旋咪唑盐酸盐分子结构式；
(b): 理论计算拉曼光谱与固体拉曼光谱比较图

Fig. 2 Theoretical calculation results of levamisole hydrochloride

(a): Optimize molecular structural formula of levamisole hydrochloride; (b): Comparison between theoretical Raman spectra and solid Raman spectra

2.2 检测条件优化

对金胶与样品溶液体积比与拉曼积分时间进行优化，结果如图 3 所示。随着金胶体积的增加，特征峰的拉曼峰强先增加后减小。分析因为金胶体积较少时混合体系中金纳米粒子数少于目标物质分子数，增强效果欠佳；当金胶体积增加至一定值时，金纳米粒子数与目标物质分子数相当，增强效果最佳；当金胶体积进一步增加时，多余的金纳米粒子又会阻碍金胶与目标分子的结合，影响“热点”的生成，导致增强效果下降。因此后续选择样品溶液：金胶体积 = 1 : 2 为最佳体积比。改变积分时间，特征峰的拉曼峰强先增加后保持不变，分析因为金胶与样品混合后金纳米粒子与目标物完全结合需要一定的时间，然后体系达到稳定状态，因此后续选择 20 s 为最佳积分时间。

2.3 定性与定量分析

分子的拉曼振动频率取决于分子的结构式，对分子的拉曼特征振动模式进行归属，可以为 SERS 检测结果的定性与定量提供理论依据。将固体光谱、高斯计算光谱、甲醇溶剂光谱与左旋咪唑盐酸盐标准溶液中的光谱进行比较，发现 469、

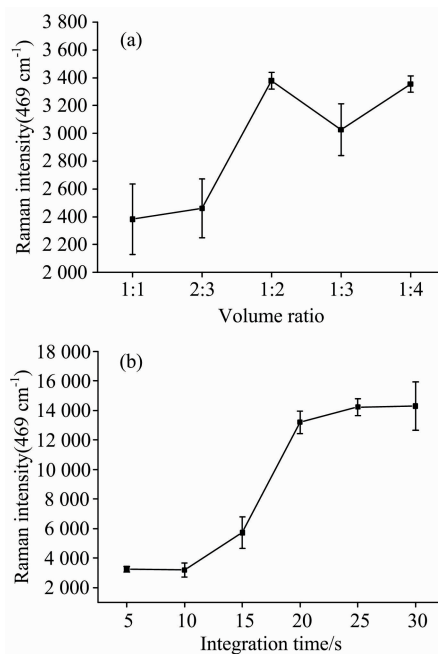


图 3 不同检测条件下 469 cm^{-1} 处特征峰 SERS 峰强情况
Fig. 3 SERS peak intensity at 469 cm^{-1} under different detection conditions

627 和 969 cm^{-1} 这 3 个位置的峰在固体、溶液与计算光谱中均有出峰且峰响应值较高，即可将这 3 个峰作为左旋咪唑盐酸盐 SERS 检测中用于定性和定量检测的特征峰。根据拉曼位移与分子的振动模式对这 3 个特征峰进行归属，469 cm^{-1} 为 C—S 键伸缩振动，627 cm^{-1} 为苯环 C—C 弯曲变形振动，969 cm^{-1} 为咪唑环面内弯曲和侧链骨架振动^[7]。

在最佳实验条件下，对 SERS 检测左旋咪唑盐酸盐的最低浓度进行探究。分别对 0.01~500 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的左旋咪唑盐酸盐甲醇标准溶液进行拉曼测试，发现当左旋咪唑盐酸盐浓度低至 0.1 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时，469、627 和 969 cm^{-1} 这 3 个特征峰

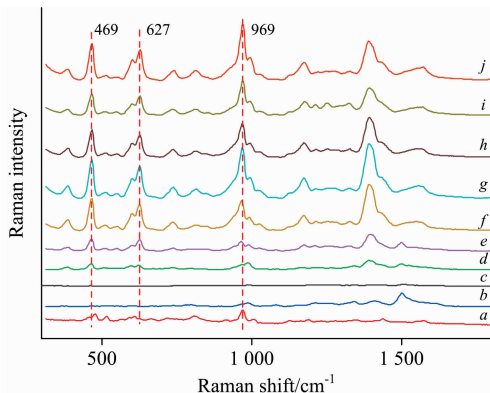


图 4 左旋咪唑盐酸盐不同浓度甲醇溶液 SERS 光谱
a—j 分别为固体，甲醇，0.01，0.1，1，10，75，100，250，500 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 溶液
Fig. 4 SERS spectra of levamisole hydrochloride in methanol solution with different concentrations
a—j, solid, methanol, 0.01, 0.1, 1, 10, 75, 100, 250, 500 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ solution respectively

仍能检测到明显的拉曼信号,当浓度降低至 $0.01 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时无明显出峰,即 SERS 检测左旋咪唑盐酸盐的检测限可达 $0.1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

探究 $469, 627$ 和 969 cm^{-1} 这 3 个特征峰的 SERS 强度与左旋咪唑盐酸盐浓度的关系,发现特征峰的 SERS 强度与浓度的对数值存在一定的线性关系,线性拟合结果如图 5 所示,拟合方程 R^2 值均在 0.9 以上。

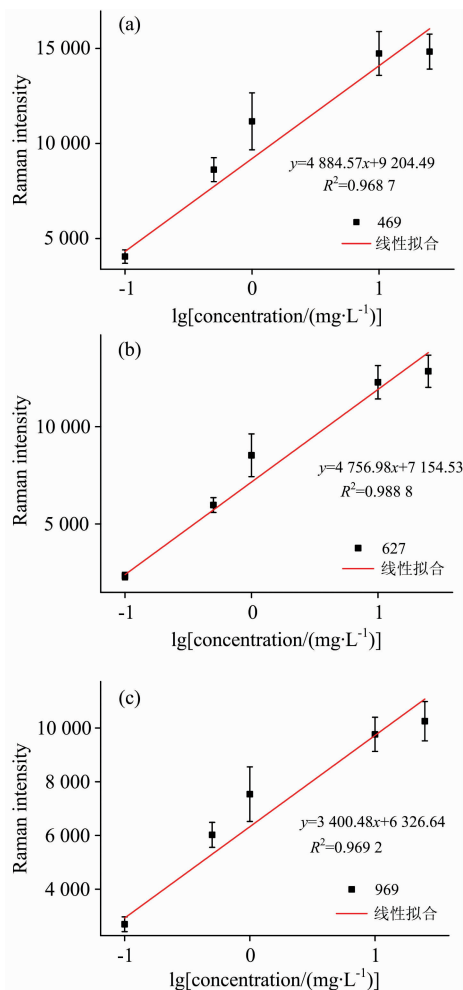


图 5 峰强与浓度线性关系图

Fig. 5 Linear relationship between peak intensity and concentration

2.4 检测提取方法的优化

由于猪肉中基质复杂,用有机试剂对目标物进行提取时其中含有的蛋白质与脂肪也容易被提取,检测时会对拉曼检测结果的灵敏度造成影响。而左旋咪唑盐酸盐在碱性条件下具有一定的质子化倾向,电离受到抑制,转化为左旋咪唑,易溶于卤代烷、醚、酯类等弱极性有机溶剂,酸性条件下转化为盐酸盐易溶于水而在有机试剂中的溶解度小。为了提高目标物质的提取效率、减少杂质干扰,本研究比较了一次液液萃取与二次液液萃取的提取效果(加标浓度为 $100 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)。

结果显示经正己烷提取后直接氮吹用水复溶得到的加标

提取液中,目标物质特征峰 SERS 强度较强,而经过二次液液萃取后得到的加标提取液中基质干扰无明显减少,但目标物质特征峰 SERS 强度降低,说明一次液液提取的提取效率与去除杂质干扰的效果较好,相比较而言二次提取并没有明显减少杂质干扰,对目标物的提取效果也较差。因此选择操作简单效果较好的一次液液萃取作为样品提取方法。

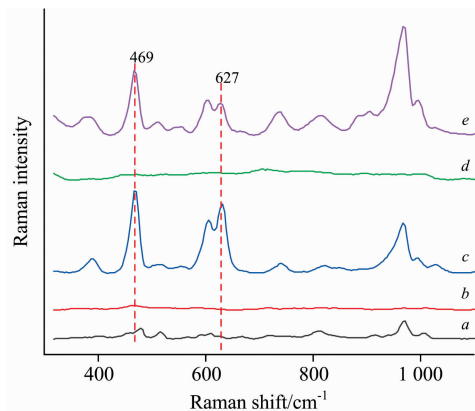


图 6 不同萃取方法提取效果比较

a: 固体; b: 一次液液萃取空白; c: 一次液液萃取加标; d: 二次液液萃取空白; e: 二次液液萃取加标

Fig. 6 Comparison of extraction effects of different extraction methods

a: Solid; b: Once liquid-liquid extraction blank; c: Once liquid-liquid extraction standard addition; d: Twice liquid-liquid extraction blank; e: Twice liquid-liquid extraction standard addition

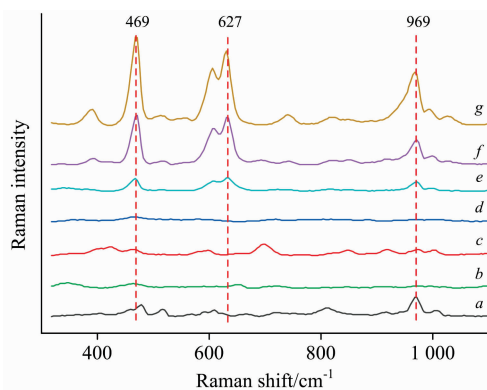


图 7 不同萃取溶剂提取效果比较

a: 固体; b: 三氯甲烷提空白; c: 乙酸乙酯提空白; d: 正己烷提空白; e: 三氯甲烷提加标; f: 乙酸乙酯提加标; g: 正己烷提加标

Fig. 7 Comparison of extraction effects of different extraction solvents

a: Solid; b: Ethyl acetate blank; c: n-hexane blank; d: Chloroform blank; e: Ethyl acetate extraction; f: n-hexane extraction; g: Chloroform extraction

比较液液萃取中乙酸乙酯、正己烷和三氯甲烷 3 种常见有机萃取剂的萃取效果,发现用正己烷提取时,空白基质提取液中干扰峰较少,加标提取液中目标物质的特征峰 SERS 强度较强,因此选择正己烷为样品提取溶剂。

2.5 检测回收率的确定

为了考察 SERS 技术检测猪肉提取液中左旋咪唑盐酸盐残留量的可靠性,利用所得标准工作曲线方程,对不同加标浓度左旋咪唑盐酸盐样本进行预测。选择 0.5, 1 和 10 $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 为加标浓度进行加标实验,结果得到预测样本中左旋咪唑盐酸盐的平均加标回收率为 80.39%~95.94%, RSD 值为 3.08%~6.20%,说明采用该方法检测猪肉中左旋咪唑盐酸盐残留量准确有效,可以实现猪肉中左旋咪唑盐酸盐残留的快速检测。

3 结 论

对猪肉中左旋咪唑盐酸盐残留量的 SERS 检测方法进行

研究,通过改变金胶与样品的体积比和积分时间优化拉曼检测条件,通过比较不同萃取方法与萃取溶剂的提取效果,确定了正己烷一次液液萃取的提取方法。在最佳检测条件下,在左旋咪唑盐酸盐特征峰 SERS 强度与浓度对数值(0.1~25 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)之间建立了良好的线性关系,线性方程 R^2 值均在 0.9 以上。对样品进行加标实验,平均回收率为 80.39%~95.94%, RSD 值为 3.08%~6.20%。说明用 SERS 方法检测禽畜肉中左旋咪唑盐酸盐残留量操作简单,可满足现场快速检测的需求,这对于将 SERS 快速检测方法用于畜牧业与养殖业中左旋咪唑兽药的使用与残留量监控具有重要意义。

References

- [1] WU Shao-ming, CAI Xiao-ming, YANG Wang-huo, et al(吴少明,蔡小明,杨旺火,等). Fujian Inspection and Research Institute for Product Quality(福建省产品质量检验研究院). CN201811207412. 7[P]. 2018-12-07.
- [2] Kolanovic B, Bilandzic N, et al. Food Additives & Contaminants: Part A, 2019, 36(5): 729.
- [3] LI Jing, YU Wan-song, XIA Su-jie, et al(李 静,余婉松,夏苏捷,等). Science and Technology of Food Industry(食品工业科技), 2019, 40(24): 225.
- [4] TAO Jin-jiang, PAN Gui-gen, LIU Mu-hua, et al(陶进江,潘桂根,刘木华,等). Food and Machinery(食品与机械), 2019, 35(2): 82.
- [5] Cheng J, Wang S, Zhang S, et al. Sensors and Actuators B: Chemical, 2019, 279: 7.
- [6] Zhao R, Bi S, Shao D, et al. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, 2020, 229: 118009.
- [7] GUO Xiao-ying, QIU Li, ZHANG Jin-jie, et al(郭小莹,邱 立,张进杰,等). Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析), 2019, 39(8): 2561.

Rapid Detection of Levamisole Residue in Pork by Surface Enhanced Raman Spectroscopy

SHI Si-qian, YANG Fang-wei, YAO Wei-rong, YU Hang, XIE Yun-fei*

College of Food, Jiangnan University, Wuxi 214000, China

Abstract Levamisole is a broad-spectrum anti-insect drug widely used to fight against nematodes in pigs, cattle and other livestock. Meanwhile, levamisole has a special immunomodulatory effect often used in anti-bacterial, anti-inflammatory, anti-virus and growth-promoting aspects in animal breeding. When it is used irrationally, it is easy to produce residues in poultry meat. At present, the common detection methods of levamisole are liquid chromatography and gas chromatography, which have the disadvantages of complex operation, long time consumption and high cost. Surface-enhanced Raman spectroscopy (SERS) has the advantages of fast analysis speed, high detection sensitivity and good specificity and has been widely used in the rapid detection of pesticide residues and animal residues in recent years. In order to realize the rapid detection of levamisole residues in pork, a rapid detection method of levamisole residues in pork by SERS was established. Through a single factor experiment, the optimal volume ratio of gold colloid to sample solution and the optimal integration time are determined to be 2 : 1 and 20 s, respectively. By comparing the extraction effects of different extraction methods and solvents on the residual levamisole hydrochloride in pork, the extraction conditions of centrifugation after liquid-liquid extraction with n-hexane and redissolution with nitrogen blowing were determined. The theoretical spectrum of levamisole hydrochloride was calculated by B3LYP/6-311+G(d) basis set in density functional theory. After optimizing the molecular structure, the frequency and Raman spectrum was calculated. The theoretically calculated spectrum was in good agreement with the peaks of the solid spectrum and solution spectrum. According to theoretical calculation spectrum, solid spectrum and solution spectrum, SERS characteristic peaks of levamisole hydrochloride are determined, and vibration attribution is carried out. The characteristic peaks at 469, 627 and 969

cm^{-1} are obtained as characteristic quantitative peaks of levamisole hydrochloride, in which 469 cm^{-1} is C—S bond stretching vibration, 627 cm^{-1} is benzene ring C—C bending deformation vibration, and 969 cm^{-1} is imidazole ring in-plane bending and side chain skeleton vibration. Under the optimum experimental conditions, the standard curve of SERS signal and levamisole hydrochloride standard solution concentration was established, and the R^2 values of linear equations were all above 0.9. The average recovery of levamisole hydrochloride with different spiked concentrations was $80.39\% \sim 95.94\%$, and RSD was $3.08\% \sim 6.20\%$. The method is stable and straight forward and can be used for rapid and accurate determination of levamisole residues in pork without complex pretreatment.

Keywords Levamisole; Pork; SERS; Rapid detection

(Received Oct. 31, 2020; accepted Feb. 8, 2021)

* Corresponding author

《光谱学与光谱分析》期刊社决定采用 ScholarOne Manuscripts 在线投稿审稿系统

《光谱学与光谱分析》期刊社与汤森路透集团签约,自 2010 年 12 月 1 日起《光谱学与光谱分析》决定采用 Thomson Reuters 旗下的 ScholarOne Manuscripts 在线投稿审稿系统。

- ScholarOne Manuscripts, 该系统不仅能轻松处理稿件,而且能提速科技交流。
- 全球已有 360 多家学会和出版社的 3 800 多种期刊选用了 ScholarOne Manuscripts 系统作为在线投稿、审稿平台,全球拥有超过 1 350 万的注册用户,代表着全球学术期刊在线投审稿的一流水平。
- ScholarOne Manuscripts 与 EndNote, Web of Science 无缝链接和整合;使科研探索、论文评阅和信息传播效率大为提高。
- ScholarOne Manuscripts 是汤森路透科技集团的一个业务部门,拥有丰富的学术期刊业务经验,为学术期刊提供综合管理工作流程系统,使期刊更有效管理投稿、同行评审、加工和发表过程,提高作者心中的专业形象,缩短论文发表时间,削减管理成本,帮助期刊提高科研绩效和实现学术创新。

《光谱学与光谱分析》采用“全球学术期刊首选的在线投稿审稿系统—ScholarOne Manuscripts”,势必对 2010 年 11 月 30 日以前向本刊投稿的作者在查阅稿件信息时,会带来某些不便,在此深表歉意!为了推进本刊的网络化、数字化、国际化进程,以实现与国际先进出版系统对接;为了不断提高期刊质量,加快网络化、数字化建设,加快与国际接轨的进程,希望能得到广大作者、读者们的支持与理解,对您的理解和配合深表感激。这是一件新事物,肯定有不周全、不完善的地方,让我们共同努力,不断改进和完善起来。

《光谱学与光谱分析》期刊社

2010 年 12 月 1 日