

胶体金免疫层析法测定牛羊肉中掺杂鸡肉

刘正才^{1*}, 吴小胜^{2*}, 冯才伟², 邵碧英¹, 李小晶¹, 郑晶¹, 郑洁¹

(1. 福州海关技术中心, 福州 350001; 2. 北京勤邦生物技术有限公司, 北京 102206)

摘要: 目的 建立胶体金免疫层析法快速检测牛羊肉中掺杂鸡肉的方法。**方法** 采用柠檬酸三钠制备胶体金溶液, 以真空干燥的方式制备有金标抗体的微孔试剂, 将鸡 IgY 包被于硝酸纤维素膜(NC 膜)的检测线(T 线), 兔抗羊抗体包被于硝酸纤维素膜(NC 膜)的质控线(C 线), 向硝酸纤维素膜依次贴上吸水纸和样品垫, 切条组装成试纸条。样品经磷酸盐处理, 加入至金标抗体的微孔中, 用试纸条检测, 胶体金分析仪检测 T/C 线的颜色信号。**结果** 该方法对牛羊肉中掺入鸡肉的检出限为 3%, 重复性和特异性较好, 其他动物组织对其无干扰, 检测时间仅需要 15 min。**结论** 该方法操作简便, 具有较高的灵敏度和特异性, 适用于牛羊肉中掺杂鸡肉的现场快速筛查和检测。

关键词: 牛羊肉; 鸡肉; 掺杂; 胶体金免疫层析

Determination of chicken adulteration in beef and mutton by colloidal gold immunochromatography

LIU Zheng-Cai^{1*}, WU Xiao-Sheng², FENG Cai-Wei², SHAO Bi-Ying¹,
LI Xiao-Jing¹, ZHENG Jing¹, ZHENG Jie¹

(1. Technology Center of Fuzhou Customs District, Fuzhou 350001, China; 2. Beijing Kwinbon Biotechnology Company Ltd, Beijing 102206, China)

ABSTRACT: Objective To establish a method for the rapid detection of adulterated chicken in beef and mutton by colloidal gold immunochromatography. **Methods** Colloidal gold solution was prepared by trisodium citrate, and microporous reagent with gold labeled antibody was prepared by vacuum drying. Chicken IgY was conjugated on the detection line (T) of nitrocellulose (NC) membrane, and rabbit anti sheep antibody was conjugated on the quality control line (C) of nitrocellulose (NC) membrane. Absorbent paper and sample pad were attached to nitrocellulose membrane in turn, and then cut and assembled into test strips. The sample was treated with phosphate, added into the microspores of gold labeled antibody, then detected by test strips. The color signal of T/C line was detected by colloidal gold analyzer. **Results** The limit of detection of this method was 3%, with good repeatability and specificity. The other animal tissues did not interfere with it, and the detection time was only 15 min. **Conclusion** The method is simple, sensitive and specific, and can be used for on-site rapid screening and detection of chicken adulteration in beef and mutton.

基金项目: 海关总署科研项目(2019HK106)

Fund: Supported by the Scientific Research Projects of the General Administration of Customs (2019HK106)

*通信作者: 刘正才, 研究员, 主要研究方向为食品安全检测。E-mail: 54369174@qq.com

吴小胜, 高级工程师, 主要研究方向为食品安全检测。E-mail: wuxiaosheng@kwinbon.com

*Corresponding author: LIU Zheng-Cai, Professor, Technology Center of Fuzhou Customs District, Fuzhou 350001, China. E-mail: 54369174@qq.com

WU Xiao-Sheng, Senior Engineer, Beijing Kwinbon Biotechnology Company Ltd, Beijing 102206, China. E-mail: wuxiaosheng@kwinbon.com

KEY WORDS: beef and mutton; chicken; adulteration; colloidal gold immunochromatography

0 引言

近年来,随着经济的发展,人们的饮食结构发生了重大改变,肉类食品逐渐成为人们生活餐桌上的主角^[1]。但一些不法商贩在牛羊肉等高价肉制品中掺杂鸡、鸭肉等低价肉或非食用动物原料^[2],不仅损害消费者利益,扰乱市场秩序,更会涉及到民族问题造成恶劣的社会影响^[3]。因此,建立快速、准确的肉类掺假检测方法,对保障肉品安全、维护消费者权益具有重要意义。

目前,针对肉及肉制品掺假问题,采用的检测技术有基于特异性蛋白的免疫学技术^[4-5]、蛋白质谱技术^[6],基于脂肪酸等代谢物的红外光谱技术^[7-8],以及基于核酸的PCR技术^[9-11],其中酶联免疫法和PCR检测方法是目前用于肉类检测的成熟方法。但两者仍然需要配备检测设备、专业的操作人员,检测步骤繁琐费时,成本高,仅适用于实验室内使用。为满足大量样品现场快速检测的需要,本研究基于胶体金免疫层析技术,研制了牛羊肉中掺杂鸡肉的快速测定方法,以期为肉品掺假快速检验及质量控制奠定基础。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

实验用测试样品购买于福州市各超市;鸡IgY、羊抗鸡IgY抗体、兔抗羊抗体、氯金酸($\text{HAuCl}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)、牛血清白蛋白(bovine serum albumin,BSA)(美国Sigma公司);硝酸纤维素膜(NC膜)、样品垫、吸水纸、PS背板(上海金标生物科技有限公司);复溶缓冲液(含BSA的质量分数为0.1%~0.5%、蔗糖的质量分数为2%~4%、pH 7.2的0.02 mol/L磷酸盐缓冲液)(实验室自制)。

1.2 仪器与设备

2000SBL电子天平(美国Setra公司);SBCJ磁力搅拌加热器(河南圣亚仪器仪表有限公司);TGL16C台式高速冷冻离心机(湖南湘立科学仪器有限公司);LGJ-50C冻干机(北京四环科学仪器厂有限公司);XYZ3050胶体金点样系统(美国BioDot公司);CT 300数控切条机(上海金标生物科技有限公司);GT-710胶体金分析仪(北京勤邦生物技术有限公司)。

1.3 实验方法

1.3.1 胶体金的制备

用双蒸去离子水将质量分数为1%的氯金酸稀释至0.01%,取100 mL置于锥形瓶中加热至沸腾,在持续高温和搅拌下加入1.5 mL 1%柠檬酸三钠,继续搅拌加热至溶

液呈透亮的红色时停止,冷却至室温后用去离子水补足失水,4℃保存。

1.3.2 金标抗体的制备

磁力搅拌下,用0.2 mol/L K_2CO_3 溶液将胶体金的pH调节至7.2,按25 μg抗体/mL胶体金溶液的标准向其中加入羊抗鸡IgY抗体,搅拌混匀30 min;静置10 min后加入10%BSA,使其终浓度为1%,静置10 min;4℃下12000 r/min离心40 min,弃去上清,沉淀用复溶缓冲液洗涤2次,用体积为初始胶体金体积1/10的复溶缓冲液将沉淀重悬,4℃保存。

向微孔板中加入50 μL金标抗体,放入冷冻干燥机中,在冷阱温度为-50℃条件下,预冻3 h,真空干燥15 h,即可取出,得到冻干有金标抗体的微孔试剂,密封保存。

1.3.3 试纸条的制备

在PS背板上贴上NC膜;用0.01 mol/L、pH 7.4的磷酸缓冲液将鸡IgY稀释到1 mg/mL,按线宽0.9 μL/cm将其包被于NC膜的检测线(T线);用0.01 mol/L、pH 7.4的磷酸盐缓冲液将兔抗羊抗体稀释到200 μg/mL,按线宽0.9 μL/cm将其包被于NC膜的质控线(C线)。将包被好的NC膜置于37℃下过夜后依次贴上吸水纸和样品垫,用切条机进行切条操作,切条宽度为3.98 mm,装在特制的塑料制卡中置于密封袋内,加干燥剂,密封,4℃保存。

1.3.4 样品处理与检测

称取(3.0±0.05) g匀浆好的样本,加入6 mL 0.02 mol/L磷酸盐缓冲液,充分混匀;室温下4000 r/min离心5 min,将上清液用0.02 mol/L磷酸盐缓冲液进行1:4稀释后即为待测样本液。

用微量移液器吸取200 μL待测样本液于1.3.2所制备的微孔中,缓慢抽吸且充分与微孔中试剂混匀;室温孵育3 min后,吸取混匀液90 μL垂直滴于1.3.3所制备的试纸条加样孔中;液体流动开始计时,反应10 min,用胶体金分析仪检测T/C线的颜色信号,T/C≥1,判为阴性(-);T/C<0.8,判为阳性(+);0.8<T/C<1,判为疑似。

1.3.5 试纸条的性能测试

(1)检测限实验

取100 g纯牛肉、羊肉样本各9份,在其中分别加入0、0.39、0.78、1.56、3.13、6.25、12.5、25、50 g鸡肉,匀浆混匀,则鸡肉掺杂浓度分别为0%、0.39%、0.78%、1.56%、3.13%、6.25%、12.5%、25%、50%,用试纸条进行检测,通过仪器判断T/C<0.8的最小掺杂浓度,即为试纸条所能达到的最低检出限。

(2)重复性实验

取纯牛肉、羊肉样本各1份,在其中分别掺杂鸡肉至浓度为3%,用试纸条进行检测,每个样本重复6次,通过

仪器读取 T/C 值, 计算变异系数。

(3) 特异性实验

随机抽取鸡肉、羊肉、牛肉、鸭肉、猪肉和鱼肉样本, 用试纸条进行检测, 考察其他动物组织对试纸条的影响。

2 结果与分析

2.1 检出限实验

由表 1 可以看出: 纯鸡肉样本 T/C < 0.8, 为阳性; 纯牛肉、羊肉样本 T/C > 1, 为阴性; 在牛肉、羊肉中掺杂鸡肉, 随

着掺杂浓度的增加, T/C 值逐渐降低, 直至掺杂浓度为 1.56% 时 T/C < 0.8。但 1.56% 的 T/C 接近于 0.8, 考虑到不同批次试纸条、不同样本可能会出现 T/C > 0.8 的情况, 因此为了避免假阴性结果出现引起误判, 将检出限提升一个梯度浓度 (3.13%), 同时为了方便判定, 最终确定检出限为 3%。

2.2 重复性实验

由表 2 可以看出: 对同一样本重复检测 6 次, 判定结果一致, 无假阳性、假阴性出现, 仪器检测 T/C 变异系数均 < 10%, 说明重复性较好。

表 1 检出限实验结果

Table 1 Test results of limit of detection

| 样本编号 | T/C 值 | 结果 | 样本编号 | T/C 值 | 结果 |
|-------------------|-------|----|--------------------|-------|----|
| 鸡肉-01 | 0.027 | + | 鸡肉-02 | 0.043 | + |
| 牛-03 | 1.900 | - | 羊 2-2 | 1.625 | - |
| 牛-03+鸡肉-02(0%) | 1.826 | - | 羊 2-2+鸡肉-02(0%) | 1.704 | - |
| 牛-03+鸡肉-02(0.39%) | 1.526 | - | 羊 2-2+鸡肉-02(0.39%) | 1.372 | - |
| 牛-03+鸡肉-02(0.78%) | 1.213 | - | 羊 2-2+鸡肉-02(0.78%) | 1.166 | - |
| 牛-03+鸡肉-02(1.56%) | 0.794 | + | 羊 2-2+鸡肉-02(1.56%) | 0.779 | + |
| 牛-03+鸡肉-02(3.13%) | 0.464 | + | 羊 2-2+鸡肉-02(3.13%) | 0.454 | + |
| 牛-03+鸡肉-02(6.25%) | 0.242 | + | 羊 2-2+鸡肉-02(6.25%) | 0.117 | + |
| 牛-03+鸡肉-02(12.5%) | 0.089 | + | 羊 2-2+鸡肉-02(12.5%) | 0.109 | + |
| 牛-03+鸡肉-02(25%) | 0.038 | + | 羊 2-2+鸡肉-02(25%) | 0.073 | + |
| 牛-03+鸡肉-02(50%) | 0.023 | + | 羊 2-2+鸡肉-02(50%) | 0.036 | + |

注: -表示阴性结果; +表示为阳性结果。

表 2 重复性实验结果

Table 2 Test results of repeatability

| 样本编号 | T/C 值 | 结果 | 样本编号 | T/C 值 | 结果 |
|---------------|-------|----|----------------|-------|----|
| 牛-03 | 1.712 | - | 羊 2-2 | 1.762 | - |
| 牛-03 | 1.756 | - | 羊 2-2 | 1.779 | - |
| 牛-03 | 1.703 | - | 羊 2-2 | 1.846 | - |
| 牛-03 | 1.730 | - | 羊 2-2 | 1.814 | - |
| 牛-03 | 1.652 | - | 羊 2-2 | 1.870 | - |
| 牛-03 | 1.747 | - | 羊 2-2 | 1.866 | - |
| 变异系数/% | 2.19 | / | 变异系数/% | 2.49 | / |
| 牛-03+JR01(3%) | 0.359 | + | 羊 2-2+JR01(3%) | 0.393 | + |
| 牛-03+JR01(3%) | 0.337 | + | 羊 2-2+JR01(3%) | 0.374 | + |
| 牛-03+JR01(3%) | 0.315 | + | 羊 2-2+JR01(3%) | 0.344 | + |
| 牛-03+JR01(3%) | 0.362 | + | 羊 2-2+JR01(3%) | 0.347 | + |
| 牛-03+JR01(3%) | 0.352 | + | 羊 2-2+JR01(3%) | 0.376 | + |
| 牛-03+JR01(3%) | 0.335 | + | 羊 2-2+JR01(3%) | 0.354 | + |
| 变异系数/% | 5.18 | / | 变异系数/% | 5.31 | / |

注: -表示阴性结果; +表示为阳性结果。

2.3 特异性实验

用试纸条检测 6 种鸡肉、4 种羊肉、5 种牛肉、3 种鸭肉、8 种猪肉和 2 种鱼肉样本, 结果发现, 鸡肉样本均为阳性($T/C < 0.026$), 羊肉($T/C > 1.734$)、牛肉($T/C > 1.874$)、鸭肉($T/C > 1.299$)、猪肉($T/C > 1.763$)和鱼肉($T/C > 1.770$)样本均为阴性(表 3), 说明试纸条的特异性较好, 其他动物组织对其无干扰。

2.4 实际样品的测试

为进一步验证该方法的准确性和实际应用能力, 对购自市场的 23 批牛肉、羊肉等不含鸡肉组分的食品与 1 份质控样品(添加鸡肉量为 2%的牛肉)按上述方法进行检测; 同时参照实时荧光 PCR 法^[12]进行测试比较以验证试纸条的准确性, 各类食品各做 3 个重复, 均获得正常的扩增, 检测结果见表 4。结果表明, 胶体金免疫层析法与实时荧光 PCR 方法测定结果保持一致, 结果准确可靠。

表 3 特异性实验结果
Table 3 Test results of specificity

| 样本编号 | JR01 | JR02 | JR03 | JR04 | JR05 | JR06 | 羊 01 |
|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| T/C 值 | 0.007 | 0.026 | 0.013 | 0.012 | 0.010 | 0.012 | 1.734 |
| 结果 | + | + | + | + | + | + | - |
| 样本编号 | 羊 02 | 羊 03 | 羊 04 | 牛腩-01 | 牛腩-02 | 牛-01 | 牛-02 |
| T/C 值 | 2.207 | 1.937 | 2.104 | 1.910 | 1.915 | 1.927 | 1.874 |
| 结果 | - | - | - | - | - | - | - |
| 样本编号 | 牛-03 | 鸭 01 | 鸭 02 | 鸭 03 | Z01 | Z02 | Z02(永) |
| T/C 值 | 1.963 | 1.392 | 1.299 | 1.381 | 1.763 | 1.824 | 1.961 |
| 结果 | - | - | - | - | - | - | - |
| 样本编号 | Z02(华) | Z03 | Z03(永) | Z04 | Z04(永) | 鱼肉-01 | 鱼肉-02 |
| T/C 值 | 1.826 | 2.137 | 2.079 | 1.872 | 2.865 | 1.770 | 1.896 |
| 结果 | - | - | - | - | - | - | - |

注: -表示阴性结果; +表示为阳性结果。

表 4 23 批实际样品测试结果
Table 4 Test results of 23 batches of actual samples

| 序号 | 样品名 | 主成分 | 胶体金免疫层析法 | | 实时荧光 PCR 法 | |
|----|-------|-----|----------|------|------------------|-------|
| | | | T/C 比值 | 测试结果 | C _t 值 | 鸡源性成分 |
| 1 | 羔羊肉片 | 羊肉 | 3.066 | - | > 35 | - |
| 2 | 羊肉卷 | 羊肉 | 3.113 | - | > 35 | - |
| 3 | 羊肉串 | 羊肉 | 3.112 | - | > 35 | - |
| 4 | 牛肉串 | 牛肉 | 3.389 | - | > 35 | - |
| 5 | 乐怀猪肉串 | 猪肉 | 3.504 | - | > 35 | - |
| 6 | 牛串 | 牛肉 | 3.183 | - | > 35 | - |
| 7 | 羊肉串 | 羊肉 | 3.265 | - | > 35 | - |
| 8 | 肥牛肉片 | 牛肉 | 3.293 | - | > 35 | - |
| 9 | 羔羊肉片 | 羊肉 | 3.037 | - | > 35 | - |
| 10 | 黑椒牛排 | 牛肉 | 3.149 | - | > 35 | - |
| 11 | 际澳谷肥牛 | 牛肉 | 3.408 | - | > 35 | - |
| 12 | 牛柳 | 牛肉 | 3.248 | - | > 35 | - |
| 13 | 质控样 | 牛肉 | 0.182 | + | 23.36 | + |

表 4(续)

| 序号 | 样品名 | 主成分 | 胶体金免疫层析法 | | 实时荧光 PCR 法 | |
|----|---------|-----|----------|------|------------|-------|
| | | | T/C 比值 | 测试结果 | Ct 值 | 鸡源性成分 |
| 14 | 羊肉串 | 羊肉 | 3.280 | - | > 35 | - |
| 15 | 羔羊肉片 | 羊肉 | 3.260 | - | > 35 | - |
| 16 | 儿童牛排 | 牛肉 | 3.266 | - | > 35 | - |
| 17 | 柳羔羊肉片 | 羊肉 | 3.528 | - | > 35 | - |
| 18 | 原切羔羊肉卷 | 羊肉 | 3.482 | - | > 35 | - |
| 19 | 羔羊肉片 | 羊肉 | 3.650 | - | > 35 | - |
| 20 | 牛肉串 | 牛肉 | 3.247 | - | > 35 | - |
| 21 | 黑椒牛排 | 牛肉 | 3.116 | - | > 35 | - |
| 22 | 澳洲原切肥牛片 | 牛肉 | 3.435 | - | > 35 | - |
| 23 | 原味牛排 | 牛肉 | 3.324 | - | > 35 | - |
| 24 | 原味腿肉牛排 | 牛肉 | 3.242 | - | > 35 | - |

注: -表示阴性结果; +表示为阳性结果。

3 结论与讨论

目前关于肉类掺假免疫分析方法的报道, 有基于免疫学原理的酶联免疫吸附法, 如 CHEN 等^[13]以猪的热稳定鸡肉蛋白作为多抗识别的抗原, 对加热后的猪肉样品进行检测; DJURDJEVIC 等^[14]以鸡和火鸡的熟骨骼肌可溶性蛋白作为特异性抗原, 用于检测加热后哺乳动物肉中的鸡肉和火鸡肉。该方法是以动物组织中的特征蛋白为抗原来制备抗体, 容易受到加热及蛋白变性等因素的影响, 而且目前只有少数动物品种找到了耐热蛋白并制备出了抗体, 因此应用并不广泛。也有基于分子扩增原理的免疫层析方法, 如柳海滨等^[15]根据鸭特异性细胞色素 b 基因的特异性区域设计引物, 将环介导等温扩增技术与免疫层析试纸条相结合, 建立了检测羊肉及其制品中鸭源性成分的方法。该方法在前处理过程中需要先对样品进行 DNA 提取及扩增, 操作烦琐费时, 不利于现场样品检测。

胶体金免疫层析技术作为一种基于抗原抗体特异性反应和胶体金显色技术而达到检测目的的新型免疫标记技术^[16], 已在农兽药残留、致病菌及毒素检测方面得到了广泛应用。本研究以禽类特有的抗体 IgY^[17]为目标物与胶体金结合, 建立了牛羊肉中掺杂鸡肉的胶体金免疫层析检测方法, 牛羊肉中掺入鸡肉的检测限为 3%, 重复性较好, 特异性较强, 其他动物组织对其无干扰, 检测速度快, 从制样到得出结果仅需 15 min。该方法具有快速、准确、操作简单、成本低等优势, 且在实验过程中采用了将胶体金标记的抗体直接冻干在微孔试剂中, 使得金标抗体与待检样品充分接触、充分反应, 从而减少误差, 增加体系的反应

灵敏度; 同时使用胶体金分析仪进行结果判定, 避免了肉眼主观判断导致的假阴性、假阳性问题。

参考文献

- [1] 张德权, 惠腾, 王振宇. 我国肉品加工科技现状及趋势[J]. 肉类研究, 2020, 34(1): 1-8.
ZHANG DQ, HUI T, WANG ZY. Current situation and future trend of meat processing technology in China [J]. Meat Res, 2020, 34(1): 1-8.
- [2] 孙海新, 于鑫, 孙丕春, 等. 一种鉴别羊肉中掺杂鸭肉的方法. 中国: CN201610596514. 7 [P]. 2016-07-26.
SHUN HX, YU JX, SHUN PC, et al. A method for identification of mutton adulterated with duck meat. China: CN201610596514. 7 [P]. 2016-07-26.
- [3] 李婷婷, 张桂兰, 赵杰, 等. 肉及肉制品掺假鉴别技术研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2018, 9(2): 409-415.
LI TT, ZHANG GL, ZHAO J, et al. Research progress on identification techniques for meat and meat products adulteration [J]. J Food Saf Qual, 2018, 9(2): 409-415.
- [4] KREUZ G, ZAGON J, BROLL H, et al. Immunological detection of osteocalcin in meat and bone meal: a novel heat stable marker for the investigation of illegal feed adulteration [J]. Food Addit Contam, 2011, 29(5): 716-726.
- [5] 吴信法. 肉的假冒和肉制品掺杂的检验新技术——直接非竞争性 ELISA[J]. 肉品卫生, 2012, (4): 99.
WU XF. A new testing technology for counterfeit meat and adulteration of meat products—Direct noncompetitive ELISA [J]. Meat Hyg, 2012, (4): 99.
- [6] 张颖颖, 赵文涛, 李慧晨, 等. 液相色谱串联质谱对掺假牛肉的鉴别及定量研究[J]. 现代食品科技, 2017, 33(2): 230-237.
ZHANG YY, ZHAO WT, LI HC, et al. Identification and quantification of adulterated beef by liquid chromatography tandem mass spectrometry [J]. Mod Food Sci Technol, 2017, 33(2): 230-237.

- [7] GAO F, ZHOU SM, HAN LJ, *et al.* A novel FT-IR spectroscopic method based on lipid characteristics for qualitative and quantitative analysis of animal-derived feedstuff adulterated with ruminant ingredients [J]. *Food Chem*, 2017, (237): 342-349.
- [8] 孟一, 张玉华, 王家敏, 等. 基于近红外光谱技术快速识别不同动物源肉品[J]. *食品科学*, 2014, 35(6): 156-158.
MENG Y, ZHANG YH, WANG JM, *et al.* Rapid identification of meat of different animal origins based on near infrared spectroscopy [J]. *Food Sci*, 2014, 35(6): 156-158.
- [9] LI TT, JALBANI YM, ZHANG GL, *et al.* Detection of goat meat adulteration by real-time PCR based on a reference primer [J]. *Food Chem*, 2019, (277): 554-557.
- [10] TAFVIZI F, HASHEMZADEGAN M. Specific identification of chicken and soybean fraud in premium burgers using multiplex-PCR method [J]. *J Food Sci Technol*, 2016, 53(1): 816-823.
- [11] 许如苏, 刘中勇, 周广彪, 等. 用于肉制品中鸡源性成分掺假快速鉴别的 Taqman-LNA 荧光定量 PCR 方法及其引物和探针序列. 中国: CN201510114022. 5 [P]. 2015-03-16.
XU RS, LIU ZY, ZHOU GB, *et al.* Taqman-LNA fluorescence quantitative PCR method and primer and probe sequences for rapid identification of chicken adulteration in meat products. China: CN201510114022. 5 [P].
- [12] SB/T 10923—2012 肉及肉制品中动物源性成分的测定实时荧光 PCR 法[S].
SB/T 10923—2012 Identification of animal derived materials in meat and meat products Real-time PCR method [S].
- [13] CHEN FC, HSIEH YH. Detection of pork in heat-processed meat products by monoclonal antibody-based ELISA [J]. *J AOAC Int*, 2000, 83(1): 79-85.
- [14] DJURDJEVIC N, SHEU SC, HSIEH YHP. Quantitative detection of poultry in cooked meat products [J]. *J Food Sci*, 2005, 70(9): C586-C593.
- [15] 柳海宾, 张海鑫, 宋腾飞, 等. 环介导等温扩增结合免疫层析试纸条快速检测羊肉及其制品中的鸭源成分[J]. *食品工业科技*, 2020, 41(16): 238-242, 251.
LIU HB, ZHANG HX, SONG TF, *et al.* Rapid detection of duck derived components in mutton and mutton products by loop mediated isothermal amplification combined with immunochromatographic test strip [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2020, 41(16): 238-242, 251.
- [16] 王帅星. 羊乳中牛乳掺假的胶体金免疫层析试纸条检测研究[D]. 咸阳: 西北农林科技大学, 2016.
WANG SX. Study on colloidal gold immunochromatographic strip detection of adulterated milk from sheep [D]. Xianyang: Northwest Agriculture & Forestry University, 2016.
- [17] 杨利国, 胡少昶, 魏平华, 等. 酶免疫测定技术[M]. 南京: 南京大学出版社, 1998.
YANG LG, HU SH, WEI PH, *et al.* Enzyme immunoassay technique [M]. Nanjing: Nanjing University Press: 1998.

(责任编辑: 王 欣)

作者简介



刘正才, 硕士, 研究员, 主要研究方向为农兽药残留检测分析。
E-mail: 54369174@qq.com



吴小胜, 高级工程师, 主要研究方向为食品安全检测。
E-mail: wuxiaosheng@kwinbon.com