

# 胶体金免疫层析技术快速检测沙丁胺醇残留

吴巧丽<sup>1</sup>, 叶春生<sup>2</sup>

(1. 浙江省质量检测科学研究院, 浙江杭州 310013) (2. 杭州博拓生物技术有限公司, 浙江杭州 311121)

**摘要:** 建立胶体金免疫层析检测法, 用于动物组织或饲料样品中沙丁胺醇残留的快速检测。采用胶体金免疫竞争法, 将兔抗沙丁胺醇多克隆抗体-胶体金标记物包被在胶体金聚酯结合垫上, 并将沙丁胺醇-BSA 抗原包被在硝酸纤维素膜上作为检测线, 与待测试样中的沙丁胺醇竞争结合胶体金标记的兔抗沙丁胺醇多克隆抗体, 从而判断试样中是否有沙丁胺醇存在。本文优化了检测试剂, 可检测出猪肉等组织和饲料试样中沙丁胺醇的低限浓度为 2 ng/mL, 与盐酸克伦特罗的交叉反应率为 2.67%, 且试验在 3 min 内完成, 肉眼可判断结果。本检测方法检测沙丁胺醇, 灵敏度高, 特异性好, 可用于现场的快速检测和筛查。

**关键词:** 沙丁胺醇; 免疫层析; 快速检测; 胶体金; 竞争法

文章编号: 1673-9078(2012)11-1595-1599

## Colloidal Gold Immunochromatographic Assay for Residual Salbutamol

WU Qiao-li<sup>1</sup>, YE Chun-sheng<sup>2</sup>

(1.Zhejiang Provincial Quality Inspection Institute of Science, Hangzhou 310013, China)

(2.Hangzhou Biotest Biotech Co., Ltd, Hangzhou 311121, China)

**Abstract:** Colloidal gold immunochromatography assay can rapidly test residual salbutamol in meat and animal feed. An anti-salbutamol antibody is conjugated to colloidal gold and placed on conjugate pad. Salbutamol-BSA antigen is coated on nitrocellulose membrane as test line (T line). Colloidal gold provides color to visualize antibody-antigen binding. If there is Salbutamol in the sample, it will bind gold-antibody conjugate and prevent its binding onto the Salbutamol-BSA antigen in the test line(T line) on membrane. As result, no color will be visible on test line on membrane. Otherwise, anti-salbutamol antibody conjugated to colloidal gold will bind the Salbutamol-BSA antigen leading to red color on test line. The color of test line indicates positive or negative result. With optimized reagents, the lowest limit of detection is 2ng/ml. The cross reaction with Clenbuterol is 2.67%. Results show in 3 minutes and are visible to naked eyes. This method provides a sensitive and specific detection approach for the presence of salbutamol in meat and animal feed on site.

**Key words:** salbutamol; immunochromatographic assay; rapid test; colloidal gold; competition method

沙丁胺醇 (Salbutamol, SAL), 是一种人工合成的肾上  $\beta$  受体选择性激动剂, 可加速动物生长, 改善脂肪型动物的肉与脂肪的比例, 被用作盐酸克伦特罗 (Clenbuterol, 俗称: 瘦肉精) 的替代品, 添加于动物饲料中。沙丁胺醇会残留在动物的体内, 对人体具有与盐酸克伦特罗类似的严重副作用, 人食用含沙丁胺醇较高的动物组织后会出现肌肉颤动、肌痛、头痛, 甚至恶心、呕吐等中毒症状<sup>[1]</sup>。为了加强对沙丁胺醇使用的监控和管理, 目前世界上许多国家 (包括中国) 已明令禁止使用沙丁胺醇作为饲料添加剂, 并研究建立饲料和家畜尿、血、肝等中沙丁胺醇的检测方法, 主要有物理化学法和免疫化学法。物理化学法主要有 HPLC、GC-MS 或 HPLC-MS-MS 等, 免疫化学法涉及酶联免疫分析法 (ELISA)、胶体金免疫分析法和放

收稿日期: 2012-07-11

作者简介: 吴巧丽 (1975-), 女, 硕士学位, 主要从事食品及相关产品安全与检测研究; 叶春生 (1976-), 男, 本科, 主要从事生物医药研究

射免疫分析法 (RIA) 等。

沙丁胺醇检测的确证方法主要是采用 HPLC 和 GC-MS 或 HPLC-MS-MS<sup>[2-5]</sup>, 但这些方法的样品前处理比较繁琐费时, 成本较高, 且需要专门训练的专业人员来操作复杂的仪器设备。酶联免疫分析法 (ELISA) 是常用的免疫分析技术之一, 具有灵敏、特异、快速, 一次能检测大量样品, 已成为当今农产品中有害物质检测技术的主要发展方向之一, 但也需要酶标仪等部分实验室设备, 分析费时一般为 1~4 h, 仍达不到现场快速检测和排查的需要<sup>[6-7]</sup>。因此, 有必要研究更加快速简便的沙丁胺醇检测方法, 适用于屠宰场等加工企业原辅料验收, 成品分析以及养殖场的现场检测等。免疫胶体金快速检测试剂使用方便, 被广泛用于小分子物质的检测, 目前已开发出用于氯霉素、磺胺嘧啶类等农药、兽药残留检测的检测试剂<sup>[8]</sup>。本文开发胶体金免疫层析法, 实现沙丁胺醇的快速检测, 具备灵敏度高、操作简便等特点, 便于现场

的快速检测。

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 实验材料和主要设备

沙丁胺醇标准品购自德国 Dr.Ehrenstorfer 公司, 氯金酸 ( $\text{HAuCl}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ )、柠檬酸三钠、碳酸钾和聚乙二醇 20000 均购自 Sigma 公司, 牛血清白蛋白 (BSA) 购自上海普龙公司, 兔抗沙丁胺醇多克隆抗体 (PcAb) 和沙丁胺醇-BSA 结合抗原 (简称 SAL-BSA) 购自深圳菲鹏生物技术有限公司; 羊抗兔 IgG 购自美国 Arista 公司; 沙丁胺醇快速 ELISA 试剂盒购自杭州迪恩科技有限公司; 硝酸纤维素膜 (NC membrane) 由伊能膜业有限公司提供; 胶体金聚酯结合垫和玻璃纤维样品垫均购自 Ahlstrom 公司; 吸收垫购自杭州新华纸业有限公司。

点膜仪 (HGS101-2)、喷金仪 (HGS501) 和切割机 (HGS201) 均购自杭州峰航科技有限公司; 高速冷冻离心机 (GL-21R) 购自上海知正离心机有限公司; 紫外分光光度计 (UV6000) 购自上海元析公司。

### 1.2 胶体金的制备及兔抗沙丁胺醇多克隆抗体的胶体金标记

在 100 mL 去离子水中加入体积分数为 1% 的柠檬酸三钠 1 mL, 煮沸后迅速加入体积分数为 1% 氯金酸 4 mL, 继续煮沸 5 分钟, 冷却后, 2~8 °C 下保存备用。胶体金颗粒的平均粒径为 40 nm。

取胶体金溶液 100 mL, 用 0.1 mol/L 的碳酸钾溶液调节 pH 值到  $8.0 \pm 0.1$ ; 边搅拌边加入兔抗沙丁胺醇多克隆抗体 1.0 mg, 搅拌 20 min, 然后再逐滴加入 1.5 mL 的 30 mg/mL 聚乙二醇 20000 (PEG2000), 继续搅拌 15 min。12000 r/min 离心 15 min, 弃去上清液, 加入 10 mL 含 1.0% BSA pH 7.4 的 0.1 M 磷酸盐缓冲液清洗 2 次。收集沉淀用 1 mL pH 8.0 的 Tris-BSA 缓冲溶液溶解, 用 0.45  $\mu\text{m}$  过滤器过滤, 测定 520 nm 波长下的吸光度, 2~8 °C 下保存备用。

### 1.3 样品制备

#### 1.3.1 标准品储备液及工作液

1 mg/mL 沙丁胺醇储备液: 准确称取沙丁胺醇标准品 0.050 g, 置于 50 mL 棕色容量瓶中, 用甲醇溶解并定容至刻度, 与 -20 °C 以下保存。

10  $\mu\text{g}/\text{mL}$  沙丁胺醇工作液: 取 1 mg/mL 沙丁胺醇储备液 100  $\mu\text{L}$  于 10 mL 棕色容量瓶中, 用去离子水定容至刻度, 临用前配制。

100  $\mu\text{g}/\text{L}$  沙丁胺醇工作液: 取 10  $\mu\text{g}/\text{mL}$  沙丁胺醇工作液 100 于 10 mL 棕色容量瓶中, 用去离子水定容至刻度, 临用前配制。

#### 1.3.2 饲料样品前处理

称取 2 g 饲料加入 10 mL 纯水中, 强力搅拌约 1 min, 3000 rpm 转速离心 5 分钟, 取上清液备用。

#### 1.3.3 肉品类样品前处理

将 5 g 新鲜肉品去脂肪、减碎, 留取肌肉组织, 于均质机中均质 1 min。加入约 15 mL 纯水, 强力搅拌约 1 min, 3000 r/min 离心 5 min, 取上清液备用。

先用上述样品做阴性试验, 加入不同浓度的沙丁胺醇标准样品, 以配制不同浓度梯度的阳性样品, 再做阳性试验。

### 1.4 胶体金免疫层析法的检测原理

本文检测采用竞争抑制免疫层析法。其原理为: 利用胶体金标记沙丁胺醇多克隆抗体, 用沙丁胺醇-BSA 偶联物和羊抗兔 IgG 包被硝酸纤维素膜, 形成检测线 (T) 和控制线 (C), 用于快速检测样本中残留的沙丁胺醇。样本中若含有沙丁胺醇, 在层析移动过程中与胶体金标记的沙丁胺醇多克隆抗体结合, 从而抑制了此胶体金抗体与硝酸纤维素膜上包被的沙丁胺醇-BSA 偶联物的结合, 结果 T 线不显色为阳性结果; 反之若样本中不含沙丁胺醇, 在层析移动过程中, 则无样本中沙丁胺醇与胶体金标记的沙丁胺醇多克隆抗体结合物形成, 当胶体金抗体标记物经层析作用继续到达硝酸纤维素膜上包被有沙丁胺醇-BSA 偶联物的检测区域时, 与其结合形成沙丁胺醇-BSA 与胶体金标记的沙丁胺醇多克隆抗体结合物, 从而 T 线显色为阴性结果。

### 1.5 检测试剂卡制备

将沙丁胺醇-BSA 结合物抗原、羊抗兔 IgG 用点膜仪分别包被于硝酸纤维素膜的检测区 (T) 和控制区 (C) 上, 在 45 °C 烘箱中充分干燥 (12 h), 使硝酸纤维素膜牢固地吸附原料。

将制备好的胶体金-兔抗沙丁胺醇抗体标记物用喷金仪喷点在胶体金聚酯结合垫上, 在 37 °C 烘箱中充分干燥 (12 h)。

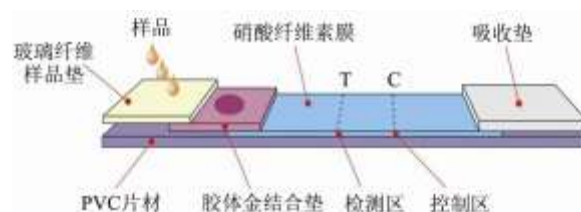


图 1 检测试剂内部结构示意图

Fig.1 Internal Structure Diagram of Test Device

将玻璃纤维样品垫、胶体金聚酯结合垫、硝酸纤维素膜和吸收垫复合在 PVC 塑料薄板上 (如图 1)。将复合好的塑料薄板置于切割机上, 切割成 3.5mm 宽的单份试纸, 将单份试纸装入配套使用的塑料盒内,

然后将塑料盒、干燥剂放入铝箔包装袋内，封口，密闭储存备用。

### 1.6 检测方法

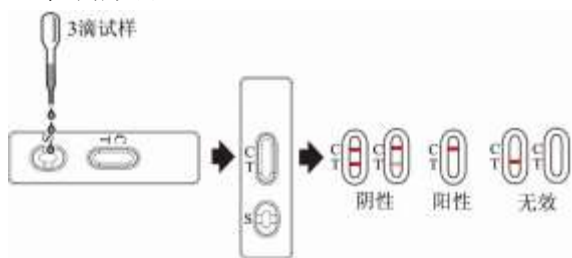


图2 检测试剂加样示意图

Fig.2 Illustration of directions for use for the test device

取出检测试纸卡，将试剂卡置于干净平坦的台面上，做好样本编号标识，用吸管吸取待检样本，垂直滴加3滴(约120 μL)样本于加样孔。加样后等待3 min 读取结果，判断阴性和阳性(见图2)，10 min 以后结果无效。阴性结果(-)：检测线(T线)和控制线(C线)都显色，表示样品中沙丁胺醇含量低于检测限2 ng/mL。阳性结果(+)：检测线(T线)无显色，控制线(C线)显色，表示样品中沙丁胺醇含量等于或高于检测限2 ng/mL。无效结果：未出现控制线(C线)，表明不正确的操作过程或检测试剂已变质失效。打开后的试纸卡在一个小时内尽快使用。

## 2 结果和讨论

### 2.1 检测试剂的优化

为了达到合适的灵敏度和特异性要求，将不同浓度的沙丁胺醇-BSA结合物，羊抗兔IgG和不同OD<sub>520</sub>值的沙丁胺醇多克隆抗体-胶体金标记物分别包被在

硝酸纤维素膜和胶体金聚酯结合垫上，进行反复配对优化。优化结果如下：沙丁胺醇多克隆抗体-胶体金标记物的OD<sub>520</sub>值为20，喷量2.5 μL/cm(见表1)；沙丁胺醇-BSA结合物作为检测线的用量为0.8 mg/mL，喷量1.0 μL/cm(见表2)；羊抗兔IgG作为控制线的用量为1.2 mg/mL，喷量1.0 μL/cm(见表3)。

表1 沙丁胺醇多克隆抗体-胶体金标记物使用浓度筛选

Table 1 Optimization of the used conc. of colloidal gold-Polyclonal anti Sabutamol antibody

金标使用浓度	样本			
	阴性样本	3ng/mL	2ng/mL	1ng/mL
OD10×2.5μL/cm	4-,1+	3+	1-,2+	3-
OD20×2.5μL/cm	5-	3+	1-,2+	3-
OD25×2.5μL/cm	5-	3+	3+	3-
OD30×2.5μL/cm	5-	3+	1-,2+	3-
OD40×2.5μL/cm	5-	3+	2-,1+	3-

注：“-”表示阴性结果；“+”表示阳性结果

表2 硝酸纤维素膜检测线上沙丁胺醇-BSA包被浓度筛选

Table 2 Optimization of the coated concentration of Salbutamol-BSA for test line on cellulose nitrate membrane

检测线浓度	样本			
	阴性样本	3ng/mL	2ng/mL	1ng/mL
0.3mg/mL×1.0μL/cm	4-,1+	1-,2+	1-,2+	3-
0.6mg/mL×1.0μL/cm	5-	3+	1-,2+	3-
0.8mg/mL×1.0μL/cm	5-	3+	3+	3-
1.0mg/mL×1.0μL/cm	5-	3+	2-,1+	3-
1.5mg/mL×1.0μL/cm	5-	2+,1-	3-	3-

注：“-”表示阴性结果；“+”表示阳性结果。

表3 硝酸纤维素膜控制线上羊抗兔IgG包被浓度筛选

Table 3 Optimization of the coated concentration of goat anti-rabbit IgG for control line on cellulose nitrate membrane

控制线浓度	样本			
	阴性样本	3ng/mL	2ng/mL	1ng/mL
0.5mg/mL×1.0μL/cm	C线显色弱	C线显色弱	C线显色弱	C线显色弱
0.8mg/mL×1.0μL/cm	C线显色较弱	C线显色较弱	C线显色较弱	C线显色较弱
1.0mg/mL×1.0μL/cm	C线显色清晰,强度适中	C显色清晰,强度适中	C显色清晰,强度适中	C显色清晰,强度适中
1.2mg/mL×1.0μL/cm	C线显色强	C线显色强	C线显色强	C线显色强
1.5mg/mL×1.0μL/cm	C线显色太强	C线显色太强	C线显色太强	C线显色太强

考察了样品垫的处理液pH(pH 6~11)对检测灵敏度的影响,发现pH 9.0时的检测效果最佳(见表4)。

检测线配方中加入各种不同配比的溶液做封闭试验(表5),发现当使用3%的5mg/mL PEG+3mg/mL Tween-20溶液封闭时,可显著提高灵敏度,而又不影响其特异性。

在对不同孔径(5 μm、8 μm、12 μm)的硝酸纤维素膜进行比较试验(见表6),发现采用8 μm孔径

的硝酸纤维素膜制成的检测试剂灵敏度和特异性表现最佳。

另外,在实验中发现,在制备好的胶体金-沙丁胺醇多克隆抗体标记物中加入不同浓度的蔗糖和海藻糖,会对其释放能力和产品稳定性产生影响。当海藻糖加入量为100 mg/mL,而蔗糖加入量为50 mg/mL时,胶体金结合垫上标记物的释放快。此外,检测试剂的45 °C和55 °C加速稳定性试验的检测表现最佳。



表4 样品垫处理液最适 pH 值筛选

**Table 4 Optimization of the pH value for the sample pad solution**

样本	pH							
	6.0	7.0	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	11.0
阴性样本	4-,1+	4-,1+	4-,1+	4-,1+	5-	5-	4-,1+	4-,1+
3ng/mL	3+	3+	3+	3+	3+	3+	2+,1-	2+,1-
2ng/mL	1+,2-	1+,2-	2+,1-	3+	3+	2+,1-	2+,1-	2+,1-
1ng/mL	3-	3-	3-	3-	3-	3-	3-	3-

注：“-”表示阴性结果；“+”表示阳性结果。

表5 检测线中封闭液筛选

**Table 5 Optimization of the blocking solution for the test line**

封闭液	封闭液浓度/%	样本			
		阴性样本	3ng/mL	2ng/mL	1ng/mL
无	0	5	3+	2+,1-	3-
5mg/mL PEG + 3mg/mL Tween-20	1	5	3+	2+,1-	3-
	3	5-	3+	3+	3-
	5	4-,1+	3+	2+,1-	3-
10% BSA	10	3-,2+	3+	2+,1-	3-
	1	4-,1+	3+	2+,1-	3-
	3	4-,1+	3+	2+,1-	3-
0.1M 磷酸缓冲液	5	4-,1+	3+	2+,1-	3-
	10	3-,2+	3+	2+,1-	3-
	1	4-,1+	3+	2+,1-	3-
3mg/mL PVA + 3mg/mL Triton X305	3	4-,1+	3+	2+,1-	3-
	5	3-,2+	3+	2+,1-	3-
	10	3-,2+	3+	2+,1-	3-

注：“-”表示阴性结果；“+”表示阳性结果。

2.2 灵敏度分析

结果发现磺胺嘧啶、磺胺甲基嘧啶、磺胺二甲嘧啶、磺胺甲噁唑、青霉素钠、氨苄青霉素、硫酸链霉素、硫酸庆大霉素、氯霉素、四环素、土霉素、呋喃唑酮、恩诺沙星、环丙沙星等常用抗菌药物在浓度为 100 μg/mL 时仍显示阴性反应；莱克多巴胺、齐帕特罗、西马特罗、特布他林在浓度为 100 ng/mL 时显示阴性反应。盐酸克伦特罗在浓度高于或等于 75 ng/mL 时显示阳性反应，不过与盐酸克伦特罗的交叉反应率小于 5%，为 2.67%。以上结果表明，本检测试剂对沙丁胺醇的定性检测具有较高的特异性。

2.4 批内精密度分析

将沙丁胺醇标准品配置成不同浓度的分析试样溶液 (0、0.5、1.0、2.0、3.0、5.0、7.5 ng/mL)，用以上制备的检测试剂进行测试，每个试样重复 3 份，3~10 分钟观察结果，其检测线显色强度呈梯度递减。

表6 硝酸纤维素膜的孔径筛选

**Table 6 Comparison of cellulose nitrate membrane with different pore sizes**

硝酸纤维素膜	样本			
	阴性样本	3ng/mL	2ng/mL	1ng/mL
5μm	5-	3+	2+,1-	3-
8μm	5-	3+	3+	3-
12μm	4-,1+	3+	3+	3-

注：“-”表示阴性结果；“+”表示阳性结果。

由表 7 可知，本检测试剂的沙丁胺醇最低检测限为 2 ng/mL，当试样中沙丁胺醇的含量等于或高于 2.0 ng/mL 时，检测线不显色，为阳性结果；当试样中沙丁胺醇的含量低于 2.0 ng/mL 时，检测线显色，为阴性结果。由于本检测试剂主要用于现场大规模筛查时的定性检测，该灵敏度可满足现场的筛选需要。若需确切的定量结果，则需要 HPLC、GC-MS 等方法的进一步检测。

2.3 特异性分析

考察本文检测方法对盐酸克伦特罗、莱克多巴胺、齐帕特罗、西马特罗、特布他林、磺胺嘧啶、磺胺甲基嘧啶、磺胺二甲嘧啶、磺胺甲噁唑、青霉素钠、氨苄青霉素、硫酸链霉素、硫酸庆大霉素、氯霉素、四环素、土霉素、呋喃唑酮、恩诺沙星、环丙沙星的特异性。

表7 检测限统计数据

**Table 7 Statistical data of the detection limits**

标准品浓度	0ng/mL	0.5ng/mL	1.0ng/mL	2.0ng/mL	3.0ng/mL	5.0ng/mL	7.5ng/mL
检测结果	3*阴性	3*阴性	3*阴性	3*阳性	3*阳性	3*阳性	3*阳性

表8 同批次检测的精密度分析结果

**Table 8 Results of precision for intra-assay**

Lot1 样本	检测结果	
	阴性	阳性
0ng/mL	20-	0
0.5ng/mL	20-	0
1.0ng/mL	20-	0
2.0ng/mL	0	20+
3.0ng/mL	0	20+
5.0ng/mL	0	20+
7.5ng/mL	0	20+

注：“-”表示阴性结果；“+”表示阳性结果。

用同一批次的检测试剂检测 20 份不同样品, 结果如表 8。可见该检测试剂不存在批内不精密现象。

### 2.5 批间精密度的分析

用不同批次的检测试剂检测相同样品, 结果见表 9。可见该检测试剂不存在批间不精密现象。

表 9 批间精密度检测分析结果

Table 9 Results of precision for inter-assay

样本	检测试剂		
	Lot1	Lot2	Lot3
0ng/mL	20-	20-	20-
0.5ng/mL	20-	20-	20-
1.0ng/mL	20-	20-	20-
2.0ng/mL	20+	20+	20+
3.0ng/mL	20+	20+	20+
5.0ng/mL	20+	20+	20+
7.5ng/mL	20+	20+	20+

注：“-”表示阴性结果；“+”表示阳性结果。

### 2.6 临床试验

采用该检测试剂对含不同浓度沙丁胺醇残留的猪肉和饲料提取液试样进行检测, 并与 ELISA 试剂的检测结果比较, 共检测 100 份样本, 包括 60 猪肉(阳性 5 份, 阴性 55 份)和 40 份饲料(6 份阳性, 34 份阴性)。采用四格表形式记录分析, 进行统计学分析。

表 10 评价诊断试验的四格表

Table 10 Fourfold table for evaluating diagnostic test

	对照试剂		合计	
	阳性	阴性		
检测试剂	阳性	a	b	r <sub>1</sub>
	阴性	c	d	r <sub>2</sub>
合计	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	N	

$$\text{阳性符合率} = [a/(a+c)] \times 100\%$$

$$\text{阴性符合率} = [d/(b+d)] \times 100\%$$

$$\text{总符合率} = [(a+d)/(a+b+c+d)] \times 100\%$$

对结果进行 Kappa 一致性检验, Kappa 值在 0~1 之间, 越接近 1 说明两种试剂检测结果的一致性越好, 一般 Kappa 值大于 0.75 即可认为具有一致性。

$$Kappa = \frac{N(a+d) - (\gamma_1 C_1 + \gamma_2 C_2)}{N^2 - (\gamma_1 C_1 + \gamma_2 C_2)}$$

对于 ELISA 检验, 阳性符合率 = 11/11 × 100% = >99.9% (95% 置信区间: 76.2%~100%)

阴性符合率 = 89/89 × 100% = >99.9% (95% 置信区间: 96.7%~100%)

总符合率 = (11+89) / (11+89) × 100% = >99.9% (95% 置信区间: 97.0%~100%)

由表 11 可见, 检测试剂与 ELISA 的阳性符合率 >99.9%, 阴性符合率 >99.9%, 总符合率 >99.9%, Kappa 值达到 1。表明两者具有高度的一致性。

表 11 临床比较试验结果

Table 11 Clinical test results

	ELISA		总结果	
	阳性	阴性		
本文方法	阳性	11	0	11
	阴性	0	89	89
总结果	11	89	100	
符合率	>99.9%	>99.9%	>99.9%	

### 3 结论

胶体金免疫层析技术是近年发展起来的一种免疫学快速检测方法, 胶体金标记技术与免疫斑点技术相结合。该方法与酶联免疫分析技术相比, 具有相似的灵敏度和特异性, 且不需要特殊仪器, 操作简单方便, 3 分钟便可判读结果。本文建立的沙丁胺醇快速检测方法, 适用面宽, 能满足食品安全需要, 可用于屠宰企业及政府检测机构现场快速筛查检测沙丁胺醇残留。由于实际样品来源有限, 特别是临床阳性标本来源有限, 该检测试剂的各种参数, 尚需扩大样品范围与数量做进一步的验证。

### 参考文献

- [1] 栗艳.“瘦肉精”的危害及防治[J].中国畜牧兽医文摘,2011, 27(4):175
- [2] GB/T 22147-2008 饲料中沙丁胺醇、莱克多巴胺和盐酸克仑特罗的测定
- [3] 农业部 1025 号公告-11-2008 猪尿中 β-受体激动剂多残留检测液相色谱-串联质谱法
- [4] NY/T 1030-2006 饲料中沙丁胺醇的测定
- [5] SN/T 1924-2007 进出口动物源性食品中克仑特罗、莱克多巴胺、沙丁胺醇、特布他林残留量的检测方法
- [6] 王风侠,张艳,何金兴.莱克多巴胺抗体的制备与评价[J].现代食品科技,2007,23(9):1-4
- [7] 陈长木.“瘦肉精”免疫胶体金试纸条的结构原理和使用注意事项,1672-9692(2011)09-0050-2[R].沈阳:辽宁省动物卫生监督所,2011.
- [8] 王雪霞,刘晓云,彭运平.莱克多巴胺残留检测方法及其进展[J].现代食品科技,2010,26(9):1009-1012