

## 获奖课题简介

## 动物性食品中药物残留及化学污染物检测关键技术与试剂盒产业化

沈建忠<sup>1</sup> 吴永宁<sup>2</sup> 何方洋<sup>3</sup> 丁双阳<sup>1</sup> 李敬光<sup>2</sup>  
江海洋<sup>1</sup> 苗虹<sup>2</sup> 肖希龙<sup>1</sup> 张素霞<sup>1</sup> 万宇平<sup>3</sup>

(1. 中国农业大学,北京 100094; 2. 中国疾病预防控制中心营养与食品安全所,北京 100050;  
3. 北京望尔生物技术有限公司,北京 100094)

**关键词:**食品;肉;药物残留物;食品污染;化学性;组合化学技术

随着全球经济一体化和食品贸易国际化,食品安全已成为一个世界性的挑战和全球重要的公共卫生问题。其中动物性食品安全是全世界关注的焦点,而药物残留和化学物污染是影响动物性食品安全的最主要因素之一,直接影响人类的健康和动物性产品进出口贸易。如我国近3年来,兴奋剂(克伦特罗等)残留已造成2万余人中毒;2002年北京地区牛奶抽样检测链霉素等抗生素残留阳性检出率达30%;近3年出口水产品氯霉素残留事件造成近15亿元的损失;比利时的“二噁英”事件。因检测技术落后,我国食品中二噁英、多氯联苯、氯丙醇等污染物的情况尚不清楚。为此,对动物性食品中药物残留和化学污染物进行有效监控以保障人类健康和减少贸易争端成为了当务之急。

美国、欧盟等发达国家有关药物残留和化学污染物监控的检测方法标准体系比较成熟,相关实验室已拥有了痕量或超痕量检测技术。我国由于开展这方面的工作比较晚,技术手段落后,尤其是适合于动物性食品中药物残留大批量快速检测试剂盒产品和痕量/超痕量的检测技术及其检测方法标准十分缺乏。我国又是一个动物性产品生产大国,养殖业中兽药、添加剂的滥用和违禁药物的使用以及化学物污染问题比较突出,由此导致的动物性食品中药物残留和化学物污染对公众健康的潜在危害仍比较严重。因此,立项开展动物性食品中药物残留和化学污染物检测技术研究,尤其是研制能同时处理测定大批量样品的快速、灵敏、方便且易产业化的检测试剂盒产品和研究建立与国际先进水平接轨的痕量

/超痕量检测技术参加检测方法国际比对试验,获得国际权威机构认可非常重要和迫切。

### 1 总体思路

针对保障食品安全国家重大需求和我国检测技术落后,尤其是快速检测技术及其检测产品缺乏的状况,通过药物分子结构改造,采用单克隆抗体技术制备药物抗体,尤其是多残留快速检测的高亲和力抗体,突破检测试剂盒中核心试剂配伍与工艺的关键技术,研发具有自主知识产权的残留快速检测试剂盒;以免疫亲和色谱分离纯化技术和稳定性同位素稀释质谱等国际上前沿的分析技术为基础,研究发展与国际接轨的药物残留和化学污染物检测新技术;利用国际公认参考物质通过实验室间的方法验证和分析质量保证考核,完成实验室间的协同性验证,提出一批用于动物性食品中药物残留和化学污染物检测的国家标准或行业标准,报国家管理部门审批发布,以解决当前国家药物残留检测技术方法标准匮乏问题。与此同时,二噁英超痕量分析技术参加WHO认可的国际AQA考核,使我国提交的二噁英、多氯联苯和氯丙醇数据得到全球环境监测规划/食品部分(GEMS/Food)的承认,纳入制定国际标准用的监测数据库,并被WHO/FAO食品添加剂联合专家委员会(JECFA)和食品添加剂与污染物法典委员会(CCFAC)采用,参与国际标准制定以保障我国的食品安全和人体健康,同时也维护我国利益。

### 2 技术方案及结果

#### 2.1 动物性食品中重要药物残留快速检测技术及相关试剂盒的研制

2.1.1 通过结构改造和基团修饰制备马杜霉素等药物半抗原 通过对马杜霉素、氯霉素、阿维菌素类药物分子进行结构改造、基团修饰(如构建分子间隔臂等),得到相应的半抗原。如在马杜霉素分子的羧基上连接6个碳的间隔臂;将阿维菌素碳5位羟

基金项目:国家“十五”科技攻关项目“兽医安全评价与残留检测技术研究”(2002BA514A14,2002BA514A22);国家重大科技专项“二噁英、多氯联苯和氯丙醇痕量与超痕量检测技术”(2001BA804A13);国家重大科技专项“食品安全关键技术”(2001BA804A19,2001BA804A45)。

通讯作者:吴永宁 男 研究员 博士生导师  
沈建忠 男 教授 博士生导师

基(C5 - OH)加以保护,将碳4位上的羟基(C4 - OH)琥珀酰化,脱去保护基,获得阿维菌素类药物的半抗原;将玉米赤霉醇琥珀酰化得到玉米赤霉醇 - 7 - 半琥珀酸酯;将环丙沙星分子末端亚胺基用丁二酸酐酰化,连接一个含4个碳的间隔臂,突出氟喹酮类药物的半抗原决定簇的特征结构,合成氟喹酮类药物半抗原,这样制备出的抗体对氟喹酮类药物均具有很高的识别能力;将磺胺类药物的母核乙酰氨基苯磺酰氯和对氨基苯甲酸甲酯反应,使得磺胺类药物母核连接上一个含苯环的间隔臂,这样合成的磺胺类半抗原突出了磺胺类药物分子结构中的特征基团对氨基苯磺酰基。制备的磺胺类药物母核抗体对磺胺类药物均有很高的识别能力;运用卤代反应用氯乙酸钠把莱克多巴胺分子结构上的羟基取代,成为含有2个碳的羧基间隔臂,制备成莱克多巴胺的半抗原;将磺胺喹恶啉和对羧基苯甲醛合成磺胺喹恶啉半抗原,给磺胺喹恶啉接出了一个含苯环的间隔臂,这样突出了磺胺喹恶啉分子结构中的特征基团喹恶啉,可以制备出高效价的磺胺喹恶啉抗体并且对磺胺喹恶啉的特异性很好。

2.1.2 免疫抗原和包被抗原的制备和鉴定 采用活化酯法、混合酸酐法和碳化二亚胺法等方法,将药物半抗原与载体蛋白(牛血清白蛋白、卵清白蛋白和血蓝蛋白)偶联,制备出相应的免疫抗原和包被抗原。用紫外分光光度法和十二烷基磺酸钠(SDS)聚丙烯酰胺凝胶电泳法等测定半抗原 - 载体蛋白结合比,结合比在5~30之间,可取得较好的免疫效果。

2.1.3 高亲和力药物抗体的制备 用上述制备出的10种免疫抗原免疫小鼠,再进行细胞融合和克隆化,采用小鼠体内诱生法制备出氯霉素、氟喹酮类、克伦特罗、玉米赤霉醇、磺胺二甲嘧啶、恩诺沙星、链霉素、莱克多巴胺、磺胺喹恶啉、磺胺类的单克隆抗体,亲和常数分别为 $1.9 \times 10^{10} \text{ M}^{-1}$ 、 $1.74 \times 10^{10} \text{ M}^{-1}$ 、 $1.9 \times 10^{10} \text{ M}^{-1}$ 、 $1.9 \times 10^{10} \text{ M}^{-1}$ 、 $2.5 \times 10^{10} \text{ M}^{-1}$ 、 $2.0 \times 10^9 \text{ M}^{-1}$ 、 $1.8 \times 10^{10} \text{ M}^{-1}$ 、 $1.9 \times 10^{10} \text{ M}^{-1}$ 、 $1.9 \times 10^{10} \text{ M}^{-1}$ 、 $1.74 \times 10^{10} \text{ M}^{-1}$ 、 $1.79 \times 10^{10} \text{ M}^{-1}$ ,证明抗体亲和力和均质性好。用马杜霉素和阿维菌素类免疫抗原免疫家兔制备出相应的多克隆抗体。对上述12种抗体进行特异性检测,证明氯霉素、磺胺二甲嘧啶、恩诺沙星、链霉素、莱克多巴胺、磺胺喹恶啉、马杜霉素等7种药物抗体只分别对药物本身及其盐和酯呈现完全的交叉反应;氟喹酮类、克伦特罗等5种抗体分别对同类的多个药物呈现明显的交叉反应,适合于多残留的快速检测。这是本项目的创新之处。

2.1.4 动物性食品中药物残留快速检测技术的建

立 利用上述已获得的12种抗体,通过间接竞争ELISA反应条件的优化(各种稀释液的pH值和离子强度、抗原抗体的反应时间、显色液的配比等)及动物组织样品的提取、分离技术,建立氯霉素、氟喹酮类等12种药物在动物性食品中残留检测的ELISA方法。其灵敏度、准确度、精密度等技术参数均达到了国际上残留检测的要求。起草了12种检测方法标准,并进行2~3个实验室间的验证试验,形成了11个国家标准或行业标准文本。

2.1.5 动物性食品中药物残留快速检测ELISA试剂盒中试及产业化 建立在上述ELISA的基础上,根据中试生产的要求,进一步对包被液、抗体液、酶标抗体液、底物显色液的主要成分配比及抗氧化剂、防腐剂和稳定剂进行筛选和优化,确定了试剂盒生产的最佳配方和工艺,保证试剂盒产品的性能和稳定性,具有明显的创新性。这些是药物小分子残留检测ELISA试剂盒研发的核心技术,以前一直被国外所垄断,现已被本项目组突破。起草了11个试剂盒质量标准 and 操作规程,分别进行了2~3个实验室间的验证试验,形成了11个新产品报批文本。

2.1.6 试剂盒参数及权威实验室比对验证试验结果 本项目研发的氯霉素等11种药物残留检测ELISA试剂盒经中国兽医药品监察所和中国检验检疫科学研究院食品安全研究所等7家国内权威检测机构进行比对验证试验,结果表明试剂盒的性能参数符合残留检测的要求,与HPLC或GC-MS方法检测结果阴、阳性符合率为100%,其中恩诺沙星、氯霉素、链霉素和磺胺喹恶啉ELISA试剂盒性能优于国外同类产品,磺胺类和阿维菌素类ELISA试剂盒均为国内外首创。试剂盒主要参数见表1。

2.2 生物样品中药物残留高效分离纯化及浓缩的免疫亲和色谱(IAC)技术和IAC柱的研制 利用本项目制备的抗体,与溴化氰活化的琼脂糖(Sephrose 4B)偶联,制备针对马杜霉素、氯霉素、阿维菌素类等5种免疫亲和色谱(IAC)柱。并对偶联率、动态柱容量、绝对柱容量和稳定性等指标进行研究。IAC柱主要参数见表2。结果表明,上述5种IAC柱用于试样前处理,均能达到高效分离、纯化和浓缩残留物的要求,并且可以商品化。

2.3 动物性食品中氯霉素和二噁英等残留痕量/超痕量检测技术及方法标准化 采用上述已建立的免疫亲和色谱及固相萃取等试样前处理技术,研究样品(动物肌肉、肝脏、肾脏、脂肪、虾、蜂蜜、牛奶、鸡蛋、尿液、饲料等)中药物残留提取分离和纯化方法,并对色谱条件、流动相、质谱选择离子等分析条件进行选择和优化,建立二噁英、硝基咪唑类等7种残留

表 1 11 种 ELISA 试剂盒主要参数

编号	检测试剂盒	主要参数			成果形式
		检测限( $\mu\text{g}/\text{kg}$ (L))	回收率(%)	相对标准差(%)	
1	氯霉素	鸡肉和虾 0.22、鸡肝 0.24	52.4~79.4	7.0~18.1	新产品批准文号(12),发明专利
2	氟喹诺酮类(恩诺沙星、环丙沙星、氧氟沙星、诺氟沙星、洛美沙星)	鸡肉 2.9、鸡肝 3.0、血清 2.8、虾 2.7	59.2~130.9	3.2~21.9	新产品批准文号(7),发明专利
3	玉米赤霉醇	牛尿 7.74	59.5~111.6	2.8~10.1	新产品批准文号(13),发明专利
4	克伦特罗	猪肝 0.21、猪肉 0.22、猪尿 0.24、饲料 54.1	66~92	10.0~21.1	新产品批准文号(5),国家标准
5	莱克多巴胺	猪肝 1.4、猪肉 1.5、猪尿 1.1、饲料 29.8	70.0~80.4	4.3~18.4	新产品批准文号(4),发明专利
6	磺胺喹恶啉	猪尿 4.8、猪肉 1.5、猪肝 1.6、血清 4.7	68.3~95.2	11.2~19.8	新产品批准文号(10),发明专利
7	磺胺类(磺胺二甲基嘧啶、磺胺二甲氧嘧啶、磺胺甲基嘧啶)	鸡肉 1.1、鸡肝 1.2、鸡蛋 1.2、蜂蜜 1.4、尿液 1.6	75.8~107.2	5.8~24.6	新产品批准文号(6),发明专利
8	阿维菌素类(阿维菌素、伊维菌素、爱普菌素)	牛肉 1.2、牛肝 2.7	66.8~94.2	8.9~16.2	新产品批准文号(8),发明专利
9	磺胺二甲嘧啶	猪肉 1.3、猪肝 1.7、鸡肉 1.4、鸡肝 1.7	55.4~119.0	7.2~12.3	新产品批准文号(11),发明专利
10	恩诺沙星	鸡肉 1.18、鸡肝 1.75	76.9~106.6	3.4~15.4	新产品批准文号(9),发明专利
11	链霉素	牛奶 14.8	76.3~116.3	5.0~11.3	新产品批准文号(14)

表 2 5 种免疫亲和色谱柱主要参数

药物	偶联率(%)	动态柱容量( $\text{ng}/\text{ml gel}$ )	绝对柱容量( $\text{ng}/\text{mg IgG}$ )	稳定性
马杜霉素	99.5	7160	895	连续使用 30 次以上
氯霉素	88.2	3500	850	连续使用 15 次以上
玉米赤霉醇类(-玉米赤霉醇、-玉米赤霉醇、玉米赤霉酮、-玉米赤霉烯醇)	97.0	2640、2840、2731、2736	377、405、390、391	连续使用 15 次以上
阿维菌素类(阿维菌素、伊维菌素、多拉菌素、爱普菌素)	100.0	3531、3542、3543、3284	495、499、493、460	连续使用 15 次以上
克伦特罗、沙丁胺醇	97.2	419、400	42、40	连续使用 15 次以上

检测的色-质联用方法(气-质或液-质串联方法)、氯霉素和磺胺类等 14 种残留检测的色谱方法(液相色谱或气相色谱法),起草 21 项检测方法标准,并分别进行了 2~3 个实验室间方法验证试验,形成 17 项国家标准或行业标准。具体检测方法和参数见表 3。

### 3 主要技术创新点

本课题的主要技术创新点有以下几个方面。

3.1 通过对药物分子结构改造、基团修饰(如构建分子间隔臂),与载体蛋白最佳偶联,制备出性能优良的药物分子单克隆抗体,特别是突出了氟喹酮类、磺胺类和阿维菌素类药物半抗原各自共有的抗原决定簇的特征结构,从而制备出对同类多个药物均

具有很高识别能力的抗体,具有原创性,实现了 ELISA 方法向多残留快速检测方向发展的目标。

3.2 通过对试剂盒核心试剂(包被液、抗体液、酶标抗体液、底物显色液的主要成分及抗氧化剂、防腐剂和稳定剂)配方进行筛选和优化,突破了该技术“瓶颈”,明显提高了检测试剂盒的性能和稳定性。

3.3 利用免疫化学原理发展的免疫亲和色谱技术使生物样品的前处理效率(残留物分离、纯化和浓缩)明显提高,并在国内外首次研制出了用于阿维菌素类和玉米赤霉醇类多残留高效分离纯化的免疫亲和色谱柱。

3.4 在国内首次将稳定性同位素稀释质谱技术引入食品中 17 种二噁英、19 种多氯联苯和 4 种氯丙醇多组分超痕量检测。用具有高效分离、纯化和浓

表3 检测方法及其主要参数

MU

编号	检测方法	主要参数			成果形式
		检测限	回收率	相对标准差(%)	
1	动物组织中氯霉素残留检测 IAC - GC方法	0.05 µg/kg	0.1 ~ 20 µg/kg 70% ~ 110%	批内 < 5 批间 < 10	SCI 论文
2	动物组织中氯霉素残留检测 µECD ~ GC方法	0.1 µg/kg	0.1 ~ 1.0 µg/kg 60% ~ 120%	批内 < 15 批间 < 25	农业行业备案标准及 SCI, NY/SYC 474—2004
3	动物组织和牛尿中玉米赤霉醇多残留 GC/MS方法	0.5 µg/kg	2 ~ 10 µg/kg 60% ~ 120%	批内 < 20 批间 < 35	农业行业备案标准, NY/SYC 468—2004、NY/SY 449—2004
4	动物源食品中硝基咪唑类药物多残留检测 HPLC方法	1.0 µg/kg	6 ~ 50 µg/kg 60% ~ 120%	批内 < 15 批间 < 20	农业行业标准及 SCI, 农业部公告 236号 - 2
5	动物源食品中硝基咪唑类药物多残留检测 LC/MS/MS方法	0.05 ~ 0.27 µg/kg	0.5 ~ 5 µg/kg 50% ~ 120%	批内 < 15 批间 < 20	SCI 论文
6	动物源食品中多拉菌素残留检测 HPLC方法	0.3 µg/kg	1 ~ 500 µg/kg 60% ~ 110%	批内 < 15 批间 < 25	农业行业备案标准, NY/SYC 466—2004
7	动物源食品中苯并咪唑类药物多残留检测 HPLC方法	15 µg/kg	50 ~ 500 µg/kg 70% ~ 110%	批内 < 15 批间 < 25	农业行业备案标准及 SCI, NY/SYC 467—2004
8	动物性食品中拉沙洛西钠残留检测 HPLC方法	20 µg/kg	50 ~ 500 µg/kg 70% ~ 110%	批内 < 10 批间 < 20	农业行业标准, 农业部公告 236号 - 4
9	动物源食品中替米考星残留检测 HPLC方法	10 µg/kg	50 ~ 500 µg/kg 70% ~ 110%	批内 < 15 批间 < 25	农业行业备案标准及 SCI, NY/SYC 465—2004
10	饲料中拉沙洛西钠检测 HPLC方法	5 mg/kg	5 ~ 175 mg/kg 80% ~ 100%	批内 < 10 批间 < 20	农业行业标准, NY/T 724—2003
11	饲料中莱克多巴胺含量检测 HPLC方法	0.5 µg/g	0.5 ~ 400 µg/g 70% ~ 110%	批内 < 10 批间 < 20	农业行业备案标准, NY/SY 448—2004
12	动物源食品中阿维菌素类药物多残留检测的 LC/MS/MS方法	2.5 µg/kg	5 ~ 100 µg/kg 60% ~ 100%	批内 < 10 批间 < 20	SCI 论文
13	动物源食品中氯羟吡啶残留检测 HPLC方法	10 µg/kg	50 ~ 500 µg/kg 80% ~ 110%	批内 < 10 批间 < 20	农业行业标准, 农牧发[2001]38号
14	动物源食品中磺胺类药物残留检测 HPLC方法	25 µg/kg	50 ~ 500 µg/kg 80% ~ 100%	批内 < 10 批间 < 20	农业行业标准及 SCI, 农牧发[2001]38号
15	动物源食品中莫能菌素和盐霉素残留检测 HPLC方法	50 µg/kg	100 ~ 800 µg/kg 80% ~ 100%	批内 < 10 批间 < 20	农业行业标准, 农牧发[2001]38号
16	饲料中莫能菌素检测 HPLC方法	50 µg/kg	30 ~ 120 µg/kg 80% ~ 100%	批内 < 10 批间 < 20	农业行业标准, NY/T 725—2003
17	动物性食品中克伦特罗残留量检测 GC/MS方法	0.5 µg/kg	0.5 ~ 2.5 µg/kg 50% ~ 120%	批间 < 20	国家标准及 SCI 论文, GB/T 5009.192—2003
18	动物性食品中克伦特罗残留量检测 HPLC方法	0.5 µg/kg	0.5 ~ 2.5 µg/kg 50% ~ 120%	批间 < 20	国家标准及 SCI 论文, GB/T 5009.192—2003
19	动物性食品中二噁英稳定性同位素稀释高分辨质谱检测法	0.5 ng/kg	40% ~ 130%	室内 < 10 室间 < 20	参与起草国际标准, SCI 论文
20	动物性食品中多氯联苯稳定性同位素稀释高分辨质谱检测法	1.0 µg/kg	70% ~ 110%	室内 < 10 室间 < 25	国家标准及 SCI 论文, GB/T 5009.190—2003, GB 2762—2005
21	食品中氯丙醇稳定性同位素稀释高分辨质谱检测法	3.0 µg/kg	20 ~ 500 µg/kg 80% ~ 120%	室内 < 15 室间 < 20	国家标准 GB/T 5009.191—2003, 并参与起草国际标准

缩功能的免疫亲和色谱技术替代传统的液-液分配和固相萃取技术,与色谱,尤其是色-质联用残留检测方法结合,降低了基质中杂质干扰,提高了氯霉素、阿维菌素类和玉米赤霉醇等残留检测方法的灵敏度和准确度。

#### 4 实施效果

已申请受理发明专利 20 项(其中 4 项已获授权,9 项已通过初审),先后发表著作 2 部,论文 82 篇,其中 SCI 收录 29 篇,EI 收录 7 篇。

研究建立的 12 种残留快速检测 ELISA 方法中,有 5 种方法标准以国家标准(克伦特罗)或农业行业备案标准(氯霉素、恩诺沙星、磺胺二甲嘧啶和玉米赤霉醇)发布,已用于残留检测实际工作中的快速筛选,另有 3 种已列入 2005 年农业行业标准制定工作;研发的氯霉素、氟喹诺酮类等 11 种残留快速检测试剂盒产品于 2003 年相继上市,已取得农业部新产品批准文号(农业部公告第 558 号[2005])。研制的用于试样前处理的免疫亲和柱已达到商品化程度;在研究建立的仪器分析方法中,磺胺类等 7 种残留检测方法标准已作为农业行业标准发布,氯霉素等 6 种以农业行业备案标准发布。上述检测方法标准和试剂盒产品均已得到推广应用。

(1) 在 2001 至 2005 年度国家兽药残留监控计划、卫生部食品安全行动计划、农业部无公害食品行动计划和 10 余省市残留检测工作中推广应用,并列入 2008 年北京奥运食品安全保障体系技术储备项目。

(2) 北京、广东等 15 个省部级检测单位检测样品近 15 万份;华都、双汇、伊利等 20 余家大型企业用于日常检测,检测样品近 10 万余份。

(3) 成果推广应用地区抽检覆盖约 5 000 万头猪、2 亿只鸡、15 亿公斤牛奶、500 万公斤蜂蜜、5 000 万公斤水产品,取得了显著的经济效益和社会效益。

(4) 目前 11 种试剂盒销售已占国内市场份额约 25%,在国产试剂盒中占近 90%。

研究建立了反映一个国家分析水平的二噁英、多氯联苯和氯丙醇痕量/超痕量检测技术,提出 7 项检测方法标准文本草案,其中 4 项已作为国家标准

发布,其余的均已列入 2003 - 2005 年国家行业标准制定计划。有关 PCDD/Fs、共平面和指示性 PCBs 以及氯丙醇的测定均通过国家计量认证和/或国家实验室认可。已经全面实现国家《食品安全行动计划》中对卫生部二噁英、多氯联苯和氯丙醇实验室能力建设的考核指标。

研究成果为我国首次以起草国身份参加国际食品法典标准起草奠定了科学基础。作为唯一发展中国家参加起草减低二噁英和多氯联苯污染生产规范的控制标准;参加起草氯丙醇限量标准,并提供我国近 1 000 份酱油 3 - MCPD 数据;8 次参加有关二噁英和二噁英样多氯联苯分析水平的国际比对测试,在 136 个参加的实验室中名列前 45 名,使得本项目的二噁英实验室获得国际承认。相关研究论文连续 3 年被二噁英与其它持久性有机污染物年会接受(2002 巴塞罗那、2003 波斯顿和 2004 柏林),并在 2002 年巴塞罗那作大会报告。

检测方法标准和试剂盒产品为动物性食品中药物残留和化学污染物的监测提供了技术手段和方法标准,可有效保证食品安全和人类健康,同时也提高了我国动物性产品在国际市场上的竞争力。研究成果使我国首次以起草国身份参加国际食品法典标准的制定奠定了基础,加上良好的国际比对测试,提升了我国在残留分析领域的国际地位。另外,试剂盒的研发成功大大促进了快速检测试剂及检测产品的国产化进程。

该项目组的国家十五攻关项目“兽医安全评价与残留检测技术研究(2002BA514A14 和 22)”获 2005 年北京市科技进步一等奖,“二噁英、多氯联苯和氯丙醇痕量与超痕量检测技术(2001BA804A13)”和国家重大科技专项“食品安全关键技术(2001BA804A19 和 45)”2005 年获中华医学科技奖二等奖,2006 年项目组联合申报国家科技奖励,获国家科技进步二等奖。获奖人员为沈建忠、吴永宁、何方洋、丁双阳、李敬光、江海洋、苗虹、肖希龙、张素霞、万宇平。

[收稿日期:2007 - 03 - 20]

中图分类号:R15;TQ450.263;TS207.53 文献标识码:A 文章编号:1004 - 8456(2007)03 - 0193 - 05