

蛋白芯片法快速测定食品中氯霉素和磺胺二甲嘧啶残留

左 鹏, 叶邦策 *

(华东理工大学食品科学与工程系, 生物反应器工程国家重点实验室, 上海 200237)

摘 要: 人们对食品中药物残留检测方法提出了快速检测、准确定量的要求。本文研究了蛋白芯片法快速定量检测食品中氯霉素和磺胺二甲嘧啶残留。芯片上固定氯霉素和磺胺二甲嘧啶人工抗原, 芯片反应区内加入氯霉素和磺胺二甲嘧啶单克隆抗体和其标准品或待测样品混合物, 待抗原抗体完全反应后加入荧光标记二抗示踪。不同浓度的竞争标准品与检测荧光强度作标准曲线, 然后通过标准曲线对待检试样中氯霉素和磺胺二甲嘧啶残留量进行定量分析, 并同现行的免疫学测定方法进行了比较。

关键词: 蛋白芯片; 兽药残留; 氯霉素; 磺胺二甲嘧啶

CAP and SM₂ Residues Quantitation and Fast Detection in Foodstuff by Protein Microarray

ZUO Peng, YE Bang-ce *

(State Key Laboratory of Bioreactor Engineering, Department of Food Science and Engineering,
East China University of Science and Technology, Shanghai 200237, China)

Abstract: This study was carried about the veterinary drug residue quantitation and fast detection in foodstuff by protein microarray. The Chloramphenicol (CAP) and Sulfamethazine (SM₂) synthetic-antigen coupled with the carrier protein BSA (bovine serum albumin) were spotted on the microarray. After immobilization, the antibody for these two residues and the standard or

收稿日期: 2005-12-28

*通讯作者

基金项目: 国家 863 计划重大专项食品安全项目(2002AA2Z2007-1); 上海市重点攻关项目(044319221)

作者简介: 左鹏(1981-), 男, 硕士研究生, 主要从事食品安全检测和生物芯片方面的研究。

50~500mg/kg。美国环保署(EPA)评价丙烯酰胺的安全参考量(消耗量)是每天 0.2μg/kg^[9]。我们测定的食品中在 0.19~7.11μg/g 之间, 以薯片的含量最高。如果一名体重在 50kg 的儿童一天食用 10~100g 薯片, 则每天食用的丙烯酰胺的含量达到了 1.42~14.22 μg/kg, 是 EPA 评价的丙烯酰胺安全参考量的 7~70 多倍, 长此以往, 必然会对身体产生严重的影响。因此, 改变我们的饮食习惯, 少吃油炸或高温烘烤食品, 对保证我们的身体健康, 特别是发育中青少年的身体健康, 具有重要意义。

参考文献:

- [1] 赵丹宇, 郑云雁. 丙烯酰胺的安全性及国际组织的评价[J]. 中国食品卫生杂志, 2002, 14(5): 76-77.
- [2] LAGALANTE A F, FELTER M A. Silylation of acrylamide for analysis by solid-phase microextraction/gas chromatography/ion-trap mass spectrometry[J]. Agric Food Chem, 2004, 52(12): 3744-3748.
- [3] PITTER A, PERISSET A, OBERSON J M. Trace level determination

of acrylamide in cereal-based foods by gas chromatography-mass spectrometry[J]. Chromatogra, 2004, 1035(1): 123-130.

- [4] NEMOTO S, TAKATSUKI S, SASAKI K, et al. Determination of acrylamide in foods by GC/MS using ¹³C-labeled acrylamide as an internal standard[J]. Shokuhin Eiseigaku Zasshi, 2002, 43(6): 371-376.
- [5] CALBIANI F, CARERI M, ELVIRI L, et al. Development and single-laboratory validation of a reversed-phase liquid chromatography-electrospray-tandem mass spectrometry method for identification and determination of acrylamide in foods[J]. AOAC Int, 2004, 87(1): 107-115.
- [6] JEZUSSEK M, SCHIEBERLE P. A new LC/MS-method for the quantitation of acrylamide based on a stable isotope dilution assay and derivatization with 2-mercaptobenzoic acid. Comparison with two GC/MS methods[J]. Agric Food Chem, 2003, 51(27): 7866-7871.
- [7] 唐婷, 杨天鹏. 高效液相色谱法测定奥美定中丙烯酰胺[J]. 杭州医学高等专科学校学报, 2004, 25(2): 50-52.
- [8] 刘红河, 陈春晓, 柳其芳, 等. 食品中致癌物丙烯酰胺的固相萃取-高效液相色谱联用测定方法[J]. 职业与健康, 2004, 20(10): 5-7.
- [9] 高景恒, 郑刚, 王忠媛. 关于丙烯酰胺毒性的研究及相关规定[J]. 实用美容整形外科杂志, 2002, 13(3): 148-152.

sample mixture were added. Then the Cy5 labeled secondary antibody was added after antigen-antibody reaction. The calibration curve of these two residues was established to indicate the lowest detection limit and the area the linearity range. With the calibration curve, we can calculate the concentration of the unknown sample.

Key words: protein microarray; residue; chloramphenicol (CAP); sulfamethazine (SM₂);

中图分类号: R155.5

文献标识码 A

文章编号 1002-6630(2007)02-0254-05

随着生活质量日益提高,人们对食品卫生安全问题越来越重视。动物源性食品中的药物残留问题是当今消费者对食品安全性最为关注的焦点问题之一。氯霉素(Chloramphenicol, 简称 CAP, 其结构式如图 1 所示)是一种广谱抗生素,对多种病原菌有较强的抑制作用,因其有优良的抗菌性和稳定的药性曾作为饲料添加剂和细菌性疾病的治疗用药被广泛地应用^[1];磺胺二甲嘧啶(Sulfamethazine, 简称 SM₂, 其结构式如图 2 所示)也是应用广泛的抗菌药,可用作饲料添加剂,以提高奶牛、生猪等的抗病能力和提高产奶量和产肉量等。但氯霉素存在着严重的毒副作用,能引起人的再生障碍性贫血、粒状白细胞缺乏症以及新生儿、早产儿灰色综合症等^[2],磺胺二甲嘧啶在食品中的残留量超过一定值将有害消费者健康,如可能引起甲状腺癌等^[3]。它们在食品中的残留均对人类健康构成巨大的潜在威胁。因此,氯霉素和磺胺二甲嘧啶的残留问题已引起国际组织和许多国家及地区有关部门的高度重视。欧美国国家都严格控制氯霉素用于食用动物,对磺胺二甲嘧啶欧盟也制定了最高允许值,我国农业部第 235 号公告中《动物源性食品中兽药最高残留限量》也明确规定氯霉素不得在动物源性食品中检出,磺胺二甲嘧啶的最高残留量为 25×10^{-6} ^[4]。我国是农业大国,动物源性食品的对外贸易潜力很大,但由于药物残留量远远超标,致使畜产品出口总量仅为 3.7%^[5]。因而加强我国动物性食品中兽药残留检测分析乃当务之急。

目前,氯霉素和磺胺二甲嘧啶的残留分析主要采用方法有色谱法、微生物法、免疫测定方法等^[5-7]。气相色谱法和高效液相色谱法灵敏度较高,但也存在一些不

足,如样品前处理过程复杂、分析速度慢、仪器化程度高且价格昂贵等;微生物法简便,但灵敏度和特异性低;基于抗原抗体特异性反应的免疫测定方法,特异性高,检测限低,但检测组分单一,不适合多组分同时检测;而基于竞争免疫反应原理的蛋白芯片测定方法相对于以上各种方法具有高通量、并行性、多组分同时测定、灵敏度高、特异性强等诸多优点。本文采用蛋白芯片的方法检测食品中的氯霉素和磺胺二甲嘧啶残留,该方法简单、快速、灵敏度高、重复性较好,适用于大规模氯霉素和磺胺二甲嘧啶的残留筛选检测。

1 材料与方法

1.1 试剂和仪器

氯霉素单克隆抗体、磺胺二甲嘧啶单克隆抗体、磺胺二甲嘧啶人工抗原 美国 Biodesign 公司;氯霉素人工抗原 博顿生物检验技术杭州有限公司;氯霉素标准品、磺胺二甲嘧啶标准品 美国 Sigma 公司;Cy5 标记羊抗鼠 IgG 美国 Rockland 公司;CSS-100 醛基化玻片 美国 CEL 公司;5810R 高速台式离心机 德国 eppendorf 公司;Cartisian prosys 5510 点样仪 美国 Cartisian 公司;Scanarray Lite 激光共聚焦扫描仪 美国 Packard Biochip Technologies 公司;303AS-2 隔水式恒温培养箱 上海浦东跃新科学仪器厂。

1.2 方法

蛋白芯片测定氯霉素、磺胺二甲嘧啶残留的基础是抗原抗体反应。芯片载体上固定有两种残留物的 BSA (牛血清白蛋白)偶联物,然后在反应区域内加入两种残留物的单克隆抗体和标准品或样品的混合物,待抗原抗体完全反应后洗涤,再加入荧光标记二抗,最后通过检测荧光强度来进行残留量的定量分析。

1.2.1 探针设计

氯霉素和磺胺二甲嘧啶都是小分子半抗原,不具备免疫原性,因其结构(如图 1、2 所示)不同,也不便于直接固定在芯片表面上,因而要首先将小分子半抗原与载体蛋白偶联,制备成人工抗原。本实验所设计探针为氯霉素-BSA 偶联物和磺胺二甲嘧啶-BSA 偶联物。

1.2.2 蛋白芯片检测方法的建立

1.2.2.1 点样、人工抗原的固定

将氯霉素-BSA 偶联物和磺胺二甲嘧啶-BSA 偶联物

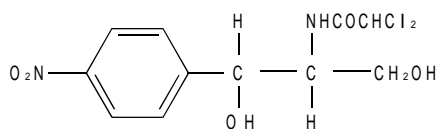


图 1 氯霉素结构式

Fig.1 Molecular structure of chloramphenicol

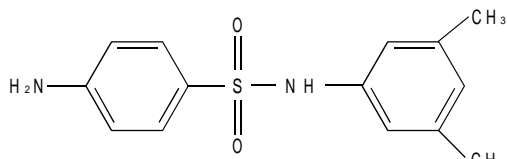


图 2 磺胺二甲嘧啶结构式

Fig.2 Molecular structure of sulfamethazine

分别用含有20%的甘油的0.01mol/L, pH为7.4的PBS缓冲液稀释, 这样可以防止溶液蒸发, 使点样蛋白质在芯片的整个制作过程中均保持水合状态^[8]。人工抗原的最终点样工作浓度为0.8mg/ml。利用Cartisian prosys点样仪将两种兽药BSA偶联物和作为空白对照0.8mg/ml的BSA点制在醛基化玻片上, 每个样点五点, 成3×5矩阵形式。每张玻片上共制备十个矩阵。点样结束后, 将芯片放入37℃培养箱里湿孵4h使蛋白质固定在芯片上, 然后用PBST洗涤3min, 再用PBS洗涤两次, 每次3min, 离心机甩干。

1.2.2.2 封闭

蛋白质固定后要将载体上其他无蛋白质样品区域封闭, 以防止待测样品中的蛋白质与其他活性基团非特异性结合, 形成高背景或假阳性。以新配制含1%的BSA的PBS缓冲液对芯片进行封闭。37℃封闭1h, 然后PBST洗涤3min, PBS洗涤两次, 每次3min, 离心机甩干备用。

1.2.2.3 加样

在玻片上贴上疏水围栏, 将芯片按点阵区域分隔为十个反应区, 在每个反应区内加入5μl含0.5%的BSA溶液+0.5% Tween20的PBS作为反应缓冲液^[9]和10μl氯霉素和磺胺二甲嘧啶抗体, 同时加入5μl氯霉素和磺胺二甲嘧啶标准品或待检样品。

1.2.2.4 抗原抗体反应

37℃培养箱里湿盒内孵育30min, 然后PBST洗涤5min, PBS再洗涤两次, 每次5min, 甩干。

1.2.2.5 加二抗

每个反应区加入5μl的反应缓冲液和5μl Cy5标记羊抗鼠IgG。

1.2.2.6 抗体二抗反应

37℃培养箱里湿盒内再孵育30min, 然后PBST洗涤5min, PBS再洗涤两次, 每次5min, 甩干。

1.2.2.7 扫描、数据分析

利用激光共聚焦扫描仪Scanarray Lite系统对芯片进行扫描, 荧光信号定量分析软件采用与扫描仪相配套的定量分析软件Quantarray 3.0。

1.2.3 标准曲线的建立及样品测定方法

探索氯霉素标准曲线采用间接竞争法, 在经封闭的芯片点阵各区域加入10μl稀释度为1:100的氯霉素单克隆抗体和10μl浓度分别为0.01、0.1、1、10μg/L的氯霉素标准品的混合样。同时每个反应区内加入5μl反应缓冲液。然后按1.2.2所述步骤进行分析。

探索磺胺二甲嘧啶标准曲线时在经封闭的芯片点阵各区域加入10μl稀释度为1:100的磺胺二甲嘧啶单克隆抗体和10μl浓度分别为1、10、100、1000μg/L的磺

胺二甲嘧啶标准品的混合样。同时每个反应区内加入5μl反应缓冲液。然后按1.2.2所述步骤进行分析。

实际样本测试时每一张玻片十个矩阵分为两列, 一列加入两种残留兽药的标准品混合物做标准曲线, 另一列加入实际样本做实际样本测试, 每个测试反应区加入5μl反应缓冲液、10μl标准品或待测样本、10μl的1:100的氯霉素单克隆抗体和1:800的磺胺二甲嘧啶单克隆抗体混合物。然后按1.2.2所述步骤进行分析。

1.2.4 芯片的检测与数据处理

实验荧光信号检测与定量分析软件分别采用与扫描仪相配套的定量分析软件: Scanarray Lite和Quantarray 3.0, Cy5激发光波长均为530nm, 检测波长为635nm。

2 结果与分析

2.1 点样抗原、抗体、荧光标记二抗的浓度优化

用棋盘法优化本实验中的抗原抗体反应条件。结合人工抗原母液的浓度, 点样抗原确定为0.8mg/ml, 实验结果显示, 当抗体浓度增大时, 最终的检测荧光强度增大, 但过高的抗体浓度会导致抗体饱和, 使竞争失去意义, 在综合考虑检测荧光强度和竞争反应的基础上, 通过棋盘法最终确定氯霉素抗体取1:100稀释度, 磺胺二甲嘧啶抗体取1:800稀释度。荧光标记二抗的量在这个体系中不是决定性的因素, 但浓度过小会导致检测信号偏弱, 增大了系统的误差, 结合实验结果确定Cy5标记羊抗小鼠IgG取1:200稀释度, 可以得到较为满意的实验结果。

2.2 氯霉素和磺胺二甲嘧啶标准曲线的建立

$C_{cap}=0$ $C_{cap}=0.01$ $C_{cap}=0.1$ $C_{cap}=1$ $C_{cap}=10$

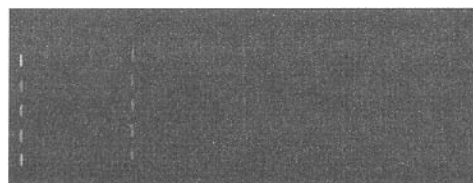


图3 氯霉素单组分竞争试验扫描图(单位: μg/L)

Fig.3 Laser scan result image of chloramphenicol single detection by protein microarray

$C_{SM_2}=0$ $C_{SM_2}=1$ $C_{SM_2}=10$ $C_{SM_2}=100$ $C_{SM_2}=1000$

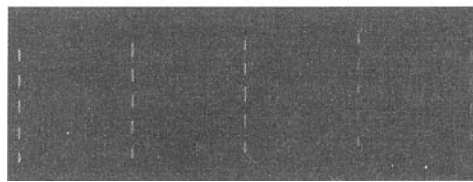


图4 磺胺二甲嘧啶单组分竞争试验扫描图(单位: μg/L)

Fig.4 Laser scan result image of sulfamethazine single detection by protein microarray

在一定范围内, 随着竞争标准品浓度的增大, 与

固定的人工抗原结合的抗体会越来越少, 与其相结合的荧光标记二抗的数量也将随之减少, 因而检测到的荧光强度就越低, 超过这个范围, 检测荧光值不随竞争标准品的尝试的增大而降低, 图3、4所示分别为氯霉素和磺胺二甲嘧啶检测芯片反应的扫描结果图。这种变化趋势在标准曲线上则表现为两端是相对变化较缓的平台, 中间为变化较大的线性变化区。氯霉素在浓度为 $0.01 \sim 1 \mu\text{g/L}$ 范围内有良好的线性关系, 磺胺二甲嘧啶在浓度为 $1 \sim 1000 \mu\text{g/L}$ 范围内有良好的线性关系, 以相对检测荧光强度为纵坐标, 以氯霉素标准品和磺胺二甲嘧啶浓度为横坐标分别绘制标准曲线如下图5、6所示。

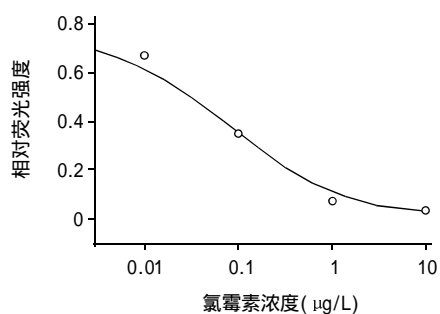


图5 CAP 标准曲线

Fig.5 Calibration curves for chloramphenicol

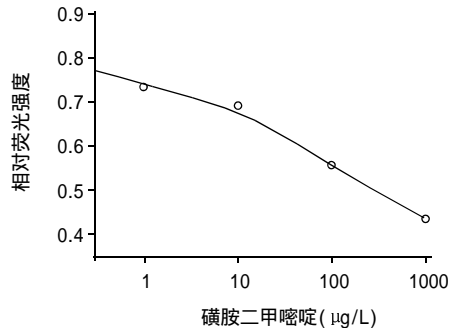
图6 SM₂ 标准曲线

Fig.6 Calibration curves for sulfamethazine

2.3 氯霉素和磺胺二甲嘧啶的检测结果

利用制备好的蛋白芯片对氯霉素和磺胺二甲嘧啶进行检测。加入 $0.01 \sim 1 \mu\text{g/L}$ 的氯霉素标准品和 $1 \sim 100 \mu\text{g/L}$ 的磺胺二甲嘧啶标准品参与竞争反应。图7所示为两种组分同时检测的荧光信号扫描结果图。

由图8得, 两种残留物可以双组份同时进行检测, 氯霉素标准品在浓度 $0.01 \sim 1 \mu\text{g/L}$ 范围内、磺胺二甲嘧啶在浓度 $1 \sim 100 \mu\text{g/L}$ 范围内均有良好的线性。此外在此线性范围内还了重复性实验, 结果显示, 矩阵内CV值小于10%, 片内CV值小于15%。

2.4 样本测试

我们对生牛奶、猪肉、牛肉、生鱼、奶酪等300例动物源性食品实际样本进行了测试, 其中阳性符合率



图7 氯霉素、磺胺二甲嘧啶双组分同时检测结果扫描图

Fig.7 Laser scan result images of two analytes with simultaneous detection

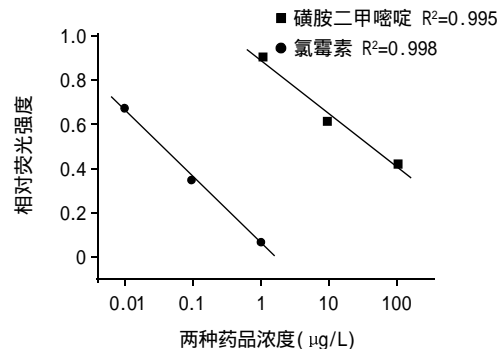


图8 氯霉素、磺胺二甲嘧啶双组分同时检测线性部分标准曲线图

Fig.8 Linear calibration curves for two analytes

为100%, 阴性符合率为93.3%。同时我们将蛋白芯片方法所测得的结果与传统的ELISA方法测试结果进行了对照, 利用两者所测结果做散点图如图9所示。

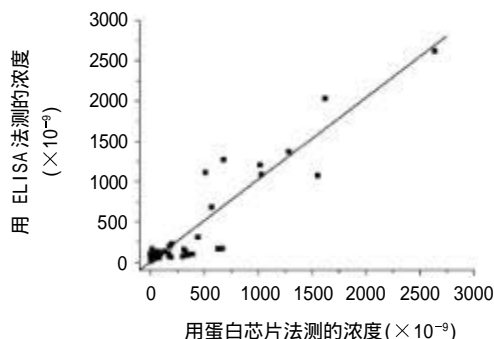


图9 蛋白芯片法与传统ELISA方法检测两种残留结果对照图

Fig.9 Concentrations comparison with protein microarray method and ELISA method

3 结 论

利用蛋白芯片竞争法可以快速准确测定动物源性食品中氯霉素、磺胺二甲嘧啶的残留量, 由于其快速、高通量、并行性等特点, 尤其适合出入境检验检疫、食品安全监管、品质控制等领域作为初筛方法应用。

参考文献:

- [1] 胡顶飞, 沈建忠. 氯霉素类抗生素的残留分析[J]. 中国兽药杂志, 2001, 35(5): 55-57.
- [2] 吴晓丰, 杨鹭花. 氯霉素残留的危害及其检测方法[J]. 动物医学进展, 2004, 25(3): 41-43.
- [3] 杨红. ELISA 测定牛奶、猪血浆和猪尿中的磺胺二甲嘧啶[J]. 华

Folin-Ciocalteu比色法测定蜂花粉中的总酚

田文礼, 孙丽萍, 董捷, 刘博
(中国农业科学院蜜蜂研究所, 北京 100093)

摘 要: 蜂花粉含有丰富的多酚类化合物, 这类化合物具有抗动脉硬化、降低胆固醇、抗氧化和抗辐射等作用, 因此可以用来评价蜂花粉的活性。本文采用Folin-Ciocalteu法对蜂花粉中的总酚进行检测。本方法以原儿茶酸为对照品, 标准曲线的回归方程为: $C=7.9234A-0.0157$ ($R^2=0.9999$); 对稳定性、精密度、重现性、回收率进行了试验, 相对标准偏差(RSD)为0.05%~1.43%。该方法简便、快速、准确, 是检测蜂花粉中总酚的可靠方法。
关键词: 蜂花粉; 总酚; Folin-Ciocalteu

Determination of Total Polyphenolic Compounds in Bee-pollen by Folin-Ciocalteu Method

TIAN Wen-li, SUN Li-ping, DONG Jie, LIU Bo
(Bee Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100093, China)

Abstract: There are rich polyphenolic compounds in bee-pollen, which have multi-functions, such as anti-arteriosclerosis, cholesterol lowering function, anti-oxidation and anti-radiation. Therefore, polyphenolic compounds could be evaluated as the activities of bee-pollen. Total polyphenolic compounds in bee-pollen were determined by Folin-Ciocalteu method. The standard sample is protocatechuic acid, and regressive equation of standard curve is $C=7.9234A-0.0157$ ($R^2=0.9999$). Furthermore, stability, precision, repetition and recovery rate were assayed with RSD (relative standard deviation) as 0.05%~1.43%. The method is convenient, fast, and exact, it is reliable to determine the total polyphenolic in bee-pollen.

Key words: bee-pollen; total polyphenolic; Folin-Ciocalteu

中图分类号 R151.3

文献标识码 A

文章编号 1002-6630(2007)02-0258-03

蜂花粉是蜜蜂从显花植物花药内采集的花粉粒, 在采集过程中加入了花蜜和分泌物混合而成的纯天然产品。蜂花粉含有丰富的多酚类化合物, 这类化合物具有抗动脉硬化、降低胆固醇、抗氧化和抗辐射等作用。本研究的主要目的是建立一种简便、快速、准确的蜂花粉中总酚的检测方法, 为评价蜂花粉内在质量的新指标的建立奠定基础。本文采用Folin-Ciocalteu比色法检测蜂花粉中的总酚, 以原儿茶酸作为对照品, 对稳定性、

精密度、重现性、回收率等进行了试验研究。最后对9种蜂花粉(山里红、茶花、丁香花、荷花、猕猴桃、玉米、油菜、荞麦、杏花)中的总酚进行了检测。

1 材料与方法

1.1 原料与试剂

9种蜂花粉(山里红、茶花、丁香花、荷花、猕猴桃、玉米、油菜、荞麦、杏花) 中国农业科学院

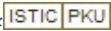
收稿日期: 2006-09-15

作者简介: 田文礼(1980-), 男, 硕士, 研究方向为食品微生物。

- [4] 西医学杂志, 1999, 14(4): 238-241.
- [4] 中华人民共和国农业部第235号公告附件. 动物源性食品中兽药最高残留限量[S].
- [5] 林春山, 李继昌, 赵兴存. 磺胺二甲嘧啶在动物性食品中的残留及检测分析[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2003(9): 58-59.
- [6] DI PIETARA M, et al. HPLC determination of chloramphenicol and thiamphenicol residues in gamebird meats[J]. Journal Liquid Chromatography, 1995, 18(17): 3529-3543.

- [7] 宋华宾. 动物性食品中抗生素残留及其检测方法研究进展[J]. 食品卫生, 1993(11): 20-23.
- [8] 丁金凤, 杨渝珍, 张先恩. 基因分析和生物芯片技术[M]. 武汉: 湖北科学技术出版社. 2004: 375-376.
- [9] BELLEVILLE E, DUFVA M, AAMAND J, et al. Quantitative assessment of factors affecting the sensitivity of a competitive immunomicroarray for pesticide detection[J]. Analytical Techniques, 2003, 35(5): 1044-1051.

蛋白芯片法快速测定食品中氯霉素和磺胺二甲嘧啶残留

作者: 左鹏, 叶邦策, ZUO Peng, YE Bang-ce
作者单位: 华东理工大学食品科学与工程系, 生物反应器工程国家重点实验室, 上海, 200237
刊名: 食品科学 
英文刊名: FOOD SCIENCE
年, 卷(期): 2007, 28(2)
被引用次数: 5次

参考文献(9条)

1. DI PIETARA M HPLC determination of chloramphenicol and thiamphenicol residues in gamebird meats [外文期刊] 1995(17)
2. 林春山;李继昌;赵兴存 磺胺二甲嘧啶在动物性食品中的残留及检测分析 [期刊论文]-黑龙江畜牧兽医 2003(09)
3. 中华人民共和国农业部第235号公告附件. 动物源性食品中兽药最高残留限量
4. BELLEVILLE E;DUFVA M;AAMAND J Quantitative assessment of factors affecting the sensitivity of a competitive immunomicroarray for pesticide detection 2003(05)
5. 丁金凤;杨渝珍;张先恩 基因分析和生物芯片技术 2004
6. 宋华宾 动物性食品中抗生素残留及其检测方法研究进展 1993(11)
7. 杨红 ELISA测定牛奶、猪血浆和猪尿中的磺胺二甲嘧啶 [期刊论文]-华西医学 1999(04)
8. 吴晓丰;杨鹭花 氯霉素残留的危害及其检测方法 [期刊论文]-动物医学进展 2004(03)
9. 胡顶飞;沈建忠 氯霉素类抗生素的残留分析 [期刊论文]-中国兽药杂志 2001(05)

引证文献(5条)

1. 王毅谦, 张洪元, 邵景东, 陆上苏 蛋白质芯片技术在食品检验上的应用 [期刊论文]-口岸卫生控制 2010(2)
2. 唐亚丽, 卢立新, 赵伟 生物芯片技术及其在食品营养与安全检测中的应用 [期刊论文]-食品与机械 2010(5)
3. 李卓, 董文宾, 李娜, 杨津, 王金宇, 南雪梅 食品中氯霉素残留检测技术研究新进展 [期刊论文]-食品工业科技 2010(4)
4. 邹芸, 王国民, 李贤良, 张进忠, 李应国, 张雷, 周启明 动物源性食品中胺苯醇类兽药残留检测研究进展 [期刊论文]-中国畜牧兽医 2009(4)
5. 刘楠, 苏璞, 高志贤, 朱茂祥, 杨陟华, 潘秀颖, 晁福寰 用于氯霉素、克伦特罗和雌二醇三种兽药残留检测的高通量悬浮芯片技术研究 [期刊论文]-中华预防医学杂志 2009(6)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_spkx200702065.aspx