

肉品生产中禁用药物西马特罗研究进展

熊琳^{1,2*}, 萍阎^{1,2}, 高雅琴^{1,2}, 李维红^{1,2}, 杨晓玲^{1,2}

(1. 中国农业科学院兰州畜牧与兽药研究所, 兰州 730050;

2. 农业部畜产品质量安全风险实验室(兰州), 兰州 730050)

摘要: 随着肉品中毒事件的不断出现, 肉品安全问题越来越受到人们的重视。西马特罗作为一种违禁药物, 在畜牧业中的非法使用, 会导致严重的后果, 严重会导致人员伤亡。因此, 加强肉品生产过程中违禁药物西马特罗非法使用的监控, 具有十分重要的现实意义。本文对西马特罗的研究进展做了总结综述, 主要包括西马特罗作用和危害, 以及检测方法研究进展, 并提出了防控肉品中西马特罗的措施, 以期在畜牧业肉品生产过程中加强西马特罗非法使用的监测提供技术支持, 并为国家相关执法部门的监控提供理论依据和指导, 保证广大消费者肉品食用安全。

关键词: 西马特罗; 肉品; 食品安全; 检测; 危害控制

Review of forbidden drug cimaterol in meat production

XIONG Lin^{1,2*}, PING Yan^{1,2}, GAO Ya-Qin^{1,2}, LI Wei-Hong^{1,2}, YANG Xiao-Ling^{1,2}

(1. Lanzhou Institute of Husbandry and Pharmaceutical Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730050, China; 2. Laboratory of Quality & Safety Risk Assessment for Livestock Product (Lanzhou), Ministry of Agriculture, Lanzhou 730050, China)

ABSTRACT: With the growing events of meat poisoning, people pay more and more attention to the meat safety problem. The illegal use of cimaterol as a kind of illicit drugs in animal husbandry can lead to serious consequences and even loss of life, so it is very important to strengthen the monitoring of cimaterol. This paper summarized the research progress of cimaterol, including the effects and hazards of cimaterol and the research progress of its detection methods, and put forward the measures for prevention and control of cimaterol in meat production. This paper can provide technical support for the monitoring of the illegal use of cimaterol in the process of livestock and theoretical basis and guidance for the monitoring of the relevant national law enforcement departments, and ensure the meat safety for consumers.

KEY WORDS: cimaterol; meat; food safety; detection; hazard control

1 引言

西马特罗(cimaterol, CIM)又名喜马特罗、塞曼特罗,

是美国氰胺公司产品, 属 β_2 型兴奋剂, 研究比较广泛, 是继莱克多巴胺、克伦特罗和沙丁胺醇之后的新一代 β -肾上腺素受体类激动剂^[1]。西马特罗的分子式为 $C_{12}H_{17}N_3O$, 分

基金项目: 甘肃省科技计划项目(1606RJYA285)、中国农业科学院科技创新工程项目(CAAS-ASTIP-2014-LIHPS-01)

Fund: Supported by the Scientific Plan Funds of Gansu Province (1606RJYA285) and the Innovation Project of Chinese Academy of Agricultural Sciences (CAAS-ASTIP-2014-LIHPS-01)

*通讯作者: 熊琳, 硕士, 助理研究员, 主要研究方向为农产品质量安全。E-mail: xionglin807@sina.com

*Corresponding author: XIONG Lin, Master, Research Assistant, Lanzhou Institute of Husbandry and Pharmaceutical Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences, No.355, Xiaoxihu Road, Lanzhou 730050, China. E-mail: xionglin807@sina.com

子量为 219.29, 分子结构式见图 1。同其他 β -受体激动剂一样, 西马特罗在医学和兽医临床上有扩张气管和增加肺通气量的功效, 主要用于治疗人、畜的支气管哮喘和支气管痉挛^[2,3]。同时, 较大剂量地使用西马特罗, 还可以减少胴体的脂肪含量, 提高瘦肉率, 促进家畜生长、达到改善肉质的效果^[4,5], 因此被作为饲料添加剂非法用于动物源性食品生产中^[6,7]。而长期使用会造成西马特罗在可食性动物组织内蓄积残留, 引起食用者中毒。特别是对冠心病高血压患者、老年人容易产生危害, 严重的甚至有生命危险^[8]。1990 年前后欧美等发达国家相继全面禁止使用 β -兴奋剂类促生长药物。中华人民共和国农业部公告第 193 号文件^[9]规定西马特罗同克伦特罗、沙丁胺醇等一起被列入禁用清单, 禁止在畜禽生产和食品动物中添加。近年来, “瘦肉精”盐酸克伦特罗受到了严查。但有些不法饲养业主受利益驱动, 千方百计寻找“瘦肉精”的替代品, 以逃避监测和惩罚。2015 年, 临沂新程金锣肉制品集团有限公司兴隆分公司(产地: 哈尔滨市巴彦县)生产的猪后臀尖检出禁止使用的西马特罗, 说明目前在我国西马特罗非法使用的情况是存在的。国家应进一步加强对肉品中西马特罗存在风险的监控, 并加大对该类非法行为的打击力度。

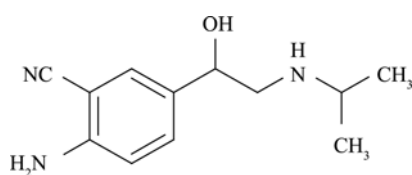


图 1 西马特罗分子结构式

Fig. 1 Molecular structural formula of cimaterol

2 西马特罗的作用与危害

从功能上看, 西马特罗与克伦特罗、莱克多巴胺和沙丁胺醇等结构相似, 为强效选择性 β_2 -受体激动剂, 可引起交感神经兴奋, 在治疗剂量下具有松弛气管平滑肌的作用, 是治疗哮喘类疾病的药物。在畜牧业中使用, 可以显著改善畜禽的胴体组成^[10], 提高瘦肉率, 减少肥膘, 并有促进蛋白质的合成和提高饲料利用率的作用^[11]。研究表明在畜禽养殖过程中作为饲料添加剂使用西马特罗, 对于牛^[12,13]、猪^[14]、鸡^[15-17]、羊^[18,19]等都能够起到提高蛋白质转化率的效果。一般来说, 在饲料中添加 3~5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 就可以提高瘦肉率, 但只有使用 3~5 倍治疗量时, 畜体才可以重新分配脂肪和肌肉比率, 为了提高经济效率, 作为饲料添加剂, 它的使用剂量往往是人用剂量的数倍以上, 在畜禽组织、肌肉、尤其是内脏中, 残留量特别大, 而且这种物质的化学性质稳定, 一般加热处理方法不能将其破坏。20 世纪 80 年代末研究发现, 将一定量的西马特罗加到饲料中, 可以显著促进动物生长, 具有营养重分配剂的功能,

同时还能提高瘦肉率, 增加经济效益^[20,21], 但后来研究发现 β -兴奋剂可在动物组织中聚集和残留。因这类化合物具有口服活性, 人摄食了 β -兴奋剂高残留的动物组织, 会引发明显的不良反应, 如: 心悸、头疼、目眩、恶心、呕吐、战栗、神经过敏、心率加快和肌肉震颤等^[22]。

3 西马特罗的检测

随着人们食品安全意识的不断加强, 人们对畜牧业中违禁药物非法使用的关注度越来越高, 这就需要不断开发准确度高、灵敏度高和精密度高的检测分析方法^[23]。研究者也不断开发出肉品中西马特罗的检测方法, 并不断进行改进和优化。通过对各种肉产品以及动物尿液和血液的检测, 检测监督肉品生产中西马特罗的非法使用情况。目前西马特罗的检测方法主要有高效液相色谱法^[24,25]、气相色谱质谱法^[26]、液相色谱-串联质谱法^[27]、毛细管电泳法^[28]和酶免疫分析法等, 酶免疫分析法中基本上都用酶联免疫吸附测定法(ELISA)。在以上方法中, 色谱质谱法和毛细管电泳法所需的仪器设备昂贵, 样品前处理复杂, 检测时间长。选择酶免疫分析法和高效液相色谱法为筛选方法存在假阳性的缺点。

3.1 高效液相色谱法

高效液相色谱法 (high performance liquid chromatography, HPLC) 是药物检测的常用方法, 适用于大量样品的初步筛选工作, 相比于液质联用仪, 具有仪器设备价格便宜、应用范围广的优点。但是由于定性指标太过单一, 可能出现假阳性的检测结构, 准确度不好, 一般不能用来进行仲裁判定。因此, 在实际应用受到很大限制, 有逐渐被其他方法代替的趋势。Qu 等^[24]建立了一种同时测定西马特罗等 4 种 β -激动剂的超高效液相色谱(UPLC)方法。样品用甲醇提取, MCX 固相萃取柱净化, 最后用 UPLC 分析。线性范围在 0.05~1.0 $\mu\text{g}/\text{m}$ 之间时, 线性线性相关系数大于 0.999, 平均回收率为 90.1%~101.4%, RSDs 小于 8.0%。Courtheyn 等^[29]采用柱后衍生高效液相色谱法测定动物组织中西马特罗和克伦特罗含量。检测限为 0.2 ng/g , 整个过程大约需要 30 min。使用气相色谱-质谱法和液相色谱-质谱法对实验结果进行验证, 检测结果相互吻合, 说明了该方法的有效性。

3.2 气相色谱-质谱法

相比于其他的色谱方法, 气相色谱-质谱法 (gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS) 需要对样品进行衍生化处理, 这个过程需要数个小时, 非常冗繁, 极大地限制了该方法的应用, 这方面的文献报道不是太多。

3.3 液相色谱-串联质谱法

液相色谱-串联质谱法 (liquid chromatography-tandem mass spectrometry, LC-MS/MS) 是目前阶段西马特罗等 β_2 -

激动剂检测最有效、最准确、最成熟的方法^[30,31],具有检出限低、回收率高、假阳性率低的优点^[32-35],但是由于液质联用仪价格昂贵,高达两三百万元,对于仪器操作的专业素养要求高,极大地限制了该方法在基层检测机构的大面积推广。但鉴于该方法突出的优点,科研工作者展开了大量的研究,建立了各种不同的液相色谱-串联质谱检测方法^[36]。该方法也是国家食品监管部门的裁决和仲裁方法。黄泓等^[3]建立一种用高效液相色谱-串联质谱法检测猪肉和猪肝中西马特罗等22种 β_2 -激动剂的方法。方法样品粉碎后,在pH 5.2的乙酸铵缓冲液中,用酶水解,正己烷除脂后,用阳离子交换柱净化。回收率为80%~125%,线性范围为0.5~100 $\mu\text{g/kg}$,相关系数均大于0.992。定量限均不大于0.5 $\mu\text{g/kg}$ 。本方法灵敏、快速、简便。Wang等^[37]建立了一种新颖、灵敏度高、可靠的液相色谱-串联质谱法测定动物肌肉中西马特罗等9种 β_2 -激动剂的方法。肌肉组织使用乙腈-10%碳酸钠溶液提取,再使用一种由二甲基丙烯酸乙二醇酯(EGDMA)和偶氮二异丁腈制备的新高聚物净化材料作为固相萃取柱的填料进行净化,用LC-MS/MS测定含量。9种目标物的检出限和定量限分别为0.04~0.18 $\mu\text{g/kg}$ 和0.15~0.69 $\mu\text{g/kg}$ 。

3.4 酶联免疫吸附测定法 (enzyme linked immunosorbent assay, ELISA)

西马特罗酶联免疫反应测试盒基于竞争性酶联反应原理,含有西马特罗的抗原已经包被于微孔板上。药物分析时,样品同特异性一抗共同被添加到板孔中。如果样品中含有药物,会竞争一抗,抑制抗体与板上包被的药物抗原结合。加入酶标记的二抗,形成包被抗原-抗体-酶标二抗复合物。加入底物后,产物的颜色强弱与样品中药物的浓度成反比。酶联免疫试剂盒含有包被有西马特罗药物抗原的酶标板、西马特罗药物单克隆抗体、酶标记物、西马特罗标准品溶液、底物显色液、终止液、浓缩洗涤液、样本稀释液^[38,39]。实际应用主要包括:样品前处理、操作方法及结果分析。这是一种快速检测方法,适用于大量样品的初步筛查,缺点是假阳性率比较高。Yoon等^[40]建立起来了一种灵敏度高、特异性强的检测肌肉、牛奶等各种基质中西马特罗含量的酶联免疫吸附测定法。西马特罗的半抑制浓度为2.9 ng/mL。抗体的交叉反应率比较低,对于鸡肉和虾肉的最低定量限为0.33 ng/mL和0.30 ng/mL。

3.5 毛细管电泳法

毛细管电泳法(capillary electrophoresis, CE)是以弹性石英毛细管为分离通道,以高压直流电场为驱动力,依据样品中各组分之间淌度和分配行为上的差异而实现分离的电泳分离分析方法。这也是一种在西马特罗等 β_2 -激动剂检测中常用的方法。与其它色谱分离分析方法相比,具有效率更高、速度更快、样品和试剂耗量更少、应用面同样广泛等优点。国内外关于西马特罗毛细管电泳的检测方面的

文献报道比较多。Duan等^[41]建立了同时测定饲料中西马特罗等3种 β_2 -激动剂的毛细管区带电泳-紫外检测方法。在最佳实验条件下,在60 mmol/L的柠檬酸-柠檬酸钠运行缓冲液(pH 6.29)中,目标化合物在8 min内完全分离。线性响应范围为0.1~1.0 mg/L,最低检测限分别为0.02、0.03和0.02 mg/L,结果令人满意。Shi等^[28]建立了一种基于场放大进样技术的毛细管检测技术测定西马特罗、克伦特罗和沙丁醇胺含量的方法。在最优条件下,3种目标化合物的检测限($S/N=3$)都低于2.0 ng/mL,都远低于传统的electro-migration注射方法。Chen等^[42]建立了一种使用安培检测法的毛细管电泳法分离和测定西马特罗等3种 β_2 -激动剂。在优化条件下16 min就可以实现目标分析物基线分离。西马特罗的检测限为0.5 ng/mL,回收率为89.0%~102.0%。该方法灵敏度高,操作简便快速。

3.6 我国西马特罗检测标准

近几年由于国家对食品安全的极大关注,有关部门制定了大量有关西马特罗等 β -受体激动剂检测的相关标准,而且每一年都有所更新。主要包括以下标准:GB/T 21313-2007^[43]、GB/T 22286-2008^[44]、农业部1025号公告-18-2008^[45]、DB21/3004-2013^[46]和DBS22/012-2013^[47]。另外,通过对畜禽尿液和饲料的检测,加强肉品安全生产也是实验室常用的手段,相关标准主要包括以下几个:NY/T 1033-2006^[48]、NY/T 937-2005^[49]和农业部1031号公告-3-2008^[50]。以上的标准方法都是以液相色谱-串联质谱法为主。

4 肉品生产过程中西马特罗防控措施

4.1 加强科普宣传教育工作

在农牧民及加工生产企业中开展普及西马特罗等违禁药物的科普工作,特别是加强危害性宣传工作,使得农牧民自觉规范用药,不使用西马特罗等违禁药物。通过广泛的宣传和培训活动,增强广大养殖户的畜产品质量安全意识,畜产品安全生产意识,自觉守法诚信经营意识;提高饲料、兽药生产和经营企业、畜产品加工企业的畜产品质量安全意识,杜绝各类畜产品质量安全违法行为的发生,为畜牧业的健康发展提供有力保障,确保畜产品质量的安全。

4.2 加强生产企业管理

加强国内西马特罗等药物生产企业以及该药国外进口的监管力度,保证该药物只能在人药以及科研中合理使用,切断流向畜牧业生产的渠道。从源头上杜绝该药在畜牧业肉品生产中的非法使用。

4.3 加强和完善食品安全立法工作

对于食品安全违法行为能够做到有法可依,依法处

理。要在建立健全法律法规的基础上,还必须通过加强政府监管部门的执法力度,对问题肉品的生产、经营者严格执法,以保证阻滞或减少问题食品对消费者的危害,保障广大消费者的肉品食用安全。

4.4 加强科学研究

不断推进西马特罗的相关科学研究,开发具有更高灵敏度、准确度和精确度的肉品中西马特罗非法使用的检测方法。肉品安全制度的实施,需要配套的保障技术体系支撑。要有一套完善的食品安全技术标准,主要是产品质量标准、产品卫生标准、检测方法标准等和科学的检测手段,作为判定是否是问题肉品的依据。否则,就无法评估肉品是否安全及对人的危害程度。完善肉品中西马特罗残留机制及检测方法的研究,为肉品安全打下坚实的基础。

4.5 加强监管力度

政府职能部门加强对西马特罗等肉品中违禁药物的监管力度,对于发现的问题,进行溯源,一查到底,严厉打击。对肉品从生产、流通、销售各环节监督监控,对畜禽养殖饲料、饲料添加剂等饲喂环节也进行可控的监管,抓住主要矛盾和矛盾的主要方面,实行分析,对关键控制点进行重点监控,以此推动肉产品质量安全整体水平提高。对检查中发现的违法制售、使用西马特罗等违禁药物的行为要及时制止,严厉查处,做到发现一起,查处一起,严格执行相关处罚规定,决不姑息,构成犯罪的,要依法追究刑事责任。

5 展望

随着社会的不断进步和人民生活水平的提高,对肉品等动物源性食品需求量越来越大,质量要求越来越高,食品安全的要求也越来越高。巨大的需求量给不法分子提供了可乘之机,为了获得最大的利益,不惜铤而走险,在畜禽养殖过程中非法使用西马特罗等一些违禁药物,造成了食品安全隐患。而民众对于食品安全意识的不断增强,要求监管部门要不断加强监管打击力度,不断研究开发出高效、可靠、操作简单的检测方法才能够为监管部门提供强有力的技术支持。

参考文献

- [1] 李挥,张敬轩,宋合兴,等.超高效液相色谱-串联质谱法测定肌肉组织中6种 β_2 -受体激动剂残留[J].药物分析杂志,2011,31(12):2273-2277.
- [2] Li H, Zhang JX, Song X, *et al.* Determination of 6 kinds of β_2 -agonist residues in muscle tissue by HPLC-TMS [J]. Chin J Pharm Anal, 2011, 31(12): 2273-2277.
- [3] 郭萍,陈建安,张景平,等.动物源产品中 β_2 -兴奋剂残留状况与防控分析[J].中国卫生检验杂志,2013,23(12):2673-2677.
- [4] Guo P, Chen JA, Zhang JP, *et al.* Prevention and control analysis of β_2 -agonists residues in animal-derived products [J]. Chin J Health Lab Technol., 2013, 23(12): 2673-2677.
- [5] 黄泓,夏苏捷,刘畅,等.高效液相色谱-串联质谱法测定猪肉和猪肝中22种 β_2 -激动剂[J].食品安全质量检测学,2014,5(4):1155-1158.
- [6] Huang H, Xia SJ, Liu C, *et al.* Determination of 22 β_2 -agonists in pork and pork liver by high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry[J]. J Food Saf Qual, 2014, 5(4): 1155-1158.
- [7] Nash JE, Rocha HJ, Buchan V, *et al.* The effect of acute and chronic administration of the beta-agonist, cimaterol, on protein synthesis in ovine skin and muscle [J]. Br J Nutr, 1994, 71(4): 501-13.
- [8] Du XD, Wu YL, Yang HJ, *et al.* Simultaneous determination of 10 β_2 -agonists in swine urine using liquid chromatography-tandem mass spectrometry and multi-walled carbon nanotubes as a reversed dispersive solid phase extraction sorbent [J]. J Chromatogr A, 2012, (1260): 25-32.
- [9] Jones RW, Easter RA, McKeith FK, *et al.* Effect of the β -adrenergic agonist cimaterol (CI 263, 780) on the growth and carcass characteristics of finishing swin [J]. J Anim Sci, 1985, 61(4): 905-910.
- [10] Jones RW, Easter RA, McKeith FK, *et al.* Effect of the repartitionong agent cimaterol on growth, carcass and skeietal muscle characteristics in lambs [J]. J Anim Sci, 1987, 65: 1392-1399.
- [11] 金邦荃,周蔚,陈剑慧,等.塞曼特罗(cimaterol)对肉鸭生长后期肌肉增长和体脂代谢的影响[J].江苏农业学报,1998,14(2):118-122.
- [12] Jin BQ, Zhou W, Chen JH, *et al.* Effects of cimaterol on muscle growth and metabolism of body fat at later stage in duck [J]. Jiangsu J Agric Sci, 1998, 14(2): 118-122.
- [13] 农业部公告 第193号公告-4-2002 食品动物禁用的兽药及其它化合物清单[Z].
- [14] Bulletin of ministry of agriculture No 19-4-2002. The list of forbidden veterinary drugs and other compounds in foodstuff of animal origin [Z].
- [15] Kim YS, Sainz RD, Summers RJ, *et al.* Cimaterol reduces beta-adrenergic receptor density in rat skeletal muscles [J]. J Anim Sci, 1992, 70(1): 115-122.
- [16] Eadara K, Dalrymple RH, Delay RL, *et al.* Effects of cimaterol, a β_2 -adrenergic agonist, on protein metabolism in rats [J]. Metabolism-clin Exper, 1989, 38(6): 522-529.
- [17] Vestergaard M, Sejrsen K, Klastrup S. Growth, composition and eating quality of Longissimus dorsi from young bulls fed the β_2 -agonist cimaterol at consecutive developmental stages [J]. Meat Sci, 1994, 38(1), 55-66.
- [18] Vestergaard M, Henckel P, Oksbjerg N, *et al.* The effect of cimaterol on muscle fiber characteristics, capillary supply, and metabolic potentials of long is simus and semitendinosus muscles from young Friesian bulls [J]. J Anim Sci, 1994, 72(9): 2298-306.
- [19] Moloney AP, Allen P, Joseph RL, *et al.* Long-term effects of cimaterol in Friesian steers: II. Carcass composition and meat quality [J]. J Anim Sci, 1993, 71(4): 914-922.
- [20] Morgan JB, Jones SJ, Calkins CR. Muscle protein turnover and tenderness in broiler chickens fed cimaterol [J]. J Anim Sci, 1989, 67(10): 2646-2654.
- [21] Lee YB, Hitchcock L, Summers PJ. Effects of the beta-adrenergic agonist cimaterol on chicken muscle atrophy induced by stretch-release [J]. Growth Dev Ag Gd, 1994, 58(1): 13-19.
- [22] Han IK, Choi YJ, Lee MH, *et al.* Studies on the determination of optimum levels of energy and protein in broiler chicks fed diet containing cimaterol

- (CL 263, 780) [J]. Indian J Endocrinol Metab, 2015, 19(6): 854–855.
- [18] Kim YS, Lee YB, Garrett MN, *et al.* Effects of cimaterol on nitrogen retention and energy utilization in lambs [J]. J Anim Sci, 1989, 67(3): 674–681.
- [19] O'Connor RM, Butler WR, Finnerty KD, *et al.* Acute and chronic hormone and metabolite changes in lambs fed the beta-agonist, cimaterol [J]. Domestic Anim Endocrinol, 1991, 8(4): 537–548.
- [20] Maloney AP, Allenb P, McArthur A, *et al.* Effects of cimaterol on Finnish-Landrace wether lambs. 2. Growth and nucleic acid concentrations in selected skeletal muscles [J]. Livestock Prod Sci, 1995, 42: 35–43.
- [21] Chikhou FH, Moloney AP, Allen P, *et al.* Long-term effects of cimaterol in friesian steers: I. growth, feed efficiency, and selected carcass traits [J]. J Anim Sci, 1993, 71: 906–913.
- [22] Corciaa DD, Morraa V, Marco Pazzib M, *et al.* Simultaneous determination of b2-agonists in human urine by fast-gas chromatography/mass spectrometry: method validation and clinical application [J]. Biomed Chromatogr, 2010, 24: 358–366.
- [23] Chiaoan C, Koesukwiat U, Yudthavorasit S, *et al.* Efficient hydrophilic interaction liquid chromatography–tandem mass spectrometry for the multiclass analysis of veterinary drugs in chicken muscle [J]. Anal Chim Acta 2010, 682: 117–129.
- [24] Qu CH, Li XL, Zhang L, *et al.* Simultaneous determination of cimaterol, salbutamol, terbutaline and ractopamine in feed by SPE coupled to UPLC [J]. Chromatographia, 2011, 73(3): 243–249.
- [25] Degroot J M, Wyhowski de Bukanski B, De Groof J, *et al.* Cimaterol and clenbuterol residue analysis by HPLC-HPTLC in liver [J]. Z Lebensm Unters Forsch, 1991, 192(5): 430–432.
- [26] Wu P, Chen H, Wang Q, *et al.* Multi-residue analysis of 10 beta 2-agonists in animal tissues using gas chromatography-mass spectrometry [J]. Chin J Chromatogr, 2008, 26(1): 39–42.
- [27] Li TT, Cao JJ, Li Z, *et al.* Broad screening and identification of b-agonists in feed and animal body fluid and tissues using ultra-high performance liquid chromatography quadrupole-orbitrap high resolution mass spectrometry combined with spectra library search [J]. Food Chem, 2016, 192: 188–196.
- [28] Shi YF, Huang Y, Duan JP, *et al.* Field-amplified on-line sample stacking for separation and determination of cimaterol, clenbuterol and salbutamol using capillary electrophoresis [J]. J Chromatogr A, 2006, 1125: 124–128.
- [29] Courtheyn D, Desaeve C, Verhe R. High-performance liquid chromatographic determination of clenbuterol and cimaterol using post-column derivatization [J]. J Chromatogr A, 1991, 564(2): 537–549.
- [30] Lau JH, Khoo CS, Murby JE. Determination of clenbuterol, salbutamol, and cimaterol in bovine retina by electrospray ionization-liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. J AOAC Int, 2004, 87(1): 31–38.
- [31] Suo DC, Zhao L, Wang PL, *et al.* Simultaneous determination of b-agonists and psychiatric drugs in feeds by LC-MS-MS [J]. J Chromatogr Sci, 2014, 52(7): 604–608.
- [32] Dasenaki ME, Bletsou AA, Koulis GA, *et al.* Qualitative multiresidue screening method for 143 veterinary drugs and pharmaceuticals in milk and fish tissue using liquid chromatography quadrupole-time-of-flight mass spectrometry [J]. J Agric Food Chem, 2015, 63(18): 4493–4508.
- [33] Kaklamanos G, Vincent U, Hols CV. Multi-residue method for the detection of veterinary drugs in distillers grains by liquid chromatography–Orbitrap high resolution mass spectrometry [J]. J Chromatogr A, 2013, 1322: 38–48.
- [34] Balizs G, Hewitt A. Determination of veterinary drug residues by liquid chromatography and tandem mass spectrometry [J]. Anal Chim Acta, 2003, 492: 105–131.
- [35] González-Antuñ A, Rodríguez-González P, Centineo G, *et al.* Simultaneous determination of seven agonists in human and bovine urine by isotope dilution liquid chromatography–tandemmass spectrometry using compound-specific minimally ¹³C-labelled analogues [J]. J Chromatogr A, 2014, 1372: 63–71.
- [36] Xu LJ, Lu YF, Yang H, *et al.* Simultaneous determination of phenylethanolamine a, ractopamine, clenbuterol, cimaterol, terbutaline, salbutamol in pig urine by UPLC-MS/MS [J]. China Anim Health Inspect, 2012, 7.
- [37] Wang L, Zeng Z, Wang X, *et al.* Multiresidue analysis of nine β -agonists in animal muscles by LC-MS/MS based on a new polymer cartridge for sample cleanup [J]. J Sep Sci, 2013, 36(11): 1843–1852.
- [38] 李春生, 李君华, 武孝利, 等. 西马特罗免疫抗原合成方法的比较[J]. 畜牧与兽医, 2014, 46 (8): 61–68.
- Li CS, Li JH, Wu SL, *et al.* Cimaterol's immune antigen synthesis method of comparison [J]. Anim Husb Vet Med, 2014, 46(8): 61–68.
- [39] 职爱民, 刘庆堂, 李青梅, 等. 西马特罗人工抗原的合成及鼠源多克隆抗血清的制备[J]. 华北农学报, 2010, 25(4): 97–101.
- Zhi AM, Liu QT, Li QM, *et al.* Synthesis of cimaterol artificial antigen and development of its polyclonal antiserum [J]. Acta Agric Boreali-Sin, 2010, 25(4): 97–101.
- [40] Yoon YK, Woan TN, Karen O, *et al.* Development of an enzyme linked immunosorbent assay for fast screening of cimaterol residues in various matrices [J]. Asian Pacific J Trop Dis, 2014, 4(3): 244.
- [41] Duan J, Chen H, Chen Y, *et al.* Simultaneous determination of cimaterol, clenbuterol and salbutamol in feeds by capillary zone electrophoresis [J]. Chin J Chromatogr, 2005, 23(3): 261–263.
- [42] Chen Y, Wang W, Duan JP, *et al.* Separation and determination of clenbuterol, cimaterol and salbutamol by capillary electrophoresis with amperometric detection [J]. Electroanalysis, 2005, 17(8): 706–712.
- [43] GB/T 21313-2007 动物源性食品中 β_2 -受体激动剂残留检测方法 液相色谱-质谱/质谱法[S].
- GB/T 21313-2007 Method for determination of β_2 -agonist residues in foodstuff of animal origin-LC-MS-MS method [S].
- [44] GB/T 22286-2008 动物源性食品中多种 β -受体激动剂残留量的测定 液相色谱串联质谱法[S].
- GB/T 22286-2008 Method for determination of multiple β -agonist residues in foodstuff of animal origin-LC-MS-MS method [S].
- [45] 农业部 1025 号公告-18-2008 动物源性食品中 β_2 -受体激动剂残留检测 液相色谱-串联质谱法[Z].
- Bulletin of ministry of agriculture No 1025-18-2008. Method for determination of β_2 -agonist residues in foodstuff of animal origin-LC-MS-MS method [Z].
- [46] DB21/3004-2013 牛羊组织中 β_2 -受体激动剂残留检测 超高效液相色谱-串联质谱法[S].
- DB21/3004-2013 Determination of β_2 -agonist residues in tissue of sheep and cattle -LC-MS-MS method [S].

[47] DBS22/012-2013 动物源性食品中 24 种 β_2 受体激动剂残留量的测定 液相色谱-串联质谱法[S].

determination of β_2 -agonist residues in liver and urine of pig-GC-MS method [Z].

DBS22/012-2013 Determination of 24 β_2 -agonist residues in foodstuff of animal origin-LC-MS-MS method [S].

(责任编辑: 杨翠娜)

[48] NY/T 1033-2006 饲料中西马特罗的测定 气相色谱/质谱法[S].

NY/T 1033-2006 Determination of cimaterol in feed-LC-MS-MS method [S].

作者简介



熊 琳, 硕士, 助理研究员, 主要研究方向为农产品质量安全。

E-mail: xionglin807@sina.com

[49] NY/T 937-2005 饲料中西马特罗的测定 高效液相色谱法[S].

NY/T 937-2005 Determination of cimaterol in feed-HPLC method [S].

[50] 农业部 1031 号公告-3-2008 猪肝和猪尿中 β_2 -受体激动剂残留检测 气相色谱-质谱法[Z].

Bulletin of ministry of agriculture No 1031-3-2008. Method for

《食品贮藏保鲜与品质控制专题》征稿函

食品主要来源于农业、林业、水产业、养殖业, 食品贮藏保鲜与加工是这些产业体系的延伸, 食品的贮藏保鲜与品质控制有利于发展农村经济, 改善人民的膳食结构和营养结构, 提高人们的生活和健康水平, 保持社会稳定。

鉴于此, 本刊特别策划了“食品贮藏保鲜与品质控制专题”专题, 由大连海洋大学食品学院赵前程院长担任专题主编, 围绕(1)果蔬、粮油、肉制品和水产品等食品保鲜的新工艺开发与应用; (2)栅栏技术、生物酶技术、可食性包装膜、超高压、辐照、冰温等新型保鲜技术在食品杀菌与保鲜方面的研究与应用; (3)食品贮藏、抑菌保鲜机制分析; (4)食品保鲜包装容器/材料、食品流通中的保鲜技术; (5)食品卫生质量控制和检测方法等或您认为本领域有意义的问题进行论述, 计划在 2017 年 4 月份出版。

鉴于您在该领域的成就, 赵前程院长和主编吴永宁研究员特邀请您为本专题撰写稿件, 综述、研究论文、研究简报均可, 以期进一步提升该专题的学术质量和影响力。请在 2017 年 3 月 1 日前通过网站或 Email 投稿。我们将快速处理并经审稿合格后优先发表。

投稿方式:

网站: www.chinafoodj.com

E-mail: jfoodsq@126.com

《食品安全质量检测学报》编辑部