

超高效液相色谱-串联质谱法测定饲料中 非法添加物二羟丙茶碱

赵立军^{1*}, 张 静¹, 廖 杰², 李 云¹, 王宇萍¹, 高庆军¹

[1. 农业农村部饲料质量监督检验测试中心(成都), 成都 610041; 2. 汶川县农产品检验监测站, 汶川 623000]

摘 要: **目的** 建立超高效液相色谱-串联质谱法测定饲料中非法添加物二羟丙茶碱的分析方法。**方法** 样品经 0.2%甲酸水溶液提取, 过混合型阳离子固相萃取柱(mixed cation solid phase extraction, MCX)净化, 基质匹配标准溶液, 外标法定量。采用甲醇(A)和 0.2%甲酸水溶液(含 5 mmol/L 乙酸铵)(B)作为流动相进行梯度洗脱, 质谱采用多反应检测模式(multiple reactions monitoring, MRM)对二羟丙茶碱的定量离子和定性离子进行监测。**结果** 本方法在 6.5 min 内完成目标化合物的分离分析。二羟丙茶碱在低中高不同浓度添加水平的回收率为 80.0%~102%, 相对标准偏差小于 9%($n=5$), 方法定量限为 0.05 mg/kg。**结论** 该方法快速、准确、灵敏, 适合测定饲料产品中非法添加物二羟丙茶碱药物残留。

关键词: 二羟丙茶碱; 超高效液相色谱-串联质谱法; 兽用饲料; 非法添加物

Determination of illegal additive diprophylline in feed by ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry

ZHAO Li-Jun^{1*}, ZHANG Jing¹, LIAO Jie², LI Yun¹, WANG Yu-Ping¹, GAO Qing-Jun¹

[1. Feed Products Quality Monitoring Center of the Agriculture and Rural Affairs Ministry of China (Chengdu), Chengdu 610041, China; 2. Agricultural Products Inspection and Monitoring Station of Wenchuan County, Wenchuan 623000, China]

ABSTRACT: Objective To establish a method for determining the illegal additive diprophylline in feed by ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry. **Methods** The samples were extracted with 0.2% formic acid aqueous solution, purified by a mixed cation solid phase extraction column, and quantified by external standard method after the matrix was matched with the standard solution. Gradient elution was performed using methanol (A) and 0.2% formic acid aqueous solution (containing 5 mmol/L ammonium acetate) (B) as the mobile phases, and the quantitative and qualitative ions of diprophylline were monitored by multiple reactions monitoring on the mass spectrum. **Results** The method completed the separation and analysis of the target compound in 6.5 min. The recoveries of diprophylline were 80.0%–102% at low, medium and high levels with relative standard deviation less than 9%($n=5$) and the limit of quantitation of 0.05 mg/kg. **Conclusion** The proposed method is fast, accurate and sensitive, which is suitable for detecting diprophylline residues in feed samples.

KEY WORDS: diprophylline; ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry; veterinary feed; illegal additives

*通信作者: 赵立军, 硕士, 高级畜牧师, 主要研究方向为饲料及畜产品质量安全。E-mail: 65121892@qq.com

*Corresponding author: ZHAO Li-Jun, Master, Senior Engineer, Feed Products Quality Monitoring Center of the Agriculture and Rural Affairs Ministry of China (Chengdu), Sichuan Chengdu 610041, China. E-mail: 65121892@qq.com

0 引言

二羟丙茶碱也称喘定、甘油茶碱、新赛林,是茶碱的衍生物之一,在临床上主要用于治疗人的支气管哮喘、心源性哮喘、喘息型支气管炎、阻塞性肺气肿等^[1]。人虽然可以服用较大剂量二羟丙茶碱以达到平喘止咳效果,但可能会发生不良反应^[2-7]。据报道,二羟丙茶碱一次性用量过大,或静脉注射速度过快,或反复用药积累,或与其他药物同用使其血浓度加大,均有可能发生中毒^[8-9]。人体摄入二羟丙茶碱的毒副作用类似茶碱,剂量过大会出现恶心、呕吐、易激动、失眠、心动过速、心律失常,甚至发热、脱水、惊厥,严重者呼吸、心跳骤停。有实验表明,人体在摄入 128 mg/kg 剂量后已出现严重头痛症状。若长期摄入二羟丙茶碱类药物,会造成胆囊壁变厚,使其正常收缩功能紊乱,严重危害身体健康^[10-11]。

二羟丙茶碱未列入《国家兽药典》、《饲料原料目录》和《饲料添加剂品种目录》中,因此在商品饲料生产中禁止添加使用。在 2013 年和 2018 年四川省开展的饲料兽药质量安全风险预警监测中已发现违法使用该药物。以“二羟丙茶碱”为关键词在网络中搜索可以找到多条在养殖中使用的信息,多数网页宣传其在养殖中的特殊“功效和优势”。按照农业农村部第 194 号公告要求,自 2020 年 7 月 1 日起,饲料生产企业停止生产含有促生长类药物饲料添加剂(中药类除外)的商品饲料^[12]。随着该政策的实施,该类物质极有可能被某些厂家非法使用,造成饲料质量安全隐患。

目前对二羟丙茶碱的检测都是基于临床药物分析,常见的方法有熔点法、薄层色谱法、比色法、液相色谱法和质谱法等^[13-18],国内外尚无饲料中二羟丙茶碱的检测方法报道。本研究建立了一种超高效液相色谱-串联质谱法检测饲料中二羟丙茶碱的方法,该方法的建立将有效提升监管部门对该类物质的监控能力,为防止其违法使用提供技术支持,对确保饲料和畜产品质量安全具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 仪器与材料

LC-MS/MS-6495 超高效液相色谱-串联质谱仪(美国安捷伦公司); SQP 电子天平(北京赛多利斯公司); N-EVAP 112 氮吹仪(美国 Organomation 公司); CF16RN 离心机(日本日立公司)。

二羟丙茶碱标准品(纯度 $\geq 99.7\%$,中国食品药品检定研究院)。

乙腈、甲醇、甲酸、乙酸铵(色谱纯,美国 Sigma 公司); MCX 混合型阳离子固相萃取柱、HLB 固相萃取柱(3 mL, 60 mg, 美国 Waters 公司); C₁₈ 固相萃取柱(3 mL, 200mg, 美国 Agilent 公司); 0.22 μm 水系滤膜(天津津滕公司); 实

验室用水为 Milli-Q 超纯水。

1.2 实验方法

1.2.1 溶液配制

标准储备液配制:精密称取 50 mg 的二羟丙茶碱标准品于 50 mL 容量瓶中,用 25% 甲醇溶液溶解定容,此为质量浓度 1.0 mg/mL 的标准储备液,2~8 $^{\circ}\text{C}$ 保存。

25% 甲醇溶液:250 mL 甲醇加水稀释至 1 L,混匀。

0.2% 甲酸溶液:2 mL 甲酸加水稀释至 1 L,混匀。

乙酸铵缓冲溶液(200 mmol/L):3.1 g 乙酸铵加水溶解并稀释至 200 mL,混匀。

0.2% 甲酸水溶液(含 5 mmol/L 乙酸铵):移取 1 mL 甲酸,12.5 mL 乙酸铵缓冲溶液(200 mmol/L),加水定容至 500 mL,混匀。

1.2.2 样品前处理

① 采样和试样制备

抽取有代表性的样品,用四分法缩减取 200 g,粉碎后过 0.42 mm 孔径的分析筛,混匀,装入自封袋中,避光,备用。

② 提取

配合饲料、浓缩饲料或精料补充料:平行 2 次实验。称取试样 2 g,精确至 0.0001 g,置于 50 mL 离心管中,加入 20.0 mL 0.2% 甲酸溶液,摇匀,振荡 20 min,以 8000 r/min 离心 5 min,移取上清液作为备用液。

添加剂预混合饲料:平行 2 次实验。称取试样 1 g,精确至 0.0001 g,置于 50 mL 离心管中,加入 10.0 mL 0.2% 甲酸溶液,摇匀,振荡 20 min,以 8000 r/min 离心 5 min,移取上清液作为备用液。

③ 净化

配合饲料、浓缩饲料或精料补充料:将固相萃取柱依次用 3 mL 甲醇、3 mL 水活化。准确移取 5.0 mL 备用液过柱,用 3 mL 水淋洗,抽干,再用 3 mL 甲醇洗脱,收集洗脱液,于 50 $^{\circ}\text{C}$ 氮吹至干,准确加入 1.00 mL 0.2% 甲酸溶液溶解,涡旋混匀,过 0.22 μm 滤膜。

添加剂预混合饲料:取适量备用液过 0.22 μm 滤膜 2 次。

1.2.3 液相色谱-串联质谱条件

(1) 液相色谱条件

安捷伦 ZORBAX Eclipse Plus-C₁₈ 色谱柱(2.1 mm \times 50 mm, 1.8 μm),流动相:甲醇(A)-0.2% 甲酸水溶液(含 5 mmol/L 乙酸铵),流速:0.3 mL/min,进样体积:2 μL ,柱温:30 $^{\circ}\text{C}$ 。液相色谱梯度洗脱程序:0~0.5 min, 85% B; 0.5~2.5 min, 85%~5% B; 2.5~3.2 min, 5%~2% B; 3.2~4.2 min, 2% B; 4.2~4.21 min, 2%~85% B; 4.21~6.50 min, 85% B。

(2) 质谱条件

离子源:电喷雾电离 ESI(+);毛细管电压:4 kV;雾化气:氮气,20 psi;干燥气:氮气,14 L/min,温度 200 $^{\circ}\text{C}$;碰

撞气: 氮气; 鞘气: 氮气, 11 L/min, 温度 350 °C; 扫描模式: 多反应监测模式。

2 结果与分析

2.1 质谱条件优化

将二羟丙茶碱标准溶液配制成质量浓度为 0.5 μg/mL, 可不安装色谱柱, 直接将液相色谱与质谱用两通连接, 在正离子模式下进行全扫描, 确定化合物的分子离子峰, 将分子离子作为母离子, 在碰撞气体和适当碰撞能量的作用下进行二级离子扫描, 选取丰度较强、质荷比大、干扰较小的 2 个子离子分别作为定性及定量离子, 并优化母离子电压和碰撞能, 二羟丙茶碱质谱参数优化结果见表 1。

2.2 前处理条件优化

2.2.1 提取条件优化

(1) 提取液的优化

二羟丙茶碱为极性化合物, 实验选取基质复杂的乳猪配合饲料 2 g, 添加二羟丙茶碱标液使其浓度为 10.0 mg/kg, 分别用体积分数 0.2% 甲酸甲醇、0.2% 甲酸乙腈、0.2% 甲酸水、0.1% 甲酸水、1.0% 甲酸水溶液作为溶剂进行提取, 提取液经 0.22 μm 滤膜过滤后, 上机测定, 计算

其回收率, 结果见表 2。由结果可知, 0.2% 甲酸水溶液对样品提取的回收率最高, 且不使用挥发性和毒性较强的甲醇、乙腈等有机溶剂, 提取溶剂绿色环保, 成本低廉, 因此考虑采用甲酸水作为提取液。经对不同浓度的甲酸水溶液进行提取效率的比较, 最终选择体积分数 0.2% 甲酸水作为样品的提取液。

(2) 提取时间和提取液体积的优化

在体积分数为 0.2% 甲酸水为样品提取液时, 考察了提取时间分别为 10、20、30、40 min 时方法的回收率情况, 结果见图 1。实验结果表明, 随着提取时间增加, 样品回收率逐渐升高, 且在 20 min 时样品回收率可达 85% 以上, 之后回收率无明显增加。为提高检测效率, 节约操作时间, 最终将样品提取时间定为 20 min。

在样品提取时间为 20 min 的情况下, 考察了提取液体积分别为 10、20、30、40 mL 时方法的回收率情况, 结果见图 2。当体积为 10 mL 时, 虽然回收率较高, 但部分样品植物性成分含量高, 吸水性较强, 离心后上清液较少, 不利于吸取净化。提取体积为 30 和 40 mL 时, 虽然回收率满意, 但造成了提取液的浪费。因此本研究最终选择提取液体积为 20 mL, 在回收率满足要求的情况下, 最大限度节约了溶剂, 方便移取操作。

表 1 二羟丙茶碱药物质谱参数
Table 1 Mass parameters of diprophylline residues

化合物	母离子 (m/z)	子离子 (m/z)	驻留时间/ms	母离子电压/V	碰撞能/eV
二羟丙茶碱	255.0	123.9*	250	380	34
	255.0	180.9	250	380	22

注: *为定量离子。

表 2 各种提取液回收率比较
Table 2 Comparison of recovery rates of various solutions

提取液名称	0.2% 甲酸甲醇溶液	0.2% 甲酸乙腈溶液	0.2% 甲酸溶液	0.1% 甲酸溶液	1.0% 甲酸溶液
回收率/%	46.0	37.8	73.4	63.2	62.3

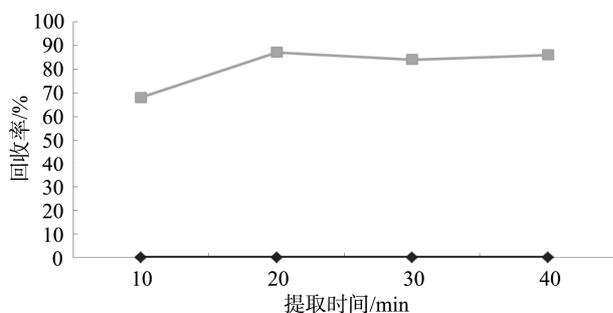


图 1 提取时间的确定

Fig.1 Determination of extraction time

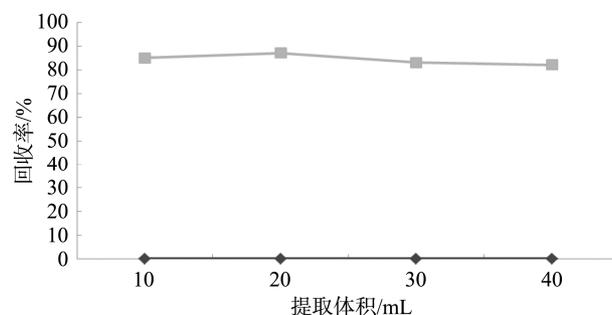


图 2 提取液体积的确定

Fig.2 Determination of extraction liquid volume

2.2.2 净化条件优化

饲料产品种类繁多, 基质复杂, 因此应对样品的提取液进行净化处理, 以减少对仪器的污染和检测结果的干扰。选用实验室常用的 C₁₈、HLB 和 MCX 柱用于净化条件优化。选取鸡配合饲料、猪配合饲料、猪浓缩料以及猪复合预混合饲料进行加标, 分别经 C₁₈、HLB 和 MCX 柱净化后, 上机测定, 计算各回收率, 图 3~5 分别列出了鸡配合饲料净化后测定的特征离子色谱图。

由图 3~5 特征离子色谱图可以看出, 待测物保留时间在 2 min, C₁₈ 柱对样品净化效果最差, 谱图中除待测物外杂质峰仍然较多, 且干扰待测物的色谱基线, HLB 柱和 MCX 柱对样品的净化效果较好, 但使用 HLB 柱净化的样

品回收率为 72%, 而使用 MCX 柱净化的样品回收率达到 85.5%。MCX 柱净化的样品效果和回收率明显优于其他 2 种净化柱, 所以最终选择 MCX 柱作为净化柱。该种固相萃取柱的净化原理为待测物在酸性提取液中带上正电荷, 经静电力和分子间作用力吸附于净化柱填料, 而提取液中杂质物流过净化柱不被保留, 最后用洗脱液将待测物从填料上冲洗下来, 从而达到净化目的。猪配合饲料、猪浓缩料以及肉牛精料补充料使用 MCX 柱的净化实验效果同样理想, 该研究结果与 MCX 柱适用于碱性化合物的净化结论相一致, 考虑到 MCX 净化柱的普及性, 最终选取 60 mg/3 mL 规格进行实验, 并对其淋洗、洗脱条件进行优化确定。

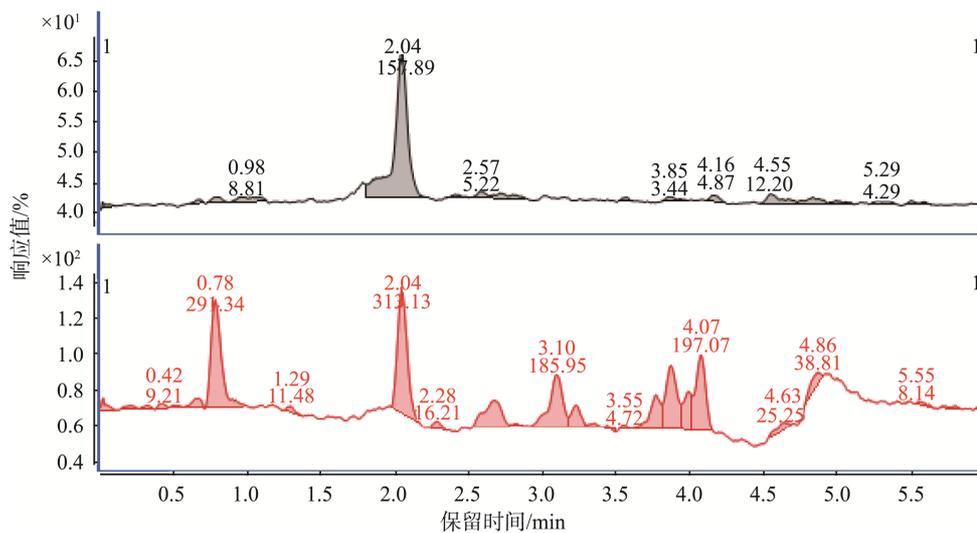


图 3 C₁₈ 柱净化效果的特征离子色谱图

Fig.3 Characteristic ion chromatogram of the purification effect with C₁₈ column

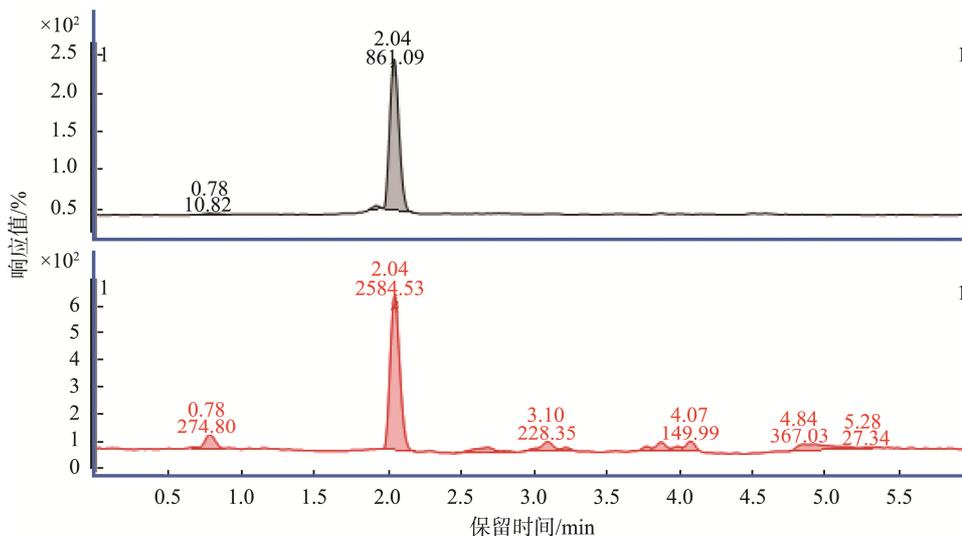


图 4 HLB 柱净化效果的特征离子色谱图

Fig.4 Characteristic ion chromatogram of the purification effect with HLB column

而对于添加剂预混合饲料, 特别是微量元素预混合饲料和复合预混合饲料, 以上 3 类净化柱净化后, 均无法得到满意的回收率。考虑到本方法的适用性, 实验最终优化为将添加剂预混合饲料提取液经高速离心后, 过 2 次 0.22 μm 滤膜净化。图 6 为空白猪复合预混合饲料中添加浓度为 0.05 mg/kg 二羟丙茶碱的特征离子色谱图, 该净化方法简单易行, 待测物色谱峰无干扰, 不影响其定性定量。

2.3 线性范围、检出限和定量限

准确量取适量标准储备各溶液, 用 0.2% 甲酸水溶液稀释成浓度为 10.0 μg/mL 的标准中间液。取各类型空白试样,

按样品前处理得到空白基质溶液, 再取适量该中间液, 以空白基质溶液进行稀释, 配制成浓度为 5.0、25.0、50.0、100.0、200.0、500.0 ng/mL 基质匹配标准系列溶液, 临用现配。以待测物峰面积为纵坐标, 浓度为横坐标, 绘制标准曲线, 结果表明待测物在 5.0~500.0 ng/mL 浓度范围内线性关系良好, 回归方程为 $Y=164.943X-262.790$, 相关系数 $r^2=0.9998$ 。

添加适量标准溶液于空白样品中, 经提取净化处理后供液相色谱-串联质谱仪检测, 依据待测物信噪比 $S/N>3$ 和 $S/N>10$ 分别确定方法检出限(limit of detection, LOD)为 0.01 mg/kg 和定量限(limit of quantity, LOQ)为 0.05 mg/kg。

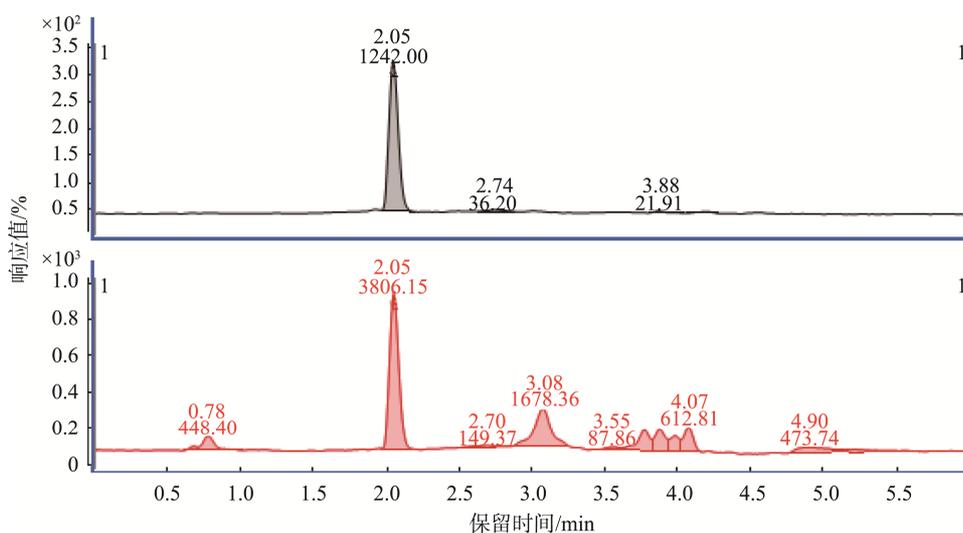


图 5 MCX 柱净化效果的特征离子色谱图

Fig.5 Characteristic ion chromatogram of the purification effect with MCX column

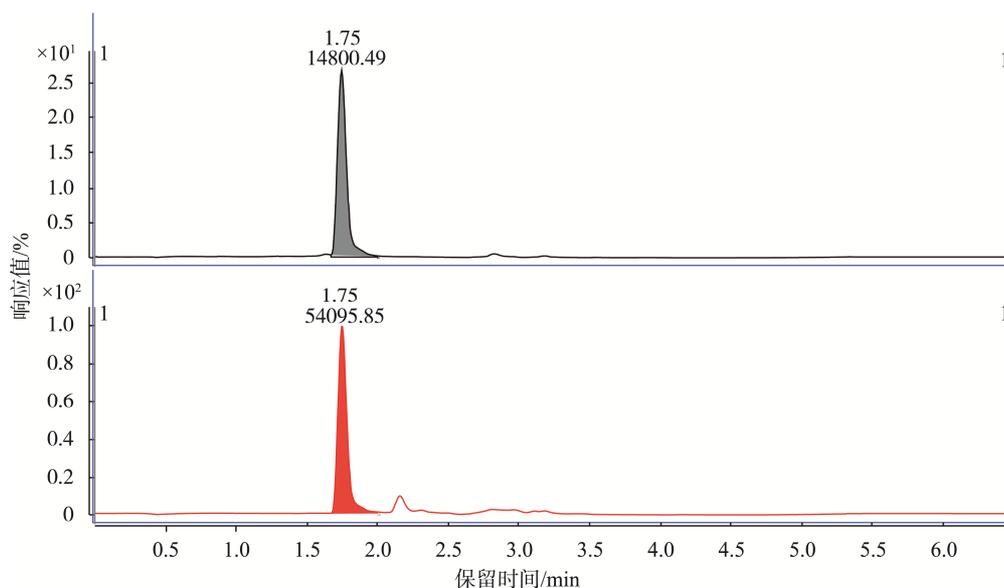


图 6 空白猪复合预混合饲料中添加浓度为 0.05 mg/kg 二羟丙茶碱的特征离子色谱图

Fig.6 Characteristic ion chromatogram of blank pig premix spiked with 0.05 mg/kg diprophylline

2.4 回收率及精密度实验

选取空白猪配合饲料在 0.05、1.0、5.0 和 10.0 mg/kg 水平下进行加标回收实验;选取空白猪浓缩饲料和空白肉牛精料补充料分别在 0.05、0.5、5.0 和 50.0 mg/kg 水平下进行加标回收实验;选取空白猪复合预混料在 0.05、0.5、10.0 和 100.0 mg/kg 水平下进行加标回收实验。每个添加浓度制备 5 个平行样品,重复 5 个批次,准确度和精密度见表 3。结果表明,实际样品的回收率良好,平均回收率在 80.0%~102.0%,相对标准偏差均小于 10.00%。本方法准确度和精密度良好,符合实验室质量控制规范要求^[19],适用于饲料中二羟丙茶碱的定性和定量检测。

表 3 实际样品中二羟丙茶碱的加标回收结果
Table 3 Recovery of diprophylline from actual samples

样品	加标浓度 (mg/kg)	平均回收率 /%	相对标准偏 差/%
猪配合饲料	0.05	84.2	4.73
	1.0	93.0	1.80
	5.0	97.2	2.53
	10.0	102.0	0.70
猪浓缩饲料	0.05	88.2	3.04
	0.5	84.7	2.64
	5.0	90.7	4.36
	50.0	85.3	2.21
肉牛精料补充料	0.05	93.4	6.05
	0.5	87.4	5.27
	5.0	83.7	9.51
	50.0	85.5	6.32
猪复合预混合饲料	0.05	80.0	8.04
	0.5	83.1	2.95
	10.0	81.6	2.66
	100	83.4	3.13

2.5 实际样品测定

用本方法对生产环节和经营环节中抽取的 30 份猪饲料样品和 10 份鸡饲料进行检测,结果均为未检出。

3 结论

通过优化样品前处理方法和检测条件,本研究建立了一种灵敏度、准确度和精密度良好的饲料中二羟丙茶碱的测定方法,特别是样品提取液为水溶液,既减少了有机试剂对操作人员的伤害,又降低了检测成本,步骤科学合

理,易于掌握,增强了方法的实用性和适用性。本方法的建立填补了国内外饲料中二羟丙茶碱检测方法的空白,对保障饲料及食品质量安全具有重要意义。

参考文献

- [1] JAMES WA, DUANGCHIT P, JOHN H. Preparation and characterization of potential prodrugs of dyphylline [J]. *J Pharm Sci*, 1985, 74(2): 184-187.
- [2] 李芳,程玉峰,吴成明,等.沙丁胺醇联合二羟丙茶碱治疗慢性阻塞性肺疾病急性加重期的临床研究[J].*现代药物与临床*, 2020, 35(6): 1171-1175.
- [3] LI F, CHENG YF, WU CM, *et al.* Clinical study on salbutamol combined with diprophylline in treatment of acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease [J]. *Drugs Clint*, 2020, 35(6): 1171-1175.
- [4] 黄莹,刘琼娇,龚宗炼.金贝痰咳清颗粒联合二羟丙茶碱治疗老年慢性支气管炎急性发作的效果[J].*中国医药导报*, 2019, 16(31): 148-151.
- [5] HUANG Y, LIU QJ, GONG ZL. Effect of jinbei tankeqing particles combined with diprophylline in the treatment of elderly patients with acute exacerbation of chronic bronchitis [J]. *China Med Her*, 2019, 16(31): 148-151.
- [6] 刘海萍,国麟祺,王东伟,等.二羟丙茶碱全麻诱导前预处理对肺灌洗液中 IL-8、ICAM-1 表达的影响[J].*哈尔滨医科大学学报*, 2018, 52(2): 129-131.
- [7] LIU HP, GUO LQ, WANG DW, *et al.* Influences of diprophylline pretreatment on IL-8 and ICAM-1 in lung lavage fluid before general anesthesia [J]. *J Harbin Med Univ*, 2018, 52(2): 129-131.
- [8] 卢晶,郭红,刘海萍,等.二羟丙茶碱预处理对支气管麻醉手术肺保护作用的研究[J].*中国医学创新*, 2018, 15(5): 49-52.
- [9] LU J, GUO H, LIU HP, *et al.* Protective effect of diprophylline pretreatment on lung during bronchial anesthesia [J]. *Med Innov China*, 2018, 15(5): 49-52.
- [10] 康丹红,平晓秋,王铁军,等.头孢哌酮舒巴坦钠与二羟丙茶碱联合用药致心脏猝死 1 例[J].*中国医疗前沿*, 2013, 8(20): 87-88.
- [11] KANG DH, PING XQ, WANG TJ, *et al.* Cefoperazone sodium and sulbactam sodium injection combined with diprophylline injection-induced sudden cardiac death, one cases of drug [J]. *National Med Front China*, 2013, 8(20): 87-88.
- [12] 胡福英.固本咳喘胶囊联合二羟丙茶碱片治疗缓解期支气管哮喘的临床研究[J].*现代药物与临床*, 2018, 33(2): 295-298.
- [13] HU FY. Clinical study on guben kechuan capsules combined with diprophylline tablets in treatment of remission stage of bronchial asthma [J]. *Drugs Clinic*, 2018, 33(2): 295-298.
- [14] 何瑾,张峻,周琼.286 例血清茶碱浓度监测结果分析[J].*中国药师*, 2009, 12(3): 350-352.
- [15] HE J, ZHANG J, ZHOU Q. Blood concentration monitoring and analysis of theophylline in 286 cases [J]. *China Pharm*, 2009, 12(3): 350-352.
- [16] 林碧英,许惠溢.简述临床常用的三种茶碱类药物[J].*海峡药学*, 2018, 30(7): 249-250.
- [17] LIN BY, XU HY. Three theophylline drugs commonly used in clinic [J]. *Strait Pharm J*, 2018, 30(7): 249-250.
- [18] SIMONS KJ, SIMONS FE. Urinary excretion of dyphylline in humans [J]. *J Pharm Sci*, 2010, 68(10): 1327-1329.
- [19] 姜寅光,李隽.二羟丙茶碱引起胆囊改变 27 例分析[J].*中国药事*, 2003, 17(6): 388.

- JIANG YG, LI J. Analysis of 27 cases of gallbladder changes caused by dyphylline [J]. Chin Pharm Affair, 2003, 17(6): 388.
- [12] 中华人民共和国农业农村部公告第 194 号[S].
Announcement No. 194 of the ministry of agriculture and rural areas of the People's Republic of China [S].
- [13] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典 2010 年版(二部)[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2010.
National Pharmacopoeia Committee. Pharmacopoeia of the People's Republic of China 2010 Edition (part two) [M]. Beijing: China Medical Science and Technology Publishing House, 2010.
- [14] 班付国, 邹素华, 吴宁鹏, 等. HPLC-PDA 法检测 17 种兽药中非法添加氨茶碱、二羟丙茶碱的研究[J]. 中国兽药杂志, 2014, 48(12): 32-38.
BAN FG, ZOU SH, WU NP, *et al.* Determination of aminophylline and diprophylline in 17 kinds of veterinary drugs by HPLC-PDA [J]. Chin J Vet Drug, 2014, 48(12): 32-38.
- [15] MARKUS W, BRIGITTE E, FERENC F. Simultaneous determination of diprophylline, proxiphylline and theophylline serum by reversed-phase high-performance liquid chromatography [J]. J Chromatogr B: Biomed Sci Appl, 1983, 276: 341-348.
- [16] N.Paterson. High-performance liquid chromatographic method for the determination of diprophylline in human serum [J]. J Chromatogr B: Biomed Sci Appl, 1982, 232(2), 450-455.
- [17] 汤琨. TCL 联用 HPLC 快速筛查止咳平喘制剂中 9 种非法添加成分的实验研究[J]. 亚太传统医药, 2018, 14(1): 31-34.
TANG J. Rapid screenings of 9 illegally added chemicals in asthma drug by TCL and HPLC [J]. Asia-Pac Tradit Med, 2018, 14(1): 31-34.
- [18] 周跃. HPLC 法测定二羟丙茶碱片中主药的含量[J]. 中国药房, 2008, 19(7): 542-543.
ZHOU Y. Determination of diprophylline in diprophylline tablets by HPLC [J]. China Pharm, 2008, 19(7): 542-543.
- [19] GB/T 27404—2008 实验室质量控制规范 食品理化检测[S].
GB/T 27404—2008 Laboratory for quality control standard-Physical and chemical testing of food [S].

(责任编辑: 张晓寒)

作者简介



赵立军, 硕士, 高级畜牧师, 主要研究方向为饲料及畜产品质量安全。
E-mail: 65121892@qq.com

“食品保鲜与贮藏”专题征稿函

随着生活水平的逐渐提高, 人们对食品的质量有了更高的要求。因此, 保鲜技术被广泛应用于食品的加工流通过程中。如何保持食品的新鲜度以及食品在储藏过程中的安全性成为目前研究的重点。

鉴于此, 本刊特别策划了“食品保鲜与贮藏”专题, 由浙江大学 罗自生教授 担任专题主编, 主要围绕 (1)果蔬、粮食、水产品、禽肉制品等食品保鲜方法、技术; (2)食品在储藏中的生理、生化变化; (3)食品腐败以及控制方法等或您认为有意义的领域展开讨论, 计划在 2021 年 6 月出版。

鉴于您在该领域的成就, 本刊主编国家风险评估 吴永宁研究员 及浙江大学 罗自生教授 特邀请您为本专题撰写稿件, 以期进一步提升该专题的学术质量和影响力。综述、实验报告、研究论文均可, 请在 2021 年 4 月 19 日前通过网站或 E-mail 投稿。我们将快速处理并优先发表。

感谢您的参与和支持!

投稿方式(注明专题): 食品保鲜与贮藏

网站: www.chinafoodj.com

E-mail: jfoodsqa@126.com

《食品安全质量检测学报》编辑部