DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.20260511001
**引用格式**: 朱晓雯, 张晓璐, 周舟, 等. 高效液相色谱-串联质谱法评价阿胶益寿口服液中阿胶投料情况[J]. 食品安全质量检测学报, 2026, 17(18): 154–163.
Zhu Xiaowen, Zhang Xiaolu, Zhou Zhou, et al. Evaluation of the feeding amount of *Asini Corii Colla* in Ejiao Yishou oral liquid by high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2026, 17(18): 154–163. (in Chinese with English abstract).

# 高效液相色谱-串联质谱法评价阿胶益寿口服液中阿胶投料情况

朱晓雯, 张晓璐*, 周 舟, 程 妍
[常州市食品药品纤维质量监督检验中心(常州市生物制造产品质量检测与风险控制重点实验室), 常州 213000]

**摘 要: 目的** 建立高效液相色谱-串联质谱法(high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry, HPLC-MS/MS)定性及定量测定阿胶益寿口服液中阿胶的方法。**方法** 采用胰蛋白酶对阿胶益寿口服液进行酶解, 利用 HPLC-MS/MS[采用 ZORBAX Eclipse Plus $C_{18}$ 色谱柱(3.0 mm×150 mm, 1.8 μm)、流动相 0.1%甲酸水-乙腈进行梯度洗脱], 在电喷雾离子化模式下, 进行多反应监测, 并进行阿胶专属鉴别及阿胶特征多肽含量测定。**结果** 阿胶多肽成分线性关系良好, 相关系数均大于 0.999, 仪器精密度、样品稳定性、样品重复性相对标准偏差均小于 4.0%, 3 个浓度水平加标回收率范围为 88.30%~100.22%。以此方法测定 126 批阿胶益寿口服液, 均检出阿胶, 91.3%的样品中驴源多肽 $A_1$ 与驴源多肽 $A_2$ 总量低于拟定限度。**结论** 所建立的方法准确可靠、专属性强, 可用于阿胶益寿口服液中阿胶的质量控制。

**关键词:** 阿胶益寿口服液; 高效液相色谱-串联质谱法; 阿胶; 特征多肽
**中图分类号:** R286 **文献识别码:** A **文章编号:** 2095–0381(2026)18–0154–10

# Evaluation of the feeding amount of *Asini Corii Colla* in Ejiao Yishou oral liquid by high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry

ZHU Xiao-Wen, ZHANG Xiao-Lu*, ZHOU Zhou, CHENG Yan
[*Changzhou Food and Drug Fiber Quality Supervision and Inspection Center* (*Changzhou Key Laboratory of Quality Inspection and Risk Control for Biomanufacturing Products*), *Changzhou* 213000, *China*]

**ABSTRACT: Objective** To establish a method for qualitative and quantitative determination of *Asini Corii Colla* in Ejiao Yishou oral liquid by high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry (HPLC-MS/MS). **Methods** The Ejiao Yishou oral liquid sample was digested with trypsin prior to HPLC-MS/MS analysis. A ZORBAX Eclipse Plus $C_{18}$ column (3.0 mm×150 mm, 1.8 μm) was adopted, using 0.1% formic acid aqueous solution-acetonitrile

**收稿日期:** 2026-05-11
**基金项目:** 国家药品监督管理局 2025 年国家药品抽验计划项目(序号 7)
**第一作者:** 朱晓雯(1989—), 女, 硕士, 副主任中药师, 主要研究方向为药品与保健食品质量研究。E-mail: 525796604@qq.com
***通信作者:** 张晓璐(1981—), 女, 主任药师, 主要研究方向为药品分析与质量标准研究。E-mail: 33908727@qq.com

as mobile phase for gradient elution. Under the electrospray ionization mode, multi-reaction monitoring was carried out and the specific identification of *Asini Corii Colla* and the determination of the content of characteristic peptides of *Asini Corii Colla* were conducted. **Results** The polypeptides derived from *Asini Corii Colla* exhibited good linearity relationships, with all correlation coefficients above 0.999. The relative standard deviations for instrumental precision, sample stability and method repeatability were all less than 4.0%, and the spiked recoveries at 3 concentration levels ranged from 88.30% to 100.22%. *Asini Corii Colla* was detected in all 126 batches of samples, while 91.3% of the samples had total content of the donkey-derived peptide $A_1$ and peptide $A_2$ below the proposed limit. **Conclusion** The established method is accurate, reliable and highly specific, and can be used for the quality control of *Asini Corii Colla* in the Ejiao Yishou oral liquid.

**KEY WORDS:** Ejiao Yishou oral liquid; high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry; *Asini Corii Colla*; characteristic peptides

## 0　引　言

阿胶为传统经典贵细药材, 属药食同源特色品种[1–3], 兼具补血滋阴、润燥固本的药用功效与日常食补的食用价值。在药品领域, 阿胶为《中国药典》收载品种, 是近百种中成药的核心药味, 广泛应用于血虚证治疗、妇科调理、术后康复等临床场景; 在保健食品领域, 阿胶凭借增强免疫力、改善营养性贫血等公认功能, 成为滋补类保健食品的核心原料; 在普通食品领域, 依托药食同源的政策定位, 阿胶深度融入全民日常保健、体质调养与四季滋补场景, 在大健康养生行业具备极高的应用价值与发展前景。

随着市场需求持续增长, 加之上游驴皮原料供应受限, 阿胶原料价格居高不下, 市场劣质阿胶、掺伪阿胶问题频发。受成本驱动, 部分含阿胶产品生产企业存在以劣质阿胶投料、减量投料甚至不投料的风险, 严重影响产品质量与消费者权益[4–8]。目前阿胶质量控制涵盖性状鉴别、薄层色谱法、凝胶电泳法[9–10]、酶联免疫吸附法及高效液相色谱法[11–15]等技术, 但多存在专属性不足、易受基质干扰、定量准确性差等局限, 难以适配复方制剂中阿胶的精准质量评价。近年高效液相色谱-串联质谱技术[16–20]凭借高灵敏度与高专属性, 基于特征多肽的检测已成为阿胶真伪鉴别研究的主流方向, 但相关研究多聚焦于阿胶原料及简单基质产品[21–25], 针对复方制剂的专属定量方法较少, 且普遍缺乏系统方法学验证与大样本市场监测数据。阿胶益寿口服液由炙黄芪、制何首乌、阿胶、人参等药味组成, 具有补气养血的功效。阿胶益寿口服液现行的标准整体较滞后, 仅有国家食品药品监督管理总局颁布的阿胶益寿口服液($WS_3$-B-1143-92-1)和阿胶益寿口服液中牛皮源成分检查项补充检验方法(BJY 202110), 缺乏针对核心原料阿胶的专属质量控制项, 难以有效保障产品的质量均一性与临床疗效。通过课题前期研究发现, 仅通过阿胶掺伪检查, 不能完全评价阿胶益寿口服液中原料阿胶的质量及投料情况。基于此, 本研究建立高效液相色谱-串联质谱法定性鉴别阿胶益寿口服液中阿胶, 以及定量测定特征性成分驴源多肽 $A_1$ 和驴源多肽 $A_2$ 的方法, 为阿胶类药品、保健食品及滋补食品的投料监管提供技术支撑, 也为相关制剂质量标准提升提供参考。

## 1　材料与方法

### 1.1　仪　器

LCMS-8050 高效液相色谱三重四极杆质谱仪(日本岛津公司); XP504 电子天平(精度 0.01 mg, 瑞士梅特勒-托利多公司); KQ5200DE 超声仪(昆山超声仪器有限公司); DHP-9032B 电热恒温培养箱(上海一恒科学仪器有限公司); ZORBAX Eclipse Plus $C_{18}$ 色谱柱(3.0 mm×150 mm, 1.8 μm)(美国安捷伦科技有限公司)。

### 1.2　试　剂

驴源多肽 $A_1$(批号 112040-202403, 含量 91.7%)、驴源多肽 $A_2$(批号 112041-202503, 含量 91.1%)、阿胶(批号 121274-201904)(中国食品药品检定研究院); 乙腈(质谱纯)、甲酸(纯度 99.0%)(美国赛默飞世尔科技公司); 胰蛋白酶(序列大于等于 10000 BAEE 单位/mg, 分析纯, 美国 Sigma 公司); 碳酸氢铵(分析纯, 国药集团化学试剂有限公司); 水为 Milli-Q 制备的纯化水。

### 1.3　样　品

试验所用阿胶益寿口服液样品为流通环节抽样或通过网络渠道购得, 共计 126 批(生产企业 A, 24 批次; 生产企业 B, 11 批次; 生产企业 C, 18 批次; 生产企业 D, 37 批次; 生产企业 E, 36 批次)。阿胶药材购自药店及网络渠道, 共 8 批次(5 家生产企业, 批号分别为 24100201、22030004、2303022、20240329、20240403、241104、22030117、23K010)。

### 1.4　溶液的制备

#### 1.4.1　阿胶鉴别供试品溶液的制备

精密吸取阿胶益寿口服液供试品 3 mL, 置 50 mL 量瓶中, 加 1%碳酸氢铵溶液 40 mL, 超声处理 30 min, 冷却

至室温, 加 1%碳酸氢铵溶液稀释至刻度, 摇匀, 用 0.22 μm 微孔滤膜滤过, 取续滤液 100 μL, 置微量进样瓶中, 加胰蛋白酶溶液(取序列分析级胰蛋白酶, 加 1%碳酸氢铵溶液制成每 1 mL 中含 1 mg 的溶液, 活力≥10000 BAEE 单位/mg, 临用新制)10 μL, 摇匀, 37 ℃恒温酶解 12 h, 即得。

1.4.2 阿胶特征多肽含量测定供试品溶液的制备

取 1.4.1 项下续滤液 1 mL 至 5 mL 量瓶中, 加胰蛋白酶溶液 10 μL, 加 1%碳酸氢铵溶液至刻度, 摇匀, 37 ℃恒温酶解 12 h, 即得。

1.4.3 标准制剂样品溶液的制备

以全部药味按标准中处方工艺(国家食品药品监督管理总局颁布的阿胶益寿口服液, $WS_3$-B-1143-92-1)制成标准制剂样品, 按照 1.4.2 项下制备方法同法制成标准制剂样品溶液。

1.4.4 缺阿胶阴性对照样品溶液的制备

以缺阿胶的其余药味按标准中处方工艺制成缺阿胶阴性样品, 按照 1.4.2 项下供试品溶液制备方法同法制成标准制剂样品溶液。

1.4.5 阿胶对照药材溶液的制备

取阿胶对照药材 0.1 g, 置 50 mL 量瓶中, 加 1%碳酸氢铵溶液 40 mL, 超声处理 30 min, 加 1%碳酸氢铵溶液稀释至刻度, 摇匀, 用 0.22 μm 微孔滤膜滤过, 取续滤液 100 μL, 置微量进样瓶中, 加胰蛋白酶溶液 10 μL, 摇匀, 37 ℃恒温酶解 12 h, 即得。

1.4.6 特征多肽对照品溶液制备

取驴源多肽 $A_1$ 对照品、驴源多肽 $A_2$ 对照品适量, 精密称定, 加 1%碳酸氢铵溶液分别制成每 1 mL 含 2.5 μg 的混合溶液, 即得。

1.4.7 空白溶液的制备

除不加样品外, 其余照供试品溶液的制备方法同法制成空白溶液。

### 1.5 试验方法

1.5.1 色谱条件

色谱柱为 ZORBAX Eclipse Plus $C_{18}$ (3.0 mm×150 mm, 1.8 μm), 以乙腈为流动相 A, 以 0.1%甲酸溶液为流动相 B, 梯度洗脱(0~7.0 min, 5%~20% A; 7.0~7.5 min, 20%~80% A; 7.5~10.0 min, 80% A); 流速为 0.3 mL/min, 柱温为 35 ℃, 进样量 5 μL。

1.5.2 质谱条件

电喷雾电离源, 采用正离子模式检测, 多反应监测模式扫描; 接口温度: 300 ℃; 脱溶剂温度: 526 ℃; 脱溶剂管温度: 250 ℃; 加热块温度: 400 ℃; 雾化气流量: 3 mL/min; 加热气流量: 10 mL/min; 干燥气流量: 10 mL/min。各化合物监测离子对和碰撞电压(collision energy, CE)见表 1。

### 1.6 数据处理

数据的采集及线性方程的绘制通过岛津液质工作站 LabSolutions V5.8 软件, 箱式图的数据统计采用 Minitab19 软件, 方差分析等采用 IBM SPSS Statistics 22, 表格的绘制采用 Excel 2016 年版, 试验重复次数为 6 次。

**表 1 化合物的质谱监测离子对、CE**

**Table 1 Monitored ion pairs and CE of each compound for mass spectrum**

| 化合物 | 母离子(*m*/*z*) | 子离子(*m*/*z*) | CE/V |
|---|---|---|---|
| 阿胶鉴别 | 539.80 | 612.4* | –22 |
| | | 923.8 | –21 |
| 驴源多肽 $A_1$ | 469.25 | 712.3* | –20 |
| | | 783.4 | –19 |
| 驴源多肽 $A_2$ | 618.35 | 779.4* | –23 |
| | | 850.4 | –23 |

注: *为定量离子对。

## 2 结果与分析

### 2.1 阿胶鉴别的方法学研究

2.1.1 阿胶鉴别方法专属性试验

精密吸取阿胶对照药材溶液、缺阿胶阴性样品溶液、供试品溶液、空白溶液各 5 μL, 选择 *m*/*z* 539.80(双电荷)→*m*/*z* 612.40 和 *m*/*z* 539.80(双电荷)→*m*/*z* 923.80 作为检测离子对进行测定。供试品色谱图中, 均同时出现与阿胶对照药材色谱保留时间一致的色谱峰; 缺阿胶阴性样品与空白溶液未同时出现与阿胶对照药材色谱保留时间一致的色谱峰, 表明处方中其他药味对测定结果无干扰, 专属性强, 见图 1。

2.1.2 阿胶鉴别方法精密度试验

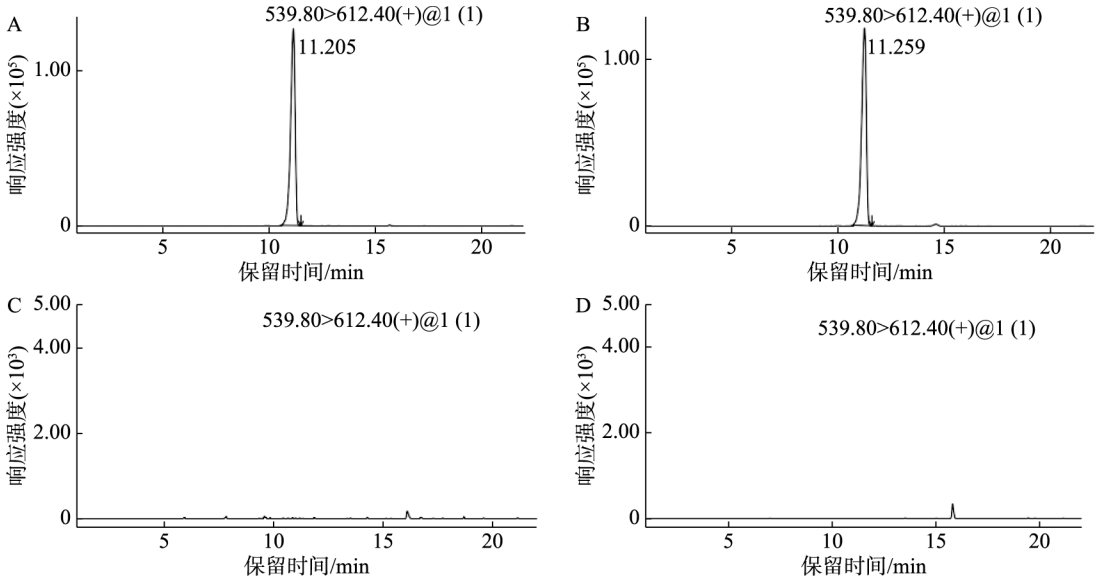
精密吸取阿胶对照药材溶液 5 μL, 在 1.5 项下条件连续进样测定 6 次, 在阿胶特征分子离子峰 *m*/*z* 539.80(双电荷)→*m*/*z* 612.40 提取的离子流色谱图中, 峰面积相对标准偏差(relative standard deviation, RSD)为 2.2%, 在 95%置信区间(1.36%~5.33%)内, 表明本方法仪器精密度良好。

2.1.3 阿胶鉴别方法稳定性试验

取同一阿胶对照药材溶液, 分别于配制后的 0、2、4、8、12、24 h, 按 1.5 项下条件测定。在阿胶特征分子离子峰 *m*/*z* 539.80(双电荷)→*m*/*z* 612.40 提取的离子流色谱图中, 峰面积的 RSD 为 1.2%, 在 95%置信区间(0.72%~2.84%)内, 表明供试品溶液在 24 h 内稳定性良好。

2.1.4 阿胶鉴别方法重复性试验

精密吸取供试品 6 份, 按 1.4.1 项下制备供试品溶液, 按 1.5 项下条件测定。结果供试品均检出与阿胶对照药材色谱保留时间一致的色谱峰, 提取离子流 *m*/*z* 539.80(双电荷)→*m*/*z* 612.40 色谱峰面积 RSD 为 2.3% (*n*=6), 在 95%置信区间(1.44%~5.67%)内, 表明本方法重复性较好。




注: A. 阿胶对照药材溶液; B. 供试品溶液; C. 缺阿胶阴性对照样品溶液; D. 空白溶液。

图 1　阿胶鉴别提取离子流色谱图

Fig.1　Extracted ion current chromatogram for *Asini Corii Colla* identification

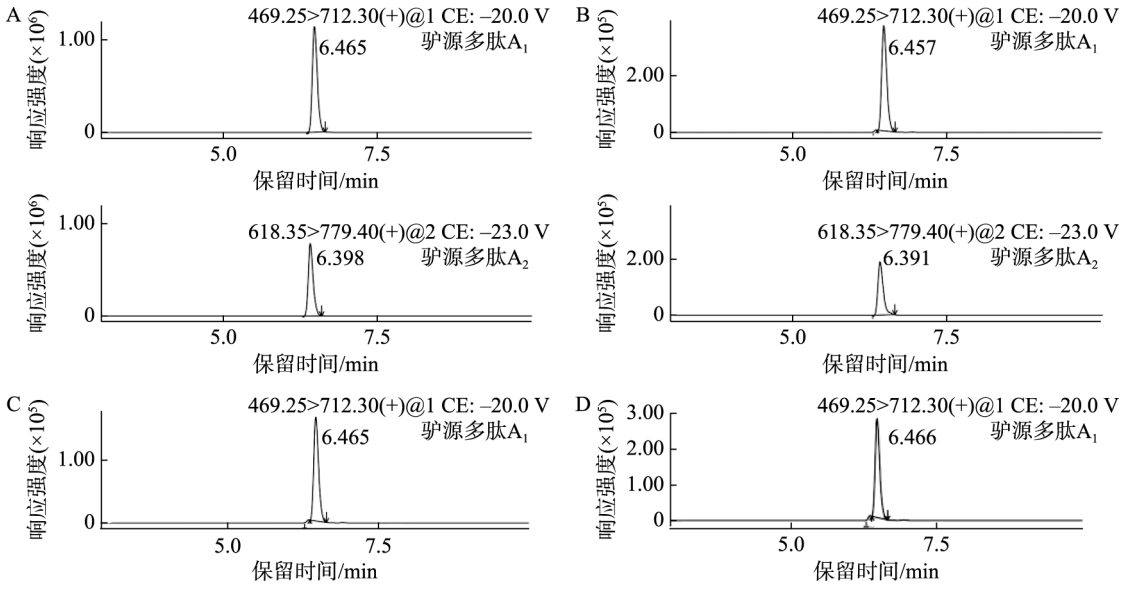
2.1.5　阿胶鉴别方法检出限

取实验室自制缺阿胶阴性样品溶液, 加入阿胶溶液制成含有阿胶 0.01 mg/mL 的模拟样品溶液, 以此为储备液, 逐级稀释, 以 *m*/*z* 539.80(双电荷)→*m*/*z* 612.40 作为检测离子进行检测, 结果含 0.01 mg 阿胶的模拟样品溶液中, 特征分子离子峰 *m*/*z* 539.80(双电荷)→*m*/*z* 612.40 的信噪比为 3:1, 故检出限为 0.01 mg/mL 时, 可被此方法检出。

## 2.2　阿胶特征多肽含量测定的方法学研究

2.2.1　阿胶特征多肽含量测定方法专属性试验

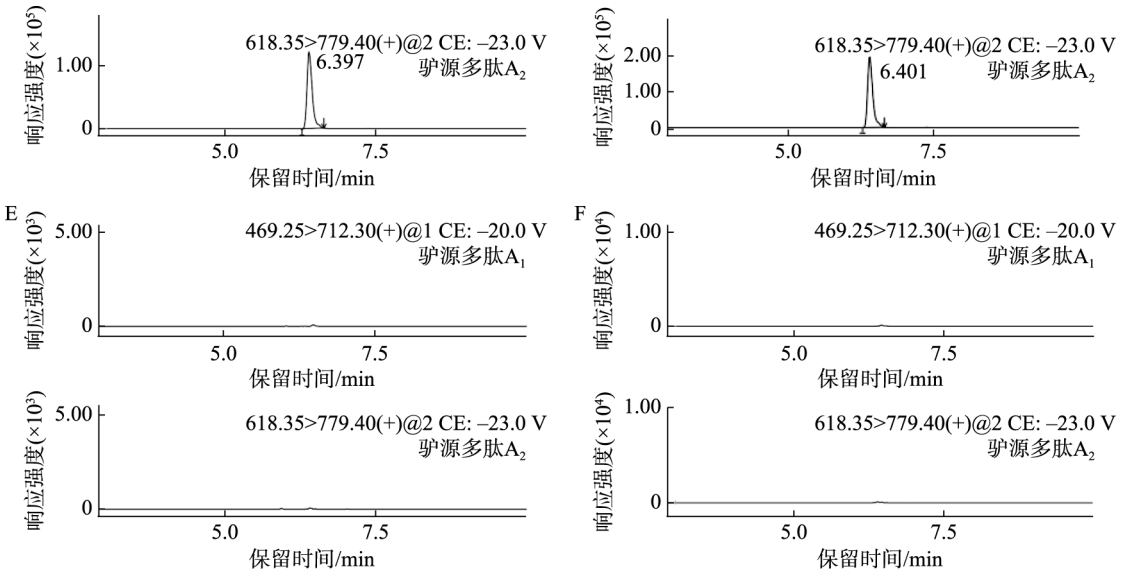
选择 *m*/*z* 469.25(双电荷)→*m*/*z* 712.30 和 *m*/*z* 469.25(双电荷)→*m*/*z* 783.40 作为驴源多肽 $A_1$ 检测离子, 选择 *m*/*z* 618.35(双电荷)→*m*/*z* 779.40 和 *m*/*z* 618.35(双电荷)→*m*/*z* 850.40 作为驴源多肽 $A_2$ 检测离子, 对阿胶对照药材溶液、供试品溶液、标准制剂样品溶液、缺阿胶阴性对照样品溶液、空白溶液进行测定。结果阿胶对照药材溶液、供试品样品、标准制剂样品的离子流色谱中, 均同时出现保留时间一致的色谱峰; 缺阿胶阴性对照样品、空白溶剂离子流色谱中, 均未同时出现保留时间一致的色谱峰, 阴性对照无干扰。表明处方中其他药味对测定结果无干扰, 专属性强, 见图 2。




注: A. 对照品溶液; B. 阿胶对照药材溶液; C. 供试品溶液; D. 标准制剂样品溶液; E. 空白溶液; F. 缺阿胶阴性样品溶液。

图 2　阿胶特征多肽含量提取离子流色谱图

Fig.2　Extracted ion current chromatogram of characteristic polypeptides content in *Asini Corii Colla*




注: A. 对照品溶液; B. 阿胶对照药材溶液; C. 供试品溶液; D. 标准制剂样品溶液; E. 空白溶液; F. 缺阿胶阴性样品溶液。

图 2(续) 阿胶特征多肽含量提取离子流色谱图

Fig.2 Extracted ion current chromatogram of characteristic polypeptides content in *Asini Corii Colla*

2.2.2 线性关系考察及检出限、定量限

精密量取对照品溶液 0.02、0.10、0.20、0.50、1.00、2.00、5.00、10.00 mL, 分别置 50 mL 量瓶中, 加 1%碳酸氢铵溶液稀释至刻度, 制成标准曲线溶液。分别精密吸取上述系列浓度的混合对照溶液及混合对照品储备液 5 μL, 注入高效液相色谱三重四极杆质谱仪测定, 以质量浓度为横坐标(*X*, ng/mL), 以峰面积为纵坐标(*Y*), 绘制标准曲线。驴源多肽 $A_1$ 回归方程: *Y*=6575.15*X*–5402.63, *r*=0.9999, 表明在 0.9788~978.8000 ng/mL 范围内线性关系良好; 驴源多肽 $A_2$ 回归方程: *Y*=4718.15*X*–28011.7, *r*=0.9999, 表明在 0.996~996.000 g/mL 范围内线性关系良好。当驴源多肽 $A_1$、驴源多肽 $A_2$ 的定量离子对的信噪比为 3:1 时, 测得驴源多肽 $A_1$、驴源多肽 $A_2$ 的检出限分别为 0.008 ng/mL 和 0.004 ng/mL; 信噪比为 10:1 时, 测得驴源多肽 $A_1$、驴源多肽 $A_2$ 的定量限分别为 0.03 ng/mL 和 0.01 ng/mL。

2.2.3 阿胶特征多肽含量测定方法精密度试验

精密吸取 2.2.2 项下混合对照品溶液(质量浓度约为 100 ng/mL) 5 μL, 连续进样 6 次, 记录峰面积。结果驴源多肽 $A_1$、驴源多肽 $A_2$ 定量离子对峰面积的 RSD 为 0.7%、1.2%, 在 95%置信区间(0.42%~1.67%, 0.74%~2.89%)内, 表明仪器精密度良好。

2.2.4 阿胶特征多肽含量测定方法重复性试验

精密吸取供试品(生产厂家 B, 批号 2409006) 5 mL, 共 6 份, 按 1.4.2 项下制备供试品溶液, 按 1.5 项下条件测定。供试品中驴源多肽 $A_1$ 平均含量为 13.95 μg/mL, RSD 为 0.8%, 在 95%置信区间(0.48%~1.89%)内; 驴源多肽 $A_2$ 平均含量为 14.44 μg/mL, RSD 为 1.4%, 在 95%置信区间(0.88%~3.44%)内, 表明本方法重复性良好。

2.2.5 阿胶特征多肽含量测定方法稳定性试验

取重复性试验同一供试品溶液, 分别于配制后的 0、1、2、4、8、12、18、24、36、48 h 进样测定, 按 1.5 项下条件测定。结果见表 2, 驴源多肽 $A_1$、驴源多肽 $A_2$ 定量离子对峰面积的 RSDs 为 3.4%、3.5%, 表明供试品溶液在 48 h 内稳定性良好, 待测组分无明显降解, 满足供试品检测时限要求。

**表 2 稳定性试验结果(*n*=6)**

**Table 2 Results of the stability test (*n*=6)**

| 组别 | 时间/h | 峰面积 | 平均值 | RSDs/% | 95%置信区间/% |
|---|---|---|---|---|---|
| 驴源多肽 $A_1$ | 0 | 1022798 | 1053749 | 3.4 | 0.44~6.28 |
| | 2 | 1017239 | | | |
| | 4 | 1043391 | | | |
| | 6 | 1012654 | | | |
| | 12 | 1102133 | | | |
| | 24 | 1097985 | | | |
| | 36 | 1061639 | | | |
| | 48 | 1072152 | | | |
| 驴源多肽 $A_2$ | 0 | 858806 | 839715 | 3.5 | 0.45~6.61 |
| | 2 | 806152 | | | |
| | 4 | 821828 | | | |
| | 6 | 813636 | | | |
| | 12 | 822611 | | | |
| | 24 | 834738 | | | |
| | 36 | 887157 | | | |
| | 48 | 872795 | | | |

2.2.6　回收率试验

精密吸取供试品(生产厂家 B, 批号 2409006) 1.5 mL, 共 18 份, 置 50 mL 量瓶中, 分别精密加入对照品溶液(驴源多肽 $A_1$ 24.47 μg/mL、驴源多肽 $A_2$ 24.90 μg/mL) 0.6、1.2、1.8 mL, 每个质量浓度水平各 6 份, 分别按照 1.4.2 项下方法制备供试品溶液, 按 1.5 项下色谱方法测定, 结果见表 3, 低、中、高 3 个加标水平的回收率在 88.30%~100.22%范围内, RSDs 在 2.1%~7.5%范围内, 表明回收率结果良好, 测定值与理论加入量偏差较小, 基质对待测物定量无显著干扰, 方法准确度满足检测要求。

**表 3　回收率试验结果($n$=6)**

**Table 3　Results of recovery rates test ($n$=6)**

| 化合物 | 加标量/μg | 本底量/μg | 平均测得量/μg | 平均回收率/% | RSDs/% | 95%置信区间/% |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 驴源多肽 $A_1$ | 14.68 | 20.92 | 35.63 | 100.22 | 4.7 | 2.92~11.48 |
| | 29.36 | 20.92 | 48.29 | 93.23 | 5.8 | 3.61~14.20 |
| | 44.05 | 20.92 | 63.90 | 97.57 | 2.1 | 1.31~5.15 |
| 驴源多肽 $A_2$ | 14.94 | 21.66 | 34.86 | 88.30 | 7.0 | 4.37~17.17 |
| | 29.88 | 21.66 | 47.76 | 87.30 | 7.5 | 4.67~18.35 |
| | 44.82 | 21.66 | 63.41 | 93.10 | 3.8 | 2.40~9.44 |

## 2.3　酶解条件考察

参考《中国药典》(2025 年版)阿胶项下特征多肽含量测定方法, 酶质量浓度为 1 mg/mL, 加入体积为 1 mL, 酶解时间为 12 h。由于阿胶益寿口服液处方中可能存在其他影响酶解的成分, 因此本研究对酶解时间和酶用量进行了验证。

固定酶解温度(37 ℃)和酶用量(加胰蛋白酶溶液 1 mL, 胰蛋白酶质量浓度为 1 mg/mL), 考察酶解时间对测定结果的影响。比较了不同酶解时间(0、4、8、12、16、24、36、48 h)产生的驴源多肽 $A_1$、驴源多肽 $A_2$ 的峰面积, 随着酶解时间的增长, 驴源多肽 $A_1$、驴源多肽 $A_2$ 的含量逐渐升高, 当酶解时间超过 12 h 以后, 结果趋于稳定, 说明酶解反应趋于完全, 因此本研究选择酶解时间为 12 h。

固定酶解温度(37 ℃)和酶解时间(12 h), 考察酶用量对测定结果的影响。比较了不同酶用量(胰蛋白酶质量浓度为 1 mg/mL)产生的驴源多肽 $A_1$、驴源多肽 $A_2$ 的峰面积, 随着酶用量的增长, 驴源多肽 $A_1$、驴源多肽 $A_2$ 的含量逐渐升高, 当酶用量 1 mL, 结果趋于稳定, 说明酶解反应趋于完全, 因此本研究选择酶用量为 1 mL。

## 2.4　耐用性考察

按上述拟定方法, 采用不同品牌的高效液相色谱-三重四极杆质谱仪和色谱柱对阿胶益寿口服液(生产厂家 B, 批号 2409006)分别进行测定, 结果驴源多肽 $A_1$、驴源多肽 $A_2$ 在各种色谱柱均分离良好, 方法耐用性良好。

## 2.5　基质效应考察

采用提取后基质添加法评价基质效应(matrix effect, ME)。将驴源多肽 $A_1$、驴源多肽 $A_2$ 对照品贮备液分别用 1%碳酸氢铵溶液和供试品稀释溶液(用 1%碳酸氢铵溶液稀释 250 倍, 不添加胰蛋白酶)稀释。ME=基质匹配标准品溶液峰面积值/溶剂标准溶液峰面积×100%。通常 ME>100%表现为基质增强效应, ME<100%表现为基质抑制效应, ME 在 85%~115%之间认为 ME 不明显。驴源多肽 $A_1$ 的 MEs 在 86.2%~106.2%之间, 驴源多肽 $A_2$ 的 MEs 在 85.7%~92.2%之间, 可以忽略 ME 对检测结果的影响。

## 2.6　限度拟定

取市售的 8 批次阿胶药材, 按照阿胶益寿口服液处方及制法, 制成 25 批阿胶益寿口服液标准制剂样品。取上述的阿胶药材及标准制剂样品溶液, 按照 1.4.2 项下方法制备供试品溶液并进行测定, 计算得 8 批次阿胶药材在阿胶益寿口服液中的平均转移率为 89.8%, 见表 4。满足《国家药品标准工作手册》中药标准中药成方制剂含量限度的确定要求(原粉入药的转移率一般要求在 70%以上)。《中国药典》2025 年版一部阿胶规定水分不得过 15.0%, 特征多肽的限量: 按干燥品计算, 含特征多肽以驴源多肽 $A_1$ 和驴源多肽 $A_2$ 总量计应不得少于 0.15%。阿胶益寿口服液处方中的阿胶以原粉投料, 处方占比为 31.75 g/1000 mL。综合考虑, 以《中国药典》2025 年版一部阿胶特征多肽中阿胶药材特征多肽的含量限度(0.15%)和工作手册规定的“70%”转移率核算, 拟定阿胶益寿口服液中阿胶的特征多肽含量限度为: 本品每毫升含阿胶以驴源多肽 $A_1$ 和驴源多肽 $A_2$ 的总量计, 不得少于 28 μg。

## 2.7　实际样品的检测与分析

以所建立的方法对 126 批次阿胶益寿口服液进行测定, 结果所有批次均检出阿胶, 115 批次含量低于限度, 不合格率为 91.3%, 测定结果见表 5。所有供试品均同时出现与阿胶对照药材色谱保留时间一致的色谱峰, 且参照阿胶益寿口服液中牛皮源成分检查项补充检验方法等标准和文献[17–20]同时进行了杂皮源(牛皮源、猪皮源、马皮源)检查, 均未检出, 但在特征多肽的含量测定中发现不合格率较高。

**表 4 市售阿胶药材及标准制剂样品的驴源多肽含量测定和转移率结果**

**Table 4 Results of content determination and transfer rate of donkey-derived polypeptides in commercially available *Asini Corii Colla* and standard formulation sample**

| 制剂编号 | 阿胶药材批号 | 驴源多肽 $A_1$ | | | | 驴源多肽 $A_2$ | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 阿胶药材/(μg/g) | 标准制剂样品/(μg/mL) | 转移率/% | 平均转移率/% | 阿胶药材/(μg/g) | 标准制剂样品/(μg/mL) | 转移率/% | 平均转移率/% |
| 1 | 24100201 | 754.35 | 19.839 | 82.83 | 85.6 | 789.29 | 22.011 | 87.83 | 94.0 |
| 2 | | | 19.134 | 79.33 | | | 24.499 | 97.76 | |
| 3 | | | 20.135 | 84.07 | | | 23.858 | 95.20 | |
| 4 | | | 20.445 | 85.36 | | | 23.086 | 92.12 | |
| 5 | 22030004 | 783.80 | 20.269 | 84.63 | | 785.57 | 23.515 | 93.83 | |
| 6 | | | 19.712 | 79.21 | | | 23.433 | 93.95 | |
| 7 | | | 20.138 | 80.92 | | | 24.095 | 96.60 | |
| 8 | | | 19.784 | 79.50 | | | 22.190 | 88.97 | |
| 9 | | | 19.777 | 79.47 | | | 23.854 | 95.64 | |
| 10 | | | 20.061 | 80.61 | | | 24.027 | 96.33 | |
| 11 | 2303022 | 765.07 | 20.280 | 83.49 | | 835.80 | 25.136 | 94.72 | |
| 12 | | | 19.690 | 81.06 | | | 24.043 | 90.60 | |
| 13 | | | 20.328 | 83.69 | | | 24.164 | 91.06 | |
| 14 | | | 19.568 | 80.56 | | | 24.436 | 92.08 | |
| 15 | 20240329 | 580.82 | 18.707 | 90.65 | | 729.46 | 22.092 | 96.59 | |
| 16 | | | 17.286 | 93.74 | | | 20.726 | 89.49 | |
| 17 | | | 16.910 | 91.70 | | | 21.916 | 94.63 | |
| 18 | | | 17.302 | 93.82 | | | 20.855 | 90.05 | |
| 19 | | | 16.982 | 92.09 | | | 22.846 | 98.64 | |
| 20 | 20240403 | 649.97 | 17.604 | 95.46 | | 720.38 | 22.390 | 96.67 | |
| 21 | | | 17.969 | 87.07 | | | 22.691 | 99.21 | |
| 22 | | | 18.716 | 90.69 | | | 22.168 | 96.92 | |
| 23 | 241104 | 622.14 | 17.653 | 89.37 | | 751.06 | 22.191 | 93.06 | |
| 24 | 22030117 | 625.31 | 17.720 | 81.43 | | 653.48 | 21.771 | 92.52 | |
| 25 | 23K010 | 758.71 | 21.709 | 90.12 | | 741.14 | 22.714 | 96.53 | |

**表 5 阿胶益寿口服液测定结果**

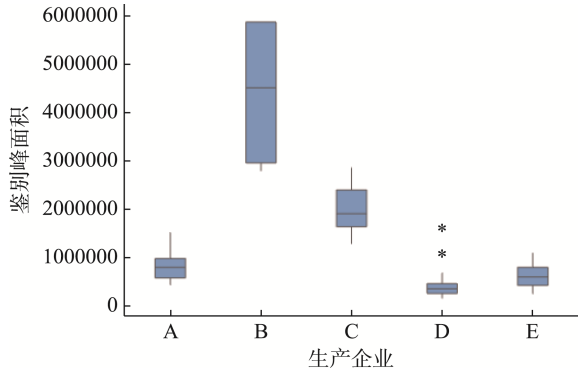
**Table 5 Determination results of Ejiao Yishou oral liquid**

| 生产企业 | 批次 | 阿胶鉴别结果 | 阿胶特征多肽总量/(μg/mL) |
|---|---|---|---|
| A | 24 | 检出 | 17.25~23.04 |
| B | 11 | 检出 | 28.35~44.72 |
| C | 18 | 检出 | 17.75~23.92 |
| D | 37 | 检出 | 7.06~14.88 |
| E | 36 | 检出 | 15.54~23.94 |

根据样品含量数据作箱式图, 图 3 结果显示供试品中阿胶鉴别峰面积相差较大, 说明不同企业使用阿胶药材质量差异较大。生产企业 A、C、D、E 生产的阿胶益寿口服液中阿胶鉴别峰面积处于较低水平, 提示这 4 家生产企业存在以劣质阿胶投料或者投料量不足的风险。由图 4 可见生产企业 A、C、D、E 生产的阿胶益寿口服液中阿胶特征多肽总量低于 28 μg/mL, 其中生产企业 D 的供试品中特征多肽总量低于限度 50% (14 μg/mL)。B 企业的数据分布明显高于其他 4 家, 且批次间一致性良好。D 企业则处于另一端, 显示 D 企业产品含量稳定但持续偏低。

同时采用单因素方差分析比较 5 家企业(A~E)供试品中驴源多肽 $A_1$、驴源多肽 $A_2$ 总量, 结果显示组间差异具有极显著统计学意义[$F_{(4,130)}$=266.9, $P$<0.0001]。经 Tukey HSD 事后多重比较($\alpha$=0.05): B 企业含量显著高于其他 4 家(均 $P$<0.001), D 企业含量显著低于其他 4 家(均 $P$<0.001); A 企业含量显著高于 E 企业($P$=0.012), 但与 C 企业无显著差异($P$=0.087), C 与 E 之间亦无显著差异($P$=0.672)。由此, 5 家企业产品质量排序为 B>A>C≈E>D, 表明不同生产企业间驴源多肽含量存在明显差异, 其中 B 企业产品含量最高, D 企业最低。上述差异可能源于原料来源、生产环境、生产工艺(如纯化、离心过滤步骤)或质量控制标准的差异。B

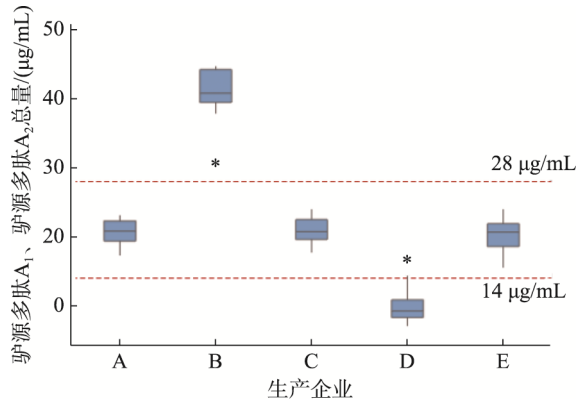
企业表现出的高含量和低变异性, 提示其工艺稳定性较优, 可作为行业标杆; D 企业的低含量则需引起警示, 可能涉及原料品质或提取效率的不足, 建议其优化生产流程。




注: *为离群数值, 下同。

图 3　供试品中阿胶鉴别峰面积箱式图

Fig.3　Box plot of identification peak area of *Asini Corii Colla* in test samples




注: 28 μg/mL 为限度, 14 μg/mL 为 50%限度。

图 4　供试品中驴源多肽 $A_1$、驴源多肽 $A_2$ 总量箱式图

Fig.4　Box plot of total content of donkey-derived polypeptide $A_1$ and donkey-derived polypeptide $A_2$ in test samples

## 3　讨论与结论

相较于阿胶在药品领域成熟的质控体系, 我国食品体系下药食同源阿胶原料的专属质量标准、定性定量检测技术及系统评价体系尚不完善, 质控技术支撑不足, 无法有效监管阿胶原料纯度、投料真实性与投药量, 食品领域药食同源原料投料不规范、掺伪等质量问题更为突出[26–31], 严重影响产品的品质与食用安全性。基于此, 本研究采用高效液相色谱-串联质谱法, 建立了阿胶益寿口服液中阿胶的专属定性鉴别与定量检测方法。该方法灵敏度高、特异性好、适用性强, 可适配复杂食品基质检测需求, 有效弥补了食品领域阿胶质控技术的短板, 完善了相关质量管控规范。本研究可为含阿胶食品的品质真实性、质量稳定性提供技术保障, 为药食同源阿胶制品的质量监管提供数据支撑, 助力药食同源产业标准化、规范化发展。

## 参考文献

[1] 林涛, 胡正旭, 王静, 等. 低温超声辅助低共熔溶剂-超高效液相色谱-串联质谱法测定云南铁皮石斛和紫皮石斛中 7 种活性成分[J]. 食品安全质量检测学报, 2026, 17(5): 44–50.
Lin Tao, Hu Zhengxu, Wang Jing, et al. Determination of 7 kinds of active components in *Dendrobium officinale* and *Dendrobium devonianum* in Yunnan Province by low-temperature ultrasonic-assisted deep eutectic solvents-ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2026, 17(5): 44–50.

[2] 王会广, 王亮, 张彦丽, 等. 改良 QuEChERS-超高效液相色谱-串联质谱法快速检测酸枣仁丸中非法添加的 27 种化学药物[J]. 食品安全质量检测学报, 2025, 16(19): 38–48.
Wang Huiguang, Wang Liang, Zhang Yanli, et al. Rapid detection of 27 kinds of illegally added chemical drugs in Semen Ziziphi Spinosae pills by modified QuEChERS-ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2025, 16(19): 38–48.

[3] 陈少华, 黄曦, 余开科, 等. 基于超高效液相色谱-串联质谱法的一测多评法同时测定穿心莲中 9 种成分含量[J]. 食品安全质量检测学报, 2025, 16(6): 122–131.
Chen Shaohua, Huang Xi, Yu Kaike, et al. Simultaneous determination of 9 kinds of components in *Andrographis paniculata* by one-point multi-component method based on ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2025, 16(6): 122–131.

[4] 杜晓娟, 王冰, 谢耀轩, 等. 超高效液相色谱-质谱联用技术评价当归养血丸中阿胶投料情况[J]. 中国药学杂志, 2022, 57(6): 413–419.
Du Xiaojuan, Wang Bing, Xie Yaoxuan, et al. Quality evaluation of ass-hide gelatin in Danggui Yangxue pill by UPLC-MS [J]. Chinese Pharmaceutical Journal, 2022, 57(6): 413–419.

[5] 肖安菊, 李董, 张正悬, 等. HPLC-MS 法测定阿胶益寿口服液中驴源多肽的含量[J]. 湖北理工学院学报, 2023, 39(3): 39–43.
Xiao Anju, Li Dong, Zhang Zhengxuan, et al. Content determination of peptide in Ejiao yishou oral liquid by HPLC-MS [J]. Journal of Hubei Polytechnic University, 2023, 39(3): 39–43.

[6] 王倩, 刘宇文, 张杭倩. UHPLC-MS/MS 同时测定鳖甲煎丸中鳖甲胶和阿胶的特征肽含量[J]. 中国现代应用药学, 2022, 39(16): 2120–2124.
Wang Qian, Liu Yuwen, Zhang Hangqian. Simultaneous determination of marker peptides of trionycis-shell glue and *Asini Corii Colla* in Biejiajian pills by UHPLC-MS/MS [J]. Chinese Journal of Modern Applied Pharmacy, 2022, 39(16): 2120–2124.

[7] 杨帅, 郑林, 迟明艳, 等. UPLC-MS/MS 法检测坤泰胶囊中阿胶及其异源性成分[J]. 中成药, 2024, 46(11): 3851–3856.
Yang Shuai, Zheng Lin, Chi Mingyan, et al. Determination of *Colla* corii asini and its heterogenous components in Kuntai capsules by UPLC-MS/MS [J]. Chinese Traditional Patent Medicine, 2024, 46(11): 3851–3856.

[8] 陈鸿玉, 李劲平, 李文莉, 等. UPLC-QQQ/MS 法检测驴胶补血颗粒中的阿胶[J]. 中国药房, 2017, 28(15): 2101–2104.
Chen Hongyu, Li Jinping, Li Wenli, et al. Determination of donkey-hide gelatin in Lüjiao Buxue Granules by UPLC-QQQ/MS [J]. China

Pharmacy, 2017, 28(15): 2101–2104.

[9] 李娜, 王一村, 苟艳萍, 等. 阿胶含量定量检测中 Digital PCR 的应用研究[J]. 中国标准化, 2025(13): 206–210.
Li Na, Wang Yicun, Gou Yanping, et al. Application of digital PCR in quantitative detection of Ejiao content [J]. China Standardization, 2025(13): 206–210.

[10] 傅承光, 左本成. 高效凝胶色谱法测定阿胶中大分子组分的分子量[J]. 河北大学学报(自然科学版), 1981, 1(1): 46–52.
Fu Chengguang, Zuo Bencheng. Determination of molecular weight of macromolecules in Ejiao by high performance gel chromatography [J]. Journal of Hebei University (Natural Science Edition), 1981, 1(1): 46–52.

[11] 张雄, 杨帅, 袁红飞, 等. 基于 UHPLC 特征图谱结合化学计量学及游离氨基酸含量测定的阿胶质量评价研究[J]. 中草药, 2025, 56(10): 3668–3676.
Zhang Xiong, Yang Shuai, Yuan Hongfei, et al. Quality evaluation of *Colla Corii Asini* based on establishment of UHPLC characteristic spectrum combined with chemometrics and content determination of free amino acid [J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2025, 56(10): 3668–3676.

[12] 王翠芬, 吕彩莲, 彭思梅, 等. HPLC 法测定阿胶中 6 种氨基酸的含量[J]. 中国现代药物应用, 2014, 8(9): 1–3.
Wang Cuifen, Lv Cailian, Peng Simei, et al. Determination of 6 kinds of amino acid content in Ejiao by HPLC method [J]. Chinese Journal of Modern Drug Application, 2014, 8(9): 1–3.

[13] 谢谊, 易艳, 刘阳, 等. 柱前衍生 HPLC 测定阿胶中 17 种水解氨基酸含量[J]. 湖南中医药大学学报, 2012, 32(5): 46–49.
Xie Yi, Yi Yan, Liu Yang, et al. Determination of 17 kinds of hydrolyzed amino acids content in donkey-hide glue by HPLC with pre-column derivatization [J]. Journal of Traditional Chinese Medicine University of Hunan, 2012, 32(5): 46–49.

[14] 易艳. 阿胶及驴胶补血颗粒中多种氨基酸含量测定方法的研究[D]. 长沙: 湖南中医药大学, 2011: 1–10.
Yi Yan. Content determination of multiple amino acids in donkey-hide glue and Lvjiao bu Xue Granules [D]. Changsha: Hunan University of Chinese Medicine, 2011: 1–10.

[15] 程显隆, 肖新月, 邹秦文, 等. 柱前衍生化 HPLC 法同时测定阿胶中 4 种主要氨基酸的含量[J]. 药物分析杂志, 2008, 28(12): 1997–2000.
Cheng Xianlong, Xiao Xinyue, Zou Qinwen, et al. Pre-column derivatization HPLC simultaneous determination of 4 main amino acids in donkey-hide glue [J]. Chinese Journal of Pharmaceutical Analysis, 2008, 28(12): 1997–2000.

[16] 谌宇, 伍勋, 施思, 等. 基于液相-质谱联用技术对保胎灵制剂中阿胶标准提升研究[J]. 中国药师, 2022, 25(11): 2015–2019.
Chen Yu, Wu Xun, Shi Si, et al. Standard promotion research of ass-hide gelatin in baotailing preparation by UPLC-MS [J]. China Pharmacist, 2022, 25(11): 2015–2019.

[17] 施思, 谌宇, 邹耀华, 等. 基于特征肽的保胎灵制剂中牛皮源、猪皮源及马皮源成分检测研究[J]. 药品评价, 2023, 20(12): 1449–1454.
Shi Si, Chen Yu, Zou Yaohua, et al. Study on detections of ingredients from ox, pig or horse skin in baotailing preparation based on characteristic peptide [J]. Drug Evaluation, 2023, 20(12): 1449–1454.

[18] 郑文燕, 叶小英, 钟志昭, 等. UPLC-MS/MS 法检测驴胶补血颗粒中马皮源成分[J]. 甘肃医药, 2023, 42(2): 143–146.
Zheng Wenyan, Ye Xiaoying, Zhong Zhizhao, et al. Analysis of equine-hide gelatin in Lvjiao Buxue Granules by UPLC-MS/MS [J]. Gansu Medical Journal, 2023, 42(2): 143–146.

[19] 焦阳, 汪冰, 周倩倩, 等. 超高效液相色谱-质谱联用技术检测阿胶中马皮源成分[J]. 药物分析杂志, 2019, 39(5): 864–869.
Jiao Yang, Wang Bing, Zhou Qianqian, et al. Petection of equine-hide gelatin in Ejiao by UPLC-MS [J]. Chinese Journal of Pharmaceutical Analysis, 2019, 39(5): 864–869.

[20] 巩丽萍, 杭宝建, 迟连利, 等. 马皮特征肽的发现及其在阿胶中马皮源成分检测中的应用[J]. 药物分析杂志, 2018, 38(2): 364–369.
Gong Liping, Hang Baojian, Chi Lianli, et al. Identification of the horse skin marker peptide for test of horse-hide gelatin in donkey-hide gelatin [J]. Chinese Journal of Pharmaceutical Analysis, 2018, 38(2): 364–369.

[21] 蒲健, 杨帅, 祝扬帆, 等. UPLC-MS/MS 法同时测定阿胶中 20 种氨基酸含量及其化学模式识别分析[J]. 中国药业, 2024, 33(22): 87–94.
Pu Jian, Yang Shuai, Zhu Yangfan, et al. Simultaneous determination of 20 amino acids in asini corii *Colla* by UPLC-MS/MS and its chemical pattern recognition [J]. China Pharmaceuticals, 2024, 33(22): 87–94.

[22] 杨帅, 郑林, 迟明艳, 等. UPLC-MS/MS 法同时测定阿胶中 18 种核苷、游离氨基酸的含量[J]. 中成药, 2024, 46(7): 2140–2146.
Yang Shuai, Zheng Lin, Chi Mingyan, et al. Simultaneous content determination of eighteen nucleosides and free amino acids in *Colla* corii asini by UPLC-MS/MS [J]. Chinese Traditional Patent Medicine, 2024, 46(7): 2140–2146.

[23] 付英杰, 田景振. 考马斯亮蓝法对阿胶低肽含量测定的方法学研究[C]//中华中医药学会第九届制剂学术研讨会, 2008: 297–298.
FU Yingjie, TIAN Jingzhen. Methodological study on the determination of low molecular weight peptides in donkey-hide gelatin by Coomassie Brilliant Blue method [C]//Proceedings of the 9th Symposium on Pharmaceutics of China Association of Chinese Medicine, 2008: 297-298.

[24] 鄢丹, 韩玉梅, 董小萍. 反相高效液相色谱-蒸发光散射检测法同时测定阿胶中的 17 种未衍生氨基酸[J]. 色谱, 2006, 24(4): 359–362.
Yan Dan, Han Yumei, Dong Xiaoping. Simultaneous determination of 17 underivatized amino acids in donkey-hide glue by reversed-phase high performance liquid chromatography-evaporative light-scattering detection [J]. Chinese Journal of Chromatography, 2006, 24(4): 359–362.

[25] 刘颖, 周庆华. 中药阿胶有效成分测定方法的研究[J]. 中医药信息, 2001, 18(6): 46–47.
Liu Ying, Zhou Qinghua. Study on the determining method of effect ingredient of E Jiao (Gelitin) [J]. Information on Traditional Chinese Medicine, 2001, 18(6): 46–47.

[26] 曹德艳, 赵思源, 秦佳琪, 等. 6 种药食两用中药材中多环芳烃污染水平及健康风险评估[J]. 食品安全质量检测学报, 2022, 13(12): 3899–3906.
Cao Deyan, Zhao Siyuan, Qin Jiaqi, et al. Pollution levels and health risk

assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons in six medicinal and edible Chinese herbal medicines [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2022, 13(12): 3899–3906.

[27] 陈仕红, 何晓玲, 刘祖浩, 常聪, 等. 药食同源类中药在 P-糖蛋白介导的多药耐药中的应用[J]. 食品安全质量检测学报, 2018, 9(22): 5962–5967.
Chen Shihong, He Xiaoling, Liu Zuhaou , et al. Application of medicinal and edible Chinese medicines in P-glycoprotein-mediated multidrug resistance [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2018, 9(22): 5962–5967.

[28] 禹洁, 鲁琰农, 李波, 等. 高效液相色谱-四极杆静电场轨道阱高分辨质谱结合代谢组学技术分析不同产地枸杞的差异代谢物[J]. 食品安全质量检测学报, 2026, 17(16): 9–18.
Yu Jie, Lu Yannong, Li Bo, et al. Analysis of differential metabolites in wolfberries from different origins using high performance liquid chromatography-quadrupole electrostatic field orbitrap high-resolution mass spectrometry combined with metabolomics [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2026, 17(16): 9–18.

[29] 黄乐, 邱海洋, 上官雅慧, 等. 超高效液相色谱-四极杆-飞行时间质谱法鉴定分析灵芝三萜类化合物[J]. 食品安全质量检测学报, 2026, 17(15): 115–123.
Huang Le, Qiu Haiyang, Shangguan Yahui, et al. Identification and analysis of ganoderma triterpenoids by ultra performance liquid chromatography-quadrupole time-of-flight mass spectrometry [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2026, 17(15): 115–123.

[30] 张星联, 张慧媛, 宋华欣, 等. 蜂蜜掺假的脆弱性评估技术研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(24): 9187–9193.
Zhang Xinglian, Zhang Huiyuan, Song Huaxin, et al. Research on vulnerability assessment technology for honey adulteration [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2020, 11(24): 9187–9193.

[31] 田晓静, 马忠仁, 王彩霞. 枸杞子掺伪检测方法的研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2015, 6(10): 3911–3916.
Tian Xiaojing, Ma Zhongren, Wang Caixia. Research progress on detection methods of wolfberry adulteration [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2015, 6(10): 3911–3916.

(责任编辑: 安香玉　曹岱琳)