

中图分类号: R932; R284.1; R286.0 文献标志码: A 文章编号: 1006-4931(2024)11-0079-05
doi:10.3969/j.issn.1006-4931.2024.11.018



基于超高效液相色谱串联质谱法特征肽检测技术的阿胶鉴别与6种动物异源性成分检查

潘志文, 黄婉锋, 钱鑫, 周宗洲

(广东省佛山市食品药品检验检测中心, 广东 佛山 528051)

摘要:目的 建立同时检测阿胶中马、牛、猪、骆驼、羊、鹿6种动物皮异源性成分的超高效液相色谱串联质谱(UPLC-MS/MS)法。方法 阿胶粉末加1%碳酸氢铵溶液超声溶解, 滤过, 采用胰蛋白酶酶解15 h。采用UPLC-MS/MS法, 以阿胶特征肽段质荷比(m/z) 539.8→924.3和驴源特征肽 m/z 570.5→698.1、马源寡肽A m/z 386.4→377.3、牛皮特征肽A m/z 641.2→726.3、猪皮特征肽 m/z 774.5→1 035.7、骆驼皮特征肽 m/z 603.8→281.8、羊皮特征肽 m/z 553.0→450.8、鹿皮特征肽 m/z 733.1→962.5作为检测离子对, 电喷雾电离(ESI)离子源、正离子模式进行多反应监测(MRM), 对10批药用阿胶、6批食品级阿胶样品进行质量评价。结果 所选各动物源特征肽段均只在对应动物皮胶中检出, 方法专属性强; 方法灵敏度符合质量控制要求; 酶解重复性、进样精密性及样品稳定性均满足方法学验证要求, 结果的RSD均小于9.0%($n=6$)。6批食用级阿胶样品中均未检出阿胶成分, 判定主要成分为牛皮源、骆驼皮源、马皮源、猪皮源成分。8批药用阿胶检出阿胶成分, 其中1批阿胶成分含量偏低, 1批检出马皮源成分; 2批药用阿胶未检出阿胶成分, 判定为假冒产品。结论 所建立的6种动物皮胶检测方法的专属性强、灵敏度高, 可用于阿胶鉴别及掺假杂皮胶的检测。**关键词:**超高效液相色谱串联质谱法; 阿胶; 特征肽; 动物皮胶; 异源性成分

Identification of Colla Corii Asini and Examination of Six Animal Heterologous Components Based on UPLC-MS/MS Characteristic Peptide Detection Technology

PAN Zhiwen, HUANG Wanfeng, QIAN Xin, ZHOU Zongzhou

(Foshan Food and Drug Inspection and Testing Center, Foshan, Guangdong, China 528051)

Abstract: Objective To establish an ultra-performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry (UPLC-MS/MS) method to detect the six animal heterologous components such as horse hide glue, cattle hide glue, pig hide glue, camel hide glue, sheep hide glue, deer hide glue in Colla Corii Asini. **Methods** Colla Corii Asini powder was dissolved with 1% ammonium bicarbonate solution for ultrasonic dissolution, filtration, and enzymolysis with trypsin for 15 h. UPLC-MS/MS method was adopted, with the Colla Corii Asini characteristic peptide [mass charge ratio (m/z) 539.8→924.3], donkey characteristic peptide (m/z 570.5→698.1), horse characteristic peptide A (m/z 386.4→377.3), cattle characteristic peptide A (m/z 641.2→726.3), pig characteristic peptide (m/z 774.5→1 035.7), camel characteristic peptide (m/z 603.8→281.8), sheep characteristic peptide (m/z 553.0→450.8), and deer characteristic peptide (m/z 733.1→962.5) as detection ion pairs. Multi-reaction monitoring (MRM) was adopted with a positive ion mode of electric spray ion source (ESI). The quality of 10 batches of medicinal Colla Corii Asini samples and six batches of food-grade Colla Corii Asini samples were evaluated. **Results** The selected characteristic peptide segments of each animal were only detected in the corresponding animal hide glue, and the specificity of the method was strong. The sensitivity of the method met the quality control requirements. The repeatability, injection precision, and sample stability of enzymolysis all met the requirements of methodological validation, and the RSDs of the results

第一作者: 潘志文, 男, 大学本科, 副主任药师, 研究方向为药品质量标准, (电子信箱)14609333@qq.com。

281-283.

[8] 肖苏萍, 钟荣荣, 高慧, 等. 超高效液相色谱-串联质谱法快速测定不同石斛中8种农药残留量[J]. 中国现代中药, 2020, 22(4): 603-621.

[9] 熊颖, 李纯, 任晋, 等. 通过式固相萃取结合气相色谱-串联质谱法测定陈皮中农药残留[J]. 中国药师, 2022, 25(3): 537-543.

[10] 闫君, 陈婷, 张文, 等. 气相色谱-串联质谱动态多反应监测模式测定陈皮中88种农药残留[J]. 分析测试学报, 2020, 39(5): 632-639.

[11] 熊颖, 李纯, 任晋, 等. QuEChERS-气相色谱-串联质谱法测定陈皮31种禁用农药残留[J]. 中药新药与临床药理, 2020, 31(5): 590-595.

[12] 陈璐璐. QuEChERS-高效液相色谱-串联质谱法测定陈皮中的农药残留[J]. 福建分析测试, 2022, 31(2): 16-23.

[13] 张瑶, 高琳, 马桂娟, 等. QuEChERS结合GC-MS/MS法同时测定陈皮中215种农药残留[J]. 中成药, 2022, 44(10): 3368-3375.

[14] GB 2763—2021, 食品安全国家标准 食品中农药最大残留限量[S].

(收稿日期: 2023-06-15; 修回日期: 2023-12-28)

were all lower than 9.0% ($n = 6$). In six batches of food - grade Colla Corii Asini samples, no Colla Corii Asini component was detected and the main components were determined to be cattle hide glue, camel hide glue, horse hide glue and pig hide glue. The Colla Corii Asini was detected in eight batches of medicinal Colla Corii Asini samples, of which the content of Colla Corii Asini in one batch was low, and horse hide glue was detected in one batch. Two batches of medicinal Colla Corii Asini were judged as counterfeit products because no ingredient of Colla Corii Asini was detected. **Conclusion** The established method for the detection of six animal hide glue has strong specificity and high sensitivity, which can be used for the identification of Colla Corii Asini and the detection of adulterated hide glue.

Key words: UPLC - MS / MS; Colla Corii Asini; characteristic peptide; animal hide glue; heterologous components

阿胶为马科动物驴的干燥皮或鲜皮经煎煮、浓缩制成的固体胶,具有补血益气、滋润养颜、提高机体免疫力等功效,属药食同源产品。近年来,驴皮资源短缺,导致阿胶产量下降,价格持续上涨,个别不法厂家还掺入其他动物皮以制取阿胶。为应对阿胶的制假掺假行为,国家药品监督管理局先后颁布并实施了多项针对原材料阿胶或含阿胶中成药中掺入牛皮源、猪皮源成分的补充检验方法。目前,所建立的补充检验方法未覆盖其他可能的动物皮源(如马、骆驼、羊、鹿)^[1-3]。为考察市售阿胶的真伪及掺假情况,本研究中参考文献[4-13],建立了鉴别阿胶及检查马、牛、猪、骆驼、羊、鹿6种动物皮源性成分的超高效液相色谱串联质谱法。现报道如下。

1 仪器与试药

1.1 仪器

Xevo - TQ 型液质联用仪(美国 Waters 公司); ME204T 型电子分析天平(瑞士 Mettler Toledo 公司,精度为 0.1 mg); SPX - 150C 型恒温恒湿箱(上海博讯实业有限公司); Ti - H - 20 MF2 型超声波清洗器(德国 Elma 公司,功率为 165 ~ 1 650 W,频率为 25 / 45 kHz); ELGA Q7 型超纯水一体机(法国 Veolia 公司)。

1.2 试药

碳酸氢铵(上海阿拉丁生化科技股份有限公司,批号为 J2116086,含量为 99.995%); 胰蛋白酶(序列分析纯,上海源叶生物科技有限公司,批号为 G20A10Y86455); 乙腈(色谱纯, Fisher Chemical, 批号为 211921); 甲酸(质谱级,德国 CNW 公司,批号为 A8310050); 水为超纯水; 阿胶对照药材(批号为 121274 - 201904), 新阿胶对照药材(批号为 121745 - 201701), 黄明胶对照药材(批号为 121695 - 201802), 均购自中国食品药品检定研究院; 马皮胶、骆驼皮胶、羊皮胶、鹿皮胶均为自制,取各动物鲜皮,去毛及脂肪,切块,加水 3 次煎煮,共 72 h,合并提取液,浓缩至稠膏状,减压干燥至干,研细备用^[1]; 特征肽对照品信息见表 1,样品信息见表 2。

2 方法与结果

2.1 试验条件

2.1.1 色谱条件

色谱柱: Waters BEH C₁₈ 柱(50 mm × 2.1 mm, 1.7 μm);

表 1 特征肽对照品信息

Tab. 1 Information of characteristic peptide reference

名称	相对分子质量	氨基酸序列	来源	批号	含量 (%)
驴源特征肽	1 139.24	GPTGEPGKPGDK	强耀生物科技	20220325	99.79
猪皮特征肽	1 546.70	GETGPAGPAGPVGAR	有限公司	20220325	99.53
骆驼皮特征肽	1 205.34	SGHPGTGVPAGLR		20220325	98.85
羊皮特征肽	1 104.19	GF - (Hyp) - GSDGVAGPK		20220325	98.34
鹿皮特征肽	1 464.52	SGETGASGP - (Hyp) - GFAGEK		20220325	98.56
马源寡肽 A	770.40	GASGPAGVR	中国食品药品	112035 - 202002	90.50
牛皮特征肽 A	1 281.36	GEAGPSGPAGPTGAR	检定研究院	111941 - 201804	93.80

表 2 16 批阿胶样品信息

Tab. 2 Information of 16 batches of Colla Corii Asini samples

样品编号	类别	样品名称	规格	批号	生产企业属地	企业代号
EJ - A - 01	中药饮片	阿胶	散装	1808001	山东	A
EJ - A - 02	中药饮片	阿胶	250 g	1903012	山东	B
EJ - A - 03	中药饮片	阿胶	250 g	1908026	山东	B
EJ - A - 04	中药饮片	阿胶珠	散装	1911001	广东	C
EJ - A - 05	中药饮片	阿胶珠	散装	2001001	广东	C
EJ - A - 06	中药饮片	阿胶	250 g	20200101	山东	D
EJ - A - 07	中药饮片	阿胶	每盒 250 g	20201007	山东	E
EJ - A - 08	中药饮片	阿胶	250 g	20201029	河北	F
EJ - A - 09	中药饮片	阿胶	每盒 250 g	2010025	山东	G
EJ - A - 10	中药饮片	阿胶	每盒 218.75 g	2106002	山东	G
EJ - B - 01	保健食品	阿胶	每片 30 g, 每盒 510 g	20190504	山东	H
EJ - B - 02	保健食品	阿胶片	250 g	2021002	山东	I
EJ - B - 03	保健食品	阿胶片	250 g	2022001	山东	I
EJ - C - 01	食品	复合阿胶块	250 g	20220105	辽宁	J
EJ - C - 02	食品	食用阿胶	250 g	20220802	河南	K
EJ - C - 03	食品	食用阿胶	250 g	20220802	河南	K

流动相: 0.1% 甲酸水溶液(A) - 0.1% 甲酸乙腈溶液(B), 梯度洗脱(0 ~ 12.5 min 时 98%A ~ 80%A, 12.5 ~ 16 min 时 80%A ~ 2%A, 16.0 ~ 16.5 min 时 2%A ~ 98%A, 16.5 ~ 25 min 时 98%A); 流速: 0.3 mL / min; 柱温: 30 °C; 进样量: 2 μL。

2.1.2 质谱条件

离子源: 电喷雾电离(ESI); 扫描模式: 正离子扫描; 监测模式: 多反应监测(MRM); 毛细管电压: 1 kV; 离子

源温度:150℃;脱溶剂温度:500℃;脱溶剂气体流速:
800 L/h;锥孔气体流速:50 L/h。MRM方法参数见表3。

表3 MRM方法参数

Tab. 3 Parameters of MRM method

动物皮源	特征肽名称	母离子 (<i>m/z</i>)	子离子 (<i>m/z</i>)	锥孔电压 (V)	碰撞能量 (eV)
驴	阿胶特征肽段 ^[1]	539.8	612.4/924.3 [*]	40/40	25/25
	驴源特征肽 ^[13]	570.5	416.0/698.1 [*]	30/30	28/26
马	马源寡肽A ^[10]	386.4	377.3 [*] /499.2	15/20	12/17
牛	牛皮特征肽A ^[2]	641.2	726.3 [*] /783.3	35/35	30/30
猪	猪皮特征肽 ^[3]	774.5	977.7/1035.7 [*]	40/40	30/30
骆驼	骆驼皮特征肽 ^[4]	603.8	281.8 [*] /462.9	40/40	25/25
羊	羊皮特征肽 ^[4]	553.0	450.8 [*] /528.5	25/25	20/25
鹿	鹿皮特征肽 ^[4]	733.1	875.3/962.5 [*]	40/40	35/35

注:*m/z*为质荷比;*为定量离子。

Note: *m/z* refers to the mass to charge ratio, and * refers to quantitative ion.

2.2 溶液制备

取各特征肽对照品,分别用1%碳酸氢铵溶液配制
成含量浓度为1 μg/mL的溶液,即得单一对照品溶液。
精密量取上述各单一对照品溶液,置同一容量瓶中,用
1%碳酸氢铵溶液稀释成各含量浓度为0.1 μg/mL的
混合溶液,即得混合对照品溶液。

取阿胶、黄明胶、新阿胶对照药材及马皮胶、骆驼
皮胶、羊皮胶、鹿皮胶自制对照样品各0.10 g,精密称
定,分别置50 mL容量瓶中,加1%碳酸氢铵溶液40 mL,
超声处理30 min,完全溶解,加1%碳酸氢铵溶液定容,
摇匀,作为对照药材溶液。

精密量取除阿胶对照药材外的其余对照药材溶液
各0.1,0.2,0.5,1,2,5 mL,分别置100 mL容量瓶中,加
阿胶对照药材粉末0.20 g,加1%碳酸氢铵溶液80 mL,
超声(功率为500 W,频率为45 kHz)处理30 min,完全
溶解,再加1%碳酸氢铵溶液定容,摇匀,作为杂皮胶检
测限试验溶液。

精密量取阿胶对照药材溶液适量,以黄明胶为基
质(浓度同黄明胶对照溶液),配制成分别含0.1%,
0.2%,0.5%,1%,2%,5%,10%,25%,50%的阿胶对照
药材溶液,作为阿胶检测限试验溶液。

取阿胶样品粉末0.10 g,精密称定,分别置50 mL量
瓶中,加1%碳酸氢铵溶液40 mL,超声(功率为500 W,
频率为45 kHz)处理30 min,完全溶解,加1%碳酸氢铵
溶液定容,摇匀,即得供试品溶液。

不取样品,其余操作同供试品溶液制备方法,制得
空白试验溶液。

2.3 酶解试验

取序列分析用胰蛋白酶,加1%碳酸氢铵溶液制成
每1 mL含1 mg的溶液,临用新制。取2.2项下各溶液适
量,用0.22 μm微孔滤膜滤过,精密量取续滤液1 mL,置
进样瓶中,精密加入胰蛋白酶溶液100 μL,摇匀,37℃恒
温酶解15 h,即得。

2.4 方法学考察

专属性试验:取2.2项下空白试验溶液及阿胶、马
皮胶、黄明胶、新阿胶、骆驼皮胶、羊皮胶、鹿皮胶对照
药材溶液各适量,按2.1项下试验条件进样测定,各对
照药材溶液在各监测通道的出峰情况见图1。方法选取
的驴源特征肽、马源寡肽A、牛皮特征肽A、猪皮特征
肽、骆驼皮特征肽、羊皮特征肽、鹿皮特征肽均只在对
应动物源的皮胶中检出,专属性强;因驴源特征肽的响
应较低,故仍保留阿胶特征肽段作为阿胶鉴别的指标
成分^[1]。

方法检测限确定:取酶解后的杂皮胶及阿胶检测
限试验溶液,按2.1项下试验条件进样测定,以信噪
比为3:1时的响应较弱的离子对色谱峰对应的浓度
计算方法检测限,结果见表4。杂皮检查目前通行的
限度为5%,本方法各杂皮的检测限远高于应用要求。

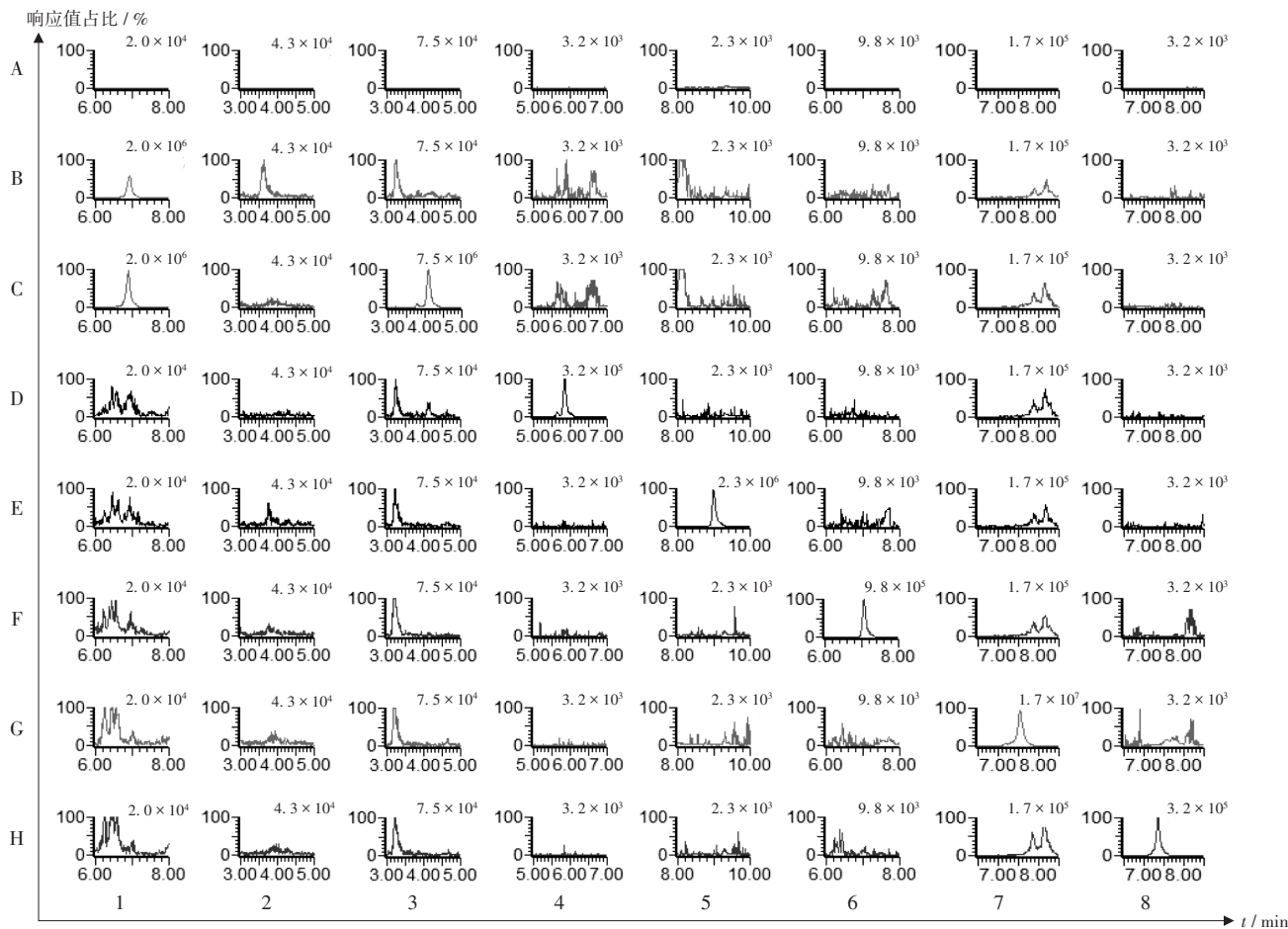
酶解重复性试验:精密吸取2.2项下含量为2%的
杂皮胶检测限试验溶液6份,每份1 mL,平行酶解,按
2.1项下试验条件进样测定各特征肽,以定量离子对峰面
积的RSD评价酶解过程的重复性。结果见表4,表明酶
解重复性较好。

精密度试验:取酶解重复性试验项下酶解液,按
2.1项下试验条件连续进样6次,测定各特征肽,以定
量离子对的保留时间及峰面积的RSD分别评价定性
精密度和定量精密度。结果见表4,表明仪器精密度
较好。

稳定性试验:取酶解重复性试验项下酶解液,分别
于第1,2,3,4,5天按2.1项下试验条件进样测定各特
征肽,以定量离子对峰面积的RSD评价稳定性。结果见
表4,表明酶解液放置5 d内稳定性良好。

2.5 样品含量测定

定性测定:取样品,按2.2项下方法制备供试品溶
液,按2.1项下试验条件进样测定。10批药用阿胶中,
2批未检出阿胶(经确认为假冒产品),其余8批均含阿
胶成分,仅有1批检出异源性成分。6批食品(含保健食
品)级阿胶中,5批均未检出阿胶成分,包括4批检出牛
皮源成分,1批检出骆驼皮源成分;1批同时检出驴皮源
(阿胶特征肽段)、马皮源和猪皮源成分。因马皮胶中含
有阿胶特征肽段,该批样品是否含驴皮源成分需结合
定量计算结果进行判定。各样品鉴别及杂皮源成分的



A. 空白试验溶液 B. 阿胶对照药材溶液 C. 马皮胶对照药材溶液 D. 黄明胶对照药材溶液 E. 新阿胶对照药材溶液 F. 骆驼皮胶对照药材溶液 G. 羊皮胶对照药材溶液 H. 鹿皮胶对照药材溶液

1. 阿胶特征肽段 2. 驴源特征肽 3. 马源寡肽A 4. 牛皮特征肽A 5. 猪皮特征肽 6. 骆驼皮特征肽 7. 羊皮特征肽 8. 鹿皮特征肽
图1 各特征肽总离子流图

A. Blank test solution B. Colla Corii Asini reference medicinal material solution C. Horse hide glue reference medicinal material solution
D. Oxhide gelatin hide glue reference medicinal material solution E. Pig hide glue reference medicinal material solution F. Camel hide glue reference medicinal material solution G. Sheep hide glue reference medicinal material solution H. Deer hide glue reference medicinal material solution
1. Colla corii asini characteristic peptide 2. Donkey characteristic peptide 3. Horse characteristic peptide A 4. Cattle characteristic peptide A
5. Pig characteristic peptide 6. Camel characteristic peptide 7. Sheep characteristic peptide 8. Deer characteristic peptide

Fig. 1 TIC chromatograms of each characteristic peptide

表4 方法学考察结果(%,n=6)

Tab. 4 Results of the methodological validation (%,n=6)

动物皮胶	指标成分	检测限 ^a	RSD			
			酶解重复性试验	定性精密度试验	定量精密度试验	稳定性试验
阿胶	阿胶特征肽段	0.10	0.77	0.24	1.13	5.93
	驴源特征肽	10.00	6.66	0.74	6.72	6.78
马皮胶	马源寡肽A	0.05	1.42	0.32	2.45	4.62
黄明胶	牛皮特征肽A	0.20	6.81	0.23	6.15	8.74
新阿胶	猪皮特征肽	0.10	6.93	0.10	6.60	1.67
骆驼皮胶	骆驼皮特征肽	0.40	8.41	0.15	8.92	3.72
羊皮胶	羊皮特征肽	0.30	1.01	0.27	1.59	3.54
鹿皮胶	鹿皮特征肽	0.10	8.44	0.21	8.04	7.11

注:*指皮胶的检测限。

Note:* refers to the limit of detection of hide glue.

检查结果见表5。

定量计算:根据各检出成分定量离子对的峰面积,与浓度接近的对照药材溶液进行比较,计算各检出成分相当于皮胶的百分比含量,结果见表6。10批药用阿胶中,有2批假冒产品,1批阿胶含量偏低;检出马皮源成分的阿胶中,马皮胶的含量约为1.2%,依据杂皮检查目前通行5%的限度要求判断为合格。样品(编号为EJ-B-01)以马源寡肽A及阿胶特征肽段计算的马皮胶含量约为30%,结合其未检出驴源特征肽的情况,综合判定不含驴源性成分。其余未检出阿胶成分的样品中,杂皮胶的含量为49.4%~91.3%,判定均为杂皮胶。

3 讨论

目前,2020年版《中华人民共和国药典(一部)》^[1]

表5 样品鉴别与杂皮源成分检测结果

Tab. 5 Identification of sample and detection results of animal heterologous components								
样品编号	阿胶		马皮胶	黄明胶	新阿胶	骆驼皮胶	羊皮胶	鹿皮胶
	以阿胶特征肽设计	以驴源特征肽计						
EJ-A-01	+	+	+	ND	ND	ND	ND	ND
EJ-A-02	ND	ND	ND	+	ND	ND	ND	ND
EJ-A-03	ND	ND	ND	+	ND	ND	ND	ND
EJ-A-04	+	+	ND	ND	ND	ND	ND	ND
EJ-A-05	+	+	ND	ND	ND	ND	ND	ND
EJ-A-06	+	+	ND	ND	ND	ND	ND	ND
EJ-A-07	+	+	ND	ND	ND	ND	ND	ND
EJ-A-08	+	+	ND	ND	ND	ND	ND	ND
EJ-A-09	+	+	ND	ND	ND	ND	ND	ND
EJ-A-10	+	+	ND	ND	ND	ND	ND	ND
EJ-B-01	+	ND	+	ND	+	ND	ND	ND
EJ-B-02	ND	ND	ND	+	ND	ND	ND	ND
EJ-B-03	ND	ND	ND	ND	ND	+	ND	ND
EJ-C-01	ND	ND	ND	+	ND	ND	ND	ND
EJ-C-02	ND	ND	ND	+	ND	ND	ND	ND
EJ-C-03	ND	ND	ND	+	ND	ND	ND	ND

注：+ 为阳性,ND为未检出。
Note: + refers to positive,and ND refers to undetected.

表6 样品定量计算结果(%)

Tab. 6 Quantitative calculation results of samples (%)								
样品编号	阿胶		马皮胶		黄明胶	新阿胶	骆驼皮胶	
	以阿胶特征肽设计	以驴源特征肽计	以阿胶特征肽设计	以马源寡肽A计				
EJ-A-01	102.5	97.5		1.2				
EJ-A-02					91.3			
EJ-A-03					75.0			
EJ-A-04	94.3	80.2						
EJ-A-05	97.7	62.9						
EJ-A-06	95.2	71.6						
EJ-A-07	78.9	51.0						
EJ-A-08	96.9	98.1						
EJ-A-09	96.7	63.8						
EJ-A-10	100.3	72.3						
EJ-B-01	47.2		30.0	30.8		35.8		
EJ-B-02					87.9			
EJ-B-03							49.4	
EJ-C-01					55.5			
EJ-C-02					81.5			
EJ-C-03					60.1			

收载的阿胶鉴别项下专属性试验存在问题,其指标性成分阿胶特征肽段在马皮胶中也可检出,且含量与阿胶相当。本研究中以驴源特征肽作为阿胶鉴别的另1个指标性成分,经验证该指标性成分在阿胶常见伪品中

均未检出,专属性强。但该成分方法检测限较高,当阿胶样品中检出了阿胶特征肽段,未检出驴源特征肽时可同时进行马源寡肽A的检测,并计算样品中马皮胶和驴皮胶含量分布情况。本研究结果显示,药用阿胶总体情况良好,但市售阿胶存在假冒情况,且食品级(含保健食品)阿胶假冒情况更严重。

综上所述,改进后的阿胶鉴别方法及完善后的覆盖面更广的阿胶动物源性成分的检测方法专属性强、灵敏度高,可用于阿胶的质量控制和质量监管。

参考文献

[1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典(一部)[M]. 北京: 中国医药科技出版社,2020:197-198.

[2] 国家食品药品监督管理局. 国家食品药品监督管理局药品检验补充检验方法和检验项目批准件 阿胶中牛皮源含量的补充检验方法(2012001) [A/OL]. (2012-04-23) [2023-04-01]. <http://app.nifdc.org.cn/jianybz/jybzTwoGj.do?formAction=viewBzpdfjs&type=bcjy&id=2c9048cc88b995f7018c2decc7e77096>.

[3] 国家药品监督管理局. 国家药品监督管理局药品检验补充检验方法和检验项目批准件 阿胶中猪皮源成分检查项补充检验方法(BJY201917) [A/OL]. (2019-07-17) [2023-04-01]. <http://app.nifdc.org.cn/jianybz/jybzTwoGj.do?formAction=viewBzpdfjs&type=bcjy&id=20191022017>.

[4] 杭宝建,田晨颖,陈晓,等. 超高效液相色谱-串联质谱法测定阿胶中马、牛、羊、猪、骆驼、鹿皮源成分[J]. 色谱, 2018,36(4):408-412.

[5] 赵艳霞,巩丽萍,石峰,等. 基于特征肽测定阿胶食品中的5种杂皮源成分[J]. 现代食品科技,2022,38(4):234-240.

[6] 张静娴,胡青,董洪霜,等. 超高效液相色谱-三重四级杆质谱法用于阿胶糕类食品中阿胶的鉴别及马、牛、羊、猪皮源成分的检测[J]. 世界中医药,2019,14(4):828-832.

[7] DB37/T 4009-2020,阿胶及含阿胶的食品中动物皮源性成分鉴定方法[S].

[8] 程显隆,陈佳,李明华,等. 特征肽段检测技术用于胶类药材专属性鉴别方法研究[J]. 中国药杂志,2015,50(2):104-108.

[9] 谢强胜,高天阳,孙铜,等. 基于酶解法采用超高效液相色谱-串联质谱法检测阿胶、黄明胶、鹿角胶中猪皮特征肽[J]. 药物分析杂志,2022,42(1):166-171.

[10] 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.

[11] 房芳,张九凯,马雪婷,等. 基于特征肽段的阿胶中异源性物种鉴别[J]. 食品科学,2019,40(16):267-273.

[12] 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.

[13] 石峰,杭宝建,迟连利,等. 驴皮特征肽的发现及其在阿胶鉴别中的应用[J]. 药物分析杂志,2017,37(12):2272-2278.

(收稿日期:2023-05-10;修回日期:2023-11-05)