

驴骨、驴皮与阿胶中脂肪酸组成的比较

李兰杰¹, 魏子翔², 张静静², 龙勇¹, 石靖¹, 焦振海¹, 韩军², 刘桂芹¹

(1. 聊城大学农学院, 山东聊城 252000) (2. 聊城大学生物制药研究院, 山东聊城 252000)

摘要: 为探求阿胶、驴骨胶在脂肪酸组成方面的差异性, 利用气相色谱法初步构建了驴骨、驴皮与阿胶中总脂肪酸成分的指纹图谱, 并对阿胶、驴皮中特异性脂肪酸亚油酸、 γ -亚麻酸的含量进行了比较研究。结果表明, 驴皮、阿胶总脂肪酸的气相色谱指纹图谱具有较高相似性, 除阿胶中含有植物油成分-花生酸(29.00)外, 其它脂肪酸成分完全吻合; 与驴皮、阿胶相比, 驴骨的气相色谱指纹图谱则表现出一定的差异性, 除缺少亚油酸(28.19)、 γ -亚麻酸(29.50)外, 驴骨中还含有多种特异性脂肪酸: 羊脂酸(11.04)、十五烷酸(22.50)、11,14-二十碳二烯酸(30.95)。同时, 作为特异性脂肪酸, 亚油酸、 γ -亚麻酸在驴皮(12.90%、1.10%)和阿胶(45.25%、5.48%)中具有较高的含量。综上所述, 通过构建驴骨、驴皮与阿胶中总脂肪酸成分的指纹图谱以及阿胶中亚油酸、 γ -亚麻酸含量测定可以为阿胶质量控制提供参考。

关键词: 阿胶; 驴骨; 脂肪酸; 气相色谱

文章编号: 1673-9078(2020)04-82-87

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2020.4.011

Comparison of Fatty Acid Component between Donkey Bones, Donkey Skin and E-jiao

LI Lan-jie¹, WEI Zi-xiang², ZHANG Jing-jing², LONG Yong¹, SHI Jing¹, JIAO Zhen-hai¹, HAN Jun²,
LIU Gui-qin¹

(1. College of Agronomy, Liaocheng University, Liaocheng 252000, China)

(2. Institute of BioPharmaceutical Research, Liaocheng University, Liaocheng 252000, China)

Abstract: In order to investigate the difference of fatty acid composition between E-jiao and donkey bone glue, the fingerprints of total fatty acids in donkey bones, donkey skin, and E-jiao were established by gas chromatographic method. The content of linoleic acid, γ -linolenic acid in donkey skin and E-jiao were also studied. The results showed that fingerprints of total fatty acid in donkey skin and E-jiao were similar, except E-jiao containing arachidic acid (29.00). Compared with the donkey skin and E-jiao, the fingerprint of donkey bones showed some differences. The donkey bones contained a variety of specific fatty acids: caprylic acid (11.04), pentadecane acid (22.50), and cis-11, 14-eicosatrienoic acid (30.95), lacking linoleic acid (28.19) and γ -linolenic (29.50). As specific fatty acids, linoleic acid and γ -linolenic acid had higher content in donkey skin (12.90%, 1.10%) and E-jiao (45.25%, 5.48%). In conclusion, the fingerprints of total fatty acids in donkey bones, donkey skin, E-jiao, and the comparison analysis of the contents of linoleic acid, γ -linolenic acid in E-jiao would provide reference for quality control of E-jiao.

Key words: E-jiao; donkey bone; fatty acid; gas chromatography

引文格式:

李兰杰, 魏子翔, 张静静, 等. 驴骨、驴皮与阿胶中脂肪酸组成的比较研究[J]. 现代食品科技, 2020, 36(4): 82-87

LI Lan-jie, WEI Zi-xiang, ZHANG Jing-jing, et al. Comparison of fatty acid component between donkey bones, donkey skin and E-jiao [J]. Modern Food Science and Technology, 2020, 36(4): 82-87

收稿日期: 2019-11-07

基金项目: 山东省现代农业产业技术体系驴产业创新团队项目(SDAIT-27); 山东省抗体制药协同创新中心开放课题(GIC-AD1843); 聊城大学博士基金(318051636)

作者简介: 李兰杰(1988-), 男, 博士, 讲师, 研究方向: 食品加工及贮藏工程

通讯作者: 刘桂芹(1975-), 女, 博士, 教授, 研究方向: 食品加工及贮藏工程

阿胶,作为传统养生滋补中药,越来越受到人们的青睐,拥有广大的市场和光明的发展前景^[1,2]。由于驴皮来源有限,阿胶价格持续推高^[3],市场上出现了以低价驴骨为原料制备驴骨胶,掺杂于阿胶中销售的现象,给予阿胶产品推广以及消费者消费带来了巨大的冲击和忧虑,阿胶的质量控制再一次受到挑战。

目前对于阿胶的质量控制,研究学者主要集中于驴属 DNA 和驴源特异性肽段的检测。Zuo 等^[4]采用细胞色素 c 氧化酶亚基 I 型基因聚合酶链反应方法,鉴定了阿胶的原材料(驴皮、马皮、骡皮、牛皮、猪皮)以及不同厂家、不同批次的阿胶产品。严华等^[5]在此基础上通过邻接法构建系统树,结果显示驴、马、牛的皮样品具有较好的单系性,均分别独立聚为 1 个分支,可以显著区分。罗晖明等^[6]通过聚合酶链式反应(PCR),扩增基因组上的线粒体细胞色素 b (Cytb) 基因,继而用限制性内切酶 Bam H I 对该聚合酶链式反应产物进行酶切,将酶切产物进行琼脂糖凝胶电泳及紫外成像,结果显示驴源性成分 Cytb 的 PCR 产物能够被 Bam H I 酶切成 76 bp 和 314 bp 2 个片段,而马源性成分均不能够被酶切。步迅等^[7]以阿胶传统工艺加工过程样品为研究对象,探讨关键加工阶段阿胶样品中驴基因组 DNA 核基因和线粒体基因的降解变化规律,结果表明,随着阿胶加工的深入进行,各个阶段 DNA 发生不同程度的降解,在原料、化皮、双效、浓缩和加辅料阶段,琼脂糖凝胶电泳均能检测到清晰的条带,普通 PCR 可扩增到 200~1600 bp 左右的片段,而在凝胶阶段 DNA 降解最为严重,只能利用琼脂糖凝胶电泳检测到 100~800 bp 的目的片段。Li 等^[8]采用超高效液相色谱-串联质谱技术,分析比对了多种物种的皮源性特异性蛋白成分,成功用于不同厂家、不同批次的阿胶产品的鉴定。王芳等^[9]通过生物学软件模拟以及超高效液相色谱-四级杆飞行时间质谱等技术,分析比对驴皮、牛皮、猪皮来源 I 型胶原蛋白 $\alpha 1$ 链酶解肽段,筛选出 12 个驴皮的特异性肽段。石峰等^[10,11]采用序列比对技术发现理论马皮胶原蛋白特征肽、驴皮特征肽,利用胰蛋白酶酶切样品,通过纳升液相-高分辨质谱确证了马皮特征肽 GASGPAGVR 和阿胶特征肽 GPTGEPGKPGDK,建立了阿胶中马皮源、驴皮源成分专属性的检测方法。

通过驴属 DNA 和驴源特异性肽段的检测方法,进行阿胶的质量控制,在一定程度上遏制了以猪皮、牛皮、羊皮、马皮为原料制备掺伪阿胶的现象。驴属 DNA 在经过复杂的加工工艺后会发生不同程度的降解^[7],而且与阿胶同源性较大的驴骨胶,含有的 DNA 与阿胶完全相同,因此驴属 DNA 检测的方法并不能

有效的鉴别出驴骨胶和阿胶。同时,同属驴源的骨胶和皮胶中的蛋白多肽有诸多相似性,特异性肽段检测方法对阿胶的质量控制也存在一定的困难。

不同种属动物,同种动物不同部位的脂肪酸组成及含量均存在差异性。制备阿胶和驴骨胶的材料分别来源于驴皮和驴骨,二者虽来源于同种动物,但其脂肪酸的组成存在差异^[12,13]。因此,在脂肪酸组成及含量方面,阿胶与掺杂驴骨胶的阿胶具有差异性。本实验对驴骨、驴皮与阿胶中的脂肪酸进行提取、分离,进行气相色谱分析。通过气相色谱指纹图谱分析三者在短、中、长链脂肪酸区的差异性,并对阿胶中的特异性脂肪酸进行含量测定,以期对阿胶的质量控制提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

驴骨、驴皮,购自东阿县新城曲山驴肉直营店;东阿阿胶,购自东阿阿胶股份有限公司。

石油醚、氯仿、异丙醇、乙酸、乙酸乙酯、乙醚、正己烷等试剂均为分析纯,购自国药集团化学试剂有限公司。14%三氟化硼-甲醇、2,2-二甲基丙烷、十七烷酸甲酯、37 种脂肪酸甲酯混标等试剂,购自 sigma 公司。

1.2 仪器

气相色谱仪(7890B),美国 Agilent;氮吹仪(MD200),杭州奥盛;脂肪测定仪(SOX406),济南海能;高速分散器(T18),德国 IKA;旋转蒸发器(RE52-86A),上海亚荣。

1.3 试验方法

1.3.1 油脂的提取

(1) 驴骨油的提取

驴骨经以下工艺流程:断骨-破骨-除脂-烘干-粉碎,得到粗制骨粉。取 10.0 g 骨粉,加入 500 mL 乙酸乙酯,用脂肪测定仪提取,提取驴骨油,-20 °C 贮存备用。

(2) 驴皮脂油的提取

驴皮经刮毛、剪碎、烘干,得到 1.0 mm 作用的细颗粒。取 10.0 g 驴皮颗粒,加入 500 mL 乙酸乙酯,用脂肪测定仪提取,提取驴皮脂油,-20 °C 贮存备用。

(3) 阿胶脂质的提取

阿胶经粉碎机粉碎成粉。取 10.0 g 阿胶粉末,加入 500 mL 乙酸乙酯,用脂肪测定仪提取,提取阿胶

脂质, -20 °C 贮存备用。

1.3.2 脂肪酸的甲酯化

根据徐幸莲等^[14]的方法。取 10.0 mg 油脂, 加入 2.0 mL 14% 三氟化硼-甲醇溶液, 几滴 2,2-二甲基丙烷, 60 °C 水浴 30 min, 使脂肪酸完全甲酯化。冷却后加入正己烷 1.0 mL、水 1.0 mL 充分震荡, 静置分层后吸取上层有机层, 加入 0.1 mL 浓度 400 μg/mL 的十七烷酸甲酯正己烷溶液, 氮吹仪吹干后, 加入 400 μL 正己烷溶解, 气相色谱测定。

1.3.3 脂肪酸甲酯的气相色谱分析

Agilent 7890B 型气相色谱仪, TR-FAME 柱 (100 m×0.25 mm×0.2 μm, Thermo 公司), Agilent 7683 型自动进样器; 进样口温度: 280 °C, 火焰离子检测器 (FID) 温度: 260 °C; 柱升温程序: 140 °C 保持 5 min, 140 °C~240 °C, 4 °C/min; 载气(高纯氮气)1.0 mL/min; 进样量: 1 μL, 分流比: 1:40。

通过与 37 种脂肪酸甲酯色谱图对比, 定性分析各脂肪酸的种类; 与十七烷酸甲酯峰面积对比, 定量计算个脂肪酸的含量。

1.4 统计分析

利用 EXCEL 2003、Origin 7.5 和 SPSS 20.0 进行数据处理和统计分析。

2 结果与讨论

2.1 驴骨、驴皮与阿胶中总脂肪酸气相色谱指纹图谱比较

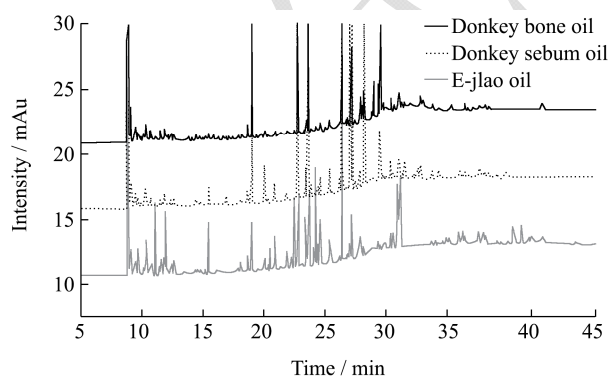


图1 驴骨、驴皮与阿胶中脂肪酸气相色谱指纹图谱

Fig.1 The GC fingerprint analysis of fatty acid component in donkey bones, donkey skin and E-jiao

指纹图谱中包含了阿胶中总脂肪酸的所有信息, 其整体性、真实性、稳定性的特点对于阿胶的质量控制具有重要意义。利用色谱工作站, 对未加内标物的驴骨、驴皮与阿胶样品中的脂肪酸进行气相色谱指纹

图谱分析, 结果如图 1 所示。

由图 1 可知, 驴皮、阿胶总脂肪酸的气相色谱指纹图谱具有较高相似性, 除阿胶中含有植物油成分-花生酸 (29.00) 外, 其它脂肪酸成分完全吻合。与驴皮、阿胶相比, 驴骨的气相色谱指纹图谱则表现出一定的差异性。在短链脂肪酸区, 驴骨中含有的脂肪酸种类丰富, 如在 11.04 处均出现了驴皮、阿胶中均不存在的特异峰: 羊脂酸, 且含量较高。在中链脂肪酸区, 三者含有的脂肪酸种类差异较大, 如在 22.50 处, 驴骨中出现了驴皮、阿胶中均不存在的特异峰: 十五烷酸, 在 28.19、29.50 处, 驴皮和阿胶中出现了驴骨中不存在的特异峰: 亚油酸、 γ -亚麻酸, 且含量较高。在长链脂肪酸区, 驴骨中含有的脂肪酸种类丰富, 如在 30.95、31.06 处均出现了驴皮、阿胶中均不存在的特异峰: 11,14-二十碳二烯酸、邻苯二甲酸, 其中, 邻苯二甲酸可能为提取试剂残留, 需进一步研究确定。

2.2 驴骨、驴皮与阿胶中总脂肪酸相对含量比较

利用色谱工作站, 对无内标物 (十七烷酸甲酯) 的驴骨、驴皮与阿胶样品进行气相色谱分析, 用面积归一化法计算样品中各种脂肪酸的相对含量。驴骨、驴皮与阿胶中检出的脂肪酸种类分别有 52、43 和 35 种, 高于樊雨梅等^[15]报道的驴板油中的脂肪酸种类 (23 种) 以及许浮萍等^[16]报道的驴板油中的脂肪酸种类 (16 种)。乔琰等^[12]曾报道经 GC-MS 分离鉴定, 驴皮中共检测出 12 种脂肪酸, 其中相对含量超过 1% 的有 11 种。本试验中相对含量超过 1.0% 的脂肪酸分别有 12 (驴骨)、8 (驴皮) 和 7 (阿胶) 种, 相差不大, 结果如表 1 示。

由表 1 可知, 驴骨中脂肪酸主要是棕榈酸 (33.28%)、油酸 (25.79%), 驴皮和阿胶中脂肪酸主要是油酸 (32.30%、20.59%)、亚油酸 (12.90%、45.25%) 和棕榈酸 (26.33%、13.85%)。与刘雅娟等^[17]曾报道的经正己烷萃取, 毛细管气相色谱法检测的阿胶中的 5 种主要脂肪酸种类 (棕榈酸 23.21%、硬脂酸 11.88%、油酸 42.82%、亚油酸 19.66%、亚麻酸 2.43%) 基本一致。

驴骨、驴皮与阿胶样品中饱和脂肪酸含量分别是 50.10%、34.59%、19.32%; 不饱和脂肪酸含量分别是: 36.60%、58.83%、75.03%, 其中阿胶中脂肪酸的不饱和程度最高, 为驴骨含量 (36.60%) 的 2 倍, 达到了 75.03%。三个样品中, 亚油酸和 γ -亚麻酸相对含量差异最为明显, 驴皮和阿胶中亚油酸的相对含量 (12.90%、45.25%) 分别是驴骨 (0.17%) 中的 76 和 266 倍, γ -亚麻酸的相对含量 (1.10%、5.48%) 分别

是驴骨(0.09%)中的12和61倍。同时,驴骨中检出4种驴皮、阿胶中未检出的脂肪酸成分(C8:0X、

C8:0Y、C15:1X、C20:2X),且相对含量较高(0.93%、1.04%、1.30%、1.40%),结构需进一步研究确定。

表1 驴骨、驴皮与阿胶中脂肪酸的相对含量

Table 1 The relative content of fatty acid in donkey bones, donkey skin and E-jiao

| 脂肪酸 | 峰归属 | 含量/% | | |
|------------------------|-------|------------|------------|------------|
| | | 驴骨 | 驴皮 | 阿胶 |
| 未知1(C8:0X) | 11.04 | 0.93±0.05 | ND | ND |
| 未知2(C8:0Y) | 11.92 | 1.04±0.05 | 0.13±0.01 | 0.15±0.01 |
| 肉豆蔻酸(C14:0) | 19.04 | 4.07±0.06 | 2.98±0.03 | 0.8±0.01 |
| 未知3(C15:1X) | 22.47 | 1.30±0.04 | ND | ND |
| 棕榈酸(C16:0) | 22.81 | 33.28±1.12 | 26.33±1.03 | 13.85±0.82 |
| 棕榈油酸(C16:1) | 23.62 | 4.61±0.03 | 9.98±0.04 | 2.15±0.01 |
| 未知4(C16:1X) | 24.25 | 1.81±0.06 | ND | ND |
| 十七烷酸(C17:0) | 24.60 | 1.07±0.02 | 0.30±0.00 | 0.14±0.00 |
| 硬脂酸(C18:0) | 26.39 | 5.55±0.05 | 4.36±0.04 | 3.88±0.01 |
| 油酸(C18:1n9c) | 27.08 | 25.79±0.35 | 32.30±0.31 | 20.59±0.08 |
| 反亚油酸(C18:2n6t) | 27.21 | 1.43±0.02 | 2.55±0.04 | 1.57±0.02 |
| 亚油酸(C18:2n6c) | 28.18 | 0.17±0.01 | 12.90±0.05 | 45.24±0.04 |
| γ -亚麻酸(C18:3n6) | 29.37 | 0.09±0.00 | 1.10±0.02 | 5.48±0.02 |
| 未知5(C20:2X) | 30.95 | 1.40±0.06 | ND | ND |
| 二十一烷酸(C21:0) | 31.06 | 4.21±0.10 | 0.49±0.01 | 0.50±0.01 |

注:ND表示未检出。

刘雅娟等^[17]曾报道阿胶中5种主要脂肪酸中不饱和脂肪酸含量为64.91%,其中亚油酸19.66%、亚麻酸2.43%。本试验数据与其研究结果存在差异,分析原因可能与以下几个因素有关:一、提取试剂,刘雅娟等选择正己烷为提取溶剂在水相中萃取,在未甲酯化状态下,一部分高极性单甘酯成分可能损失;二、阿胶生产厂家,刘雅娟等选择修元阿胶为实验对象,与本实验中所用东阿阿胶在制备工艺方面可能存在一定的差异。许浮萍等^[16]曾报道以驴板油为试验对象,经水剂法熬炼除去非油脂成分,得到液体驴油,经GC法检测其中的脂肪酸成分,检测出亚油酸(12.00%)、亚麻酸(4.56%)等成分。

2.3 驴骨、驴皮与阿胶中肉豆蔻酸、棕榈酸、

亚油酸、 γ -亚麻酸含量比较

脂肪的提取方法、提取溶剂种类等因素对脂肪酸的相对含量测定影响较大,本实验首次对提取脂质中肉豆蔻酸、棕榈酸、亚油酸、 γ -亚麻酸的绝对含量进行了研究。由于样品中可能含有十七烷酸,对加内标物(十七烷酸甲酯)和不加内标物的样品分别进行了气相色谱分析,采用内标法计算样品中4种脂肪酸的含量。结果如表2所示。

由表2可知,在肉豆蔻酸、棕榈酸、亚油酸、 γ -亚麻酸含量方面,三者含量差异明显。其中,阿胶和驴皮中亚油酸含量(2.95%、1.55%)分别为驴骨中含量(0.01%)的295、155倍, γ -亚麻酸含量(0.32%、0.08%)分别为驴骨中含量(0.01%)的32、8倍。因此,亚油酸和 γ -亚麻酸可以作为区别阿胶和驴骨胶的特征性成分。

表2 驴骨、驴皮与阿胶中肉豆蔻酸、棕榈酸、亚油酸、 γ -亚麻酸含量

Table 2 The relative content of myristic acid, palmitic acid, linoleic acid, γ -linolenic acid in donkey bones, donkey skin and E-jiao

| 脂肪酸 | 含量/% | | |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|
| | 驴骨 | 驴皮 | 阿胶 |
| 肉豆蔻酸(C14:0) | 0.29±0.01 | 0.32±0.01 | 0.04±0.00 |
| 棕榈酸(C16:0) | 2.36±0.02 | 2.73±0.02 | 0.86±0.01 |
| 亚油酸(C18:2n6c) | 0.01±0.00 | 1.55±0.01 | 2.95±0.02 |
| γ -亚麻酸(C18:3n6) | 0.01±0.00 | 0.08±0.00 | 0.32±0.01 |

乔琰等^[12]曾报道经GC-MS分离鉴定,驴皮中共检测出12种脂肪酸,其中相对含量超过1%的有11种,但是未检出亚油酸、 γ -亚麻酸等成分,与本研究结果不符,分析原因可能与提取方法及提取溶剂有关。樊雨梅等^[15]曾报道了驴板油以及3种常见动物油脂

(羊油、猪油、牛油)的化学性质、营养特性与脂肪酸组成,其中 γ -亚麻酸等成分在四种动物油脂中含量极低,甚至在牛油中未检出,亚油酸成分在驴、猪等非反刍动物的板油中含量丰富,与本试验研究结果一致。许浮萍等^[16]曾报道以驴板油为试验对象,经水剂法熬炼除去非油脂成分,得到液体驴油,经GC法检测其中的脂肪酸成分,同样检测出了亚油酸、亚麻酸等成分。

3 结论

本试验对驴骨、驴皮与阿胶中的脂肪酸进行提取、分离,进行气相色谱分析。通过气相色谱指纹图谱分析三者短、中、长链脂肪酸区的差异性,并首次对阿胶中的特异性脂肪酸进行了绝对含量测定,结果表明:

3.1 驴皮、阿胶总脂肪酸的气相色谱指纹图谱具有较高相似性,除阿胶中含有植物油成分-花生酸(29.00)外,其它脂肪酸成分完全吻合;与驴皮、阿胶相比,驴骨的气相色谱指纹图谱则表现出一定的差异性,除缺少亚油酸(28.19)、 γ -亚麻酸(29.50)外,驴骨中还含有多种特异性脂肪酸:羊脂酸(11.04)、十五烷酸(22.50)、11,14-二十碳二烯酸(30.95)。

3.2 通过面积归一化法测定样品中各种脂肪酸的相对含量。结果表明,驴骨中脂肪酸主要是棕榈酸(33.28%)、油酸(25.79%),驴皮和阿胶中脂肪酸主要是油酸(32.30%、20.59%)、亚油酸(12.90%、45.25%)和棕榈酸(26.33%、13.85%)。其中,亚油酸和 γ -亚麻酸相对含量差异明显,驴皮和阿胶中亚油酸的相对含量(12.90%、45.25%)分别是驴骨(0.17%)中的76和266倍, γ -亚麻酸的相对含量(1.10%、5.48%)分别是驴骨(0.09%)中的12和61倍。

3.3 通过内标法测定样品中亚油酸、 γ -亚麻酸的绝对含量。结果表明,阿胶和驴皮中亚油酸含量(2.95%、1.55%)分别为驴骨中含量(0.01%)的295、155倍, γ -亚麻酸含量(0.32%、0.08%)分别为驴骨中含量(0.01%)的32、8倍。因此,亚油酸和 γ -亚麻酸可以作为区别阿胶和驴骨胶的特征性成分。

参考文献

[1] 国家药典委员会.中华人民共和国药典[M].北京:中国医药科技出版社,2015
National Pharmacopoeia Committee. Pharmacopoeia of People Republic of China [M]. Beijing: China Medical Science Press, 2015

[2] Wang D, Ru W, Xu Y, et al. Chemical constituents and

bioactivities of Colla Corii Asini [J]. Drug Discoveries & Therapeutics, 2014, 8(5): 201-207

- [3] 闫子期.驴皮资源不足,东阿阿胶遭遇发展瓶颈[J].商业观察,2018,36(6):21-22
YAN Zi-qi. Shortage of donkey skin resources, E-jiao encountered a bottleneck in its development [J]. Business Spectator, 2018, 36(6): 21-22
- [4] Zuo H L, Zhao J, Wang Y T, et al. Identification of the adulterated Asini Corii Colla with cytochrome c oxidase subunit I gene-based polymerase chain reaction [J]. Pharmacognosy Research, 2017, 9(4): 313-318
- [5] 严华,陈俊,石林春,等.基于CO I序列的阿胶原材料及其混伪品的DNA条形码鉴定研究[J].药物分析杂志,2018, 38(10):109-114
YAN Hua, CHEN Jun, SHI Lin-chun, et al. DNA barcoding identification of raw material of Asini Colla Corii and its counterfeits based on CO I gene [J]. Chinese Journal of Pharmaceutical Analysis, 2018, 38(10): 109-114
- [6] 罗晖明,肖炳焱,聂平,等.阿胶原料驴源性成分的DNA分子鉴别方法[J].药物分析杂志,2017,37(2):26-35
LUO Hui-ming, XIAO Bing-yi, NIE Ping, et al. Application of DNA molecular identification method to distinguish donkey-derived components in Ejjiao [J]. Chinese Journal of Pharmaceutical Analysis, 2017, 37(2): 26-35
- [7] 刘艳艳,董书光,步迅,等.阿胶加工工艺过程中DNA降解规律研究[J].药学研究,2016,35(9):501-507
LIU Yan-yan, DONG Shu-guang, BU Xun, et al. DNA degradation of Colla Corii Asini during processing [J]. Journal of Pharmaceutical Research, 2016, 35(9): 501-507
- [8] Xue L, Feng S, Liping G, et al. Species-specific identification of collagen components in Colla Corii Asini using a nano-liquid chromatography tandem mass spectrometry proteomics approach [J]. International Journal of Nanomedicine, 2017, 12: 4443-4454
- [9] 王芳,范雨,叶茂,等.基于生物信息学和质谱技术的阿胶特异性肽段筛选与鉴定[J].中国现代中药,2019,21(9): 1256-1261
WANG Fang, FAN Yu, YE Mao, et al. Screening and identification of characteristic peptides of donkey-hide gelatin based on bio-informatics technique and mass spectrometry [J]. Modern Chinese Medicine, 2019, 21(9): 1256-1261
- [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):182-187
GONG Li-ping, HANG Bao-jian, CHI Lian-li, 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): 182-187
- [11] 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
SHI Feng, HANG Bao-jian, CHI Lian-li, et al. Discovery of marker peptide of donkey for identification of donkey-hide gelatin [J]. Chinese Journal of Pharmaceutical Analysis, 2017, 37(12): 2272-2278
- [12] 乔琰.动物皮中脂溶性成分的指纹图谱研究[D].天津:天津科技大学,2015
QIAO Yan. Study on fingerprints of liposoluble constituents in several animals [D]. Tianjin: Tianjin University of Science and Technology, 2015
- [13] 于海英.阿胶等胶剂脂溶性成分 HPLC 指纹图谱研究[D].济南:山东大学,2009
YU Hai-ying. Study on HPLC fingerprints of several animal gelatins in Chinese traditional medicine [D]. Jinan: Shandong University, 2009
- [14] 张新亮,徐幸莲,周光宏,等.如皋火腿加工过程中脂肪降解和氧化研究[J].食品工业科技,2010,31(10):106-109
ZHANG Xin-liang, XU Xin-lian, ZHOU Guang-hong, et al. Study on lipolysis and lipid oxidation of Rugao ham during processing [J]. Science and Technology of Food Industry, 2010, 31(10): 106-109
- [15] 樊雨梅,汝文文,廖峰,等.驴油与 3 种常见动物油脂品质比较研究[J].中国油脂,2019,44(2):115-118,132
FAN Yu-mei, RU Wen-wen, LIAO Feng, et al. Comparison of quality of donkey fat and three common animal fats [J]. China Oils and Fats, 2019, 44(2): 115-118, 132
- [16] 许浮萍.驴油总脂肪酸及 sn-2 位脂肪酸组成分析[J].中国油脂,2016,41(7):99-101
XU Fu-ping. Analysis of total fatty acid composition and sn-2 fatty acid composition of donkey fat [J]. China Oils and Fats, 2016, 41(7): 99-101
- [17] 刘雅娟,任丽莉,陈国广,等.毛细管 GC 法同时测定阿胶中 5 种脂肪酸的含量[J].中国药房, 2013,24(7):73-75
LIU Ya-juan, REN Li-li, CHEN Guo-guang, et al. Simultaneous determination of 5 fattyacids in equus asinus by capillary GC method [J]. China Pharmacy, 2013, 24(7): 73-75