

# 基于气相色谱法的驴皮真伪快速鉴别

李兰杰<sup>1</sup>, 张华宸<sup>1</sup>, 石婧<sup>1</sup>, 魏子翔<sup>2</sup>, 张宁<sup>2</sup>, 刘桂芹<sup>1\*</sup>

(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:** 为更加全面地对阿胶质量进行控制, 建立了一种基于气相色谱法探究驴皮真伪快速鉴别的方法。动物皮脂经过提取并进行甲酯化处理, 初步构建了驴皮、羊皮、牛皮中总脂肪酸成分的指纹图谱, 并经归一化法对驴、羊、牛皮中肉豆蔻酸、棕榈油酸的相对含量进行了测定, 经内标法(以十七烷酸甲酯为内标)对驴、羊、牛皮中肉豆蔻酸、棕榈油酸进行了定量分析。结果表明, 肉豆蔻酸、棕榈油酸在驴、羊、牛皮中具有较高的差异性。羊皮中肉豆蔻酸的相对含量(8.94%)约为驴皮(2.98%)和牛皮(3.03%)的3倍, 而驴皮、牛皮皮脂中棕榈油酸的相对含量(9.98%、13.46%)约为羊皮(2.78%)的3.6倍和4.8倍。同样, 肉豆蔻酸、棕榈油酸在驴皮(2.98%、9.98%)、羊皮(8.94%、2.78%)和牛皮(3.03%、13.46%)中的绝对含量具有较高的差异性。综上所述, 通过建立驴皮中肉豆蔻酸、棕榈油酸含量测定可以为驴皮的真伪快速鉴别提供一种新的思路。

**关键词:** 驴皮; 气相色谱法; 肉豆蔻酸; 棕榈油酸

文章编号: 1673-9078(2021)12-280-285

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2021.12.0328

## Rapid Identification of Authentic Donkey Skin Based on Gas Chromatography

LI Lanjie<sup>1</sup>, ZHANG Huachen<sup>1</sup>, SHI Jing<sup>1</sup>, WEI Zixiang<sup>2</sup>, ZHANG Ning<sup>2</sup>, LIU Guiqin<sup>1\*</sup>

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

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

**Abstract:** In order to achieve more comprehensive control of the quality of E-jiao, a rapid method based on gas chromatography for identifying authentic donkey skin was established. After the animal sebum was extracted and methylated, fingerprints of total fatty acids in donkey skin, sheep skin, and cow skin were preliminarily established. The relative contents of myristic acid and palmitoleic acid in donkey, sheep and cow hides were determined by normalization method, and quantitative analysis of myristic acid and palmitoleic acid in donkey, sheep and cow hides was carried out by the internal standard method (using methyl heptadecanoate as the internal standard). The results showed high differences in myristic acid and palmitoleic acid among donkey, sheep and cow hides. The relative content of myristic acid in sheep skin (8.94%) was about 3 times that of donkey skin (2.98%) and cow skin (3.03%). The relative content of palmitoleic acid in donkey skin and cow skin (9.98% and 13.46%) was about 3.6 times and 4.8 times, respectively, that of sheep skin (2.78%). Similarly, high differences were detected in the absolute contents of myristic acid and palmitoleic acid in donkey skin (2.98%, 9.98%), sheep hide (8.94%, 2.78%) and cow hide (3.03%, 13.46%). In summary, the establishment of the determination of the myristic acid and palmitoleic acid contents in donkey skin would provide a new idea for the rapid identification of authentic donkey skin.

**Key words:** donkey skin; gas chromatography; myristic acid; palmitoleic acid

引文格式:

李兰杰,张华宸,石婧,等.基于气相色谱法的驴皮真伪快速鉴别[J].现代食品科技,2021,37(12):280-285

LI Lanjie, ZHANG Huachen, SHI Jing, et al. Rapid identification of authentic donkey skin based on gas chromatography [J]. Modern Food Science and Technology, 2021, 37(12): 280-285

收稿日期: 2021-03-26

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); 山东省良种工程项目(2017LZGC020); 山东省驴产业科技协同创新中心资助(3193308); 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, Email: lilanjie@luc.edu.cn

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, Email: guiqinliu@luc.edu.cn

阿胶,由马科动物驴(*Equus asinus* L.)的皮去毛后经过熬制而成的一类胶块。阿胶具有补血养血、美容养颜、强身健体的作用<sup>[1]</sup>。阿胶可增强免疫力,促进营养物质的吸收,预防癌症,滋养肾阴,也是安胎的良药,在生活和临床中具有广泛的用处<sup>[2]</sup>。

随着人类的生活水平的快速提高,阿胶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<sup>[3]</sup>。由于驴皮资源有限,阿胶、驴皮的价格持续推高,因此,以其它动物皮制备阿胶的现象普遍存在。此类事件给正品阿胶的推广以及消费者带来巨大的冲击和忧虑,同时对阿胶的质量控制带来新的考验和挑战。

目前对于阿胶熬制所用原料-驴皮的鉴别方法主要有物理鉴别法、化学成分分析法、驴属 DNA 和驴源特异性肽段的检测等。史兆松等<sup>[4]</sup>基于光学手段用哈氏切片器对待测驴皮,马皮和牛皮的附属物毛进行切片,采用光学显微镜观察,对比各动物毛纤维表面及横切面的显微结构,结果差异明显,可作为毛皮种类的鉴别依据。田俊生等<sup>[5]</sup>利用核磁共振(NMR)代谢组学技术,从驴皮、马皮、骡皮中提取水溶性成分,在得出的 42 种水溶液成分中,三者的含量差异很大,因此可以将三种皮区别开。Xue 等<sup>[6]</sup>采用超高效液相色谱-串联质谱技术,比对了多个物种的皮源性特异性蛋白的成分,成功的用于检测是否用非驴皮来熬制阿胶产品。史碧云等<sup>[7]</sup>通过建立驴皮药材 RAPD 分析方法并用于伪品马皮的鉴别,其 RAPD 反应结果中,300~400 bp 处的条带具有特异性,可作为鉴别驴皮及其伪品的依据。Zhao 等<sup>[8]</sup>研究中利用细胞色素 c 氧化酶亚基 I 型基因聚合酶链反应,为阿胶所用的原料包括驴皮、马皮、骡皮、牛皮和猪皮做出了鉴定。另外,严华等<sup>[9]</sup>的研究中采用细胞色素 c 氧化酶亚基 1 基因片段序列的方法,鉴定区别阿胶所用原材料驴皮及其伪品(马皮、牛皮),并通过邻接法构建出系统树,结果表明驴皮、马皮、牛皮的样品中具有比较好的单系性,均分别独立聚为一个分支,能够显著区别开。王芳等<sup>[10]</sup>利用生物学软件模拟和超高效液相色谱-四级杆飞行时间质谱等技术,对牛、驴、猪的皮中来源 I 型胶原蛋白  $\alpha 1$  链酶解肽段进行了分析对比,成功筛选出了 12 个关于驴皮的特异性肽段。巩丽萍等<sup>[11]</sup>、石峰等<sup>[12]</sup>利用序列比对技术,得到了理论马皮胶原蛋白特征肽以及驴皮特征肽,其再利用胰蛋白酶酶切样品,通过采用纳升液相-高分辨质谱技术,明确阿胶特征肽 GPTGEPGKPGDK 和马皮特征肽 GASGPAGVR,成功的建立了检测阿胶中驴皮源和马皮源成分专属性的方法。

通过上述方法进行驴皮的质量控制,在一定程度

上遏制了在阿胶中掺杂马皮、牛皮、羊皮等其他种属动物皮的现象,同时也存在诸多不足,如耗时较长、前处理繁琐、检测成本高等。不同种属动物的脂肪酸组成及含量均存在差异性。胡晶红等<sup>[13]</sup>利用 GC-MS 方法,对驴、牛、马的皮脂成分进行了分析,其研究表明驴皮皮脂中饱和脂肪酸占 88.82%,而不饱和脂肪酸占 2.69%;牛皮皮脂中饱和脂肪酸占 37.62%,而不饱和脂肪酸占 39.74%;马皮皮脂中饱和脂肪酸占 45.15%,而不饱和脂肪酸占 50.31%。驴皮是以饱和脂肪酸为主,主要由棕榈酸、(E)-9-十八碳烯酸、硬脂酸和 8-十八碳烯酸构成;马皮与牛皮是由饱和及不饱和脂肪酸构成,两者最大量不饱和脂肪酸均为(E)-9-十八碳烯酸,其余的成分马皮主要含(Z)-9-十六碳烯酸、硬脂酸和十六酸,而牛皮中主要含 9-十六碳烯酸、对苯二甲酸和棕榈酸,可为区分驴皮,马皮和牛皮提供参考依据。因此,基于皮脂中脂肪酸组成的分析来进行不同种属动物皮的鉴别在理论上切实可行。

本文首先对不同动物的皮脂进行提取,然后对其脂肪酸进行甲酯化预处理,并利用气相色谱法初步构建了驴皮、羊皮、牛皮中脂肪酸成分的指纹图谱,并对驴皮中特异性脂肪酸肉豆蔻酸和棕榈油酸进行了含量测定,以期对驴皮的真伪快速鉴别提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

驴皮,购自东阿县新城曲山驴肉直营店;羊皮、牛皮,购自聊城市东昌府区龙山农贸市场。

14%三氟化硼-甲醇、十七烷酸甲酯、2,2-二甲基丙烷、37 种脂肪酸甲酯混标等试剂,购自 sigma 公司。正己烷、乙酸乙酯、乙醚等药品试剂都是分析纯,购自国药集团化学试剂有限公司。

### 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;电热鼓风干燥箱(GZX9140MBE),上海博迅;脂肪测定仪(SOX406),济南海能;高速分散器(T18),德国 IKA;真空泵(SHZ-D),河南予华;旋转蒸发仪(RE52-86A),上海亚荣。

### 1.3 试验方法

#### 1.3.1 动物皮脂的提取

将样品进行刮毛、除脂处理,得到干净光滑的皮,用剪刀将其剪成 5.00 mm×5.00 mm 碎片,放入烘箱烘

干(80 ℃, 5 h)。用粉碎机粉碎干燥好的皮样小颗粒,称取15.00 g样品放入250 mL圆底烧瓶中,加入150.00 mL乙酸乙酯常温搅拌24 h,抽滤得滤液,将滤液用旋转蒸发器进行旋蒸,回收溶剂后得到三种动物皮样的油脂。

### 1.3.2 脂肪酸的甲酯化

根据周光宏等<sup>[14]</sup>方法,分别取三种皮样的油脂10.00 mg,加入14%三氟化硼-甲醇溶液2.00 mL,滴入2,2-二甲基丙烷几滴,此时需要进行水浴30 min,温度设定为60 ℃,目的是使脂肪酸完全甲酯化。待其冷却后加入正己烷1.00 mL、水1.00 mL,随之将其充分震荡,待其静置分层后充分吸取有机层,加入十七烷酸甲酯正己烷溶液,浓度为400 μg/mL,量为0.10 mL。氮吹仪吹干后,加入正己烷400 μL进行溶解,然后进行气相色谱测定。

### 1.3.3 气相色谱分析

根据刘桂芹等<sup>[15]</sup>的方法,气相色谱分析的配置及条件如下:Agilent 7890B型气相色谱仪,Agilent 7683型自动进样器,TR-FAME柱(100 m×0.25 mm×0.2 μm, Thermo公司);进样口温度280 ℃,火焰离子检测器(FID)温度260 ℃;柱升温程序:140 ℃保持5 min,140 ℃~240 ℃,4 ℃/min,240 ℃保持15 min;载气:高纯氮气,流速:1.00 mL/min,进样量:1 μL,分流比:1:40。

根据37种脂肪酸甲酯色谱图,定性分析脂肪酸的种类;根据内标物十七烷酸甲酯的峰面积,定量分析脂肪酸含量。

## 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 驴皮、羊皮、牛皮油脂气相色谱指纹图谱分析

指纹图谱包含了样本中脂肪酸的所有信息,对于驴皮、羊皮、牛皮油脂脂肪酸的定性分析具有重要意义。利用色谱工作站,对未加内标物样本中的脂肪酸进行气相色谱指纹图谱比较分析,其结果如图1所示。

由图1可知,驴皮和牛皮油脂中脂肪酸气相色谱指纹图谱具有很高的相似性,除驴皮中含有特有成分C16:1X(24.44 min)和C20:1n9(32.60 min)外,其它脂肪酸成分完全吻合。羊皮油脂的气相色谱指纹图

谱则表现出一定的差异性。在短链和中链脂肪酸区,羊皮油脂中含有的脂肪酸种类丰富,如在12.66 min处出现了驴皮、牛皮油脂中均不存在的特异峰癸酸(C10:0),且含量较高;在15.50 min处,羊皮油脂中含有的月桂酸(C12:0)明显高于驴皮和牛皮;而在20.10 min处,羊皮油脂中含有的肉豆蔻酸(C14:1)则明显低于驴皮和牛皮。在长链区,驴皮、牛皮油脂中无明显峰出现,在35.70 min处,羊皮油脂中出现了二十四碳酸(C24:0)。驴皮油脂中出现的特异性脂肪酸C16:1X(24.44 min)和C20:1n9(32.60 min)需经气质联用技术进一步确定结构。

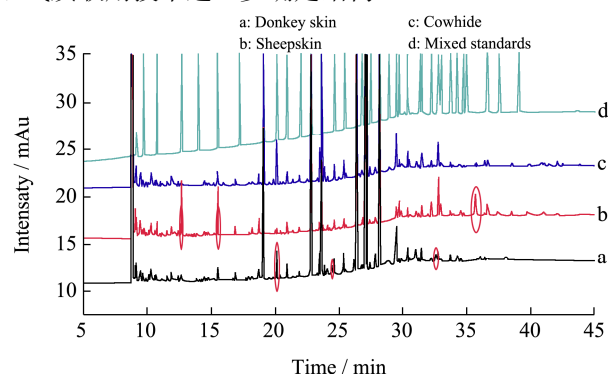


图1 驴皮、羊皮、牛皮油脂中脂肪酸气相色谱指纹图谱

Fig.1 The GC fingerprint analysis of fatty acid component in donkey skin, sheepskin and cowhide

### 2.2 驴皮、羊皮、牛皮油脂中脂肪酸相对含量测定

利用色谱工作站,对无内标物(十七烷酸甲酯)的驴、羊、牛皮的油脂中脂肪酸成分进行气相色谱分析,利用面积归一化法测定油脂样品中脂肪酸的相对含量。结果从驴皮、羊皮与牛皮油脂中共检出43、45和40种脂肪酸成分,高于目前的研究。胡晶红等<sup>[13]</sup>从德州乌驴皮中检出23种脂肪酸类成分;在牛皮中检出23种脂肪酸。李昊等<sup>[16]</sup>从小尾寒羊肌肉组织的脂肪酸的含量中共检出31种脂肪酸。本文中相对含量超过1.0%的脂肪酸分别有8(驴皮)、11(羊皮)、和7(牛皮)种,相差不大,结果如表1示。

由表1可知,驴皮、羊皮与牛皮油脂中含量较高的脂肪酸为油酸(32.30%、21.97%、30.87%)、棕榈酸(26.33%、19.48%、25.70%)和亚油酸(12.90%、18.51%、12.68%),其中牛皮油脂中的棕榈油酸含量也较高,为13.46%。根据胡晶红等<sup>[14]</sup>的研究,驴皮中含量较高的脂肪酸为棕榈酸25.00%,8-十八碳烯酸16.65%,硬脂酸12.64%;牛皮中含量较高的脂肪酸为(E)-9-十八碳烯酸28.88%,棕榈酸23.85%,对苯二甲

酸 11.34%，与本研究结果稍有差异。分析原因可能与驴皮油脂的提取方法有关。根据张秀媛等<sup>[17]</sup>的研究，小尾寒羊皮下脂肪中含量较高的脂肪酸为油酸 55.53%，棕榈酸 16.84%，硬脂酸 9.26%，则与本研究结果基本一致。另外，本研究中在驴皮中检出了二十一碳酸（0.49%）成分，与樊雨梅等<sup>[18]</sup>研究关于二十一碳酸为羊油和牛油特有的脂肪酸的表述不一致。

根据结果统计，驴皮、羊皮与牛皮油脂中饱和脂肪酸含量分别是 34.59%、42.77%、32.27%，不饱和脂肪酸含量分别是 58.83%、47.03%、62.38%；驴皮油脂和牛皮油脂中不饱和脂肪酸所占的比例相差不大，并且含量较高，相比之下羊皮油脂中脂肪酸饱和程度较高。根据胡晶红等<sup>[13]</sup>通过 GC-MS 的方法测定不同动物皮脂肪中的主要成分可得，德州乌驴皮脂中

饱和脂肪酸占 88.82%，不饱和脂肪酸占 2.69%；牛皮油脂中饱和脂肪酸占 37.62%，不饱和脂肪酸占 39.74%。与本研究（GC-FID）结果差异较大，分析原因可能与提取、分析方法有关，GC-MS 的方法在定性分析方面具有绝对的优势，但在定量分析中并不具有优势。根据张秀媛等<sup>[17]</sup>研究表明，小尾寒羊皮下脂肪中，饱和脂肪酸占 32.94%，不饱和脂肪酸占 65.52%，则与本研究结果基本一致。

驴皮、羊皮与牛皮样品中，肉豆蔻酸与棕榈油酸的相对含量差异最为明显，羊皮中肉豆蔻酸的相对含量（8.94%）约为驴皮（2.98%）和牛皮（3.03%）的 3 倍，而驴皮、牛皮油脂中棕榈油酸的相对含量（9.98%、13.46%）为羊皮（2.78%）的 3.6 倍和 4.8 倍。

表 1 驴皮、羊皮与牛皮中脂肪酸相对含量

Table 1 The relative content of fatty acid in donkey skin, sheepskin and cowhide

脂肪酸	峰归属	含量/%		
		驴皮	羊皮	牛皮
羊脂酸 (C8:0)	10.80	0.09±0.01	0.58±0.02	0.07±0.01
未知 1 (C8:0X)	11.52	ND	0.12±0.01	0.03±0.01
未知 2 (C8:0Y)	11.86	0.13±0.01	0.23±0.01	0.05±0.01
癸酸 (C10:0)	12.66	ND	1.97±0.02	ND
月桂酸 (C12:0)	15.50	0.23±0.01	1.65±0.02	0.19±0.01
肉豆蔻酸 (C14:0)	19.04	2.98±0.03	8.94±0.05	3.03±0.02
肉豆蔻脑酸 (C14:1)	20.10	0.53±0.02	0.19±0.01	0.76±0.01
棕榈酸 (C16:0)	22.81	26.33±1.03	19.48±1.05	25.70±1.33
棕榈油酸 (C16:1)	23.62	9.98±0.04	2.78±0.02	13.46±1.03
未知 3 (C16:1X)	24.44	0.22±0.01	ND	ND
十七烷酸 (C17:0)	24.60	0.30±0.00	0.37±0.01	0.27±0.01
硬脂酸 (C18:0)	26.39	4.36±0.04	7.72±0.02	3.54±0.02
油酸 (C18:1n9c)	27.08	32.30±0.31	21.97±0.05	30.87±1.32
反油酸 (C18:1n9t)	27.23	2.55±0.02	0.20±0.01	3.43±0.02
反亚油酸 (C18:2n6t)	27.45	0.13±0.04	1.80±0.02	0.13±0.01
亚油酸 (C18:2n6c)	28.18	12.90±0.05	18.51±0.05	12.68±0.05
γ-亚麻酸 (C18:3n6)	29.37	1.10±0.02	0.43±0.01	0.64±0.01
二十一烷酸 (C21:0)	31.06	0.49±0.01	0.65±0.02	ND
未知 4 (C20:1n9)	32.60	0.25±0.01	ND	ND
顺式 8、11、14-二十碳三烯酸 (C20:3n6)	32.79	0.24±0.01	1.78±0.02	0.54±0.01
二十四碳酸 (C24:0)	35.70	ND	1.41±0.02	ND

注：ND 表示未检出。

### 2.3 驴皮、羊皮与牛皮油脂中肉豆蔻酸、棕榈油酸含量测定

脂肪酸的相对含量与油脂的提取方法、提取溶剂

种类等因素有关，干扰因素较多，难以形成稳定的质量控制体系，因此，脂肪酸的绝对含量测定更具有质量控制的意义。本文以十七烷酸甲酯为内标，利用气相色谱法对油脂中肉豆蔻酸、棕榈油酸的含量进行了含量测定。由于三种油脂样品中可能含有十七烷酸甲

酯,因此对加内标物和不加内标物的样品分别进行了气相色谱分析,计算样品中2种脂肪酸的含量。结果如表2所示。

表2 驴皮、羊皮与牛皮油脂中肉豆蔻酸、棕榈油酸含量  
Table 2 The content of myristic acid and palmitoleic acid in donkey skin, sheepskin and cowhide

脂肪酸	含量(%, m/m)		
	驴皮	羊皮	牛皮
肉豆蔻酸(C14:0)	0.32±0.01	0.51±0.01	0.38±0.01
棕榈油酸(C16:1)	1.07±0.03	0.16±0.01	1.62±0.04

由表2可知,驴皮、羊皮与牛皮油脂中肉豆蔻酸、棕榈油酸含量差异明显( $p<0.05$ )。在肉豆蔻酸含量方面,羊皮(0.46%)最高,牛皮(0.38%)次之,驴皮(0.32%)最低,差异性显著( $p<0.05$ );在棕榈油酸含量方面,牛皮(1.62%)最高,驴皮(1.07%)次之,羊皮(0.16%)最低,差异性显著( $p<0.05$ )。

根据樊雨梅等<sup>[18]</sup>研究报道了驴板油以及羊油、牛油的脂肪酸组成,其中驴油肉豆蔻酸含量1.48%,羊油含量3.78%,牛油含量2.93%。驴油中棕榈油酸含量3.40%,羊油含量2.05%,牛油含量2.85%。与本试验研究结果差异较大,原因可能与样本提取部位不同有关。

### 3 结论

3.1 本文建立了一种基于气相色谱法的驴皮真伪快速鉴别的方法。动物油脂经过提取并进行甲酯化处理,利用气相色谱法初步构建了驴皮、羊皮、牛皮中总脂肪酸成分的指纹图谱,通过面积归一化法测定驴、羊、牛皮中各种脂肪酸的相对含量。结果表明,含量超过2%的脂肪酸依次为:1)驴皮,油酸32.30%、棕榈酸26.33%、亚油酸12.90%、棕榈油酸9.98%、硬脂酸4.36%、肉豆蔻酸2.98%、反油酸2.55%。2)羊皮,油酸21.97%、棕榈酸19.48%、亚油酸18.51%、肉豆蔻酸8.94%、硬脂酸7.72%、棕榈油酸2.78%。3)牛皮,油酸30.87%、棕榈酸25.70%、棕榈油酸13.46%、亚油酸12.68%、硬脂酸3.54%、反油酸3.43%、肉豆蔻酸3.03%。羊皮的饱和脂肪酸较驴皮和牛皮含量高,牛皮的棕榈油酸要比其亚油酸含量高,而驴皮的棕榈油酸含量比其亚油酸含量低。另外,羊皮中肉豆蔻酸的相对含量约为驴皮和牛皮的3倍,而驴皮、牛皮油脂中棕榈油酸的相对含量为羊皮的3.6倍和4.8倍。依据此可以将驴皮,羊皮和牛皮区分开。

3.2 通过内标法测定样品中肉豆蔻酸、棕榈油酸的绝对含量。结果表明,肉豆蔻酸含量高低顺序为:羊皮0.46%、牛皮0.38%、驴皮0.32%;棕榈油酸含量高低

顺序为:牛皮1.62%、驴皮1.07%、羊皮0.16%。通过数据可得三种油脂中羊皮的肉豆蔻酸含量最高,棕榈油酸含量最低;驴皮的肉豆蔻酸含量最低;牛皮的棕榈油酸含量最高。因此,通过动物油脂中豆蔻酸和棕榈油酸含量差异性分析,可以完成对驴皮的真伪快速鉴别。

### 参考文献

- [1] 李瑞奇,刘培建,刘耀华,等.中药阿胶临床应用分析及药理作用研究[J].临床医药文献电子杂志,2019,6(9):159-160  
LI Ruiqi, LIU Peijian, LIU Yaohua, et al. Study on clinical application and pharmacological action of donkey-hide gelatin [J]. Electronic Journal of Clinical Medical Literature, 2019, 6(9): 159-160
- [2] 刘谷全.中药阿胶的临床应用及药理作用[J].临床合理用药,2014,12(7):74-75  
LIU Guquan. Clinical application and pharmacological action of donkey-hide gelatin [J]. Clinical Rational Drug Use, 2014, 12(7): 74-75
- [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 Ziqi. Donkey hide resources are insufficient, and Dong'e E-jiao has encountered a bottleneck in its development [J]. Business Monitor, 2018, 36(6): 21-22
- [4] 史兆松,刘丽,张淹,等.基于光学手段建立一种快速检测驴皮的方法[J].中成药,2019,41(2):463-465  
SHI Zhaosong, LIU Li, ZHANG Yan, et al. A fast detection method of donkey skin based on optical method was established [J]. Chinese Patent Medicine, 2019, 41(2): 463-465
- [5] 田俊生,那丽丹,向欢,等.基于核磁代谢组学的驴皮与其伪品的鉴别研究[J].中草药,2015,46(2):255-261  
TIAN Junsheng, NA Lidan, XIANG Huan, et al. Identification of donkey skin and its counterfeits based on NMR metabolomics [J]. Chinese Patent Medicine, 2015, 46(2): 255-261
- [6] Xue L, Feng S, Li P, 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
- [7] 田俊生,史碧云,张福生,等.驴皮药材 RAPD 分析方法建立及其与伪品马皮的鉴别[J].中草药,2013,44(3):354-358  
TIAN Junsheng, SHI Biyun, ZHANG Fusheng, et al. Establishment of RAPD for analysis on furs of *Equus asinus*

- and discrimination from *Equus caballus orientalis* [J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2013, 44(3): 354-358
- [8] 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
- [9] 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 Linchun, 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
- [10] 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 Traditional Medicine, 2019, 21(9): 1256-1261
- [11] 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 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]. Journal of Pharmaceutical Analysis, 2018, 38(2): 182-187
- [12] 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 Baojian, CHI Lianli, et al. Discovery of marker peptide of donkey for identification of donkey-hide gelatin [J]. Journal of Pharmaceutical Analysis, 2017, 37(12): 2272-2278
- [13] 胡晶红,李佳,张永清,等.GC-MS 分析驴皮、牛皮、马皮的脂肪成分[J].中成药,2014,36(12):2648-2652
- HU Jinghong, LI Jia, ZHANG Yongqing, et al. The fat composition of donkey hide, cow hide and horse hide was analyzed by GC-MS [J]. Chinese Patent Medicine, 2014, 36(12): 2648-2652
- [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 Xinliang, XU Xinlian, ZHOU Guanghong, et al. Study on fat degradation and oxidation of Rugao ham processing [J]. Food Industry Science and Technology, 2010, 31(10): 106-109
- [15] 李兰杰,魏子翔,张静静,等.驴骨、驴皮与阿胶中脂肪酸组成比较研究[J].现代食品科技,2020, 248(4):88-93
- LI Lanjie, WEI Zixiang, ZHANG Jingjing, et al. Comparison of fatty acid component between donkey bones, donkey skin and E-jiao [J]. Modern Food Science and Technology, 2020, 248(4): 88-93
- [16] 李昊,葛翠翠,冯帆,等.脂肪酸在育肥滩羊、小尾寒羊及滩寒杂交羊肌肉组织中的含量特征[J].食品研究与开发,2019, 40(3): 157-161
- LI Hao, GE Cuicui, FENG Fan, et al. Fatty acids in longissimus dorsi from fattening Tan sheep, small fat-tail sheep and Tan han hynrid sheep [J]. Food Research and Development, 2019, 40(3): 157-161
- [17] 张秀媛,王翠芳,丁赫,等.沙葱及其提取物对小尾寒羊不同部位脂肪酸组成和含量的影响[J].食品科学,2019,40(11): 23-29
- ZHANG Xiuyuan, WANG Cuifang, DING He, et al. Effects of dietary supplementation of *Allium mongolicum* Regel and its extract on fatty acid composition and contents in different carcass parts of small-tailed Han sheep [J]. Food Science, 2019, 40(11): 23-29
- [18] 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):110-112
- FAN Yumei, RU Wenwen, LIAO Feng, et al. Comparison of quality of donkey fat and three common animal fats [J]. China Oils and Fats, 2019, 44(2): 110-112