

DOI: 10.13652/j.issn.1003-5788.2019.09.010

# 驴腿肉与其他畜腿肉挥发性风味物质差异研究

Comparative study on volatile flavor among the leg meat  
from donkey and other livestock animals

李 秀<sup>1</sup> 桑潘婷<sup>1</sup> Dauda Sa-Adu Abiola<sup>1</sup> 周广运<sup>2,3</sup>  
LI Xiu<sup>1</sup> SANG Pan-ting<sup>1</sup> DAUDA Sa-Adu Abiola<sup>1</sup> ZHOU Guang-yun<sup>2,3</sup>  
樊雨梅<sup>2,3</sup> 成向荣<sup>1</sup> 王东亮<sup>1,2,3</sup>  
FAN Yu-mei<sup>2,3</sup> CHENG Xiang-rong<sup>1</sup> WANG Dong-liang<sup>1,2,3</sup>

(1. 江南大学食品学院, 江苏 无锡 214122; 2. 国家胶类中药工程技术研究中心, 山东 东阿 252201;  
3. 东阿阿胶股份有限公司, 山东 东阿 252201)

(1. School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122, China;  
2. National Engineering Research Center for Gelatin-based Traditional Chinese Medicine, Dong'e,  
Shandong 252201, China; 3. Dong-E-E-Jiao Co., Ltd., Dong'e, Shandong 252201, China)

**摘要:**利用气相电子鼻和气相色谱—质谱联用分析仪对 4 种畜腿肉挥发性风味物质进行定性和定量检测, 并通过气相色谱分析仪进行脂肪酸组成测定。气相电子鼻结果表明驴腿肉与猪腿肉风味差异最小, 与牛腿肉差异最大。GC-MS 共检出 76 种挥发性物质, 以醛类为主, 驴、猪、牛、羊腿肉中醛类占比分别为 70.71%, 75.36%, 48.76%, 55.94%, 其中具有清香和青草气味的正己醛含量最高, 贡献风味比例依次为 29.89%, 20.46%, 12.74%, 10.78%。驴、猪、牛、羊腿肉中的主要饱和脂肪酸总含量依次为 30.01%, 39.05%, 36.34%, 48.42%; 不饱和脂肪酸总量依次为 63.19%, 57.10%, 49.03%, 43.71%。综上, 影响驴腿肉风味特征的主要化合物为正己醛, 其来源于亚油酸的氧化分解。

**关键词:**驴腿肉风味; 挥发性风味物质; 脂肪酸

**Abstract:** The volatile flavor compounds in donkey, pig, cattle and sheep leg meat were qualitatively and quantitatively detected by gas electronic nose and gas chromatography-mass spectrometry, and the fatty acid composition was also determined by gas chromatography analyzer. The results of gas-phase electronic nose showed that the flavor difference between the leg meat from

donkey and pig was not obvious. However, the significant difference between that from donkey and beef was observed, with 76 volatile substances detected by GC-MS, mainly aldehydes. Aldehydes accounted for 70.71%, 75.36%, 48.76%, 55.94% in donkey, pig, beef and sheep, respectively. The content of n-hexanal with faint scent and grass smell was the highest, accounting for 29.89%, 20.46%, 12.74% and 10.78% of the total flavor respectively. The total content of main saturated fatty acids in donkey, pig, beef, and sheep was 30.01%, 39.05%, 36.34%, and 48.42%, and unsaturated fatty acids were 63.19%, 57.10%, 49.03%, and 43.71%, respectively. In conclusion, the main compound affecting the flavor characteristics of donkey meat was n-hexanal, which originated from the oxidative decomposition of linoleic acid.

**Keywords:** flavor of donkey meat; volatile flavor compounds; fatty acid

毛驴的役用和交通运输价值随着机械水平的提高和科技的发展而逐渐弱化, 取而代之的是它的食用价值越来越凸显<sup>[1]</sup>。中国早先驴产品的开发主要是用驴皮作为生产阿胶的原料<sup>[2]</sup>。阿胶与人参、鹿茸被历代医学家誉为“滋补三宝”, 是理想的滋补上品。随着阿胶的市场越来越广阔, 驴皮的需求量也越来越高, 但由于驴的其他产品利用率不高, 导致了整个养驴业利润单薄, 养殖户养驴积极性日益降低, 毛驴存栏总量持续减少<sup>[3]</sup>, 造成了日益增长的阿胶药用需求量与消极的驴养殖产业之间的矛盾。因此“以肉谋皮”, 综合开发肉用价值, 打开驴肉市

**基金项目:**山东省抗体制药协同创新中心开放课题(编号: CIC-AD1810)

**作者简介:**李秀, 女, 江南大学中级实验师, 硕士。

**通信作者:**王东亮(1982—), 男, 国家胶类中药工程技术研究中心高级工程师, 博士。E-mail: wangdljp@126.com

**收稿日期:**2019-05-13

场,提高其食用价值,将驴资源完整地利用起来,对拉动整个产业链发展至关重要。

目前对驴肉风味的研究较少,尤娟等<sup>[4-6]</sup>、Xu等<sup>[7]</sup>对驴肉中的水分、灰分、蛋白质、脂肪酸、矿物质和氨基酸含量进行了测定,谢恬等<sup>[8]</sup>对五香驴肉的风味活性物质进行了测定。尚缺乏利用现代试验技术对驴肉风味物质进行分析,形成驴肉特有香味的化学物质基础尚未明确,缺乏比较驴肉与其他畜肉风味差异的研究。畜肉消费种类主要为猪肉、牛肉和羊肉<sup>[9]</sup>,而腿肉是畜肉的典型食用部位。

试验拟选择驴腿肉和猪、牛、羊腿肉为研究对象,对驴腿肉及其他畜腿肉风味物质进行鉴定和差异分析,找出影响驴腿肉风味的主要物质,探究风味物质的主要来源和形成机理,旨在推动驴腿肉及其制品的深开发和资源的综合利用。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料与试剂

新鲜驴腿肉:山东东阿阿胶股份有限公司;

新鲜猪、牛、羊腿肉:购于当地大型连锁超市;

二氯苯、正庚烷:分析纯,阿拉丁试剂(上海)有限公司;

高氯酸、氢氧化钾、石油醚:分析纯,上海沪试实验室器材股份有限公司;

次黄嘌呤、肌苷酸、鸟苷酸、腺苷酸、肌苷等 37 种脂肪酸标品:美国 Sigama 公司。

### 1.2 仪器与设备

电子天平:AR224CN 型,奥豪斯仪器有限公司;

快速气相色谱电子鼻:HeraclesII 型,法国 Alpha 公司;

三重四级杆气质联用仪:TSQ Quantum XLS 型,赛默飞世尔科技有限公司;

高效液相色谱:Shimadzu LC20A 型,日本岛津公司;

数显恒温水浴锅:HH-3A 型,常州国华电器有限公司;

离心机:5804R 型,德国艾本德公司;

pH 计:Starter 3100,美国奥豪斯公司;

顶空瓶:20 mL,美国 Agilent 公司。

### 1.3 试验方法

1.3.1 快速气相电子鼻 取适量驴、猪、牛、羊腿肉,用绞肉机绞碎后,分别称取 5.000 g 于 20 mL 顶空瓶中,加盖密封后放入 80 °C 恒温水浴锅中煮 30 min,冷却至室温后测定。

参考陈修红等<sup>[10]</sup>方法设置检测程序,开始检测分析样品。两根不同极性的色谱柱的参数分别为 DB-5-FID1, DB-1701-FID2,柱长 2 m,柱内径 1 mm,程序升温速度

10 °C/s,仪器进样体积 2 000  $\mu$ L,进样速度 125  $\mu$ L/s,进样口温度 200 °C;进样持续时间 18 s;检测器温度 260 °C。

1.3.2 SPME-GC-MS 检测 参考徐微微等<sup>[11]</sup>方法,并适当调整。

(1) 顶空固相萃取条件:萃取头型号 50/30  $\mu$ m DVB/CAR/PDMS;萃取头经 250 °C,30 min 老化后,于 50 °C 加热托盘中,恒温顶空萃取 30 min;结束萃取后,仪器自动进行分析,进样深度 40 mm,渗透速度 40 mm/s,解吸 5 min。

(2) 气相色谱条件:DB-5 毛细管柱(Agilent J&W GC 30 m $\times$ 0.25 mm $\times$ 0.25  $\mu$ m);进样口温度 250 °C;柱初温 40 °C,保持 3 min,以 5 °C/min 升温至 150 °C,以 10 °C/min 升温至 240 °C 保持 5 min;载气为 99.999% 高纯氮气,流量 1.0 mL/min;不分流模式进样。

(3) 质谱条件:传输线和离子源温度 240 °C;扫描范围 35~500 ( $m/z$ );碰撞能量 10 V。

1.3.3 游离脂肪酸的测定 取适量猪、牛、羊、驴腿肉,用绞肉机绞碎后,置于蒸发皿中,于烘箱中(100 $\pm$ 2) °C 干燥 1 h,冷却后将残渣以及蒸发皿上的残留擦净(脂肪用石油醚湿润的脱脂棉)后一并放入滤纸筒中。将滤纸筒塞入索氏抽提器内,加入石油醚并水浴加热,使其不断回流抽提(6~8 次/h),抽提约 8 h,回收溶剂,接收瓶干燥至恒重,冷却待用。

参考 GB 5009.168—2016 进行游离脂肪酸测定。色谱条件:100% 二氧丙基聚硅氧烷为固定相的 Supelco SP-2560 气相毛细管柱(30 m $\times$ 0.25 mm $\times$ 0.2  $\mu$ m);载气为高纯氮气;1.0 mL/min 恒定流量;进样量 1  $\mu$ L;分流比 50:1;140 °C 保持 5 min,以 4 °C/min 升温到 200 °C,保持 1 min,以 3 °C/min 升温到 220 °C,保持 26 min;进样口温度 230 °C。

## 2 结果与分析

### 2.1 驴腿与其他畜腿肉电子鼻分析

对驴、猪、牛、羊 4 种动物腿肉电子鼻检测数据进行 DFA 分析<sup>[12-13]</sup>,结果如图 1 所示。样品在横、纵坐标

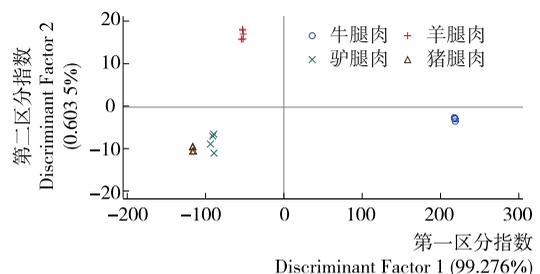


图 1 驴、猪、牛、羊腿肉电子鼻 DFA 图

Figure 1 The DFA image of electronic nose analyse for donkey pig cattle and sheep leg meat

单向距离代表了样品间差异性的大小;如果两个样品单向的横向距离越大,表明样品间存在大差异,反之则小<sup>[14]</sup>。据田怀香等<sup>[15]</sup>报道,超过 70%~85%的总体贡献率可以进行试验检测。由图 1 可知,第一区分指数(DF1)和第二区分指数(DF2)贡献率分别为 99.276%,0.603 5%,二者累计99.879 5%,说明 DF1 和 DF2 已包含大量信息,能够反映样品的整体差异信息。从纵横坐标距离上分析,驴腿肉和猪腿肉间横坐标距离最小,说明二者风味较相似,而驴腿

肉和牛腿肉之间的距离最大,表明二者风味差异最大。

由图 2 可知,使用色谱柱 DB-5-FID1 时,驴、猪、牛、羊腿肉风味存在差异性的保留时间分别为 16.18,17.29,42.59 min;使用色谱柱 DB-1701-FID2 时 4 种畜腿肉风味存在差异的保留时间分别为 19.57,21.02,51.45 min。从而初步找出 4 种肉存在的差异性物质,并利用仪器自带的 AroChemBase 数据库对差异物质进行定性分析,结果显示可能的风味物质如表 1 所示。

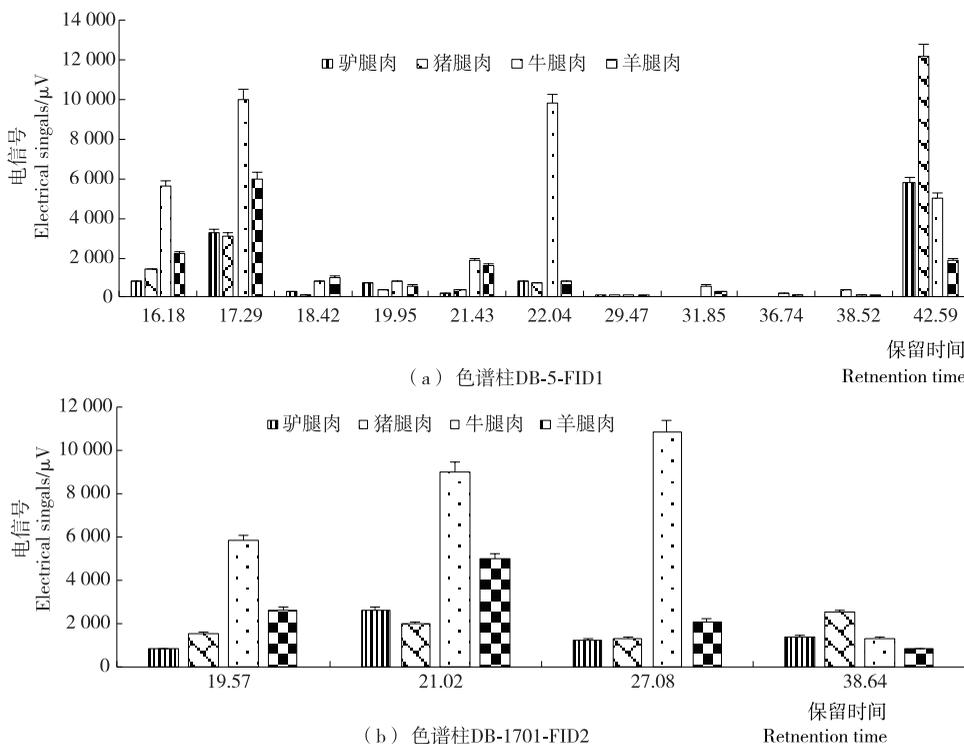


图 2 驴、猪、牛、羊腿肉电子鼻 Bar 图

Figure 2 The Bar image of electronic nose analyse for donkey pig cattle and sheep leg meat

表 1 驴、猪、牛、羊腿肉风味差异成分信息

Table 1 Different composition in donkey pig cattle and sheep leg meat

分子式	名称	保留指数		可能的物质	气味特征
		DB-5-FID1	DB-1701-FID2		
C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O	Propenal	464	558	丙烯醛	辛辣刺激气味
C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O	Hexanal	801	894	正己醛	低浓度,清香、果香味,浓度≥4.5 μg/kg,青草和腐臭味 <sup>[16]</sup>
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O	2-propanol	490	593	异丙醇	有似乙醇和丙酮混合物的气味,其气味不大

2.2 驴腿肉与其他畜腿肉 GC-MS 分析

为了对电子鼻分析中的数据进行验证和分析挥发性成分的组成,对驴、猪、牛、羊腿肉进行 GC-MS 分析。从图 3 可以观察到 4 种畜腿肉风味物质存在明显差异。进一步解析可得,4 种畜腿肉共检测出有效挥发性风味物质 76 种,主要由烃类、醇类、醛类、酯类、酮类、酸类等组成,其中驴腿肉中 37 种,主要有正己醛、1-辛烯-3-醇、壬醛、

正辛醛,含量分别为 46.53,8.05,7.85,6.24 μg/100 g。牛腿肉中 31 种,主要有正己醛、壬醛、3-甲基-1-戊醇、3-羟基-2-丁酮,含量分别为 19.83,8.89,8.89,8.52 μg/100 g。羊腿肉中 30 种,主要有正己醛、壬醛、2-羟基-2-甲基丙二酸、庚酸、正辛醛,含量分别为 16.78,12.45,5.17,4.05,4.02 μg/100 g。猪腿肉中 29 种,主要有正己醛、1-辛烯-3-醇、壬醛,含量分别为 31.85,4.53,3.07 μg/100 g。76 种有效风味物质

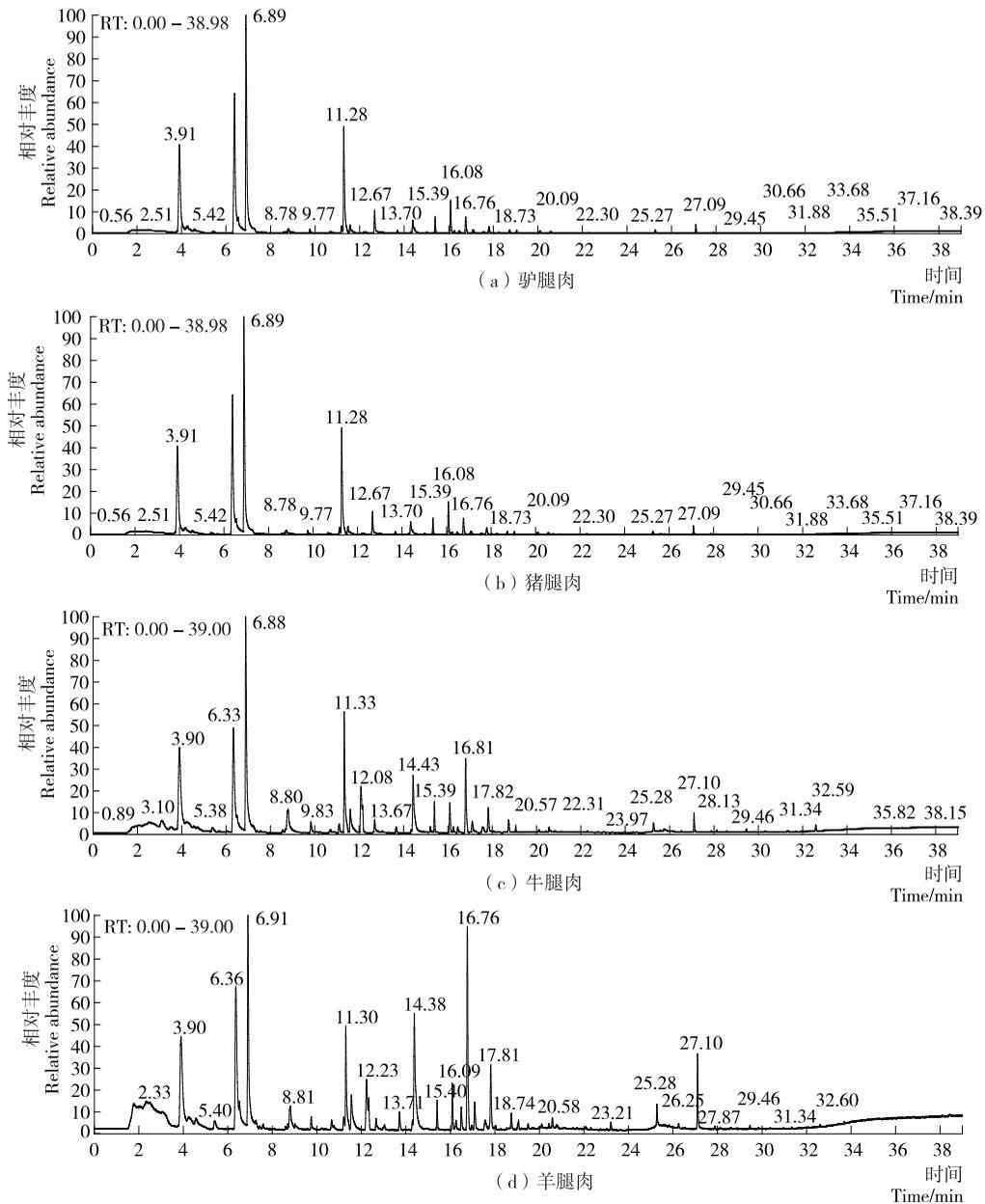


图3 驴、猪、牛、羊腿肉挥发性成分的GC-MS离子流图

Figure 3 Ion chromatogram of volatile flavor compounds in donkey pig cattle and sheep leg meat

中,醇类和醛类相对含量较高。1-戊醇、1-辛烯-3-醇、正己醛、壬醛、正辛醛为猪、牛、羊、驴4种动物腿肉中共同的挥发性成分。其中,正己醛在各畜腿肉中占比最大,为主要风味物质。

将气相电子鼻数据和GC-MS分析结果比对后,确定驴、猪、牛、羊腿肉中的主要风味成分为正己醛。由内标化合物1,4-二氯苯的浓度计算出驴、猪、牛、羊腿肉正己醛含量分别为46.53,19.83,16.78,31.85  $\mu\text{g}/100\text{g}$ ,均明显高于正己醛的气味阈值0.45  $\mu\text{g}/100\text{g}$ 。可见,驴腿肉中正己醛含量显著高于其他畜腿肉,一定程度上说明正己醛是影响驴腿肉风味的主要挥发性物质,也是4种畜

腿肉的主要差异物质。驴腿肉中醛类化合物较多可能与脂肪酸氧化有关。脂肪酸氧化分解会产生醛类、醇类、酮类等化合物,其中醛类气味阈值较低,对食物整体气味贡献较大<sup>[17]</sup>,为探究影响驴腿肉的风味物质正己醛的来源,进一步测定分析各样品中脂肪酸组成。

由表2可知,检测出的有效风味物质中,醛类和醇类相对含量较高,占主要风味化合物的66%~90%,其中醛类的贡献比例几乎均超过50%,甚至达到75%。驴腿肉中风味化合物种类最丰富,且与猪腿肉的比例最接近。1-戊醇、1-辛烯-3-醇、正己醛、壬醛、正辛醛为猪、牛、羊、驴4种动物腿肉中共同的挥发性成分。其中,正己醛在各畜腿肉中占比最大,

是主要风味物质,其在 4 种畜腿肉中的含量关系为驴(29.89%)>猪(20.46%)>牛(12.74%)>羊(10.78%)。

表 2 驴、猪、牛、羊腿肉主要风味化合物

Table 2 Contents of main flavor compounds composition in donkey, pig, cattle and sheep leg meat %

化合物分类	驴腿	猪腿	牛腿	羊腿
醛类	70.71	75.36	48.76	55.94
醇类	17.90	14.39	24.42	10.59
酮类	4.39	0.81	11.86	5.25
酸类	0.68	4.21	5.88	19.15
酯类	1.00	0.99	3.56	3.28
烃类	1.15	4.24	5.30	5.68
呋喃	4.01	/	/	/
其他	0.17	/	/	/

表 3 驴、猪、牛、羊腿肉中脂肪酸含量

Table 3 Fatty acid content in donkey, pig, cattle and sheep leg meat

牲畜	饱和脂肪酸/%					不饱和脂肪酸/%				
	肉豆蔻酸	棕榈酸	十七碳酸	硬脂酸	总和	棕榈油酸	油酸	亚油酸	$\gamma$ -亚麻酸	总和
驴	1.94	25.32	0.00	2.74	30.01	6.72	39.00	15.83	1.63	63.19
猪	1.22	23.80	0.00	14.03	39.05	2.61	43.02	11.17	0.30	57.10
牛	1.72	22.58	0.43	11.61	36.34	4.09	39.35	5.38	0.22	49.03
羊	2.13	22.72	1.16	22.41	48.42	1.11	39.71	1.82	1.07	43.71
保留时间/min	19.47	27.02	30.05	32.79		27.78	33.33	34.53	36.02	

由表 3 可知,驴、猪、牛、羊腿肉中的主要饱和脂肪酸总含量分别为 30.01%,39.05%,36.34%,48.42%;不饱和脂肪酸总含量分别为 63.19%,57.10%,49.03%,43.71%。由此可见,驴腿肉中的饱和脂肪酸最少,不饱和脂肪酸最多,其不饱和脂肪酸的相对含量(63.19%)远高于饱和脂肪酸的含量(30.01%),比值约为 2.1,明显高于其他畜腿肉,在一定程度上说明驴腿肉的脂肪酸组成优于其他腿肉。同时,驴腿肉中的多不饱和脂肪酸含量也高于其他腿肉,主要为亚油酸和亚麻酸。根据王小龙等<sup>[18-19]</sup>研究表明,动物肌肉中多不饱和脂肪酸/饱和脂肪酸的比值越高,其嫩度、滋味以及总体可接受程度就越高,因此,驴腿肉比其他腿肉更加鲜嫩,能更好地满足人体营养需求。

由表 3 可知,驴腿肉中不饱和脂肪酸含量高于其他腿肉,而此差异主要由亚油酸含量引起。亚油酸属  $\omega$ -6 型多不饱和脂肪酸,是  $\gamma$ -亚麻酸和花生四烯酸等  $\omega$ -6 长链多不饱和功能性脂肪酸的前体,是人体必需脂肪酸之一,含有两个极其活跃的烯丙基,是肉制品、植物油等风味特征性成分的重要前体物质,在储存过程中极易氧化为醛、醇、酮等化合物,主要有正己醛、1-辛烯-3-醇和 2-戊基呋喃等<sup>[20]</sup>,综上所述可推断,影响驴腿肉风味特征的主要化合物正己醛来自亚油酸的氧化分解。从表 3 可以观察到,亚油酸在各畜腿肉中的含量关系为驴>猪>

取猪、牛、羊、驴腿肉的甲酯化样品按测定条件对样品进行测定,得到完整的色谱图,如图 4 所示。结合脂肪酸甲酯化混合标准品溶液的气相色谱图进行解析,并利用归一化法计算各组分相对含量,分析结果见表 3。

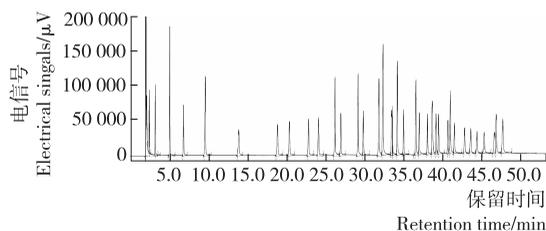


图 4 脂肪酸甲酯混合标准溶液气相色谱图

Figure 4 Gas chromatogram of fatty acid methyl ester mixed standard solution

牛>羊,与正己醛在 4 种畜腿肉中的含量大小关系一致。

### 3 结论

研究结果表明,醛类对 4 种畜腿肉的风味影响最大,正己醛为驴腿肉与其他畜腿肉挥发性风味物质差异的主要贡献成分。正己醛主要来源于亚油酸的氧化分解,驴腿肉中的亚油酸含量高于其他畜腿肉,因此正己醛的含量也随之增高,驴腿肉呈现出比其他畜腿肉更浓的青草味。另外,驴腿肉中的脂肪酸组成优于其他畜腿肉,其中不饱和脂肪酸显著高于其他畜腿肉。下一步将对驴腿肉滋味、口感、色泽等进行研究,综合评价驴腿肉与其他畜腿肉的差异。

### 参考文献

[1] 张莉,杜立新. 对我国驴产业发展的思考与建议[J]. 草食家畜, 2015(5): 1-5.  
 [2] 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(6): 19-20.  
 [3] 杜娟,宋燕,宋富琴. 肉驴产业的发展现状、存在问题及对策建议[J]. 肉类工业, 2014(8): 3-6.  
 [4] 尤娟,罗永康,张岩春,等. 驴肉主要营养成分及与其它禽肉的分析比较[J]. 肉类研究, 2008(7): 20-22.

(下转第 162 页)

- [17] 万利秀, 肖更生, 徐玉娟, 等. 不同品种柑橘皮中黄酮化合物含量及抗氧化性分析[J]. 食品与发酵工业, 2011, 37(4): 73-77.
- [18] 张东峰, 陈家豪, 郭静, 等. 7 种柑橘多酚、黄酮含量及其抗氧化活性比较研究[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(6): 69-74.
- [19] 黄运红, 高兴强, 黎伟伟, 等. 超声波提取脐橙皮黄酮类化合物的工艺研究[J]. 食品科学, 2009, 30(16): 102-105.
- [20] 裴咏萍, 李维林, 张涵庆. 三氯化铝比色法测定中药中总黄酮含量的方法改进[J]. 现代中药研究与实践, 2009(4): 58-60.
- [21] ZIELINSKI A A F, HAMINIUK C W I, ALBERTI A, et al. A comparative study of the phenolic compounds and the in vitro, antioxidant activity of different Brazilian teas using multivariate statistical techniques[J]. Food Research International, 2014, 60(6): 246-254.
- [22] 赵文杰, 薛冰, 胡明华, 等. 葡萄皮渣中单宁的提取纯化及含量测定[J]. 中国酿造, 2010(8): 152-156.
- [23] 马宏飞, 卢生有, 韩秋菊, 等. 紫外分光光度法测定五种果蔬中维生素 C 的含量[J]. 化学与生物工程, 2012, 29(8): 92-94.
- [24] GORJANOVIC S, KOMES D, PASTOR F T, et al. Antioxidant capacity of teas and herbal infusions: Polarographic assessment[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2012, 60(38): 9 573-9 580.
- [25] LU Xiao-nan, ROSS C F, POWERS J R, et al. Determination of total phenolic content and antioxidant activity of garlic (*Allium sativum*) and elephant garlic (*Allium ampeloprasum*) by attenuated total reflectance-Fourier transformed infrared spectroscopy[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2011, 59(10): 5 215-5 221.
- [26] OH Jungmin, JO Heonjoo, CHO Ah Reum, et al. Antioxidant and antimicrobial activities of various leafy herbal teas[J]. Food Control, 2013, 31(2): 403-409.
- [27] 黄寿恩, 李忠海, 何新益. 干燥方式对柑橘皮中主要抗氧化成分及其活性的影响[J]. 食品与机械, 2014, 30(5): 190-195.
- [28] HUANG Y S, SUCHEN H. Polymethoxy flavones are responsible for the anti-inflammatory activity of citrus fruit peel[J]. Food Chemistry, 2010, 119(3): 868-873.
- [29] 刘贤青, 张红艳. HPLC-Q-TOF/MS 分析脐橙果实中的类黄酮[J]. 植物科学学报, 2014, 32(6): 638-644.
- [30] 赵永会, 顾丹丹, 马小茗, 等. 赣南脐橙果皮中橙皮苷提取工艺研究[J]. 石家庄学院学报, 2015(3): 13-16.
- [31] 吴有根, 陈燕军, 魏惠珍. 2D-HPLC 测定枳实中柚皮苷、橙皮苷、新橙皮苷及辛弗林的含量[J]. 九江学院学报: 自然科学版, 2016, 31(1): 93-96.
- [32] 王建安, 江海, 陈文强, 等. 柑橘组织中橙皮苷的分析[J]. 湖北农业科学, 2013, 52(7): 1 659-1 662.
- [33] 刘世尧. 奉节脐橙黄酮类特征性成分 HPLC 色谱指纹图谱构建与应用[J]. 中国农业科学, 2013, 46(19): 4 131-4 148.
- [34] HAIR F, ANDERSON J, TATHAM L, et al. Multivariate data analysis[M]. 7th ed. Upper Saddle River: Prentice Hall Press, 2009: 114.
- (上接第 54 页)
- [5] 尤娟, 罗永康, 张岩春. 驴肉脂肪和脂肪酸组成特点及与其他畜禽肉的分析比较[J]. 食品科技, 2009, 34(2): 118-120.
- [6] 尤娟, 罗永康, 张岩春. 驴肉蛋白质氨基酸组成特点及与其他畜禽肉的分析比较[J]. 农产品加工: 学刊, 2008(12): 93-95.
- [7] XU Fu-ping, ZHANG Lan-wei, CAO Yang, et al. Chemical and physical characterization of donkey abdominal fat in comparison with cow, pig and sheep fats[J]. Journal of the American Oil Chemists' Society, 2013(90): 1 371-1 376.
- [8] 谢恬, 王丹, 马明娟, 等. OAV 和 GC-O-MS 法分析五香驴肉风味活性物质[J]. 食品科学, 2018, 39(8): 123-128.
- [9] 钞贺森, 田旭, 于晓华. 肉类消费结构、饲料安全和粮食安全: 农业“供给侧改革”的一个参照系[J]. 农业现代化研究, 2017, 38(5): 737-745.
- [10] 陈修红, 欧克勤, 汪厚银, 等. Heracle 快速气相电子鼻对花椒油气味指纹分析研究[J]. 食品科技, 2016, 41(12): 256-261.
- [11] 徐微微, 姚瑞基, 袁维新, 等. 宁夏滩羊后腿肉营养评价及挥发性风味物质分析[J]. 肉类研究, 2017, 31(10): 41-45.
- [12] 吴燕燕, 王悦齐, 李来好, 等. 基于电子鼻与 HS-SPME-GC-MS 技术分析不同处理方式腌干带鱼挥发性风味成分[J]. 水产学报, 2016, 40(12): 1 931-1 940.
- [13] 向琴, 高柳, 车振明, 等. 基于电子鼻的花椒油氧化判别分析[J]. 食品与发酵工业, 2018, 44(7): 288-294.
- [14] 黄鹤, 耿丽晶, 陈博, 等. 基于电子鼻对不同发酵阶段蟹酱加热前后特征风味的分析[J]. 食品工业科技, 2018, 39(9): 239-242, 251.
- [15] 田怀香, 孙宗宇. 电子鼻在金华火腿香精识别中的应用[J]. 中国调味品, 2008, 33(11): 61-64.
- [16] PANSERI S, SONCIN S, CHIESA L M, et al. Headspace solid-phase microextraction gas-chromatographic mass-spectrometric method (HS-SPME-GC/MS) to quantify hexanal in butter during storage as marker of lipid oxidation[J]. Food Chemistry, 2011, 127(2): 886-889.
- [17] 罗玉龙, 靳志敏, 刘夏炜, 等. 肉制品中香味物质形成原因研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2015, 41(2): 254-258.
- [18] 王小龙, 黄兴国, 刘祝英. 多不饱和脂肪酸对畜禽产品脂肪酸的影响[J]. 饲料博览, 2007(10): 28-30.
- [19] RULE D C, BROUGHTON K S, SHELLITO S M, et al. Comparison of muscle fatty acid profiles and cholesterol concentrations of bison, beef cattle, elk, and chicken[J]. Journal of Animal Science, 2002, 80(5): 1 202-1 211.
- [20] 王建辉, 王秀, 陈奇, 等. 氧化分解过程中亚油酸组成成分及挥发性物质的变化[J]. 食品与机械, 2016, 32(5): 5-10.