

驴肉 4 个部位挥发性物质分析比较

李 旭, 章海风*, 周晓燕, 吴丹枫

(扬州大学 旅游烹饪学院, 江苏 扬州 225127)

摘 要: 以固相微萃取法(SPME)提取驴里脊肉、肋条肉、后腿肉及脖颈肉中的挥发性物质,使用气相色谱-质谱联用仪(GC-MS)进行检测比较分析。结果发现:驴肉 4 个部位中共检测出包括醛类、醇类、烃类、酯类、酸类、醌类、酮类及其他类化合物在内的物质共 63 种。4 个部位主体挥发性物质为醛类、醇类、烃类,其中醛类为驴肉风味的主要贡献者。后腿部位中醛类物质的含量最高,更具风味。不同部位挥发性物质的组成和含量有一定差异。

关键词: 驴肉; 固相微萃取-气质联用; 挥发性物质; 食品分析

中图分类号: TS 972.125.1

文献标识码: A

文章编号: 2095-8730(2019)02-0028-05

驴(*Equus asinus*)属哺乳纲,奇蹄目,马科,马属,草食性动物。^[1]曾是主要的劳役动物,随着现代农业机械的发展,传统农耕生产和运输方式逐渐被取代,驴的食用功能愈来愈受重视。^[2]

驴肉滋味鲜美,营养价值高,含有许多容易被人体吸收的营养物质,素有“天上龙肉,地上驴肉”之美誉。^[3]相较于牛羊肉,驴肉肉质更为细嫩,蛋白质含量高,而脂肪含量较低,是典型的低脂肪、高蛋白绿色优质肉品。此外,它还含有骨胶原、动物胶以及钙、硫等矿物质,能提供良好的营养补充。^[4]驴肉因其极佳的风味与营养,在我国鲁东南、鲁西、皖西、皖北、豫西北、晋东南、晋西北、陕北、河北等区域形成了独具特色的传统地方名特产,代表性的有河间驴肉烧饼、广饶肴驴肉、保定驴肉卷火烧、五香驴肉等。

驴肉不仅食用价值高,且可入药。据李时珍《本草纲目》中记述,驴肉气味甘、温,具补气益血、滋阴补肾、利肺之功用,对安神醒脑、止躁烦有独特效果。另外,驴肾、驴骨、驴奶皆有食疗保健价值,驴皮是国药瑰宝——阿胶的主要原材料。

挥发性物质是肌肉组织受热产生的气味成分,主要成分为有机物,如酮类、醛类、酯类、烃类、有机酸类等,这些物质是肉品重要的味觉成分。^[5-7]目前,对驴肉的研究主要体现在某个部位

的营养和加工特性,^[8]而对于驴肉中的挥发性物质分析测定还未见报道。本实验主要对驴里脊肉、肋条肉、后腿肉及脖颈肉等 4 个部位样品使用固相微萃取法(SPME)萃取挥发性物质,并用气质联用仪(GC-MS)进行解析比较分析,以期对驴肉品质及食品加工提供一定的理论支撑。

1 材料与amp;方法

1.1 试验原料

驴肉由山东阿阿胶股份有限公司提供,为 2~3 岁三粉公驴肉,分别选自里脊、肋条、后腿和脖颈 4 个部位,用于试验研究。

1.2 主要仪器与amp;设备

Trace ISQ II 气质联用仪(GC-MS):美国热电公司(TEC);57330-U SPME 固定装置:美国 Supelco 公司;75 μm CAR/PDMS SPME 萃取头:上海安谱科学仪器有限公司;HH-6 恒温水浴锅:金坛科析仪器有限公司;JJ-2 高速组织捣碎机:常州市金坛友联仪器研究所。

1.3 试验方法

1.3.1 样品制备

参照丁晔等^[9]鲜肉制备方法并稍加修改。将肉样经捣碎机捣碎,取 5.0 g 置于 20 mL 顶空瓶,加入 5 mL 20% 氯化钠溶液混匀,将顶空瓶置

收稿日期:2019-01-18 * 通信作者

作者简介:李 旭(1993-)男,江苏扬州人,扬州大学旅游烹饪学院硕士研究生,从事烹饪工艺标准化研究;

章海风(1977-)男,江苏徐州人,扬州大学旅游烹饪学院讲师,博士,从事烹饪科学与膳食营养研究。

于 70 °C 恒温水浴锅中加热 1 h 后,使用已老化完毕(250 °C 老化 40 min) 的固相微萃取(SPME) 针头插入瓶中并用手柄将石英纤维头推出,置于顶空气体中萃取 40 min,再用手柄将石英纤维头拉回针头并拔出,将萃取头插入气质联用仪进样口,启动仪器进行解析与数据采集。

1.3.2 GC-MS 条件

色谱柱: DB-5MS(30 m × 0.25 mm × 0.25 μm); 载气: 氦气(99.999%); 进样温度: 250 °C; 流量: 1 mL/min,未分流; 升温程序: 柱温 50 °C 保持 2 min,以 15 °C/min 升至 100 °C 后,以 5 °C/min 升至 220 °C 并保持 10 min,再以 10 °C/min 升至 260 °C,而后以 5 °C/min 升至 280 °C; 接口温度: 250 °C; 离子源温度: 250 °C; 电离方式 EI+, 70 eV; 光电倍增管电压: 350 V; 扫描方式: 全扫描; 扫描范围: 20 ~ 450 m/z。

1.3.3 数据处理

主要采用 Thermo Xcalibu 分析系统自带 NIST 11 谱库对驴肉样品挥发性风味物质进行鉴定,将各组峰质谱图与标准数据库进行比对,以峰面积归一法表示各组相对含量。

2 结果与分析

对采用 SPME 得到的里脊、肋条、后腿与脖颈等 4 个部位驴肉挥发性物质 GC-MS 色谱图进行人工解析,结果如表 1 所示。

表 1 驴肉 4 个部位挥发性物质 GC-MS 鉴定结果

| 类 别 | 编 号 | 化学式 | 化合物 名称 | 峰面积百分比(%) | | | |
|-------|-----|-----------------------------------|------------|-----------|-------|-------|-------|
| | | | | 里脊 | 肋条 | 后腿 | 脖颈 |
| 醛 类 | 1 | C ₆ H ₁₂ O | 己醛 | 21.92 | 12.01 | 24.37 | 18.35 |
| | 2 | C ₉ H ₁₈ O | 壬醛 | 11.59 | 9.07 | 20.95 | 17.81 |
| | 3 | C ₁₀ H ₁₆ O | 柠檬醛 | 0.79 | 1.4 | 0.59 | 1.42 |
| | 4 | C ₁₁ H ₂₂ O | 十一醛 | 5.23 | 5.91 | 6.52 | 6.39 |
| | 5 | C ₁₂ H ₂₄ O | 十二醛 | 1.15 | - | 1.25 | - |
| | 6 | C ₂₀ H ₂₈ O | 9-顺式视黄醛 | 0.48 | 0.31 | 0.18 | 0.53 |
| 峰面积总和 | | | | 41.16 | 28.7 | 53.86 | 44.5 |
| 醇 类 | 1 | C ₆ H ₁₄ O | 己醇 | - | - | - | 0.66 |
| | 2 | C ₈ H ₁₈ O | 辛醇 | 3.44 | - | 2.38 | - |
| | 3 | C ₁₀ H ₂₂ O | 癸醇 | 1.12 | 4.08 | 4.3 | 11.4 |
| | 4 | C ₁₁ H ₂₄ O | 十一醇 | 2.35 | - | - | - |
| | 5 | C ₁₃ H ₂₈ O | 十三醇 | 5.27 | 7.44 | 8.58 | 9.64 |
| | 6 | C ₁₄ H ₂₈ O | 9,10-十四碳烯醇 | - | - | 0.72 | 1.71 |

续表 1

| 类 别 | 编 号 | 化学式 | 化合物 名称 | 峰面积百分比(%) | | | |
|-------|-----|--|----------------------|-----------|-------|-------|-------|
| | | | | 里脊 | 肋条 | 后腿 | 脖颈 |
| 醇 类 | 7 | C ₁₄ H ₃₀ O | 十四醇 | 0.7 | 1.22 | - | - |
| | 8 | C ₁₅ H ₃₀ O | 环十五烷基醇 | 0.5 | 1.3 | 0.86 | 3.42 |
| | 9 | C ₁₅ H ₃₂ O | 1-十五醇 | 0.85 | 0.61 | - | - |
| | 10 | C ₁₆ H ₃₂ O | (9Z)-9-十六碳烯-1-醇 | 0.68 | 0.77 | 0.96 | 0.84 |
| 峰面积总和 | | | | 14.91 | 15.42 | 17.82 | 27.67 |
| 烃 类 | 1 | C ₁₀ H ₁₆ | α-蒎烯 | 2.55 | - | - | - |
| | 2 | C ₁₀ H ₂₂ | 癸烷 | 3.01 | 3.58 | 3.17 | 11.48 |
| | 3 | C ₁₂ H ₂₆ | 十二烷 | 0.45 | 0.41 | - | - |
| | 4 | C ₁₃ H ₂₆ | 1-十三烯 | - | 0.46 | - | - |
| | 5 | C ₁₄ H ₃₀ | 十四烷 | 0.72 | 0.53 | 0.19 | 0.35 |
| | 6 | C ₁₅ H ₂₄ O | 环氧异长叶烯 | 0.15 | - | - | - |
| | 7 | C ₁₅ H ₃₂ | 十五烷 | 0.62 | 0.54 | - | - |
| | 8 | C ₁₆ H ₃₄ | 十六烷 | 1.12 | 0.4 | 0.49 | 0.64 |
| | 9 | C ₁₇ H ₃₆ | 十七烷 | 0.21 | 0.18 | 0.34 | 0.09 |
| | 10 | C ₁₈ H ₃₈ | 十八烷 | - | - | 0.08 | - |
| | 11 | C ₂₀ H ₄₂ | 二十烷 | 2.5 | 10.69 | 0.09 | 0.24 |
| | 12 | C ₂₁ H ₄₄ | 二十一烷 | 0.6 | 4.51 | - | - |
| | 13 | C ₂₄ H ₅₀ | 二十四烷 | 2.44 | 1.86 | - | - |
| 峰面积总和 | | | | 14.37 | 23.16 | 4.36 | 12.8 |
| 酯 类 | 1 | C ₄ H ₉ NO ₂ | 亚硝酸异丁酯 | 0.19 | - | - | 0.6 |
| | 2 | C ₈ H ₁₀ N ₂ O ₂ | 胍基甲酸苄酯 | - | - | 0.36 | - |
| | 3 | C ₁₁ H ₂₀ O ₂ | 羟基十一烷酸内酯 | 0.91 | 0.41 | 1.69 | 1.89 |
| | 4 | C ₁₂ H ₂₂ O ₂ | N-己酸(反-2-己烯基)酯 | - | - | 0.03 | 0.46 |
| | 5 | C ₁₆ H ₂₂ O ₄ | 邻苯二甲酸二丁酯 | - | 0.26 | - | 0.08 |
| | 6 | C ₁₇ H ₃₄ O ₂ | 棕榈酸甲酯 | - | 0.22 | 1.82 | 0.08 |
| | 7 | C ₁₉ H ₃₈ O ₂ | 硬脂酸甲酯 | - | 0.18 | 0.98 | - |
| | 8 | C ₂₀ H ₃₀ O ₄ | 邻苯二甲酸正丁异辛酯 | 0.24 | - | 0.19 | 0.15 |
| | 9 | C ₂₁ H ₃₀ O ₂ | 全反式视黄酸甲酯 | - | 0.02 | - | - |
| | 10 | C ₂₃ H ₃₂ O ₆ | 氢化可的松-21-醋酸酯 | 0.06 | 0.04 | - | - |
| | 11 | C ₂₈ H ₅₆ O ₂ | 十四(烷)酸十四烷基酯 | 0.38 | 0.24 | - | - |
| | 12 | C ₃₂ H ₅₄ O ₄ | 邻苯二甲酸双十二酯 | - | 0.1 | - | - |
| 峰面积总和 | | | | 1.78 | 1.47 | 5.07 | 3.26 |
| 酸 类 | 1 | C ₆ H ₁₅ NO ₅ S | N,N-双(2-羟乙基)-2-氨基乙磺酸 | 0.47 | 1.2 | 0.5 | - |
| | 2 | C ₁₁ H ₂₁ BrO ₂ | 11-溴十一酸 | - | - | 0.04 | - |
| | 3 | C ₁₆ H ₃₂ O ₂ | 棕榈酸 | - | - | 0.05 | - |
| | 4 | C ₁₈ H ₃₄ O ₃ | 蓖麻油酸 | 0.71 | 0.82 | 0.14 | - |
| | 5 | C ₁₈ H ₃₆ O ₂ | 硬脂酸 | - | 0.07 | - | - |
| 峰面积总和 | | | | 1.18 | 2.09 | 0.73 | 0 |

续表1

| 类 别 | 编 号 | 化学式 | 化合物 名称 | 峰面积百分比(%) | | | |
|--------|--------|--|--------------|-----------|-------|-------|------|
| | | | | 里脊 | 肋条 | 后腿 | 脖颈 |
| 醛类 | 1 | C ₁₄ H ₂₀ O ₂ | 2,6-二叔丁基苯醌 | 4.83 | 1.49 | - | - |
| | 峰面积总和 | | | | 4.83 | 1.49 | 0 |
| 酮类 | 1 | C ₂₁ H ₃₀ O ₃ | 11Alpha-孕酮 | - | 0.11 | - | - |
| | 2 | C ₇ H ₁₄ O | 4-甲基-2-己酮 | - | - | - | 0.1 |
| 峰面积总和 | | | | 0 | 0.11 | 0 | 0.1 |
| 其他类 | 1 | C ₅ H ₅ NOS | 2-乙酰基噻唑 | 0.47 | 4.42 | - | - |
| | 2 | C ₅ H ₁₀ O ₅ | D-核糖 | - | - | 0.06 | - |
| | 3 | C ₇ H ₁₇ N | 1,3-二甲基戊胺 | - | - | 0.08 | - |
| | 4 | C ₉ H ₁₃ NO | 4-(2-氨基丙基)苯酚 | 11.97 | 0.47 | 0.02 | 4.6 |
| | 5 | C ₉ H ₁₄ O | 2-正戊基咪喃 | - | 15.22 | 11.29 | 0.03 |
| | 6 | C ₁₃ H ₁₇ F ₃ N ₄ O ₄ | 氨基乐灵 | - | 0.04 | - | - |
| | 7 | C ₁₉ H ₂₂ O ₆ | 赤霉素 | 0.52 | 0.78 | 0.11 | 0.3 |
| | 8 | C ₂₀ H ₂₂ N ₂ O ₃ | 派利文碱 | - | - | 0.04 | - |
| | 9 | C ₂₂ H ₂₉ ClO ₅ | 倍氯米松 | 0.37 | 0.17 | 0.81 | 0.06 |
| | 10 | C ₂₃ H ₃₀ O ₆ | 醋酸泼尼松龙 | 0.27 | 0.46 | 0.46 | 0.51 |
| | 11 | C ₃₅ H ₄₂ N ₂ O ₉ | 利血那明 | 0.12 | 0.09 | - | - |
| | 12 | C ₄₀ H ₅₆ | β-胡萝卜素 | - | - | 0.56 | - |
| | 13 | C ₄₁ H ₆₄ O ₁₃ | 洋地黄毒苷 | 5.7 | 4.19 | 2.59 | 2.57 |
| 峰面积总和 | | | | 19.42 | 25.84 | 16.02 | 8.07 |

注“-”表示含量极低或未检测到。

由上述鉴定结果可知,在驴肉4个部位中共分析出63种挥发性物质,4个部位挥发性物质类别和峰面积总和见表2。

表2 驴肉4个部位挥发性物质类别与峰面积百分比

| 类别 | 总数 | 里脊 | | 肋条 | | 后腿 | | 脖颈 | |
|-----|----|-------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|
| | | 总数 | 峰面积百分比(%) | 总数 | 峰面积百分比(%) | 总数 | 峰面积百分比(%) | 总数 | 峰面积百分比(%) |
| 醛类 | 6 | 41.16 | 5 | 28.70 | 6 | 53.86 | 5 | 44.50 | |
| 醇类 | 8 | 14.91 | 6 | 15.42 | 7 | 17.82 | 6 | 27.67 | |
| 烃类 | 11 | 14.37 | 10 | 23.16 | 6 | 4.36 | 5 | 12.80 | |
| 酯类 | 5 | 1.78 | 8 | 1.47 | 6 | 5.07 | 6 | 3.26 | |
| 酸类 | 2 | 1.18 | 3 | 2.09 | 4 | 0.73 | 0 | 0 | |
| 醌类 | 1 | 4.83 | 1 | 1.49 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 酮类 | 0 | 0 | 1 | 0.11 | 0 | 0 | 1 | 0.1 | |
| 其他类 | 7 | 19.42 | 9 | 25.84 | 10 | 16.02 | 6 | 8.07 | |

肉中挥发性物质的形成路径较为复杂且各有不同,但主要是由脂类的化学反应、酶促氧化降解或美拉德反应产生,^[10-11]他们所呈现出的气味会相互作用和叠加。同时,由于挥发性物质组成和含量的不同,也就形成了各自的特色风味。挥发性物质组成的浓度和感觉阈值共同贡献于整体风味,高浓度或低阈值并不意味着高贡献率。^[12]

里脊、肋条、后腿、脖颈部位的醛类、醇类和烃类3类物质含量的总和分别达70.44%、67.28%、76.04%、84.97%,为驴肉4个部位的主体挥发性物质。

2.1 醛类物质及风味特征

醛类物质出峰很高,感觉阈值很低,且驴肉4个部位的醛类物质含量在主体挥发性物质上占最高,是驴肉风味的主要贡献者。^[13]十二醛仅在里脊与后腿部位中检出,己醛、壬醛、柠檬醛、十一醛和9-顺式视黄醛5种醛在4个部位中均有发现,且在4个部位中占比较高,分别达到97.2%、100%、97.6%、100%。在共有的5种醛类物质中,己醛含量最高、壬醛次之。己醛与壬醛均具有腥味,^[14-15]己醛还可为肉品带来辛味,壬醛还有浓厚的油脂味与类似甜橙香味,且感觉阈值较低,对驴肉风味有较高贡献。^[16]十一醛是一种重要的香水醛,具有浓烈的脂蜡气或玫瑰香气。^[17]

后腿部位醛类物质含量最高,比肋条、里脊、脖颈部位分别高46.71%、23.58%、17.38%,肋条部位含量最低。因而,后腿部位相比其他3个部位可具有更多的风味。

2.2 醇类物质及风味特征

醇类化合物阈值相较于醛类物质较高,^[18]对风味的贡献可能小于醛类,在一定程度上协同贡献于驴肉风味。驴肉4个部位分析出的醇类物质较不统一,在分析出的11种醇类物质中,癸醇、十三醇、环十五烷基醇、(9Z)-9-十六碳烯-1-醇4种醇为4个部位共有,其中十三醇含量最高。十三醇具有愉快气味,癸醇有类似柑橘或玫瑰的香气。^[19]里脊和后腿部位均检测出了辛醇,含量相对较高,这种醇呈现出辛辣或脂蜡味。^[12]

脖颈部位醇类物质含量最高,比里脊、肋条、后腿部位分别高46.11%、44.27%、35.60%,里脊部位含量最低,表明脖颈部位的醇类物质对驴肉风味的协同作用更强。

2.3 烃类物质及风味特征

烃类物质主要由脂肪氧化产生,在分析出的烃类物质中,除后腿部位含量较少,其他3个部位含量均较高,里脊、肋条和脖颈部位的烃类物质出峰面积占比分别达到了14.7%、23.6%、13.3%,其中肋条部位最高,可能与其附着较多油脂有关。烃类物质含量虽然很高,但其感觉阈值也较高,故其对驴肉整体风味贡献不大,但由于相互作用,对整体风味也会产生一定影响。^[20]4个部位驴肉均检测出了较多的烷烃,烯烃类物质在里脊部位有较高占比。 α -蒎烯是一种有树脂香气的物质,^[21]环氧异长叶烯在香料制作工业中有重要作用,其具有持久优美的浓木香,^[22]这些香气成分可能对驴里脊肉特征香气有促进作用。

肋条部位烃类物质含量最高,比后腿、脖颈、里脊部位分别高81.17%、44.73%、37.95%。

2.4 酯类物质及风味特征

检出的酯类物质,在数量上较多,为12种,但含量相对较少,后腿部位酯类物质峰面积最高,为5.07%,脖颈次之,里脊与肋条部位最少。酯类物质挥发性小,对肉品风味贡献很小^[20]。酯类可以赋予肉品以类似水果的甜味,而长链脂肪酸酯化而来的酯类则更多的呈现出油脂味^[12]。出峰面积在1%以上的酯类物质有羟基十一烷酸内酯和棕榈酸甲酯。羟基十一烷酸内酯在4个部位中均有检出;棕榈酸甲酯在里脊部位未检出,检出的3个部位中以后腿肉含量最多,这两种酯具有油脂味或类似奶油香的气味。^[23]

2.5 酸类、醌类、酮类物质及风味特征

4个部位中酸类物质、醌类物质及酮类物质含量均较低且不统一。在酸类物质中,脖颈部位未检出,其他3个部位共同检出的有N,N-双(2-羟乙基)-2-氨基乙磺酸、蓖麻油酸;只有后腿部位检测出的11-溴十一酸和棕榈酸,其含量很低;肋条部位检出硬脂酸,含量也很低。蓖麻油酸有降压作用,棕榈酸具有抗癌作用,里脊、肋条和后腿部位可能在功能性营养方面价值更高。^[24]仅在里脊和肋条部位中检出一种苯醌类物质,苯醌化合物有刺激性气味,对驴肉风味可能有一定影响,肋条和脖颈部位分别检出了一种含量很少的酮类物质。

2.6 其他类物质及风味特征

其他类物质共有13种,包含里脊部位7种、肋条部位9种、后腿部位10种及脖颈部位6种。2-

乙酰基噻唑只在里脊与肋条部位中发现,虽具爆米花或面包样香气,但含量很少,可能对风味贡献很小。苯酚类物质在4个部位中均有检出,以里脊部位含量最高,脖颈部位次之,肋条和后腿部位含量较少,是酚类挥发性有机物,具有特殊的臭味^[25],对不同部位驴肉风味可能有反向作用。4个部位均检出含量相对较高的洋地黄毒苷,聂相珍^[26]在雪菜肉丝中也检测出了很少量的洋地黄毒苷,驴肉中洋地黄毒苷的产生路径尚不明确,可能与美拉德反应有关。^[27]肋条和后腿部位中检测出了含量较高的2-正戊基呋喃,2-正戊基呋喃呈现出豆香、果香或相似于蔬菜的气味,^[20]在一定程度上促进了这两种部位的特征风味;脖颈部位虽有检出,但含量很少,对其风味促进作用不大。

3 结论

通过SPME-GC-MS得到的鉴定结果,判定醛类、醇类和烃类是驴肉4个部位的主体挥发性物质,醛类为驴肉风味主要贡献者,后腿部位醛类物质含量最高,更具风味特色。不同部位挥发性物质组成和含量均有差异,且这些物质所呈现出的气味相互作用和叠加,由此形成了驴肉不同部位间的风味特色。

参考文献:

- [1] 张淑珍,孙爱林,李守富,等.我国肉驴产业现状与展望[J].贵州畜牧兽医,2016,40(4):37-38.
- [2] 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.
- [3] 张孝波.养驴业现状、发展前景及效益分析[J].养殖技术顾问,2012(8):274.
- [4] 张攀,马杰,韩冰毅,等.我国养驴业现状及趋势分析[J].中国畜牧兽医文摘,2013,29(1):36-38.
- [5] 喻倩倩,朱亮,孙承锋,等.顶空固相微萃取-气质联用分析烧肉中挥发性风味成分[J].食品工业,2014,35(7):251-255.
- [6] 赵冰,成晓瑜,张顺亮,等.土家腊肉挥发性风味物质的研究[J].肉类研究,2013,27(7):44-47.
- [7] 陈颖,方依依,熊汉国.酸甜鸭脖加工工艺优化及挥发性物质的检测[J].中国调味品,2017,42(10):129-134.
- [8] 章海风,周晓燕,铃莉妍,等.煮制时间对驴肉不同部位食用品质的影响[J].美食研究,2018,35(4):37-40.
- [9] 丁晔,刘敦华,雷建刚,等.不同处理羊羔肉挥发性风味

- 物质的比较及主成分分析[J]. 食品与机械 2013, 29(3): 16-20, 33.
- [10] HOA B V, KYOUNGMI P, DASHDOR D, et al. Effect of muscle type and vacuum chiller ageing period on the chemical composition, meat quality, sensory attribute and volatile compounds of Korean native cattle beef[J]. Animal Science Journal 2013, 85(2): 164-173.
- [11] REINDL B, STAN H J. Determination of volatile aldehydes in meat as 2,4-dinitrophenylhydrazones using reversed-phase high-performance liquid chromatography[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1982, 30(5): 849-854.
- [12] 赵改名, 柳艳霞, 田玮, 等. 金华火腿中挥发性风味物质形成过程及变化规律研究[J]. 食品与发酵工业, 2007, 33(5): 120-125.
- [13] 唐霄, 郝兰亭, 孙杨赢, 等. 盐水鹅与酱鹅营养成分及主体风味物质比较分析[J]. 食品科学 2018, 39(24): 225-230.
- [14] 谢跃杰, 贺稚非, 李洪军. 兔肉挥发性风味成分提取效果的比较[J]. 食品科学 2015, 36(24): 147-151.
- [15] XIE Y J, HE Z F, ZHANG E. Technical note: Characterization of key volatile odorants in rabbit meat using gas chromatography mass spectrometry with simultaneous distillation extraction[J]. World Rabbit Science 2016, 24(5): 313.
- [16] 陈海涛, 慕艳梅, 徐晓兰, 等. 月盛斋清香牛肉挥发性成分的分析[J]. 食品科学 2013, 34(18): 158-164.
- [17] 陈文抗. 十一醇选择性氧化合成十一醛的研究[J]. 安徽化工 2015, 41(1): 39-41.
- [18] MARUŠIĆ N, VIDAČEK S, JANČI T, et al. Determination of volatile compounds and quality parameters of traditional istrian dry-cured ham[J]. Meat Science, 2014, 96: 1409-1416.
- [19] 廖常聪. 癸醇[J]. 精细石油化工, 1989(1): 66.
- [20] 钱祥羽. 扬州盐水鹅品质评价模型的建立及加工工艺优化[D]. 扬州: 扬州大学 2018.
- [21] CZERNY M, CHRISTLBAUER M, CHRISTLBAUER M, et al. Reinvestigation on odour thresholds of key food aroma compounds and development of an aroma language based on odour qualities of defined aqueous odorant solutions[J]. European Food Research and Technology, 2008(2): 265-273.
- [22] 黄兆俊, 徐富杰. 倍半萜烯在香料工业上的应用[J]. 林化科技通讯, 1981(10): 21-27.
- [23] 朱瑞鸿, 薛群成, 李忠臣. 合成食用香料手册[M]. 北京: 轻工业出版社, 1986: 384-555.
- [24] 季宇彬. 中药有效成分药理与应用[M]. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社 2004: 380.
- [25] 何觉聪, 黄倩茹, 陈洲洋, 等. 生物滴滤塔处理苯酚气体研究[J]. 环境科学 2014, 35(2): 520-525.
- [26] 聂相珍. 雪菜肉丝盖浇方便面浇头的研制与营养卫生学评价[D]. 扬州: 扬州大学 2017.
- [27] 宫瑞泽, 霍晓慧, 张磊, 等. 美拉德反应对中药品质的影响及调控研究进展[J]. 中草药 2019, 50(1): 243-251.

Analysis of volatile compounds in four parts of donkey meat

LI Xu, ZHANG Haifeng*, ZHOU Xiaoyan, WU Danfeng

(College of Tourism and Culinary Science, Yangzhou University, Yangzhou, Jiangsu 225127, China)

Abstract: Volatile compounds in the part of donkey tenderloin, rib cut, hind leg, and neck were extracted using solid phase microextraction and analyzed using gas chromatography-mass spectrometry. 63 compounds were detected including aldehydes, alcohols, hydrocarbons, esters, acids, quinones, ketones and other compounds with aldehydes, alcohols and hydrocarbons as the majority and the aldehydes predominate the flavor of donkey meat, which were the richest in the hind leg part. The composition and content of volatile substances in different parts were different.

Key words: donkey meat; SPME-GC-MS; volatile compound; food analysis

(责任编辑: 赵勇)