

# 基于电子舌和色谱技术分析蒸煮猪肉滋味物质

## Analysis of taste substances of cooked pork based on electronic tongue and chromatographic techniques

郭金英<sup>1,2,3</sup> 李 杰<sup>1</sup> 吴 影<sup>1</sup> 任国艳<sup>1</sup>

GUO Jin-ying<sup>1,2,3</sup> LI Jie<sup>1</sup> WU Ying<sup>1</sup> REN Guo-yan<sup>1</sup>

崔国庭<sup>1</sup> 王 萍<sup>1</sup> 刘建学<sup>1,2</sup>

CUI Guo-ting<sup>1</sup> WANG Ping<sup>1</sup> LIU Jian-xue<sup>1,2</sup>

(1. 河南科技大学食品与生物工程学院, 河南 洛阳 471023; 2. 河南省食品原料工程技术研究中心, 河南 洛阳 471023; 3. 食品加工与安全国家级实验教学示范中心, 河南 洛阳 471023)

(1. College of Food and Bioengineering, Henan University of Science and Technology, Luoyang, Henan 471023, China; 2. Henan Engineering Research Center of Food Material, Luoyang, Henan 471023, China; 3. National Demonstration Center for Experimental Food Processing and Safety Education, Luoyang, Henan 471023, China)

**摘要:**将 3 种原料猪肉(藏香猪、三门峡黑猪、杜长大白猪)分别蒸煮后,利用液相色谱分别测定游离氨基酸和呈味核苷酸、气相色谱测定脂肪酸含量,电子舌检测样品滋味物质,采用 SPSS 19 分析 3 种猪肉滋味的差异。结果表明:蒸煮后三门峡黑猪肉的游离谷氨酸含量最高,藏香猪肉的肌苷酸含量最高,二者的鲜味较强。蒸煮后藏香猪肉 5'-腺嘌呤核糖核苷酸(5'-AMP)和 5'-次黄嘌呤核苷酸(5'-IMP)含量最高,达 192.41 mg/100 g,三门峡黑猪次之,杜长大白猪最小,藏香猪鲜味增强作用较强。蒸煮后,三门峡黑猪总脂肪酸含量最高为(2.25±0.02) mg/g,三门峡黑猪饱和脂肪酸含量最高,其次为藏香猪,杜长大白猪含量最低。蒸煮后 3 种猪肉的第 1 主成分贡献率值距离较近,表明蒸煮后 3 种猪滋味具有相似性。蒸煮后藏香猪、三门峡黑猪和杜长大白猪肉鲜味物质差异较大,滋味相似。

**关键词:** 蒸煮;猪肉;滋味物质;电子舌;色谱技术

**Abstract:** To analyze the taste substances of cooked Tibetan pork, Sanmenxia black pork and Du changda white pork, the three raw materials were separately cooked, and then the free amino acids and nucleotides were determined by liquid chromatography, and the fatty acid content was determined by gas chromatography. The taste substances were tested by electronic tongue.

SPSS 19 was used to analyze the taste substance difference of the three porks. The results showed that the free glutamic acid content of cooked Sanmenxia black pork was the highest, and the inosinic acid content of cooked Tibetan pork was the highest. Compared with the Du changda white pork, the umami taste of cooked Tibetan pork and Sanmenxia black pork was stronger. Content of 5'-adenine ribonucleotide (5'-AMP) and 5'-hypoxanthine nucleotide (5'-IMP) of cooked Tibetan pork was the highest, reaching 192.41 mg/100 g, followed by Sanmenxia black pork and Du changda white pork, indicating the cooked Tibetan pork has a stronger umami taste. The total fatty acid content of cooked Sanmenxia black pork was the highest, reaching (2.25±0.02) mg/g. The saturated fatty acid content of cooked Sanmenxia black pork was the highest, followed by Tibetan pork, the content of cooked Du changda white pork was the lowest. The first principal component contribution rate (PC1) of the three cooked porks was close, indicating that the three cooked porks had similar taste substances. The umami substances of cooked Tibetan pork, Sanmenxia black pork and Du changda white pork were different, but the taste substances were similar.

**Keywords:** cooked; pork; taste substance; electronic tongue; chromatography technology

**基金项目:**河南省重点科技攻关计划项目(编号:142102110038)

**作者简介:**郭金英(1971—),男,河南科技大学副教授,博士。

E-mail: guojinying8@163.com

**收稿日期:** 2019-04-03

猪肉的风味主要包括滋味和香味。滋味主要由滋味活性物质与味蕾接触产生,主要包括酸味、咸味、鲜味、甜味和苦味<sup>[1]</sup>。滋味物质在猪肉风味呈现中起主要作用,如当某类苦味物质与氯化钠接触时就会触及四周的神经细胞,并发生相互作用,使得氯化钠与该苦味物质产生抑

制作用<sup>[2]</sup>。研究<sup>[3]</sup>表明,瘦肉型猪肉与地方性猪肉滋味有显著性差异,其中对滋味影响较大的氨基酸包括:丙氨酸、丝氨酸、谷氨酸、苏氨酸、赖氨酸、精氨酸、甘氨酸、缬氨酸,鸟苷酸和肌苷酸,这些氨基酸对猪肉鲜味和滋味均具有一定的影响。

藏香猪主要产于中国西藏林芝地区,是藏民常食的肉类,皮薄、肉质鲜美。藏香猪肉蛋白高、脂肪低、含有对健康有益的不饱和脂肪酸和必需氨基酸<sup>[4]</sup>。三门峡黑猪是地方优良猪品种,猪肉肌纤维细,口感较好。杜长大白猪为三元杂交猪,该猪生长快,饲料转化率高,瘦肉率高,杜长大白猪及其杂交群体占中国猪肉生产量的70%以上,在中国猪肉生产中占有重要地位<sup>[5]</sup>。目前对藏香猪的研究主要集中在养殖和肉品质分析阶段<sup>[6-7]</sup>,三门峡黑猪的研究主要集中在猪肉品质分析方面<sup>[8]</sup>。关于蒸煮后藏香猪肉、三门峡黑猪肉和杜长大白猪肉滋味物质比较研究还未见报道。

电子舌类似一种称为敏感膜的生物材料,具有传感器的作用,当滋味物质与敏感膜接触时,就会产生膜电势差,进而检测滋味物质间的相互作用。这种滋味传感器具有重复性、灵敏性和可靠性,可以检测滋味的总体差异<sup>[9]</sup>,因而广泛地应用于酒类<sup>[10]</sup>、醋类<sup>[11]</sup>、奶制品<sup>[12]</sup>和肉制品<sup>[13]</sup>等食品的滋味研究中,但在蒸煮后猪肉的应用尚未见报道。试验拟利用色谱技术和电子舌技术,分析蒸煮后藏香猪、三门峡黑猪、杜长大白猪肉滋味物质,以期为提高地方性品种猪肉的应用价值提供理论依据。

# 1 材料与方法

## 1.1 材料与仪器

藏香猪后腿肌肉、三门峡黑猪后腿肌肉、杜长大白猪后腿肌肉:雏鹰集团;

氨基酸标品:Waters公司;

核苷酸标品 5'-AMP、5'-GMP、5'-IMP:西格玛公司;

乙腈(色谱纯)、洗脱液(A)甲醇、洗脱液(B)0.05%磷酸:国药集团化学试剂有限公司;

高效液相色谱仪:Agilent 1200 型, G1315D 检测器,安捷伦科技有限公司;

固相萃取装置:Visiprep DL SPE 型, Supelco 公司;

磁力搅拌器:EMS-19 型,天津欧诺仪器股份有限公司;

超声清洗器:Prima TD 型,美瑞泰克科技(天津)有限公司;

电子舌:Astree II 型,法国 Alpha MOS 公司;

气相色谱仪:Agilent 7820A 型,安捷伦科技有限公司。

## 1.2 试验方法

1.2.1 样品制备 剔除冷鲜猪后腿肉中的可见脂肪和结缔组织,将红色肌肉切成 3 cm×2 cm×1 cm 的小块。水煮处理:称取约 300 g 清洗沥干的红色肌肉样品,放入盛有 450 mL 质量分数为 1% 的食盐水煮锅中,加热(肉中心温度为 85 ℃)时开始计时间,蒸煮 30 min。

1.2.2 游离氨基酸测定 参考顾伟钢等<sup>[14]</sup>的方法,稍改动。称取样品,冰浴中匀浆 3 次(每次 10 s),加入三氯乙酸水溶液,混匀,放置,滤纸过滤,滤液调 pH,透析,备用。

色谱条件: Nova-PakC<sub>18</sub> 柱(150 mm×3.9 mm, 4 μm),紫外波长 254 nm,进样量 10 μL;流动相 A:将 AccQ·Tag Eluent 与超纯水按体积比 1:10 稀释而得;流动相 B:乙腈(色谱纯);流动相 C:超纯水;流速 1 mL/min。洗脱条件见表 1。

表 1 梯度洗脱条件

Table 1 Gradient elution condition

| 时间/<br>min | 流速/<br>(mL·min <sup>-1</sup> ) | 流动相 A/<br>% | 流动相 B/<br>% | 流动相 C/<br>% |
|------------|--------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| 0          | 1                              | 100         | 0           | 0           |
| 17         | 1                              | 91          | 5.4         | 3.6         |
| 24         | 1                              | 80          | 17          | 3           |
| 32         | 1                              | 68          | 20          | 12          |
| 34         | 1                              | 68          | 20          | 12          |
| 35         | 1                              | 0           | 60          | 40          |
| 37         | 1                              | 0           | 60          | 40          |
| 38         | 1                              | 100         | 0           | 0           |
| 45         | 1                              | 100         | 0           | 0           |

1.2.3 呈味核苷酸含量测定 参照 Chen 等<sup>[15]</sup>的方法,并稍加修改。取样品置于离心管中,加入高氯酸溶液,高速均质,离心,悬浮,透析,色谱测定。

1.2.4 味精当量 按式(1)计算。

$$Y = \sum a_i b_i + 1 \ 218 (\sum a_i b_i) (\sum a_j b_j), \quad (1)$$

式中:

Y——EUC 值,g MSG/100 mL;

$a_i$ ——Asp, Glu 的浓度,g/100 mL;

$b_i$ ——相对鲜度系数(Glu:1; Asp:0.077);

$a_j$ ——5'-IMP, 5'-GMP, 5'-AMP 浓度,g/100 mL;

$b_j$ ——相对鲜度系数(5'-IMP:1; 5'-GMP:2.3; 5'-AMP:0.18);

1 218——协同作用常数。

## 1.2.5 脂肪酸含量测定

(1) 样品甲酯化:脂肪酸含量在甲酯化后采用气相色谱仪测得,准确称量样品 0.5 g 于 15 mL 干燥螺口玻璃管中,加入 5.0 mL 甲苯,氮吹 1 min 后,于 80 ℃水浴 2 h,期

间震荡 6 次,冷却后溶液转移至离心管中,用碳酸钠溶液清洗玻璃管 3 次,合并,混匀,离心。取上清液 1.0 mL 用甲苯溶液稀释 10 倍,透析,备用。

(2) 气相色谱条件:色谱柱 Agilent 112-88A7:2 HP-88,配 FID 检测器。载气流速为 1.0 mL/min,炉温在 80 ℃ 保持 1 min,然后以 3 ℃/min 升到 200 ℃,保留 12 min,再以 4 ℃/min 升到 230 ℃,保留 15 min。检测器温度 300 ℃,进样口温度 200 ℃,进样量 10 μL。

1.2.6 电子舌测定 取样品 24.00 g 置于 250 mL 烧杯中,加入 120 mL 高纯水,40 ℃ 恒温水浴 30 min,然后用 8 层纱布过滤,取滤液,于 3 000 r/min 离心 20 min,之后真空抽提,最后于 4 ℃ 保存,供测定使用。取 100 mL 抽提液进行电子舌检测,每个样品重复检测 7 次。

取 80 mL 样品倒入电子舌烧杯中,用电子舌传感器采样,采集时间 120 s。7 根传感器的代号分别为 ZZ、BA、BB、CA、GA、HA、JB。采用第 120 s 所得的稳定数据作为输出值。

1.2.7 数据分析 运用 SPSS 19 进行数据分析,通过方差分析和 Duncan 多重比较确定统计差异,并使用  $P < 0.05$  的显著性水平。

2 结果与分析

2.1 猪肉中游离氨基酸含量

蒸煮后 3 个品种猪后腿肉游离氨基酸含量见表 2。由表 2 可以看出,蒸煮后 3 个品种猪肉游离氨基酸总量有较大差异,三门峡黑猪游离氨基酸总量最高,杜长大白猪次之,藏香猪的游离氨基酸总量最低。游离氨基酸不仅可以直接形成肉产品滋味,还可以形成肉的风味<sup>[16]</sup>。因此,不同品种的游离氨基酸含量反映猪肉滋味差异。天门冬氨酸、谷氨酸、甘氨酸、丙氨酸、苯丙氨酸属于鲜味氨基酸,从表 2 中还可以看出,3 个品种猪肉间的鲜味氨基酸具有显著性差异( $P < 0.05$ )。从鲜味氨基酸占总氨基酸比例看,藏香猪的鲜味氨基酸占比最高,表明藏香猪的鲜味最强,三门峡黑猪的次之,杜长大白猪的鲜味最弱。其中在鲜味氨基酸中,甘氨酸和丙氨酸具有甜味,可以对酸碱味起柔和的作用,丰富食品的风味<sup>[17-18]</sup>。甘氨酸在美拉德反应中,可以中和含硫氨基酸的刺激性味道,使食品的气味更加柔和、香醇。丙氨酸是略显苦味的甜味氨基酸,三门峡黑猪丙氨酸含量最高,杜长大白猪次之,藏香猪的丙氨酸含量最低,与三门峡黑猪和杜长大白猪相比,具有显著性差异( $P < 0.05$ )。

鲜味氨基酸中,谷氨酸能与肌苷酸和鸟苷酸等组合具有鲜味相乘作用。3 个品种猪肉谷氨酸含量具有显著性差异,三门峡黑猪值最高,其次杜长大白猪,藏香猪的谷氨酸含量最低。在蒸煮过程中,可能由于蒸煮一部分游离氨基酸遗留在汁液中,肉中的游离氨基酸含量总体

表 2 蒸煮后 3 个品种猪后腿肉游离氨基酸含量<sup>†</sup>

| Table 2 The content of free amino acids of three cooked porks |                           |                          |                          |
|---------------------------------------------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
|                                                               | mg/100 g                  |                          |                          |
| 游离氨基酸                                                         | 藏香猪                       | 三门峡黑猪                    | 杜长大白猪                    |
| 天门冬氨酸                                                         | —                         | —                        | —                        |
| 丝氨酸                                                           | 19.30±0.46 <sup>b</sup>   | 31.68±0.81 <sup>a</sup>  | 31.82±1.32 <sup>a</sup>  |
| 谷氨酸                                                           | 29.67±1.03 <sup>b</sup>   | 53.19±1.21 <sup>a</sup>  | 39.67±0.44 <sup>b</sup>  |
| 甘氨酸                                                           | 20.95±0.74 <sup>b</sup>   | 32.03±0.20 <sup>a</sup>  | 28.16±0.32 <sup>b</sup>  |
| 组氨酸                                                           | 38.05±1.97 <sup>a</sup>   | 40.32±0.52 <sup>a</sup>  | 25.94±0.40 <sup>b</sup>  |
| 精氨酸                                                           | 81.80±1.00 <sup>b</sup>   | 145.20±5.90 <sup>a</sup> | 176.40±3.60 <sup>a</sup> |
| 苏氨酸                                                           | 62.96±0.47 <sup>b</sup>   | 67.69±1.68 <sup>b</sup>  | 72.24±0.32 <sup>a</sup>  |
| 丙氨酸                                                           | 77.32±0.43 <sup>b</sup>   | 82.21±0.62 <sup>a</sup>  | 81.64±0.43 <sup>a</sup>  |
| 脯氨酸                                                           | 16.52±0.06 <sup>a</sup>   | 16.80±1.40 <sup>a</sup>  | 17.33±0.55 <sup>a</sup>  |
| 酪氨酸                                                           | 17.35±0.24 <sup>a</sup>   | 29.27±0.85 <sup>a</sup>  | 23.36±0.45 <sup>b</sup>  |
| 缬氨酸                                                           | 14.38±0.00 <sup>b</sup>   | 23.01±0.05 <sup>a</sup>  | 16.37±0.91 <sup>b</sup>  |
| 蛋氨酸                                                           | 2.40±0.90 <sup>b</sup>    | 5.00±0.72 <sup>a</sup>   | 5.61±0.33 <sup>a</sup>   |
| 赖氨酸                                                           | 25.14±0.05 <sup>b</sup>   | 40.27±0.68 <sup>a</sup>  | 36.71±0.38 <sup>b</sup>  |
| 异亮氨酸                                                          | 13.35±0.51 <sup>c</sup>   | 21.92±1.30 <sup>a</sup>  | 16.54±1.20 <sup>b</sup>  |
| 亮氨酸                                                           | 26.59±0.56 <sup>b</sup>   | 38.31±0.30 <sup>a</sup>  | 34.38±1.15 <sup>b</sup>  |
| 苯丙氨酸                                                          | 12.64±0.39 <sup>b</sup>   | 18.67±0.88 <sup>a</sup>  | 17.18±0.39 <sup>a</sup>  |
| 鲜味氨基酸总量                                                       | 140.57±0.26 <sup>b</sup>  | 178.41±6.54 <sup>a</sup> | 166.46±0.14 <sup>a</sup> |
| 甜味氨基酸总量                                                       | 197.05±1.24 <sup>b</sup>  | 226.92±4.95 <sup>a</sup> | 232.82±1.36 <sup>a</sup> |
| 氨基酸总量                                                         | 430.63±25.31 <sup>b</sup> | 648.60±2.57 <sup>a</sup> | 629.30±2.96 <sup>a</sup> |

† 鲜味氨基酸包括天门冬氨酸、谷氨酸、甘氨酸、丙氨酸、苯丙氨酸;甜味氨基酸包括苏氨酸和丝氨酸、甘氨酸、丙氨酸和脯氨酸;“—”表示未检测出;同行字母不同表示差异显著( $P < 0.05$ )。

下降。藏香猪肌肉中游离氨基酸可能损失比较严重,而总体上鲜味氨基酸占总氨基酸的比值最高,可以得出 3 个品种猪肉中藏香猪后腿肉的鲜味较香甜。Toldra 等<sup>[19]</sup>研究发现游离氨基酸主要通过以下 3 种途径转换生成挥发性风味物质:① 缬氨酸、异亮氨酸和亮氨酸的 Strecker 降解反应生成 2-甲基-丙醛、2-甲基-丁醛和 3-甲基-丁醛;② 含硫氨基酸如蛋氨酸、半胱氨酸和胱氨酸生成二甲基二硫醚类化合物;③ 通过美拉德反应生成吡嗪类化合物。

2.2 猪肉中核苷酸含量

蒸煮后 3 个品种猪后腿肉核苷酸含量见表 3。由表 3 可以看出,3 个品种猪肉中 5'-IMP 的含量最高,其次是 5'-AMP 含量,而 5'-GMP 的含量最低,说明 5'-IMP 是主要的降解产物,IMP 在肉中的降解较慢,会在肉中积累。IMP 自身具有呈味作用,与丙氨酸、谷氨酸具有协同作用,可使鲜味更为突出。在肉类风味中,AMP、IMP 是主要的呈味核苷酸,IMP 与谷氨酸、丙氨酸具有鲜味协同效应,能增加肉的鲜味强度<sup>[20]</sup>。蒸煮后,3 个品种的谷氨酸无显著性差异,在呈味核苷酸的含量中藏香猪的 5'-IMP

表 3 蒸煮后 3 个品种猪后腿肉核苷酸含量<sup>†</sup>  
Table 3 The nucleotide content of three cooked hind leg porks

| 核苷酸           | 藏香猪                       | 三门峡黑猪                    | 杜长大白猪                   |
|---------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|
| 腺苷酸(5'-AMP)   | 33.37±2.79 <sup>a</sup>   | 7.57±0.29 <sup>b</sup>   | 8.61±4.51 <sup>b</sup>  |
| 鸟苷酸(5'-GMP)   | 8.53±0.58 <sup>a</sup>    | 5.67±2.06 <sup>b</sup>   | 3.94±0.15 <sup>b</sup>  |
| 肌苷酸(5'-IMP)   | 159.04±9.13 <sup>a</sup>  | 90.04±2.93 <sup>b</sup>  | 61.30±3.45 <sup>c</sup> |
| 5'-AMP+5'-IMP | 192.41±14.58 <sup>a</sup> | 97.62±3.92 <sup>b</sup>  | 69.91±1.70 <sup>c</sup> |
| 总量            | 200.94±12.47 <sup>a</sup> | 103.28±3.64 <sup>b</sup> | 73.85±1.32 <sup>c</sup> |

<sup>†</sup> 同行字母不同表示差异显著(P<0.05)。

的含量与三门峡黑猪、杜长大白猪有显著性差异(P<0.05),藏香猪中 IMP 含量最高达 159.04 mg/100 g,因此蒸煮后 3 个品种中,藏香猪的鲜味最强。从核苷酸总量来看,藏香猪的总含量最高,三门峡黑猪次之,杜长大白猪的核苷酸总量最低。5'-AMP 和 5'-IMP 具有鲜味增强作用,藏香猪中二者含量最高达 192.41 mg/100 g,三门峡黑猪次之,杜长大白猪最小,且三者具有显著性差异(P<0.05)。因此,从呈味的角度讲,藏香猪的呈味效果最强。可能由于藏香猪后腿肉中 ATP 酶、肌激酶和脱氢酶的活性比较高。

藏香猪、三门峡黑猪、杜长大白猪的 EUC 值分别为 0.07,0.07,0.04 g MSG/100 g,表明藏香猪和三门峡黑猪鲜味较强。

2.3 猪肉中脂肪酸含量

蒸煮后 3 种猪肉共检测出 25 种脂肪酸,其中含量在 0.01 mg/g 以上的脂肪酸见表 4。由表 4 可以看出,蒸煮后猪后腿肉单饱和脂肪酸含量减少,可能是一部分游离脂肪酸存在于弃去的汤汁中,也可能是肉品多次解冻造成的。蒸煮后,三门峡黑猪肉饱和脂肪酸含量最高,其次为藏香猪,杜长大白猪的饱和脂肪酸含量最低。三门峡黑猪的多饱和脂肪酸含量最高,杜长大白猪的次之,藏香猪的最低。三门峡黑猪的单饱和脂肪酸的最高,其次为藏香猪,杜长大白猪最低。SFA+MUFA 值可用来衡量肉类及肉制品的风味、嫩度和多汁性等质量标准<sup>[21]</sup>。

表 4 蒸煮后 3 个品种猪后腿肉脂肪酸含量<sup>†</sup>  
Table 4 Fatty acid content of three cooked hind leg porks

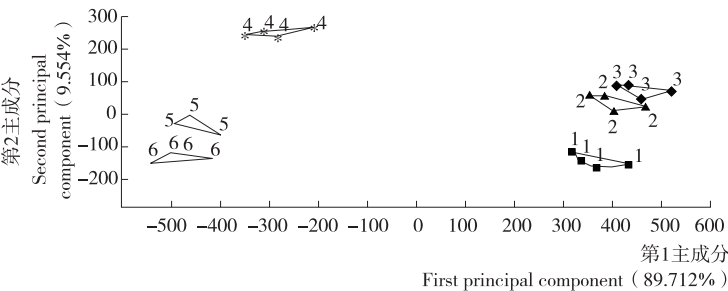
| 脂肪酸                  | 藏香猪                    | 三门峡黑猪                  | 杜长大白猪                  |
|----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| C <sub>16:0</sub>    | 0.30±0.00 <sup>b</sup> | 0.67±0.01 <sup>a</sup> | 0.28±0.01 <sup>c</sup> |
| C <sub>16:1</sub>    | 0.05±0.00 <sup>b</sup> | 0.11±0.00 <sup>a</sup> | 0.03±0.00 <sup>c</sup> |
| C <sub>18:0</sub>    | 0.17±0.00 <sup>b</sup> | 0.33±0.00 <sup>a</sup> | 0.16±0.00 <sup>b</sup> |
| C <sub>18:1n9c</sub> | 0.42±0.01 <sup>b</sup> | 1.12±0.01 <sup>a</sup> | 0.32±0.01 <sup>c</sup> |
| C <sub>18:2n6c</sub> | 0.08±0.00 <sup>c</sup> | 0.37±0.00 <sup>a</sup> | 0.25±0.00 <sup>b</sup> |
| C <sub>22:1n9</sub>  | 0.00±0.00 <sup>c</sup> | 0.02±0.00 <sup>a</sup> | 0.02±0.00 <sup>b</sup> |
| ΣSFA                 | 0.47±0.01 <sup>b</sup> | 1.00±0.01 <sup>a</sup> | 0.44±0.01 <sup>b</sup> |
| ΣMUFA                | 0.47±0.01 <sup>b</sup> | 1.24±0.02 <sup>a</sup> | 0.37±0.01 <sup>b</sup> |
| ΣPUFA                | 0.08±0.00 <sup>c</sup> | 0.37±0.00 <sup>a</sup> | 0.25±0.00 <sup>b</sup> |
| PUFA/SFA             | 0.16±0.01 <sup>c</sup> | 0.36±0.00 <sup>b</sup> | 0.56±0.00 <sup>a</sup> |
| SFA+MUFA             | 0.94±0.02 <sup>b</sup> | 2.25±0.02 <sup>a</sup> | 0.81±0.01 <sup>b</sup> |
| 总量                   | 1.00±0.02 <sup>b</sup> | 2.61±0.03 <sup>a</sup> | 1.05±0.02 <sup>b</sup> |

<sup>†</sup> 其他饱和脂肪酸包括 C<sub>16:0</sub>、C<sub>18:0</sub>;其他单饱和脂肪酸包括 C<sub>16:1</sub>、C<sub>18:1n9c</sub>、C<sub>22:1n9</sub>;其他多饱和脂肪酸包括 C<sub>18:2n6c</sub>;SFA 表示饱和脂肪酸;MUFA 表示单一饱和脂肪酸;PUFA 表示多饱和脂肪酸;同行字母不同表示差异显著(P<0.05)。

从表 4 可以看出,三门峡黑猪、藏香猪、杜长大白猪的 SFA+MUFA 的值分别为 2.25,0.94,0.81 mg/g。

2.4 电子舌检测

蒸煮前后 3 个品种猪后腿肉 PCA 分析图谱见图 1。由图 1 可以看出,3 个品种猪肉的第 1 主成分贡献率和第 2 主成分贡献率之和为 99.226%>90%,表明第 1 主成分和第 2 主成分包含的信息量能够反映样品的整体信息。电子舌 PC 图谱第 1 主成分大于第 2 主成分,表明样品间差异主要在第 1 主成分上。与原料肉相比较,蒸煮后 3 种猪后腿肉第 1 主成分显著提高,表明蒸煮前后样品间滋味物质具有显著性差异(P<0.05)。蒸煮后藏香猪、三门峡黑猪和杜长大白猪第 1 主成分无显著性差异,表明 3 种猪后腿肉的滋味具有相似性。



1. 煮制藏香猪 2. 煮制三门峡黑猪 3. 煮制杜长大白猪 4. 藏香猪原料肉 5. 三门峡黑猪原料肉 6. 杜长大白猪原料肉

图 1 蒸煮前后 3 个品种猪后腿肉 PCA 分析图谱

Figure 1 PCA analysis of three species of pig hind legs before and after cooking



### 3 结论

通过对 3 个品种猪肉蒸煮后的游离氨基酸、脂肪酸、核苷酸含量分析,发现蒸煮后地方性著名品种藏香猪和三门峡黑猪猪肉鲜味增强明显,脂肪酸含量显著高于杜长大白猪。电子舌分析发现,与原料肉相比,蒸煮提高了 3 个品种猪肉滋味物质含量,但蒸煮后 3 种猪肉滋味相似。猪肉含有多种呈味物质,猪肉的滋味是猪肉呈味成分的综合反应,不同呈味物质的组成和比例形成了不同的滋味。藏香猪和三门峡黑猪猪肉滋味来源还需要进一步研究。

#### 参考文献

- [1] 严达伟, 赵桂英, 苟潇, 等. 迪庆藏猪肉质特性的研究[J]. 云南农业大学学报, 2007, 22(1): 86-91.
- [2] KEAST R S J, BRESLIN P A S. Modifying the bitterness of selected oral pharmaceuticals with cation and anion series of salts[J]. Pharmaceutical Research, 2002, 19(7): 1 019-1 026.
- [3] 赵巧灵, 吴佳佳, 李春萍, 等. 3 种鲑鱼的特征滋味成分分析与比较[J]. 中国食品学报, 2014, 14(6): 246-249.
- [4] 张树敏, 金鑫, 陈群, 等. 放牧对松辽黑猪生长肥育及胴体肉质的影响[J]. 吉林畜牧兽医, 2005(5): 6-7.
- [5] 杨红杰, 彭华, 王林云. 从我国猪肉消费趋势展望地方猪种发展前景[J]. 中国畜牧杂志, 2014, 50(16): 6-10.
- [6] 宋社果, 安小鹏, 赵海波, 等. 藏香猪屠宰特性及肉品质的分析[J]. 西北农业学报, 2011, 20(12): 26-32.
- [7] 张浩, 吴常信, 强巴央宗, 等. 藏猪 3 个繁殖性状主效基因多态性研究[J]. 遗传, 2007, 29(8): 939-944.
- [8] 宋予震, 董青, 梁中涛, 等. 三门峡雏鹰黑猪与杜长大三元杂交猪肉质相关指标的比较[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2016(11): 124-126.
- [9] 黄叶传, 李婷婷, 李凤. 高压结合热处理对滋味物质的影响[J]. 食品工业科技, 2017, 38(20): 58-61.
- [10] 门洪, 张晓婷, 丁力超, 等. 基于电子鼻/舌融合技术的白酒类别辨识[J]. 现代食品, 2016, 32(5): 283-288.
- [11] 贺羽, 王帅, 姚俊胜, 等. 基于电子鼻和电子舌分析不同酿造阶段柠檬果醋气、味差异[J]. 中国调味品, 2018, 43(12): 154-159.
- [12] 范佳利, 韩剑众, 田师一, 等. 基于电子舌的掺假牛乳的快速检测[J]. 中国食品学报, 2011(2): 202-208.
- [13] 潘见, 杨俊杰, 朱双杰, 等. 四种不同品种猪肉滋味成分差异研究[J]. 食品工业科技, 2015, 36(14): 161-164.
- [14] 顾伟刚, 张进杰, 辛梅, 等. 柱前衍生—反相高效液相色谱法测定不同方法煮制的猪肉及其汤汁中的游离氨基酸[J]. 色谱, 2011, 29(10): 1 041-1 045.
- [15] CHEN De-wei, ZHANG Min. Non-volatile taste active compounds in the meat of Chinese mitten crab (*Eriocheirs inensis*) [J]. Food Chemistry, 2007, 104(3): 1 200-1 205.
- [16] 孙亚伟, 张笑莹, 张晓红, 等. 新疆褐牛不同部位肌肉氨基酸组成及分析[J]. 新疆农业大学学报, 2010, 33(4): 299-302.
- [17] 李铁志, 王明, 雷激. 阿坝州半野血藏猪肉挥发性风味物质的研究[J]. 食品科技, 2015, 40(10): 124-130.
- [18] 付娜, 王锡昌. 滋味物质间相互作用的研究进展[J]. 食品科学, 2014, 35(1): 269-273.
- [19] TOLDRA F, ARISTOY M C, FLORES M. Contribution of muscle aminopeptidases to flavor development in dry-cured ham[J]. Food Research International, 2000, 33: 181-185.
- [20] 黄业传, 李洪军, 吴照民, 等. 不同部位荣昌猪肉中脂肪含量和脂肪酸组成对比[J]. 食品科学, 2011, 32(22): 216-222.
- [21] ROS-FREIXEDES R, REIXACH J, BOSCH L, et al. Genetic correlations of intramuscular fat content and fatty acid composition among muscles and with subcutaneous fat in Duroc pigs[J]. Journal of Animal Science, 2014, 92(12): 5 417-5 425.

(上接第 31 页)

- [4] 肖协忠, 王放, 贺英, 等. 烤烟致香成分与香气质量的相关性分析[J]. 中国烟草科学, 2008, 29(6): 1-6.
- [5] 郭华诚, 张月华, 李阳光, 等. 烟丝挥发性香味物质与卷烟感官质量的相关性研究[J]. 食品与机械, 2019, 35(1): 209-212.
- [6] 尧珍玉, 曾池, 施鸣, 等. 烟草中关键致香物质积累、降解及其对品质影响的研究进展[J]. 贵州农业科学, 2017, 45(5): 28-31.
- [7] 王玉珍, 高辉, 汪显国, 等. 薄板烘丝机不同水分调控模式对烟丝香味成分的影响[J]. 安徽农业科学, 2018, 46(8): 179-182.
- [8] 邵慧芳, 赵蓉蓉, 范磊, 等. 松散回潮回风温度对烟叶化学成分与中性致香物质的影响[J]. 中国农业科技导报, 2016, 18(6): 138-145.
- [9] 丁美宙, 熊安言, 马宇平, 等. 叶丝滚筒干燥工艺参数对卷烟香气风格的影响[J]. 烟草科技, 2015, 48(5): 74-79.
- [10] GOPALAM A, GOPALACHARI N C. Biochemical changes in leaf pigments and chemical constituents during flue-curing of tobacco[J]. Tob Ros, 1997(5): 113-117.
- [11] 贾志强, 任德志, 王红星. YJ19 型卷烟机烙铁温度控制方法的改进[J]. 烟草科技, 2004(10): 13-17.
- [12] 张鹏云, 李蓉, 李浩洋, 等. 顶空固相微萃取法和气相色谱法提取玛咖挥发性成分的比较[J]. 食品科技, 2018, 43(12): 321-327.
- [13] 姚渊, 杨序成, 侯娜. 顶空固相微萃取—气质联用法测定凤丹牡丹挥发油成分[J]. 农技服务, 2016, 33(14): 20-21.