

卤制液循环使用对扒鸡腿非挥发性和挥发性风味成分变化规律的影响

彭婷婷^{1,2}, 张春江^{1,3}, 黄峰¹, 张良¹, 张泓^{1,3}

(1. 中国农业科学院农产品加工研究所, 农业部农产品加工重点实验室, 北京 100193) (2. 扬州大学旅游烹饪学院, 江苏扬州 225127) (3. 中国农业科学院农产品加工研究所主食加工技术研究院, 黑龙江哈尔滨 151900)

摘要: 为探讨卤制液循环使用过程中扒鸡腿风味成分的变化规律, 本实验依次使用新卤制液和煮制 1 次到 5 次的卤制液分别煮制新鲜的鸡腿, 并用蒸馏水煮制作为对照组, 测定了其游离氨基酸 (FAA)、核苷酸、及挥发性风味物质的变化。结果表明: 随着卤制液循环使用次数的增加, FAA 含量呈增加趋势 ($p < 0.05$), 且每个阶段含量变化波动都比较大, 核苷酸含量也呈增加趋势 ($p < 0.05$), IMP 是扒鸡腿主要的呈鲜味核苷酸, 卤制液使用次数从 1 次到 6 次煮制的样品中及对照组样品, 分别鉴定出挥发性化合物 27 种、29 种、30 种、32 种、27 种、25 种和 15 种, 所鉴定的化合物主要来自鸡肉风味前体的热反应作用和香辛料挥发成分, 随着煮制次数增加, 峰离子流总面积呈先增加后降低趋势, 煮制 4 次后, 所检测出的主要风味化合物不仅种类多, 峰离子流总面积也最大, 感官评分煮制第 4 次和第 5 次后得分最高。本研究为扒鸡加工中的特征性风味的形成与调控提供理论基础。

关键词: 扒鸡腿; 卤制液; 非挥发性风味物质; 挥发性风味物质

文章编号: 1673-9078(2016)11-255-266

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2016.11.039

Changes of Non-volatile and Volatile Flavor Compounds in Braised Chicken Legs during the Reuse of Marinating Liquid

PENG Ting-ting^{1,2}, ZHANG Chun-jiang^{1,3}, HUANG Feng¹, ZHANG Liang¹, ZHANG Hong^{1,3}

(1. Institute of Food Science and Technology, Chinese Academy of Agricultural Sciences/Comprehensive Key Laboratory of Agro-products Processing, Ministry of Agriculture, Beijing 100193, China) (2. Tourism and Cuisine College of Yangzhou University, Yangzhou 225127, China) (3. Institute of Staple Food Processing Technology, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Harbin 151900, China)

Abstract: In order to explore the pattern of changes in flavor compounds from braised chicken legs during the reuse of marinating liquid, fresh chicken legs were braised in fresh marinating liquid and marinating liquids that had been reused between one and five times in this experiment, respectively, and a control group was cooked in distilled water. The changes in the levels of free amino acids (FAAs), nucleotides, and volatile flavor compounds were measured. With increasing number reuses of the marinating liquid, the content of FAAs showed an upward trend ($p < 0.05$), and large fluctuations were observed in each stage. The nucleotide content also showed an upward trend ($p < 0.05$), and inosine monophosphate (IMP) was the main tasty nucleotide in the braised chicken legs. Among the samples braised using the marinating liquids that were fresh or reused from one to five times and the control sample, 27, 29, 30, 32, 27, 25, and 15 types of volatile compounds were identified, respectively. The identified compounds were mainly produced from the thermal reaction of chicken flavor precursors and from volatile components of spices. With increasing number of marinating liquid reuses, the peak area of total ion current exhibited a downward trend after an initial increase. After the marinating liquid was reused four times, the mainly detected flavor compounds not only were of numerous types, but also had the largest peak area of total ion current. The highest sensory evaluation score was found after the marinating liquids were reused four and five times. These results provide a theoretical basis for the development and control of typical flavor compounds in the processing of braised chicken.

Key words: braised chicken leg; marinating liquid; non-volatile flavor compounds; volatile flavor compounds

收稿日期: 2015-12-02

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划项目 (2014BAD04B08); 国家农业科技创新工程

作者简介: 彭婷婷 (1989-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 营养与食品卫生学; 通讯作者: 张泓 (1958-), 男, 研究员, 研究方向: 传统食品加工与装备

德州扒鸡是德州传统的地方名吃, 至今已有三百年历史, 古有“德州一奇”, 今有“中华第一鸡”之誉。德州扒鸡以独特的调味配方与烹饪工艺造就了其肉质鲜嫩、香味醇厚的特点, 享誉海内外。风味是德州扒鸡重要的品质指标, 也是消费者选择的重要依据, 因此对扒鸡风味的研究至关重要。风味包括香味和滋味, 香味是由一些沸点较低的挥发性成分形成, 滋味主要包括游离氨基酸、核苷酸等成分^[1]。

目前关于扒鸡产品风味成分的分析主要集中在对扒鸡成品的研究, 田毅峰等对德州扒鸡风味物质进行了检测^[2], 段艳等对德州扒鸡进行了 GC-MS/GC-O 分析, 明确了德州扒鸡的特征风味物质^[3], 而对于扒鸡煮制过程风味变化的研究报道较少。卤制液是扒鸡煮制过程影响风味成分的最主要因素, 卤制液有新卤和老卤之分, 传统观念就认为老卤经过多次使用, 含有大量的含氮浸出物, 对产品风味具有较大贡献, 但其内在机理至今仍不清晰。

本文研究了卤制液不同煮制次数对扒鸡腿非挥发性风味成分和挥发性风味成分的影响, 通过测定扒鸡腿在不同煮制次数卤制液中煮制后游离氨基酸、核苷酸及挥发性风味物质的含量, 进而分析随着卤制液使用次数的增加, 扒鸡腿中非挥发性风味物质和挥发性风味物质的变化规律。

1 材料与amp;方法

1.1 材料与amp;仪器

三黄鸡鸡腿(160~170 g/只)、食盐、香辛料(桂皮、八角、陈皮、良姜、白芷、草果、陈皮、砂仁、豆蔻、丁香、草寇、小茴香、花椒、香叶、山柰和食盐), 均购买于北京市某大型超市。

美国 Waters 公司 ACCQ.Tag 氨基酸试剂包(包括 ACCQ.Tag 氨基酸分析柱, Nova-pak TMC18 (150 mm×3.9 mm, 4 μm), 专用衍生剂 ACCQ.Fluor Buffer 和 17 种氨基酸混合标准液); Agilent 1200 高效液相色谱仪, 美国 Agilent 公司; SPME 自动进样器和萃取头 (65 μm PDMS/DVB), 美国 Supelco 公司; 气相色谱-质谱联用仪 (GC-MS-QP2010 型), 日本岛津公司; 电子鼻 PEN3, 德国 AIRSENSE 公司; BS2SS 型电子分析天平, 北京赛多利斯计量仪器有限公司; 静态变压腌制机, 中国农业科学院农产品加工研究所传统食品加工与装备研究室研制^[4]。

1.2 样品制备

扒鸡加工工艺(参照某厂家提供方法):

原料→腌制→油炸→煮制→杀菌

根据扒鸡加工工艺, 对所有样品进行腌制(静态变压腌制 2 h)、上色(蜂蜜:水=1:3)以及油炸(160 °C~170 °C, 2 min)处理。预处理后的鸡腿进行煮制, 对照组使用蒸馏水煮制, 第 1 次使用新的卤制液煮制, 第 2 次煮制使用第 1 次煮制后的卤制液, 依此类推, 煮制到第 6 次, 卤制液循环使用, 煮制间隔 30 min, 煮制过程不添加新的卤制液, 每次煮制均用新鲜鸡腿, 煮制条件(95 °C、90 min, 扒鸡腿:卤制液=1:3)。煮制完成后立即随机剪取鸡腿固定部位作为分析样品, 卤制液留样(经 2 层纱布过滤)作为分析样品, 置于-20 °C 保存以备测定。

1.3 指标测定

1.3.1 游离氨基酸 (FAA) 测定

样品制备, 参考 Claudia^[5]的方法略有改变, 称取约 5 g 左右的肉样, 加入超纯水 10 mL, 18000 r/min 速度下匀浆 3 次, 加入 10 mL、5% 的三氯乙酸(TCA), 混合均匀, 10000 g 离心后用定性滤纸过滤, 滤液用 4 mol/L KOH 调至 pH 6.0, 后用超纯水定容至 25 mL。取 1 mL 用 0.45 μm 滤膜过滤, 取 30 μL 于离心管中, 加 50 μL 缓冲液, 在加入 20 μL 衍生剂, 震荡均匀, 放置 1 min, 与 55 °C 烘箱中放置 10 min, 取出后进样。汤汁混匀后, 1800 g 离心 5 min, 上清液用定性滤纸过滤, 滤液利用 0.45 μm 微孔滤膜过滤, 同肉样处理, 然后进入高效液相分析。

色谱条件, 色谱柱: Nova-pak TMC18 (150 mm×3.9 mm, 4 μm); 柱温: 37 °C; 紫外检测波长: 248 nm; 进样量: 10 μL^[6]。

1.3.2 核苷酸测定

样品制备, 参考 YoKo^[7]的方法略有改变, 精确称取约 5.0 g 样品置于 50 mL 塑料离心管中, 加入 10 mL 的 5% 预冷的高氯酸溶液, 高速均质后在 1800 g 离心 5 min, 取上清液转入离心管中, 沉淀在加入 10 mL 5% 高氯酸震荡 5 min, 离心, 合并上清液, 用 1 mol/L KOH 中和到 pH 6.5, 过滤至 50 mL 容量瓶中, 用超纯水定容, 摇匀, 滤液利用 0.45 μm 微孔滤膜过滤, 然后进入高效液相分析。

色谱条件, 色谱柱 Intersil ODS-3 (250 mm×4.6 mm), 温度 30 °C, 洗脱液(A)甲醇与(B)0.05%磷酸, 流速 1.0 mL/min。

1.3.3 滋味强度值与味精当量

滋味强度值 (taste activity value, TAV) 即该物质在样品中的含量与其本身阈值的比值。

味精物质当量 (Equivalent umami concentrations,

EUC), 为鲜味氨基酸和鲜味核苷酸协同作用所产生的鲜味强度相当于多少单一味精所产生的鲜味强度。味精物质的量是由日本科学家 Yamaguchi^[8]在大量感官实验的基础上所提出的, 其计算公式如下:

$$EUC = \sum a_i b_i + 1218 (\sum a_i b_i) (\sum a_j b_j)$$

式中, EUC: 味精物质的量 ($\times 10^{-2}$ g MSG/g); a_i : 鲜味氨基酸的含量 ($\times 10^{-2}$ g/g); b_i : 鲜味氨基酸相对于 MSG 的相对鲜度系数(Asp 为 0.077, Glu 为 1); a_j : 鲜味核苷酸的含量 ($\times 10^{-2}$ g/g); b_j : 鲜味核苷酸相对于 MSG 的相对鲜度系数(5'-IMP 为 1, 5'-GMP 为 2.3, 5'-AMP 为 0.18); 1218: 协同作用系数。

1.3.4 电子鼻检测

采用 PEN3 型便携式电子鼻, 电子鼻载气为空气, 流速为 300 mL/min。样品密封, 通过顶空抽样方式检测, 清洗时间 180 s, 归零时间 5 s, 样品测试时间为

60 s, 每个样品重复 3 次。

1.3.5 GC-MS 分析条件

气相色谱条件: 色谱柱为 HP-5MS 毛细管柱 (30 m \times 0.25 mm \times 0.25 μ m), 解吸温度为 280 $^{\circ}$ C, 解吸时间 5.0 min, 无分流模式进样。

升温程序: 柱子初温 40 $^{\circ}$ C, 等温保持 3 min, 以 5 $^{\circ}$ C/min 升温至 120 $^{\circ}$ C, 然后以 10 $^{\circ}$ C/min 升温至 230 $^{\circ}$ C, 保持 5 min, 载气为 He, 纯度 \geq 99.999%, 流速 1.0 mL/min。

质谱条件: 电离轰击 (EI) 离子源, 电子能量 70 eV, 接口温度 200 $^{\circ}$ C, 电子倍增电压 1753 V; 质量扫描范围 30~550 U; 扫描速率 1 scan/s。

1.3.6 感官评价

表 1 感官评价评分标准

Table 1 Sensory evaluation standards

| 评分项目 | 评分参考标准 | | | |
|--------|---------|-------|---------|--------|
| | 1~3 分 | 4~6 分 | 7~8 分 | 9~10 分 |
| 嫩度 | 较韧 | 不老不嫩 | 较嫩 | 非常嫩 |
| 色泽 | 肉色较差 | 肉色一般 | 肉色较正常 | 肉色正常 |
| 气味 | 香味太淡/太浓 | 香味一般 | 香味微浓/微淡 | 香味鲜浓 |
| 鲜味 | 不鲜 | 微鲜 | 较鲜 | 极鲜 |
| 咸味 | 非常咸/非常淡 | 较咸/较淡 | 微咸/微淡 | 咸味适中 |
| 总体可接受性 | 难以接受 | 勉强接受 | 可以接受 | 接受性非常高 |

由 20 名肉品实验室成员组成评定小组, 参照路立立等^[9]的方法稍加修改, 对扒鸡腿的嫩度、色泽、气味、鲜味、咸味和总体可接受性四个因素进行感官评定, 分为 4 个等级见表 1, 感官评定一个样品后, 间隔 10 min 后再评价下一个样品, 全部评价完后收集评定人员的评定表, 进行统计分析。

1.4 数据处理与统计分析

每组实验重复三次, 采用 SPSS 17.0 软件 (IBM 公司) 进行差异分析。测定结果以均值 \pm 标准差表示。实验数据采用 ANOVA 进行 Duncan's 差异分析, $p < 0.05$ 为显著, 用 Excel 及 Origin 8.6 作图。

2 结果与讨论

2.1 卤制液对扒鸡腿游离氨基酸含量的影响

表 2 扒鸡腿中游离氨基酸含量变化 ($\times 10^{-2}$ mg/g)

Table 2 Changes in the FAA content of braised chicken legs ($\times 10^{-2}$ mg/g)

| FAA | 煮制次数 | | | | |
|-----|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| | Control | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Asp | 11.04 \pm 2.97 ^d | 21.83 \pm 1.97 ^c | 22.60 \pm 1.59 ^c | 25.59 \pm 0.29 ^b | 28.41 \pm 1.44 ^{bc} |
| Ser | 20.24 \pm 0.88 ^b | 24.70 \pm 1.41 ^{ab} | 26.95 \pm 0.86 ^{ab} | 22.85 \pm 2.14 ^b | 24.57 \pm 1.27 ^{ab} |
| Glu | 26.08 \pm 0.50 ^d | 34.63 \pm 0.69 ^{cd} | 42.87 \pm 3.65 ^c | 40.72 \pm 2.38 ^c | 32.16 \pm 2.49 ^{cd} |
| Gly | 15.33 \pm 0.35 ^d | 14.80 \pm 1.26 ^c | 20.42 \pm 2.69 ^c | 21.42 \pm 1.96 ^{bc} | 22.09 \pm 3.82 ^{bc} |
| His | 10.73 \pm 0.15 ^d | 12.72 \pm 1.27 ^c | 14.18 \pm 1.10 ^c | 15.19 \pm 1.17 ^{bc} | 17.25 \pm 1.88 ^{bc} |
| Arg | 117.94 \pm 5.90 ^d | 132.3 \pm 3.58 ^c | 150.8 \pm 1.95 ^{ab} | 155.24 \pm 0.45 ^a | 144.42 \pm 3.72 ^b |
| Thr | 50.45 \pm 3.78 ^b | 49.72 \pm 0.79 ^c | 62.37 \pm 2.10 ^{ab} | 58.98 \pm 17.88 ^b | 63.48 \pm 6.90 ^{ab} |
| Ala | 16.22 \pm 0.24 ^c | 21.63 \pm 0.50 ^b | 31.42 \pm 1.42 ^a | 34.28 \pm 1.89 ^a | 31.18 \pm 9.48 ^a |

转下页

| 接上页 | | | | | |
|-------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Pro | 17.72±0.49 ^{dc} | 15.70±0.41 ^d | 19.23±1.14 ^c | 20.47±2.20 ^{bc} | 21.27±2.22 ^{bc} |
| Cys | 1.02±0.40 ^d | 1.55±0.40 ^d | 2.46±0.31 ^c | 2.50±0.11b ^c | 4.61±0.86 ^a |
| Tyr | 15.19±0.04 ^a | 11.38±0.83 ^b | 15.44±1.52 ^a | 15.16±1.49 ^a | 15.68±0.15 ^a |
| Val | 10.27±0.58 ^d | 14.27±0.37 ^c | 16.93±1.11 ^{bc} | 20.41±2.05 ^{ab} | 19.88±5.15 ^b |
| Met | 7.27±0.54 ^b | 8.57±0.53 ^b | 8.65±1.47 ^b | 10.07±0.99 ^a | 9.17±0.62 ^a |
| Lys | 22.56±0.92 ^d | 35.80±3.02 ^c | 49.87±0.31 ^b | 48.86±0.31 ^b | 47.49±4.17 ^b |
| Ile | 9.05±0.66 ^c | 9.14±0.03 ^c | 15.81±0.85 ^a | 16.52±1.45 ^a | 13.19±0.23 ^b |
| Leu | 16.92±0.88 ^{bc} | 15.52±0.13 ^c | 19.70±1.86 ^b | 20.57±1.52 ^b | 19.02±1.92 ^c |
| Phe | 7.69±1.15 ^d | 12.28±1.09 ^b | 12.09±1.3 ^b | 13.32±1.39 ^a | 11.02±0.6 ^c |
| Total | 375.71 | 436.55 | 536.29 | 542.15 | 524.87 |

| FAA | 煮制次数 | | 滋味阈值 ^[10] | 呈味特性 ^[10] |
|-------|---------------------------|--------------------------|----------------------|----------------------|
| | 5 | 6 | | |
| Asp | 33.28±4.04 ^{ab} | 41.83±10.99 ^a | 100 | 鲜 (+) |
| Ser | 26.85±6.11 ^{ab} | 32.47±5.43 ^a | 150 | 甜 (+) |
| Glu | 48.86±5.77 ^b | 62.14±9.68 ^a | 30 | 鲜 (+) |
| Gly | 29.32±4.23 ^a | 27.52±0.88 ^{ab} | 130 | 甜 (+) |
| His | 21.87±6.35 ^b | 29.40±1.79 ^a | 20 | 苦 (-) |
| Arg | 150.26±3.49 ^{ab} | 154.65±2.05 ^a | 50 | 甜/苦 (+) |
| Thr | 64.62±1.53 ^{ab} | 70.24±6.24 ^a | 260 | 苦 (-) |
| Ala | 36.46±0.49 ^a | 39.79±3.14 ^a | 60 | 甜 (+) |
| Pro | 24.83±1.49 ^a | 23.22±1.24 ^{ab} | 300 | 甜 (+) |
| Cys | 3.03±0.95 ^b | 1.98±0.19 ^d | - | 甜 (+) |
| Tyr | 16.9±1.21 ^a | 16.71±1.09 ^a | - | 苦 (-) |
| Val | 22.85±0.14 ^a | 23.72±1.80 ^a | 40 | 苦 (-) |
| Met | 9.82±1.77 ^a | 10.51±0.15 ^a | 30 | 苦 (-) |
| Lys | 56.20±2.93 ^a | 57.30±3.57 ^a | 50 | 苦/甜 (-) |
| Ile | 15.79±0.49 ^a | 17.18±1.40 ^a | 90 | 苦 (+) |
| Leu | 24.60±0.21 ^a | 27.11±0.33 ^a | 190 | 苦 (-) |
| Phe | 12.23±0.69 ^{ab} | 11.71±1.53 ^c | 90 | 苦 (-) |
| Total | 597.77 | 647.48 | | |

注：同行不同字母表示差异性显著 ($p < 0.05$)。

表3 卤制液中游离氨基酸总含量表 ($\times 10^{-2}$ mg/g)

Table 3 Total FAA content of marinating liquids ($\times 10^{-2}$ mg/g)

| FAA | 煮制次数 | | | | | | |
|-------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Control | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Total | 96.03 | 121.59 | 232.15 | 241.45 | 342.41 | 452.23 | 502.22 |

鸡肉中游离氨基酸是重要的呈味物质和香味前体物。表2为扒鸡腿中FAA的含量变化表。由表2可以看出，香辛料处理组（煮制1次）肉样中FAA总含量与对照组差异性显著 ($p < 0.05$)，说明添加的香辛料影响扒鸡腿中游离氨基酸的含量，与吴锁连^[11]研究相一致。

游离氨基酸的增加和降低取决于其形成和降解量的比率。由表2和表3可以看出随着煮制次数的增加，

扒鸡腿和卤制液中FAA的含量均呈上升的趋势，扒鸡腿中FAA含量增加，除了自身蛋白在蛋白水解酶、氨肽酶的作用下降解生成的游离氨基酸以外，还可能因为卤制液中大量游离氨基酸在高渗透压的作用下迁移到扒鸡腿中，或者可能因为随着卤制液中FAA含量的增加扒鸡腿中的FAA流失到汤汁中的逐渐减少。扒鸡腿中含量相对较高的游离氨基酸有Arg、Thr和Lys，随着煮制次数的增加，含量呈上升趋势。Asp和Glu

是扒鸡腿中主要的鲜味氨基酸,随着煮制次数的增加,其含量也呈上升趋势。

氨基酸对滋味的影响是十分复杂的,不仅跟原料自身所含的氨基酸的种类、含量有关,还跟每种氨基酸自身的阈值有关。依据滋味活性值 TAV>1 时有呈味贡献作用的原则,由表 2 可以看出, Glu、Arg 的 TAV 值大于 1,所以这两种氨基酸可能对扒鸡腿滋味起关键作用。Glu 为鲜味氨基酸,Arg 为无味氨基酸,虽

然本身没滋味,但是可以显著增加扒鸡腿滋味的复杂性。

本数据得出,每个阶段 FAA 含量变化波动都比较大,也证实卤制液不同使用次数对扒鸡腿滋味成分和滋味特性影响显著 ($p<0.05$),因此卤制液反复使用可以增加产品的滋味成分。

2.2 卤制液对扒鸡腿核苷酸含量的影响

表 4 扒鸡腿中呈味核苷酸含量变化 ($\times 10^{-2}$ mg/g)

| 核苷酸 | 煮制次数 | | | | |
|-------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | Control | 1 | 2 | 3 | 4 |
| AMP | 11.81±1.35 ^c | 10.45±0.26 ^d | 9.17±0.78 ^e | 10.38±0.14 ^d | 13.14±0.78 ^b |
| GMP | 4.01±0.09 ^e | 4.53±0.22 ^e | 5.92±0.17 ^d | 5.67±0.11 ^d | 8.18±0.25 ^c |
| IMP | 18.13±0.05 ^e | 19.51±0.12 ^e | 23.07±0.13 ^d | 24.90±0.06 ^e | 26.69±0.01 ^b |
| Total | 33.95 | 34.49 | 37.16 | 40.75 | 48.01 |

| 核苷酸 | 煮制次数 | | 滋味阈值 ^[10] | 呈味特性 ^[10] |
|-------|-------------------------|-------------------------|----------------------|----------------------|
| | 5 | 6 | | |
| AMP | 16.64±0.31 ^a | 11.77±0.46 ^c | 50 | 鲜/甜 (+) |
| GMP | 12.12±0.23 ^a | 10.64±0.28 ^b | 12.5 | 鲜 (+) |
| IMP | 26.79±0.04 ^b | 27.36±0.15 ^a | 25 | 鲜 (+) |
| Total | 55.55 | 49.77 | | |

注:同行不同字母表示差异性显著 ($p<0.05$)。

核苷酸及其关联化合物是影响肉制品滋味的另一种重要成分,表 4 显示了不同煮制次数扒鸡腿中呈味核苷酸含量的变化,由表 4 可以看出,随着煮制次数的增加,扒鸡腿中总的核苷酸含量除了第 6 次之外也是呈增加的趋势。第 6 次所以降低,原因可能是在第 6 次核苷酸降解为其它的风味物质, Maria Dermiki 曾报道^[12],呈味核苷酸产生和降解过程,在 5-磷酸二酯酶的作用下分解 RNA 形成核苷酸,核苷酸在磷酸单酯酶的作用下进一步分解为风味物质。

由表 4 还可以看出,随着煮制次数的增加,IMP 的含量呈逐渐增加的趋势 ($p<0.05$),煮制 4 次后增加速率降低,GMP、AMP 的含量在煮制前 5 次呈逐渐增加的趋势,但是在煮制第 6 次后呈下降趋势 ($p<0.05$),与吴锁连^[11]研究一致。因为畜禽类动物 ATP 的降解途径如下:ATP→ADP→AMP→IMP→HxR→Hx,此途径容易积累 IMP。随着煮制次数的增加,ADP 大量降解,使 AMP 含量显著增加,AMP 又大量降解为 IMP,IMP 同时也发生部分降解,生成其它风味化合物,因此 AMP 含量先增加后降低,IMP 含量先快速上升后缓慢上升趋势。

煮制 3 次后,IMP 滋味阈值>1,说明 IMP 是扒鸡

腿主要的呈鲜味核苷酸,其次含量较高的是 AMP,由于味感有相乘作用,即一种物质的味感会因另一种味感物的存在而显著增加。一定浓度的 AMP 与谷氨酸钠协同作用对肉制品鲜味具有贡献作用,并与 IMP 之间有协同作用,增加鲜味和甜味。因此风味核苷酸对扒鸡腿滋味成分有重要作用。

2.3 不同煮制次数扒鸡腿味精物质当量值

表 5 是将扒鸡腿煮制过程中的呈味氨基酸和呈味核苷酸之间的协同增鲜作用用 EUC 来表示。由表 5 可知,不同煮制次数中 EUC 的范围在 1.05×10^{-2} ~ 4.44×10^{-2} g MSG/g,随着煮制次数的增加,EUC 值也呈增加趋势。对照组中 EUC 含量最低,对照组中鲜味氨基酸和呈味核苷酸含量均最低,而 4 次以后鲜味氨基酸和呈味核苷酸(除 Glu 外)含量均高于第 3 次,但 EUC 煮制 3 次后却高于第 4 次,说明 Glu 对肉制品鲜味具有较强的作用,并且 Glu 滋味阈值也是最高的,与游离氨基酸研究结果相一致。MSG 的滋味阈值是 0.3 mg/mL,由表 5 可以看出扒鸡腿中 EUC 的 TAV 值范围在 35.03~148.00,说明扒鸡腿有强烈的鲜味。

表5 不同煮制次数扒鸡腿的味精物质当量 ($\times 10^{-2}$ g MSG/g)

Table 5 EUC of braised chicken legs ($\times 10^{-2}$ g MSG/g)

| EUC 参数 | 煮制次数 | | | | | | |
|--------|---------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| | Control | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Asp | 11.04 | 21.83 | 22.60 | 25.59 | 28.41 | 33.28 | 41.83 |
| Glu | 26.08 | 34.63 | 42.87 | 40.72 | 32.16 | 48.86 | 62.14 |
| AMP | 10.81 | 10.45 | 9.17 | 10.38 | 13.14 | 16.64 | 11.77 |
| GMP | 4.41 | 4.53 | 5.92 | 5.67 | 8.18 | 12.12 | 10.64 |
| IMP | 19.13 | 19.51 | 23.07 | 24.7 | 26.69 | 26.79 | 28.36 |
| EUC | 1.05 | 1.44 | 2.13 | 2.10 | 2.04 | 3.66 | 4.44 |
| TAV | 35.03 | 48.11 | 70.92 | 70.08 | 67.90 | 122.10 | 148.00 |

2.4 电子鼻检测结果

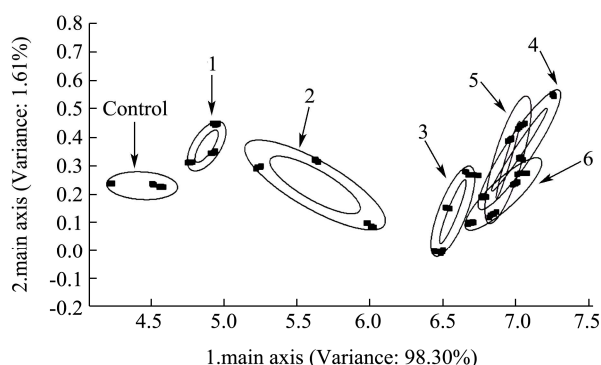


图1 不同煮制次数扒鸡腿电子鼻 PCA 分析结果

Fig.1 PCA plot of electronic nose data for braised chicken legs after different cooking times

图1为电子鼻所得到的扒鸡腿主成分得分图,可以看出,扒鸡腿第1主成分和第2主成分累计贡献率分别为99.91%,大于85%,说明两个主成分已经基本代表了样品的主要信息特征。由图1进一步可以看出,煮制4、5和6次的样品大部分区域重叠,说明样品之间风味差异不大,对照组、煮制1、2、3与4、5、6次之间在横坐标轴上距离较远,说明第1主成分差异较大,能够很好的用电子鼻区分,区分指数远大于80。应用电子鼻只能粗略反应不同样品风味之间存在差异,而其挥发性成分还需进一步研究。

2.5 GC-MS 结果分析

对卤制液使用不同次数煮制的扒鸡腿和卤制液中挥发性成分的种类和离子流峰面积进行比较,结果如表6所示。扒鸡腿煮制过程中可以检测出挥发性风味化合物总数为35种,其中包括醛类10种、醇类7种、醚类3种、呋喃类1种、酮类5种、脂类酚类各1种以及烃类7种;卤制液中可以检测出总的挥发性风味化合物种类为47种,其中包括醛类7种、醇类12种、醚类3种、呋喃类1种、酮类4种、脂类5种、酚类

2种、酸类1种、含硫化合物1种以及烃类11种。各煮制次数下相对含量较高的挥发性物质是醛、醇、醚、酚与类,含量相对较低的是酮、酯及呋喃类等其他物质,这与Hoa V B研究结果一致^[13]。

本实验加工过程中添加了15种香辛料,各种香辛料精油成分为醇类、酮类等,也包括一定量的芳香族及脂肪族的醇、醛、醚和酚类等化合物^[14]。各组鸡肉样品挥发性风味物质的变化是香辛料和鸡肉中挥发性风味前体物质共同作用的结果。可以看出,主要来源于香辛料的挥发性风味化合物随着煮制次数的增加,在卤制液中呈下降趋势,香辛料中挥发性化合物在煮制过程中不断释放出来,逐渐转移到鸡肉腿中,对应鸡肉中挥发性化合物随着煮制次数的增加,呈先升高后下降的趋势。主要来源于鸡肉风味前体的热反应作用的挥发性风味物质,在卤制液中大致呈上升趋势,因为随着煮制次数的增加,卤制液中可溶性物质含量逐渐增加,所以产生的风味物质逐渐增加,有些物质极易挥发或者在加工过程中发生还原和酯化反应生成其他物质,含量呈下降趋势,例如大部分醛类物质和少数醇类物质,对应肉样中风味物质变化规律一致。

不同煮制次数测定的扒鸡腿中挥发性化合物成分的种类存在很大差异,卤制液使用次数从1次到6次煮制的扒鸡腿样品及对照组中,分别鉴定出挥发性化合物27种、29种、30种、32种、27种、25种和15种,其中煮制4次种类最多为32种,对照组最少为15种,添加香辛料组与对照组相比,挥发性化合物种类显著增加,煮制3次比对照组挥发性风味化合物种类多1倍还要多,主要原因扒鸡腿在煮制过程中添加了多种香辛料,相应增多的挥发性成分的特种类主要是来自香辛料的含氧苯环衍生物等。对应卤制液中挥发性化合物的种类也不相同,煮制3次后检测出挥发性化合物种类最多为40种,其次煮制4次为39种,对照组最少为16种,挥发性化合物种类总体呈先上增加后减少的趋势,与扒鸡腿产品中结果相一致。

不同煮制次数扒鸡腿中挥发性化合物的含量也不相同。卤制液使用次数从1次到6次煮制的扒鸡腿样品及对照组中,检出总含量依次是258.73、286.16、302.58、322.3、320.4和281.13、75.8。随着煮制次数的增加,挥发性化合物总含量呈先升高后下降趋势,煮制4次后扒鸡腿中挥发性化合物总含量达到最高,同时可以看出卤制液中挥发性化合物的含量在不同煮制次数也发生了明显的变化,也呈先上升后下降的趋势,与扒鸡腿中挥发性化合物变化趋势相对应。

进一步分析可以看出,酯类物质在扒鸡腿和卤制液中种类差异较大。肉制品中酯类化合物主要产生于醇和酸的酯化作用,在肉样共检测到1种酯类化合物为香豆素,并且含量也相对较低,而在卤制液中检测出5种酯类化合物,因为扒鸡腿在加工过程中,脂肪

受热发生氧化和降解反应,产生大量游离脂肪酸,而游离脂肪酸容易流失到卤制液中,卤制液中的游离脂肪酸与醇类发生反应产生酯类^[15],但大部分酯类化合物含量均较低,所以迁移到扒鸡腿中更少,以至于低于检出限,所以在扒鸡腿中只检测到1种酯类化合物。

值得一提的是扒鸡腿煮制4次后检测出了萘,在卤制液中还检测到了1-甲基萘、2,3-二甲基萘、2,6-二甲基萘和1,8-二甲基萘,此类物质为芳香烃化合物,少量对扒鸡腿风味有贡献作用,但是长期食入萘超过限量标准对人体有一定的危害作用,且在卤制液中随着煮制次数的增加,总体含量呈增加趋势,因此卤制液反复使用可能对健康不利,具体影响有待进一步研究。

表6 扒鸡腿和卤制液中挥发性化合物组成

Table 6 Volatile compounds in braised chicken legs and marinating liquids

| 序号 | 化合物名称 | 扒鸡腿中挥发性化合物离子流峰面积 ($\times 10^5$) | | | | | | |
|-------|------------|------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | | Control | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 醛类化合物 | | | | | | | | |
| 1 | 己醛 | 13.60±0.37 | 8.26±0.17 | 7.66±0.14 | 7.18±0.29 | 6.35±0.14 | - | - |
| 2 | 辛醛 | 4.16±0.23 | 2.62±0.07 | 4.10±0.11 | 5.08±0.02 | 6.42±0.39 | 5.78±0.13 | 6.58±0.07 |
| 3 | 壬醛 | 18.99±0.71 | 16.38±0.49 | 19.38±0.42 | 22.63±0.92 | 27.62±1.52 | 24.63±0.98 | 21.89±1.87 |
| 4 | 反式-2-壬烯醛 | 6.31±1.40 | 6.07±1.74 | 7.17±0.78 | 7.92±0.66 | 9.35±0.21 | 8.86±1.08 | 9.78±0.69 |
| 5 | 苯甲醛 | 11.66±0.39 | 11.2±0.84 | 14.55±1.19 | 18.76±0.98 | 20.55±1.82 | 23.04±2.67 | 25.02±2.02 |
| 6 | 苯丙醛 | - | 1.34±0.05 | - | - | - | - | - |
| 7 | 2-甲氧基苯甲醛 | 0.80±0.23 | 2.38±0.29 | 1.73±0.40 | 1.55±0.45 | 1.41±0.22 | 1.74±0.09 | - |
| 8 | 大茴香醛 | - | 9.43±1.12 | 3.69±1.09 | 2.52±0.16 | 2.04±0.08 | 1.46±0.02 | 0.26±0.01 |
| 9 | 肉桂醛 | - | 12.98±1.25 | 8.52±0.07 | 9.30±0.13 | 10.95±1.43 | 10.8±2.98 | 8.15±0.83 |
| 10 | 肉豆蔻醛 | - | 11.58±1.12 | 12.96±0.97 | 20.06±0.21 | 24.21±1.41 | 19.10±2.01 | 5.50±1.92 |
| | 总量 | 55.52 | 82.24 | 89.76 | 95.00 | 108.90 | 95.41 | 77.18 |
| 醇类化合物 | | | | | | | | |
| 11 | 异戊醇 | - | - | - | - | - | - | - |
| 12 | 5-甲基-2-乙醇 | - | - | - | - | - | - | - |
| 13 | 茴香醇 | - | 0.98±0.01 | 1.07±0.14 | 1.12±0.61 | 1.30±0.01 | 1.35±0.06 | 1.01±0.09 |
| 14 | 1-辛烯-3-醇 | 1.56±0.04 | 2.58±0.12 | 2.81±0.37 | 2.36±0.28 | 2.73±0.35 | 2.52±0.67 | 2.60±0.93 |
| 15 | 庚醇 | - | - | - | - | - | - | - |
| 16 | 2,3-丁二醇 | - | - | - | - | - | - | - |
| 17 | 1-辛醇 | - | 3.82±0.69 | 3.66±0.43 | 2.10±0.10 | 3.07±0.67 | - | - |
| 18 | 里那醇 | - | 18.68±2.37 | 18.83±1.96 | 21.46±3.10 | 23.45±3.18 | 25.63±2.85 | 20.08±3.29 |
| 19 | 1-壬醇 | - | - | - | - | - | - | - |
| 20 | 松油醇 | - | 11.78±2.42 | 6.85±1.02 | 9.21±0.94 | 9.81±1.11 | 12.76±3.43 | 7.57±1.47 |
| 21 | 2,3-二甲基环己醇 | - | - | - | - | - | - | - |
| 22 | 2-十一烯醇 | - | - | - | - | 1.83±0.04 | - | - |
| 23 | 苯乙醇 | - | - | - | - | 0.86±0.09 | - | - |

转下页

接上页

| | | | | | | | | |
|--------|-------------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 24 | 氯化肉桂醇 | - | - | - | - | - | - | - |
| | 总量 | 1.56 | 37.84 | 33.22 | 36.25 | 43.05 | 42.26 | 31.26 |
| 醚类化合物 | | | | | | | | |
| 25 | 桉树脑 | - | 48.85±2.99 | 50.01±2.05 | 52.39±5.41 | 54.85±3.19 | 57.43±5.81 | 55.57±6.58 |
| 26 | 草蒿脑 | - | 1.55±0.06 | 2.13±0.54 | 2.06±1.15 | 1.06±0.11 | - | - |
| 27 | 茴香脑 | 2.54±0.94 | 22.24±2.91 | 17.53±2.43 | 19.26±0.15 | 12.18±1.89 | 15.29±2.72 | 12.82±3.65 |
| | 总量 | 2.54 | 72.64 | 69.67 | 73.71 | 68.09 | 72.72 | 68.39 |
| 呋喃类化合物 | | | | | | | | |
| 28 | 2-戊基呋喃 | - | - | - | 2.14±0.25 | 2.08±0.73 | - | - |
| | 总量 | 0 | 0 | 0 | 2.14 | 2.08 | 0 | 0 |
| 酮类化合物 | | | | | | | | |
| 29 | 3-羟基-2-丁酮 | - | - | - | - | - | 2.18±0.67 | 3.98±1.17 |
| 30 | 2,3-辛二酮 | - | - | 2.16±0.56 | 2.74±0.84 | - | - | - |
| 31 | 樟脑 | - | - | - | - | - | - | - |
| 32 | 2-十一酮 | - | - | - | - | - | - | - |
| 33 | 胡椒酮 | - | 0.81±0.09 | 0.80±0.01 | 0.85±0.11 | 0.83±0.05 | 0.80±0.05 | - |
| 34 | 香叶基丙酮 | - | 1.03±1.04 | 1.35±0.06 | 0.96±0.01 | 1.25±0.95 | 1.64±0.54 | 2.32±0.13 |
| 35 | 4-苯基-2-丁酮 | 0.97±0.01 | 1.78±0.11 | 1.98±0.06 | 2.10±0.32 | 2.25±0.06 | 2.58±1.04 | 3.35±1.07 |
| | 总量 | 0.97 | 3.62 | 6.29 | 6.65 | 4.33 | 7.20 | 9.65 |
| 酯类化合物 | | | | | | | | |
| 36 | 3-羟基丁酸乙酯 | - | - | - | - | - | - | - |
| 37 | 水杨酸甲酯 | - | - | - | - | - | - | - |
| 38 | 乙酸苯乙酯 | - | - | - | - | - | - | - |
| 39 | 香豆素 | - | 0.33±0.01 | 0.65±0.03 | 0.78±0.05 | 0.8±0.06 | 1.48±0.15 | 1.51±0.11 |
| 40 | 乙酸桂酯 | - | - | - | - | - | - | - |
| | 总量 | 0 | 0.33 | 0.65 | 0.78 | 0.80 | 1.48 | 1.51 |
| 酚类化合物 | | | | | | | | |
| 41 | 丁香香酚 | - | 50.79±4.73 | 61.59±2.98 | 66.73±5.27 | 72.31±6.78 | 80.92±6.35 | 70.05±7.10 |
| 42 | 对乙烯基愈创木酚 | - | - | - | - | - | - | - |
| | 总量 | 0 | 50.79 | 61.59 | 66.73 | 72.31 | 80.92 | 70.05 |
| 酸类化合物 | | | | | | | | |
| 43 | 己酸 | - | - | - | - | - | - | - |
| | 总量 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 含硫化合物 | | | | | | | | |
| 44 | 3-甲硫基丙醇 | - | - | - | - | - | - | - |
| | 总量 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 烃类化合物 | | | | | | | | |
| 45 | 十二烷 | 2.58±1.07 | - | 7.73±1.70 | 3.62±0.51 | 3.49±1.74 | 2.14±1.63 | 6.08±1.91 |
| 46 | 十四烷 | 2.06±0.66 | 2.29±0.27 | 2.61±0.58 | 2.82±0.93 | 2.96±0.53 | 2.87±0.15 | 3.36±1.05 |
| 47 | 1,2,4,5-四甲苯 | 2.04±0.56 | 2.24±0.97 | 2.96±1.15 | 2.94±0.68 | 3.06±0.97 | 3.24±1.45 | 2.83±1.07 |
| 48 | 十五烷 | 2.80±0.51 | 3.94±1.07 | 7.61±1.81 | 8.08±2.02 | 8.62±0.98 | 6.09±1.67 | 5.32±1.03 |
| 49 | 十六烷 | 3.91±1.12 | 2.80±1.01 | 2.89±0.9 | 2.63±0.67 | 2.50±0.93 | 3.29±0.58 | 3.37±1.25 |
| 50 | 十七烷 | 1.82±0.43 | - | 1.18±0.37 | 1.23±0.21 | 1.79±0.13 | 1.59±0.04 | 1.21±0.07 |

转下页

接上页

| | | | | | | | | |
|----|----------|-------|--------|--------|--------|-----------|-----------|-----------|
| 51 | 茶 | - | - | - | - | 0.32±0.27 | 0.39±0.62 | 0.92±0.73 |
| 52 | 1-甲基茶 | - | - | - | - | - | - | - |
| 53 | 1,3-二甲基茶 | - | - | - | - | - | - | - |
| 54 | 2,3-二甲基茶 | - | - | - | - | - | - | - |
| 55 | 2,6-二甲基茶 | - | - | - | - | - | - | - |
| | 总量 | 15.21 | 11.27 | 24.98 | 21.32 | 22.74 | 19.61 | 23.09 |
| | 总含量 | 75.8 | 258.73 | 286.16 | 302.58 | 322.30 | 320.40 | 281.13 |

| 序号 | 化合物名称 | 卤制液中挥发性化合物离子流峰面积 ($\times 10^5$) | | | | | | | |
|-------|------------|------------------------------------|------------|------------|------------|-------------|------------|------------|--|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
| 醛类化合物 | | | | | | | | | |
| 1 | 己醛 | 9.98±2.19 | - | - | - | - | - | - | |
| 2 | 辛醛 | 23.33±3.95 | 53.25±3.83 | 45.01±6.67 | 32.77±3.26 | 22.48±3.21 | 3.48±1.05 | 2.37±0.81 | |
| 3 | 壬醛 | - | - | - | - | - | - | - | |
| 4 | 反式-2-壬烯醛 | - | 5.97±0.94 | 3.17±1.78 | 2.72±0.96 | 4.95±1.11 | 4.86±1.28 | 5.18±1.09 | |
| 5 | 苯甲醛 | 4.07±1.81 | 9.43±2.18 | 8.03±1.83 | 6.43±2.42 | 4.93±2.24 | 4.03±1.09 | 3.57±1.38 | |
| 6 | 苯丙醛 | - | - | - | - | - | - | - | |
| 7 | 2-甲氧基苯甲醛 | - | - | - | - | - | - | - | |
| 8 | 大茴香醛 | - | 11.70±0.92 | 2.07±0.57 | 0.87±0.07 | 0.59±0.02 | - | - | |
| 9 | 肉桂醛 | - | 38.09±2.93 | 14.17±1.24 | 8.41±0.83 | 5.37±0.16 | 1.79±0.20 | 1.90±0.12 | |
| 10 | 肉豆蔻醛 | - | 35.01±3.83 | 21.08±0.17 | 18.32±0.21 | 16.21±1.41 | 8.10±0.01 | 3.78±0.02 | |
| | 总量 | 37.38 | 153.45 | 93.53 | 69.52 | 54.53 | 22.26 | 16.80 | |
| 醇类化合物 | | | | | | | | | |
| 11 | 异戊醇 | - | - | 75.21±3.57 | 62.31±4.25 | 45.85±1.99 | 17.72±3.60 | 26.60±7.36 | |
| 12 | 5-甲基-2-乙醇 | - | - | 1.35±0.21 | 2.77±0.62 | 5.53±1.08 | 8.59±1.41 | 4.54±4.59 | |
| 13 | 茴香醇 | - | - | - | - | - | - | - | |
| 14 | 1-辛烯-3-醇 | 1.69±0.19 | 1.83±0.31 | 2.29±0.35 | 3.05±0.27 | 3.11±0.21 | 3.38±0.49 | 4.05±0.37 | |
| 15 | 庚醇 | - | 4.68±1.37 | 5.48±1.18 | 3.93±1.39 | 0.86±0.07 | - | - | |
| 16 | 2,3-丁二醇 | - | - | - | 15.52±2.81 | 21.96±3.79 | 39.09±5.49 | 35.93±5.86 | |
| 17 | 1-辛醇 | 6.25±1.42 | 12.22±4.02 | 10.36±3.71 | 2.68±0.18 | 2.07±0.15 | 2.22±0.24 | 1.47±0.03 | |
| 18 | 里那醇 | - | 27.41±5.88 | 24.46±3.71 | 21.52±1.41 | 18.48±2.59 | 20.25±2.9 | 18.26±2.12 | |
| 19 | 1-壬醇 | 14.20±2.73 | 19.86±3.06 | 16.97±3.65 | 5.69±0.93 | 6.99±0.17 | 5.89±1.03 | 7.05±1.04 | |
| 20 | 松油醇 | - | 4.44±0.26 | 2.57±0.42 | 3.13±0.21 | 6.21±0.61 | 10.45±1.45 | 11.81±0.33 | |
| 21 | 2,3-二甲基环己醇 | 3.21±0.92 | 18.67±1.98 | 10.39±1.41 | 8.91±1.48 | - | - | - | |
| 22 | 2-十一烯醇 | - | - | - | - | - | - | - | |
| 23 | 苯乙醇 | - | 5.56±0.21 | 4.93±0.07 | 3.89±0.16 | 3.91±0.14 | 4.93±1.05 | 2.71±0.18 | |
| 24 | 氢化肉桂醇 | - | 4.96±0.16 | 1.70±0.29 | 1.41±0.28 | 1.35±0.11 | 1.65±0.10 | 1.68±0.07 | |
| | 总量 | 25.35 | 99.63 | 155.71 | 134.81 | 116.32 | 114.17 | 114.10 | |
| 醚类化合物 | | | | | | | | | |
| 25 | 桉树脑 | - | 51.48±2.96 | 17.95±0.23 | 13.63±2.03 | 18.59±2.46 | 22.58±1.39 | 13.33±3.81 | |
| 26 | 草蒿脑 | - | 4.74±0.16 | 2.36±0.13 | 2.03±0.07 | - | - | - | |
| 27 | 茴香脑 | 9.36±1.56 | 69.69±9.46 | 39.59±5.09 | 36.45±4.89 | 16.22±15.48 | 22.3±2.38 | 23.87±0.38 | |
| | 总量 | 9.36 | 125.91 | 59.85 | 52.11 | 34.81 | 44.88 | 37.13 | |

呋喃类化合物

转下页

接上页

| | | | | | | | | |
|-------|-------------|------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|-------------|
| 28 | 2-戊基呋喃 | 8.08±2.94 | 1.44±0.49 | 1.17±0.29 | 2.02±0.83 | 5.21±0.4 | 7.44±0.59 | - |
| | 总量 | 8.08 | 1.44 | 1.17 | 2.02 | 5.21 | 7.44 | 0 |
| 酮类化合物 | | | | | | | | |
| 29 | 3-羟基-2-丁酮 | - | 8.89±1.97 | 12.18±2.05 | 18.49±1.49 | 19.23±3.44 | 34.93±4.25 | 38.21±3.04 |
| 30 | 2,3-辛二酮 | - | - | - | - | - | - | - |
| 31 | 樟脑 | - | 3.69±0.37 | 3.92±0.21 | 3.16±0.23 | 3.58±0.93 | 4.25±0.18 | - |
| 32 | 2-十一酮 | - | - | - | 3.35±0.52 | 9.75±2.43 | 2.28±0.19 | 2.33±0.31 |
| 33 | 胡椒酮 | - | 1.73±0.15 | 1.30±0.20 | 1.24±0.16 | 1.13±0.18 | 1.17±0.15 | 1.10±0.13 |
| 34 | 香叶基丙酮 | - | - | - | - | - | - | - |
| 35 | 4-苯基-2-丁酮 | - | - | - | - | - | - | - |
| | 总量 | 0 | 14.31 | 17.4 | 26.24 | 33.69 | 42.63 | 41.64 |
| 酯类化合物 | | | | | | | | |
| 36 | 3-羟基丁酸乙酯 | - | - | - | - | - | - | 2.51±0.29 |
| 37 | 水杨酸甲酯 | - | - | 1.89±0.71 | 2.60±0.46 | 1.45±0.42 | 1.42±0.21 | 2.51±0.29 |
| 38 | 乙酸苯乙酯 | - | - | - | - | 2.00±0.2 | - | - |
| 39 | 香豆素 | - | 4.35±1.02 | 3.64±0.48 | 1.86±0.13 | 1.55±0.2 | 1.48±0.22 | 1.29±0.12 |
| 40 | 乙酸桂酯 | - | - | - | - | 4.28±1.06 | 2.38±0.98 | 0.80±0.01 |
| | 总量 | | 4.35 | 5.53 | 4.46 | 9.28 | 5.28 | 6.43 |
| 酚类化合物 | | | | | | | | |
| 41 | 丁香酚 | - | 351.66±19.69 | 144.48±6.98 | 125.99±23.87 | 122.27±20.68 | 115.78±13.62 | 135.92±6.19 |
| 42 | 对乙烯基愈创木酚 | - | - | 2.00±0.14 | 1.33±0.31 | 0.72±0.03 | 0.58±0.08 | 0.42±0.03 |
| | 总量 | 0 | 351.66 | 146.48 | 127.32 | 122.99 | 116.36 | 136.34 |
| 酸类化合物 | | | | | | | | |
| 43 | 己酸 | 0.38±0.60 | 0.53±0.01 | 0.98±0.18 | 1.35±0.09 | 0.62±0.08 | 0.56±0.11 | 1.02±0.14 |
| | 总量 | 0.38 | 0.53 | 0.98 | 1.35 | 0.62 | 0.56 | 1.02 |
| 含硫化合物 | | | | | | | | |
| 44 | 3-甲基硫基丙醇 | - | - | 1.72±0.03 | 1.94±0.09 | 2.68±0.09 | 1.68±0.21 | 1.80±0.26 |
| | 总量 | 0 | 0 | 1.72 | 1.94 | 2.68 | 1.68 | 1.80 |
| 烃类化合物 | | | | | | | | |
| 45 | 十二烷 | 13.97±1.66 | 23.38±2.6 | 11.25±1.11 | 24.44±1.71 | 25.27±0.66 | 31.24±1.86 | 33.08±3.54 |
| 46 | 十四烷 | 11.52±1.36 | 15.53±2.09 | 16.23±2.83 | 18.43±1.92 | 16.86±1.45 | 14.94±3.77 | 22.54±1.88 |
| 47 | 1,2,4,5-四甲苯 | 3.8±0.02 | 3.65±0.91 | 1.77±0.02 | 0.98±0.03 | - | - | - |
| 48 | 十五烷 | 4.47±0.04 | 3.96±0.2 | 3.18±0.41 | 4.83±0.29 | 6.46±0.66 | 5.88±0.29 | 5.81±1.92 |
| 49 | 十六烷 | 7.02±0.91 | 4.96±1.26 | 8.83±1.69 | 6.79±0.43 | 6.96±0.15 | 7.95±0.57 | 8.98±0.33 |
| 50 | 十七烷 | - | - | - | - | - | - | - |
| 51 | 萘 | 11.08±5.43 | 6.18±1.03 | 8.63±1.57 | 10.76±2.51 | 12.47±1.53 | 16.07±2.82 | 15.08±2.12 |
| 52 | 1-甲基萘 | - | 0.76±0.02 | 15.1±2.12 | 28.01±10.88 | 47.17±19.45 | 58.31±8.39 | 59.76±10.32 |
| 53 | 1,3-二甲基萘 | - | 2.17±0.15 | 1.75±0.12 | 4.11±0.61 | 0.91±0.11 | 1.22±0.29 | 1.69±0.92 |
| 54 | 2,3-二甲基萘 | - | - | - | - | 0.27±0.12 | 0.67±0.47 | 1.07±0.81 |
| 55 | 2,6-二甲基萘 | 1.99±0.03 | 1.76±0.13 | 1.52±0.62 | 0.97±0.33 | 0.83±0.18 | 0.43±0.61 | - |
| | 总量 | 53.85 | 62.35 | 68.26 | 99.32 | 117.20 | 136.70 | 148.01 |
| | 总含量 | 126.32 | 820.27 | 552.90 | 518.29 | 494.14 | 489.73 | 490.69 |

有些物质如3-羟基丁酸乙酯和乙酸桂酯只有在煮制多次后才出现,因为经过反复煮制,卤制液中的风味成分进一步加剧了脂类物质的氧化降解产生更多的风味物质,从而产生一些新的风味物质,但在肉样中未检测到,可能因为含量相对较低,转移到肉样中更少,低于检出限。本试验验证了老卤经过反复使用,对产品风味作用贡献较大。

总之,扒鸡腿中挥发性风味化合物随着煮制次数增加,峰离子流总面积呈先增加后降低趋势,煮制4次后,所检测出的主要风味化合物不仅种类多,峰离子流总面积也最大,所以具有较强的风味,煮制1次和2次鸡肉风味的热反应程度较低,香辛料释放的风味成分占主要部分,随着煮制次数增加,脂肪裂解反应程度加深,同时伴随着香辛料成分的释放,煮制5次和6次后峰离子流总面积有所降低,因为香辛料释放的风味成分几乎很少,与电子鼻检测结果相一致。说明卤制液反复卤煮使用,产品香味比单次使用要好,但也不是使用次数越多产品香味越好,煮制4次是一个转折点。

2.6 不同煮制次数扒鸡腿产品感官分析

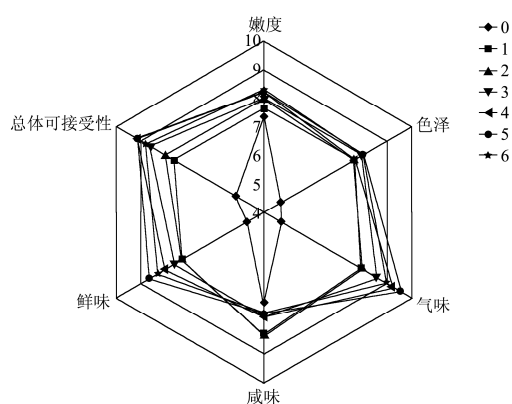


图2 不同卤制液煮制次数对扒鸡腿感官评价得分的影响

Fig.2 Sensory evaluation of braised chicken legs after different cooking times

图2为卤制液使用不同煮制次数对扒鸡腿产品感官评分的影响,由图2可以看出,不同煮制次数对扒鸡腿嫩度和色泽影响不大,感官评分均在7分到8分之间。对气味的影响较为显著,随着煮制次数的增加,扒鸡腿气味越来越鲜浓,说明产生的挥发性风味物质越来越多,煮制6次后感官评分稍有降低,与前面挥发性风味物质研究结果一致。鲜味的评分也是越来越高,但由图可以看出是煮制5次后的得分高于煮制6次后,与前面的计算EUC值结果并不一致,可能原因煮制6次后咸味逐渐变淡,影响鲜味的感官。产品的总体可接受性,煮制4次和5次后得分差别不大且

感官评价最高,与前面研究结果相一致。

3 结论

本文研究了卤制液使用不同煮制次数对扒鸡腿非挥发性风味成分和挥发性风味成分变化规律的影响,结果如下:

3.1 随着煮制液使用次数的增加,扒鸡腿中 FAA 和呈味核苷酸呈增加趋势,鲜味氨基酸 Asp、Glu、无味氨基酸 Arg 和呈味核苷酸 IMP 对扒鸡腿的滋味贡献显著。

3.2 卤制液使用次数从1次到6次煮制的扒鸡腿样品及对照组中,分别鉴定出挥发性化合物27种、29种、30种、32种、27种、25种和15种,含量呈先升高后降低的趋势,煮制4次后,所检测出的主要风味化合物不仅种类多,峰离子流总面积也最大,因此对扒鸡腿香味而言,煮制4次是一个转折点。

3.3 来源于香辛料的挥发性风味化合物随着煮制次数的增加,在卤制液中呈下降趋势。对应鸡肉中挥发性化合物随着煮制次数的增加,呈先升高后下降的趋势。来源于鸡肉风味前体的热反应作用的挥发性风味物质,在卤制液中大致呈上升趋势,大部分醛类物质和少数醇类物质,极易挥发或者在加工过程中发生还原、酯化反应生成其他物质,含量呈下降趋势,对应肉样中风味物质变化规律一致。

参考文献

- [1] Chiang P D, Yen C T, Mau J L. Non-volatile taste components of various broth cubes [J]. Food Chemistry, 2007, 101: 932-937
- [2] 田毅峰,张秀梅,赵倩,等.德州扒鸡风味物质分析及保鲜技术的研究[J].食品研究与开发,2013,34(22):46-48
TIAN Yi-feng, ZHANG Xiu-mei, ZHAO Qian, et al. Study on the flavor components and preservation technology of Dezhou braised chicken [J]. Food Research and Development, 2013, 34(22): 46-48
- [3] 段艳,郑福平,杨梦云,等.ASE-SAFE/GC-MS/GC-O 法分析德州扒鸡风味化合物[J].中国食品学报,2014,14(4):222-230
DUAN Yan, ZHENG Fu-ping, YANG Meng-yun, et al. Analysis on Volatile flavor compounds in Dezhou braised chicken by ASE-SAFE/GC-MS/GC-O [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2014, 14(4): 222-230
- [4] 郭昕,黄峰,张春江,等.静态变压腌制技术对猪肉品质的影响[J].中国农业科学,2015,48(11):2229-2240
GUO Xin, HUANG Feng, ZHANG Chun-jiang, et al. Effects

- of pressure varied static brining on pork quality [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2015, 48(11): 2229-2240
- [5] Claudia I, Pereira L, Juan A O, et al. Influence of heat treatment on carnosine, anserine and free amino acid composition of beef broth and its role in flavour development [J]. *European Food Research and Technology*, 2000, 210: 165-172
- [6] Ramon C M, Eloisa M. Revisitation of the phenylisothiocyanate-derivatives procedure for amino acid determination by HPLC-UV [J]. *Liquid Chromatography*, 2008, 31: 3817-3828
- [7] YoKo K, Naoko Y, Shigeru, et al. Taste-active components in the mantle muscle of the oval squid *Sepioteuthis lessoniana* and their effects on squid taste [J]. *Food Research International*, 2008, 41: 371-379
- [8] Yamaguchi S, Yoshikawa T, Ikeda S, et al. Measurement of the relative taste intensity of some L- α -aminoacids and 5'-nucleotides [J]. *Journal of Food Science*, 1971, 36(6): 846-849
- [9] 路立立, 胡宏海, 张春江, 等. 包装材料阻隔性对德州扒鸡的品质影响分析[J]. *现代食品科技*, 2014, 30(8): 194-200
LU Li-li, HU Hong-hai, ZHANG Chun-jiang, et al. Effect of barrier property of packaging material on the quality of Dezhou braised chicken [J]. *Modern Food Science and Technology*, 2014, 30(8): 194-200
- [10] 赵巧灵, 吴佳佳, 李春萍, 等. 3种鱿鱼的特征滋味成分分析与比较[J]. *中国食品学报*, 2014, 14(6): 244-250
ZHAO Qiao-ling, WU Jia-jia, LI Chun-ping, et al. Analysis and comparison on characterization of taste components in muscle of three species squids [J]. *Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology*, 2014, 14(6): 244-250
- [11] 吴锁链, 康杯彬, 王登峰, 等. 烧鸡加工过程中滋味成分变化研究[J]. *食品工业科技*, 2012, 33(19): 109-116
WU Suo-lian, KANG Bei-bin, WANG Deng-feng, et al. Study on changes of taste compounds of roast chicken during processing [J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2012, 33(19): 109-116
- [12] Maria D, Natalie P, Donald S M, et al. Contributions of non-volatile and volatile compounds to the umami taste and overall flavour of shiitake mushroom extracts and their application as flavour enhancers in cooked minced meat [J]. *Food Chemistry*, 2013, 141: 77-78
- [13] Hoa V B, Kyeong S R, Nguyen T K L, et al. Influence of particular breed on meat quality parameters, sensory characteristics and volatile components [J]. *Food Sci. Bio-technol.*, 2013, 22(3): 651-658
- [14] 章建浩, 周光宏, 朱建辉, 等. 金华火腿传统加工过程中游离氨基酸和风味物质的变化及其相关性[J]. *南京农业大学学报*, 2004, 27(4): 96-100
ZHANG Jian-hao, ZHOU Guang-hong, ZHU Jian-hui, et al. Changes of free-amino acid and volatile flavor compounds and its correlations in traditional processing of Jinhua ham [J]. *Journal of Nanjing Agricultural University*, 2004, 27(4): 96-100
- [15] Wang J M, Jin G F, Zhang W G, et al. Effect of curing salt content on lipid oxidation and volatile flavor compounds of dry-cured turkey ham [J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2012, 48(1): 102-106