

# 不同品种鹅肉理化特性及其风味物质的比较分析

张惠朋<sup>1,2,3</sup>, 林奕云<sup>2</sup>, 唐道邦<sup>1</sup>, 王治同<sup>3</sup>, 刘学铭<sup>1</sup>, 邹金浩<sup>1</sup>, 林耀盛<sup>1\*</sup>

(1. 广东省农业科学院蚕业与农产品加工研究所, 农业农村部功能食品重点实验室, 广东省农产品加工重点实验室, 广东广州 510610)(2. 广东省科学院测试分析研究所(中国广州分析测试中心), 广东省化学测量与应急检测技术重点实验室, 广东广州 510070)(3. 吉林农业大学食品科学与工程学院, 吉林长春 130118)

**摘要:** 选取广东主产区五个品种鹅(狮头鹅、马岗鹅、乌鬃鹅、白鹅和阳江鹅), 分别对其蛋白质、脂肪、水分、蒸煮损失率、质构等理化特性进行测定, 并采用固相微萃取-气相色谱-质谱(SPME-GC-MS)法对挥发性风味物质进行测定分析。结果表明, 5种鹅肉的各项理化特性指标间均存在显著差异( $P<0.05$ ), 74%的数据绝对值大于0.30, 适宜采用主成分分析进行综合评价, 通过理化特性的主成分分析提取了2个主成分表征原变量的88.48%的信息, 综合排名由高到低为马岗鹅、狮头鹅、阳江鹅、白鹅、乌鬃鹅。5种蒸煮鹅肉共检出61种挥发性物质, 其中醛类13种, 醇类11种, 烷烯炔类27种, 酮类5种, 芳香烃2种, 酯类1种, 其他类化合物2种, 共有的挥发性风味物质11种。狮头鹅和乌鬃鹅的风味物质最为丰富, 含量百分比分别为80.6%和73.77%; 尤其己醛、壬醛、庚醛这三种风味物质分别达到46.67%和45.52%, 醛类对广东品种鹅肉风味具有较大贡献。通过对不同品种鹅肉综合得分评价分析, 为不同品种鹅肉深加工提供理论依据。

**关键词:** 蒸煮鹅肉; 理化特性; 挥发性风味物质; 主成分分析

文章编号: 1673-9078(2023)08-237-246

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2023.8.0674

## Comparative Analysis of Physico-chemical Properties and Flavor

## Substances of Meats from Different Varieties of Geese

ZHANG Huipeng<sup>1,2,3</sup>, LIN Yiyun<sup>2</sup>, TANG Daobang<sup>1</sup>, WANG Zhitong<sup>3</sup>, LIU Xueming<sup>1</sup>, ZOU Jinhao<sup>1</sup>,  
LIN Yaosheng<sup>1\*</sup>

(1. Sericultural & Agri-Food Research Institute, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Key Laboratory of Functional Foods, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Guangdong Key Laboratory of Agricultural Products Processing, Guangzhou 510610, China) (2. Guangdong Provincial Key Laboratory of Chemical Measurement and Emergency Test Technology, Guangdong Academy of Sciences (China National Analytical Center), Guangzhou 510070, China) (3. School of Food Science and Engineering, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China)

**Abstract:** Five varieties of geese (Shitou geese, Magang geese, Wuzong geese, White geese and Yangjiang geese) from the main production areas of Guangdong were selected, and the physicochemical properties of their meats including protein content, fat content, moisture content, cooking loss rate and texture were determined. The volatile flavor compounds were determined and analyzed by SPME-GC-MS. The results showed significant differences ( $P<0.05$ ) in the physicochemical characteristics of the five kinds of goose meats, with 74% of the absolute values higher than 0.30, indicating the suitability of using principal component analysis for comprehensive evaluation. Through the principal

引文格式:

张惠朋, 林奕云, 唐道邦, 等. 不同品种鹅肉理化特性及其风味物质的比较分析[J]. 现代食品科技, 2023, 39(8): 237-246

ZHANG Huipeng, LIN Yiyun, TANG Daobang, et al. Comparative analysis of physico-chemical properties and flavor substances of meats from different varieties of geese [J]. Modern Food Science and Technology, 2023, 39(8): 237-246

收稿日期: 2022-05-27

基金项目: 广东省现代农业产业共性关键技术研发创新团队建设项目(2021KJ117; 2022KJ117); 国家自然科学基金项目(31972074); 广东省基础与应用基础研究基金项目(2019B1515210018); 揭阳市科技计划项目(Dzxny010)

作者简介: 张惠朋(1997-), 男, 硕士研究生, 研究方向: 畜禽加工, E-mail: coolpp1997@163.com; 共同第一作者: 林奕云(1988-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 检测分析, E-mail: linyiyun2006@163.com

通讯作者: 林耀盛(1985-), 男, 副研究员, 研究方向: 畜禽加工, E-mail: liny.s163@163.com

component analysis (PCA) of physico-chemical properties, 88.48% of the information of the original variables of two principal components was extracted, with the comprehensive ranking from high to low was: Magang geese, Shitou geese, Yangjiang geese, White geese, and Wuzong geese. A total of 61 kinds of volatile substances were detected in the five kinds of cooked goose meats, including 13 kinds of aldehydes, 11 kinds of alcohols, 27 kinds of alkenes, 5 kinds of ketones, 2 kinds of aromatic hydrocarbons, 1 kind of esters, and 2 kinds of other compounds. There were 11 kinds of volatile flavor substances in common. Shitou goose and Wuzong goose had the most abundant flavor substances, with their content percentages being 80.6% and 73.77%, respectively, in particular, the contents of three flavor substances, hexanal, nonanal and heptanal reached 46.67% and 45.52%, respectively. The aldehydes made greater contribution to the meat flavor of Guangdong goose varieties. The evaluation and analysis of the comprehensive scores of different varieties of geese provide a theoretical basis for the deep processing of meats from different goose varieties.

**Key words:** cooked goose meat; physical and chemical properties; volatile flavor compounds; principal component analysis

鹅是我国养殖规模十分庞大的一种家禽, 存栏量及屠宰量高居世界首位<sup>[1]</sup>, 而广东省具有全国最大的鹅养殖规模以及鹅肉食用量, 拥有马岗鹅、狮头鹅、阳江鹅、乌鬃鹅等品种种质资源。地方品种与国外培育的一些专用品种、品系相比, 具有适应性强、耐粗放管理、繁殖力高、肉质好等特点, 因其具有高蛋白、低脂肪、低胆固醇的特点, 广受消费者欢迎<sup>[2]</sup>。Geldenhuys 等<sup>[3]</sup>研究表明在家禽肉中, 与鸡肉鸭肉等相比, 鹅肉含有 3%~5% 的蛋白质, 且脂肪含量低于 2%~5%, 并且营养成分组成较为均衡, 品质更适合食用。Hamadani 等<sup>[4]</sup>比较了鹅肉、鸡肉和羊肉等畜禽的品质, 发现在整体接受度方面, 鹅肉拥有更大的市场空间。鹅肉的品质主要受其品种遗传<sup>[5]</sup>、饲养管理<sup>[6]</sup>、饲养时间<sup>[7]</sup>以及屠宰加工等多种因素的影响。

在鹅肉品质评价方面, 口感和风味品质是评价鹅肉制品感官品质的最重要指标, 近年来, 鹅肉品质的研究主要集中在鹅肉产品嫩度的工艺优化<sup>[8]</sup>、口感的改良<sup>[9]</sup>、风味的变化规律<sup>[10]</sup>等单一评价指标, 而目前蒸煮加工(如煮制、卤制)是肉制品加工中最主要加工方式方法, 但是鹅肉蒸煮加工方面尚缺乏专用的加工品种及生产标准化水平不高, 同时对鹅肉品质的综合评价方面研究报道较少, 尚未建立完善的鹅肉的品质评价方法和标准。

本文将广东本地同一养殖场、相同饲养龄的 5 个肉鹅品种(狮头鹅、马岗鹅、乌鬃鹅、阳江鹅和白鹅)作为实验对象, 对其营养成分、质构特性等主要指标进行测定, 利用固相微萃取-气相色谱-质谱(SPME-GC-MS)对不同品种蒸煮鹅肉的特征挥发性风味物质进行分析研究, 采用相关性分析以及主成分分析的方法, 对不同品种鹅肉进行综合的评价, 旨在完善地方品种鹅肉营养品质的数据, 为筛选鹅肉加工专用品种以及研究鹅肉加工适宜性提供理论参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

狮头鹅、马岗鹅、乌鬃鹅、白鹅、阳江鹅达到适龄宰杀期(2 年)进行宰杀, 购自广东省佛山市本地同一养殖场, 均为公鹅, 以相同饲养条件喂养。屠宰后从胴体上取下胸肉, 腿肉, 尽可能去除筋膜, 结缔组织和脂肪组织, 4 ℃成熟 24 h 后真空包装, 于 -20 ℃保存, 实验前于 -4 ℃解冻 24 h。

盐酸、硫酸、石油醚、氢氧化钠、硼酸均为分析纯。

### 1.2 仪器与设备

SOX416 型脂肪测定仪, 德国 Gerhardt 公司; K8400 型全自动凯氏定氮仪, 瑞典 FOSS ANALYTICAAB 公司; Ultra Scan VISX 型全自动色差仪, 美国 HunterLab 公司; PB-10 台式 pH 计, 北京赛多利斯科学仪器有限公司; 6890N/5975B 气相色谱-质谱联用仪, 美国安捷伦公司; TA-XT.PLUS 物性测定仪, 英国 StableMicroSystem 公司。

### 1.3 实验方法

#### 1.3.1 色泽的测定

采用 UltraScan VIS 色差仪对各品种生鹅肉的色泽进行测定, 重复三次, 记录其  $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$  值。

#### 1.3.2 质构特性的测定

质构测定前将生鹅肉切成长宽高为 10 mm×15 mm×10 mm 的小块, 采用质构仪 TPA 程序测定。P/50 探头; 测前速度 2.00 mm/sec, 测中速度 1.00 mm/sec, 测后速度 2.00 mm/sec, 间隔 5 s, 触发力 5 g, 压缩比 50%, 触发类型: Auto, 循环次数两次。测定指标为硬度、弹性、咀嚼性和黏聚性。每组实验至少进行三次重复。

### 1.3.3 pH值的测定

按照质量比 1:9 将生鹅肉与蒸馏水混合均质后, 使用 pH 计测定。

### 1.3.4 蒸煮损失率的测定

选取鹅左侧胸肉, 85 °C 于蒸煮袋中煮制至中心温度达到 75 °C 后取出测定蒸煮损失率。

### 1.3.5 主要成分的测定

蛋白质含量的测定参考《食品安全国家标准食品中蛋白质的测定-凯氏定氮法》GB 5009.5-2016。脂肪含量测定参照《食品中脂肪的测定-索式抽提法》GB 5009.6-2016。水分含量测定参照《食品中水分的测定-直接干燥法》GB 5009.3-2016。

### 1.3.6 挥发性风味物质的测定

样品处理: 将鹅胸肉去皮、去除可见脂肪, 清洗干净, 料水比为 1:1.25, 加盐 0.8% (质量分数, 以肉质量计), 置于聚乙烯塑料袋, 在 100 °C 下煮制 40 min, 每组样品设置三个平行。

萃取头: 50/30  $\mu\text{m}$  DVB/CAR/PDMS。

顶空固相萃取: 萃取头于温度 250 °C 下进行老化, 老化时间为 1 h。样品瓶于 50 °C 水浴锅平衡 10 min 后进行顶空萃取, 萃取时间为 30 min。

质谱条件: 色谱柱为 J&W DB-5MS UI 毛细管色谱柱 (30 m $\times$ 0.25 mm, 0.25  $\mu\text{m}$ ), 起始温度 60 °C, 升温速度 4 °C/min, 升至 260 °C 后保持 5 min。载气为高

纯氮气, 柱流量为 1.01 mL/min, 不分流。质谱检测器四级杆温度 150 °C, 电子轰击 (EI) 离子源, 电子能量 70 eV, 离子源温度 230 °C。化合物组成的分析结果以计算机 NIST11 谱库检索结果和人工谱图解析相结合的手段确定。质谱质量扫描范围 35~500 u。按面积归一化法进行定量, 结果以三组样品的平均数表示。

## 1.4 数据统计与分析

使用 Origin2019 进行主成分 (Principal Components Analysis, PCA) 分析; SPSS23 进行 ANOVA 差异显著性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同品种鹅肉主要理化特性分析

由表 1 可知, 5 种不同品种鹅肉蛋白质含量之间存在差异 (20.82%~25.22%), 狮头鹅、阳江鹅与马岗鹅的蛋白质含量相对较高。蛋白质含量是衡量肉类营养价值的一个重要指标, 肉类中的蛋白质功能特性以及含量与肉的品质关系密切<sup>[11]</sup>。马岗鹅的蛋白质含量为 23.92%, 与胡民强等<sup>[12]</sup>测定的马岗鹅蛋白质含量基本一致 (23.16%)。目前已知鹅肉蛋白质含量与鹅的饲养时间有关, 章杰等<sup>[13]</sup>研究发现, 随着饲养时间的延长, 四川白鹅的蛋白质含量呈总体先增加后减少的趋势。

表 1 5 种不同品种鹅肉理化特性分析

Table 1 Analysis results of physical and chemical properties in five kinds of goose meat

名称	狮头鹅	马岗鹅	乌鬃鹅	白鹅	阳江鹅
蛋白质/%	24.88 $\pm$ 1.63 <sup>a</sup>	23.92 $\pm$ 0.32 <sup>ab</sup>	20.82 $\pm$ 0.33 <sup>d</sup>	21.16 $\pm$ 0.12 <sup>bc</sup>	25.22 $\pm$ 0.43 <sup>a</sup>
脂肪/%	1.50 $\pm$ 0.05 <sup>b</sup>	2.30 $\pm$ 0.04 <sup>a</sup>	0.70 $\pm$ 0.01 <sup>cd</sup>	0.40 $\pm$ 0.01 <sup>d</sup>	1.10 $\pm$ 0.04 <sup>bc</sup>
水分/%	68.78 $\pm$ 1.35 <sup>bc</sup>	73.78 $\pm$ 0.69 <sup>a</sup>	66.82 $\pm$ 1.41 <sup>d</sup>	70.50 $\pm$ 0.83 <sup>b</sup>	69.53 $\pm$ 1.82 <sup>c</sup>
蒸煮损失/%	36.69 $\pm$ 1.83 <sup>a</sup>	34.03 $\pm$ 0.99 <sup>bc</sup>	30.85 $\pm$ 1.16 <sup>d</sup>	32.95 $\pm$ 0.98 <sup>cd</sup>	35.75 $\pm$ 0.62 <sup>ab</sup>
pH 值	5.78 $\pm$ 0.06 <sup>c</sup>	6.10 $\pm$ 0.12 <sup>a</sup>	6.27 $\pm$ 0.13 <sup>a</sup>	6.17 $\pm$ 0.06 <sup>a</sup>	6.04 $\pm$ 0.22 <sup>b</sup>
L*	34.03 $\pm$ 0.43 <sup>bc</sup>	41.69 $\pm$ 1.06 <sup>a</sup>	31.02 $\pm$ 0.14 <sup>d</sup>	38.77 $\pm$ 1.08 <sup>ab</sup>	34.83 $\pm$ 1.17 <sup>bc</sup>
a*	13.80 $\pm$ 0.61 <sup>b</sup>	13.62 $\pm$ 1.96 <sup>c</sup>	12.37 $\pm$ 1.48 <sup>d</sup>	11.72 $\pm$ 0.85 <sup>e</sup>	13.85 $\pm$ 0.23 <sup>a</sup>
b*	7.74 $\pm$ 1.02 <sup>b</sup>	11.84 $\pm$ 2.88 <sup>a</sup>	8.45 $\pm$ 0.45 <sup>b</sup>	9.11 $\pm$ 1.04 <sup>ab</sup>	9.07 $\pm$ 0.84 <sup>ab</sup>

注: 同行中不同小写字母表示差异显著 ( $P<0.05$ )。下表同。

五个品种鹅肉脂肪含量之间存在着显著差异 ( $P<0.05$ ), 马岗鹅的脂肪含量显著高于其他品种 ( $P<0.05$ ), 这说明品种是影响脂肪含量的重要因素。脂肪与肉类的感官特征有密切的关系, 含量的增加对改善肉的品质有重要的影响<sup>[14]</sup>。已有的研究表明, 在一定时间内随着饲养时间的增长, 脂肪含量也会相应增加<sup>[15]</sup>, 其原因是三酰基甘油含量的增加, 但当达到一定时间后生物体对三酰基甘油的代谢能力下降, 不能有效的储存从而会造成脂肪含量的降低<sup>[16]</sup>。

肌肉中的水分包括自由水、不易流动水、结合水, 水分含量会影响肉制品的多汁性和嫩度<sup>[17]</sup>, 而水分含量取决于肌肉对不易流动水的保持能力<sup>[18]</sup>, 马岗鹅水分含量与其他四种之间存在显著差异 ( $P<0.05$ ), 5 种鹅肉水分平均值接近 70%, 这与杨华等<sup>[19]</sup>测定的朗德鹅水分含量接近。

蒸煮损失是肉在加热过程中体积变小重量变轻的一种现象, 也是评价肉保水性的重要指标。乌鬃鹅有着 5 种鹅肉中最低的损失率, 其与马岗鹅以及白

鹅差异并不显著 ( $P>0.05$ ), 但是与狮头鹅和阳江鹅差异显著 ( $P<0.05$ ), 但 5 种鹅肉的蒸煮损失率均超过了 30%, 可能是在成熟过程中, 连接组织中的胶原质会形成具有强收缩力的三维网状结构, 阻止蛋白质的延展, 减少蛋白质与自由水作用的表面积, 在屠宰后由于乳酸的积累, 导致肉的 pH 降低, 引起蛋白质的变性, 细胞骨架收缩产生间隙而造成汁液流失, 进而造成蒸煮损失的提高<sup>[13]</sup>。

狮头鹅的 pH 值最低, 且与其他品种差异显著 ( $P<0.05$ )。马岗鹅、乌鬃鹅和白鹅之间的 pH 值接近 ( $P>0.05$ )。pH 值反映了屠宰后肌肉糖酵解的状态和水平, 其原理为糖原在无氧条件下酵解产生乳酸进而降低 pH 值<sup>[20]</sup>。Wen 等<sup>[21]</sup>研究表明, 散养比大规模养殖的家禽肌肉 pH 值的下降速度更快。韩明升等<sup>[22]</sup>研究表明, 低 pH 值肌肉有着较高的蒸煮损失率, 这与本研究的结果相一致。总体上 5 种鹅肉的 pH 值均处在一个正常禽肉 pH 值范围内<sup>[23]</sup>。

肉的颜色是对肉最直接的评价标准, 也是消费者购买最直接的依据<sup>[24]</sup>。本文中, 马岗鹅的  $L^*$  值最高, 达到了 41.69, 与狮头鹅、乌鬃鹅、阳江鹅差异性显著 ( $P<0.05$ ); 马岗鹅的  $b^*$  值是 5 种鹅肉中最高的, 达到了 11.84, 但与白鹅以及阳江鹅差异性并不显著 ( $P>0.05$ ); 阳江鹅的  $a^*$  值显著高于其他四个品种 ( $P<0.05$ )。肉的颜色主要取决于肉中还原型肌红蛋白、氧合型肌红蛋白和高铁肌红蛋白三者比例<sup>[25]</sup>。本文中 5 种鹅肉亮度值 ( $L^*$ ) 总体差异较大, 但都保持在 31.02~41.69 内, 属于正常范围; 红度值 ( $a^*$ ) 可以在一定程度反映肌红蛋白的含量, 5 种鹅肉的红度差异较为显著, 狮头鹅与阳江鹅的红度值 ( $a^*$ ) 较高, 可能是两个品种肌红蛋白的积累速度较快<sup>[26]</sup>。在屠宰后, 首先由于肉在空气中暴露, 肌红蛋白与  $O_2$  发生结合而使肉呈现鲜红的颜色, 但随着时间的推移, 肉会

逐渐变成棕黄或褐色。本研究中, 5 种鹅肉的颜色值 ( $b^*$ ) 在 7.74~11.84 之间, 马岗鹅与狮头鹅、乌鬃鹅的颜色值 ( $b^*$ ) 差异显著 ( $P<0.05$ )。

## 2.2 不同品种鹅肉质构特性的比较分析

质构特性是能直接反映禽肉质地的一个重要指标<sup>[27]</sup>。5 种鹅肉质构之间存在显著差异 ( $P<0.05$ ), 其中狮头鹅的硬度 (2 251.35)、弹性 (0.82)、内聚性 (0.68)、咀嚼性 (1 586.24) 显著高于其他四个品种 ( $P<0.05$ )。马岗鹅和阳江鹅的硬度并无显著差异 ( $P>0.05$ ), 但二者硬度显著高于乌鬃鹅和白鹅, 乌鬃鹅和白鹅的硬度之间没有显著性差异 ( $P>0.05$ )。狮头鹅的内聚性与其他四个品种存在显著差异 ( $P<0.05$ ), 乌鬃鹅与马岗鹅在内聚性方面无显著差异 ( $P>0.05$ ), 白鹅的内聚性最低, 但与阳江鹅不存在显著差异 ( $P>0.05$ )。在弹性方面, 五个品种之间的总体差异较为显著 ( $P<0.05$ ), 狮头鹅以 0.82 显著高于马岗鹅、乌鬃鹅以及白鹅 ( $P<0.05$ ), 而其他品种之间的弹性水平接近, 并无显著差异 ( $P>0.05$ )。5 种鹅肉之间的咀嚼性存在显著差异 ( $P<0.05$ ), 白鹅显著小于其他四种, 仅为 608.95。本研究中, 狮头鹅具有最高的咀嚼性 (1 586.24), 一般咀嚼性与蒸煮损失率之间存在正相关关系, 这符合本文的测定结果, 同时可以说明狮头鹅肌肉可能较为紧致<sup>[28]</sup>。白鹅具有相对较低的质构数值, 这可能是由于白鹅的肌原纤维蛋白增长的相对较慢和白鹅品种肉质较嫩的原因。还有研究表示肌肉的质地会随着体重和生长时间变化, 肌肉结缔组织随着成熟交联程度增加, 肌纤维直径增大, 肌纤维密度减小, 胶原蛋白溶解度及对酶的敏感性下降, 不同品种的鹅体重随着生长时间变化规律不同, 肌肉质地也会随之不同<sup>[29]</sup>。

表 2 5 个不同品种鹅肉质构特性分析

Table 2 Analysis of texture characteristics of five kinds of goose

名称	狮头鹅	马岗鹅	乌鬃鹅	白鹅	阳江鹅
硬度/g	2 251.35±105.81 <sup>a</sup>	1 678.58±86.78 <sup>b</sup>	1 103.25±201.56 <sup>c</sup>	987.41±78.68 <sup>c</sup>	1 806.82±134.21 <sup>b</sup>
内聚性	0.68±0.04 <sup>a</sup>	0.57±0.07 <sup>bc</sup>	0.60±0.03 <sup>b</sup>	0.51±0.01 <sup>c</sup>	0.55±0.10 <sup>c</sup>
弹性	0.82±0.13 <sup>a</sup>	0.70±0.21 <sup>b</sup>	0.72±0.18 <sup>b</sup>	0.71±0.11 <sup>b</sup>	0.75±0.24 <sup>ab</sup>
咀嚼性/g	1 586.24±52.38 <sup>a</sup>	687.47±51.25 <sup>c</sup>	625.22±43.10 <sup>cd</sup>	608.95±78.66 <sup>d</sup>	1 400.18±82.32 <sup>b</sup>

## 2.3 不同品种鹅肉挥发性风味物质的比较分析

挥发性风味物质是影响鹅肉食用品质的重要因素<sup>[30]</sup>。5 种鹅肉共检出风味物质 61 种, 其中醛类 13 种, 醇类 11 种, 烷烃类 27 种, 酮类 5 种, 芳香烃 2 种, 酯类 1 种, 其他类化合物 2 种。其中狮头鹅

和乌鬃鹅风味物质含量百分分别为 80.6%和 73.77%, 共有检出的风味种类最多, 为 17 种, 尤其己醛、壬醛、庚醛这三种风味物质分别达到 46.67%和 45.52%, 醛类物质对广东品种鹅肉风味具有较大贡献, 之前在新疆鹅肉的风味研究中发现了 15 种醛类物质, 这与本文所检出种类的结果接近<sup>[31]</sup>。5 种鹅肉共同包含 11 种挥

发性风味物质，分别为醛类：己醛、庚醛、辛醛、壬醛、癸醛；烷烃类：十二烷、十三烷、十四烷、十五烷、十六烷以及甲氧基苯酚，这些物质是构成鹅肉香气的重要成分。

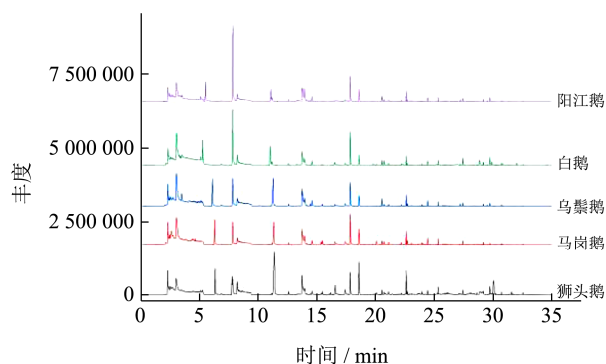


图1 不同品种鹅肉总离子流图

Fig.1 Total ion current map of different breeds of goose

醛类物质主要来源于多不饱和和脂肪酸的双键氧化，且感受阈值较低，是肉类脂肪加热时的特征风味物质，并可以使肉的整体风味更加醇厚协调<sup>[32,33]</sup>，在5种鹅肉的挥发性风味物质当中，醛类所占比例均是

最大，是鹅肉特有的风味成分。狮头鹅的己醛含量最高，占30.33%，而其他四种鹅肉的醛含量均大于20%，5种鹅肉的壬醛含量在8.15%~16.91%范围内，含量也相对较高，因此可以认为醛类是这5种鹅肉的主要呈味物质<sup>[34]</sup>。己醛则会呈现清香、木质香气；而芳香醛则具有坚果香气，辛醛具有较强的水果香气<sup>[35]</sup>。

5种鹅肉中共检出27种烷烃类物质，是醛类以外含量第二多的物质，这与黄可等<sup>[36]</sup>关于天府白鹅风味物质研究结果一致。烃类化合物的来源主要有脂肪的氧化和部分脂肪酸的降解，烷烃类挥发性风味物质具有较低的沸点和较差的气味，同时感受阈值偏高，对肉的风味贡献相对较小<sup>[37,38]</sup>。

酮类、醇类物质通常来自于脂肪酸的氧化分解，通常不饱和醇类具有果香，对肉的整体风味具有一定的贡献，阳江鹅肉中检出的1-辛烯-3-醇主要来自于亚油酸的氧化，带有一定的清新香气<sup>[39]</sup>；而饱和醇对肉的整体风味无显著影响<sup>[40]</sup>。以往的研究发现2-庚酮可以通过美拉德反应生成，并且认为酮类对肉腥味具有一定的减弱效果<sup>[41]</sup>。

表3 5个不同品种鹅肉中的挥发性风味物质GC-MS分析

Table 3 GC-MS analysis of volatile flavor compounds in five kinds of goose

种类	保留时间/min	名称	相对含量/%				
			狮头鹅	马岗鹅	乌鬃鹅	白鹅	阳江鹅
醇类	2.473	氨基丙醇	3.02	2.02	1.32	1.66	2.56
	4.537	环丁醇	1.33	1.52	4.05	1.61	0.11
	6.866	正戊醇	0.35	0.35	0.23	0.67	0.35
	6.869	异戊醇	0.23	0.15	0.25	0.12	0.59
	10.065	正己醇	0.23	0.42	0.24	0.35	0.25
	13.793	1-辛烯-3-醇	2.56	3.54	2.64	4.23	5.79
	15.373	异辛醇	0.79	0.35	0.51	0.66	0.47
	16.641	反式-2-辛烯醇	0.25	0.25	0.51	0.28	0.14
	16.743	辛醇	0.21	0.34	0.55	0.30	0.24
	19.811	2-壬烯-1-醇	0.20	0.22	0.14	0.19	0.25
20.087	DL-薄荷醇	2.04	0.87	0.24	0.41	0.11	
醛类	5.096	缬草醛	2.94	1.56	1.64	0.67	1.75
	7.853	己醛	30.33	24.16	25.76	26.97	20.46
	11.174	庚醛	2.25	2.04	2.85	2.28	1.11
	13.306	苯甲醛	0.25	0.21	0.51	0.35	0.62
	14.587	辛醛	0.60	0.40	0.59	0.89	1.35
	16.398	反式-2-十二烯醛	0.31	0.24	0.35	0.41	0.21
	17.848	壬醛	14.09	10.49	16.91	8.96	8.15
	17.849	硬脂烷醛	0.21	0.25	0.34	0.42	0.12
	20.737	癸醛	1.40	1.55	0.57	0.36	0.21
	23.131	反,反-2,4-癸二烯醛	0.14	0.21	0.24	0.17	0.15
24.630	十二醛	0.02	0.03	0.05	0.08	0.09	

续表 3

种类	保留时间/min	名称	相对含量/%				
			狮头鹅	马岗鹅	乌鬃鹅	白鹅	阳江鹅
	25.965	三癸醛	0.16	0.61	0.45	0.38	0.48
	29.765	桃醛	0.91	0.10	0.41	0.97	0.62
	2.766	正戊烷	5.88	4.33	5.20	3.28	4.82
	7.766	辛烷	1.64	1.33	2.04	1.89	1.35
	10.074	甲基环戊烷	0.18	0.27	0.15	0.42	0.17
	10.862	1,3,5,7-环辛四烯	0.41	0.22	0.38	0.54	0.25
	14.451	癸烷	0.24	0.27	0.20	0.18	0.28
	15.469	d-柠檬烯	0.60	0.41	0.57	0.58	0.64
	15.473	双戊烯	0.25	0.31	0.25	0.24	0.26
	15.856	二十七烷	0.24	0.14	0.25	0.24	0.25
	16.215	2,6,10-三甲基十二烷	0.10	0.14	0.11	0.15	0.21
	17.633	2,6,11-三甲基十二烷	0.21	0.14	0.26	0.12	0.22
	20.557	十二烷	0.29	0.39	0.78	0.71	0.96
	22.201	二十烷	0.16	ND	ND	ND	ND
	22.251	4,7-二甲基-十一烷	0.37	ND	ND	ND	ND
烷烯烃类	22.275	8-甲基十七烷	0.28	0.21	ND	ND	ND
	22.332	2,3,6-三甲基癸烷	ND	ND	0.14	ND	0.31
	22.719	十三烷	0.29	0.59	0.14	0.24	0.27
	23.097	3,3-二甲基己烷	ND	ND	0.24	ND	ND
	23.859	十九烷	0.22	0.19	0.45	0.21	0.15
	24.453	十四烷	0.39	0.80	0.58	0.49	0.54
	25.755	二十一烷	ND	ND	0.11	ND	ND
	25.768	10-甲基十九烷	ND	0.11	ND	ND	ND
	25.930	十五烷	0.14	0.16	0.08	0.11	0.13
	27.241	十六烷	0.21	0.21	0.25	0.38	0.22
	28.434	十七烷	0.05	0.10	0.07	0.06	0.08
	29.546	十八烷	0.15	0.11	0.21	0.18	0.16
	29.766	1,2-环氧十八烷	0.14	0.28	0.19	0.15	0.16
	29.793	环十四烷	0.23	0.24	0.21	0.25	0.05
	7.902	异戊基丙酮	0.10	0.22	0.15	0.17	0.24
	10.747	2-庚酮	1.25	1.38	1.23	1.25	1.56
酮类	13.954	2,3-辛二酮	3.28	2.66	1.16	1.35	4.20
	13.961	2,5-辛二酮	1.25	1.42	0.09	5.15	8.31
	23.996	香叶基丙酮	0.15	0.21	0.14	0.12	0.32
芳香烃类	6.867	甲苯	0.30	0.17	0.38	0.59	0.49
	10.103	邻二甲苯	0.25	0.60	0.36	0.54	0.25
酯类	2.625	氨基甲酸甲酯	1.22	2.12	1.42	1.35	3.16
其他	6.196	甲氧基苯胺	5.07	3.04	9.02	4.84	5.93
	14.143	2-正戊基咪喃	1.19	1.33	1.26	3.22	0.62

注: ND 代表未检出。

表 4 5 个不同品种鹅肉主要营养成分相关性分析

Table 4 Correlation analysis of nutritional quality in five different varieties of goose

指标	蛋白质	pH	水分	蒸煮损失率	脂肪	硬度	黏聚性	弹性	咀嚼性	$L^*$	$a^*$	$b^*$
蛋白质	1											
pH	-0.647	1										
水分	0.285	0.261	1									
蒸煮损失率	0.924*	-0.839	0.210	1								
脂肪	0.670	-0.122	0.668	0.476	1							
硬度	0.923*	-0.796	0.111	0.900*	0.663	1						
黏聚性	0.369	-0.655	-0.375	0.384	0.343	0.687	1					
弹性	0.583	-0.966**	-0.435	0.728	0.098	0.784	0.792	1				
咀嚼性	0.830	-0.910*	-0.246	0.886*	0.239	0.875	0.579	0.902*	1			
$L^*$	0.133	0.264	0.966**	0.145	0.479	-0.033	-0.480	-0.469	-0.330	1		
$a^*$	0.946*	-0.519	0.241	0.779	0.786	0.917*	0.504	0.525	0.742	0.032	1	
$b^*$	0.089	0.589	0.907*	-0.113	0.632	-0.103	-0.447	-0.683	-0.481	0.826	0.154	1

注: \*表示显著相关 ( $P<0.05$ ), \*\*表示极显著相关 ( $P<0.01$ )。

表 5 5 个不同品种鹅肉营养品质标准化分析

Table 5 Standardized analysis of main components of five varieties of goose

品种	蛋白质	pH	水分	蒸煮损失率	脂肪	硬度	内聚性	弹性	咀嚼性	亮度	红度	黄度
狮头鹅	0.81	-1.61	-0.47	1.14	0.38	1.31	1.54	1.65	1.28	-0.49	0.75	-0.97
马岗鹅	0.35	0.73	1.55	-0.01	1.46	0.22	-0.19	-0.83	-0.62	1.34	0.57	1.67
乌鬃鹅	-1.15	0.83	-1.15	-1.39	-0.7	-0.89	0.28	-0.41	-0.75	-1.21	-0.72	-0.51
白鹅	-0.98	0.33	0.20	-0.48	-1.11	-1.11	-1.13	-0.62	-0.79	0.65	-1.40	-0.08
阳江鹅	0.97	-0.27	-0.13	0.73	-0.03	0.46	-0.50	0.21	0.89	-0.30	0.80	-0.11

## 2.4 相关性比较分析

表 4 为 5 种不同品种鹅肉基础营养品质与质构特性之间的相关性分析。由表可知, 蛋白质与蒸煮损失率、硬度、红度之间存在着显著正相关 ( $P<0.05$ ), 可能是鹅肉具有较多的可溶性蛋白, 导致了蒸煮过程中的大量损失; 在硬度方面, 可能由于鹅肉具有较高的肌原纤维蛋白含量, 而较高的肌原纤维蛋白含量导致了硬度的提高; 而蛋白质含量与红度 ( $a^*$ ) 的相关性可能来自于鹅肉中较高的肌红蛋白含量。pH 与弹性存在显著负相关性而与咀嚼性呈极显著负相关, 这说明 pH 可能对肉的口感有较大影响。蒸煮损失率与硬度、咀嚼性之间显著相关, 硬度与  $a^*$  显著相关, 弹性与咀嚼性之间具有显著相关性, 水分含量与其他指标并不存在显著相关性, 但与亮度  $L^*$  值存在极显著相关性 ( $P<0.01$ )。总的来看, 74% 的数据绝对值大于 0.30, 各变量两两之间显著相关, 因而适宜用主成分分析法来研究变量之间的关系。

## 2.5 蒸煮鹅肉的主成分分析

### 2.5.1 不同品种鹅肉理化特性标准化及主成分分析

基于不同品种鹅肉营养指标差异性, 进行标准化处理及主成分分析 (结果见表 5、表 6 和表 7)。由表 6 可知, 特征值大于 1 的主成分共有两个, 累计方差达到 88.49%, 故这两个主成分可以代表 5 种鹅肉指标的绝大多数信息。由表 6 和表 7 所示, 第一主成分主要反映了蛋白质、pH、蒸煮损失率、硬度、弹性、内聚性、咀嚼性、红度的信息; 而第二主成分则反应了水分、脂肪、亮度、黄度的信息。

表 6 主成分的特征值及方差贡献率

Table 6 The variance contribution rates of principal component

主成分	特征值	解释方差	累计解释方差/%
1	6.64	55.334	55.334
2	3.978	33.153	88.486
3	0.894	7.446	95.933
4	0.488	4.067	100

表7 主成分荷载得分系数矩阵

Table 7 The variance contribution rates of principal component

成分	第一主成分	第二主成分
蛋白质	0.131	0.105
pH 值	-0.136	0.062
水分	-0.016	0.244
蒸煮损失率	0.135	0.067
脂肪	0.069	0.198
硬度	0.146	0.058
内聚性	0.109	-0.073
弹性	0.136	-0.097
咀嚼性	0.144	-0.037
亮度	-0.033	0.221
红度	0.125	0.105
黄度	-0.051	0.233

根据图2可知,不同品种鹅肉的区别效果较好,数据均处于95%置信区间,阳江鹅与狮头鹅有较好的聚集性,说明其营养品质接近,白鹅与乌鬃鹅聚集性同样较强,因此白鹅与乌鬃鹅也具有类似的营养品质,但其与阳江鹅和狮头鹅聚集性较差,说明两组之间营养品质存在一定差别。

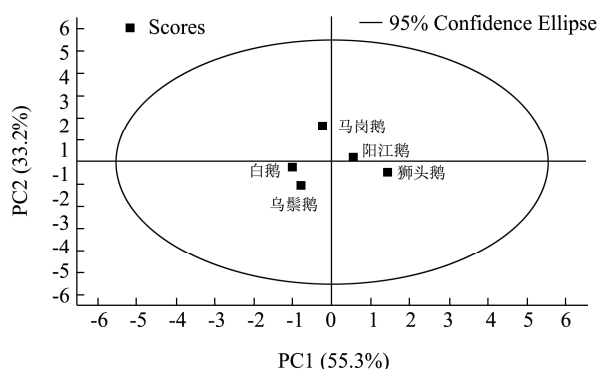


图2 5个不同品种鹅肉PCA得分图

Fig.2 PCA score chart of five varieties of cooked goose

### 2.5.2 不同鹅肉理化特性综合评价

设提取出的两个主成分得分为  $F_1$ 、 $F_2$ , 根据表7 建立成分得分模型。

$$F_1=0.131X_1-0.136X_2-0.016X_3+0.135X_4+0.069X_5+0.146X_6+0.109X_7+0.136X_8+0.144X_9-0.033X_{10}+0.125X_{11}-0.051X_{12}$$

$$F_2=0.105X_1+0.062X_2+0.244X_3+0.067X_4+0.198X_5+0.058X_6-0.073X_7-0.097X_8-0.037X_9+0.221X_{10}+0.105X_{11}+0.233X_{12}$$

再根据表6种两个主成分的解释方差和累计方差,可以得到综合建立得分模型:

$$F_{综}=0.625F_1+0.375F_2$$

将  $F_1$ 、 $F_2$  得分带入综合得分模型中,可以得到

不同鹅肉营养品质的综合得分,并进行排名,得分越高证明品质越好,得分及排名结果如表8所示。

表8 主成分得分及排名

Table 8 Principal component score and Rank

品种	$F_1$	$F_2$	$F_{综}$	排名
狮头鹅	1.44	-0.48	0.96	2
马岗鹅	-0.23	1.62	1.39	1
乌鬃鹅	-0.77	-1.05	-1.82	5
白鹅	-0.99	-0.20	-1.19	4
阳江鹅	0.55	0.10	0.65	3

### 3 结论

本文对广东5个品种鹅肉(狮头鹅、马岗鹅、乌鬃鹅、白鹅和阳江鹅)的肉质主要理化特性成分进行对比分析,发现不同品种鹅肉经过蒸煮后其主要成分之间存在显著差异,其中阳江鹅蛋白质含量最高,马岗鹅的脂肪和水分含量最高,狮头鹅的嫩度是5种鹅肉中最低的。5种鹅肉蛋白质与蒸煮损失率、硬度、红度之间存在着显著正相关( $P<0.01$ ),水分含量与亮度呈极显著正相关性( $P<0.01$ )。马岗鹅的综合评分最高,说明其综合营养品质较好;选取不同品种鹅肉均来自广东省本地同一养殖场厂,其生长环境和养殖方法基本一致,可以判断,这种品种间的差别主要是由其基因型差异造成的。5种鹅肉主要检出61种风味物质,其挥发性风味物质丰富,主要有醛类13种、醇类11种、烷烃类27种、酮类5种、芳香烃2种、酯类1种、其他类化合物2种,其中己醛、壬醛、庚醛对广东鹅肉品种的风味物质具有较大贡献,可作为今后研究广东品种和其他地方品种鹅肉品质评价方法提供重要的参考。通过对不同品种鹅肉原料蒸煮风味品质研究为筛选广式鹅肉加工专用品种及加工适应性研究提供的理论依据。

### 参考文献

[1] Weng K Q, Huo W, Gu T T, et al. Quantitative phosphoproteomic analysis unveil the effect of marketable ages on meat quality in geese [J]. Food Chemistry, 2021, 361: 130093.

[2] 乔娜.我国9个地方鹅品种遗传多样性分析及异地保种效果的监测[D].扬州:扬州大学,2010.

[3] Geldenhuys G, Hoffman L C, Muller N. The fatty acid, amino acid, and mineral composition of Egyptian goose meat as affected by season, gender, and portion [J]. Poultry Science, 2015, 94(5): 1075-1087.

[4] Hamadani H, Khan A A, Salahudin M, et al. Slaughter and



- characteristics sensory attributes and consumer acceptability of geese meat [J]. *Indian Journal of Poultry Science*, 2013, 48(2): 223-227.
- [5] 谭伟豪,陈履双,赖旭敏,等.广东省不同品种地方家禽肉质的比较研究[J].*广东饲料*,2021,30(6):26-29.
- [6] Wang G S, Jin L, L Y, et al. Transcriptomic analysis between normal and high-intake feeding geese provides insight into adipose deposition and susceptibility to fatty liver in migratory birds [J]. *BMC Genomics*, 2019, 20(1): 372.
- [7] Weng K Q, Huo W R, Gu T T, et al. Effect of marketable ages on meat quality through fiber characteristics in goose [J]. *Poultry Science*, 2020, 100(2): 728-737.
- [8] 高海燕,张瑞瑶,贾甜,等.不同嫩化方法对鹅肉品质的影响[J].*食品科学*,2017,38(7):182-186.
- [9] Zou Y, Zhang K, Bian H, et al. Rapid tenderizing of goose breast muscle based on actomyosin dissociation by low-frequency ultrasonication [J]. *Process Biochemistry*, 2018, 65: 115-122.
- [10] He Y X, Zhou M Y, Xia C L, et al. Volatile flavor changes responding to heat stress-induced lipid oxidation in duck meat [J]. *Animal Science Journal*, 2020, 91(1): e13461.
- [11] 侯然,卢士玲,王庆玲,等.蛋白质组学在肉类研究中的应用研究进展[J].*肉类研究*,2018,32(11):53-57.
- [12] 胡民强,朱贞霖.不同日粮纤维水平对马岗鹅肉质的影响[J].*贵州农业科学*,2012,40(11):165-167.
- [13] 章杰,何航,揭晓蝶,等.四川白鹅肉物理性质及化学组成分析[J].*食品与发酵工业*,2018,44(8):277-283.
- [14] Verbeke W, Oeckel M, Warnants N, et al. Consumer perception, facts and possibilities to improve acceptability of health and sensory characteristics of pork [J]. *Meat Science*, 1999, 53(2): 77-99.
- [15] Gondret F, Juin H, Mourot J, et al. Effect of age at slaughter on chemical traits and sensory quality of Longissimuslumborum muscle in the rabbit [J]. *Meat Science*, 1998, 48(1/2): 181-187.
- [16] Bergeron K, Julien P, Davis T A, et al. Long chain n-3 fatty acids enhance neonatal insulin regulated protein metabolism in piglets by differentially altering muscle lipid composition [J]. *Journal of Lipid Research*, 2007, 48(11): 2396-2410.
- [17] Tasoniero G, Bertram H C, Young J F, et al. Relationship between hardness and myowater properties in wooden breast affected chicken meat: a nuclear magnetic resonance study [J]. *LWT*, 2017, 86: 20-24.
- [18] Kristensen L, Purslow P P. The effect of ageing on the water-holding capacity of pork: Role of cytoskeletal proteins [J]. *Meat Science*, 2001, 58(1): 17-23.
- [19] 杨华,孙素玲,陈维虎,等.浙东白鹅与朗德鹅肌肉营养成分比较与评价[J].*食品与机械*,2020,36(12):28-33.
- [20] 刘磊,夏强,曹锦轩,等.不同解冻方法对鹅腿肉理化特性和品质的影响[J].*食品科学*,2020,41(15):256-261.
- [21] Wen Y Y, Liu H H, Liu K, et al. Analysis of the physical meat quality in partridge (*Alectoris chukar*) and its relationship with intramuscular fat [J]. *Poultry Science*, 2020, 99(2): 1225-1231.
- [22] 韩明升,马思雨,刘晓贺,等.放养鸡肌肉品质和产肉性能分析[J].*现代食品科技*,2021,37(2):268-274.
- [23] 张舒翔,康大成,张丽丽,等.运输时间对扬州鹅应激程度和肉品质的影响[J].*食品科学技术学报*,2018,36(6):66-72.
- [24] Lee S K, Chon J W, Yun Y K, et al. Properties of broiler breast meat with pale color and a new approach for evaluating meat freshness in poultry processing plants [J]. *Poultry Science*, 2022, 101: 101627.
- [25] Li C, Li J, Li X, et al. Effect of low-voltage electrical stimulation after dressing on color stability and water holding capacity of bovine longissimus muscle [J]. *Meat Science*, 2011, 88(3): 559-565.
- [26] Bernad L, Casado P D, Murillo N L, et al. Meat quality traits in the Greater rhea (*Rhea americana*) as influenced by muscle, sex and age [J]. *Poultry Science*, 2018, 97: 1579-1587.
- [27] 曲直,林耀盛,唐道邦,等.不同品种板鸭的理化特性及风味物质比较[J].*现代食品科技*,2014,30(7):273-278,291.
- [28] J Lucero-Borja, L B Pouzo, M S de la Torre. Slaughter weight, sex and age effects on beef shear force and tenderness [J]. *Livestock Science*, 2014, 163: 140-149.
- [29] Buclaw M, Majewska D, Danuta S, et al. Nutritional quality assessment of different muscles derived from 15-year-old female emus (*Dromaius novaehollandiae*): Meat physicochemical traits and sensory scores [J]. *Czech Journal of Animal Science*, 2019, 64(5): 226-238.
- [30] Woloszyn J, Werenska M, Goluch Z, et al. The selected goose meat quality traits in relation to various types of heat treatment [J]. *Poultry Science*, 2020, 99(12): 7214-7224.
- [31] 刘雅娜,齐风敏,王定云,等.宰后成熟过程对新疆鹅肉挥发性风味化合物的影响[J].*食品科技*,2018,43(5):138-144.
- [32] Hui G, Zhijia S, Zhen Y, et al. Time-dependent categorization of volatile aroma compound formation in stewed Chinese spicy beef using electron nose profile coupled with thermal desorption GC-MS detection [J]. *Food Science and Human Wellness*, 2017, 6(3): 137-146.

- [33] 石华治,王娟,刘玉平,等.潮汕牛肉丸煮制前后关键性香气成分对比分析[J].食品科学技术学报,2018,36(5):44-50.
- [34] Taylor R J, Hongwei W, Edgar C I. Determination of a lexicon for the sensory flavor attributes of smoked food products [J]. Journal of Sensory Studies, 2017, 32(3): e12262.
- [35] Tanimoto S, Kitabayashi K, Fukusima C, et al. Effect of storage period before reheating on the volatile compound composition and lipid oxidation of steamed meat of Yellowtail *Seriola quinqueradiata* [J]. Fisheries Science, 2015, 81(6): 1145-1155.
- [36] 黄可,秦春青,任亭,等.日龄对鹅肉营养和风味品质的影响[J].肉类研究,2016,30(9):1-7.
- [37] 陈颜红,王修俊,周雯,等.低钠盐液熏腊肉与苗岭传统腊肉风味品质分析[J].包装工程,2021,42(19):93-103.
- [38] Jin Y, Cui H, Yuan X, et al. Identification of the main aroma compounds in Chinese local chicken high-quality meat [J]. Food Chemistry, 2021, 359: 129930.
- [39] 阮秋风,安玥琦,陈周,等.短时间微流水处理对草鱼鱼肉风味品质的影响[J].食品科学技术学报,2021,39(3):30-42.
- [40] 周亚军,杨永华,李圣桡,等.定量卤制牛肉干的品质特性[J].食品科学,2020,41(21):7-14.
- [41] 顾赛麒,唐锦晶,周绪霞,等.腌腊鱼传统日晒干制过程中品质变化与香气形成[J].食品科学,2019,40(17):36-44.