

宰后不同成熟时间处理对白切鸡肉食用品质的改善

胡洋健¹, 邓绍林^{1,2}, 张馨月¹, 赵俊丰³, 尹东山³, 韩敏义^{1,2}, 徐幸莲¹

(1. 农业部肉品加工重点实验室, 江苏省肉类生产与加工质量安全控制协同创新中心, 南京农业大学食品科技学院, 江苏南京 210095)

(2. 广东温氏佳味食品有限公司, 广东云浮 510507) (3. 江阴澄星实业集团有限公司, 江苏江阴 214400)

摘要: 选取合适的宰后时间处理使鸡肉肉质成熟, 对肉鸡加工产品的品质形成尤为重要。本研究应用仪器评价方法结合感官评定分析了不同屠宰时间对白切鸡食用品质的影响, 以期对白切鸡的工业生产提供数据与理论支持。本实验采取同一规格的麻黄鸡宰后胴体, 分成三个不同宰后时间 (1 h、2 h 和 3 h), 应用工业化生产条件煮制成白切鸡, 并对白切鸡进行颜色、pH 值、质构、挥发性风味物质测定和感官评分, 对各指标结果进行主成分分析以探寻各仪器测定指标之间的相互关系及各仪器分析指标与感官评分之间的相互关系, 并结合气相-离子迁移谱 (Gas chromatography-Ion mobility spectrometry, GC-IMS) 对挥发性风味物质的分析结果, 对不同宰后时间下白切鸡中挥发性风味物质变化情况进行探讨。结果表明不同宰后时间煮制的白切鸡在表皮颜色 (L^* : 73.24~76.47, b^* : 29.73~37.05) 质构及挥发性风味物质的相对含量上均有显著差异 ($p < 0.05$), 并且宰后时间较长的处理组在感官评分 (71.00~85.50) 和挥发性风味物质的相对含量上均较宰后时间较短的两个处理组有更好的表现。实验所得各项产品品质指标在不同宰后时间下的变化情况可以为白切鸡工业生产和品质改善提供理论依据。

关键词: 工业生产; 白切鸡; 成熟时间; 品质评定

文章编号: 1673-9078(2020)11-170-179

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2020.11.0505

Improvement of Different Post-mortem Conditioning Span Treatments on Eating Quality of Soft-boiled Chicken

HU Yang-jian¹, DENG Shao-lin^{1,2}, ZHANG Xin-yue¹, ZHAO Jun-feng³, YIN Dong-shan³, HAN Min-yi^{1,2}, XU Xin-lian¹

(1. Key Laboratory of Meat Products Processing, Ministry of Agriculture, Jiangsu Collaborative Innovation Center of Meat Production and Processing, Quality and Safety Control, College of Food Science and Technology, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China) (2. Guangdong Wens Jiawei Foodstuff Co. Ltd., Yunfu 510507, China) (3. Jiangyin Chengxing Industrial Group Co. Ltd., Jiangyin 214400, China)

Abstract: Selecting an appropriate post-mortem span to let broiler carcass experience conditioning is of great importance to the quality of broiler processed product. Instrumental analysis methods and sensory evaluation were applied to investigate the effects of different post-mortem conditioning span on eating quality of soft-boiled chicken, so as to provide credible data and theory for future industrial production of soft-boiled chicken. In this experiment, spotted-brown broilers from same specification were slaughtered and divided into three groups depend on their different post-mortem span (1 h, 2 h and 3 h), then boiled to produce soft-boiled chicken under factory conditions. The skin color, pH, texture, volatile flavor compound and sensory quality of these chicken were evaluated, then principal component analysis (PCA) was carried out to explain the interrelationships between instrument analyzed indexes and sensory evaluation scores, also interrelationships in the instrument

引文格式:

胡洋健, 邓绍林, 张馨月, 等. 宰后不同成熟时间处理对白切鸡肉食用品质的改善[J]. 现代食品科技, 2020, 36(11): 170-179

HU Yang-jian, DENG Shao-lin, ZHANG Xin-yue, et al. Improvement of different post-mortem conditioning span treatments on eating quality of soft-boiled chicken [J]. Modern Food Science and Technology, 2020, 36(11): 170-179

收稿日期: 2020-05-31

基金项目: 国家重点研发计划项目 (2019YFC1606200); 现代农业产业技术体系专项资金资助 (CARS-41)

作者简介: 胡洋健 (1997-), 男, 硕士研究生, 研究方向: 肉品加工与质量控制

通讯作者: 韩敏义 (1975-), 男, 博士, 副研究员, 研究方向: 肉品加工与质量控制

analyzed indexes themselves. The results of volatile flavor compound from GC-IMS analysis were subject to PCA to illuminate the variation of volatile flavor compound among soft-boiled chicken from different groups. Results show significant differences ($p<0.05$) in skin color (L^* : 73.24~76.47, b^* : 29.73~37.05), texture and relative content of volatile flavor compound of these soft-boiled chicken. Moreover, compared with the two groups with short post-mortem span, the longer post-mortem span group shows better results in sensory evaluation (71.00~85.50) and in this experiment can provide theoretical basis for industrial practice and quality improvement of soft-boiled chicken.

relative content of volatile flavor compound. The variation of each product quality index among different post-mortem span that are expounded

Key words: industrial production; soft-boiled chicken; aging span; quality evaluation

肉品产业的统计数据显示, 2019 年国内畜禽肉产业由于受到非洲猪瘟的影响, 消费者对价格不断攀升的猪肉购买力下降^[1], 产业内部结构发生了较大改变。与此同时, 肉鸡产业迎来了其快速发展的时期。据报道, 国内鸡肉产量预计在 2019 年结束前达到 1380 万 t, 同比往年增长 8%, 并有望在 2020 年达到 13% 的增长率, 产量增大至 1580 万 t^[1,2]。而黄羽肉鸡作为我国主要的禽肉资源, 其年产量超 40 亿只, 产量与出栏快、商业化程度高的白羽肉鸡基本持平^[3,4]。

黄羽肉鸡肉质鲜美, 营养丰富, 多出现在我国传统菜谱的食材之中, 为我国消费者所喜爱^[5]。在销售形式上, 黄羽肉鸡多以整鸡销售, 并存在一定比例的活禽交易, 而活禽交易下的黄羽鸡常常是以宰后的热鲜鸡状态销售^[6,7]。由于禽流感的时常爆发, 活禽交易的销售方式对企业、个体养殖户的经营造成了一定的经济风险, 并对黄羽鸡养殖业的发展造成了很大障碍^[8], 因此, 如何推动黄羽肉鸡的深加工体系的发展在畜禽肉制品产业发展的大背景下便显得尤为重要。作为我国的传统菜肴, 白切鸡是以新鲜屠宰后的黄羽肉鸡整鸡作为主要食材烹饪的。传统观念中, 人们通常认为以宰后放血并经拔毛掏膛的热鲜鸡胴体尽快煮制的白切鸡更新鲜, 且食用风味与口感更好^[9]。而另一方面, 研究表明随着禽肉宰后时间的适当延长, 肉的骨架蛋白经多种内源酶的适当降解能提高禽肉嫩度^[10,11], 同时肉的保水性也随着肉的成熟降解过程而得到提升^[12]。在肉的宰后变化过程中, 蛋白质降解、脂质氧化等重要生物化学变化对其风味形成的重要作用也有相关研究证实^[13]。由于鸡肉的成熟时间较短、不同的品种间的成熟时间差异较大且国内对黄羽肉鸡的加工长期以来的固化认识, 因此在宰后时间与鸡肉的食用品质方面的研究较少, 黄羽肉鸡深加工产业也急需可靠的数据及理论来支持生产。本实验欲探讨黄羽鸡的宰后时间和其成熟过程与煮制后白切鸡的产品品质的联系, 为产品的工业化生产提供理论依据和技术支持。

1 材料与方法

1.1 原料

规格为胴体重 0.9~1.0 kg 宰后掏膛麻黄鸡共 456 只, 取样自广东温氏佳润食品有限公司新城佳丰屠宰厂。

1.2 主要仪器设备

S2-Food Kit 便携式 pH 计, 上海梅特勒-托利多仪器有限公司; TA-XTplus 质构仪, 英国 Stable Micro System 公司; Chroma Meter CR-400 色差仪及 Data Processor DP-400, 日本 Konica Minolta 公司; FlavorSpec 气相离子迁移谱 (GC-IMS) 联用仪, 德国 G.A.S. 公司。

1.3 试验方法

1.3.1 样品处理

选用经正常屠宰线, 宰后分级的麻黄光鸡 228 只 (胴体重 0.9~1.0 kg), 屠宰出厂后, 运送至熟禽加工车间, 于车间预处理间分成 3 组, 每组 76 只鸡, 于车间冷库 4℃ 温度条件下分别控制在宰后 1 h、2 h、3 h, 然后按车间生产工艺加工成白切鸡。

生产工艺为:

胴体预处理→飞水→煮制→水冷→风冷→真空包装

于包装车间取样白切鸡成品样品, 每处理组取 10 只质量在 0.95±0.2 kg 的白切鸡产品, 按宰后不同成熟时间标记成 3 个实验组。取样后样品于 4℃ 冷库贮藏待测。先后于屠宰场取样两次, 每次取样为相同饲养条件下的麻黄鸡 228 只。

1.3.2 pH 值测定

使用便携式 pH 计测定白切鸡胸部和腿部肌肉 pH, 肉块厚度不应小于 1.0 cm, 直径不得小于 3.0 cm, 沿肉块直径方向插入 pH 计探头。同一部位平行测定 3 次取平均值。

1.3.3 颜色测定

选取白切鸡表皮作为测量的对象, 用 CR-400 便携式色差仪 (D65 光源) 分别测定鸡胸部、鸡腿部以及鸡背部的 L^* 值 (亮度), a^* 值 (红度), b^* 值 (黄度),

每个部位测量 3 次, 取平均值反映白切鸡样品外观颜色。色差仪使用前用校正板标准化, 镜头垂直并紧扣于测量表面, 勿漏光。

1.3.4 质构测定

分别取鸡胸部、鸡腿部处 1 cm×1 cm×2 cm 的肉块, 使用质构仪进行质构剖面分析 (texture profile analysis, TPA) 测定。参数设置为: 测试前速度为 3 mm/s, 测试速度为 2 mm/s, 测试后速度为 4 mm/s, 回弹高度为 20 mm, 下压距离为 8 mm, 触发力为 5 g, 探头类型为 A/MORS。

1.3.5 挥发性风味

参照陈通^[14]等方法做适当修改。取 1 g 鸡胸处碎肉样品, 放入 10 mL 顶空进样瓶中, 70 °C 孵化 15 min, 经顶空进样 (进样针温度为 80 °C) 用气相离子迁移谱 (Gas chromatography-Ion mobility spectrometry, GC-IMS) 仪 FlavorSpec[®] 进行测试, 进样量 500 μ L 气相色谱的参数条件为: 柱温 40 °C, 载气为 N₂, 起始流速 2 mL/min, 保持 2 min 后在 8 min 中内线性增加流速至 20 mL/min, 而后在 10 min 内线性增加至 100 mL/min, 最后 5 min 线性增加至 150 mL/min。运行时间为 30 min。

离子迁移谱的参数条件为: 电离源为氙, 漂移管长 10 cm, 管内线性电压 400 V/cm, 漂移管温度 40 °C, 漂移气流速 150 mL/min, IMS detector 温度 45 °C。

经 G.A.S. 开发的功能软件分析可给出样品中挥发性有机物的差异谱图; 软件内置的 NIST 数据库和 IMS 数据库可对物质进行定性分析。气相色谱保留指数的参考数据库为 NIST2014 RI Database (The National Institute of Standards and Technology 2014 Retention Index Database), 离子迁移谱的漂移时间参考数据库为 IMS 库 (G.A.S.mbH, Dortmund, 德国)。

1.3.6 感官评价

将恢复至室温的白切鸡样品去骨, 剥下的全部鸡肉切成大约 1 cm 厚, 长宽不记的小块, 按试验分组放在一系列单独的白色陶瓷盘上。小组成员在评定不同样品时被要求用温水漱口以减少之前样品带来的影响。评定员共 10 人 (男女比例为 1:1), 经事先培训, 并对试验所采取的描述词汇及评分标准进行说明与修订。要求评定员对所有的样品进行评分, 评分内容包括组织结构、外观、风味、口感和整体接受性。评分等级为 0~100 分, 其中 90 分及以上为优秀, 80~90 分为很好, 70~80 分为好, 60 分为可接受与不可接受临界, 50~60 分为有点不能接受, 40~50 分为适度不可接受, 30~40 分为非常无法接受的, 20~30 分为非常不能接受, 10~20 分及 10 分以下为极差。其中, 60

分被视为可接受的下限即临界值, 当评分低于 60 分时则视为品质已不可接受。

表 1 感官评价表

Table 1 Sensory Evaluation Table

项目	评价标准	评分
组织状态	鸡肉纤维紧密, 无明显粗感	21~30
	细感, 皮弹且与肉质黏连	
	纤维较紧密, 有粗细感	11~20
口感	纤维松散, 有粗细感	0~10
	有嚼劲, 不粘牙	21~30
	略有嚼劲, 略粘牙	11~20
外观	无嚼劲, 粘牙	0~10
	色泽均匀, 有光泽	15~20
	色泽一般, 略有光泽	7~14
风味	色泽不均匀, 无光泽	0~6
	香气浓郁, 持续时间长, 入口清香	15~20
	香气较淡, 持续时间短	7~14
	无香气, 或有其他异味	0~6

1.4 统计分析

利用 R studio 1.2.1335 软件对试验所得数据进行单因素方差分析 (如果测量指标的影响因素包括不同部位, 则用双因素方差分析), 如果方差分析差异显著, 利用 Duncan 法进行多重比较, 统计学显著水平设置为 $p < 0.05$, 并利用 R studio 软件结合 FactoMineR^[15] 和 factoextra^[16] 程序包对各实验组及所得指标数据进行主成分分析和分析结果的可视化。

2 结果与分析

2.1 不同宰后时间处理对白切鸡色泽的影响

评价鸡肉颜色的重要意义在于其所反映的生物化学变化^[17]。结果表明不同宰后时间处理的白切鸡背部、腿部和胸部表皮的亮度值 (L*值) 差异均不显著 ($p > 0.05$)。对白切鸡背部、腿部、胸部的测量结果均表明随着宰后时间的延长, 鸡表皮亮度总体呈现出不断增大的趋势 (73.24~76.47), 此现象的产生有以下两个可能性: (1) 由于宰后时间的延长导致了煮制后的鸡肉中水分向表皮溢散^[18], 并且这种现象持续影响了煮制之后的白切鸡色泽; 随着成熟时间的延长, 煮制前鸡肉中的水分向表面溢散, 且煮制过程中宰后时间较长的鸡肉具有较好的保水性, 这种现象在鸡肉、羊肉的成熟过程中均有体现^[17,19]。(2) 肌红蛋白作为决定肉品颜色的主要肌浆蛋白, 其在氧合肌红蛋白、高铁肌红蛋白和脱氧肌红蛋白三种形态间的转换也是

引起肉的颜色改变的主要原因^[20]；而表皮颜色测定结果显示随着成熟时间的延长鸡肉的亮度不断升高，这可能是由于随着宰后保藏时间的延长，肌肉细胞线粒体中与肌红蛋白竞争氧的酶活性不断降低^[21]，从而使得鸡宰后僵直期的一部分色泽暗淡的脱氧肌红蛋白转变成为了鲜红色的氧合肌红蛋白，提升了肉的感官品质。同一实验组内，宰后 2 h 组和宰后 3 h 组三个部位间的亮度值变化不显著 ($p>0.05$)，而宰后 1 h 组腿部表面和胸部表面间亮度值差异显著 ($p<0.05$)，胸部表面的亮度较腿部显著增加 ($p<0.05$)。从各色度值的变异系数情况来看，随着宰后时间的延长 (1 h~3 h)，白切鸡各部位亮度值的个体差异不断减小 (SD: 5.45~

3.80)，白切鸡的亮度值分布在各部位间趋向于均匀。红度值 (a^* 值) 的变异系数相对较大，这表明同一处理组内的该指标个体重复实验数据不稳定，且同一处理组中不同部位间红度值变化较大，因此在数据进行组间比较时无法很好的说明红度值的变化趋势，本实验中对各组白切鸡的红度值变化不予讨论。总的来讲，宰后 3 h 组白切鸡表皮亮度的增大，可能是由于随着成熟时间的延长，煮制前鸡肉中的水分向表面溢散、煮制过程中宰后时间较长的鸡肉具有较好的保水性而共同造成的，此外，鸡肉在成熟过程中肌红蛋白结合态的改变对鸡肉颜色的影响也有待讨论。

表 2 色差值测定结果

Table 2 Results of color measurement

组别	L*		a*		b*	
	测定结果	变异系数	测定结果	变异系数	测定结果	变异系数
宰后 1 h-背部	74.06±3.25 ^{bc}	4.38	-0.15±1.61 ^{bcd}	-1048.83	33.69±4.99 ^b	14.80
宰后 1 h-腿部	73.24±2.83 ^c	3.86	0.39±1.24 ^{abcd}	318.86	29.73±3.93 ^d	13.20
宰后 1 h-胸部	75.48±4.11 ^{ab}	5.45	0.73±1.96 ^{abc}	267.58	35.30±4.45 ^{ab}	12.61
宰后 2 h-背部	74.43±3.11 ^{abc}	4.18	-0.57±1.30 ^d	-229.89	34.24±5.39 ^{ab}	15.74
宰后 2 h-腿部	74.73±2.93 ^{abc}	3.92	0.06±1.08 ^{bcd}	1930.52	30.30±2.78 ^{cd}	9.17
宰后 2 h-胸部	74.84±2.86 ^{abc}	3.82	0.93±2.08 ^{ab}	224.12	37.05±5.59 ^a	15.10
宰后 3 h-背部	75.85±2.88 ^{ab}	3.80	-0.30±1.32 ^{cd}	-431.79	32.75±4.19 ^{bc}	12.78
宰后 3 h-腿部	74.72±2.86 ^{abc}	3.83	1.30±1.24 ^a	95.49	29.13±2.70 ^d	9.25
宰后 3 h-胸部	76.47±3.22 ^a	4.22	0.52±2.49 ^{abcd}	476.94	33.80±6.14 ^b	18.16

注：结果表示为均值±标准差；同列中不同字母代表差异显著 ($p<0.05$)，下同。

表 2 中数据分析结果表明，白切鸡背部、腿部的表面黄度值随不同宰后时间处理的变化 (b^* 值) 差异不显著 ($p>0.05$)，而胸部表面的黄度变化差异显著 ($p<0.05$)。样品处理组间的黄度随宰后时间的延长 (1 h~2 h~3 h) 呈现出了先降低后升高的趋势 (35.30~37.05~33.80)。不同部位的色差测定结果中，腿部的黄度值总体维持在较低的水平，胸部的黄度值在三个部位中最高。结果表明黄度的组内差异可能较组间差异对白切鸡感官品质造成的影响更大，且总体上不同处理组间的胸部表面颜色都明显偏黄，其次是背部，腿部表面的黄度最低。黄度是熟制黄羽鸡的色泽外观的重要评价指标，熟制后表皮颜色偏黄也是黄羽肉鸡的加工特性之一。研究表明，宰后鸡胴体成熟过程中黄度的变化主要受脂质氧化和褐变反应的影响^[22]，而这可能是导致宰后时间由 2 h 延长至 3 h 时白切鸡黄度稍有降低的原因。从数据分析中还可得知，颜色测定重复实验的黄度值数据标准差较大，这说明个体差异在黄度值测定结果中反映明显。据文献报导，在一项黄羽鸡表皮颜色测定实验中，鸡胴体各测量部位黄度

值 (7.45~39.12, SD=5.12) 的变化范围较红度值 (从 -4.21~4.79, SD=1.40) 与亮度值 (71.20~88.70, SD=1.68) 均较大，这与本实验的测定结果相符合^[23]。

2.2 不同宰后时间处理对白切鸡质构特性的影响

从图 1 中可知，宰后 2 h 组和宰后 1 h 组之间胸部肉的硬度差异显著 ($p<0.05$)，同一实验组内各测量部位硬度差异显著 ($p<0.05$)。宰后 1 h 组的硬度较另外两个实验组均较小，宰后时间从 1 h 延长至 2 h，白切鸡的硬度增大，而宰后时间从 2 h 延长至 3 h 之后白切鸡各部位的硬度测量值均呈现下降的趋势。在前人的实验中，生羊肉的硬度、剪切力也均随着宰后保藏时间的延长而升高，并在一段时间内达到最大后开始降低^[22]，这与本实验得出的鸡肉硬度变化趋势相符合。影响宰后肉硬度的主要因素是肌原纤维蛋白和细胞骨架蛋白的降解，这些蛋白的降解使得肌节长度不断减小，最终导致肉的硬度降低而嫩度升高、口感提升^[10]。

结果表明宰后鸡肉经不同的成熟时间后加工熟制,可能对熟制后鸡肉制品的硬度产生明显的影响,且白切鸡的不同部位肉的硬度差异较大。

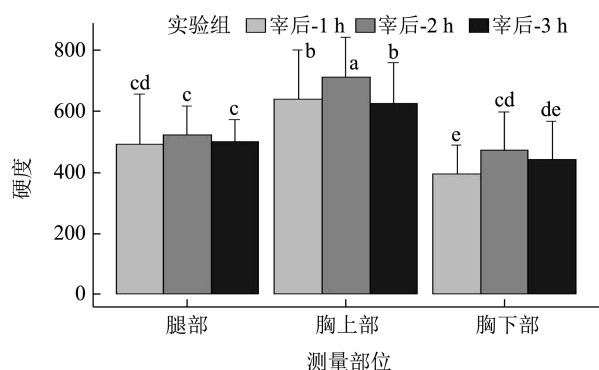


图1 不同宰后时间处理对白切鸡硬度的影响

Fig.1 Effect of different post-mortem span on hardness of soft-boiled chicken

注: 不同小写字母表示差异显著 ($p < 0.05$), 下同。

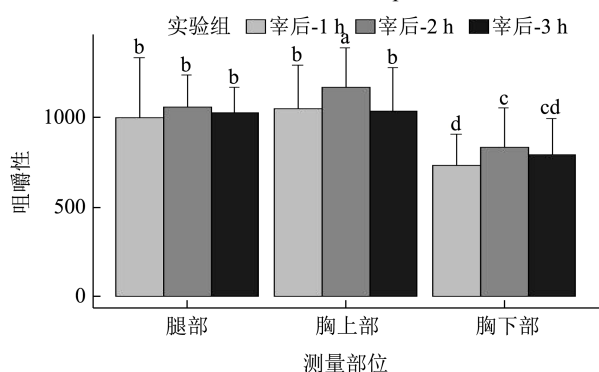


图2 不同宰后时间处理对白切鸡咀嚼性的影响

Fig.2 Effect of different post-mortem span on chewiness of soft-boiled chicken

由图2中结果可知,三个实验组之间各测量部位的咀嚼性变化趋势与硬度一致,且不同宰后时间处理使白切鸡胸部肉的咀嚼性变化差异显著 ($p < 0.05$)。同一实验组内胸上部肉与胸下部肉差异显著 ($p < 0.05$),且前者咀嚼性较高。结合对白切鸡硬度的测定结果,

可知经不同宰后时间的原料鸡煮制后的质构指标产生了显著的数据变异 ($p < 0.05$),硬度和肉的咀嚼性均呈现出随宰后时间的延长先升高后降低的趋势,这种变化可解释为宰后鸡肉从僵前期经历僵直期最后到达成熟嫩化期的过程^[24]。在鸡肉的宰后质构变化过程中,钙激活酶的作用至关重要,不同肌肉类型中其活性的差异很可能是造成宏观上同一宰后时间下白切鸡各测量部位质构品质产生差异的原因^[25,26]。

2.3 不同宰后时间处理对白切鸡 pH 值的影响

表3 pH 值测定结果

Table 3 Results of pH measurement

组别	pH 值
宰后-1 h	6.26±0.09
宰后-2 h	6.36±0.33
宰后-3 h	6.57±0.29

从表3中的pH值测定结果可看出,随着宰后时间的延长,pH有升高的趋势(6.26~6.57),且宰后3h的pH值最高,但组间差异均不显著 ($p > 0.05$)。据报导,肉鸡成熟的关键控制节点为宰后2h和宰后4h,且一般认为熟制前宰后时间超过4h的鸡胴体已经可能发生了品质上的劣变^[27,28]。而肉的宰后pH值由于无氧呼吸糖酵解产生的乳酸及ATP不断分解生成的磷酸根离子而不断下降,这种pH值下降的趋势经肉的宰后僵直期达到极限,随后pH值便随着肉的成熟而不断回升,肉的持水性、色泽和嫩度均在此过程中得到改善^[29]。因此,根据pH值的测量结果推断,实验所测麻黄鸡的宰后pH下降极限值可能在宰后1h之内达到,或在宰后1h至2h之间达到,但具体的尸僵结束时间仍需要设计进一步的实验来确定。

2.4 对不同宰后时间处理白切鸡的感官评价

表4 感官评分结果

Table 4 Results of sensory evaluation

组别	组织状态	口感	外观	风味	总分
宰后-1 h	25.25±2.06	24.25±2.99	17.00±1.15	16.50±1.73	83.00±6.06
宰后-2 h	20.50±6.60	20.67±6.15	16.00±3.52	13.83±3.25	71.00±16.77
宰后-3 h	24.50±2.08	25.25±2.22	20.50±4.36	15.25±3.10	85.50±5.26

据表4可知,感官评分数据表明鸡肉的组织状态、口感、外观及风味均在三个实验组间呈现出相同的变化趋势,即宰后时间由1h延长至2h时鸡肉的各方面感官评分均降低,由2h延长至3h后感官评分升高,且升高幅度总体大于宰后1h组至宰后2h组的降低幅度(83.00~71.00~85.50)。感官评分的组间差异均不显

著 ($p > 0.05$)。而宰后2h组的标准差与其他两组相比反映了该组的评分结果组内差异较大,即各感官评分人员在评价该组样品时在评分上产生了较大分歧。黄羽肉鸡作为我国的肉鸡的主要食用品种之一,其消费区域主要分布在中国南方各地区^[3]。在南方,人们习惯于将鸡宰杀后立即熟制食用,以追求鸡肉新鲜的品

质^[30],而这种食用方式与肉的成熟机制相悖。感官评价结果表明白切鸡肉的感官接受程度与黄羽鸡胴体的宰后时间并不是习惯上认为的负相关关系,相反,宰后时间的延长可能在外观和口感上都增进了产品的品质。

2.5 使用气相-离子迁移谱联用仪 (GC-IMS)

对各处理组的挥发性风味物质的分析结果

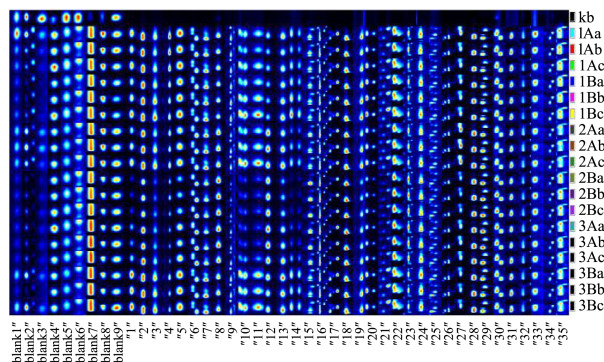


图3 反映不同处理组间各物质相对浓度差异的指纹图谱

Fig.3 Fingerprint that reflects the differences of relative concentration of each substance between different treatment groups

注: (1)横排数字表示检出的各种风味物质,“blank1-9”为空白进样时的峰; (2)竖排相同数字表示同一处理组,其中“1”为宰后-1 h组,“2”为宰后-2 h组,“3”为宰后-3 h组,不同大写字母表示组内重复,不同小写字母表示平行测定。

图3中的“4”、“18”、“21”、“22”、“26”、“28”、“29”、“30”、“32”、“33”号特征峰都在GC×IMS数据库中根据其保留指数和漂移时间得到了与其相匹配的化合物,分别是丁香酚、癸醛、甲基辛基甲酮、 α -松油醇、苯乙醇和芳樟醇。从反映各组间挥发性风味物质的相对浓度差异的指纹图谱中可以得知,样品白切鸡各种挥发性物质的含量存在明显的高低差异,且各风味物质的相对信号强度均与空白对照相比较强,宰后2 h组的多种风味物质浓度较对照组呈现降低的趋势,宰后3 h组的风味物质含量总体在3个实验组间较高。所测白切麻黄鸡中的几种主要的挥发性风味物质为酚类、醛类、酮类和醇类物质。其中,谱图结果反映匹配结果为 α -松油醇、癸醛和甲基辛基甲酮的几个物质峰仪器响应值较高,说明这三种物质可能在白切鸡的风味形成中起主要作用。且除丁香酚外,各种挥发性风味物质的相对含量均随宰后时间的延长而增大,而这些物质中除癸醛外均以宰后3 h组中相对含量最大,且宰后2 h组与宰后3 h组的差别不明显。结

果表明经不同的宰后时间再进行熟制会对白切鸡的风味产生较大影响,煮制前鸡胴体宰后时间的延长提升了煮制后白切鸡的风味品质,且风味变化在宰后时间从1 h延长至2 h的过程中明显增强。

在前人的实验中,无论是热鲜鸡、冷鲜鸡还是冷冻鸡,在煮制后的白切鸡中检测到的挥发性风味物质均主要是醇类和醛类物质,在热鲜鸡煮制的白切鸡全部挥发性风味物质中含量分别达到了35.45%和40.50%^[31]。且有文献报导表明醛类物质由于其较低的风味阈值而在食品体系中容易被感知^[32],因此在鸡汤的风味中占主导因素,而这些物质主要来源于食品体系中脂类物质的氧化分解^[33]。在离子迁移谱的分析结果中,一种挥发性风味物质可能在谱图上产生多个特征峰,这是由于同一种分析物可能分别或同时形成了质子化单体、质子结合体,并因而在同一色谱的保留指数下物质的离子迁移谱漂移时间常常发生不同程度的偏移^[34]。

2.6 主成分分析

2.6.1 GC-IMS 测定的挥发性风味物质的差异变化及主成分分析

2.6.1.1 主成分的提取

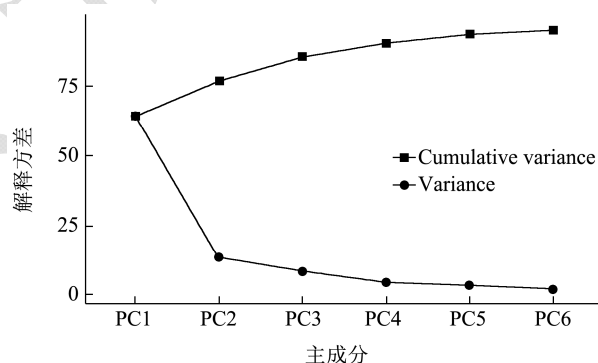


图4 风味物质指标的各主成分可解释方差变化

Fig.4 Variation of explained variance in each principal component of flavor substance

如图4所示,主成分1解释了原数据集64.1%的变异,主成分2解释了原数据集13.1%的变异,前两个主成分所解释的原数据集的总变异已达77%以上,这是一个可以接受的大比例,说明不同宰后时间下各挥发性风味物质的相对含量具有较强的相关性,使用前两个主成分对数据进行分析即可大体反映原数据集数据的变化。因此此处选用主成分1(principle component 1, PC1)和主成分2(principle component 2, PC2)进行后续的数据分析。

2.6.1.2 挥发性风味物质的变量与处理组个体评价

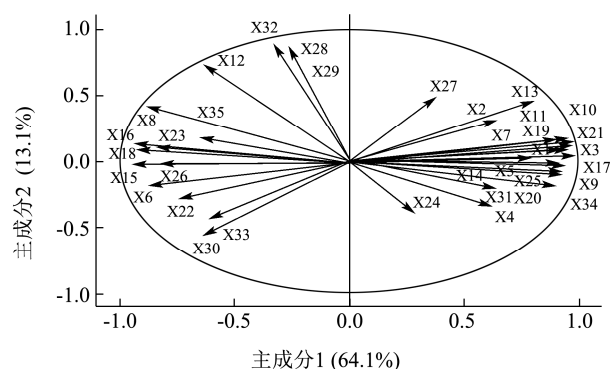


图5 反映各挥发性风味物质在PC1与PC2平面上分布的变量相关图

Fig.5 The variable correlation plot that reflects distribution of volatile flavor substances on the plane of PC1 and PC2

注: 图中标记为X1~X35的箭头对应图3中GC-IMS仪器检出的序号为1~35的风味物质。

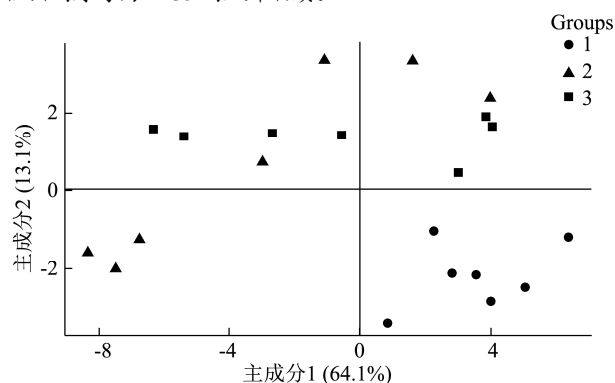


图6 不同实验组个体在PC1和PC2平面上的分布

Fig.6 Distribution of individuals from different treatment groups on the plane of PC1 and PC2

注: 图中 group 1 为宰后-1 h 组, group 2 为宰后-2 h 组, group 3 为宰后-3 h 组。

由图5、图6可知,主成分1与以癸醛、甲基辛甲基酮、 α -松油醇、苯乙醇和芳樟醇为代表的醛类、酮类、和醇类物质呈负相关关系,且主成分1负轴方向上的物质占总挥发性风味物质数量的少部;主成分1与以丁香酚为代表的酚类物质呈正相关关系,且主成分1正轴方向上的物质占总挥发性风味物质数量的大部。而各组样本中宰后2 h组、宰后3 h组样本与主成分2呈正相关、与主成分1呈负相关,宰后1 h组与主成分2呈负相关关系、与主成分1呈正相关关系,这说明宰后时间较长的处理组(2 h和3 h)中的白切鸡样本挥发性风味物质的测定结果相近,而同时宰后1 h组的白切鸡样本在挥发性风味物质的变化上与其他两组呈负相关,且与宰后2 h组的负相关关系更明显。综合变量和个体的分析结果,可知在鸡肉的宰后生理变化过程中,宰后时间的延长对白切鸡的挥发性

风味物质的含量变化有不同的影响,这种影响使得宰后2 h组的样本个体与宰后3 h组的样本个体分布相近,这也反映了该两组白切鸡中的挥发性风味物质变化情况相近。白切鸡中酚类物质含量的变化趋势与宰后时间呈负相关关系,酮、醇、醛类物质含量与宰后时间呈正相关关系。而前人的实验中,不同的醛类物质随鸡肉贮藏时间的变化规律有所不同,这可能与肉中脂肪氧化和贮存期内微生物的活动有关^[35]。但值得注意的是,有关文献报导中癸醛类化合物虽在肉中的含量不及己醛和壬醛类化合物,但在鸡肉中其含量较丰富且由于其较低的阈值而容易被感官察觉^[36]。

2.6.2 其他品质指标的主成分分析

由反映各主成分对解释原数据集变化的贡献程度大小的碎石图(图7)可知,前三个主成分均分别反映了原数据集10%以上的数据变异,且主成分1与主成分2共同解释了65.7%的数据变化情况,这是一个可以接受的大比例,因此采用PC1和PC2平面进行后续的数据分析。

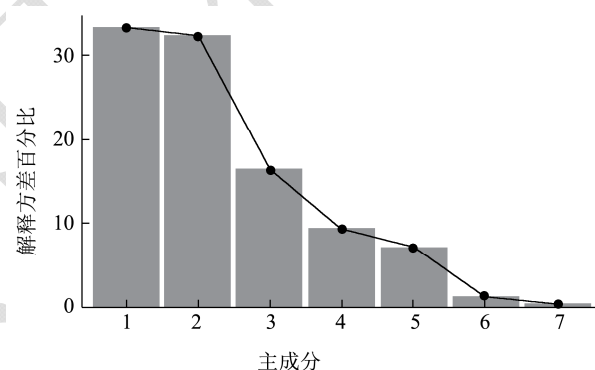


图7 主成分贡献碎石图

Fig.7 Contribution scree plot of principle components

在图8(a)中,也可根据各主成分对应的各品质指标 $\cos^2$ 值的大小得知前两个主成分反映了大部分的原数据集变化情况。 L^* 值、 b^* 值、 a^* 值、pH值、感官评分及质构指标(硬度和咀嚼性)的变化在PC1上均有良好的反映,而在PC2上样本的质构指标和 L^* 值得到了很好的表示。而在PC1上,pH值和亮度均与感官评分、亮度呈负相关关系,同时白切鸡的颜色亮度与其感官评分呈正相关关系。在PC2上,硬度和咀嚼性表现出较强的正相关关系,并且白切鸡的亮度与其硬度、咀嚼性呈负相关关系。同时,在图9上不同实验组样品在前两个主成分的平面上形成了三组数据簇,对照组在PC1轴方向上与处理1组呈负相关,在PC2轴方向上与处理2组呈负相关,这表明了在不同的品质指标评判结果中,煮制前宰后时间对白切鸡品质的影响可能有所差异。

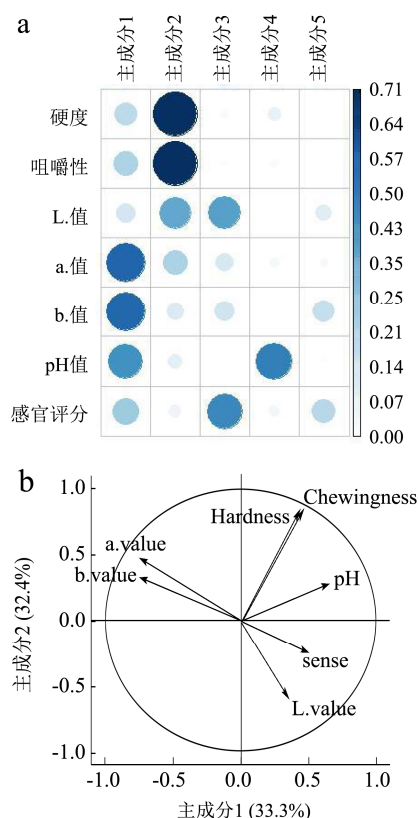


图8 (a) 在PC1和PC2平面上的变量相关图; (b) 变量在各主成分上的分布

Fig.8 (a) The variable correlation plot on plane of PC1 and PC2; (b) The distribution of variables over principal components

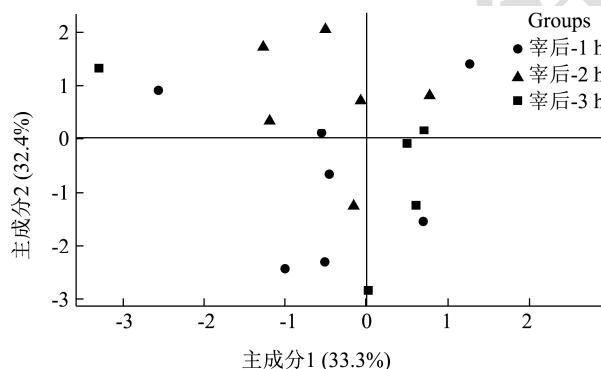


图7 不同实验组个体在PC1和PC2平面上的分布

Fig.8 Distribution of individuals from different treatment groups on the plane of PC1 and PC2

3 结论

通过对不同宰后时间的黄羽肉鸡制作的白切鸡进行感官评定及颜色、质构、pH及挥发性风味物质测定,我们明确了热鲜鸡在经不同宰后时间处理后对熟制产品品质的影响,其主要表现在产品颜色、质构特性和挥发性风味物质的变化上。通过主成分分析的方法解释了白切鸡中的挥发性风味物质在不同宰后时间下的变化规律,结果表明煮制前宰后时间在2 h和3 h

的白切鸡在风味特性上优于宰后时间为1 h的样本。结合对感官评分结果的分析,可推测白切鸡的表皮颜色偏黄容易导致较低的感官评分,而表皮亮度较高则会使感官评分也相应升高。因此,颜色指标与感官评分的关系可能与试验中所采取的黄羽肉鸡的烹饪方式、煮制前鸡肉的保水性有关。此外,较低的肉质硬度和肉的易咀嚼性也可能是宰后-3 h组具有较高的感官评分的原因。实验结果总体反映了对煮制前黄羽肉鸡来说,合适的宰后时间的选取能提升白切鸡产品品质,使产品的肉质、颜色和风味均向好的方向产生变化,但如需进一步探究黄羽鸡成熟时间对其煮制后品质的影响,仍需更密集的时间梯度设置的进一步试验来确定,此处建议热鲜鸡的宰后时间控制在2 h以上但应不超过4 h。实验结果很好地反映了随着宰后时间的延长,鸡肉的色泽、pH值与肉的质构特性所各自呈现的变化趋势以及它们之间的相对变化趋势,能为之后黄羽鸡深加工过程中的质量控制与产品的品质评价提供数据与结论的参考。

参考文献

- [1] Ward M, Inouye A. Demand for Poultry Booms as Consumers Remain Wary of African Swine Fever in Pork [R]. United States of America, United States Department of Agriculture:2019
- [2] WARD M, JR E M. China-Peoples Republic of Poultry and Products Annual No Plucks About It-Poultry Expanding in China [R]. United States of America, United States Department of Agriculture:2019
- [3] JIANG S Q, GOU Z Y, LIN X J, et al. Effects of dietary tryptophan levels on performance and biochemical variables of plasma and intestinal mucosa in yellow-feathered broiler breeders [J]. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 2018, 102(1): e387-e394
- [4] 李继昊,黄明远,王虎虎,等.热鲜和冷鲜处理对白切鸡食用品质、微观结构以及体外消化率的影响[J].食品工业科技,2018,39(21):15-21,28
- [5] LI Ji-hao, HUANG Ming-yuan, WANG Hu-hu, et al. Effect of hot fresh and chilling treatment on eating quality, ultrastructure and *in vitro* digestibility of soft-boiled chicken [J]. Science and Technology of Food Industry, 2018, 39(21): 15-21, 28
- [5] 许梦珊,姚媛,孙京新,等.黄羽肉鸡胴体冷藏时间对蒙山炒鸡食用品质的影响[J].肉类研究,2019,33(7):56-60
- XU Meng-shan, YAO Yuan, SUN Jing-xin, et al. Effects of cold storage time of yellow-feathered broiler carcass on

- eating quality of chinesestir-fried chicken from Mengshan [J]. Meat Research, 2019, 33(7): 56-60
- [6] 李维红,高雅琴,杨晓玲,等.不同品种鸡肉氨基酸质量及风味分析[J].湖北农业科学,2019,58(21):137-140
LI Wei-hong, GAO Ya-qin, YANG Xiao-ling, et al. Analysis of amino acid quality and flavor of different chicken breeds [J]. Hubei Agricultural Sciences, 2019, 58(21): 137-140
- [7] 戚军.基于结构蛋白与风味物质结合的黄羽鸡汤风味形成研究[D].南京:南京农业大学,2018
QI Jun. Study on flavor formation of soup based on the interaction between structural protein and flavor compounds during stewing yellow-feathered chickens [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2018
- [8] TENG Yue, BI De-hua, GUO Xiao-can, et al. Contact reductions from live poultry market closures limit the epidemic of human infections with H7N9 influenza [J]. Journal of Infection, 2018, 76(3): 295-304
- [9] 李继昊.不同类型的生鲜鸡肉对白切鸡食用品质的影响研究[D].南京:南京农业大学,2018
LI Ji-hao. Studies on the eating quality of soft-boiled chicken made from hot fresh, chilled and frozen chicken [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2018
- [10] Sentandreu M A, Coulis G, Ouali A. Role of muscle endopeptidases and their inhibitors in meat tenderness [J]. Trends in Food Science & Technology, 2002, 13(12): 400-421
- [11] 赵良.钙激活酶在宰后鸡肉品质变化过程中作用的研究[D].南京:南京农业大学,2016
ZHAO-Liang. The role of calpain in postmortem chicken meat quality changes [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2016
- [12] 宋玉.不同品种鸡肉成熟过程中品质特性比较研究[D].南京:南京农业大学,2011
SONG Yu. The comparative study of the characteristics in different breeds of chicken during postmortem aging [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2011
- [13] ZHOU Chang-yu, WANG Chong, CAI Jia-hui, et al. Evaluating the effect of protein modifications and water distribution on bitterness and adhesiveness of Jinhua ham [J]. Food Chemistry, 2019, 293: 103-111
- [14] 陈通,吴志远,王正云,等.基于气相离子迁移谱和化学计量学方法判别肉的种类[J].中国食品学报,2019,19(7):221-226
CHEN Tong, WU Zhi-yuan, WANG Zheng-yun, et al. Identification of meat species by gas chromatography-ion mobility spectrometry and chemometrics [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2019, 19(7): 221-226
- [15] LÊ S, JOSSE J, HUSSON F. FactoMineR: A package for multivariate analysis [J]. Journal of Statistical Software, 2008, 25(1): 1-18
- [16] Kassambara a, Mundt F. factoextra: Extract and Visualize the Results of Multivariate Data Analyses [M]. STHDA (<http://www.sthda.com>), Alboukadel Kassambara, 2017
- [17] 屈文娜.宰后成熟程度对扒鸡特征品质形成的影响[D].锦州:渤海大学,2019
QU Wen-na. Effect of postmortem ageing on the formation of characteristic quality of braised chicken [D]. Jinzhou: Bohai University, 2019
- [18] 吴菊清,李春保,周光宏,等.宰后成熟过程中冷却牛肉、猪肉色泽和嫩度的变化[J].食品科学,2008,10:136-139
WU Ju-qin, LI Chun-bao, ZHOU Guang-hong, et al. Changes of meat color and tenderness of chilled beef and pork during postmortem aging [J]. Food Science, 2008, 10: 136-139
- [19] 肖雄,侯成立,李欣,等.宰后贮藏过程中羔羊肉食用品质的变化[J].肉类研究,2019,33(9):53-58
XIAO Xiong, HOU Cheng-li, LI Xin, et al. Changes in eating quality of lamb during postmortem storage [J]. Meat Research, 2019, 33(9): 53-58
- [20] Ramanathan R, Mafi G G, Yoder L, et al. Chapter 5-Biochemical changes of postmortem meat during the aging process and strategies to improve the meat quality [G]// Biswas A K, Mandal P K. Meat Quality Analysis. Academic Press, 2020: 67-80
- [21] Alvarenga T I R C, Hopkins D L, Ramos E M, et al. Ageing-freezing/thaw process affects blooming time and myoglobin forms of lamb meat during retail display [J]. Meat Science, 2019, 153: 19-25
- [22] LI Gui-xia, LI Zheng, LI Xin, et al. Postmortem ageing influences the thawed meat quality of frozen lamb loins [J]. Food Chemistry, 2019, 275: 105-112
- [23] Sirri F, Petracci M, Bianchi M, et al. Survey of skin pigmentation of yellow-skinned broiler chickens [J]. Poultry Science, 2010, 89(7): 1556-1561
- [24] Bhat Z F, Morton J D, Mason S L, et al. Role of calpain system in meat tenderness: A review [J]. Food Science and Human Wellness, 2018, 7(3): 196-204
- [25] CHEN Lin, FENG Xian-chao, ZHANG Ying-yang, et al. Effects of ultrasonic processing on caspase-3, calpain expression and myofibrillar structure of chicken during

- post-mortem ageing [J]. Food Chemistry, 2015, 177: 280-287
- [26] Biswas A K, Tandon S, Beura C K. Identification of different domains of calpain and calpastatin from chicken blood and their role in post-mortem aging of meat during holding at refrigeration temperatures [J]. Food Chemistry, 2016, 200: 315-321
- [27] Ouali A. Sensory quality of meat as affected by muscle biochemistry and modern technologies [G] // FIEMS L O, Cottyn B G, Demeyer D I. Animal Biotechnology and the Quality of Meat Production. Elsevier, 1991: 85-105
- [28] Kuttappan V A, Gunsaulis V B, Mauromoustakos A, et al. Effect of pre-and post-marination aging on meat quality attributes of early deboned (2 h postmortem) broiler breast fillets [J]. Poultry Science, 2016, 95(11): 2690-2695
- [29] ZHANG Mu-han, WANG Dao-ying, HUANG Wei, et al. Apoptosis during postmortem conditioning and its relationship to duck meat quality [J]. Food Chemistry, 2013, 138(1): 96-100
- [30] El-senousey H K, WANG Wei-wei, WANG Yi-bing, et al. Dietary metabolizable energy responses in yellow-feathered broiler chickens from 29 to 56 d [J]. Journal of Applied Poultry Research, 2019, 28(4): 974-981
- [31] 李继昊,黄明远,王虎虎,等.不同类型生鲜鸡对白切鸡风味的影响[J].核农学报,2019,12:2392-2404
- LI Ji-hao, HUANG Ming-yuan, WANG Hu-hu, et al. Flavor of soft-boiled chicken made from hot fresh, chilled and frozen chicken [J]. Journal of Nuclear Agricultural Sciences, 2019, 12: 2392-2404
- [32] Van Ba H, Amna T, Hwang I. Significant influence of particular unsaturated fatty acids and pH on the volatile compounds in meat-like model systems [J]. Meat Science, 2013, 94(4): 480-488
- [33] ZHANG Man, CHEN Xiao, Hayat K, et al. Characterization of odor-active compounds of chicken broth and improved flavor by thermal modulation in electrical stewpots [J]. Food Research International, 2018, 109: 72-81
- [34] Martín-gómez A, Arroyo-manzanares N, Rodríguez-estévez V, et al. Use of a non-destructive sampling method for characterization of Iberian cured ham breed and feeding regime using GC-IMS [J]. Meat Science, 2019, 152: 146-154
- [35] Chmiel M, Roszko M, Hać-szymańczuk E, et al. Time evolution of microbiological quality and content of volatile compounds in chicken fillets packed using various techniques and stored under different conditions [J]. Poultry Science, 2020, 99(2): 1107-1116
- [36] Jayasena D, Ahn D U, Nam K, et al. Flavour chemistry of chicken meat: A review [J]. Asian Australasian Journal of Animal Sciences, 2013, 26: 732-742

(上接第 136 页)

- [24] 王俊亮,肖苏尧,陈运娇,等.广林9号桉叶多酚抗氧化活性研究[J].食品科学,2012,33(1):20-24
- WANG Jun-liang, XIAO Su-yao, CHEN Yun-jiao, et al. Antioxidant activity of polyphenol extracts from leaves of *E.grandis*×*E.urophylla* Guanglin no.9 [J]. Food Science and Technology, 2012, 33(1): 20-24
- [25] ZHANG Yan-xin, DU Wei, ZHANG Xue-wen, et al. Antioxidant activity and the potential for cholesterol - lowering of phenolic extract of *Morus alba*, *Morus multicaulis*, and *Morus laevigata* leaves from Yunnan (China) [J]. Journal of Food Biochemistry, 2017, 41(1): e12339
- [26] 彭程,薛海军,常晓晓,等.不同品种黄皮果汁的品质及抗氧化能力 [J].华南师范大学学报(自然科学版),2020,52(1):70-76
- PENG Cheng, XUE Hai-jun, CHANG Xiao-xiao, et al. The quality and antioxidant capacity of fruit juice of different Wampee cultivars [J]. Journal of South China Normal University (Natural Science Edition), 2020, 52(1): 70-76
- [27] DU Guo-rong, LI Ming-jun, MA Feng-wang, et al. Antioxidant capacity and the relationship with polyphenol and Vitamin C in *Actinidia* fruits [J]. Food Chemistry, 2009, 113(2): 557-562