

鸡肉、兔肉、鱼肉添加对川味腊肠品质的影响

潘婷婷, 吉胡史里, 周鹏翔, 曹进, 李春红, 戴妍, 张静

Effects of Poultry, Rabbit Meat and Fish Addition on Quality Attributes of Sichuan Sausages

PAN Tingting, JIHU Shili, ZHOU Pengxiang, CAO Jin, LI Chunhong, DAI Yan, and ZHANG Jing

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2023020279>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

氧化对兔肉肌原纤维蛋白结构、乳化性和凝胶性的影响研究

Effect of Oxidation on the Structure, Emulsification and Gelability of Rabbit Meat Myofibrillar Protein

食品工业科技. 2020, 41(24): 22-30 <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2020030298>

添加蒜泥对广式腊肠品质的影响

Effect of addition of garlic paste on the quality of cantonese sausage

食品工业科技. 2018, 39(10): 12-16,21 <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2018.10.003>

鱼类冻藏工艺研究进展

Research Progress on Frozen Storage Process of Fish

食品工业科技. 2018, 39(23): 346-350,356 <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2018.23.060>

鱼肉蛋白的热变性研究进展

A review of studies on thermal denaturation of fish protein

食品工业科技. 2018, 39(5): 343-347 <https://doi.org/>

转谷氨酰胺酶对即食广式腊肠品质的影响

Effect of transglutaminase on the quality of ready-to-eat cantonese sausage

食品工业科技. 2017(04): 197-201 <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2017.04.029>

肉干品种及肉干保藏技术研究进展

Research Progress of Meat Jerky Varieties and Meat Jerky Preservation Technology

食品工业科技. 2021, 42(20): 440-448 <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2020090106>



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

潘婷婷, 吉胡史里, 周鹏翔, 等. 鸡肉、兔肉、鱼肉添加对川味腊肠品质的影响 [J]. 食品工业科技, 2023, 44(22): 102-109. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2023020279

PAN Tingting, JIHU Shili, ZHOU Pengxiang, et al. Effects of Poultry, Rabbit Meat and Fish Addition on Quality Attributes of Sichuan Sausages[J]. Science and Technology of Food Industry, 2023, 44(22): 102-109. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2023020279

· 研究与探讨 ·

鸡肉、兔肉、鱼肉添加对川味腊肠品质的影响

潘婷婷¹, 吉胡史里^{1,+}, 周鹏翔¹, 曹进¹, 李春红², 戴妍^{1,*}, 张静¹
(1.重庆化工职业学院环境与质量检测学院, 重庆 401228;
2.中国农业科学院农产品加工研究所, 北京 100193)

摘要:为平衡腊肠营养, 提升腊肠品质, 本文以川味腊肠为研究对象, 研究41.5%鸡肉、兔肉、鱼肉添加对川味腊肠品质特性改良的影响。测定指标包括水分、粗脂肪、粗蛋白含量、pH、 A_w 、颜色、质构、硫代巴比妥酸值(TBARS)、蛋白质羰基、游离巯基含量、脂肪酸组成和感官评定。结果表明, 猪肉和兔肉混合组硬度(76.37, 68.01 kg)显著高于其他2组腊肠($P<0.05$)。鸡肉和鱼肉混合组TBARS值(0.60, 0.63 mg MDA/kg)显著高于兔肉混合组($P<0.05$)。仅鱼肉混合组检出花生五烯酸和二十二碳六烯酸, 鸡肉混合组 Σ 多不饱和脂肪酸总量(19.96%)、 $\Sigma n-6:\Sigma n-3$ (22)显著高于其他3组腊肠($P<0.05$)。兔肉和鸡肉混合组的总体可接受程度(7.33, 7.05分)显著高于($P<0.05$)鱼肉混合组。因此, 兔肉混合组川味腊肠的品质改良效果更好, 后续研究可以将出品率要求考虑在内, 通过添加液态油脂(植物油、鱼油)改善其营养品质, 鱼肉混合组川味腊肠脂肪酸组成较好, 而脂肪氧化程度较高, 感官总体可接受程度较低, 后续研究可考虑添加抗氧化剂、去腥物质等改善其综合品质。

关键词:川味腊肠, 鸡肉, 兔肉, 鱼肉, 品质

中图分类号: TS201.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2023)22-0102-08

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2023020279

本文网刊:



Effects of Poultry, Rabbit Meat and Fish Addition on Quality Attributes of Sichuan Sausages

PAN Tingting¹, JIHU Shili^{1,+}, ZHOU Pengxiang¹, CAO Jin¹, LI Chunhong², DAI Yan^{1,*}, ZHANG Jing¹

(1. Department of Environmental and Quality Inspection, Chongqing Chemical Industry Vocational College, Chongqing 401228, China;

2. Institute of Food Science and Technology, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China)

Abstract: To balance the nutrition and improve quality of sausages. This research investigated quality improvements of Sichuan sausages by 41.5% poultry, rabbit meat and fish addition. The moisture, crude fat, crude protein contents, pH, A_w , colour, texture, TBARS, protein carbonyl, free thiol groups, fatty acids composition and sensory attributes of pork, poultry, rabbit meat and fish mixture group sausages were evaluated. The results showed that the hardness of pork and rabbit meat mixture group sausages (76.37, 68.01 kg) was significant ($P<0.05$) higher than that of other 2 groups. The TBARS values in poultry meat and fish mixture group sausages (0.60, 0.63 mg MDA/kg) were significant ($P<0.05$) higher than that of rabbit meat mixture group. Only EPA and DHA were detected in fish mixture sausages. The Σ poly unsaturated fatty acids (19.96%) and $\Sigma n-6:\Sigma n-3$ (22) in poultry meat mixture group sausages were significant ($P<0.05$) higher than that of other 3

收稿日期: 2023-02-28 +并列第一作者

基金项目: 校级大学生创新创业训练计划(HZY202214315004); 重庆市教委基金项目(KJQN202204507)。

作者简介: 潘婷婷(2002-), 女, 专科, 研究方向: 食品质量与安全, E-mail: 3049046130@qq.com。

吉胡史里(2001-), 女, 专科, 研究方向: 食品质量与安全, E-mail: 2791245376@qq.com。

* 通信作者: 戴妍(1986-), 女, 博士, 讲师, 研究方向: 畜产品加工与质量控制, E-mail: daiyanshuhuhu@163.com。

groups. The overall quality scores of poultry and rabbit meat mixture group sausages (7.33, 7.05 points) were significant ($P < 0.05$) higher than those of fish mixture groups. The results of this study indicated that the rabbit meat mixture group sausages had improved quality attributes, the yield rate management and application of liquid fat (vegetable and fish oil) addition could improve nutrition value of Sichuan sausages in the future work. The fish mixture group sausages had better fatty acids composition, and a slightly higher fat oxidation level, thus the application of antioxidants and de-fishy substances could be added in fish-based sausages to control fat oxidation and improve whole sausage quality and sensory attributes.

Key words: Sichuan sausages; poultry meat; rabbit meat; fish; quality

腊肠是我国传统腌腊肉制品之一, 川味腊肠因其风味独特、香气浓郁而备受消费者青睐^[1]。据统计, 川味腊肠年加工总量可达千万吨, 作为中国传统特色“年货”畅销各地^[2]。传统川味腊肠以猪肉为原料, 按比例加入脂肪、白酒、盐、糖、辣椒粉、胡椒粉、香辛料、红曲米粉等, 经绞切、混合后, 灌入猪或羊肠衣中, 经自然风干后加热熟制而成^[3], 四川调料本身对于川味腊肠独特品质与风味形成则发挥了重要作用。为了实现良好发色、抑菌效果, 川味腊肠制作过程中常会加入亚硝酸盐^[4-8]。另外采用微生物干预法^[9]、添加抗氧化剂^[10]、改善腊肠加工肠衣^[11]等也可间接提升腊肠品质和安全特性。

然而, 国内外腊肠/香肠类产品加工不可避免要使用大量脂肪“增香”, 在干腌过程会使用大量食盐、少量亚硝酸盐“抑菌”和“发色”, 流行病学调查显示, 脂肪总量在膳食中占比较少的国家, 患慢性疾病的概率偏低, 一般膳食含 15%~20% 脂肪即可满足人体能量供给, 同时可避免患心血管和肥胖等慢性疾病的发生, 长期食用高脂肪含量的腊肠可能会提高患慢病(如心脑血管疾病、癌症)的风险^[12]。部分研究涉及开发高品质低盐(亚硝酸盐)^[13-14]、低脂肪类产品^[15], 平衡其营养价值。还有部分研究在原有肠类产品配方基础上, 定量添加不同种类肉(鸡肉^[16]、兔肉^[17])、或鱼油及其他食用油^[18]平衡其营养价值, 减轻高含量固体脂肪摄入引起的慢病风险, 弥补日常膳食中 n-3 长链不饱和和液体脂肪的匮乏, 鸡肉^[19]、兔肉^[20]、水产品^[21]等富含较高含量的 n-3 长链多不饱和脂肪酸, 对预防慢性疾病发生, 平衡日常膳食营养, 提高产品品质具有一定作用。

然而, 如何在不改变川味腊肠原有品质(风味)与安全的前提下, 最大限度地利用现有条件, 有效提高其营养价值(膳食平衡), 开发高附加值川味腊肠产品, 仍然需要做大量工作。本试验主要以猪肉为原料, 添加去骨鸡胸肉、兔肉和马面鲩^[22](*N. Septentrionalis*, 脊索动物门、硬骨鱼纲、鲩形目、革鲩科, 是我国一种常见的经济鱼类)制备川味腊肠, 对添加去骨鸡胸肉、兔肉和马面鲩的川味腊肠基本理化指标、pH、水分活度、颜色、质构、TBARS, 蛋白羰基值、游离巯基值、脂肪酸组成进行测定比较, 考虑能否通过添加不同种类肉/鱼肉改善腊肠固体油脂含量高, 平衡腊肠营养, 提升腊肠品质, 从而为高附加值川味腊肠工业化生产提供更多理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

猪背最长肌、新鲜兔肉(去骨)、冰鲜鸡大胸、猪肥膘肉 重庆市长寿区食品有限责任公司; 马面鲩 福州坤兴水产有限公司; 天然猪肠衣 江苏毅成生态农业开发有限公司; 5,5'-二硫代双(2-硝基苯甲酸)(DTNB)、Tris、十二烷基硫酸钠(SDS)、牛血清白蛋白(分析纯) 上海麦克林生化科技有限公司; MDA 试剂盒 南京建成生物工程研究所; 盐酸胍、2,4-二硝基苯胍 上海百舜生物科技有限公司; SUPELCO 37 种脂肪酸甲酯混标(CRM47885) Sigma 公司。

JR5-250 苏泊尔绞肉机 浙江绍兴苏泊尔家居用品有限公司; PHS-3C 台式 pH 计 上海仪电科学仪器股份有限公司; WA-60A 水分活度仪 青岛慧美科电子有限公司; FSH-2 均质机、YXJ-A 离心机 常州市金坛区环宇科学仪器厂; Puxi T6-紫外可见分光光度计 江苏福曼斯仪器有限公司; JK9830 全自动凯氏定氮仪 济南精锐分析仪器有限公司; TA HD Plus 质构仪 英国 Stable Micro Systems 公司; Digieye 色差计 英国 Verivide 公司; Aglient 7890A 气相色谱仪 苏州市莱顿科学仪器有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 川味腊肠制作工艺 川味腊肠制作流程参考文献 [7] 略有改动。对照组: 原辅料为猪瘦肉 83%、猪肥膘肉 17%; 鸡肉混合组: 原辅料为猪瘦肉 41.5%、去骨鸡胸肉 41.5%、猪肥膘肉 17%; 兔肉混合组: 原辅料为猪瘦肉 41.5%、去骨兔肉 41.5%; 鱼肉混合组: 原辅料为猪瘦肉 41.5%、去骨绿鳍马面鲩 41.5%。将猪瘦肉、去骨鸡胸肉、去骨兔肉、去骨马面鲩和猪肥膘肉绞肉机搅碎, 与 1.3% 盐、5% 老白干、0.56% 五香粉、0.8% 白胡椒粉和 1% 辣椒粉混合, 后用灌肠机灌入猪小肠肠衣, 将灌好的腊肠放置于 85 °C 热水中 10 s 后捞出, 用细针在肠衣表面随机扎气孔, 悬挂于 4 °C 冰箱自然风干(26 d)后取出, 待蒸锅水开后, 蒸 40 min 后取出检测。

1.2.2 川味腊肠品质指标测定

1.2.2.1 水分含量 参照 AOAC(2000)中的直接干燥法测定^[23]。

1.2.2.2 粗脂肪含量 参照 AOAC(2000)的索氏提取法测定^[23]。

1.2.2.3 粗蛋白含量 参考 AOAC(2000)的凯氏定氮法测定^[23]。

1.2.2.4 pH 测定 参考文献 [23] 略有改动,称取 2 g 煮熟后的腊肠样品,搅碎后与 20 mL 去离子水混合,使用均质机以 10000 r/min 的转速均质 20 s 后用 pH 计进行测定。

1.2.2.5 水分活度(A_w)的测定 参考文献 [2],将腊肠样品粉碎,称取 1.5 g 粉碎后的样品,置于样品皿中铺平,放入水分活度仪中,待仪器稳定后记录水分活度值。

1.2.2.6 色差测定 参考文献 [2],将腊肠切成约 1 cm 的薄片,用 Digieye 色差计进行色度值的测定,记录亮度(L^*)、红度(a^*)和黄度(b^*)值。

1.2.2.7 质构特性测定 应用 TA HD Plus 质构仪,测定参数参照文献 [24],略有改动。将腊肠样品(直径 2 cm、高度 1 cm)放在质构仪台面上,用 P50A 探头压缩腊肠样品,压缩比 50%,初始力为 70 kg,压缩速度为 5 mm/s,测定指标包括硬度(kg)、恢复力(%)、凝聚力、弹性(%)、咀嚼性(kg)和凝胶性(kg)。

1.2.2.8 TBARS 测定 参照 GB 5009.181-2016《食品安全国家标准 食品中丙二醛的测定》和 MDA 试剂盒法进行测定^[25],TBARS 值可表示为 mg MDA/kg。

1.2.2.9 蛋白羰基值测定 腊肠中肌原纤维蛋白质的提取和总蛋白羰基值的测定参考文献 [26],准备 2 份肌原纤维蛋白溶液,一份加入 2 mL 2 mol/L HCl 溶液作为对照组,另一份加入 2 mL 2 mol/L HCl (含 10 mmol/L DNPH),在室温下放置 1 h,向两份溶液加入 2 mL 20% TCA 溶液,样品液用 1 mL 缓冲液(乙醇:乙酸乙酯=1:1)冲洗,沉淀溶解于 2 mL 的 6.0 mol/L 盐酸胍缓冲液(溶于 pH6.5, 20 mmol/L 磷酸二氢钾)中,使用紫外可见分光光度计比色(370 nm),蛋白羰基的吸光系数为 $2.2 \times 10^4 \text{ mol}^{-1} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$,羰基值表示为 nmol DNPH/mg 蛋白。

1.2.2.10 蛋白游离巯基测定 参考文献 [26] 的方法测定,采用 DTNB 染色法分析腊肠中蛋白游离巯基含量,采用紫外可见分光光度计比色(412 nm),吸光系数为 $11400 \text{ mol}^{-1} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ 来计算,蛋白游离巯基含量的结果表示为 nmol/mg 蛋白。

1.2.2.11 脂肪酸组成测定 将腊肠粉碎后,肉中油脂提取、甲酯化与气相色谱分析条件参考国标 GB 5009.168-2016^[27],肉中脂肪酸甲酯采用 SUPELCO 37 种脂肪酸甲酯混标定性,归一化法定量。

$$\text{脂肪酸}(\%) = \frac{\text{脂肪酸含量}}{\text{脂肪酸总量}} \times 100$$

1.2.2.12 感官评定 参考文献 [2] 的方法,略有改动。待腊肠蒸煮后,迅速切成厚度为 2 mm 左右的薄片,然后盛放到盘中,随机邀请 18 位熟悉腊肠风味的本校老师和学生进行感官评价,然后取平均值进行统计颜色、气味、质构和总体可接受程度,不同处理

组间感官评价时要用水漱口以保持评价的准确性。该试验采用 9 分制,颜色评价标准:1 分为褐色,9 分为亮粉色。分数越高越接近亮粉色;气味评价标准:1 分为没有明显腊肠气味(或出现不良异味),9 分为具有明显腊肠的浓郁气味。分数越高浓郁气味越明显;质构评价标准:1 分为比较软,表面有发黏的情况,9 分为腊肠质构坚硬,表面未出现发黏的情况。分数越高质构越坚硬;总体可接受程度评价标准:1 分为不好,9 分为非常好。分数越高整体评价得分越高。待 18 名品评员评价完成后,收集评定表,然后进行统计与计算分析。

1.3 数据处理

每个处理进行 3 次重复结果用平均值±标准误差表示。实验结果以平均值±标准误差(SE)的方式表示。采用 SPSS 16.0 对各指标进行单因素方差分析(one-way ANOVA),并采取多重比较法, $P < 0.05$ 代表该指标存在显著性差异。

2 结果与分析

2.1 鸡肉、兔肉、鱼肉添加对川味腊肠基本理化指标的影响

4 个实验组川味腊肠基本理化指标分析如表 1 所示。猪肉组和兔肉混合组腊肠水分含量显著($P < 0.05$)低于鱼肉混合组。文献 [28-31] 显示,一般猪肉含水量(71%)、鸡肉含水量(74%)、兔肉含水量(68.5%~72%)、水产品类(马面鱼)含水量高于 80%,因此当鸡肉、兔肉、鱼肉与猪肉 1:1 混合后,最终会影响腊肠水分含量。

表 1 各实验组川味腊肠基本理化指标分析
Table 1 Basic proximate chemical analysis of all experiment group Sichuan sausages

处理组	猪肉组	鸡肉混合组	兔肉混合组	鱼肉混合组
水分含量(%)	40.31±0.26 ^a	41.04±0.48 ^{ab}	39.90±2.15 ^a	44.71±0.45 ^b
粗脂肪(%)	25.85±0.09 ^b	32.53±0.56 ^c	20.77±0.97 ^a	25.21±1.19 ^b
粗蛋白(%)	31.59±0.34 ^{ab}	29.13±0.99 ^a	35.16±0.68 ^c	32.40±1.05 ^b
pH	5.95±0.02 ^a	5.92±0.00 ^a	6.09±0.01 ^b	6.35±0.05 ^c
A_w	0.81±0.01 ^a	0.85±0.01 ^b	0.85±0.01 ^b	0.87±0.01 ^c

注:同行肩标不同大写字母表示在 0.05 水平差异显著;表 2-表 4 同。

一般猪肉脂肪含量为 7.3%^[28],鸡肉脂肪含量为 12.5%^[29],兔肉脂肪含量(7.9%~10.9%)^[30],水产品类(马面鱼)脂肪含量为 6.4%^[31];鸡肉、兔肉、马面鱼与猪肉混合及后续加工工艺会对腊肠总粗脂肪含量有一定影响^[23],鸡肉混合组粗脂肪含量(32.53%)最高,兔肉混合组中粗脂肪含量(20.77%)显著($P < 0.05$)低于其他 3 组腊肠。兔肉混合组中粗蛋白含量(35.16%)显著高于($P < 0.05$)其他处理组,可能与该组较低的脂肪含量有关^[32]。

兔肉混合组和鱼肉混合组的 pH 显著($P < 0.05$)高于其他 2 组,可能在前期风干过程中,兔肉混合组与鱼肉混合组可能更容易受到内源酶的影响,水解部

分蛋白, 从而升高其 pH^[33]。鸡肉混合组、兔肉混合组与鱼肉混合组的 A_w 显著(P<0.05)高于猪肉组, 鱼肉混合组的 A_w 为最高。高 A_w 可能与较高的水分含量有关, 还可能受到前期混合原料等因素影响^[34], 所有实验组腊肠样品 A_w 低于 0.9, 可以抑制微生物污染引起的腐败变质^[3]。

2.2 鸡肉、兔肉、鱼肉添加对川味腊肠颜色的影响

图 1 显示的是 4 个实验组川味腊肠颜色指标的分析。L*、a*和 b*分别表示亮度、红度和黄度。其中 4 个腊肠组的 L*和 b*无显著(P>0.05)差异, 对于中式腊肠而言, a*是影响腊肠色泽的最重要参数^[23]。鸡肉混合组腊肠的 a*(25.92%)显著高于(P<0.05)猪肉组。可能由于鸡肉本身富含较高含量的血色素, 当腊

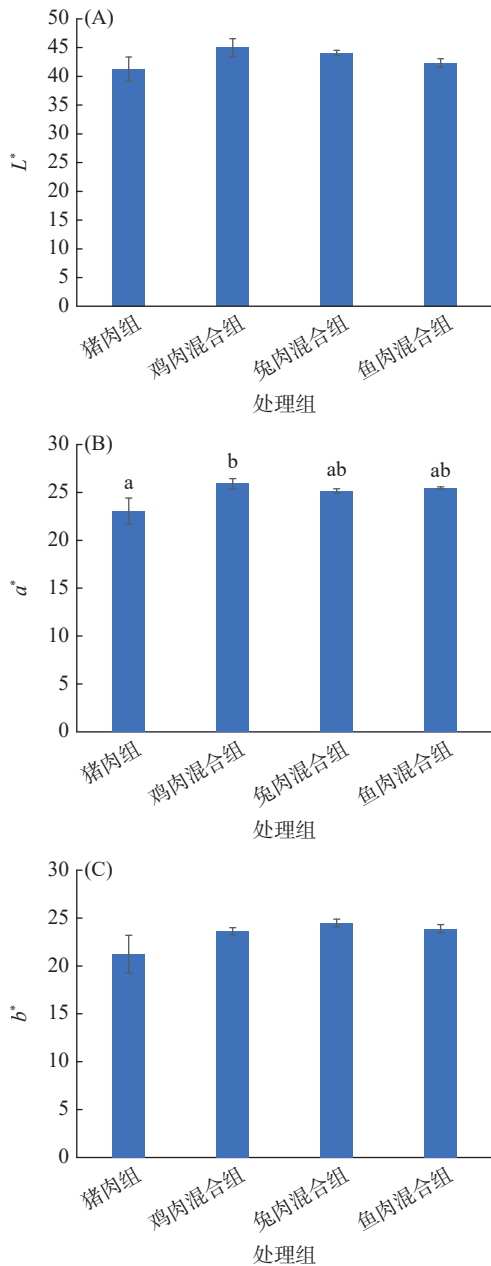


图 1 各实验组川味腊肠的 L*(A)、a*(B)和 b*(C)分析
Fig.1 L* (A), a* (B), and b* (C) analysis of Sichuan style sausage in each experimental group

注: 小写字母不同表示各处理组差异显著(P<0.05); 图 2 同。

肠配方中添加部分鸡肉, 有助于腊肠深红色泽的产生^[16]。而兔肉混合组和鱼肉混合组与猪肉组的 a*无显著(P>0.05)差别。同样文献 [17] 也发现, 添加兔肉的腊肠产品贮藏 0 d 时颜色参数与猪肉腊肠无明显差别。

2.3 鸡肉、兔肉、鱼肉添加对川味腊肠质构的影响

硬度、凝胶性和咀嚼性都是模拟衡量食物是否易于破碎、易于后续吞咽过程的参数^[35]。4 个实验组川味腊肠质构分析如表 2 所示。鸡肉、兔肉、鱼肉添加显著影响质构指标中的硬度、凝聚力、咀嚼性和凝胶性。猪肉组和兔肉混合组硬度显著(P<0.05)高于其他 2 组腊肠, 猪肉组的咀嚼性(33.42 kg)显著(P<0.05)高于鸡肉混合组和鱼肉混合组, 猪肉组凝胶性显著(P<0.05)高于其他 3 组腊肠, 由于本身鱼肉和鸡肉偏软, 从而降低了混合组腊肠的硬度, 但可能会易于后续咀嚼吞咽。

表 2 各实验组川味腊肠基本理化指标分析
Table 2 Texture profiles of all experiment group Sichuan sausages

处理组	猪肉组	鸡肉混合组	兔肉混合组	鱼肉混合组
硬度(kg)	76.37±1.87 ^b	56.51±1.91 ^a	68.01±4.29 ^b	54.21±2.24 ^a
恢复力(%)	14.26±0.86	13.05±0.51	13.15±0.58	14.87±0.99
凝聚力	0.51±0.01 ^{ab}	0.47±0.02 ^a	0.47±0.01 ^{ab}	0.53±0.02 ^b
弹性(%)	85.30±0.75	87.40±1.63	86.65±3.60	86.06±0.58
咀嚼性(kg)	33.42±1.71 ^b	23.01±0.77 ^a	27.91±3.52 ^{ab}	24.50±1.39 ^a
凝胶性(kg)	39.17±1.88 ^b	26.31±0.40 ^a	32.00±2.74 ^a	28.48±1.69 ^a

凝聚力体现食物保持结构完整性的能力^[35]。而鱼肉混合组的凝聚力(0.53)显著高于(P<0.05)鸡肉混合组(0.47)。高凝聚力的熟肉制品(腊肠)可能在某种程度会影响消费者的感官评价得分^[36]。恢复力和弹性在 4 组腊肠中无显著(P>0.05)差异。文献 [37] 发现, 超高压处理的香肠质构较软, 凝聚力较高, 与本文鱼肉混合组研究结果相似。因此添加兔肉可以维持原有腊肠质构特性。

2.4 鸡肉、兔肉、鱼肉添加对川味腊肠 TBARS、蛋白羰基、游离巯基含量的影响

4 个实验组川味腊肠 TBARS、蛋白羰基、游离巯基含量分析如图 2 所示。TBARS 是衡量脂肪氧化的常见指标^[26,38]。鸡肉混合组和鱼肉混合组的 TBARS 值显著(P<0.05)高于兔肉混合组。由于鸡肉混合组腊肠中粗脂肪含量较高, 鸡肉、鱼肉中的不饱和脂肪酸、血红素等更容易引发脂质过氧化反应, 引起 TBARS 的升高^[39]。蛋白羰基、游离巯基是衡量蛋白质氧化的参数^[26], 蛋白质氧化往往伴随着羰基值的增加和游离巯基的减少^[26,40]。4 个实验组川味腊肠蛋白羰基无显著(P>0.05)差异, 而鸡肉混合组的游离巯基含量(18.36 nmol/mg 蛋白)显著(P<0.05)高于兔肉混合组和鱼肉混合组, 说明鸡肉添加并不能引起游离巯基含量的下降, 表明该组蛋白质氧化水平较低。相比鸡肉添加组, 兔肉、鱼肉的添加会引发游离

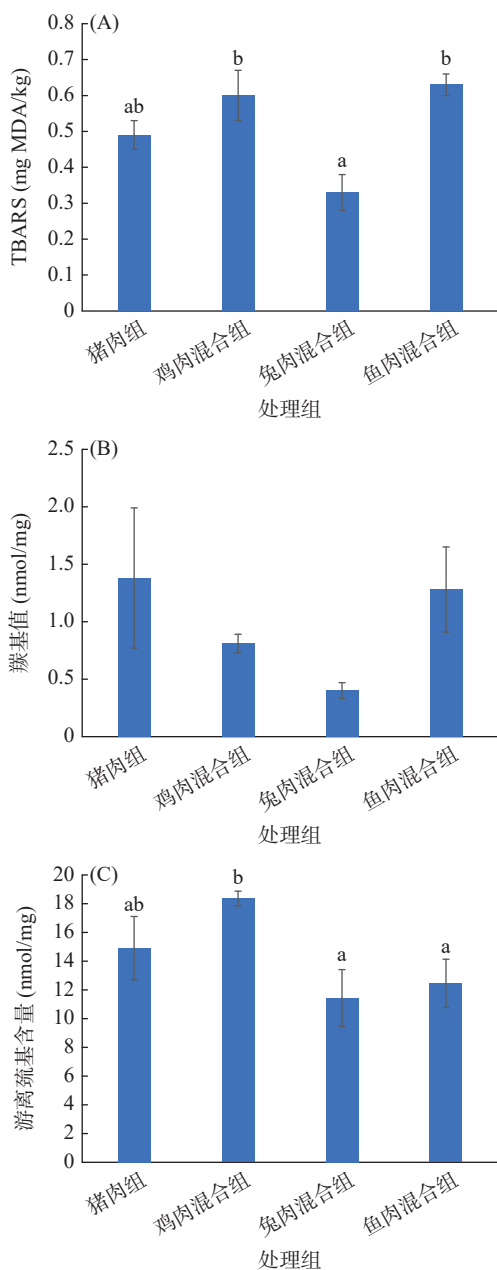


图 2 各实验组川味腊肠 TBARS(A)、羰基值(B)和游离巯基(C)含量分析

Fig.2 Analysis of TBARS (A), carbonyl value (B), and free sulfhydryl content (C) of Sichuan style sausage in each experimental group

巯基的显著($P<0.05$)减少,加剧腊肠蛋白质氧化。鸡肉、鱼肉添加引起腊肠 TBARS 明显升高,可能与鸡肉、鱼肉中含有较高含量的多不饱和脂肪酸有关^[41]。相比鸡肉混合组,兔肉混合组中低 TBARS 与高游离巯基含量则说明该组脂肪氧化水平较低,而蛋白质氧化程度略高,可能会影响硬度。鱼肉添加可能会同时引起 TBARS 和蛋白质氧化升高的趋势,在一定程度上影响腊肠整体食用品质。

2.5 鸡肉、兔肉、鱼肉添加对川味腊肠脂肪酸组成的影响

4 组川味腊肠脂肪酸组成如表 3 所示。仅鸡肉混合组检出微量辛酸、二十一烷酸、肉豆蔻烯酸、二十四烯酸和 γ -亚麻酸,而未检出十三烷酸。仅猪肉组未检出十五碳烯酸、全顺-11,14,17-二十碳三烯酸。仅鱼肉混合组检出微量花生五烯酸和二十二碳六烯酸。花生五烯酸和二十二碳六烯酸属于水产中常见的 n-3 多不饱和脂肪酸,而其他肉类则鲜有发现,它可有助于减少慢性疾病的发生(如高血压、高血脂),利于平衡膳食,但其不饱和程度较高,容易引发脂肪氧化^[42]。

主要饱和脂肪酸为肉豆蔻酸、棕榈酸和硬脂酸。猪肉组硬脂酸含量(12.35%)最高,鸡肉混合组最低(11.32%)。猪肉组 Σ 饱和脂肪酸总量最高(38.43%),兔肉混合组最低(37.16%),而猪肉组和鸡肉混合组 Σ 饱和脂肪酸(除硬脂酸外)总量显著高于($P<0.05$)其他 2 组腊肠。食用过多含饱和脂肪酸(除硬脂酸外)的膳食,可能会引发慢性疾病(如高血脂)的风险^[43]。

主要单不饱和脂肪酸以棕榈油酸和油酸为主。猪肉组和兔肉混合组的油酸含量显著高于($P<0.05$)其他 2 组腊肠。兔肉混合组 Σ 单不饱和脂肪酸总量最高(45.65%),鸡肉混合组最低(42.30%)。

文献 [44] 也发现,腊肠中脂肪酸组成中单不饱和脂肪酸含量最高,其次是饱和脂肪酸,与本文研究结论类似。在日常膳食中 Σ 单不饱和脂肪酸总量的提升有助于降血脂^[43]。

表 3 各实验组川味腊肠脂肪酸含量分析(%)

Table 3 Fatty acid contents of all experiment group Sichuan sausages (%)

处理组	猪肉组	鸡肉混合组	兔肉混合组	鱼肉混合组
辛酸(C _{8:0})	0.00±0.00 ^a	0.01±0.00 ^b	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a
癸酸(C _{10:0})	0.09±0.00 ^d	0.08±0.00 ^a	0.09±0.00 ^b	0.09±0.00 ^c
月桂酸(C _{12:0})	0.08±0.00 ^b	0.07±0.00 ^a	0.08±0.00 ^{ab}	0.08±0.00 ^{ab}
十三烷酸(C _{13:0})	0.17±0.00 ^c	0.00±0.00 ^a	0.17±0.01 ^c	0.08±0.04 ^b
肉豆蔻酸(C _{14:0})	1.34±0.00 ^a	1.48±0.00 ^b	1.33±0.01 ^a	1.33±0.01 ^a
十五烷酸(C _{15:0})	0.12±0.00 ^b	0.14±0.00 ^c	0.06±0.00 ^a	0.06±0.00 ^a
棕榈酸(C _{16:0})	23.55±0.02 ^{bc}	23.84±0.03 ^c	23.01±0.14 ^a	23.26±0.17 ^{ab}
十七烷酸(C _{17:0})	0.51±0.00 ^a	0.60±0.00 ^d	0.55±0.00 ^c	0.53±0.00 ^b
硬脂酸(C _{18:0})	12.35±0.01 ^c	11.32±0.00 ^a	11.66±0.02 ^b	12.51±0.00 ^d
花生酸(C _{20:0})	0.21±0.01 ^b	0.17±0.00 ^a	0.22±0.00 ^b	0.21±0.01 ^b

续表 3

处理组	猪肉组	鸡肉混合组	兔肉混合组	鱼肉混合组
二十一烷酸(C _{21:0})	0.00±0.00 ^a	0.01±0.01 ^b	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a
∑饱和脂肪酸	38.43±0.02 ^d	37.74±0.03 ^b	37.16±0.12 ^a	38.14±0.13 ^c
∑饱和脂肪酸(除硬脂酸)	26.08±0.02 ^b	26.42±0.03 ^c	25.50±0.14 ^a	25.64±0.13 ^a
肉豆蔻烯酸(C _{14:1})	0.00±0.00 ^a	0.03±0.00 ^b	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a
十五碳烯酸(C _{15:1})	0.00±0.00 ^a	0.14±0.00 ^{ab}	0.49±0.03 ^c	0.23±0.12 ^b
棕榈油酸(C _{16:1})	2.44±0.00 ^c	2.41±0.00 ^b	2.58±0.00 ^d	2.34±0.00 ^a
十七碳烯酸(C _{17:1})	0.62±0.00 ^c	0.07±0.00 ^a	0.23±0.00 ^b	0.23±0.08 ^b
油酸(C _{18:1n9c})	41.49±0.01 ^c	38.37±0.01 ^a	41.51±0.04 ^c	40.83±0.01 ^b
花生烯酸(C _{20:1})	0.81±0.00 ^a	1.13±0.00 ^c	0.84±0.00 ^b	0.81±0.01 ^a
二十四烯酸(C _{24:1})	0.00±0.00 ^a	0.15±0.00 ^b	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a
∑单不饱和脂肪酸	45.36±0.01 ^c	42.30±0.01 ^a	45.65±0.07 ^d	44.44±0.04 ^b
亚油酸(C _{18:2n6c})	14.06±0.01 ^a	17.86±0.02 ^d	14.90±0.04 ^c	14.22±0.03 ^b
γ-亚麻酸(C _{18:3n6})	0.00±0.00 ^a	0.03±0.00 ^b	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a
α-亚麻酸(C _{18:3n3})	0.84±0.00 ^d	0.73±0.00 ^a	0.81±0.00 ^b	0.82±0.01 ^c
花生二烯酸(C _{20:2})	0.62±0.00 ^b	0.58±0.00 ^a	0.65±0.00 ^d	0.63±0.00 ^c
全顺-8,11,14-二十碳三烯酸(C _{20:3n6})	0.12±0.00 ^a	0.12±0.00 ^a	0.15±0.00 ^b	0.13±0.00 ^a
全顺-11,14,17-二十碳三烯酸(C _{20:3n3})	0.00±0.00 ^a	0.11±0.00 ^b	0.14±0.00 ^d	0.12±0.00 ^c
花生四烯酸(C _{20:4n6})	0.56±0.00 ^b	0.53±0.00 ^a	0.55±0.01 ^a	0.60±0.01 ^c
花生五烯酸(C _{20:5n3})	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.22±0.01 ^b
二十二碳六烯酸(C _{22:6n3})	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.68±0.04 ^b
∑多不饱和脂肪酸	16.21±0.01 ^a	19.96±0.02 ^d	17.19±0.05 ^b	17.42±0.09 ^c
∑n-3多不饱和脂肪酸	0.84±0.00 ^a	0.84±0.00 ^a	0.95±0.00 ^b	0.94±0.00 ^b
∑n-6多不饱和脂肪酸	14.75±0.01 ^a	18.54±0.02 ^d	15.59±0.04 ^c	14.94±0.03 ^b
∑n-6:∑n-3	17.56±0.01 ^c	22.00±0.04 ^d	16.50±0.02 ^b	8.11±0.22 ^a
∑不饱和脂肪酸	61.57±0.02 ^a	62.27±0.03 ^c	62.84±0.12 ^d	61.86±0.13 ^b
∑多不饱和脂肪酸:∑饱和脂肪酸	0.42±0.00 ^a	0.53±0.00 ^c	0.46±0.00 ^b	0.46±0.00 ^b
∑多不饱和脂肪酸:∑饱和脂肪酸(除硬脂酸)	0.62±0.00 ^a	0.76±0.00 ^c	0.67±0.01 ^b	0.68±0.01 ^b

主要多不饱和脂肪酸以亚油酸、α-亚麻酸、花生二烯酸和花生四烯酸为主。鸡肉混合组的亚油酸含量(17.86%)最高,猪肉组最低(14.06%)。鸡肉和鱼肉混合组中∑多不饱和脂肪酸总量显著($P<0.05$)高于其他 2 组腊肠。鸡肉混合组∑n-6:∑n-3 最高(22),而鱼肉混合组最低(8.11)。鸡肉混合组中∑多不饱和脂肪酸:∑饱和脂肪酸和∑多不饱和脂肪酸:∑饱和脂肪酸(除硬脂酸)最高(0.53、0.76),而猪肉组含量最低(0.42、0.62)。文献 [43] 认为,日常∑多不饱和脂肪酸:∑饱和脂肪酸和∑多不饱和脂肪酸:∑饱和脂肪酸(除硬脂酸)在 0.4~1.5 为最佳配比,膳食中高∑n-6:∑n-3 值可能会引发心血管疾病、癌症、炎症和免疫系统疾病,因此鱼肉混合组最接近膳食∑n-6:∑n-3 推荐量(4),后续研究可能需要进一步增加液体油脂占比来进一步降低兔肉混合组的∑n-6:∑n-3 值,从而提

升腊肠营养价值。

2.6 鸡肉、兔肉、鱼肉添加对川味腊肠感官评定的影响

由表 4 可以看出,各组川味腊肠颜色、气味、质构感官评定得分无显著($P>0.05$)差异。鱼肉混合组的总体可接受程度得分显著($P<0.05$)低于鸡肉和兔肉混合组。猪肉、鸡肉混合组与兔肉混合组总体可接受程度无显著($P>0.05$)差异。由于部分感官评定员接受不了鱼肉混合组的腥味,因此该组的总体可接受程度得分较低。同样文献 [45] 也发现感官评定员不能普遍接受添加鱼肉的香肠类产品而引起的特殊气味。鸡肉混合组总体可接受程度较高,可能因为该组粗脂肪含量较高,有助于腊肠中多汁性、风味特征的形成。文献 [46] 也发现,在羊肉肠中添加 30%~60% 的去骨鸡肉,确实能够提升肠类产品的感官评

表 4 各实验组川味腊肠感官评定分析(分)

Table 4 Sensory scores of all experiment group Sichuan sausages (scores)

处理组	猪肉组	鸡肉混合组	兔肉混合组	鱼肉混合组
颜色	5.78±0.45	6.33±0.76	6.61±0.47	5.39±0.79
气味	5.95±0.36	5.83±0.17	5.75±0.43	6.72±0.24
质构	6.72±0.20	5.89±0.06	6.00±0.48	6.17±0.19
总体可接受程度	6.50±0.17 ^{ab}	7.33±0.17 ^b	7.05±0.15 ^b	6.11±0.54 ^a

定得分,可能鸡肉原料本身更为容易被消费者接受。

3 结论

该文初步研究鸡肉、兔肉、鱼肉添加对川味腊肠品质特性改良的影响。以纯猪肉组为对照组,研究鸡肉、兔肉、鱼肉添加对川味腊肠品质指标(水分、粗脂肪、粗蛋白、 A_w 、pH、颜色、质构、TBARS、蛋白羰基值、游离巯基含量、脂肪酸构成)及感官评定得分的影响。鸡肉混合组粗脂肪含量(32.53%)、 a^* (25.92)较高,猪肉组(76.37 kg)和兔肉混合组(68.01 kg)腊肠硬度较高,鱼肉混合组 TBARS(0.63 mg MDA/kg)较高、游离巯基含量(12.46 nmol/mg 蛋白)较低,说明鱼肉添加可能会引起腊肠脂肪氧化和蛋白质氧化的趋势。脂肪酸结果显示,猪肉组和鸡肉混合组 Σ 饱和脂肪酸(除硬脂酸外)总量(38.43%, 37.74%)较高,长期食用高饱和脂肪酸为主的膳食,可能会引发慢病风险,鱼肉混合组的 $\Sigma n-6:\Sigma n-3$ (8.11)最优,更接近营养膳食推荐量,鸡肉和兔肉混合组腊肠总体可接受程度(7.33分, 7.05分)较高。因此,在川味腊肠中添加一定比例的兔肉可在不改变原有食用品质的前提下改善腊肠营养价值,后续研究将考虑结合腊肠出品率的要求,添加液体油脂(植物油、鱼油)进一步优化其脂肪酸组成,平衡其营养价值。鱼肉添加到腊肠中,可能会引起较为明显的脂肪氧化,但它的脂肪酸构成模式较优,后续研究可考虑探索不同原料肉/鱼肉添加腊肠适宜风干时间,以此为基础添加抗氧化剂、去腥物质等,进一步改善鱼肉混合组腊肠品质及消费者可接受程度。

参考文献

- [1] 张旭. 川式酱香腊肠加工过程中内源酶对风味形成的影响[D]. 成都: 成都大学, 2021. [ZHANG X. Effects of endogenous enzymes on flavor formation during the processing of Sichuan sauce-scented sausage[D]. Chengdu: Chengdu University, 2021.]
- [2] 白婷, 叶富云, 张旭, 等. “浅发酵”香肠与四川传统腊肠特性的比较研究[J]. 中国调味品, 2021, 46(4): 31-37. [BAI T, YE F Y, ZHANG X, et al. Comparative study on the characteristics of “lightly fermented” sausage and Sichuan traditional sausage[J]. *China Condiment*, 2021, 46(4): 31-37.]
- [3] 白婷, 吉莉莉, 张佳敏, 等. 微生物发酵剂对冷藏四川腊肠特性的影响研究[J]. 食品科技, 2018, 43(11): 149-155. [BAI T, JI L L, ZHANG J M, et al. Effect of microbial starter culture on the characteristics of refrigerated Sichuan sausage[J]. *Food Science and Technology*, 2018, 43(11): 149-155.]
- [4] 候雨雪, 刘学铭, 程镜蓉, 等. 桑椹多酚对广式腊肠风味的影响[J]. 现代食品科技, 2022, 38(8): 236-246, 252. [HOU Y X, LIU X M, CHENG J R, et al. Effect of mulberry polyphenols on the flavor of cantonese sausage[J]. *Modern Food Science and Technology*, 2022, 38(8): 236-246, 252.]
- [5] 吉莉莉, 王卫, 赵志平, 等. 传统四川腊肠及浅发酵香肠调料特性研究[J]. 中国调味品, 2020, 45(7): 33-38. [JI L L, WANG W, ZHAO Z P, et al. Study on seasoning characteristics of traditional Sichuan sausage and light fermented sausage[J]. *China Condiment*, 2020, 45(7): 33-38.]
- [6] YANG D D, HE Z Y, WANG Z J, et al. Processing stage-guided effects of spices on the formation and accumulation of heterocyclic amines in smoked and cooked sausages[J]. *Food Bio-science*, 2022, 47: 101776.

rocyclic amines in smoked and cooked sausages[J]. *Food Bio-science*, 2022, 47: 101776.

- [7] 王卫, 张旭, 张佳敏, 等. 四川酱香型风干腊肠加工贮藏特性及其“浅发酵”特征研究[J]. 食品工业科技, 2021, 42(1): 82-88. [WANG W, ZHANG X, ZHANG J M, et al. The processing and storage characteristics of Sichuan sauce-flavored air-dried sausage and its characteristics of “shallow fermentation” [J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2021, 42(1): 82-88.]
- [8] SUN X, ZHOU K, GONG Y, et al. Determination of biogenic amines in Sichuan-style spontaneously fermented sausages[J]. *Food Analytical Methods*, 2016, 9: 2299-2307.
- [9] DU S, CHENG H, MA J K, et al. Effect of starter culture on microbiological, physicochemical and nutrition quality of Xiangxi sausage[J]. *Journal of Food Science and Technology*, 2019, 56: 811-823.
- [10] TANG R Y, LUO J, WANG W, et al. Rutin's natural source Flos Sophorae as potential antioxidant and improver of fungal community in Chinese sausages[J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2019, 101: 435-443.
- [11] FENG C H, LIU Y W, MAKINO Y, et al. Evaluation of modified casings and chitosan-PVA packaging on the physicochemical properties of cooked Sichuan sausages during long-term storage [J]. *International Journal of Food Science & Technology*, 2017, 52(8): 1777-1788.
- [12] PAPADIMA S N, BLOUKAS J G. Effect of fat level and storage conditions on quality characteristics of traditional Greek sausages[J]. *Meat Science*, 1999, 51(2): 103-113.
- [13] ZHU Y C, YAN Y W, YU Z H, et al. Effects of high pressure processing on microbial, textural and sensory properties of low-salt emulsified beef sausage[J]. *Food Control*, 2022, 133: 108596.
- [14] ALIREZALU K, HESARI J, YAGHOUBI M, et al. Combined effects of ϵ -polylysine and ϵ -polylysine nanoparticles with plant extracts on the shelf life and quality characteristics of nitrite-free frankfurter-type sausages[J]. *Meat Science*, 2021, 172: 108318.
- [15] KWON H C, SHIN D M, YUNE J H, et al. Evaluation of gels formulated with whey proteins and sodium dodecyl sulfate as a fat replacer in low-fat sausage[J]. *Food Chemistry*, 2021, 337: 127682.
- [16] PEREIRA A G T, RAMOS E M, TEIXEIRA J T, et al. Effects of the addition of mechanically deboned poultry meat and collagen fibers on quality characteristics of frankfurter-type sausages [J]. *Meat Science*, 2011, 89(4): 519-525.
- [17] IGNACIO E O, SANTOS J M D, SANTOS S E D J, et al. Effect of the addition of rabbit meat on the technological and sensory properties of fermented sausage[J]. *Food Science and Technology*, 2019, 40: 197-204.
- [18] DOMÍNGUEZ R, PATEIRO M, AGREGÁN R, et al. Effect of the partial replacement of pork backfat by microencapsulated fish oil or mixed fish and olive oil on the quality of frankfurter type sausage[J]. *Journal of Food Science and Technology*, 2017, 54(1): 26-37.
- [19] CARTONI MANCINELLI A, MATTIOLI S, TWINING C, et al. Poultry meat and eggs as an alternative source of n-3 long-chain polyunsaturated fatty acids for human nutrition[J]. *Nutrients*, 2022, 14(9): 1969.
- [20] HERNÁNDEZ P. Enhancement of nutritional quality and safety in rabbit meat[C]//Verona: Proceedings of the 9th World Rabbit Congress, 2008: 10-13.
- [21] 高颀雄, 岳兵, 余新威, 等. 浙江省舟山地区海水鱼类中脂肪酸含量调查[J]. 中华预防医学杂志, 2013, 47(6): 552-555. [GAO

- Y X, YUE B, YU X W, et al. Fatty acid composition of edible marine fish in Zhoushan, Zhejiang province[J]. *Chinese Journal of Preventive Medicine*, 2013, 47(6): 552-555.]
- [22] 吴坤远. 马面鲀鱼皮胶原结构、功能及流变性能的研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2020. [WU K Y. Study on skin collagen structure, function and rheological properties of *Navodon Septentrionalis*[D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University, 2020.]
- [23] FENG X, SEBRANEK J G, LEE H Y, et al. Effects of adding red wine on the physicochemical properties and sensory characteristics of uncured frankfurter-type sausage[J]. *Meat Science*, 2016, 121: 285-291.
- [24] 范萌萌, 吴兰芳, 李春英, 等. 添加阳江豆豉对广式腊肠品质的影响[J]. *食品工业科技*, 2015, 36(7): 101-104. [FAN M M, WU L F, LI C Y, et al. Effect of adding Yangjiang Lobster Sauce on the quality of Cantonese sausage[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2015, 36(7): 101-104.]
- [25] 赵银峰, 黄倩, 周春燕, 等. 发酵香肠乳酸菌筛选及其对产品品质的影响[J/OL]. *食品工业科技*: 1-13 [2023-02-09]. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2022050343. [ZHAO Y F, HUANG Q, ZHOU C Y, et al. The impact of lactic acid bacteria screening on the quality of fermented sausage[J/OL]. *Science and Technology of Food Industry*: 1-13 [2023-02-09]. doi:10.13386/j.issn1002-0306.2022050343.]
- [26] 戴妍. 欧姆加热对猪肉蛋白质降解、氧化以及凝胶特性的影响[D]. 北京: 中国农业大学, 2014. [DAI Y. Effects of ohmic cooking on pork meat protein degradations, oxidations and gelation characteristics[D]. Beijing: China Agriculture University, 2014.]
- [27] 张清, 袁诺, 赵金红, 等. 鸡蛋哈夫值与其脂肪酸组成的相关关系[J]. *食品科技*, 2021, 46(4): 37-44. [ZHANG Q, YUAN N, ZHAO J H, et al. Correlation analysis between Haugh Unit and fatty acid profile of eggs[J]. *Food Science and Technology*, 2021, 46(4): 37-44.]
- [28] LANZA E. Determination of moisture, protein, fat, and calories in raw pork and beef by near infrared spectroscopy[J]. *Journal of Food Science*, 1983, 48(2): 471-474.
- [29] ESSARY E O. Moisture, fat, protein and. Mineral content of mechanically deboned poultry meat[J]. *Journal of Food Science*, 1979, 44(4): 1070-1073.
- [30] RAO D R, CHEN C P, SUNKI G R, et al. Effect of weaning and slaughter ages on rabbit meat production. II. Carcass quality and composition[J]. *Journal of Animal Science*, 1978, 46(3): 578-583.
- [31] MIYAJIMA Y, MASUDA R, KURIHARA A, et al. Juveniles of threadsail filefish, *Stephanolepis cirrhifer*, can survive and grow by feeding on moon jellyfish *Aurelia aurita*[J]. *Fisheries Science*, 2011, 77: 41-48.
- [32] KANG K M, LEE S H, KIM H Y. Effects of using soybean protein emulsion as a meat substitute for chicken breast on physicochemical properties of Vienna sausage[J]. *Food Science of Animal Resources*, 2022, 42(1): 73.
- [33] WÓJCIAK K M, KARWOWSKA M, DOLATOWSKI Z J. Use of acid whey and mustard seed to replace nitrites during cooked sausage production[J]. *Meat Science*, 2014, 96(2): 750-756.
- [34] SANTOS E M, GONZÁLEZ-FERNÁNDEZ C, JAIME I, et al. Physicochemical and sensory characterisation of Morcilla de Burgos, a traditional Spanish blood sausage[J]. *Meat Science*, 2003, 65(2): 893-898.
- [35] XIONG Y, ZHANG P Z, WARNER R D, et al. Effect of sorghum bran incorporation on the physicochemical and microbial properties of beef sausage during cold storage[J]. *Food Control*, 2022, 132: 108544.
- [36] CHORBADZHIEV P, ZSIVANOVITS G, GRADINARSKA D, et al. Improvement of texture profile attributes of cooked sausage type “Krenvirsh” [J]. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 2017, 23(2): 338-347.
- [37] CRUZ-ROMERO M C, O’FLYNN C C, TROY D, et al. The use of potassium chloride and tapioca starch to enhance the flavour and texture of phosphate-and sodium-reduced low fat breakfast sausages manufactured using high pressure-treated meat[J]. *Foods*, 2022, 11(1): 17.
- [38] AMINZARE M, HASHEMI M, AFSHARI A, et al. Impact of microencapsulated *Ziziphora tenuior* essential oil and orange fiber as natural-functional additives on chemical and microbial qualities of cooked beef sausage[J]. *Food Science & Nutrition*, 2022, 10(10): 3424-3435.
- [39] PIERRE F, FREEMAN A, TACHÉ S, et al. Beef meat and blood sausage promote the formation of azoxymethane-induced mucin-depleted foci and aberrant crypt foci in rat colons[J]. *The Journal of Nutrition*, 2004, 134(10): 2711-2716.
- [40] ZHANG L, LIN Y H, LENG X J, et al. Effect of sage (*Salvia officinalis*) on the oxidative stability of Chinese-style sausage during refrigerated storage[J]. *Meat Science*, 2013, 95(2): 145-150.
- [41] DE SMET S. Meat, poultry, and fish composition: Strategies for optimizing human intake of essential nutrients[J]. *Animal Frontiers*, 2012, 2(4): 10-16.
- [42] NARAYAN B, MIYASHITA K, HOSAKAWA M. Physiological effects of eicosapentaenoic acid (EPA) and docosahexaenoic acid (DHA)-A review[J]. *Food Reviews International*, 2006, 22(3): 291-307.
- [43] ROMERO M C, ROMERO A M, DOVAL M M, et al. Nutritional value and fatty acid composition of some traditional Argentinean meat sausages[J]. *Food Science and Technology*, 2013, 33: 161-166.
- [44] SKWAREK P, KARWOWSKA M. Fatty acids profile and antioxidant properties of raw fermented sausages with the addition of tomato pomace[J]. *Biomolecules*, 2022, 12(11): 1695.
- [45] SINGH A, GUPTA A, SURASANI V K R, et al. Influence of supplementation with pangas protein isolates on textural attributes and sensory acceptability of semolina pasta[J]. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 2021, 15: 1317-1326.
- [46] MASSINGUE A A, DE ALMEIDA T F R, FONTES P R, et al. Effect of mechanically deboned poultry meat content on technological properties and sensory characteristics of lamb and mutton sausages[J]. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 2018, 31(4): 576.