

欧阳灿, 白辰雨, 顾泽鹏, 等. 大蒜粉对鸭肉午餐肉品质的影响 [J]. 食品工业科技, 2024, 45(11): 56–63. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2023050251

OUYANG Can, BAI Chenyu, GU Zepeng, et al. Effect of Garlic Powder on Duck Luncheon Meat Quality[J]. Science and Technology of Food Industry, 2024, 45(11): 56–63. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2023050251

· 研究与探讨 ·

大蒜粉对鸭肉午餐肉品质的影响

欧阳灿^{1,2}, 白辰雨², 顾泽鹏², 曾 珍², 刘韞滔^{2,*}

(1.四川旅游学院烹饪学院, 四川成都 610100;

2.四川农业大学食品学院, 四川雅安 625014)

摘要:为探究蒜粉对鸭肉午餐肉品质的影响, 获得最佳品质的产品。将 0%、2%、4%、6%、8% 的大蒜粉添加到午餐肉的制作中, 利用电子鼻、质构仪、色差仪和低场核磁共振 (Low-field Nuclear Magnetic Resonance, LF-NMR) 分别对产品各品质指标进行测定, 并结合模糊数学感官评价对鸭肉午餐肉品质进行综合分析。研究结果显示, 添加了蒜粉的鸭肉午餐肉与未添加蒜粉午餐肉气味间有较大差异。随着蒜粉添加量的增加, 鸭肉午餐肉的各项质构指标和色度的 L^* 值均呈现先升高后降低的趋势, 其中蒜粉添加量为 4% 时, 各指标达到峰值。同时午餐肉色度的 a^* 值均降低, b^* 值整体显著升高 ($P<0.05$), 此外午餐肉中的不易流动水含量呈现先增加后减小的趋势, 在蒜粉添加量为 6% 时达到峰值。蒜粉对午餐肉的水分分布有一定的影响。结合模糊数学感官评价结果表明当蒜粉添加量为 4% 时, 鸭肉午餐肉品质最佳。综上, 添加 4% 的大蒜粉能够改善鸭肉午餐肉的质构特性和风味品质, 可提高午餐肉的营养和经济价值。

关键词:大蒜粉, 鸭肉, 午餐肉, 低场核磁共振

中图分类号: TS251.5+5

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2024)11-0056-08

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2023050251

本文网刊:



Effect of Garlic Powder on Duck Luncheon Meat Quality

OUYANG Can^{1,2}, BAI Chenyu², GU Zepeng², ZENG Zhen², LIU Yuntao^{2,*}

(1.College of Culinary Science, Sichuan Tourism University, Chengdu 610100, China;

2.College of Food Science, Sichuan Agricultural University, Yaan 625014, China)

Abstract: In order to study the effect of garlic powder on the quality of duck luncheon meat and obtain the best quality products. 0%, 2%, 4%, 6% or 8% garlic powder was added into the production of luncheon meat. The quality of duck luncheon meat were measured by electronic nose, texture instrument, color difference analyzer and LF-NMR. Meanwhile, fuzzy mathematics sensory evaluation was used to comprehensively analyze the quality of duck luncheon meat. The results showed that there was a significant difference in the odor between duck luncheon meat with and without garlic powder added. With the increase of garlic powder addition, the various texture indicators and the L^* of duck luncheon meat showed a trend of first increasing and then decreasing, specially all indicators reached their peak when the amount of garlic powder added was 4%. At the same time, the a^* of luncheon meat color decreased, while b^* significantly increased overall ($P<0.05$). In addition, the content of non flowing water in luncheon meat showed a trend of first increasing and then decreasing, and reached the peak when the amount of garlic powder added was 6%. Garlic powder had a certain impact on the water distribution of luncheon meat. Based on fuzzy mathematics sensory evaluation results, the best addition of garlic powder was 4%. In conclusion, adding 4% garlic powder can improve the texture characteristics and flavor quality of duck luncheon meat, and improve the nutritional and economic value of luncheon meat.

Key words: garlic powder; duck; luncheon meat; LF-NMR

收稿日期: 2023-05-22

基金项目: 四川省科技厅项目 (2020YFN0151)。

作者简介: 欧阳灿 (1986-), 男, 硕士, 讲师, 研究方向: 食品加工与安全、川菜标准化及工业化, E-mail: ouyangcan520@126.com。

* 通信作者: 刘韞滔 (1982-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 食品营养, E-mail: liuyt@sicau.edu.cn。

目前,我国是肉鸭生产、消费、出口第一大国,产量占全球 70% 以上^[1]。然而我国鸭肉加工业起步较晚,肉鸭深加工企业较少,多数企业规模较小,工艺较落后,产品种类单一^[2]。因此,我国肉鸭加工产业正处于由初级分档分割向精深加工过渡的阶段,需要开发丰富的新型鸭肉制品的种类,以满足更多消费者的品种及风味需求^[3-4]。鸭肉中含有充足的无机盐、维生素、亚油酸和 α -亚麻酸,符合现代社会健康饮食、食疗养生的理念,也使得鸭肉成为一种极具潜力的新型肉制品加工原料^[5]。因此,近年来,鸭肉被越来越多地应用于肉类研究领域^[6]。CAI 等^[7]利用植物乳杆菌和酿酒酵母发酵来改善腌制鸭腿肉的风味。然而,国内对鸭肉午餐肉加工工艺的相关研究较少,在鸭肉午餐肉质改善、风味改善及营养加强方面,仍处于起步阶段。

大蒜富含丰富的营养价值、生物活性成分多样,如有益于人体健康的核黄素、硫胺素、蒜素、硒等^[8]。作为一种天然的抗氧化剂,大蒜常被运用到肉制品的加工中。NURWANTORO 等^[9]向牛肉中添加了 3%~12% 的大蒜末,降低了牛肉的脂肪氧化速度。SALLAM 等^[10]向鸡肉肠中添加了 9 g/kg 的大蒜粉,具有抗氧化和抗菌作用,延长了产品的保质期。BEATA^[11]发现煎炸猪肉制品中添加大蒜能够降低 54% 的多环芳烃含量,提高肉制品的营养价值。午餐肉是一种罐装压缩肉糜,常用原料是猪肉或牛肉,因其肉质细腻、口感鲜嫩、风味清香、方便食用和易于保存而受到消费者的喜爱^[12]。近年来的研究发现与新鲜猪肉相比,午餐肉中的游离脂质氧化产物含量较低,因此更能满足现在消费者对于健康饮食的需求^[13]。因此,为迎合以个人消费者和餐饮行业为主要消费群体的午餐肉市场,已有研究人员开展了新型风味午餐肉的相关研究。杨森等^[14]研发了一款适宜各年龄群体的高钙午餐鱼肉罐头,其钙含量高达 336 mg/100 g。MAI 等^[15]利用家禽加工中的回收肉取代传统午餐肉中的猪肉,家禽肉最适的添加量为 10%~30%。但是目前鲜有鸭肉午餐肉的研究报道,将鸭肉这种优良原料制作成午餐肉必将进一步丰富午餐肉市场,为午餐肉这类传统西式肉制品焕发新的生机。

为了获得消费者的青睐,食品加工评价体系常用感官评价优化生产工艺^[16]。通过将模糊数学评定法与感官评价结合,将模糊的、定性的指标转变为清晰的、定量的指标,从而减少传统的感官审评方法中由于个人原因造成的误差^[17]。现已广泛应用于多种食品的工艺优化研究中,例如已有研究人员将模糊数学评定法应用于果蔬制品^[18]、肉制品^[19]、饮料^[20]等食品的感官评价中从而指导工艺的优化。

本研究旨在明确蒜粉添加量对鸭肉午餐肉品质的影响,通过风味、质构、LF-NMR 等指标的测定结合模糊数学感官评价法以获得最优午餐肉品质下的蒜粉添加量,开发色香味俱佳的午餐肉新产品,为鸭肉深加工行业和风味午餐肉行业发展提供思路。

1 材料与方法

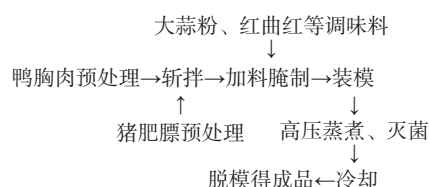
1.1 材料与仪器

优质鸭胸肉 连云港喜之遥商贸有限公司;优质猪肥膘 雅安吉选超市有限公司;大蒜粉 山东省万兴食品有限公司;马铃薯淀粉 上海枫未实业有限公司;食盐 四川省盐业总公司;白胡椒粉、肉豆蔻粉 上海味好美食品有限公司;白砂糖 太古糖业有限公司;味精 成都市国泰实业有限责任公司;红曲红 苏州美亿辰生物科技有限公司。

20 型斩拌机 山东诸城市恒顺机械有限公司;BCD-186E/B 冰箱 青岛海尔股份有限公司;GEMINI 电子鼻 法国 Alpha Mos 公司;TA.XT plus 物性分析仪 英国 Stable Micro Systems 公司;NR10QC 色差仪 深圳三恩驰科技有限公司;YXQ-LS-100SII 高压灭菌锅 上海博讯实业有限公司医疗设备厂;DT-1001A 电子天平 常熟市佳衡天平仪器有限公司;C21-WK2102 电磁炉 广东美的生活电器制造有限公司;NMI20-060H-I 型低场核磁共振成像与分析系统 苏州纽迈分析仪器股份有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 蒜香鸭肉午餐肉的制作 制作工艺参考卢美丽^[21]的研究并进行修改:分别取 0%、2%、4%、6%、8% 的大蒜粉,1% 的食盐、0.5% 的白砂糖、5% 的淀粉、0.2% 的胡椒粉、0.3% 的味精、0.15% 肉豆蔻粉、0.3% 红曲红和处理好的肉混合均匀后在 0~4 ℃ 下腌制 36 h。装入模具后经高温蒸煮灭菌后得到成品。上述添加量均为占鸭肉和猪肥膘总肉糜的重量百分比。其制作工艺如下:



工艺要点主要有:

a.原料的预处理:鸭胸肉去除污物及筋膜后滤去血水;猪肥膘去皮,取出瘀伤肉后切碎。

b.斩拌:鸭肉与猪肥膘以 5:1 的比例混合放入斩刀转速 3000 r/min、锅转速 24 r/min 的斩拌机中,斩拌过程中加入约肉料质量 8% 的冰水,保持环境温度在 10 ℃ 下斩拌 3 min 后备用。

c.低温腌制:在处理好的原料肉中按比例加入蒜粉、食盐、白砂糖、淀粉、肉豆蔻、白胡椒粉、味精、红曲红后,搅拌混匀,在 4 ℃ 的条件下腌制 36 h。

d.装模:将腌制好的肉放入准备好的午餐肉模具中。

e.蒸煮灭菌:将装模完成的午餐肉放入高压灭菌锅中,121 ℃ 下蒸煮 20 min 后取出,室温下冷却、脱模后即得成品。

1.2.2 电子鼻测定 风味是影响蒜香鸭肉午餐肉品

质的重要因素。通过电子鼻对不同蒜粉添加量的午餐肉进行嗅闻分析,包括主成分分析(Principal Component Analysis, PCA)和判别因子分析(Discriminant Factor Analysis, DFA)。称取 1.0 g 样品置于 10 mL 顶空瓶中,加盖密封,60 ℃ 下预热 30 min 后进行检测。测定参数如下:进样量为 1000 μ L,采集时间 90 s,数据采集延时 210 s。电子鼻有 5 个传感器,对应醇或部分芳香族化合物、氮氧化合物、胺或芳香分子、氢硫化合物和烷类有机化合物。通过电子鼻传感器阵列的金属氧化物传感器进行测定,最终得其主成分分析图和判别因子图以表现蒜粉对鸭肉腥味的掩盖程度与对午餐肉风味的贡献程度。

1.2.3 质构检测 参考芦美丽^[21]的方案:将熟制的午餐肉块切成长宽高均为 1 cm 的正方形小块,平放于物性分析仪载物台中央,使用物性分析仪进行测量。测试采用全质构分析(Texture Profile Analysis, TPA)模式,测定参数:探头 P/36R,测前速度 1 mm/s,测试速度 1 mm/s,测后速度 1 mm/s,两次压缩间隔时间 5 s,压缩程度 50%,室温下进行检测,每组重复 4 次,试验结果为 4 次平行测定的平均值。并用质构仪配套软件 Texture Exponent 32 对应力曲线进行分析。选择硬度、弹性、胶黏性、咀嚼性、回复性为评价指标。

1.2.4 色差检测 在室温下使用色差仪对午餐肉进行测定,测定前使用标准白板进行校正,每组测定重复 3 次,得到表示色度的 L^* 、 a^* 、 b^* 值。其中, L^* 表示样品的明亮度; a^* 表示样品的红绿度; b^* 表示样品的黄蓝度。

1.2.5 LF-NMR 弛豫时间测定 参考丁家琪等^[22]的方法并稍作修改,将样品按 5 cm×3 cm 切块用保鲜膜包裹,放入 40 mm 口径的玻璃管中,再插入磁体线圈内进行核磁共振测定。 T_2 测定采用 CPMG 序列,温度为 32 ℃,重复采样等待时间 TW=1500 ms,重复采样次数 NS=32,回波时间 TE=0.200 ms,回波次数 NECH=2000,前置放大器增益 PRG=1。测定结束后对结果进行反演得到 T_2 反演谱。

1.2.6 感官评价 评定小组由 20 名(10 名男生、10 名女生)接受过特殊感官训练的食品专业学生构成,感官评价等级评分表如表 1 所示。不同蒜粉浓度样品全部置于统一的容器中,并随机抽样进行评

定。评定人员需身心健康,无感觉方面的障碍,且注重个人卫生。此外,评定试验前不能涂抹气味浓烈的化妆品,并擦拭掉唇膏。评定人员进行评定前的 12 h 内不允许饮酒和食用刺激性食物,在专门的感官评价室开展评定,评定人员不得交谈,评定间隔时间为 10 min,每次评定完成后均用清水漱口。参考丁家琪等^[22]的方法制作感官评价表见表 1。

1.2.7 模糊数学感官评价

1.2.7.1 建立因素集 各因素实际上就是影响被判对象感官品质的指标,一般以 U 表示。本研究中,对于蒜香鸭肉午餐肉,以色香味形为基本参考,确定了由 5 项指标组成的因素集,即 $U=(\text{色泽, 质地, 气味, 滋味, 回味})$ 。

1.2.7.2 建立评语集 评语集是指用于描述对评判对象质量差别的等级集合,一般以 V 表示。具体的评判等级可用数值、文字描述或等级表示。本试验经过感官评定人员讨论,最终确定午餐肉评价等级分别为好(v_1)、较好(v_2)、一般(v_3)、差(v_4),即得到午餐肉评价集 $V=\{v_1, v_2, v_3, v_4\}$ 。试验中好得分为 9 分,较好为 7 分,一般为 4 分,差为 1 分,因此评价得分集 $K=\{k_1, k_2, k_3, k_4\}=\{9, 7, 4, 1\}$ 。

1.2.7.3 建立权重集 各影响指标在整体感官品质中的相对重要程度和地位,通常以 X 表示。建立权重集需格外注意权重分配的合理性,因为这将直接影响到模糊数学感官评价结果的正确性。此外,权重集总和通常要求为 1,即归一化处理。本研究中,采用用户调查法确定蒜香鸭肉午餐肉感官评价的权重集:请 20 位品评人员就午餐肉因素集中的 5 个质量指标在总体指标上所占的重要程度进行评分。感官评价表见表 1,评分与权重成正比,以此得权重集 X。

1.2.7.4 建立模糊关系矩阵和模糊变换 由 20 名品评人员对各蒜香鸭肉午餐肉样品进行品评,并对各样品的五个因素进行等级确定。统计人员统计并整理各因素在各个等级中的票数占总票数的比例,将样品的各因素比例组成一个矩阵,即得质量评价模糊关系矩阵。第 j 号样品的模糊关系矩阵如下:

$$R_j = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1s} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2s} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ r_{i1} & r_{i2} & r_{i3} & r_{is} \end{bmatrix}$$

表 1 蒜香鸭肉午餐肉感官评价标准

Table 1 Sensory evaluation standard for garlic duck luncheon meat

等级	色泽	质地	气味	滋味	回味
优 (9~10分)	淡粉红色,色泽均匀,无杂色,有光泽	切面光滑,无气孔,弹性好	肉香和蒜香味浓郁,无异味	有肉嚼感,嫩滑,软硬、咸淡均适中	回味悠长
良 (6~8分)	颜色过深或过浅,色泽均匀,无杂色,光泽较好	切面较光滑,略有小气孔,弹性较好	香味较淡,无异味	有肉嚼感,较嫩滑,软硬可接受,咸度略强或略弱	回味好
中 (3~5分)	色泽不均匀,无杂色,光泽一般	切面粗糙,小气孔较多,弹性一般	略有异味	略有肉嚼感,过软或过硬,咸度不适口	略有回味
差 (0~2分)	色泽不均匀,有杂色,无光泽	切面粗糙,有多处大气孔,弹性差	有异味	无肉嚼感,过软或过硬,咸度强烈不适	无回味

式中, j 为午餐肉样品的编号, r_{is} 中 i 为 5 项质量评价指标:色泽、质地、气味、滋味、回味, s 为 4 个质量等级:优、良、中、差。

1.2.7.5 建立模糊关系综合评判集 食品感官指标的综合评判,是权重集与模糊矩阵的综合,一般用 Y 来表示,即 $Y=X \cdot R$ ^[23-24]。鸭肉午餐肉样品的模糊综合评价总分最后通过 $T_i=Y \times K_i$ 计算可得^[25-26]。

1.3 数据处理

采用 SPSS 27.0 软件进行统计学分析,采用沃勒-邓肯方法对实验数据进行显著性分析。显著性水平 $P < 0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 电子鼻分析

2.1.1 蒜香鸭肉午餐肉电子鼻主成分分析 电子鼻是通过模拟人类的嗅觉以获得感官信息的一种仿生技术,其中主成分分析是力求丢失最少数据信息的前提下对多变量的数据表进行简化、整合得到综合指标,在尽可能保留原信息的基础上,使观察分析更加直观、容易^[27-28]。

如图 1 所示,主成分 1 和主成分 2 贡献率分别是 97.01% 和 2.41%,两者累计贡献率高达 99.42%,远高于统计学中通常认为的 85%,说明主成分 1、2 包含了原信息的绝大部分信息量,能较准确地反映原始数据集的信息^[29]。而主成分 1 的方差贡献率远高于主成分 2,即鸭肉脯的气味在主成分 1 上差距比主成分 2 大。由图 1 可知,各添加蒜粉的各样品图像均在主成分 1 上与未添加蒜粉样品拉开明显差距,说明经蒜粉添加处理后得到的产品与未经添加的对照组差异明显。但 6%、8% 蒜粉添加量的鸭肉午餐肉在气味上有较大重叠部分,不能被良好地区分,说明这两种样品间气味上存在较大的共性。蒜粉添加量为 4% 时,样品位于第 1 主成分最左侧,说明该样品与其他试验组在第 1 主成分上差别较大。总的来说,午餐肉的气味随着蒜粉添加量的改变而变化,并且添加蒜粉的样品与未加蒜粉的对照组产品差异较大,与感官评分结果中未添加蒜粉的对照组午餐肉无蒜香香气结果相对应。由于线性判别法(LDA)能够通过数据降维处理,使组内距离相对较近,

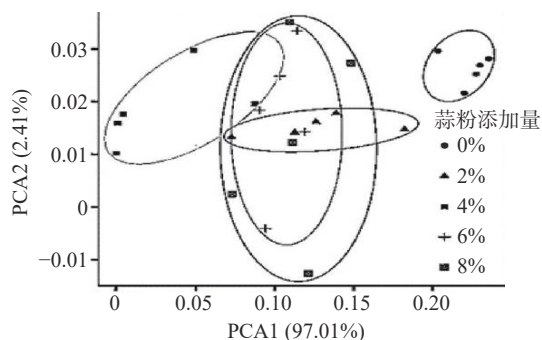


图 1 蒜香鸭肉午餐肉气味的主成分分析

Fig.1 PCA of the smell of garlic flavor duck luncheon meat

而组间距离相对较远,即相同类别的信息点更加接近,以提高信息在该空间中的可分离性。因此,当处理组之间有信息重叠部分时,可运用线性判别分析作进一步判断。

2.1.2 蒜香鸭肉午餐肉判别因子分析 从图 2 中可以看出,4% 和 6% 蒜粉浓度的样品重叠部分较大,8% 蒜粉浓度与 2%、6% 浓度的样品存在较小部分的重叠,表明蒜粉的添加量不同,对应鸭肉午餐肉的气味也发生改变。各项判别因子的分析结果与主成分分析结果基本一致。添加蒜粉后的鸭肉午餐肉的风味与空白对照组间无交叉重叠区域,且主成分分析与判别因子分析结果相契合。这是由于蒜粉中的大蒜素、丙酮酸等活性成分具有溶解并在加热时挥发异味物质的功能,因而具有良好的去腥效果^[30]。此外,具有富含硫化化合物的大蒜还有着独特的辛辣刺激风味,对鸭肉午餐肉的风味具有一定贡献作用^[31]。同时,大蒜中的大蒜素可与其他调味品复合,赋予午餐肉新风味^[32]。

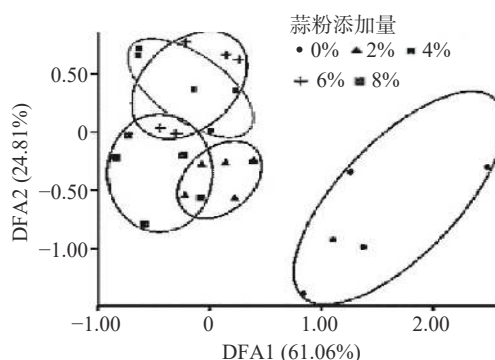


图 2 蒜香鸭肉午餐肉气味的判别分析

Fig.2 DFA of the smell of garlic flavor duck luncheon meat

2.2 质构分析

质构特性能较为直观地反映产品的感官品质。不同添加量的蒜粉对鸭肉午餐肉质构的影响如表 2 所示。添加了蒜粉的午餐肉,硬度、弹性、胶黏性、咀嚼性和回复性指标呈现先上升后降低的趋势。且蒜粉添加量为 4% 时,各质构指标较对照组有显著升高($P < 0.05$),与刘鑫全^[33]研究大蒜风味香肠时得出的结果变化趋势相似。这可能是由于蒜粉中含有的多糖、可食性纤维等与肉中蛋白质交联,形成凝胶网络。同时,向鸭肉午餐肉体系中加入蒜粉后,减少了肉中脂肪的相对含量,阻止了鸭肉本身的脂肪与蛋白质等物质交联形成更大的脂肪球。有研究表明,体系的脂肪含量越高,在肉基质中形成的脂肪球越大,易形成大范围的水胶体、影响蛋白质界面性质,从而降低体系的各项结构性能^[34]。此外,蒜粉中的含硫化化合物可能增强了午餐肉体系中的凝胶网络结构。新的作用力来源是含硫化化合物参与形成的凝胶网络中的二硫键^[35]。但当添加的蒜粉过多时,由于

表 2 蒜粉添加量对鸭肉午餐肉质构的影响

Table 2 Effect of garlic powder addition on texture of duck luncheon meat

蒜粉添加量(%)	硬度(g)	弹性	胶黏性(g)	咀嚼性(g)	回复性
0	572.438±48.295 ^c	0.791±0.014 ^c	408.852±30.603 ^c	323.694±27.254 ^c	0.345±0.004 ^b
2	674.536±44.168 ^{bc}	0.825±0.020 ^{ab}	483.572±33.791 ^b	398.878±27.158 ^b	0.346±0.006 ^b
4	965.658±39.750 ^a	0.843±0.005 ^a	647.144±17.018 ^a	545.867±16.638 ^a	0.367±0.003 ^a
6	878.814±61.519 ^a	0.809±0.006 ^{bc}	642.177±42.314 ^a	519.450±32.638 ^a	0.379±0.011 ^a
8	741.082±65.177 ^b	0.792±0.008 ^c	550.730±38.127 ^b	436.701±34.507 ^b	0.316±0.014 ^c

注: 同列间不同小写字母表示实验结果之间差异显著, $P<0.05$ 。

蒜粉颗粒溶解不完全而阻碍凝胶网络的形成,从而使各指标数值出现一定回落。这与周佺等^[36]的实验结果相似,说明蒜粉的添加对午餐肉的质构有影响。

2.3 色差分析

颜色是评价肉与肉制品感官品质的重要感官指标,也是影响消费者购买欲的重要因素之一。由图 3 可以看出,午餐肉 L^* 值随着蒜粉添加量而波动变化,呈现先上升后下降的趋势,当蒜粉添加量为 4% 时, L^* 值最高。 a^* 值呈现持续下降的趋势, b^* 值呈现持续

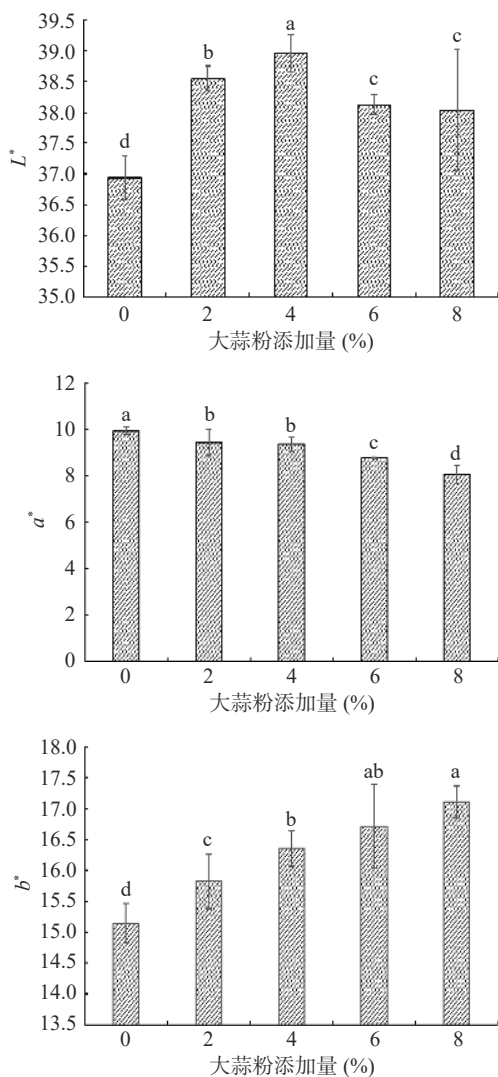


图 3 蒜粉添加量对鸭肉午餐肉色泽的影响

Fig.3 Effect of garlic powder addition on color of duck luncheon meat

注: 图中不同小写字母表示实验结果之间差异显著, $P<0.05$ 。

上升的趋势。与空白对照组相比,添加蒜粉的鸭肉午餐肉整体 a^* 降低、 b^* 整体增加,与王林等^[37]研究蒜泥佐餐牛肉酱得到的结果变化趋势相似。午餐肉色泽的变化可能与蒜粉本身的颜色和溶解度有关。在适宜的添加量时,蒜粉能较好地混合、分散于肉糜体系内,使整体的亮度增加。添加过量时,未完全溶解的蒜粉颗粒呈润湿的细小颗粒状分散于体系内,由于加热后未溶解的蒜粉颜色较深,导致午餐肉 L^* 值回落。蒜粉呈白色微偏黄色,随着蒜粉添加量的增多,午餐肉 a^* 值呈现持续下降、 b^* 值呈现持续上升的趋势。这与栗俊广等^[35]的研究结果相似,具有一定的可靠性。

2.4 低场核磁分析

图 4 展示了午餐肉的低场核磁结果,通过低场核磁共振技术可以了解午餐肉水分分布和保水性变化,图中发现午餐肉存在横向弛豫时间 T_{21} (0.1~10 ms)、 T_{22} (10~100 ms)、 T_{23} (100~1000 ms),分别代表结合水、不易流动水、自由水^[38]。其中,不易流动水 T_{22} 峰面积最大,且随着蒜粉添加量的增加峰面积表现出先增加后减小的趋势,在 8% 处发生显著下降,峰顶点大体呈现出左移趋势。这种趋势的出现与凝胶网络结构的强度有关,蒜粉中多糖和含硫化合物等成分与肉中蛋白质形成更加紧密的凝胶网络结构,提高了鸭肉午餐肉保水性。这表明蒜粉添加量增加,肉糜体系的凝胶结构更加稳定,促使水分流动性下降,且部分自由水转变为结合水,导致硬度、胶黏性和咀嚼性增加,进而改善成品的口感等品质^[39],这与丁家琪等^[22]的研究结果相似。

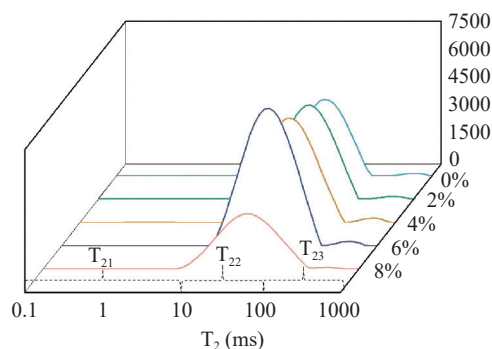
图 4 不同蒜粉添加量鸭肉午餐肉的 T_2 反演图Fig.4 T_2 inversion diagram of duck luncheon meat with different garlic powder addition

表 3 鸭肉午餐肉各因素重要程度
Table 3 Importance of each factor of duck luncheon meat

指标	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	平均值
色泽	0.1	0.2	0.3	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.3	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.1	0.1	0.2	0.3	0.2	0.19
质地	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.18
气味	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.4	0.2	0.2	0.3	0.2	0.4	0.3	0.2	0.4	0.2	0.26
滋味	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.4	0.3	0.1	0.4	0.29
回味	0.2	0.1	0.1	0.1	0	0	0.1	0.1	0.1	0	0.1	0.2	0.1	0.1	0	0	0.1	0.2	0	0.1	0.08

表 4 鸭肉午餐肉感官评价结果
Table 4 Sensory evaluation of duck luncheon meat

样品 编号	色泽				质地				气味				滋味				回味			
	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄
1	1	4	3	2	3	2	4	1	1	2	4	3	2	2	4	2	2	3	3	2
2	4	4	2	0	4	3	2	1	4	2	4	0	4	4	2	0	3	4	3	0
3	6	3	1	0	4	5	1	0	6	4	0	0	4	5	1	0	5	3	2	0
4	4	4	2	0	5	2	3	0	7	3	0	0	5	3	2	0	5	4	1	0
5	2	4	3	1	3	4	2	1	5	4	1	0	3	4	2	1	3	4	2	1

然而蒜粉的进一步添加,由于蒜粉颗粒溶解不完全从而破坏了原有的蛋白质凝胶,促使水分流动性下降,且部分自由水转变为结合水,说明蒜粉对午餐肉的水分分布有一定的影响。

2.5 模糊数学感官评价

权重集的建立:感官评定小组由经感官评价培训的食品专业学生 20 人组成,以表 1 为感官评价标准,对午餐肉的色泽、质地、气味、滋味和回味进行感官评定,并对这 5 个指标在总体指标上所占的重要程度进行评分,总分 1 分,评分与权重成正比(评分:权重=20:1)。如表 3 所示,午餐肉各项指标的权重分别为色泽 0.19、质地 0.18、气味 0.26、滋味 0.29、回味 0.08,即 $X=\{0.19, 0.18, 0.26, 0.29, 0.08\}$ 。

建立模糊关系矩阵并进行模糊变换:根据模糊数学评价法,20 名评价员对不同蒜粉添加量的午餐肉进行了感官评定,评价结果如下表 4 所示。其中样品编号 1~5 分别对应蒜粉添加量为 0%~8% 的午餐肉样品。该评价方法得到 5 种样品的模糊矩阵分别为 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 、 R_5 。

所得 5 种午餐肉样品的模糊矩阵如下,由 $Y_j=X \times R$ 可得出综合评价结果。

$$Y_1=X \times R_1=\{0.19, 0.18, 0.26, 0.29, 0.08\} \times$$
$$\begin{bmatrix} 0.1 & 0.4 & 0.3 & 0.2 \\ 0.3 & 0.2 & 0.4 & 0.1 \\ 0.1 & 0.2 & 0.4 & 0.3 \\ 0.2 & 0.2 & 0.4 & 0.2 \\ 0.2 & 0.3 & 0.3 & 0.2 \end{bmatrix}=\{0.173, 0.246, 0.373, 0.208\}$$

由此易得,对于空白组,有 17.3% 的参评人员认为优,24.6% 认为良,37.3% 认为中,20.8% 认为差。同理,对其余实验组进行计算及归一化处理后得结果: $Y_2=\{0.392, 0.330, 0.260, 0.028\}$, $Y_3=\{0.498, 0.420, 0.082, 0\}$, $Y_4=\{0.533, 0.309, 0.158, 0\}$, $Y_5=\{0.333, 0.400, 0.193, 0.074\}$ 。

建立模糊关系综合评判集:模糊综合评价总分 $W_j=Y_j \times K^{[40]}$ 。因此可得本实验各样品的综合得分如

下表 5 所示。综合得分越高,对应的蒜香鸭肉午餐肉感官品质更优良。

由表 5 可知,样品 3,即蒜粉添加量为 4% 的样品得分最高,为 88.32 分,质量等级为优;样品 1,即未添加蒜粉的得分最低,为 67.68 分,质量等级为良。

表 5 鸭肉午餐肉感官评价综合得分
Table 5 Comprehensive scores of sensory evaluation of duck luncheon meat

样品编号	综合得分
1	67.68
2	82.32
3	88.32
4	87.50
5	79.84

3 结论

本文以鸭肉午餐肉为研究对象,分别制得 5 种蒜粉浓度(0%、2%、4%、6% 和 8%)的鸭肉午餐肉,并对这 5 种蒜香午餐肉的质构特性、理化性质、感官评价和电子鼻结果进行分析。结果表明,添加蒜粉的样品与未加蒜粉的对照组产品在气味上差异较大。添加蒜粉后,午餐肉的硬度、弹性、胶黏性、回复性和咀嚼性指标呈现先上升后降低的趋势,且蒜粉添加量为 4% 时,各质构指标较对照组有显著升高,这与添加蒜粉后肉糜体系的凝胶结构更加稳定从而促使水分流动性下降有关。此外,添加蒜粉可改善鸭肉脯的色泽,与空白组相比,添加蒜粉的鸭肉午餐肉的 L^* 值呈现先上升后下降的趋势,而 a^* 降低、 b^* 整体增加。在感官评价中,蒜粉添加量为 4% 时制得的鸭肉午餐肉最受喜爱,鸭肉香味及蒜气味适中。因此,综合分析得出,添加蒜粉可以改善鸭肉午餐肉的品质,添加量为 4% 时效果最为明显。

参考文献

- [1] LI Y X, ZHOU C Y, HE J, et al. Combining e-beam irradiation and modified atmosphere packaging as a preservation strategy to improve physicochemical and microbiological properties of sauced duck product[J]. *Food Control*, 2022, 136: 108889.
- [2] 王林, 李想, 卢雪松, 等. 休闲鸭肉制品加工技术现状及对策研究[J]. *四川旅游学院学报*, 2016(4): 27-29. [WANG L, LI X, LU X S, et al. Research on the current situation and countermeasures of processing technology for leisure duck meat products[J]. *Journal of Sichuan Tourism University*, 2016(4): 27-29.]
- [3] 张璐. 冷却方式和二次灭菌对真空包装酱卤鸭胗货架的研究[D]. 郑州: 河南农业大学, 2014. [ZHANG L. Study on the shelf of vacuum packing sauce red-stewed duck gizzards by cooling method and secondary sterilization[D]. Zhengzhou: Henan Agricultural University, 2014.]
- [4] WEI T T, DANG Y L, CAO J X, et al. Different duck products protein on rat physiology and gut microbiota[J]. *Journal of Proteomics*, 2019, 206: 103436.
- [5] WANG D Y, ZHU Y Z, XU W M. Composition of intramuscular phospholipids and free fatty acids in three kinds of traditional Chinese duck meat products[J]. *Poultry Science*, 2009, 88(1): 221-226.
- [6] BISWAS S, BANERJEE R, BHATTACHARYA D, et al. Technological investigation into duck meat and its products-a potential alternative to chicken[J]. *World's Poultry Science Journal*, 2019, 75(4): 609-620.
- [7] CAI Z D, RUAN Y F, HE J, et al. Effects of microbial fermentation on the flavor of cured duck legs[J]. *Poultry Science*, 2020, 2020(9): 4642-4652.
- [8] 康雅. 大蒜的营养成分及其保健功能[J]. *中国食物与营养*, 2010(9): 75-77. [KANG Y. The nutritional components and health functions of garlic[J]. *Chinese Food and Nutrition*, 2010(9): 75-77.]
- [9] NURWANTORO V P, BINTORO A M, LEGOWO A, et al. Garlic antioxidant (*Allium sativum* L.) to prevent meat rancidity[J]. *Procedia Food Science*, 2015(3): 137-141.
- [10] SALLAM K I, ISHIOOROSHI M, SAMEJIMA K. Antioxidant and antimicrobial effects of garlic in chicken sausage[J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2004, 37(8): 849-855.
- [11] BEATA J. HPLC-fluorescence analysis of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in pork meat and its gravy fried without additives and in the presence of onion and garlic[J]. *Food Chemistry*, 2011, 126(3): 1344-1353.
- [12] HOLDEN J M, WILLIAMS J R, ROSELAND J M, et al. Nutrient content of luncheon meats with emphasis on sodium[J]. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 2012, 112(9): A43.
- [13] SOPHIE G, THOMS V H, ELS V, et al. Commercial luncheon meat products and their *in vitro* gastrointestinal digests contain more protein carbonyl compounds but less lipid oxidation products compared to fresh pork[J]. *Food Research International*, 2020, 136: 109585.
- [14] 杨森, 涂宗财, 王辉, 等. 超微细化草鱼制备高钙午餐鱼肉罐头头及工艺优化[J]. *食品与发酵工业*, 2019, 45(18): 202-208. [YANG S, TU Z C, WANG H, et al. Preparation and process optimization of high calcium lunch fish meat canned with ultrafine grass carp[J]. *The Food and Fermentation Industry*, 2019, 45(18): 202-208.]
- [15] MAI A M, GEHAN M K, DALIA A Z, et al. Impact of mechanically recovered poultry meat (MRPM) on proximate analysis and mineral profile of traditional Egyptian luncheon[J]. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 2023, 16(1): 100521.
- [16] 段少奇, 吉宏武, 张迪, 等. 基于模糊数学评价法优化凡纳滨对虾真空微波干燥工艺[J]. *广东海洋大学学报*, 2021, 41(2): 131-138. [DUAN S Q, JI H W, ZHANG D, et al. Optimization of vacuum microwave drying process for *Litopenaeus vannamei* based on fuzzy mathematics evaluation method[J]. *Journal of Guangdong Ocean University*, 2021, 41(2): 131-138.]
- [17] 许蓓, 龚盛祥, 王正武. 模糊评判响应面法优化无糖明日叶曲奇配方[J]. *食品工业科技*, 2019, 40(10): 194-200. [XU B, GONG S X, WANG Z W. Fuzzy evaluation response surface methodology for optimizing sugar free tomorrow leaf cookie formula[J]. *Food Industry Technology*, 2019, 40(10): 194-200.]
- [18] 杨旭. 模糊数学分析下的萝卜干酱腌菜工艺改进研究[J]. *中国调味品*, 2021, 46(2): 102-104. [YANG X. Study on the improvement of pickle technology of dried radish sauce based on fuzzy mathematical analysis[J]. *Chinese Seasoning*, 2021, 46(2): 102-104.]
- [19] 孟子晴, 赵改名, 祝超智, 等. 基于电子鼻与模糊数学建立熏牛肉品质评价法[J]. *食品与发酵工业*, 2020, 46(18): 219-225.
- [20] MENG Z Q, ZHAO G M, ZHU C Z, et al. Quality evaluation method of smoked beef based on electronic nose and fuzzy mathematics[J]. *The Food and Fermentation Industry*, 2020, 46(18): 219-225.]
- [21] 赵晶, 陈喜君, 张筠, 等. 模糊数学评价结合响应面法优化发酵核桃乳工艺[J]. *食品科技*, 2020, 45(8): 98-106. [ZHAO J, CHEN X J, ZHANG J, et al. Fuzzy mathematics evaluation combined with response surface methodology to optimize the fermentation process of walnut milk[J]. *Food Technology*, 2020, 45(8): 98-106.]
- [22] 芦美丽. 泡椒风味鸭肉午餐肉的研制[D]. 雅安: 四川农业大学, 2013. [LU M L. Development of pickled pepper flavor duck lunch meat[D]. Ya'an: Sichuan Agricultural University.]
- [23] 丁家琪, 白辰雨, 顾泽鹏, 等. 抹茶粉添加量对鸭肉糜品质特性及风味品质的影响[J]. *四川农业大学学报*, 2022, 40(3): 449-457, 464. [DING J Q, BAI C Y, GU Z P, et al. Effect of tea powder addition on texture characteristics and flavor quality of preserved duck meat[J]. *Journal of Sichuan Agricultural University*, 2022, 40(3): 449-457, 464.]
- [24] 贾洪信, 周喜华, 刘素纯. 基于模糊数学综合评价法优化平菇肉松制作工艺[J]. *北方园艺*, 2018(24): 118-124. [JIA H X, ZHOU X H, LIU S C. Optimization of the production process of mushroom meat floss based on fuzzy mathematics comprehensive evaluation method[J]. *Northern Horticulture*, 2018(24): 118-124.]
- [25] 严宏孟, 徐杨林, 伊力夏提·艾热提, 等. 发酵马肉香肠菌种配比的优化及模糊数学评价[J]. *中国酿造*, 2021, 40(1): 87-92. [YAN H M, XU Y L, YILIXIATI A, et al. Optimization and fuzzy mathematical evaluation of the proportion of fermented horse meat sausage strains[J]. *China Brewing*, 2021, 40(1): 87-92.]
- [26] 崔震霞, 毕继才, 朱琳, 等. 基于模糊数学综合评价法研发麻辣猪肉佐餐酱的研究[J]. *中国调味品*, 2018, 43(6): 49-52. [CUI Z K, BI J C, ZHU L, et al. Research on the development of spicy pork sauce based on fuzzy mathematics comprehensive evaluation method[J]. *Chinese Seasoning*, 2018, 43(6): 49-52.]
- [27] SEUNGJU L, YOUNGAN K. Study on fuzzy reasoning application for sensory evaluation of sausages[J]. *Food Control*, 2007, 18(7): 811-816.
- [27] 叶昕轶. 油炸鸡胸肉对棕榈油的品质影响及基于介电特性和电子鼻的快速检测技术研究[D]. 雅安: 四川农业大学, 2015.

- [YE X Y. The effect of fried chicken breast meat on the quality of palm oil and the research of rapid detection technology based on dielectric properties and electronic nose[D]. Ya'an: Sichuan Agricultural University, 2015.]
- [28] LI R X, XIN Z Y, LEI L, et al. A novel method for qualitative analysis of edible oil oxidation using an electronic nose[J]. Food Chemistry, 2016(202): 229–235.
- [29] 李杨薇宇. 预调理冷鲜牛排加工工艺及其品质变化研究[D]. 雅安: 四川农业大学, 2018. [LI Y W Y. Research on the processing technology and quality changes of pre conditioned cold fresh steak[D]. Ya'an: Sichuan Agricultural University, 2018.]
- [30] 陈永清. 大蒜素在烹饪调味中的应用[J]. 中国调味品, 2007(4): 69–71. [CHEN Y Q. The application of allicin in cooking seasoning[J]. Chinese Seasoning, 2007(4): 69–71.]
- [31] 陈海涛, 李萌, 孙杰, 等. 新鲜大蒜与炸蒜油挥发性风味物质的对比分析[J]. 精细化工, 2018, 35(8): 1355–1362. [CHEN H T, LI M, SUN J, et al. Comparative analysis of volatile flavor compounds in fresh garlic and fried garlic oil[J]. Fine Chemicals, 2018, 35(8): 1355–1362.]
- [32] 李凯旋, 詹萍, 田洪磊, 等. 基于 GA-BP 神经网络的蒜香调味粉制备工艺优化[J]. 中国食品学报, 2020, 20(10): 150–159. [LI K X, ZHAN P, TIAN H L, et al. Optimization of garlic seasoning powder preparation process based on GA-BP neural network[J]. Journal of Chinese Food Science and Technology, 2020, 20(10): 150–159.]
- [33] 刘鑫垚. 大蒜风味发酵香肠工艺优化及贮藏品质研究[D]. 天津: 天津科技大学, 2021. [LIU X L. Optimization of garlic flavor fermented sausage technology and research on storage quality [D]. Tianjin: Tianjin University of Science and Technology, 2021.]
- [34] HAMED G O, AFSHIN J, MOHAMMAD R S A, et al. Mechanical attributes, colloidal interactions, and microstructure of meat batter influenced by flaxseed flour and tomato powder[J]. Meat Science, 2022, 187: 108750.
- [35] 栗俊广, 李增, 蒋爱民, 等. 蒜粉添加量对猪肉盐溶蛋白凝胶特性的影响[J]. 食品科学, 2013, 34(17): 15–18. [LI J G, LI Z, JIANG A M, et al. Effect of garlic powder addition on the characteristics of pork salt soluble protein gel[J]. Food Science, 2013, 34(17): 15–18.]
- [36] 周佳, 蒋爱民, 郭善广, 等. 四种常用香辛料对牛肉盐溶蛋白热诱导凝胶特性的影响[J]. 肉类研究, 2009(10): 39–43. [ZHOU Q, JIANG A M, GUO S G, et al. Effects of four commonly used spice on heat induced gel properties of beef salt soluble protein[J]. Meat Research, 2009(10): 39–43.]
- [37] 王林, 冯飞, 侯智勇, 等. 混料设计法优化低盐灰树花蒜泥烧椒牦牛肉酱配方研究[J]. 中国调味品, 2022, 47(7): 163–166. [WANG L, FENG F, HOU Z Y, et al. Optimization of the formula of low salt *Grifola frondosa* garlic mash braised pepper yak meat paste by mix design[J]. Chinese Condiments, 2022, 47(7): 163–166.]
- [38] 李欣, 苏珊珊, 马俪珍, 等. 利用 LF-NMR 研究牛肉粒微波干燥过程中水分迁移和分布变化[J]. 食品科技, 2013, 38(1): 145–149. [LI X, SU S S, MA L Z, et al. Using LF-NMR to study the changes in water migration and distribution during microwave drying of beef grains[J]. Food Technology, 2013, 38(1): 145–149.]
- [39] 张彪, 李冬梅, 郭璇, 等. 南美白对虾与南极磷虾复合虾糜的凝胶特性[J]. 现代食品科技, 2022, 38(7): 232–239, 344. [ZHANG B, LI D M, GUO X, et al. Gel properties of compound shrimp surimi of *Penaeus vannamei* and *Antarctic krill*[J]. Modern Food Technology, 2022, 38(7): 232–239, 344.]
- [40] 杨育静, 丁家琪, 白辰雨, 等. 山药粉添加量对猪肉丸品质的影响[J]. 东北农业大学学报, 2021, 52(6): 56–62. [YANG Y J, DING J Q, BAI C Y, et al. Effect of Chinese yam powder addition on the quality of pork balls[J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2021, 52(6): 56–62.]