



胡新华,李宇泉,陈冠铭,等. 红烧乳鸽预制菜工艺优化及品质分析[J]. 轻工学报,2026,41(5):59-71.
Hu X H, Li Y Q, Chen G M, et al. Optimization of processing technology and quality analysis of braised squab prepared dishes[J]. Journal of Light Industry, 2026, 41(5): 59-71. DOI:10.12187/2026.05.006

红烧乳鸽预制菜工艺优化及品质分析

胡新华¹, 李宇泉¹, 陈冠铭¹, 蔡雪梅², 钱敏¹, 赵文红¹, 刘晓艳¹, 白卫东¹

1. 仲恺农业工程学院 轻工食品学院, 广东 广州 510225;
2. 四川旅游学院 食品营养与健康四川省高等学校重点实验室, 四川 成都 610100

摘要:【目的】探究红烧乳鸽预制菜最佳制作工艺并分析其品质特征。【方法】选用冰鲜乳鸽制作红烧乳鸽预制菜,以感官评分和质构特性为指标,通过单因素试验和响应面试验优化其制作工艺,并分析成品的滋味与香气特征。【结果】红烧乳鸽预制菜的最佳制作工艺为食盐添加量1.4%、腌制时间3 h、卤煮温度90℃和卤煮时间15 min,在此条件下,红烧乳鸽预制菜感官评分为93分。红烧乳鸽预制菜成品中共检出17种游离氨基酸,其中谷氨酸($TAV=3.07$)对红烧乳鸽预制菜鲜味有直接贡献;共鉴定出22种关键挥发性风味成分,以醛类、萜烯类及酯类为主导,其中正己醛、苜烯和正己酸乙烯酯的OAV较高,分别为380.009、82.798和77.598,共同形成了红烧乳鸽预制菜清新、辛香与肉香协调融合的整体香气特征。【结论】优化后的制作工艺赋予红烧乳鸽预制菜优良的感官品质、突出的鲜味及丰富的香气层次,可应用于其标准化生产与风味品质调控。

关键词: 红烧乳鸽; 预制菜; 工艺优化; 滋味; 香气

中图分类号: TS251.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 2096-1553(2026)05-0059-13

0 引言

乳鸽是指出壳约一个月的幼鸽,其肉质细嫩、风味独特、营养丰富,富含多种氨基酸和微量元素,从古至今被作为药膳使用。红烧乳鸽作为经典粤菜代表之一,以皮脆肉嫩、色泽红亮、香气浓郁而著称^[1]。其传统制作过程通常包括腌制、卤煮、上皮水、风干、油炸等多个环节,工序较为烦琐、操作经验依赖性较强,难以适应现代餐饮标准化和便捷化的发展需求^[2]。因此,开发高品质的红烧乳鸽预制

菜,对推动传统菜肴的工业化和标准化生产具有重要意义。

预制菜是以一种或多种食用农产品及其制品为原料,使用或不使用调味料等辅料,不添加防腐剂,经工业化预加工(如搅拌、腌制、滚揉、成型、炒、炸、烤、煮、蒸等)制成,配以或不配以调味料包,按符合产品标签标明的贮存、运输及销售条件,加热或熟制后方可食用的预包装菜肴^[3]。随着预制菜产业的快速发展,菜肴的便捷化食用和规模化供应得以实现,相关研究也逐渐拓展至产品加工、品质

收稿日期:2026-01-08;修回日期:2026-05-06;出版日期:2026-10-15

基金项目:广东省重点建设学科科研能力提升项目(2025ZDJS004);食品营养与健康四川省高等学校重点实验室开放基金项目(FN25Y04);广东省教育厅特色创新项目(2022KTSCX056)

作者简介:胡新华(2000—),男,云南省云县人,仲恺农业工程学院硕士研究生,主要研究方向为食品化学。E-mail: huxinhua1314@yeah.net

通信作者:赵文红(1966—),女,甘肃省兰州市人,仲恺农业工程学院教授,博士,主要研究方向为食品加工与生物技术。E-mail:848060091@qq.com

变化、品质调控等方面,预制菜已在餐饮业和家庭消费市场展现出广阔前景^[2,4-5]。在禽肉预制菜领域,现有研究多集中于鸡、鸭等常见品类。如唐菊莲等^[6]采用正交试验探究调和油、酱油和米酒的添加量对三杯鸡预制菜品质的影响,发现调和油、酱油($V(\text{生抽}):V(\text{老抽})=6:1$)和米酒的添加量分别为 2.5%、6.25% 和 4.0%,预熟制时间为 7 min(煸炒 5 min、上汁上味 2 min)时,产品的感官评分最高;党亚丽等^[7]探讨了不同含氧气调包装方式对调理鸭肉制品的保鲜效果,发现气调包装气体配比为 $V(\text{CO}_2):V(\text{O}_2):V(\text{N}_2)=1:2:2$ 时,保鲜效果最好。现有乳鸽加工研究主要关注不同制作工艺对产品感官品质及理化特性的影响,而针对红烧乳鸽预制化加工过程中腌制、卤煮等关键环节的工艺参数(如食盐添加量、腌制时间、卤煮温度、卤煮时间)对产品品质的影响尚缺乏系统研究^[1,8]。

鉴于此,本研究拟选用冰鲜乳鸽为原料制作红烧乳鸽预制菜,以感官评分和质构特性为指标,通过单因素试验和响应面试验优化其制作工艺,并分析其成品的滋味与风味特征,以期对红烧乳鸽预制菜产品的品质提升和标准化加工提供参考,满足消费者对高品质禽肉预制菜的需求。

1 材料与方法

1.1 主要材料与试剂

冰鲜乳鸽、香叶、桂皮、陈皮、八角、花椒、小茴香、食盐、味精、青花椒、白蔻、香砂、草果、红曲米、白胡椒、五香粉、砂糖、酱油、料酒、大豆油,购于广东省广州市小象超市江南大道中站;HCl,广东广试试剂科技有限公司;磺基水杨酸、正己烷,天津基准化试剂有限公司;2-甲基-3-庚酮(色谱纯),麦克林生化科技有限公司。除特别标注外,其余试剂均为分析纯。

1.2 主要仪器与设备

TMS-PRO 型质构仪,美国 FTC 公司;6890-5973 型气相色谱-质谱联用(GC-MS)仪,安捷伦科技有限公司;LA8080 型氨基酸分析仪,日本日立公司。

1.3 实验方法

1.3.1 红烧乳鸽预制菜制作工艺

1) 红烧乳鸽预

制菜制作流程:选取单只质量约 250 g、表皮完整、无明显机械损伤、无淤血、色泽正常、气味正常的冰鲜乳鸽,充分洗净;用占乳鸽质量 1.4% 的食盐与 0.2% 的五香粉均匀涂抹于乳鸽表面及体腔,静置腌制 1 h;卤水各组分的相对添加量以砂糖添加量(100.0 g)为基准,依次为酱油 280.5 g、料酒 59.5 g、食盐 21.3 g、味精 19.5 g、红曲米 10.1 g、八角 9.4 g、桂皮 7.3 g、花椒 5.9 g、草果 4.8 g、香叶 3.7 g、香砂 3.0 g、陈皮 1.6 g、小茴香 1.2 g、白胡椒 1.2 g、青花椒 1.2 g 和白蔻 0.9 g,添加 4 kg 饮用水后熬制 1 h,将腌制好的乳鸽按料液比(g/mL) 1:3.2 放入卤水中,于 90 ℃ 条件下卤煮 20 min;按 $m(\text{麦芽糖}):m(\text{醋}):m(\text{酒}):m(\text{水})=3:3:1:3$ 配制脆皮水,将卤煮好的乳鸽浸渍 3 s 并重复 3 次;经 45 ℃ 鼓风干燥 1 h 后装袋,在 -18 ℃ 下冷冻保存,备用。

2) 检测前样品预处理:除特别说明外,后续感官评价、质构特性测定及品质分析所用样品,均为冷冻保存后的红烧乳鸽预制菜,经 4 ℃ 恒温解冻 12 h 后,于 170 ℃ 油温下炸制 4 min 所得。

1.3.2 感官评价 根据《感官分析 食品感官质量控制导则》(GB/T 29605—2013)^[9]。选择 10 名经过培训的食品专业研究生(男女各 5 名,22~28 岁),组建感官评价小组。对预处理后的红烧乳鸽预制菜色泽(25 分)、香味(25 分)、滋味(25 分)和质地(25 分)这 4 个指标进行独立感官评价,评价下一个样品前用苏打水漱口。感官评价结果取平均值进行分析。感官评分标准参考钱敏等^[10]的研究,并稍作修改,具体见表 1。

1.3.3 质构特性检测 参考郑敏怡^[8]的方法,并稍作修改。取预处理后的红烧乳鸽胸肉部分,切分成 15 mm×10 mm×10 mm 肉样,采用质构仪对其质构特性(硬度、弹性、内聚性、咀嚼性)进行检测,具体参数为:质构剖面分析(Texture Profile Analysis, TPA)模式,圆柱形探头直径 10 mm,形变百分比 30%,测速 30 mm/min。

1.3.4 单因素试验 在 1.3.1 制作工艺的基础上,以感官评分、质构特性为考查指标,分别考查食盐添加量(1.0%、1.2%、1.4%、1.6% 和 1.8%)、腌制时间(1 h、2 h、3 h、4 h 和 5 h)、卤煮温度(80 ℃、85 ℃、

90 ℃、95 ℃ 和 100 ℃) 和卤煮时间(10 min、15 min、20 min、25 min 和 30 min)这 4 个因素对红烧乳鸽预制菜品质的影响。

1.3.5 响应面试验 在单因素试验的基础上,仅对腌制时间、卤煮温度和卤煮时间进行响应面优化。采用 Design Expert 13 软件中的 Box-Behnken 模型,选取腌制时间(*A*)、卤煮温度(*B*)和卤煮时间(*C*)为自变量,以感官评分(*Y*)为响应值,对红烧乳鸽预制菜制作工艺进行优化,确定最佳制作工艺。响应面试验因素与水平见表 2。

1.3.6 游离氨基酸含量及滋味活性值(Taste Activity Value, TAV)测定 参考葛庆联等^[11]的方法,并稍作修改。将预处理后的红烧乳鸽胸肉部分(带皮)置于绞肉机中搅碎,取 5 g 绞碎肉样,加入 10 mL 浓度为 0.02 mol/L 的 HCl 溶液,在 7000 r/min 条件下均质 90 s,然后用 0.02 mol/L 的 HCl 溶液定容至 25 mL,在 3000 r/min 条件下离心 10 min。取上清液 2 mL,加入 2 mL 质量分数为 8%的磺基水杨酸溶液,在 4 ℃冰箱中静置 30 min 后,在 10 000 r/min 条

件下离心 10 min。取 2 mL 上清液,加入 2 mL 正己烷,混合后,在 10 000 r/min 条件下离心 10 min,取下层液体,过 0.22 μm 滤膜,采用氨基酸自动分析仪测定游离氨基酸含量。

TAV 是评估特定成分对整体滋味贡献程度的重要指标。当某成分的 TAV>1 时,表明其在整体滋味中起显著作用,能够对样品的滋味特征产生明显影响^[12-13]。TAV 越高,该成分对样品滋味的贡献越大,其特征滋味在总体感知中越突出。TAV 计算公式如下:

$$TAV = \frac{C}{T}$$

式中,*C* 为该成分在样品中的含量/(mg·g⁻¹),*T* 为该成分的味觉阈值/(mg·g⁻¹)。

1.3.7 挥发性风味成分测定 参考郑敏怡^[8]的方法,并稍作修改。

顶空-固相微萃取条件:将预处理后的红烧乳鸽胸肉部分(带皮)置于绞肉机绞碎后,取 6 g 绞碎肉样,装入 20 mL 顶空瓶中,加入 10 μL 浓度为 50 μg/mL 的 2-甲基-3-庚酮内标溶液。将老化后的萃取头插入样品瓶中,在 60 ℃ 条件下萃取 30 min。

GC 条件:DB-WAX-UI 毛细管柱(30 m×0.25 mm×0.25 μm);进样口温度为 250 ℃,解吸 5 min,不分流;初始温度为 40 ℃,保持 4 min,然后以 4 ℃/min 升温至 100 ℃,保持 2 min,随后以 6 ℃/min 升温至 200 ℃,保持 2 min,最后以 8 ℃/min 升温至 230 ℃,保持 4 min;载气为 He,流速为 1.0 mL/min。

MS 条件:电离方式为 EI,电子能量为 70 eV,离子源温度为 230 ℃,四级杆温度为 150 ℃,扫描质量范围为 30~500 aum。

气味活性值(Odor Activity Value, OAV)反映挥发性风味成分对香气的贡献,OAV≥1 表明该成分对香气有贡献。查阅挥发性风味成分气味阈值,按下式计算 OAV^[14]:

$$OAV = \frac{C_i}{T_i}$$

式中,*C_i* 和 *T_i* 分别为第 *i* 个挥发性风味成分的相对含量/(mg·g⁻¹)和气味阈值/(mg·g⁻¹)。

表 1 感官评分标准

Table 1 Sensory evaluation criteria

评价指标	描述	感官评分/分
色泽	酱红鲜亮,颜色均匀	21~25
	酱红稍浅,光泽或均匀度略有不足	16~20
	色泽暗淡、发黑或杂色,无光泽	0~15
香味	香气浓郁持久,无异味	21~25
	香气不足或略有欠缺,无异味	16~20
	香气淡薄,有明显不愉快气味	0~15
滋味	红烧味浓,咸、鲜、甜协调,回味足	21~25
	红烧味尚可,咸、鲜、甜基本协调	16~20
	味道平淡、不协调或有明显异味	0~15
质地	肉质嫩滑多汁,皮干脆,不油腻	21~25
	肉质较嫩,汁水较少,皮略有韧性,油腻感低	16~20
	肉质粗老,汁水少,皮软或韧,油腻	0~15

表 2 响应面试验因素与水平

Table 2 Factors and levels of the response surface experiment

水平	因素		
	<i>A</i> /h	<i>B</i> /℃	<i>C</i> /min
-1	2	85	10
0	3	90	15
1	4	95	20

1.4 数据处理

上述实验均重复 3 次,结果用(平均值±标准差)表示。采用 SPSS 27 软件进行单因素方差分析,并使用沃勒-邓肯法进行多重比较,显著性水平设定为 $P<0.05$;通过 Origin 2021 软件绘图。

2 结果与分析

2.1 单因素试验结果分析

2.1.1 食盐添加量对红烧乳鸽预制菜品质的影响

食盐具有调和风味的作用,适量添加能够突出肉制品的特殊风味^[15-16]。同时,食盐也是一种常用保水剂,适量添加可轻微溶解肉制品中的肌球蛋白,使其在受热后形成一层能锁住水分的凝胶网络,有效防止水分过度流失,避免产品口感发柴^[17]。食盐添加量对红烧乳鸽预制菜感官评分的影响如图 1 所示,图中不同小写字母表示组间差异显著($P<0.05$)。由图 1 可知,随着食盐添加量的增加,红烧乳鸽预制菜的感官评分呈先上升后下降的趋势。当食盐添加量为 1.4% 时,感官评分最高,为 91 分。当食盐添加量较低时,食盐难以充分激发整体风味,产品滋味偏于平淡;当食盐添加量过高时,过重的咸味会掩盖其他风味,且不利于健康。

食盐添加量对红烧乳鸽预制菜质构特性的影响见表 3。由表 3 可知,随着食盐添加量的增加,红烧乳鸽预制菜的硬度和咀嚼性均整体呈先上升后下降的趋势,弹性和内聚性没有发生显著变化,这表明食盐添加量对样品质构具有一定影响,尤其对硬度和咀嚼性的影响较为明显。孟嘉珩等^[18]研究发现,食盐腌制会影响鸡肉品质及肌原纤维蛋白结构,进而导致质构特性发生变化。邱思等^[19]也指出,随着食盐浓度的增加,鸡肉硬度会随之改变。本研究结果与上述研究基本一致。综合考虑感官品质与低盐健康需求,选取食盐添加量为 1.4% 作为后续试验的固定水平。

2.1.2 腌制时间对红烧乳鸽预制菜品质的影响

红烧乳鸽预制菜腌制工艺是决定其品质的关键工艺之一。腌制过程中,腌料中的风味物质遵循菲克扩散定律,从高浓度的腌料向低浓度的鸽肉内部迁

移,使鸽肉滋味丰富并去除腥味成分;同时,食盐和风味物质的渗透也会影响产品的滋味和质地特性^[20]。腌制时间对红烧乳鸽预制菜感官评分的影响如图 2 所示。由图 2 可知,随着腌制时间的延长,感官评分呈先上升后下降的趋势。当腌制时间为 3 h 时,感官评分最高,为 88 分。腌制时间较短时,腌料中的食盐、风味物质未充分渗透到鸽肉内部,滋味较淡,层次感不足;随着腌制时间的延长,风味物质进一步渗透,滋味增强;但当腌制时间过长时,风味物质过度渗透反而会掩盖鸽肉鲜味,导致风味协调性下降。

腌制时间对红烧乳鸽预制菜质构特性的影响见表 4。由表 4 可知,硬度与咀嚼性均随腌制时间的延长呈先升后降再升的趋势,弹性则在腌制 2 h 时达到峰值后明显回落。这一变化规律与食盐渗透引起蛋白质结构变化密切相关。在腌制时间较短(1~2 h)时,食盐渗透促使肌原纤维蛋白溶出与交联,形成更为致密的凝胶网络,从而使硬度与咀

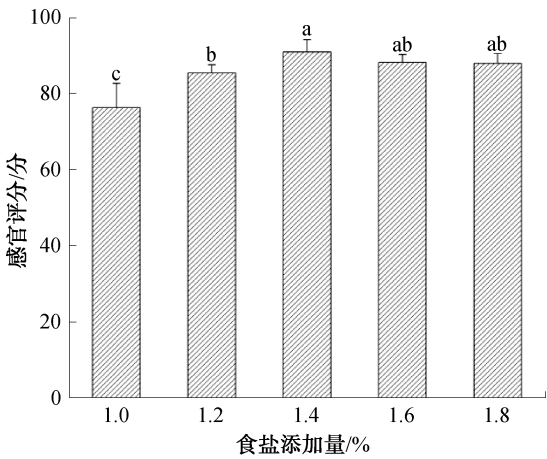


图 1 食盐添加量对红烧乳鸽预制菜感官评分的影响
Fig. 1 Effect of salt addition amount on the sensory evaluation of braised squab prepared dishes

表 3 食盐添加量对红烧乳鸽预制菜质构特性的影响
Table 3 Effect of salt addition amount on the texture properties of braised squab prepared dishes

食盐添加量/%	硬度/N	弹性/mm	内聚性	咀嚼性/mJ
1.0	5.57±0.37 ^c	2.17±0.13 ^a	0.56±0.01 ^a	6.82±0.44 ^{bc}
1.2	10.54±1.79 ^a	2.32±0.11 ^a	0.52±0.03 ^a	12.87±2.69 ^a
1.4	8.78±0.92 ^{ab}	2.08±0.31 ^a	0.53±0.03 ^a	9.71±2.20 ^{abc}
1.6	7.58±1.41 ^{bc}	2.39±0.11 ^a	0.55±0.01 ^a	10.01±1.78 ^{ab}
1.8	5.32±0.12 ^c	1.96±0.19 ^a	0.55±0.03 ^a	5.79±0.80 ^c

嚼性显著上升;同时,该阶段形成的凝胶网络兼具良好的柔韧性与保水性,使弹性达到最佳。随着腌制时间延长(2~4 h),持续的食盐渗透可能导致蛋白质溶解度下降,并发生过度聚集甚至盐析效应,破坏有序的凝胶结构,致使硬度、咀嚼性及弹性均下降^[17-18]。进一步延长腌制时间(>4 h),渗透压驱动的失水作用不断累积,导致肌肉纤维脱水而收缩,硬度与咀嚼性再度回升,但此时凝胶网络的柔韧性已受损,弹性维持在较低水平^[19-20]。因此,确定腌制时间范围为2~4 h。

2.1.3 卤煮温度对红烧乳鸽预制菜品质的影响

卤煮是红烧乳鸽预制菜制熟定型的关键工序,主要通过热作用使鸽肉蛋白质变性成熟;同时,卤水中各香辛料释放的风味物质在高温下的运动更剧烈,会从高浓度的卤水渗透到鸽肉中,使鸽肉滋味变得丰富^[21-23]。卤煮温度对红烧乳鸽预制菜感官评分的影响如图3所示。由图3可知,随着卤煮温度的升高,感官评分呈先上升后下降的趋势。当卤煮温

度为90℃时,感官评分最高,为86分。当卤煮温度过低时,热作用不足,蛋白质变性不充分,鸽肉成熟度不够,卤水中风味物质向鸽肉中的扩散速率较慢,导致滋味较寡淡;卤煮温度适宜时,热作用促使蛋白质适度变性、肌纤维结构松弛,同时高温增强了分子热运动与扩散动力,有利于风味物质的渗透与吸附,使鸽肉嫩滑、滋味饱满;卤煮温度过高时,剧烈的热作用会导致蛋白质过度变性、肌纤维急剧收缩,进而使水分大量流失、肉质变柴,且剧烈的热变性可能使肌肉纤维间隙快速闭合,不利于风味物质的持续渗透^[24-25]。

卤煮温度对红烧乳鸽预制菜质构特性的影响见表5。由表5可知,随着卤煮温度的升高,除内聚无显著变化外,硬度、弹性与咀嚼性均呈先上升后下降的趋势。具体而言,硬度与咀嚼性在80℃时达到峰值,这可能与该温度下肌原纤维蛋白热凝胶网络形成并强化有关。当温度升高至90℃时,硬度与咀嚼性均下降,而弹性则达到最高值。该变化可

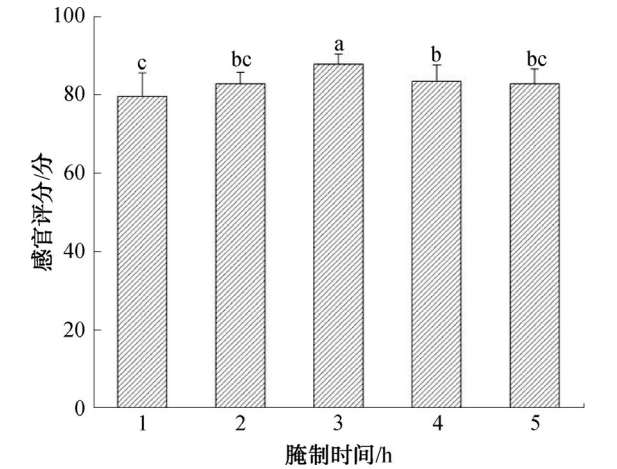


图2 腌制时间对红烧乳鸽预制菜感官评分的影响
Fig.2 Effect of marination time on the sensory evaluation scores of braised squab prepared dishes

表4 腌制时间对红烧乳鸽预制菜质构特性的影响
Table 4 Effect of marination time on the texture properties of braised squab prepared dishes

腌制时间/h	硬度/N	弹性/mm	内聚性	咀嚼性/mJ
1	4.74±0.27 ^c	1.71±0.15 ^b	0.55±0.01 ^a	4.46±0.44 ^c
2	8.21±0.83 ^{ab}	2.43±0.35 ^a	0.62±0.04 ^a	12.44±2.32 ^a
3	9.30±0.39 ^a	1.86±0.02 ^b	0.54±0.03 ^a	9.45±1.68 ^b
4	6.92±0.63 ^b	1.88±0.03 ^b	0.54±0.01 ^a	7.01±0.59 ^{bc}
5	9.42±0.38 ^a	1.81±0.12 ^b	0.57±0.02 ^a	9.68±0.71 ^{ab}

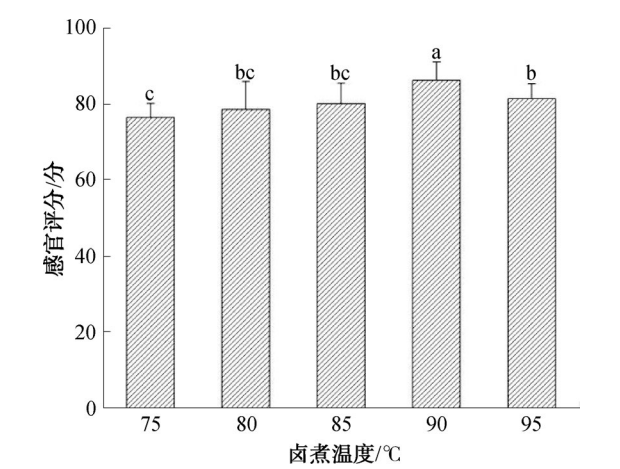


图3 卤煮温度对红烧乳鸽预制菜感官评分的影响
Fig.3 Effect of braising temperature on the sensory evaluation scores of braised squab prepared dishes

表5 卤煮温度对红烧乳鸽预制菜质构特性的影响
Table 5 Effect of braising temperature on the texture properties of braised squab prepared dishes

卤煮温度/℃	硬度/N	弹性/mm	内聚性	咀嚼性/mJ
75	7.30±0.55 ^{ab}	1.83±0.22 ^b	0.58±0.02 ^a	7.76±0.87 ^a
80	8.92±0.93 ^a	1.74±0.15 ^b	0.57±0.01 ^a	8.87±0.66 ^a
85	7.81±0.91 ^a	1.84±0.20 ^b	0.56±0.02 ^a	8.07±0.94 ^a
90	5.78±0.47 ^{bc}	2.39±0.22 ^a	0.55±0.01 ^a	7.50±0.25 ^a
95	5.18±0.76 ^c	1.80±0.07 ^b	0.58±0.02 ^a	5.37±0.74 ^b

能与两方面的作用相关:一是高温($\geq 90\text{ }^{\circ}\text{C}$)促使胶原蛋白明胶化,这能部分抵消肌原纤维凝胶的刚性;二是肌原纤维蛋白网络与明胶化组分在此温度下形成了更具弹性的复合凝胶结构。当温度进一步升高至 $95\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,硬度、弹性和咀嚼性均显著降低,该变化可能是由于肌原纤维蛋白网络发生了过度变性或脱水聚集。因此,确定卤煮温度范围为 $85\sim 95\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

2.1.4 卤煮时间对红烧乳鸽预制菜品质的影响

在一定的卤煮温度下,卤煮时间是决定鸽肉品质的关键因素,尤其影响鸽肉的嫩度。嫩度由肌原纤维蛋白的柔软程度和结缔组织(主要是胶原蛋白)的坚韧程度共同决定。胶原蛋白在常温下是坚韧的纤维束,必须经过加热水解成明胶,才会使肉质软化^[26]。卤煮时间对红烧乳鸽预制菜感官评分的影响如图 4 所示。由图 4 可知,随着卤煮时间的延长,感官评分呈先上升后下降的趋势。卤煮时间为 15 min 时,感官评分最高,为 89 分。在卤煮初期,热作用虽能使肌原纤维蛋白变性凝固,但胶原蛋白的水解程度较低,口感不佳,且卤水中的风味物质也未能充分渗透,鸽肉表层与内部滋味差异明显。当卤煮时间延长至 15 min 左右时,胶原蛋白在湿热作用下逐步溶解、断裂并转化为明胶,此时肉质变得软嫩适口,风味物质进一步渗透至乳鸽中,内外滋味协调。当继续延长卤煮时间时,鸽皮可能因过度受热而破裂,胶原蛋白过度水解也会使肉质变得软烂,失去应有的弹性;此外,长时间加热还会加剧蒸煮损失与营养流失,使鸽皮呈现不同程度的破裂^[27-29]。

卤煮时间对红烧乳鸽预制菜质构特性的影响见表 6。由表 6 可知,随着卤煮时间的延长,4 项质构指标均呈先上升后下降的趋势,但弹性、内聚性和咀嚼性在后期会出现一定回升。在卤煮时间较短($10\sim 20\text{ min}$)时,肌原纤维蛋白(尤其是肌球蛋白)在热诱导下变性、聚集并形成三维凝胶网络,该网络能有效锁住水分,导致肌肉组织收缩,质地变得紧实,从而使硬度上升;同时,凝胶网络结构的形成也会增强肌肉内部结合力与回弹性,表现为弹性和内聚性上升^[26]。继续延长卤煮时间($20\sim 25\text{ min}$),

持续热作用会导致蛋白凝胶网络发生严重的脱水收缩与过度交联,致使网络结构崩解,水分大量流失,4 项质构指标均显著下降^[25,30]。当卤煮时间为 30 min 时,弹性出现小幅回升,这可能是因为持续热作用会引起蛋白网络局部重组或水分再分布,使柔韧性得到部分恢复^[31]。因此,确定卤煮时间范围为 $10\sim 20\text{ min}$ 。

2.2 响应面试验结果分析

2.2.1 回归模型建立及方差分析 响应面试验设计及结果见表 7,回归模型方差分析见表 8。运用 Design Expert 13 软件对表 7 数据进行处理,得到回归方程为: $Y=93.00+0.63A-0.38B+0.75C-1.00AB-1.25AC+2.75BC-2.50A^2-2.00B^2-3.75C^2$ 。由表 8 可知,所选模型 $P<0.000\text{ }1$,表明该模型极显著;失拟项 $P=0.541\text{ }3>0.05$,表明该模型可信。根据 P 值可知, A 、 C 对感官评分影响显著, A^2 、 B^2 、 C^2 对感官评分影响极显著;交互项 AB 对感官评分影响显著, AC 、 BC 对感官评分影响极显著。根据 F 值可知,各

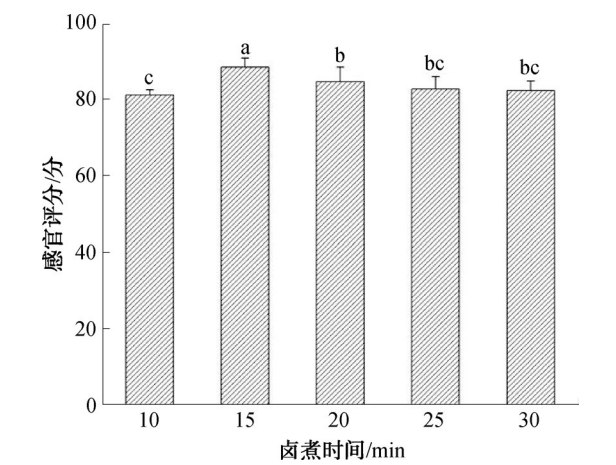


图 4 卤煮时间对红烧乳鸽预制菜感官评分的影响

Fig. 4 Effect of braising time on the sensory evaluation scores of braised squab prepared dishes

表 6 卤煮时间对红烧乳鸽预制菜质构特性的影响

Table 6 Effect of braising time on the texture properties of braised squab prepared dishes

卤煮时间/min	硬度/N	弹性/mm	内聚性	咀嚼性/mJ
10	5.91±0.57 ^c	2.26±0.11 ^a	0.55±0.01 ^{ab}	7.32±0.34 ^b
15	7.78±0.29 ^b	2.31±0.14 ^a	0.58±0.02 ^{ab}	10.31±0.09 ^a
20	9.15±1.03 ^a	2.20±0.15 ^a	0.59±0.04 ^a	11.76±1.49 ^a
25	6.74±0.19 ^{bc}	1.65±0.30 ^b	0.51±0.02 ^b	5.69±1.11 ^b
30	6.38±0.40 ^c	2.13±0.07 ^a	0.53±0.01 ^b	7.19±0.59 ^b

表 7 响应面试验设计及结果

Table 7 Experimental design and results of response surface methodology

试验号	A	B	C	Y/分
1	0	0	0	93
2	0	0	0	93
3	-1	0	-1	84
4	0	-1	1	86
5	0	0	0	94
6	0	1	-1	83
7	0	0	0	93
8	-1	-1	0	87
9	1	0	-1	88
10	1	0	1	87
11	1	-1	0	90
12	1	1	0	88
13	-1	0	1	88
14	-1	1	0	89
15	0	0	0	92
16	0	-1	-1	90
17	0	1	1	90

表 8 回归模型方差分析

Table 8 Analysis of variance for the regression model

方差来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值	显著性
模型	162. 51	9	18. 06	38. 89	<0. 000 1	**
A	3. 13	1	3. 13	6. 73	0. 035 7	*
B	1. 13	1	1. 13	2. 42	0. 163 5	
C	4. 50	1	4. 50	9. 69	0. 017 0	*
AB	4. 00	1	4. 00	8. 62	0. 021 9	*
AC	6. 25	1	6. 25	13. 46	0. 008 0	**
BC	30. 25	1	30. 25	65. 15	<0. 000 1	**
A ²	26. 32	1	26. 32	56. 68	0. 000 1	**
B ²	16. 84	1	16. 84	36. 28	0. 000 5	**
C ²	59. 21	1	59. 21	127. 53	<0. 000 1	**
残差	3. 25	7	0. 46			
失拟项	1. 25	3	0. 42	0. 83	0. 541 3	
纯误差	2. 00	4	0. 50			
总离差	165. 76	16				

注:** 为极显著($P<0. 01$), * 为显著($P<0. 05$)。

因素对模型的影响程度为 $C>A>B$,即卤煮时间>腌制时间>卤煮温度。运用 Design Expert 13 分析模型的可信度,得到模型的决定系数 $R^2=0. 980\ 4$,校正决定系数 $R^2_{adj}=0. 955\ 2$,二者均接近于 1,表明模型预测的响应值准确,可用于对红烧乳鸽预制菜感官评分进行分析和预测。

2.2.2 交互作用分析 响应面图可以预测和检验

自变量的响应值与自变量之间的关系,曲面平缓表示影响较小,而曲面陡峭表示影响显著^[32]。等高线图能清晰反映变量间的动态非线性关系,当交互作用较弱时,等高线图呈圆形;当交互作用显著时,等高线图呈椭圆形^[33]。各因素交互作用对感官评分影响的响应面及等高线图如图 5 所示。由图 5 可知,腌制时间与卤煮时间、卤煮温度与卤煮时间的交互作用对感官评分影响极显著。腌制时间、卤煮温度、卤煮时间对感官评分影响均呈抛物线趋势,即各因素在所选取的试验范围内,响应值存在极大值。这表明在实际工艺中,时间与温度因素并非独立作用,而是相互影响、共同调控最终风味与质地;在腌制时间适中(3 h)的条件下,适当延长卤煮时间(10~15 min)有助于风味渗透与质地软化,但若卤煮时间过长,尤其是接近 20 min 时,即使腌制时间适宜,仍会因质地软烂而导致评分下降;在卤煮温度适中(90 ℃)的条件下,适当延长卤煮时间有利于蛋白质适度变性与风味形成,但若卤煮时间延长至 20 min 时,即使温度控制适宜,仍会因蒸煮损失增加、质构劣化而降低感官接受度。

2.2.3 验证实验分析 以感官评分最大化为优化目标,运用 Design Expert 13 对试验结果进行多元回归拟合分析,确定最佳制作工艺为:腌制时间 3. 135 h,卤煮温度 89. 506 ℃,卤煮时间 15. 206 min,此时感官评分为 93. 076 分。考虑到实际操作的方便性,将最佳工艺参数修正为:腌制时间 3 h,卤煮温度 90 ℃,卤煮时间 15 min。在此条件下进行 3 次重复实验,感官评分均值为(93. 0±1. 1)分,与模型预测值基本一致,说明该试验方案可行。

2.3 红烧乳鸽预制菜品质分析

2.3.1 滋味分析 游离氨基酸是肉制品中重要的水溶性呈味物质,根据呈味特性可将其分为鲜味、甜味、苦味和无味氨基酸^[34-35]。各类氨基酸对滋味具有不同程度的贡献,当其与多肽、核苷酸、无机盐类等组分共存时,它们之间的协同效应会显著增强肉制品的整体滋味^[36-37]。红烧乳鸽预制菜的游离氨基酸测定结果见表 9。由表 9 可知,红烧乳鸽预制菜中检测到 17 种游离氨基酸,游离氨基酸总含量为 2. 63 mg/g。具有甜味的脯氨酸的含量较高,为

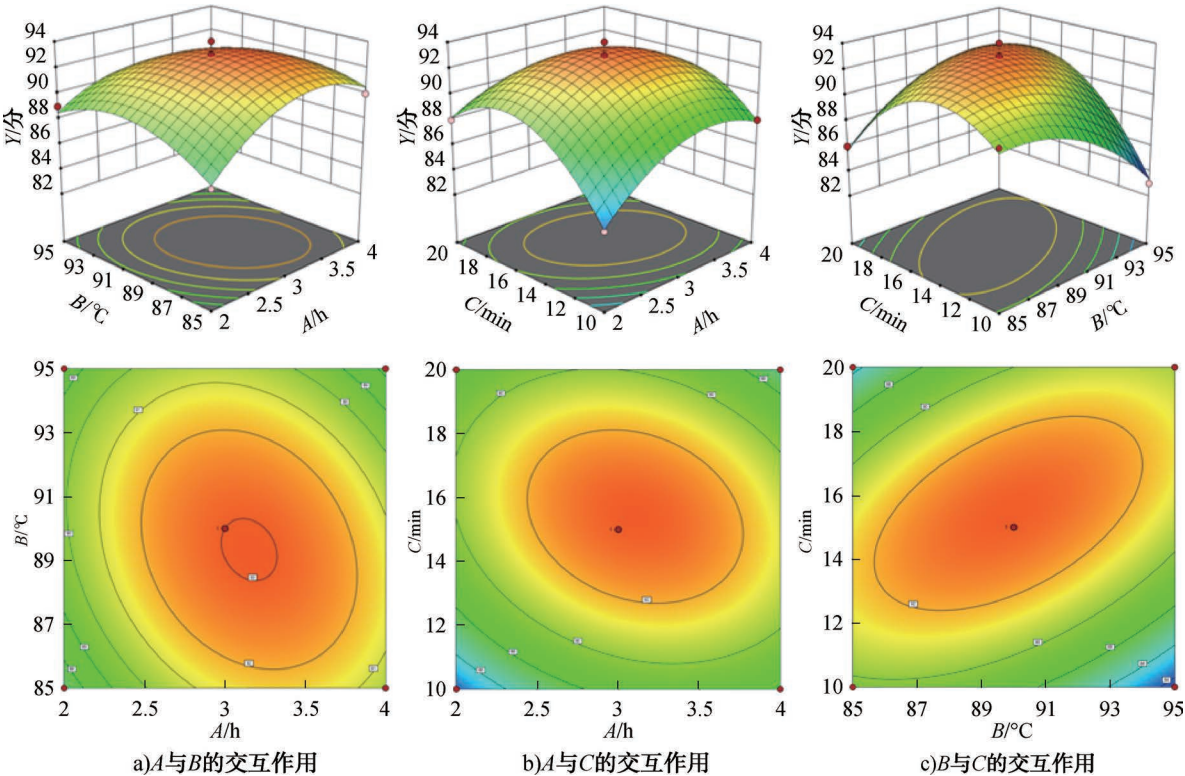


图 5 各因素交互作用对感官评分影响的响应面及等高线图

Fig. 5 Response surface and contour plots for the effects of factor interactions on sensory evaluation scores

表 9 红烧乳鸽预制菜的游离氨基酸测定结果

Table 9 Determination results of free amino acids in braised squab prepared dishes

名称	滋味特征	含量/(mg · (100 g) ⁻¹)	味觉阈值/(mg · (100 g) ⁻¹)	TAV
天冬氨酸(Asp★)	鲜/酸(+)	1.17±0.06	100	0.01
苏氨酸(Thr▲)	甜(+)	3.70±0.17	260	0.03
丝氨酸(Ser★)	甜(+)	4.42±0.18	150	0.03
谷氨酸(Glu★)	鲜/酸(+)	92.24±2.58	30	3.07
甘氨酸(Gly★)	甜(+)	6.64±0.16	130	0.05
丙氨酸(Ala★)	甜(+)	20.29±0.59	60	0.34
半胱氨酸(Cys)	苦/甜/硫(-)	0.69±0.14	40	0.02
缬氨酸(Val▲)	甜/苦(-)	3.36±0.09	40	0.08
蛋氨酸(Met▲)	苦/甜/硫(-)	1.52±0.06	30	0.05
异亮氨酸(Ile▲)	苦(-)	2.26±0.06	90	0.03
亮氨酸(Leu▲)	苦(-)	5.00±0.11	190	0.03
酪氨酸(Tyr)	苦(-)	3.75±1.32	91	0.04
苯丙氨酸(Phe▲)	苦(-)	3.45±0.06	90	0.04
赖氨酸(Lys▲)	甜/苦(-)	6.15±0.21	50	0.12
组氨酸(His)	苦(-)	2.42±0.09	20	0.12
精氨酸(Arg)	甜/苦(+)	5.02±0.19	50	0.10
脯氨酸(Pro)	甜/苦(+)	100.79±3.33	300	0.34
总计		262.87±9.41		
呈味氨基酸		225.55±6.92		
必需氨基酸		25.44±0.76		
呈味氨基酸占比/%		85.80		
必需氨基酸占比/%		9.68		

注:▲代表必需氨基酸,★代表呈味氨基酸;+代表味道令人愉悦,-代表味道不好。

1.01 mg/g;其次是谷氨酸(鲜味),含量为0.92 mg/g。二者对红烧乳鸽预制菜滋味的呈现具有重要作用^[37]。此外,谷氨酸 $TAV>1$,表明其对红烧乳鸽预制菜的滋味具有直接贡献,从而使产品呈现以鲜味为主的整体滋味特征^[39-41]。

2.3.2 挥发性风味成分分析 红烧乳鸽预制菜中的挥发性风味成分测定结果见表10。由表10可知,共检出22种挥发性风味成分。正己醛、苧烯和正己酸乙酯的 OAV 均较高,分别为380.009、82.798和77.598,表明它们是构成产品香气轮廓的核心成分。正己醛赋予产品典型的青草气味,苧烯提供樟脑样清凉香气,正己酸乙酯则贡献突出的青苹果风味^[42-43]。桉叶油素、庚醛、2-戊基呋喃和2-甲基丁醛的 OAV 亦明显高于1,为产品带来清凉草药香、焦香、油脂香、蘑菇香及苹果香^[14,44]。苯甲醛、樟脑、苯乙醛、 α -松油醇、芳樟醇、茴香脑和3-羟基-2-丁酮对整体风味具有明显辅助贡献,共同塑造了产品苦杏仁味、樟脑味、蜜甜香、花香、茴香味、奶香等多层次香气特征^[43,45-48]。其余检出物质如2,6-

二乙基吡嗪、多种萜烯类化合物的 OAV 均小于1,主要起香气支撑与调和作用^[47,49-50]。整体上,香气结构以醛类、萜烯类及酯类为主导,来源于脂质氧化、香辛料渗透及美拉德反应的复合体系,共同塑造了红烧乳鸽预制菜清新、辛香与肉香协调的香气特征。

3 结论

本研究优化了红烧乳鸽预制菜的制作工艺,并明确了其滋味与香气的构成。确定的最佳工艺条件为:食盐添加量1.4%、腌制时间3 h、卤煮温度90℃、卤煮时间15 min,在此条件下,产品具有较好的感官品质,最终感官评分为93分。检出的17种氨基酸中,具有鲜味的谷氨酸($TAV>1$)是直接贡献红烧乳鸽预制菜核心鲜味的游离氨基酸。共检测分析出22种挥发性风味成分,其中正己醛、苧烯与正己酸乙酯为核心香气成分。整体香气以醛类、萜烯类及酯类为主导,来源于脂质氧化、香辛料渗透及美拉德反应的协同作用,形成了清新、辛香与肉香协调的香气特征。本研究在一定程度上明确了红烧

表10 红烧乳鸽预制菜中挥发性风味成分测定结果
Table 10 Determination results of volatile flavor compounds in braised squab prepared dishes

类别	中文名称	相对含量/(mg·g ⁻¹)	气味阈值/(mg·g ⁻¹)	OAV	气味描述
醛类	正己醛	1 710.039	4.5	380.009	青草气味
	2-甲基丁醛	224.546	17	13.209	苹果香气
	庚醛	72.490	4.5	16.109	焦香、油脂香
	壬醛	116.672	260	0.449	烤焦香和强烈的油脂气息
萜烯及含氧萜类	苧烯	182.155	2.2	82.798	樟脑气息
	桉叶油素	435.029	15	29.002	樟脑气息和清凉的草药味
	樟脑	2.649	0.54	4.906	樟脑味
	芳樟醇	129.370	60	2.156	花香、木香、果香
	茴香脑	101.772	57	1.785	茴香味、甘草味、药味
	α -松油醇	15.572	4.6	3.385	甜美的果香气味
	月桂烯	18.147	44.5	0.408	清淡的香脂香气、膏香、木香、脂香
	4-萜烯醇	25.616	130	0.197	木质香及柑橘、花香
	γ -松油烯	15.764	100	0.158	油脂气、木香、水果香、药草香
	α -松油烯	10.857	80	0.136	草木、柑橘香
	水芹烯	2.372	40	0.059	柑橘、胡椒味
	β -石竹烯	1.962	1500	0.001	甜味、木香、胡椒气味
呋喃类	2-正戊基呋喃	86.624	6	14.437	蘑菇风味、发酵香味、肉香和清新气味
酯类	正己酸乙酯	77.598	1	77.598	青苹果味
芳香族	苯甲醛	337.980	41.7	8.105	苦杏仁味、樱桃味、坚果香和果仁糖香气
	苯乙醛	17.295	4	4.324	蜜甜香、风信子香气
吡嗪类	2,6-二乙基吡嗪	4.643	6	0.774	烧烤味、烤牛肉味
酮类	3-羟基-2-丁酮	15.572	14	1.112	清香、奶香、红草莓香味

乳鸽预制菜加工过程中腌制-卤煮阶段的关键控制参数,为产品标准化生产和工艺稳定性控制提供了依据;此外,从滋味和香气层面解析了红烧乳鸽预制菜的品质特征,对乳鸽及传统禽肉预制菜的工业化加工具有指导作用。未来将进一步研究不同复热方式对红烧乳鸽预制菜品质的影响,以期完善产品从生产到消费的全链条品质控制体系提供参考。

参考文献:

- [1] 罗辑,陆妍妍,刘邓美,等.不同加工工艺对预调理乳鸽感官品质及理化特性的影响[J].中国调味品,2023,48(5):31-36.
- [2] 孙静,杨斐然,刘明,等.预制菜肴发展现状及其关键烹饪工艺机理研究进展[J].中国调味品,2025,50(10):225-231.
- [3] 国家市场监督管理总局,教育部,工业和信息化部,等.关于加强预制菜食品安全监管 促进产业高质量发展的通知:国市监食生发[2024]27号[A/OL].2024-03-18. https://www.samr.gov.cn/zw/zfxgk/fdzdgknr/spscs/art/2024/art_e1ba9385be204186adc0f2cfef717693.html.
- [4] 潘扬,李涵,张莹,等.解冻、复热方式对冻藏预制调理黄鳝品质及挥发性风味的影响[J].食品科学,2025,46(10):222-230.
- [5] 王静香,张忠明,李纪岳,等.我国预制菜产业发展特点与趋势预判[J].粮油食品科技,2024,32(1):193-200.
- [6] 唐菊莲,赵疆川,高新建,等.三杯鸡预制菜加工工艺优化研究[J].中国调味品,2025,50(4):125-131.
- [7] 党亚丽,徐思雨,曹锦轩,等.不同含氧气调包装方式对调理鸭肉制品的保鲜效果[J].食品科学,2019,40(13):216-221.
- [8] 郑敏怡.红烧乳鸽加工过程中品质变化的研究[D].广州:仲恺农业工程学院,2019.
- [9] GB/T 29605—2013 感官分析 食品感官质量控制导则[S].
- [10] 钱敏,赵文红,周冠峰,等.全二维气相色谱-飞行时间质谱解析红烧乳鸽的挥发性组分[J].现代食品科技,2020,36(5):243-251.
- [11] 葛庆联,唐修君,樊艳凤,等.冰温贮藏对黄羽肉鸡肌肉感官品质和游离氨基酸变化的影响[J].食品安全质量检测学报,2019,10(21):7220-7224.
- [12] Wang W L, Zhou X R, Liu Y. Characterization and evaluation of umami taste: a review[J]. TrAC Trends in Analytical Chemistry, 2020, 127: 115876.
- [13] 韩玉翠,唐利华,杨瑞恒,等.不同提取方式对梯棱羊肚菌提取液鲜味的影响[J].中国调味品,2025,50(12):6-11.
- [14] 杜金召,吴金城,孙薇,等.辣子鸡加工过程中物理与

- 风味品质变化规律[J]. 肉类研究, 2025, 39(10): 75-84.
- Du J Z, Wu J C, Sun W, et al. Changes in physical and flavor quality during the processing of spicy chicken[J]. Meat Research, 2025, 39(10): 75-84.
- [15] Zhang M H, Ma J J, Li J L, et al. Influence of NaCl on lipid oxidation and endogenous pro-oxidants/antioxidants in chicken meat[J]. Food Science of Animal Products, 2023, 1(1): 9240010.
- [16] 芮李彤, 李海静, 张婷婷, 等. 食盐对肉制品品质形成的作用及减盐技术研究进展[J]. 肉类研究, 2022, 36(7): 61-67.
- Rui L T, Li H J, Zhang T T, et al. Progress in research on the effect of sodium on meat product quality and sodium reduction technologies[J]. Meat Research, 2022, 36(7): 61-67.
- [17] Pan Q, Zhou Y, Wang Y, et al. Effects of ultrasound-assisted dry-curing on water holding capacity and tenderness of reduced-sodium pork by modifying salt-soluble proteins[J]. Food Chemistry, 2024, 453: 139704.
- [18] 孟嘉璐, 许树荣, 邓莎, 等. 食盐腌制对鸡肉品质、肌原纤维蛋白结构和功能特性的影响[J]. 食品工业科技, 2022, 43(24): 45-53.
- Meng J J, Xu S R, Deng S, et al. Effects of salt marinating on chicken quality and structure characteristics, function characteristics of chicken myofibrin protein[J]. Science and Technology of Food Industry, 2022, 43(24): 45-53.
- [19] 邱思, 黄姝洁, 刘中科. 盐腌对鸡肉物理性质影响的研究[J]. 食品与发酵科技, 2012, 48(2): 71-75, 81.
- Qiu S, Huang S J, Liu Z K. Study on the impact of salt on the Tibetan chicken's physical properties[J]. Food and Fermentation Technology, 2012, 48(2): 71-75, 81.
- [20] 饶菲, 许强, 安若彤, 等. 川式卤肥肠的加工及腌制、热加工对其品质的影响[J]. 保鲜与加工, 2025, 25(6): 102-112.
- Rao F, Xu Q, An R T, et al. Effects of Sichuan-style braised fat sausage processing, pickling and hot processing on its quality[J]. Storage and Process, 2025, 25(6): 102-112.
- [21] 苏比努尔·图尼亚孜. 鸽肉煲汤和红烧卤鸽的工艺优化及贮藏特性分析[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2022.
- Tuniyazi S. Process optimization and storage characteristics analysis of pigeon broth and braised [D]. Urumqi: Xinjiang Agricultural University, 2022.
- [22] 杜汶清, 王秀莲, 唐丽, 等. 低温真空长时煮制时间对猪肉品质的影响[J]. 中国调味品, 2025, 50(9): 49-54, 63.
- Du W Q, Wang X L, Tang L, et al. Effect of low-temperature vacuum long-time cooking time on pork quality[J]. China Condiment, 2025, 50(9): 49-54, 63.
- [23] 李自芹, 陈雅, 李文绮, 等. 不同煮制温度对放牧条件下哈萨克熏马肉品质的影响[J]. 农产品加工, 2024(20): 12-16.
- Li Z Q, Chen Y, Li W Q, et al. Effects of different cooking temperatures on the quality of Kazak smoked horse meat under grazing conditions [J]. Academic Periodical of Farm Products Processing, 2024(20): 12-16.
- [24] 陆慧, 李慧, 邓娜, 等. 酱卤肉制品风味形成机理及影响因素[J]. 食品与机械, 2025, 41(9): 30-41.
- Lu H, Li H, Deng N, et al. Mechanism of flavor formation and its influencing factors in marinated meat products [J]. Food & Machinery, 2025, 41(9): 30-41.
- [25] 厉建军, 张建梅, 孙晓红, 等. 卤煮工艺对酱卤肉制品品质的影响[J]. 农产品加工, 2019(7): 52-54, 58.
- Li J J, Zhang J M, Sun X H, et al. Effect of brine cooking technology on sauced and brine meat products [J]. Academic Periodical of Farm Products Processing, 2019(7): 52-54, 58.
- [26] 刘欣睿, 王美娟, 计云龙, 等. 低温慢煮时间对即食鸡胸肉品质及消化特性的影响[J]. 食品工业科技, 2024, 45(3): 114-122.
- Liu X R, Wang M J, Ji Y L, et al. Effect of sous-vide time on the quality profiles and *in vitro* digestibility of ready-to-eat chicken breast [J]. Science and Technology of Food Industry, 2024, 45(3): 114-122.
- [27] Dominguez-Hernandez E, Salaseviciene A, Erthjerg P. Low-temperature long-time cooking of meat: eating quality and underlying mechanisms [J]. Meat Science, 2018, 143: 104-113.
- [28] Purslow P P. Contribution of collagen and connective tissue to cooked meat toughness; some paradigms reviewed[J]. Meat Science, 2018, 144: 127-134.
- [29] 柳艳霞, 于家欢, 赵改名, 等. 基于多元统计分析的卤煮鸡肉与鸡汤滋味差异研究[J]. 河南农业大学学报, 2022, 56(2): 301-311.
- Liu Y X, Yu J H, Zhao G M, et al. Study on taste characteristics differences between braised chicken and its broth based on multivariate statistical analysis [J]. Journal of Henan Agricultural University, 2022, 56(2): 301-311.
- [30] 刘树萍, 苏晓文, 方伟佳. 基于感官评价结合理化指标分析低温慢煮过程中鸡胸肉品质变化[J]. 中国调味品, 2021, 46(2): 40-45.
- Liu S P, Su X W, Fang W J. Analysis of the changes of chicken breast quality during the process of low temperature and slow cooking based on sensory evaluation and physicochemical indexes [J]. China Condiment, 2021, 46(2): 40-45.
- [31] Huang G T, Chen Y, Cao X J, et al. Fucoidan enhances stability of gelatin/anthocyanin-based oleogels *via* hydrogen-bonded crosslinking [J]. Food Chemistry (X),

- 2025,30:102909.
- [32] 吴彦,梁永伟,薛云,等.基于烟末和玫瑰混合提取的新型烟用香精及其应用研究[J].轻工学报,2025,40(3):56-64.
Wu Y,Liang Y W,Xue Y,et al. Novel tobacco flavoring based on co-extraction of tobacco powder and rose and its application[J]. Journal of Light Industry, 2025, 40(3): 56-64.
- [33] 尚海燕,崔文甲,王文亮,等.基于响应面法优化羊肚菌蛋白复配酶解工艺及其产物特性研究[J].中国调味品,2025,50(12):22-30.
Shang H Y,Cui W J,Wang W L,et al. Optimization of *Morchella esculenta* protein compound enzymatic hydrolysis process based on response surface methodology and study on product characteristics[J]. China Condiment, 2025, 50(12): 22-30.
- [34] Ma X Y,Yu M,Liu Z C,et al. Effect of amino acids and their derivatives on meat quality of finishing pigs[J]. Journal of Food Science and Technology, 2020, 57(2): 404-412.
- [35] 郝志林,梁莉,刘贺,等.热预处理对鸡胸肉和鸡骨泥滋味物质的影响[J].食品科学技术学报,2022,40(4):107-115.
Hao Z L,Liang L,Liu H,et al. Effect of thermal pretreatment on taste components of chicken breast meat and chicken bone paste[J]. Journal of Food Science and Technology, 2022, 40(4): 107-115.
- [36] 姚静玉,刘洁,柏雪莹,等.利用¹H NMR分析小龙虾的特征性滋味组成[J].食品科学,2023,44(8):170-175.
Yao J Y,Liu J,Bai X Y,et al. Determination of characteristic taste compounds of crayfish by ¹H nuclear magnetic resonance[J]. Food Science, 2023, 44(8): 170-175.
- [37] 胡小双,李雪兵,马玉春,等.利用核磁共振氢谱分析鸡骨架中的滋味物质[J].食品与发酵工业,2026,52(6):337-345.
Hu X S,Li X B,Ma Y C,et al. Using proton nuclear magnetic resonance spectroscopy to detect the taste active substances in chicken skeleton[J]. Food and Fermentation Industries, 2026, 52(6): 337-345.
- [38] 余静雅,杨静,孙可馨,等.响应面法优化泡椒牛蛙加工工艺[J].现代食品科技,2025,41(7):271-285.
Yu J Y,Yang J,Sun K X,et al. Response surface optimization of processing technology for pickled pepper bullfrog[J]. Modern Food Science & Technology, 2025, 41(7): 271-285.
- [39] 金怀慷,葛长荣,肖智超.不同灭菌时间对鸡汤滋味的影响[J].中国调味品,2023,48(10):15-19.
Jin H K,Ge C R,Xiao Z C. Effect of different sterilization time on taste of chicken soup[J]. China Condiment, 2023, 48(10): 15-19.
- [40] 张浩,顾思远,姜元华,等.基于GC-IMS分析不同煸炒温度对郫县豆瓣风味影响及游离氨基酸呈味分析[J].中国调味品,2024,49(7):60-68,85.
Zhang H,Gu S Y,Jiang Y H,et al. Effects of different stir-frying temperatures on flavor of Pixian bean paste and analysis of taste of free amino acids based on GC-IMS[J]. China Condiment, 2024, 49(7): 60-68, 85.
- [41] 肖童,丁威,卢祺,等.模拟快递运输对雌性中华绒螯蟹活力及其蟹肉品质的影响[J].渔业科学进展,2024,45(1):234-245.
Xiao T,Ding W,Lu Q,et al. Effect of simulated express transportation period on vigor and meat quality of female Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) [J]. Progress in Fishery Sciences, 2024, 45(1): 234-245.
- [42] 马建荣,潘腾,王振宇,等.传统炭烤羊腿特征挥发性风味物质分析[J].肉类研究,2019,33(1):50-54.
Ma J R,Pan T,Wang Z Y,et al. Analysis of characteristic volatile flavor substances of traditional charcoal roasted lamb legs[J]. Meat Research, 2019, 33(1): 50-54.
- [43] 沈菲,罗瑞明,丁丹,等.基于相对气味活度值法的新疆大盘鸡中主要挥发性风味物质分析[J].肉类研究,2020,34(8):46-50.
Shen F,Luo R M,Ding D,et al. Analysis of main volatile flavor compounds in Xinjiang market chicken based on relative odor activity value[J]. Meat Research, 2020, 34(8): 46-50.
- [44] 郭奇慧,雷守成,王凤梅.不同复热方式对内蒙古预制烤羊腿特征风味物质的影响[J].保鲜与加工,2025,25(7):80-87.
Guo Q H,Lei S C,Wang F M. Effects of different reheating methods on characteristic flavor substances of Inner Mongolia pre-roasted lamb legs[J]. Storage and Process, 2025, 25(7): 80-87.
- [45] 黄宇杏,方炜聪,徐纯伟,等.GC-MS-O结合OAV鉴定花生油特征香气成分[J].现代食品科技,2023,39(4):278-288.
Huang Y X,Fang W C,Xu C W,et al. Identification of characteristic aroma components in peanut oil by GC-MS-O combined with OAV[J]. Modern Food Science and Technology, 2023, 39(4): 278-288.
- [46] 黄裕兵,陈菊,王艳,等.基于HS-SPME-GC/MS结合OAV解析霉豆腐关键香气物质[J].食品科技,2025,50(8):312-319.
Huang Y B,Chen J,Wang Y,et al. Analysis of key aroma substances of mouldy tofu based on HS-SPME-GC/MS combined with OAV[J]. Food Science and Technology, 2025, 50(8): 312-319.
- [47] 刘兴平,唐密,余永,等.水煮鱼风味组成与主体风味物质挖掘[J].食品与发酵工业,2024,50(19):331-340.
Liu X P,Tang M,Yu Y,et al. Mining of flavor composition

and main flavor substances in boiled fish [J]. Food and Fermentation Industries, 2024, 50(19): 331-340.

[48] 潘晓倩,张顺亮,李素,等. 吹扫/捕集-热脱附-气相色谱-质谱联用法分析不同解冻温度对牛肉风味品质的影响[J]. 肉类研究, 2019, 33(1): 60-65.

Pan X Q, Zhang S L, Li S, et al. Effect of different thawing temperatures on the flavor quality of frozen beef as analyzed by purge/trap-thermal desorption-gas chromatography-mass spectrometry [J]. Meat Research, 2019, 33(1): 60-65.

[49] 刘登勇,赵志南,吴金城,等. 基于 SPME-GC-MS 分析熏制材料对熏鸡腿挥发性风味物质的影响[J]. 食品

科学, 2019, 40(24): 220-227.

Liu D Y, Zhao Z N, Wu J C, et al. Effects of different smoking materials on volatile flavor compounds in smoked chicken thighs [J]. Food Science, 2019, 40(24): 220-227.

[50] 王泽亮,范智义,张敏,等. 14 种常见香辛料对典型川卤卤汁风味的贡献[J]. 中国食品学报, 2023, 23(10): 284-293.

Wang Z L, Fan Z Y, Zhang M, et al. Aroma contribution of 14 common spices in brine for Sichuan seasoning stew [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2023, 23(10): 284-293.

Optimization of processing technology and quality analysis of braised squab prepared dishes

Hu Xinhua¹, Li Yuquan¹, Chen Guanming¹, Cai Xuemei², Qian Min¹,
Zhao Wenhong¹, Liu Xiaoyan¹, Bai Weidong¹

- 1. College of Light Industry and Food Sciences, Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou 510225, China;
- 2. Food Nutrition and Health Key Laboratory of Sichuan Universities, Sichuan Tourism University, Chengdu 610100, China

Abstract:【Objective】This study aimed to optimize the processing conditions of braised squab prepared dishes and analyze their quality characteristics. 【Methods】Chilled squabs were used to prepare braised squab prepared dishes. With sensory evaluation scores and texture properties as indicators, the processing conditions were optimized by single-factor experiments and response surface methodology, and the taste and aroma characteristics of the final product were analyzed. 【Results】The optimal processing conditions for braised squab prepared dishes were determined as follows: salt addition amount, 1.4%; marination time, 3 h; braising temperature, 90 ℃; and braising time, 15 min. Under these conditions, a sensory evaluation score of 93 was obtained. A total of 17 free amino acids were detected in the final product, among which glutamic acid ($TAV = 3.07$) contributed directly to the umami taste of braised squab prepared dishes. In addition, 22 key volatile flavor compounds were identified, with aldehydes, terpenes, and esters being the predominant classes. Among them, hexanal, camphene, and vinyl hexanoate exhibited relatively high $OAVs$ of 380.009, 82.798, and 77.598, respectively, which together formed an overall aroma profile characterized by a harmonious integration of fresh, spicy, and meaty notes. 【Conclusion】The optimized processing conditions endowed the braised squab prepared dishes with desirable sensory quality, prominent umami taste, and a rich aroma profile, indicating their potential for application in standardized production and flavor quality control.

Key words: braised squab; prepared dishes; process optimization; taste; aroma

[责任编辑:杨晓娟 李波]