

## 三穗特色卤香鸭卤制过程中品质变化及其影响因素模型构建

李佳敏<sup>1,2</sup>, 王修俊<sup>1,2\*</sup>, 杨丽平<sup>1,2</sup>, 许九红<sup>1,2</sup>, 何春霞<sup>1,2</sup>, 包欢欢<sup>1,2</sup>

(<sup>1</sup> 贵州大学酿酒与食品工程学院 贵阳 550025

<sup>2</sup> 贵州省发酵工程与生物制药重点实验室 贵阳 550025)

**摘要** 为研究三穗特色卤香鸭卤制过程中鸭肉的品质变化及其影响因素,以能反映产品品质的水分含量、食盐含量、出品率、硬度、感官评分及综合评分为评价指标,采用单因素实验和响应面设计研究在卤制过程中卤制时间、酿造酱油用量、肉料比及肉液比对卤香鸭品质的影响并构建其影响因素的数学模型。结果表明:卤制过程中卤香鸭的出品率逐渐降低,水分逐渐散失,硬度变小,食盐含量增加,感官评分和综合评分逐渐上升。卤制时间、酿造酱油用量、肉液比、肉料比对三穗特色卤香鸭的品质均有不同程度的影响,其排序为:肉料比>卤制时间>肉液比>酿造酱油用量。构建的影响因素二次多项式回归方程模型的决定系数  $R^2$  为 0.9882,说明试验数据和该模型具有较好的相关性,可用来研究三穗卤香鸭品质影响因素。经综合评估卤制时间为 120 min,酿造酱油用量为 0.7%,肉液质量比为 1:1.7,肉料质量比为 1:0.05 时产品综合评分为 0.75,为最佳品质控制点。本研究为企业生产三穗特色卤香鸭提供重要参考。

**关键词** 三穗特色卤香鸭; 品质影响因素; 响应面设计; 综合评分; 品质变化

**文章编号** 1009-7848(2023)11-0147-14 **DOI:** 10.16429/j.1009-7848.2023.11.015

三穗鸭原产于贵州省东部的低山丘陵河谷地带,以三穗县为中心,分布于镇远、岑巩、天柱、台江、剑河等县<sup>[1]</sup>,是我国四大名鸭之一,具有体型小、早熟、适应性和牧饲力强的特点<sup>[2]</sup>。三穗鸭的风味成分来源于醇、醛、碳氢化合物、酸、酮、酯类、咪唑、含硫化合物和含氮化合物<sup>[3]</sup>,鸭肉品质细嫩、味道鲜香、氨基酸含量丰富、胆固醇含量较低<sup>[4]</sup>,同时富含人体需要的维生素 A、E 和 B 族维生素(B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>)以及维生素 PP,三穗鸭的钙、锌、铁、钠、磷、钾的含量也比很多鸭肉都丰富<sup>[5]</sup>,脂肪酸组成总体水平上优于大多数鸭类,更适合人们健康的需要<sup>[6]</sup>。三穗鸭产业近年来得到政府的大力支持和引导<sup>[7]</sup>,为贵州打赢脱贫攻坚战,助力乡村振兴贡献力量。

规范鸭肉深加工产品生产技术,提高鸭肉深加工水平,促进产品多样性,提升科技创新能力是三穗鸭产业发展的重要目标。三穗特色卤香鸭是

通过腌制、调味、卤制形成的产品,该产品具有营养价值丰富,风味品质佳,色泽鲜亮,口感好等特点。然而,由于三穗特色卤香鸭在卤制加工技术上缺乏数据化、标准化的操作,导致三穗卤香鸭品质波动较大,产品品质参差不齐。有学者对三穗鸭进行风味成分及风味变化<sup>[8-9]</sup>、腌制技术<sup>[10]</sup>等方面的研究。卤制技术对于卤香鸭风味的形成尤其重要,且在卤制过程中三穗特色卤香鸭的品质变化及其影响因素的研究未见报道。为此,本试验以腌制好的鸭肉为原料,制作三穗特色卤香鸭,并以多项指标为评价标准,研究卤制时间、酿造酱油、肉料比、肉液比对卤香鸭品质的影响规律。在单因素实验基础上,以综合评分为响应值,结合 Box-Behnken 试验设计原理,研究三穗特色卤香鸭品质影响因素,为其品质控制以及生产提供技术支持。

收稿日期: 2022-11-09

基金项目: 贵州省科技计划项目(黔科合支撑[2022]010号);中央引导地方科技发展专项(黔科中引地[2018]4020);贵州省朝天椒产业集群建设项目(黔农函[2020]43号);贵州省科技计划项目([2017]2555)

第一作者: 李佳敏,女,硕士

通信作者: 王修俊 E-mail: 775298123@qq.com

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料与试剂

三穗鸭白条鸭,贵州三穗翼宇鸭业有限公司;食盐(食用级),四川久大制盐有限公司;卤水汁,海天食品有限公司。

乙醇,天津市科密欧化学试剂有限公司;氯化钠基准试剂,天津市大茂化学试剂厂;乙酸,上海

研域生物科技有限公司;浓硝酸,重庆川东化工公司;硝酸银,上海研域生物科技有限公司;硫氰酸钾、硫酸铁铵,成都金山化学试剂有限公司;冰乙酸,天津大茂化学试剂厂。

## 1.2 试验仪器与设备

移液枪 10~5 000  $\mu\text{L}$ ,大龙医疗设备(上海)有限公司;电子精密天平,上海越平科学仪器有限公司;pHS-3C pH 酸度计,上海鸿盖仪器有限公司;EW300 食品温度计,郑州博洋仪器仪表有限公司;TMS-Pro 质构仪,北京盈盛恒泰科技有限责任公司;HP-2136 便携式色差仪,上海临嘉科教仪器有限公司;DK-98-HA 电热恒温水浴锅,天津市泰斯特仪器有限公司;78-1 磁力加热搅拌器,常州博远试验分析仪器厂;MC-SP1915 美的多功能电磁炉,广东美的电器制造有限公司;GZX-GF101-3-BS-II 电子恒温鼓风干燥箱,上海贺德试验设备有限公司。

## 1.3 试验设计

1.3.1 样品预处理 取相同养殖批次的三穗鸭进行宰杀、清洗,选取宰杀后新鲜的三穗鸭胸肉,切分成 50 mm $\times$ 50 mm $\times$ 30 cm 大小形状的肉块。按照预试验的最佳腌料比和腌制时间进行腌制,将经过预处理的鸭肉加入质量分数为 4.5%的食盐,0.5%的香辛粉,15%的卤汁,再参考陈星等<sup>[11]</sup>的腌制方法进行腌制,在 4  $^{\circ}\text{C}$  环境下进行腌制,腌制 6 h 为最佳,腌制具有调节肉制品风味的作用,同时可以改善肉制品质构、色泽和保水性<sup>[12-13]</sup>。

1.3.2 三穗特色卤香鸭卤料配制 根据预试验研究确定,卤料分为 A、B、C 3 组,其中 A 组香辛料为桂皮、花椒、辣椒、茴香、香叶、八角,其质量比为 4:7:8:3:2:1, B 组香辛料为姜、蒜,质量比为 1:1; C 组香辛料为甘草、丁香、山奈,三者间的质量比为 5:2:3。A、B、C 组香辛料的最佳配比是 65%, 22%, 13%。

1.3.3 三穗特色卤香鸭的卤制 将配制好的香辛料装入纱布袋中,姜、蒜装入另一个纱布袋中,系紧袋口。在锅中加入腌制好的鸭肉、卤料和水于 1 300 W 的功率下加热,待煮沸后撇去浮沫,因为低温慢煮烹调损失率较低且能更好保持酱卤肉的色泽且能保留更多的不饱和脂肪酸<sup>[14]</sup>,所以调至 300 W 进行卤制。

## 1.3.4 卤香鸭品质影响因素单因素实验设计

1.3.4.1 卤制时间对三穗特色卤香鸭综合品质的影响 将腌制好的鸭肉按酿造酱油用量为 0.75%,肉液质量比为 1:1.75,肉料质量比为 1:0.050,分别于 100,110,120 min 和 130 min 的卤制时间条件下进行卤制,分析不同卤制时间下鸭肉的品质变化及卤制时间对鸭肉品质影响。

1.3.4.2 酿造酱油用量对三穗特色卤香鸭综合品质的影响 将腌制好的鸭肉按卤制时间为 120 min,肉液质量比为 1:1.75,肉料质量比为 1:0.050,分别于 0.25%,0.50%,0.75%,1.00%,1.25%的酿造酱油添加量条件下进行卤制。结束后取出鸭肉测定相应指标,分析不同酿造酱油添加量下卤香鸭的品质变化及酿造酱油对鸭肉的品质影响。

1.3.4.3 肉液质量比对三穗特色卤香鸭综合品质的影响 肉液比是指鸭肉与用水量的质量百分比。将腌制好的鸭肉按卤制时间为 120 min,酿造酱油用量为 0.75%,肉料质量比为 1:0.050,分别于 1:1.00,1:1.25,1:1.50,1:1.75,1:2.00 的物料比条件下进行卤制,分析不同肉液比下卤香鸭的品质变化及肉液比对鸭肉的品质影响。

1.3.4.4 肉料比对三穗特色卤香鸭综合品质的影响 肉料比是指鸭肉与卤料间的质量比。将腌制好的鸭肉按卤制时间为 120 min,酿造酱油用量为 0.75%,肉液比为 1:1.75,分别于 1:0.035,1:0.040,1:0.045,1:0.050,1:0.055 的肉料比条件下进行卤制,分析不同肉料比下卤香鸭的品质变化及肉料比油对鸭肉的品质影响。

1.3.5 三穗特色卤香鸭品质影响因素响应面试验设计 在卤制因素实验的基础上,根据 Box-Behnken 试验设计原理,以卤制时间、酿造酱油用量、肉液比、肉料比为显著因素设计响应面试验,以综合得分为响应值,进行四因素三水平共 29 个响应面试验组,以获得三穗特色卤香鸭最佳品质控制点。

## 1.3.6 指标测定

1.3.6.1 水分测定 按照国家标准 GB 5009.3-2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》<sup>[15]</sup>中的直接干燥法进行测定。

1.3.6.2 食盐含量测定 食盐可以有效促进风味物质的产生,对酱卤肉有护色、发色、上色的作

用<sup>[16-17]</sup>。按照国家标准 GB 5009.44-2016《食品安全国家标准 食盐指标的测定》<sup>[18]</sup>中的佛尔哈德法进行测定。

1.3.6.3 出品率的测定 参考杨永华<sup>[19]</sup>的测定方法并做适当的调整。擦去腌制好后鸭肉表面的水分称重记为  $m_1$ , 将卤制结束后的鸭肉表面水分擦干称重记为  $m_2$ 。根据式(1)计算出品率。

$$\text{出品率}(\%) = \frac{m_2}{m_1} \times 100 \quad (1)$$

1.3.6.4 硬度测定 在三穗特色卤香鸭制作过程中, 鸭肌肉纤维蛋白的变性程度低或者过度变性均会使其硬度发生变化, 从而导致综合食用品质

受到影响, 因此通过测定鸭肉的硬度能评价其品质, 且酱卤肉的硬度和含水量共同决定了成品的嫩度, 而嫩度是影响消费者接受度的最重要的饮食质量属性之一<sup>[20]</sup>。

参考高小翊等<sup>[21]</sup>的方法稍作调整, 使用 TMS-Pro 质构仪对腌制结束的鸭肉进行测定, 采用 TPA 模式进行测定, 每个样品进行 6 次平行测定, 结果取平均值。

1.3.6.5 感官评价 参考施帅等<sup>[22]</sup>的评分标准稍作调整, 评价小组由 10 名成员组成, 对经过卤制后鸭肉的口感、色泽、滋味、气味、外观状态进行感官评定。

表 1 三穗特色卤香鸭感官评分标准

Table 1 Criteria for sensory evaluation of Sansui characteristic stewed duck

项目	评价参考	分值/分
外观形态(10分)	表面结构紧密, 外形规则, 弹性好	8~10
	表面结构紧密程度一般, 外形规则一般, 弹性一般	4~6
	表面结构紧密疏松, 外形规则差, 弹性差	0~3
气味(25分)	香气浓郁, 具有卤肉特有的香气, 无腥味	18~25
	香气较浓郁, 卤肉味较正, 无腥味	9~17
	香气稍弱, 卤肉香稍弱, 有腥味	1~8
	几乎无香气, 无卤肉香气, 腥味较浓	0
色泽(10分)	表面光泽, 色泽均匀, 颜色好	8~10
	表面一般光泽, 色泽一般均匀, 颜色一般	4~6
	表面光泽差, 色泽不均匀, 颜色不好	0~3
口感(30分)	有嚼劲, 硬程度适中, 多汁性好	26~30
	较有嚼劲, 软硬程度较适中, 多汁性较好	20~25
	嚼劲差, 软硬程度较差, 多汁性差	11~19
	无嚼劲, 软硬程度差, 无多汁性	0~10
滋味(25分)	咸淡适中, 滋味好	18~25
	咸淡可接受, 滋味较好	9~17
	咸淡一般, 滋味一般	1~8
	咸淡差, 滋味差	0

1.3.7 三穗特色卤香鸭综合得分评价方法 由于试验中有多个评价指标, 因此为客观反映卤香鸭的品质, 参考杨丽平等<sup>[23]</sup>的方法, 采用隶属度综合评分方法将试验的 5 个指标: 食盐含量、水分含量、蒸煮损失、硬度、感官评分, 进行综合评分。

评价指标中的水分含量和感官评分不宜过小, 因此隶属度按式(2)计算。

$$Y = \frac{X_i - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \quad (2)$$

食盐含量、蒸煮损失和硬度指标不宜过大, 因

此按式(3)进行计算。

$$Y = \frac{X_{\max} - X_i}{X_{\max} - X_{\min}} \quad (3)$$

式中,  $X_i$ ——指标值,  $X_{\min}$ ——指标最小值;  $X_{\max}$ ——指标最大值。

将本试验中的 5 个指标: 食盐含量、水分含量、蒸煮损失、硬度、感官评分, 设其隶属度分别为  $Y_{\text{食盐含量}}$ 、 $Y_{\text{水分含量}}$ 、 $Y_{\text{蒸煮损失}}$ 、 $Y_{\text{硬度}}$ 、 $Y_{\text{感官评分}}$ 。结合实际和各指标的重要程度, 本试验各项指标权重为  $Y_{\text{感官评分}}=0.35$ 、 $Y_{\text{食盐含量}}=0.25$ 、 $Y_{\text{硬度}}=0.2$ 、 $Y_{\text{水分含量}}=$

0.1、 $Y_{\text{蒸煮损失}}=0.1$ 。按式(4)进行加权卤香鸭品质的综合评分  $C$  的计算(满分为 1 分)。

$$C = Y_{\text{感官评分}} \times 0.35 + Y_{\text{食盐含量}} \times 0.25 + Y_{\text{硬度}} \times 0.2 + Y_{\text{水分含量}} \times 0.1 + Y_{\text{蒸煮损失}} \times 0.1 \quad (4)$$

1.3.8 数据处理与分析 将每个试验设置 3 个平行组,得到的数据采用 SPSS 21.0 进行差异显著性分析( $P < 0.05$ ),响应面试验采用 Design-Expert

8.0.6 软件设计与分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 卤制时间对卤香鸭综合品质的影响

卤制时间对三穗特色卤香鸭综合品质的影响如表 2 和表 3 所示。

表 2 卤制时间对鸭肉综合品质的影响

Table 2 Effects of braising time on duck comprehensive quality

卤制时间/min	出品率/%	食盐含量/%	水分含量/%	硬度/N	感官评分/分
90	69.74 ± 0.40 <sup>a</sup>	1.66 ± 0.09 <sup>a</sup>	68.98 ± 0.86 <sup>a</sup>	34.45 ± 0.63 <sup>a</sup>	65.89 ± 1.28 <sup>c</sup>
100	69.29 ± 0.69 <sup>a</sup>	1.62 ± 0.13 <sup>a</sup>	67.21 ± 0.33 <sup>ab</sup>	30.96 ± 0.48 <sup>b</sup>	68.51 ± 1.01 <sup>bc</sup>
110	68.54 ± 0.39 <sup>b</sup>	1.57 ± 0.10 <sup>ab</sup>	66.38 ± 0.44 <sup>b</sup>	27.30 ± 0.52 <sup>c</sup>	72.46 ± 1.56 <sup>b</sup>
120	67.77 ± 0.47 <sup>b</sup>	1.45 ± 0.04 <sup>b</sup>	65.74 ± 0.50 <sup>b</sup>	25.35 ± 0.73 <sup>d</sup>	82.34 ± 1.34 <sup>a</sup>
130	67.15 ± 0.85 <sup>b</sup>	1.46 ± 0.07 <sup>b</sup>	65.21 ± 0.36 <sup>b</sup>	23.44 ± 0.33 <sup>d</sup>	76.59 ± 1.326 <sup>b</sup>

注:同一列中不同字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。

表 3 各指标隶属度及产品综合评分

Table 3 The membership degree of each index and the comprehensive score of product

卤制时间/min	出品率隶属度	食盐含量隶属度	水分含量隶属度	硬度隶属度	感官评分隶属度	综合得分/分
90	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.20
100	0.83	0.19	0.49	0.32	0.16	0.30
110	0.54	0.43	0.25	0.65	0.40	0.46
120	0.24	1.00	0.07	0.83	1.00	0.80
130	0.00	0.95	0.00	1.00	0.65	0.67

由表 2 和表 3 可知,在加热过程中,随着卤制时间的延长,鸭肉肌原纤维蛋白不断收缩,肌肉组织结构被破坏,结构变得松散<sup>[24-25]</sup>,风味物质在卤制时间 60~120 min 检出并积累<sup>[26]</sup>,在卤制时间在 90~120 min 内各指标变化显著,随着卤制时间的延长卤香鸭的出品率逐渐降低,水分逐渐散失,硬度变小,感官评分逐渐上升。120~130 min 范围内,鸭肉各指标变化不显著,产品感官评分在 120 min 时达到最大值为 82.34 分,此时鸭肉的综合得分也达到最大值 0.80 分,当卤制时间过长,卤料

包中苦味物质释放较多影响风味<sup>[27]</sup>。脂肪酸含量是评价肉品风味、营养价值的重要因素<sup>[28]</sup>,合适的煮制时间有利于保留更多脂肪酸,研究表明卤制时间对于鸭肉的品质影响显著,为获得较好的食用品质,综合考虑选择卤制 120 min 为最佳品质点。

### 2.2 酱油用量对卤香鸭综合品质的影响

酱油用量对三穗特色卤香鸭综合品质的影响如表 4 和表 5 所示。

表 4 酿造酱油用量对鸭肉综合品质的影响

Table 4 Effects of the amount of brewed soy sauce on duck comprehensive quality

酿造酱油用量/%	出品率/%	食盐含量/%	水分含量/%	硬度/N	感官评分/分
0.25	69.71 ± 0.45 <sup>a</sup>	1.39 ± 0.14 <sup>b</sup>	66.23 ± 0.56 <sup>a</sup>	24.88 ± 0.41 <sup>a</sup>	60.31 ± 1.35 <sup>c</sup>
0.50	69.57 ± 0.60 <sup>a</sup>	1.41 ± 0.07 <sup>ab</sup>	66.40 ± 0.28 <sup>a</sup>	24.47 ± 0.92 <sup>a</sup>	70.88 ± 1.46 <sup>b</sup>
0.75	69.43 ± 0.69 <sup>a</sup>	1.47 ± 0.11 <sup>a</sup>	66.51 ± 0.46 <sup>a</sup>	23.60 ± 0.85 <sup>ab</sup>	85.55 ± 1.79 <sup>b</sup>
1.00	69.36 ± 0.75 <sup>a</sup>	1.56 ± 0.01 <sup>a</sup>	66.39 ± 0.33 <sup>a</sup>	22.20 ± 0.82 <sup>b</sup>	77.85 ± 1.29 <sup>a</sup>
1.25	69.54 ± 0.58 <sup>a</sup>	1.54 ± 0.01 <sup>a</sup>	66.48 ± 0.35 <sup>a</sup>	22.11 ± 0.76 <sup>b</sup>	73.94 ± 1.38 <sup>ab</sup>

注:同一列中不同字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。

表 5 各指标隶属度及产品综合评分

Table 5 The membership degree of each index and the comprehensive score of product

酿造酱油用量/%	出品率隶属度	食盐含量隶属度	水分含量隶属度	硬度隶属度	感官评分隶属度	综合得分/分
0.25	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.35
0.50	0.60	0.88	0.61	0.15	0.42	0.52
0.75	0.20	0.53	1.00	0.46	1.00	0.69
1.00	0.00	0.00	0.57	0.97	0.69	0.49
1.25	0.51	0.12	0.89	1.00	0.54	0.56

由表 4 和表 5 可知,随着酿造酱油用量的增加,鸭肉的出品率、水分含量无显著差异,食盐含量随之呈现上升趋势,硬度则呈下降趋势,感官评分以及综合得分呈先增后降变化。酿造酱油的用量为 0.75% 时,鸭肉的感官评分和综合得分均达到最大值分别为 85.55, 0.69 分。酿造酱油中具有特殊的香气和颜色,其还含有丰富的氨基态氮和小分子肽等物质有利于人体的吸收与代谢<sup>[29-32]</sup>,且

酱油中的物质易与肉制品中糖类发生美拉德反应,因此适量添加酱油会增加卤香鸭的风味、营养及色泽,酱油中含有大量盐分且颜色为深黑色,添加过量不利于鸭肉的风味和感官。根据综合得分,酱油用量应控制在 0.75% 最为合适。

### 2.3 肉液比对卤香鸭综合品质的影响

肉液比对三穗特色卤香鸭综合品质的影响如表 6 和表 7 所示。

表 6 肉液比对鸭肉综合品质的影响

Table 6 The effect of meat liquid ratio on the comprehensive quality of duck meat

肉液比	出品率/%	食盐含量/%	水分含量/%	硬度/N	感官评分/分
1:1.00	65.72 ± 0.37 <sup>b</sup>	1.62 ± 0.11 <sup>a</sup>	64.50 ± 0.67 <sup>b</sup>	30.05 ± 0.84 <sup>a</sup>	65.44 ± 1.45 <sup>e</sup>
1:1.25	66.28 ± 0.54 <sup>b</sup>	1.58 ± 0.12 <sup>ab</sup>	65.68 ± 0.43 <sup>ab</sup>	26.00 ± 0.63 <sup>b</sup>	70.53 ± 1.16 <sup>b</sup>
1:1.50	66.77 ± 0.66 <sup>ab</sup>	1.51 ± 0.06 <sup>b</sup>	66.11 ± 0.84 <sup>a</sup>	24.53 ± 0.66 <sup>c</sup>	75.53 ± 1.30 <sup>b</sup>
1:1.75	67.23 ± 0.49 <sup>a</sup>	1.46 ± 0.14 <sup>b</sup>	66.83 ± 0.62 <sup>a</sup>	25.43 ± 0.52 <sup>c</sup>	80.63 ± 1.07 <sup>a</sup>
1:2.00	67.96 ± 0.56 <sup>a</sup>	1.44 ± 0.08 <sup>b</sup>	66.79 ± 0.58 <sup>a</sup>	23.70 ± 0.96 <sup>b</sup>	73.89 ± 1.65 <sup>b</sup>

注:同一列中不同字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。

表 7 各指标隶属度及产品综合评分

Table 7 The membership degree of each index and the comprehensive score of product

肉液比	出品率隶属度	食盐含量隶属度	水分含量隶属度	硬度隶属度	感官评分隶属度	综合得分/分
1:1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1:1.25	0.25	0.22	0.51	0.64	0.34	0.38
1:1.50	0.47	0.61	0.69	0.87	0.66	0.68
1:1.75	0.67	0.89	1.00	0.73	1.00	0.89
1:2.00	1.00	1.00	0.98	1.00	0.56	0.84

由表 6 和表 7 可知,随着肉液比的增加,鸭肉的水分含量和出品率呈现上升变化,食盐含量和硬度呈下降趋势,鸭肉的感官评分和综合得分呈现先上升后下降的趋势。卤制时水与卤肉充分接触有利于蛋白质、脂肪等营养物质的释放<sup>[33]</sup>,水分分布情况决定酱卤鸭肉的嫩度以及香料释放程度从而影响口感及风味<sup>[34]</sup>,水分含量太低卤香鸭肉

口感较柴,水分含量太多卤香鸭口感过于绵软,没有嚼劲还会使更多挥发性风味物质及营养流失,肉液比适中使得鸭肉充分吸收水分,卤香鸭呈多汁口感,当肉液比为 1:1.75 时,鸭肉的感官评分和综合得分获得最大值分别为 80.63, 0.89 分。改变肉液比主要影响鸭肉的风味与口感,为达到较好的鸭肉食用品质,肉液比为 1:1.75 为最佳品质控

制点。

## 2.4 肉料比对卤香鸭综合品质的影响

肉料比对三穗特色卤香鸭综合品质的影响如表 8 和表 9 所示。

表 8 肉料比对鸭肉综合品质的影响

Table 8 The effect of meat to meat ratio on the comprehensive quality of duck meat

肉料比	出品率/%	食盐含量/%	水分含量/%	硬度/N	感官评分/分
1:0.035	68.06 ± 0.62 <sup>a</sup>	1.49 ± 0.06 <sup>a</sup>	65.47 ± 0.75 <sup>a</sup>	25.80 ± 0.79 <sup>a</sup>	65.44 ± 1.23 <sup>d</sup>
1:0.040	67.84 ± 0.58 <sup>a</sup>	1.43 ± 0.07 <sup>a</sup>	65.75 ± 0.63 <sup>a</sup>	25.47 ± 0.60 <sup>a</sup>	70.53 ± 1.44 <sup>c</sup>
1:0.045	67.79 ± 0.38 <sup>a</sup>	1.44 ± 0.08 <sup>a</sup>	65.39 ± 0.42 <sup>a</sup>	25.76 ± 0.71 <sup>a</sup>	76.31 ± 1.63 <sup>a</sup>
1:0.050	67.90 ± 0.42 <sup>a</sup>	1.47 ± 0.04 <sup>a</sup>	65.45 ± 0.98 <sup>a</sup>	25.29 ± 0.67 <sup>a</sup>	79.64 ± 1.17 <sup>b</sup>
1:0.055	67.81 ± 0.81 <sup>a</sup>	1.46 ± 0.06 <sup>a</sup>	65.61 ± 0.69 <sup>a</sup>	25.57 ± 0.56 <sup>a</sup>	71.31 ± 2.02 <sup>c</sup>

注:同一列中不同字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。

表 9 各指标隶属度及产品综合评分

Table 9 The membership degree of each index and the comprehensive score of product

肉料比	出品率隶属度	食盐含量隶属度	水分含量隶属度	硬度隶属度	感官评分隶属度	综合得分/分
1:0.035	1.00	0.00	0.22	0.00	0.00	0.12
1:0.040	0.19	1.00	1.00	0.65	0.36	0.62
1:0.045	0.00	0.83	0.00	0.08	0.77	0.49
1:0.050	0.41	0.33	0.17	1.00	1.00	0.69
1:0.055	0.07	0.50	0.61	0.45	0.41	0.43

由表 8 和 9 可知,随着肉料比的增加,鸭肉的出品率、水分含量、食盐含量、硬度变化不显著,鸭肉的感官评分和综合得分均呈现先升后降变化。当肉料比为 1:0.050 时,鸭肉的感官评分和综合得分都达到最大值分别为 79.64, 0.69 分。卤料主要用于改善食品风味,包括增加香气、着色及消除异味等,同时香辛料具有显著的抑菌性和抗氧化性<sup>[35-36]</sup>,在肉料比较低的时候香料包赋予鸭肉的香味物质较少风味较淡,所以感官评分不高。当料包的比重过大导致卤肉的香料味过于浓重掩盖了三穗鸭原本的鲜香味,使得酱卤鸭肉的风味不佳。适量的肉料比对于鸭肉的风味品质有很大的改善作用,由鸭肉的脂肪、氨基酸降解和香辛料的适当溶出使得卤香鸭整体风味浓郁协调<sup>[37]</sup>,还能延缓保质期,根据综合评分肉料比为 1:0.050 为最佳品质控制点。

## 2.5 响应面试验结果分析

为进一步研究变量之间交互作用的影响关系,使用响应面分析法筛选卤香鸭的最佳综合品质控制点。基于 Box-Behnken 采样原理,以综合得分为响应值,对影响鸭肉综合品质的卤制时间

(A)、酿造酱油用量(B)、肉液比(C)、肉料比(D)4 个因素,进行四因素三水平的响应面分析试验。响应面因素水平和结果见表 10 和表 11。

表 10 响应面因素水平和编码

Table 10 Factor level and code of response surface methodology

编码	卤制时间(A)/h	酿造酱油用量(B)/%	肉液比(C)	肉料比(D)
-1	110	0.50	1:1.50	1:0.045
0	120	0.75	1:1.75	1:0.050
1	130	1.00	1:2.00	1:0.055

2.5.1 响应面试验结果及方差分析 利用响应面设计软件对表 12 中的试验结果进行分析,得到以综合得分为目标函数,卤制时间、酿造酱油用量、肉液比、肉料比为影响变量的二次多项式回归方程:综合得分  $C = 0.74 + 0.021A - 5.500 \times 10^{-3}B - 7.583 \times 10^{-3}C + 0.047D + 2.250AB - 0.063AC - 7.000 \times 10^{-3}AD - 0.022BC - 0.023BD - 7.000 \times 10^{-3}CD - 0.20A^2 - 0.10B^2 - 0.13C^2 - 0.098D^2$ 。

表 11 响应面试验设计与结果

Table 11 The design and results of response surface experiment

序号	卤制时间(A)/min	酿造酱油用量(B)/%	肉液比(C)	肉料比(D)	综合得分/分
1	110	0.50	1:1.75	1:0.050	0.421
2	130	0.50	1:1.75	1:0.050	0.428
3	110	1.00	1:1.75	1:0.050	0.419
4	130	1.00	1:1.75	1:0.050	0.435
5	120	0.75	1:1.50	1:0.045	0.466
6	120	0.75	1:2.00	1:0.045	0.456
7	120	0.75	1:1.50	1:0.055	0.574
8	120	0.75	1:2.00	1:0.055	0.536
9	110	0.75	1:1.75	1:0.045	0.363
10	130	0.75	1:1.75	1:0.045	0.432
11	110	0.75	1:1.75	1:0.055	0.471
12	130	0.75	1:1.75	1:0.055	0.512
13	120	0.50	1:1.50	1:0.050	0.505
14	120	1.00	1:1.50	1:0.050	0.526
15	120	0.50	1:2.00	1:0.050	0.546
16	120	1.00	1:2.00	1:0.050	0.478
17	110	0.75	1:1.50	1:0.050	0.337
18	130	0.75	1:1.50	1:0.050	0.523
19	110	0.75	1:2.00	1:0.050	0.445
20	130	0.75	1:2.00	1:0.050	0.379
21	120	0.50	1:1.75	1:0.045	0.486
22	120	1.00	1:1.75	1:0.045	0.519
23	120	0.50	1:1.75	1:0.055	0.622
24	120	1.00	1:1.75	1:0.055	0.565
25	120	0.75	1:1.75	1:0.050	0.763
26	120	0.75	1:1.75	1:0.050	0.743
27	120	0.75	1:1.75	1:0.050	0.754
28	120	0.75	1:1.75	1:0.050	0.737
29	120	0.75	1:1.75	1:0.050	0.713

表 12 综合得分拟合回归方程的方差分析表

Table 12 Analysis of variance of sensory score fitting regression equation

方差来源	平方和	自由度	方差	F 值	P	显著性
回归模型	0.3989590	14	0.0284970	84.019320	< 0.0001	**
卤制时间(A)	0.0053340	1	0.0053340	15.726750	0.0014	**
酿造酱油用量(B)	0.0003630	1	0.0003630	1.070251	0.3184	
肉液比(C)	0.0006900	1	0.0006900	2.034608	0.1757	
肉料比(D)	0.0259470	1	0.0259470	76.500870	< 0.0001	**
AB	0.0000202	1	0.0000202	0.059704	0.8105	
AC	0.0158760	1	0.0158760	46.808020	< 0.0001	**
AD	0.0001960	1	0.0001960	0.577877	0.4598	
BC	0.0019800	1	0.0019800	5.838472	0.0299	*
BD	0.0020250	1	0.0020250	5.970411	0.0284	**
CD	0.0001960	1	0.0001960	0.577877	0.4598	

(续表 12)

方差来源	平方和	自由度	方差	F值	P	显著性
$A^2$	0.2652210	1	0.2652210	781.964100	< 0.0001	**
$B^2$	0.0702700	1	0.0702700	207.181600	< 0.0001	**
$C^2$	0.1037300	1	0.1037300	305.832500	< 0.0001	**
$D^2$	0.0617680	1	0.0617680	182.112600	< 0.0001	**
残差	0.0047480	14	0.0003390			
失拟项	0.0032960	10	0.0003300	0.908104	0.5922	
纯误差	0.0014520	4	0.0003630			
合计	0.4037070	28				

$R^2=0.9882$   $R^2_{Adj}=0.9765$

注:\*代表差异显著, $P<0.05$ ;\*\*代表差异极显著, $P<0.01$ 。

由表 12 可知,卤制鸭肉的综合得分模型的  $F$  值为 84.02,  $P$  值 < 0.0001, 失拟项为 0.5922, 模型的决定系数  $R^2$  为 0.9882, 能够解释试验 98.82% 的响应值变异, 说明综合得分的回归模型极显著以及试验的数据与该模型具有较好的拟合相关性, 可用于确定三穗特色卤香鸭品质影响因素。由表可知, 方程的一次项  $A$ 、 $D$  对综合得分响应值影响极显著 ( $P<0.01$ ),  $B$ 、 $C$  对综合得分响应值影响不显著 ( $P>0.05$ ); 交互项  $BC$  对综合得分响应值影响显著 ( $P<0.05$ ),  $AC$ 、 $BD$  对综合得分响应值影响极显著 ( $P<0.01$ );  $AB$ 、 $AD$ 、 $CD$  对综合得分响应值影响不显著 ( $P>0.05$ ); 平方项  $A^2$ 、 $B^2$ 、 $C^2$ 、 $D^2$  对综合得分响应值影响极显著 ( $P<0.01$ )。影响因素对综合

得分影响大小顺序为:  $D>A>C>B$ , 即肉料比 > 卤制时间 > 肉液比 > 酿造酱油用量。

2.5.2 综合得分响应曲面分析 图 1 至图 6 分别给出了卤制时间、酿造酱油用量、肉液比、肉料比对卤制鸭肉综合得分的 3D 曲面图和等高线图。

从图 1~6 能直观看出各因素间交互作用对综合得分的影响。通过观察 3D 曲面的倾斜度大小可确定两因素间交互作用对综合得分响应值的影响程度。图 1、图 3、图 6 的响应曲面较平缓, 等高线图中心呈圆形或近似圆形, 说明卤制时间和酿造酱油用量、卤制时间和肉料比、肉液比和肉料比的交互作用不显著, 对综合得分影响小。图 4 的响应曲面坡度陡峭, 等高线中心呈近似椭圆形, 表明

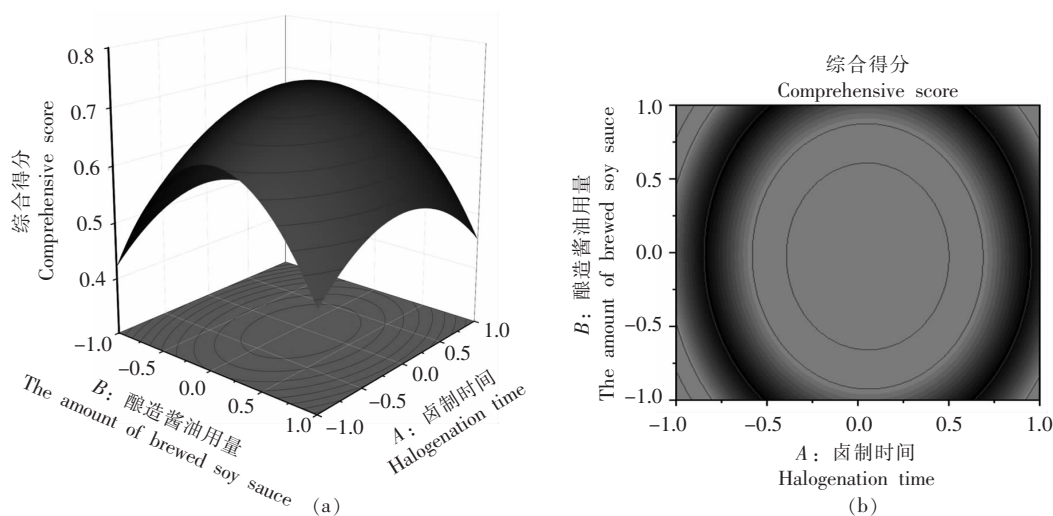


图 1 卤制时间和酿造酱油用量的交互作用对综合得分的影响

Fig.1 The effects of the interaction between the halogenation time and the amount of brewed soy sauce on the comprehensive score



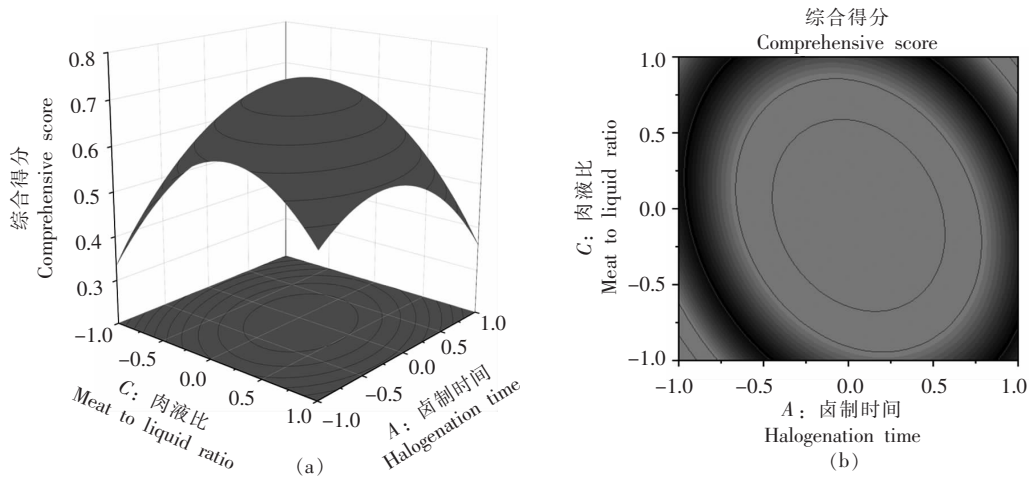


图 2 卤制时间和肉液比的交互作用对综合得分的影响

Fig.2 The effects of the interaction between the halogenation time and the meat to liquid ratio on the comprehensive score

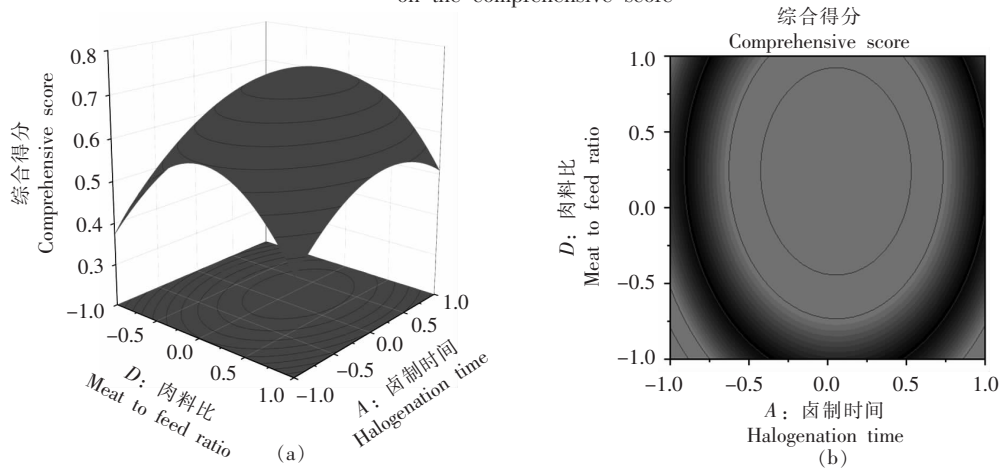


图 3 卤制时间和肉料比的交互作用对综合得分的影响

Fig.3 The effects of the interaction between the halogenation time and the meat to feed ratio on the comprehensive score

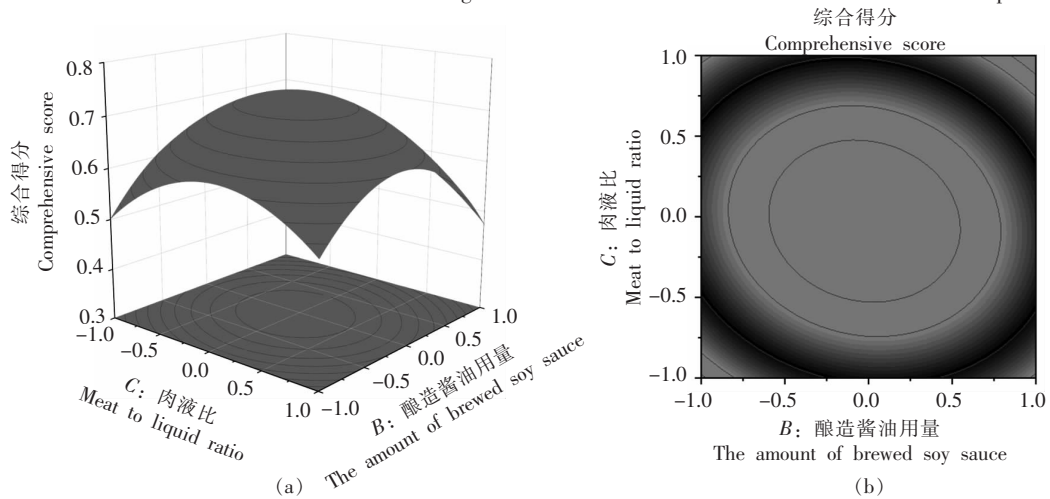


图 4 酿造酱油用量和肉液比的交互作用对综合得分的影响

Fig.4 The effects of the interaction between the amount of brewed soy sauce and the meat to liquid ratio on the comprehensive score

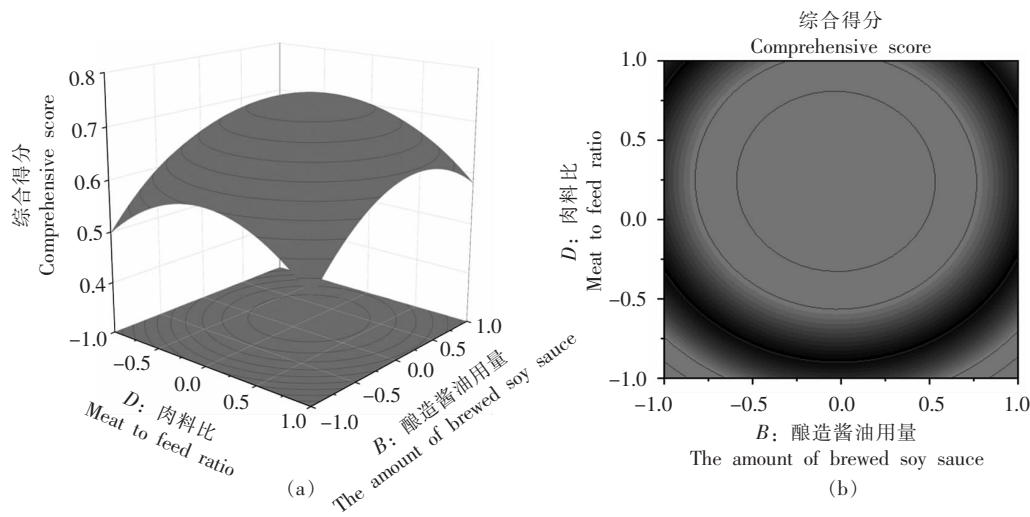


图5 酿造酱油用量和肉料比的交互作用对综合得分的影响

Fig.5 The effects of the interaction between the amount of brewed soy sauce and the meat to feed ratio on the comprehensive score

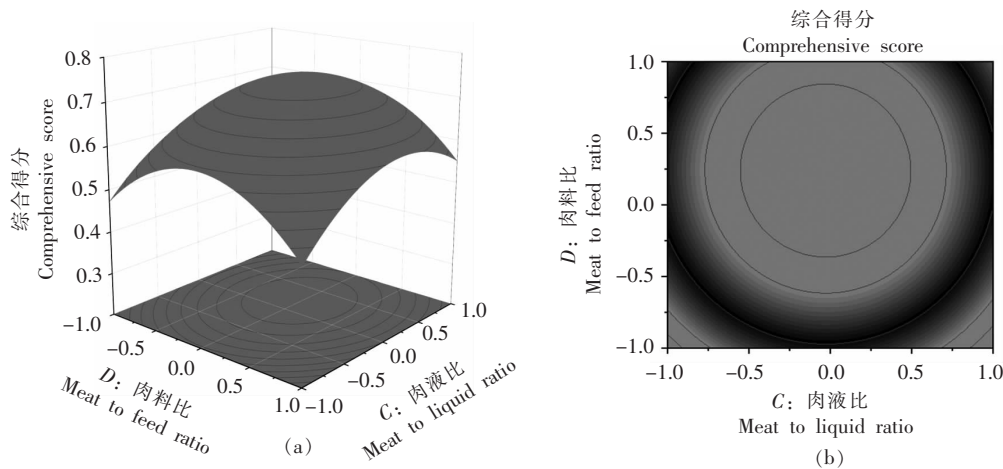


图6 肉液比和肉料比的交互作用对综合得分的影响

Fig.6 The effects of the interaction between the meat to liquid ratio and the meat to feed ratio on the comprehensive score

造酱油用量和肉液比的交互作用强，对综合得分的影响大。图2、图5的抛物曲面坡度较陡峭，等高线图中心呈椭圆形，表明卤制时间和肉液比、酿造酱油用量和肉料比对鸭肉的综合得分影响极显著，对综合得分的影响较大。以上结果分析与方差分析的结论一致。

**2.5.3 三穗特色卤香鸭品质影响因素验证** 在单因素实验基础上确定各因素取值范围，通过 Design-Expert 8.0.6 软件对实验结果进行回归分析得到的优化结果显示三穗特色卤香鸭最佳品质控制点为卤制时间为 120.55 min，酿造酱油用量为 0.74%，肉液比为 1:1.74，肉料比 1:0.0512，模型预

测的综合得分为 0.7485。结合工厂实际生产情况，对最佳综合品质控制点进行调整，调整为卤制时间为 120 min，酿造酱油用量为 0.7%，肉液比为 1:1.7，肉料比 1:0.05，并在此品质控制点条件下进行 3 次验证试验，结果得到综合得分平均值为 0.75，与模型预测值相近。

### 3 结论

卤制是三穗卤香鸭风味形成最关键的一道工序，本文研究了在卤制过程中的卤香鸭的品质变化及品质影响因素。研究表明，三穗卤香鸭的出品率逐渐降低，水分逐渐散失，硬度变小，食盐

含量增加,感官评分和综合评分逐渐上升。卤制时间、酿造酱油用量、肉液比、肉料比对三穗特色卤香鸭的品质均有不同程度的影响,对综合得分影响大小顺序为:肉料比>卤制时间>肉液比>酿造酱油用量。卤制时间对卤香鸭肌原纤维蛋白和粗脂肪含量有显著影响;合适的酿造酱油为卤香鸭增添色泽;恰当的肉液比使鸭肉质地适口;合适的肉料比使卤香鸭整体风味浓郁协调。构建的影响因素二次多项式回归方程模型的决定系数 $R^2$ 为0.9882,说明试验数据和该模型具有较好的试验相关性,可用来研究三穗卤香鸭品质影响因素。对四因素进行响应面优化得到三穗特色卤香鸭卤最佳综合品质控制点为卤制时间为120 min,酿造酱油用量为0.7%,肉液比为1:1.7,肉料比1:0.05,在此控制点下产品综合得分为0.75,鸭肉口感细腻,咸淡适宜,香气浓郁,品质良好。

### 参 考 文 献

- [1] 张福平,林家栋,陈春华,等. 贵州三穗县鸭产业发展现状及对策[J]. 贵州畜牧兽医, 2010, 34(4): 8-9.  
ZHANG F Q, LIN J D, CHEN J H, et al. Present situation and countermeasures of duck industry development in Sansui County, Guizhou[J]. Guizhou Animal Husbandry and Good Medicine, 2010, 34(4): 8-9.
- [2] 顾永江,陶宇航,何明才,等. 三穗鸭品种特性概述及产业发展现状与对策[J]. 上海畜牧兽医通讯, 2013(6): 44-45.  
GU Y J, TAO Y H, HE M C, et al. Overview of three-spike duck breed characteristics, current situation and countermeasures of industrial development[J]. Shanghai Animal Husbandry and Veterinary News, 2013(6): 44-45.
- [3] YUAN L, XING I X, GUANG H Z. Comparative study of volatile compounds in traditional Chinese Nanjing marinated duck by different extraction techniques[J]. International Journal of Food Science & Technology, 2007, 42(5): p543-p550.
- [4] 黄珊,王修俊,刘佳慧,等. 贵州三穗鸭骨髓液美拉德反应条件优化及挥发性风味物质分析[J]. 中国酿造, 2019, 38(9): 117-123.  
HUANG S, WANG X J, LIU J H, et al. Optimization of Maillard reaction conditions and analysis of volatile flavor substances in enzymatic hydrolysate of Guizhou Sansui duck bones[J]. China Brewing, 2019, 38(9): 117-123.
- [5] 杨丽平,王修俊,刘林新,等. 两种养殖方式的贵州三穗鸭肌肉营养成分分析及评价[J]. 现代食品科技, 2021, 37(2): 237, 275-282.  
YANG L P, WANG X J, LIU L X, et al. Analysis and evaluation of muscle nutritional composition of Guizhou Sansui Duck with two breeding methods[J]. Modern Food Science and Technology, 2021, 37(2): 237, 275-282.
- [6] 何照波,李万贵,王艳,等. 三穗鸭兴义鸭樱桃谷鸭肉质和血清生化指标的差异性分析[J]. 当代畜牧, 2014(18): 45-47.  
HE Z B, LI W G, WANG Y, et al. Difference analysis of meat quality and serum biochemical indexes of three-ear duck Xingyi duck Cherry Valley duck[J]. Contemporary Animal Husbandry, 2014(18): 45-47.
- [7] 姚碧琼,张芸,林威,等. 复合微生态制剂对生长期三穗鸭免疫指标及抗氧化功能的影响[J]. 中国饲料, 2022(5): 62-65.  
YAO B Q, ZHANG Y, LIN W, et al. Effects of compound microecological preparation on immune indexes and antioxidant function of three-ear ducks in growing period[J]. China Feed, 2022(5): 62-65.
- [8] 于沛,王修俊,刘林新,等. 不同三穗鸭蛋的挥发性风味成分比较分析[J]. 现代食品科技, 2021, 37(1): 216-222, 242.  
YU P, WANG X J, LIU L X, et al. Comparative analysis of volatile flavor components of different three-spike duck eggs[J]. Modern Food Science and Technology, 2021, 37(1): 216-222, 242.
- [9] 张芹,王修俊,田多. 三穗血浆鸭加工过程中风味成分的变化[J]. 食品与机械, 2018, 34(1): 199-204.  
ZHANG Q, WANG X J, TIAN D. Changes of flavor components during processing of Sansui plasma duck[J]. Food and Machinery, 2018, 34(1): 199-204.
- [10] 周雯,王修俊,田多,等. 三穗血浆鸭湿法腌制技术标准生产研究[J]. 包装工程, 2019, 40(17): 38-47.  
ZHOU W, WANG X J, TIAN D, et al. Study on standardized production of wet curing technology of

- Sansui plasma duck [J]. *Packaging Engineering*, 2019, 40(17): 38–47.
- [11] 陈星, 沈清武, 罗洁. 腌制方式对鸭肉腌制速率及品质的影响[J]. *食品科学*, 2020, 41(12): 7–13.  
CHEN X, SHEN Q W, LUO J. Effect of curing methods on curing rate and quality of duck meat[J]. *Food Science*, 2020, 41(12): 7–13.
- [12] 张苏苏, 赵子瑞, 苑冰冰, 等. 酱卤肉制品加工技术研究进展[J]. *食品安全质量检测学报*, 2016, 7(8): 3270–3276.  
ZHANG S S, ZHAO Z R, YUAN B B, et al. Research progress of processing technology of sauced meat products[J]. *Journal of Food Safety and Quality Inspection*, 2016, 7(8): 3270–3276.
- [13] AKKÖSE A, AKTAŞ N. Curing and diffusion coefficient study in pastırma, a Turkish traditional meat product[J]. *Meat Science*, 2014, 96(1): 311–314.
- [14] RASINSKA E, J RUTKOWSKA, CZARNECKA – SKUBINA E, et al. Effects of cooking methods on changes in fatty acids contents, lipid oxidation and volatile compounds of rabbit meat [J]. *Lebensmittel Wissenschaft Und Technologie*, 2019, 110: 64–70.
- [15] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品中水分的测定: GB 5009.3–2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.  
National Health and Family Planning Commission of the People’s Republic of China. National food safety standard determination of water in food: GB 5009.3–2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2016.
- [16] 朱冰洁. 特色卤鸭制品的风味分析与工艺研究[D]. 武汉: 武汉轻工大学, 2017.  
ZHU B J. Flavor analysis and technology research of special stewed duck products[D]. Wuhan: Wuhan University of Light Industry, 2017.
- [17] 钟雅翰, 彭春. 酱卤肉制品中食品添加剂的应用和检测分析[J]. *食品安全导刊*, 2021(35): 143–146.  
ZHONG Y H, PENG C. Application and detection analysis of food additives in sauce and braised pork products[J]. *Food Safety Guide*, 2021(35): 143–146.
- [18] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食盐指标的测定: GB 5009.44–2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.  
National Health and Family Planning Commission of the People’s Republic of China. Determination of salt index of national food safety standard: GB 5009.44–2016[S]. Beijing: Standards Press of China, 2016.
- [19] 杨永华. 定量卤制牛肉干制备工艺配方优化及品质特性研究[D]. 长春: 吉林大学, 2020.  
YANG Y H. Optimization of preparation technology and quality characteristics of quantitative marinated beef jerky[D]. Changchun: Jilin University, 2020.
- [20] 张丽, 孙宝忠, 余群力. 牦牛肉宰后成熟嫩度预测模型与验证[J]. *农业工程学报*, 2013, 29(16): 286–292.  
ZHANG L, SUN B Z, YU Q L. Prediction model and validation of postmortem maturity and tenderness of yak meat[J]. *Journal of Agricultural Engineering*, 2013, 29(16): 286–292.
- [21] 高小翊, 王修俊, 田多. 贵州三穗血浆鸭干法腌制工艺优化[J]. *食品与机械*, 2018, 34(2): 205–211.  
GAO X X, WANG X J, TIAN D. Optimization of dry curing technology of Guizhou Sansui plasma duck[J]. *Food and Machinery*, 2018, 34(2): 205–211.
- [22] 施帅, 瞿桂香, 徐海祥, 等. 酱卤鸭脖的去腥工艺优化[J]. *食品工业科技*, 2017, 38(2): 282–286.  
SHI S, QU G X, XU H X, et al. Optimization of deodorization process of marinated duck neck [J]. *Food Industry Science and Technology*, 2017, 38(2): 282–286.
- [23] 杨丽平, 王修俊, 田多, 等. 三穗血浆鸭油炸技术的研究[J]. *中国调味品*, 2020, 45(5): 130–134, 146.  
YANG L P, WANG X J, TIAN D, et al. Study on frying technology of three-spike duck with plasma[J]. *Chinese Condiment*, 2020, 45(5): 130–134, 146.
- [24] GAO R, FENG X, LI W, et al. Changes in properties of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) protein during thermal denaturation [J]. *Food Science and Biotechnology*, 2016, 25(1): 21–26.
- [25] 田旭, 何航, 揭晓蝶, 等. 不同煮制时间对猪肉品质及营养成分的影响[J]. *肉类工业*, 2018(6): 25–29.  
TIAN X, HE H, JIE X D, et al. Effects of different cooking time on pork quality and nutritional components[J]. *Meat Industry*, 2018(6): 25–29.
- [26] 马菲, 郇延军, 刁欣悦. 酱制时间对传统酱卤猪肉制品风味及质构变化规律的影响[J]. *食品与机械*, 2019, 35(9): 55–63.  
MA F, HUAN Y J, DIAO X Y. The influence of sauce processing time on the flavor and texture of traditional stewed pork products[J]. *Food and Ma-*

- chinery, 2019, 35(9): 55-63.
- [27] 刘悦. 卤烤兔肉制品的研制及贮藏期品质变化研究[D]. 重庆: 西南大学, 2021.
- LIU Y. Study on the development of halogen-baked rabbit meat products and quality changes during storage[D]. Chongqing: Southwest University, 2021.
- [28] JANISZEWSKI P, GRZESKOWIAK E, LISIAK D, et al. The influence of thermal processing on the fatty acid profile of pork and lamb meat fed diet with increased levels of unsaturated fatty acids[J]. Meat Science, 2016, 111: 161-167.
- [29] GAO X L, CUI C, REN J Y, et al. Changes in the chemical composition of traditional Chinese - type soy sauce at different stages of manufacture and its relation to taste[J]. International Journal of Food Science & Technology, 2011, 46(2): PP 243-249.
- [30] GAO X L, ZHANG E M, LIU M Q, et al. Enhancing the taste of raw soy sauce using low intensity ultrasound treatment during moromi fermentation[J]. Food Chemistry, 2019, 298: 124928.
- [31] 张斌, 杨磊, 代显卓, 等. 风味酱鸭加工工艺优化[J]. 安徽农业科学, 2014, 42(17): 5620-5622.
- ZHANG B, YANG L, DAI X Z, et al. Optimization of processing technology of flavor sauce duck[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2014, 42(17): 5620-5622.
- [32] 钟小廷, 吕杰, 易谦武, 等. 不同原料酱油抗氧化活性生物测试及风味分析[J]. 中国酿造, 2020, 39(9): 69-74.
- ZHONG X Y, LÜ J, YI Q W, et al. Biological test and flavor analysis of different raw materials soy sauce[J]. China Brewing, 2020, 39(9): 69-74.
- [33] 周亚军, 李彬, 马清书, 等. 不同熟制方式对酱卤猪蹄食用品质及风味物质的影响[J]. 食品科学, 2022, 43(13): 15-22.
- ZHOU Y J, LI B, MA Q S, et al. Effects of different cooking methods on edible quality and flavor substances of pickled pig's trotters[J]. Food Science, 2022, 43(13): 15-22.
- [34] 朱晓红, 李春, 胡海涛, 等. 结合 LF-NMR 研究不同处理对酱牛肉保水性的影响[J]. 食品工业科技, 2012, 33(4): 92-96.
- ZHU X H, LI C, HU H T, et al. Combined with LF-NMR, the effect of different treatments on the water retention of sauce beef was studied[J]. Food Industry Science and Technology, 2012, 33(4): 92-96.
- [35] 杨轶滢, 崔钊伟, 王卫, 等. 香辛料提取物及其在肉制品抑菌防腐中的应用进展[J]. 现代食品科技, 2022, 38(3): 314-327.
- YANG Y X, CUI Z W, WANG W, et al. Spice extract and its application progress in antibacterial and antiseptic of meat products[J]. Modern Food Science and Technology, 2022, 38(3): 314-327.
- [36] 梅甜恬, 唐洁, 夏杨毅, 等. 卤料提取物对氧化诱导鸭肉肌原纤维蛋白功能特性和结构的影响[J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(7): 116-122.
- MEI T T, TANG J, XIA Y Y, et al. Effect of marinade extract on functional characteristics and structure of myofibrillar protein of duck meat induced by oxidation[J]. Food and Fermentation Industry, 2019, 45(7): 116-122.
- [37] KERTH C. Determination of volatile aroma compounds in beef using differences in steak thickness and cook surface temperature [J]. Meat Science, 2016, 117: 27-35.

### Quality Changes and Construction of Influencing Factors Model for Three Spike Characteristic Stewed Duck during Stewing

Li Jiamin<sup>1,2</sup>, Wang Xiujun<sup>1,2\*</sup>, Yang Liping<sup>1,2</sup>, Xu Jiahong<sup>1,2</sup>, He Chunxia<sup>1,2</sup>, Bao Huanhuan<sup>1,2</sup>

(<sup>1</sup>School of Liquor and Food Engineering, Guizhou University, Guiyang 550025

<sup>2</sup>Guizhou Provincial Key Laboratory of Fermentation Engineering and Biopharmacy, Guiyang 550025)

**Abstract** In order to study the quality changes and quality influencing factors of duck meat in the process of stewing, this experiment took the moisture content, salt content, yield, hardness, sensory score and comprehensive score that could reflect the product quality as the evaluation indexes, and used single factor test and response surface test design to study the stewing time, brewing soy sauce dosage. The meat to liquid ratio and meat to liquid ratio affected the

quality of marinated duck, and the mathematical model of the factors affecting the quality of marinated duck was established. The results showed that the yield of salted duck gradually decreased, the moisture gradually lost, the hardness decreased, the salt content increased, and the sensory score and comprehensive score gradually increased. Stewing time, brewing soy sauce dosage, meat liquid ratio and meat material ratio have different degrees of influence on the quality of Sansui characteristic stewed duck. The order of size was: meat to feed ratio > stewing time > meat to liquid ratio > brewing soy sauce dosage. The coefficient of determination  $R^2$  of the quadratic polynomial regression equation model was 0.9882, which showed that the experimental data have good experimental correlation with the model, and could be used to study the influencing factors of the quality of Sansui halogen flavored duck. Through comprehensive evaluation, when the brine time was 120 min, the amount of brewing soy sauce was 0.7%, the meat liquid mass ratio was 1:1.7, and the meat material mass ratio was 1:0.05, the comprehensive score of the product was 0.75, which was the best quality control point. This study provided an important reference for enterprises to produce Sansui characteristic stewed duck.

**Keywords** Sansui characteristic braised duck; quality influencing factors; response surface test; comprehensive score; quality change