



杨焕彬,曾庆培,李京,等. 广东隔水蒸鸡产业化生产关键工艺优化[J]. 轻工学报,2021,36(2):1-9.

YANG H B, ZENG Q P, LI J, et al. Optimization of key process for the industrialization of Guangdong steam chicken [J]. Journal of Light Industry, 2021, 36(2): 1-9. DOI: 10.12187/2021.02.001

中图分类号: TS251.55 文献标识码: A 文章编号: 2096-1553(2021)02-0001-09

# 广东隔水蒸鸡产业化生产关键工艺优化

## Optimization of key process for the industrialization of Guangdong steam chicken

杨焕彬<sup>1</sup>, 曾庆培<sup>1</sup>, 李京<sup>1</sup>, 刘晓丽<sup>1,2,3</sup>, 宋琳<sup>2,3</sup>, 杨锡洪<sup>2,3</sup>,  
林光明<sup>1</sup>, 解万翠<sup>2,3</sup>

YANG Huanbin<sup>1</sup>, ZENG Qingpei<sup>1</sup>, LI Jing<sup>1</sup>, LIU Xiaoli<sup>1,2,3</sup>, SONG Lin<sup>2,3</sup>,  
YANG Xihong<sup>2,3</sup>, LIN Guangming<sup>1</sup>, XIE Wancui<sup>2,3</sup>

1. 广东无穷食品集团有限公司, 广东 潮州 515700;
  2. 青岛科技大学 海洋科学与生物工程学院/山东省生物化学工程重点实验室, 山东 青岛 266042;
  3. 江南大学 食品学院/食品科学与技术国家重点实验室/江苏省食品安全与质量控制协同创新中心, 江苏 无锡 214122
1. Guangdong Wuqiong Food Groups Co., Ltd., Chaozhou 515700, China;
  2. School of Marine Science and Bioengineering/Shandong Key Laboratory of Biochemical Engineering, Qingdao University of Science and Technology, Qingdao 266042, China;
  3. School of Food Science and Technology/State Key Laboratory of Food Science and Technology/Collaborative Innovation Center of Food Safety and Quality Control in Jiangsu Province, Jiangnan University, Wuxi 214122, China

**关键词:**  
广东隔水蒸鸡; 蒸制;  
工艺优化; 感官品质

**Key words:**  
Guangdong steam  
chicken; steaming;  
process optimization;  
sensory quality

**摘要:**以广东土鸡为原料制作广东隔水蒸鸡,采用单因素试验和正交试验对广东隔水蒸鸡产业化生产的关键工艺进行优化,并利用感官定量描述性测试和电子鼻对最佳工艺条件下制作的广东隔水蒸鸡与市售广东隔水蒸鸡进行比较。结果表明:广东隔水蒸鸡产业化生产的最佳关键工艺条件为香辛料添加量0.5%,腌制时间5 h,蒸制时间20 min,该条件下制作的广东隔水蒸鸡的感官综合评分达96.0分;与市售广东隔水蒸鸡相比,最佳工艺条件下制作的广东隔水蒸鸡具有相似的特征风味和香味,但甲基类挥发性成分更高,味道和质构均得到显著改善,香气、口感和咸度更均匀稳定。

收稿日期:2020-11-02

基金项目:中国博士后科学基金项目(2020M682924);山东省重点研发计划项目(2017GHY15127)

作者简介:杨焕彬(1979—),男,广东省潮州市人,广东无穷食品集团有限公司工程师,主要研究方向为休闲食品质量安全管理与研发。

通信作者:解万翠(1969—),女,山东省莒南县人,青岛科技大学教授,博士,主要研究方向为食品生物化学。

**Abstract:** The key process of industrial production of Guangdong steamed chicken was optimized by single factor test and orthogonal test with Guangdong native chicken as raw material. The sensory quantitative descriptive test and electronic nose were used to compare the preparation of Guangdong steamed chicken and the commercial Guangdong steamed chicken under the optimal technological conditions. The results showed that the key technological conditions for industrial production of Guangdong steamed chicken were as follows: spice content 0.5%, pickling time 5 h, steaming time 20 min. The comprehensive sensory score of Guangdong steamed chicken was 96.0 under the optimal conditions. Compared with the commercial Guangdong steamed chicken, the Guangdong steamed chicken prepared by the best technology had similar characteristic flavor and aroma, but the methyl volatile components were higher, and the flavor and texture were significantly improved. In addition, the aroma, taste and saltiness were more uniform and stable.

## 0 引言

“蒸”是中国最早的烹调方式之一,素有“无菜不蒸”之说.与煎、炒、炸等烹调方式(温度高达300℃)相比,蒸的温度不超过100℃且受热均衡,虽有较少的热分解损失和氧化损失,但食材的原味不易挥发,营养物质不易被破坏,因此蒸菜更美味可口,且汤色更清亮.此外,蒸菜清淡少油,能有效控制人体的油脂摄入量,且蒸制过程中无油烟产生,不会对烹饪者的健康造成威胁<sup>[1-2]</sup>.

广东隔水蒸鸡是以广东土鸡为原料,采用蒸制方式制作的广东传统特色美食,因隔水蒸制这种做法能最大限度地保持鸡的原汁原味,使鸡肉肉质鲜美少油,香味浓郁,故广受人们的喜爱<sup>[1,3-4]</sup>.目前,广东隔水蒸鸡以现做现卖为主,生产规模小,管理水平低,没有生产标准及检验能力,无法保证产品的品质与安全,同时也难以适应产业化生产的需求<sup>[3,5-7]</sup>.因此,探究广东隔水蒸鸡产业化生产的关键工艺对其品质的提高具有重要意义.

风味由滋味和气味构成,是检验肉制品食用品质的重要指标之一<sup>[8]</sup>.目前对肉制品风味的分析多采用感官评价、气相色谱-质谱联用、电子鼻等方法<sup>[9-12]</sup>.例如,张同刚等<sup>[9]</sup>以感官评分为指标,对手抓羊肉加工过程中的关键因素进行了优化,获得手抓羊肉加工的最佳工艺

参数为浸泡时间17 min,煮制时间70 min,食盐添加量3.50%,香辛料添加量0.20%;M. Nurjulina等<sup>[11]</sup>采用带有顶空分析仪(GCMS-HS)的电子鼻和气相色谱-质谱联用仪对猪肉、羊肉等肉产品的挥发性化合物进行研究,发现主成分分析(PCA)可以很好地分离样本,其中PC1占总方差的67%.电子鼻主要由气敏传感器阵列、信号处理系统和模式识别系统三大部分组成,是模拟哺乳动物鼻子的嗅觉功能而开发的人工嗅觉仪器<sup>[13-14]</sup>.电子鼻因具有操作简单、评定客观、重现性好、检测快速等特点,被广泛应用于猪肉、禽肉、牛肉等肉制品风味的检测<sup>[15-18]</sup>.

基于此,本研究拟以广东土鸡为原料制作广东隔水蒸鸡,利用单因素试验和正交试验对广东隔水蒸鸡产业化生产的关键工艺进行优化,并通过感官定量描述性测试和电子鼻对最佳工艺条件下制作的广东隔水蒸鸡与市售广东隔水蒸鸡进行比较,以期在广东隔水蒸鸡的产业化生产提供参考.

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 材料

广东土鸡,购自广东湛江霞山区东风市场,每只净重约1.5 kg;市售广东隔水蒸鸡,购自大润发超市,每只净重约1.5 kg;鲜姜、桂叶、大蒜、料酒、生抽、白胡椒粉、白糖、食盐等,均为市售.

## 1.2 主要仪器与设备

BL-6205 型电子天平,日本岛津公司产; C21-STZ106 型电磁炉,美的日用家电集团产; SX2-4-10 型马弗炉,上海博迅实业有限公司产; HBC26D553 型电蒸箱,博世公司产; PEN 3 型电子鼻,德国 AIRSENSE 公司产; WSC-S 型测色色差计,上海仪电物理光学仪器有限公司产。

## 1.3 实验方法

**1.3.1 工艺流程及操作要点** 广东隔水蒸鸡工艺流程如图 1 所示。

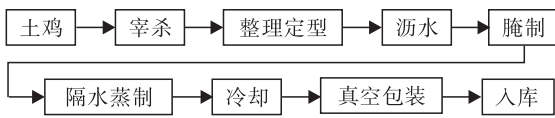


图 1 广东隔水蒸鸡工艺流程

Fig. 1 Process flow of Guangdong steam chicken

具体操作时需要注意以下 6 点。

1) 原料: 选用经检疫合格、新鲜屠宰的广东土鸡。

2) 腌料汁: 按照广东土鸡的质量, 依据适宜比例称量食盐、生姜、酱油、料酒等配料, 混匀后备用。

3) 腌制: 将洗净的广东土鸡放入腌制容器内, 加入调配好的腌料汁, 使腌料汁在土鸡体内逐步渗透, 达到鸡肉入味和嫩化的目的。

4) 隔水蒸制: 蒸锅加清水烧开, 将腌制好的广东土鸡连同盘一起放入蒸箱, 蒸制 15~20 min。

5) 冷却: 将蒸制好的广东隔水蒸鸡迅速冷却至 40℃ 左右。

6) 真空包装: 用真空包装机将冷却后的广东隔水蒸鸡分只包装, 另将 20~50 mL 老汤装袋, 一同搭配装箱。

**1.3.2 感官评价方法** 采用感官定量描述性测试法, 邀请 8—10 名食品专业人员组成感官评价小组<sup>[19-20]</sup>, 根据表 1 所示的广州隔水蒸鸡感官评价标准, 对其进行感官评价, 结果取平均值。

表 1 广东隔水蒸鸡感官评价标准

Table 1 Sensory evaluation standard of Guangdong steam chicken

评价项目	评分要点	得分
色泽	黄色, 色泽均匀	20~25
	淡黄色或白色, 色泽均匀	15~20
	其他杂色, 色泽不均	10~15
质构	坚实, 有弹性, 无软烂	20~25
	较坚实, 指压较快复原	15~20
	弹性差, 软烂, 指压易裂	10~15
滋味	爽口, 滑嫩, 细腻, 软硬适中	25~30
	稍软或不易嚼碎, 比较细腻	20~25
	过硬或过软, 无韧性	15~20
香气	鸡肉味纯正, 香气浓厚	15~20
	鸡肉味正常, 香气一般	10~15
	无鸡肉香气, 有异味	5~10

**1.3.3 色泽测定** 选取蒸制好的质量、大小接近的广东隔水蒸鸡鸡胸肉, 以肉样中心点所在水平面为基准, 曝光 15 min 后, 用测色色差计测定每一点的  $L^*$  值、 $a^*$  值和  $b^*$  值, 以标准白板进行校正, 每个样品取 10 个点<sup>[21]</sup>。

**1.3.4 电子鼻分析方法** 称取鸡胸肉样品 2 g 置于样品瓶中, 于 60℃ 条件下平衡 20 min, 以洁净空气清洗传感器, 清洗时间为 60 s, 平衡时间为 10 s, 进气速度为 0.3 L/min, 检测时间为 120 s<sup>[22]</sup>, 每个样品重复 3 次实验, 取平均值。电子鼻中气敏传感器阵列见表 2。

表 2 电子鼻中气敏传感器阵列

Table 2 Gas sensor array of electronic nose

传感器序号	响应特性
R(1)	对苯类芳香成分灵敏
R(2)	对氮氧化物灵敏
R(3)	对氨基类芳香成分灵敏
R(4)	对氢化物有选择性
R(5)	对短链烷烃芳香成分灵敏
R(6)	对甲基类灵敏
R(7)	对无机硫化物灵敏
R(8)	对醇类、醛酮类化合物灵敏
R(9)	对有机硫化物灵敏
R(10)	对长链烷烃灵敏

**1.3.5 单因素试验设计** 根据食盐添加量、腌制时间、蒸制时间和香辛料添加量这4个影响广东隔水蒸鸡感官品质的主要因素设计单因素试验方案。

1) 食盐添加量: 设定腌制时间为4 h、蒸制时间为20 min、香辛料添加量为0.3%, 研究食盐添加量(以整理好的生鸡计)分别为5%、6%、7%、8%、9%、10%、11%时对广东隔水蒸鸡色泽和感官品质的影响。

2) 腌制时间: 设定食盐添加量为8%、香辛料添加量为0.3%、蒸制时间为20 min, 研究腌制时间分别为1 h、2 h、3 h、4 h、5 h、6 h、7 h时对广东隔水蒸鸡色泽和感官品质的影响。

3) 蒸制时间: 先设定食盐添加量为8%、香辛料添加量为0.3%、腌制时间为4 h, 研究蒸制时间分别为16 min、18 min、20 min、22 min、24 min、26 min时对广东隔水蒸鸡色泽和感官品质的影响。

4) 香辛料添加量: 设定腌制时间为4 h、蒸制时间为20 min、食盐添加量为8%, 研究香辛料添加量分别为0.1%、0.2%、0.3%、0.4%、0.5%、0.6%时对广东隔水蒸鸡色泽和感官品质的影响。

**1.3.6 正交试验设计** 在单因素试验结果的基础上, 以感官综合评分为指标, 选取香辛料添加量(A)、腌制时间(B)、蒸制时间(C)3个因素进行 $L_9(3^3)$ 正交试验。正交试验因素和水平见表3。

## 1.4 数据处理与分析

所有实验均做3次平行, 结果取平均值, 采用Origin 8.5和SPSS进行统计学分析。

## 2 结果与讨论

### 2.1 主要因素对广东隔水蒸鸡色泽和感官品质的影响

#### 2.1.1 食盐添加量

食盐添加量对色泽和感

表3 正交试验因素和水平表

Table 3 The factors and levels table of orthogonal experiments

水平	因素		
	A/%	B/h	C/min
1	0.2	3	18
2	0.3	4	20
3	0.5	5	22

官品质的影响如图2所示。由图2a)可以看出, 随着食盐添加量的增加, 广东隔水蒸鸡的色差值在食盐添加量小于8%时均呈增加的趋势, 在食盐添加量大于8%后均呈减小的趋势。这主要是因为当过量的食盐进入鸡肉中时, 溶质与溶剂的互换使水分流失, 导致 $L^*$ 值减小; 另外, 食盐添加量增加后, 鸡肉中的血红蛋白会下降, 导致 $a^*$ 值和 $b^*$ 值减小。由图2b)可以看出, 广东隔水蒸鸡的感官评分均随食盐添加量的增加先增加后减小, 这主要是因为适量的食盐既能促使鸡肉产生挥发性风味物质, 还能促进蛋白质在鸡肉成熟过程中的水解, 增加游离氨基酸的含量, 同时, 在较高温度下, 多肽和氨基酸会发生热降解, 通过脱氨、脱羧等方式形成烃、胺等物质, 从而提升广东隔水蒸鸡的感官品质<sup>[23-24]</sup>。然而, 过量的食盐又会加速鸡肉脂质的氧化, 降低广东隔水蒸鸡的感官品质<sup>[25]</sup>。综合考虑, 食盐添加量以8%较为适宜。

**2.1.2 腌制时间** 腌制时间对色泽和感官品质的影响如图3所示。由图3a)可以看出, 随着腌制时间的延长, 广东隔水蒸鸡的色差值在腌制时间小于4 h时均呈增加的趋势, 在腌制时间大于4 h后均呈减小的趋势。由图3b)可以看出, 广东隔水蒸鸡的感官评分均随腌制时间的延长呈先增加后减少的趋势。当腌制时间较短时, 肉质未达到良好的腌制效果; 而当腌制时间过长时, 微生物数量的增多会引发食品安全问题<sup>[26]</sup>。综合考虑, 腌制时间以4 h较为适宜。

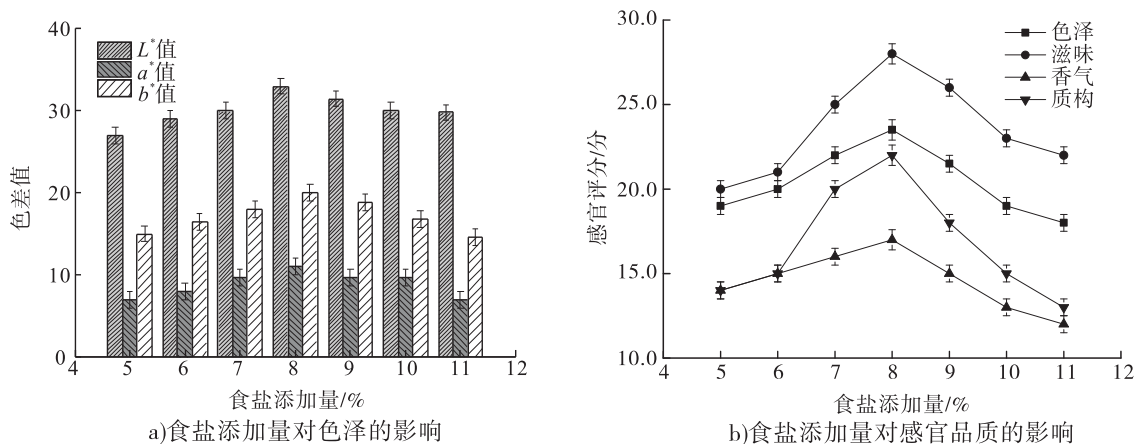


图 2 食盐添加量对色泽和感官品质的影响

Fig. 2 The effect of salt content on color and sensory quality

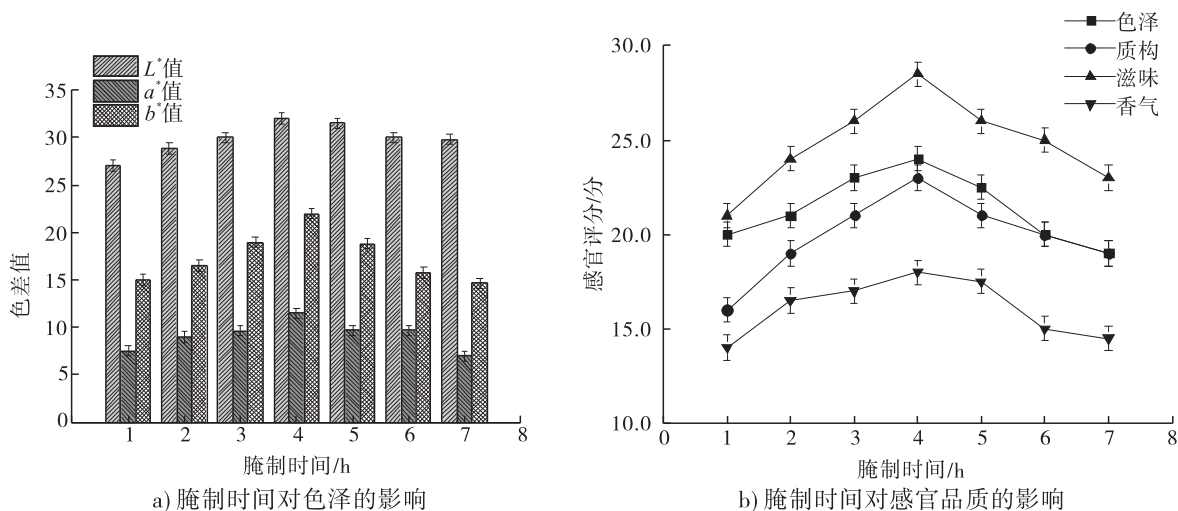


图 3 腌制时间对色泽和感官品质的影响

Fig. 3 The effect of pickling time on color and sensory quality

**2.1.3 蒸制时间** 蒸制时间对色泽和感官品质的影响如图 4 所示. 由图 4a) 可以看出, 随着蒸制时间的延长, 广东隔水蒸鸡的色差值在蒸制时间小于 20 min 时均呈增加的趋势, 在蒸制时间大于 20 min 后均呈减小的趋势. 由图 4b) 可以看出, 当蒸制时间为 20 min 时, 广东隔水蒸鸡的结构致密, 口感细腻, 咀嚼性佳, 鲜爽可口; 当蒸制时间超过 20 min 时, 广东隔水蒸鸡的结构开始松散, 肉质较烂, 咀嚼性降低, 口感变差. 综合考虑, 蒸制时间以 20 min 较为适宜<sup>[27-28]</sup>.

**2.1.4 香辛料添加量** 香辛料添加量对色泽和感官品质的影响如图 5 所示. 由图 5a) 可以看出, 随着香辛料添加量的增加, 广东隔水蒸鸡的色差值在香辛料添加量小于 0.3% 时均呈增加的趋势, 在香辛料添加量大于 0.3% 后均呈减小的趋势. 由图 5b) 可以看出, 广东隔水蒸鸡的感官评分均随香辛料添加量的增加先增加后减小. 香辛料主要用于增加香气, 掩盖原料的不良气味. 使用白胡椒、桂叶等能够有效掩盖鸡肉本身具有的不良“腥”味. 然而, 随着香辛料添加量的增加, 浓郁的香料味会掩盖广东隔水蒸

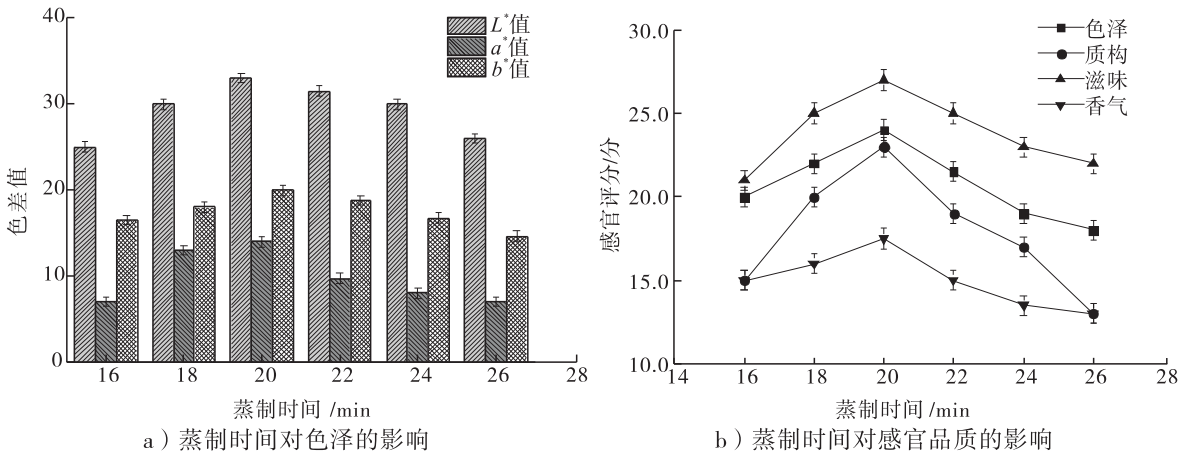


图4 蒸制时间对色泽和感官品质的影响

Fig.4 The effect of steamed time on color and sensory quality

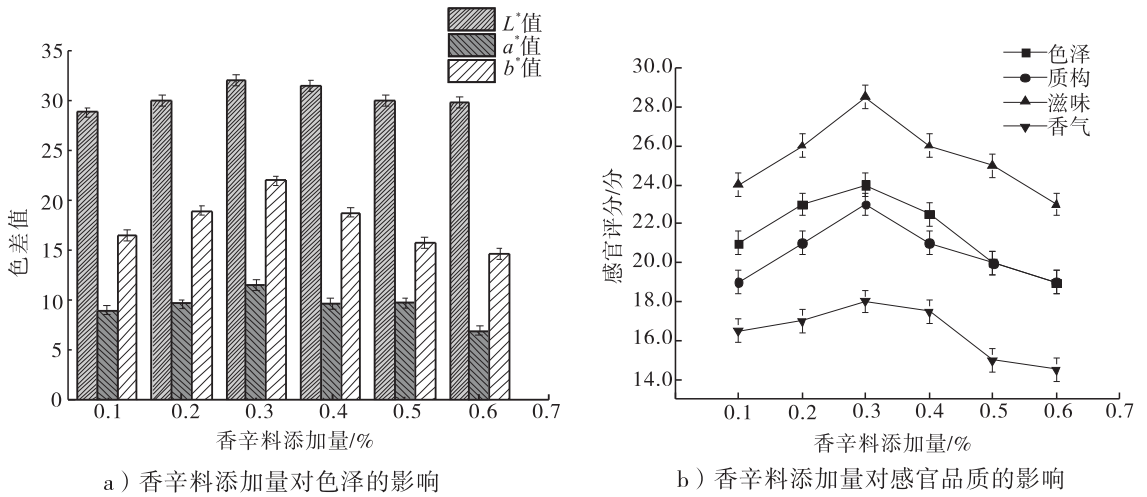


图5 香辛料添加量对色泽和感官品质的影响

Fig.5 The effect of spice content on color and sensory quality

鸡本身的香味,且添加量过大还会使广东隔水蒸鸡的口感变差.综合考虑,香辛料添加量以0.3%较为适宜.

### 2.2 正交试验优化结果

正交试验结果和方差分析分别见表4和表5.由表4和表5可知,影响广东隔水蒸鸡感官品质的各因素主次顺序为  $A = B > C$ ,即制作广东隔水蒸鸡时,香辛料添加量和腌制时间对感官综合评分的影响较大且一致,蒸制时间对感官综合评分的影响较小;各因素的最优组合为  $A_3B_3C_2$ ,即香辛料添加量为0.5%,腌制时间为

5 h,蒸制时间为20 min.

### 2.3 验证实验结果

采用最佳工艺条件制作广东隔水蒸鸡,进行3次重复实验,结果见表6.由表6可知,在最佳工艺条件下制作的广东隔水蒸鸡,感官综合评分结果稳定.因此,确定广东隔水蒸鸡产业化生产关键工艺的最优方案为香辛料添加量0.5%,腌制时间5 h,蒸制时间20 min.

### 2.4 感官风味评价结果

将最佳工艺条件下制作的广东隔水蒸鸡与市售广东隔水蒸鸡进行比较,二者的感官定量

表4 正交试验结果

Table 4 Results of orthogonal experiments

试验号	A	B	C	感官综合评分/分
1	2	1	1	73.2
2	1	2	2	77.6
3	3	3	3	78.4
4	2	1	3	88.6
5	1	2	1	82.8
6	3	3	2	96.0
7	2	1	2	80.2
8	1	2	3	70.4
9	3	3	1	79.2
$K_1$	230.8	242.0	235.2	
$K_2$	242.0	230.8	253.8	
$K_3$	253.6	253.6	237.4	
$k_1$	76.9	80.7	78.4	
$k_2$	80.7	76.9	84.6	
$k_3$	84.5	84.5	79.1	
R	7.6	7.6	6.2	
因素主次	A = B > C			
最优组合	$A_3B_3C_2$			

表5 方差分析

Table 5 Variance analyse

方差来源	平方和	自由度	均方	F 值	显著性水平
A	0.357	2	0.179	44.750	**
B	0.013	2	0.007	1.750	*
C	0.077	2	0.039	9.750	
误差	0.007	2	0.004		
总和	0.454	8			

注:  $F_{0.05}(2,2) = 19.00$ ,  $F_{0.10}(2,2) = 9.00$ ; \*\* 为差异极显著 ( $P < 0.01$ ), \* 为差异显著 ( $P < 0.05$ ).

表6 3次重复实验结果

Table 6 Results of three repetition experiments

试验次数	感官综合评分/分
1	95.8
2	96.4
3	95.8
均值	96.0
标准偏差	0.346 41

质构特性,整体可接受性明显提高。

### 2.5 电子鼻分析结果

电子鼻不仅能够有效区分不同种类产品的差异,而且对同一种不同生产批次的产品也能很好地进行区分<sup>[16]</sup>. 采用电子鼻对市售广东隔水蒸鸡与最佳工艺条件下制作的广东隔水蒸鸡的风味进行检测对比,二者的检测信号图如图7所示. 由图7可以看出,最佳工艺条件下制作的广东隔水蒸鸡和市售广东隔水蒸鸡,除传感器

描述性测试图如图6所示. 由图6可以看出,最佳工艺条件下制作的广东隔水蒸鸡与市售广东隔水蒸鸡的特征风味虽相差不大,但最佳工艺条件下制作的广东隔水蒸鸡在味道和质构上均有显著改善,且香气、口感和咸度更均匀稳定. 这表明最佳工艺条件下制作的广东隔水蒸鸡与市售广东隔水蒸鸡的风味接近,且具有更好的

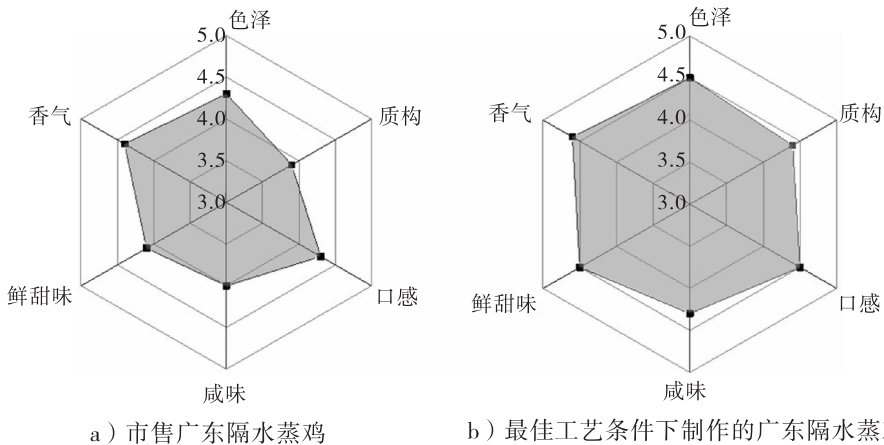


图6 市售和最佳工艺条件下制作的广东隔水蒸鸡的感官定量描述性测试图

Fig. 6 Sensory quantitative descriptive test chart of commercially available and best process prepared Guangdong steamed chicken

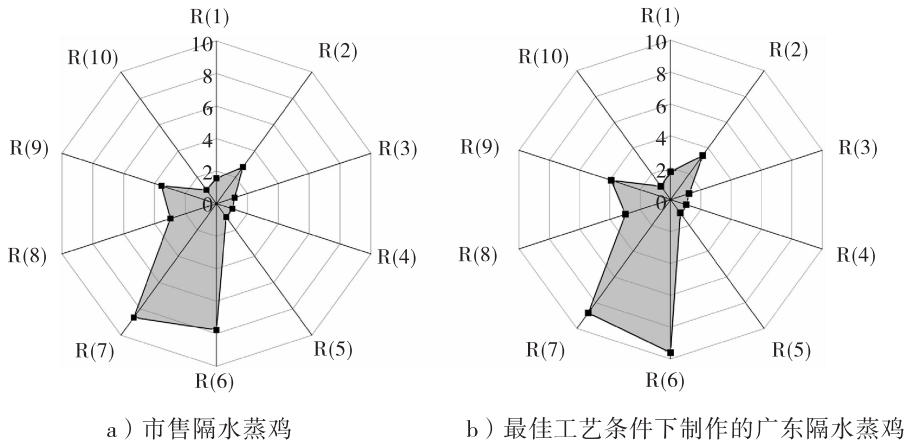


图7 市售和最佳工艺条件下制作的广东隔水蒸鸡检测信号图

Fig. 7 Signal detection chart of commercially available and best process prepared Guangdong steamed chicken

R(6) (对甲基类灵敏)有差异外,其他风味轮廓的变化趋势基本相似. 这表明最佳工艺条件下制作的广东隔水蒸鸡与市售隔水蒸鸡的香气相似,但甲基类挥发性成分比市售广东隔水蒸鸡高.

### 3 结论

本文以广东土鸡为原料,经调味、腌制、蒸制等工艺加工制作了风味独特的广东隔水蒸鸡,通过单因素试验和正交试验获得广东隔水蒸鸡的最佳产业化生产关键工艺条件为香辛料添加量 0.5%,腌制时间 5 h,蒸制时间 20 min,在该条件下制作的广东隔水蒸鸡的感官综合评分达 96.0 分. 感官定量描述性测试和电子鼻检测结果表明,与市售广东隔水蒸鸡相比,在最佳工艺条件下制备的广东隔水蒸鸡具有相似的特征风味和香味,但甲基类挥发性成分更高,且在味道和质构上均有显著改善,香气、口感和咸度更均匀稳定. 本文研制的广东隔水蒸鸡的鸡味浓郁、甜香悠久、咸淡适中、香气和口感俱佳,无需复杂的加工设备,且工艺简单易控,有望为广东特色隔水蒸鸡从作坊式生产转向产业化生产提供借鉴.

### 参考文献:

- [1] 刘新,王盛莉,王海滨. 蒸肉蒸菜粉的营养及开发进展研究[J]. 粮食科技与经济,2015,40(2):66.
- [2] 刘立新,王东. 我国古烹饪方法:蒸[J]. 中国食品,2006,15(4):10.
- [3] 吴建文,杨漓,关继华,等. 水蒸鸡整鸡贮藏温度的研究[J]. 肉类工业,2017,10(7):26.
- [4] PROBST Y. Nutrient values for Australian and overseas chicken meat [J]. Nutrition & Food Science,2009,39(6):685.
- [5] 徐幸莲,王虎虎. 我国肉鸡加工业科技现状及发展趋势分析[J]. 食品科学,2010,31(7):1.
- [6] SKOG K,ENEROTH Å,SVANBERG M. Effects of different cooking methods on the formation of food mutagens in meat[J]. International Journal of Food Science & Technology,2003,38(3):313.
- [7] 陈坤杰. 关于传统中式禽肉制品的工业化生产[J]. 食品科学,2003,24(3):150.
- [8] 欧全文,王卫,张崧,等. 肉类风味的研究进展[J]. 食品科技,2012,37(12):107.
- [9] 张同刚,刘敦华,周静. 手抓羊肉加工工艺优



- 化及挥发性风味物质检测[J]. 食品与机械, 2014, 30(2):192.
- [10] 龙门, 门佳丽, 詹歌, 等. Curdlan 协同 Alcalase 嫩化生鲜调理牛肉工艺优化[J]. 食品与机械, 2016, 32(7):171.
- [11] NURJULIANA M, CHE MAN Y B, MATHASH-IMD A K S, et al. Rapid identification of pork for halal authentication using the electronic nose and gas chromatography mass spectrometer with headspace analyzer[J]. *Meat Science*, 2011, 88(4):638.
- [12] 孙钦秀, 董福家, 陈倩, 等. 应用电子鼻技术检测肉与肉制品的风味和品质[J]. 食品研究与开发, 2015, 36(12):123.
- [13] PERSAUD K C, KHAFFAF S M, PAYNE J S, et al. Sensor array techniques for mimicking the mammalian olfactory system[J]. *Sensors and Actuators B (Chemical)*, 1996, 36(1):267.
- [14] ZHANG H M, WANG J, TIAN X J, et al. Optimization of sensor array and detection of stored duration of wheat by electronic nose[J]. *Journal of Food Engineering*, 2007, 82(4):403.
- [15] TIAN X J, WANG J, CUI S Q. Analysis of pork adulteration in minced mutton using electronic nose of metal oxide sensors[J]. *Journal of Food Engineering*, 2013, 119(4):744.
- [16] 贾洪锋, 卢一, 何江红, 等. 肉类电子鼻识别模型的建立[J]. 食品与机械, 2011, 27(3):96.
- [17] 辛松林, 李诚, 肖岚, 等. 基于电子鼻的黑胡椒鸭胸肉调理产品品质评价[J]. 食品科学, 2012, 33(8):191.
- [18] 贡慧, 史智佳, 杨震, 等. 电子鼻快速检测不同煮制时间的酱牛肉风味[J]. 肉类研究, 2014, 28(11):34.
- [19] 霍红. 食品感官质量满意体系的模型研究[J]. 食品科学, 2004, 25(7):44.
- [20] 张秋会, 赵改名, 李苗云, 等. 肉制品的食用品质及其评价[J]. 肉类研究, 2011, 5(2):58.
- [21] 陈小芳, 王扬, 王鼎南, 等. 饵料类型对乌鳢肉色、肉质和营养成分的影响[J]. 浙江农业科学, 2018, 59(8):1421.
- [22] 杨鑫, 郑丽敏, 杨璐. 基于电子鼻的红肠风味评价研究[J]. 食品科学, 2019, 40(16):177.
- [23] AASLYNG M D, VESTERGAARD C, KOCH A G. The effect of salt reduction on sensory quality and microbial growth in hotdog sausages, bacon, ham and salami[J]. *Meat Science*, 2014, 96(1):47.
- [24] 杨调调, 何志勇, 秦昉, 等. 美拉德反应对产品风味品质的影响及其衍生危害物研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2017, 8(3):854.
- [25] 周洋, 谷大海, 王桂瑛, 等. 食盐对肉制品脂质氧化影响的研究进展[J]. 肉类研究, 2017, 31(10):56.
- [26] ANDRES A I, CAVA R, MARTIN D, et al. Lipolysis in dry-cured ham: influence of salt content and processing conditions[J]. *Food Chemistry*, 2005, 90(4):523.
- [27] ZIELBAUER B I, FRANZ J, VIEZENS B, et al. Physical aspects of meat cooking: time dependent thermal protein denaturation and water loss[J]. *Food Biophysics*, 2016, 11(1):34.
- [28] SINGH V P, PATHAK V, VERMA A K. Fermented meat products: organoleptic qualities and biogenic amines—a review[J]. *American Journal of Food Technology*, 2012, 7(5):278.