三穗血浆鸭湿法腌制技术标准化生产研究

周雯[1a,1b]，王修俊[1a,1b]，田多[1b]，张二康[1a,1b]，徐雯[1a,1b]，冯廷翠[2]
（1.贵州大学 a.酿酒与食品工程学院 b.发酵工程与生物制药省级重点实验室，贵阳 550025；
2.镇远县名城食品厂，贵州 镇远 557700）

摘要：目的 为了实现三穗血浆鸭湿法腌制技术的标准化，以提升产品的品质。**方法** 以三穗鸭为原料，通过研究三穗鸭腌制过程中腌制时间、食盐浓度、料酒浓度、料液比对三穗血浆鸭综合品质的影响，在单因素试验基础上，根据 Box-Benhnken 试验设计原理，对鸭肉湿法腌制工艺进行研究。**结果** 得到了三穗血浆鸭湿法腌制工艺各影响因素条件，腌制时间为 4.1 h，食盐的质量浓度为 3 g/L，料酒的体积分数为 3.1%，料液体积比为 1∶1.5，在此工艺条件下，产品的综合评分为 0.7867，鸭肉表面润泽，颜色金黄，酥香四溢，品质良好。**结论** 说明该标准化腌制工艺有利于提高三穗血浆鸭产品的品质和稳定性。

关键词：三穗鸭；湿法腌制；响应面；标准化
中图分类号：TS251.5+5　　**文献标识码：**A　　**文章编号：**1001-3563(2019)17-0038-10
DOI：10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.17.007

Standardized Production of Sansui Plasma Duck by Wet Method

ZHOU Wen[1a,1b], *WANG Xiu-jun*[1a,1b], *TIAN Duo*[2], *ZHANG Er-kang*[1a,1b], *XU Wen*[1a,1b], *FENG Ting-Cui*[2]
(1a.College of Liquor Making and Food Engineering b.Guizhou Province Key Laboratory of Fermentation Engineering and Biopharmacy, Guizhou University, Guiyang 550025, China;
2.Mingcheng Food Factory of Zhenyuan County, Zhenyuan 557700, China)

ABSTRACT: The paper aims to achieve standardization of Sansui plasma duck wet curing technology and improve product quality. With Sansui duck as the raw material, the effects of curing time, salt concentration, cooking liquor concentration and material-liquid ratio on the comprehensive quality of Sansui plasma duck were studied. Based on the single factor experiment, according to Box-Benhnken design principle, the wet curing process of duck meat was studied. The influencing factors for the wet curing process of Sansui plasma duck were as follows: curing time 4.1 h, salt concentration 3 g/L, cooking wine concentration 3.1%, material-liquid ratio 1∶1.5. Under this process condition, the comprehensive score of the product was 0.7867. The surface of the duck meat was moist, the color was golden, the fragrance was overflowing, and the quality was good, indicating that the standardized curing process was beneficial to improve the quality and stability of the Sansui plasma duck product.

KEY WORDS: Sansui duck; wet curing; response surface; standardization

三穗鸭是我国地方优良畜禽品种，属于中国地方名鸭[1]，具有产蛋多、牧饲力强、胆固醇低、肉质细嫩鲜香等特点，深受大众喜爱，是我国优势畜禽品种之一[2]。三穗鸭的营养物质丰富、营养价值较高，

收稿日期：2019-01-25
基金项目：中央引导地方科技发展专项资金（黔科中引地[2018] 4020）
作者简介：周雯（1995—），女，贵州大学硕士生，主攻食品加工与安全。
通信作者：王修俊（1965—），男，贵州大学教授，主要研究方向为食品安全、食品发酵技术。

可以此为基础制成各种带有地方特色的鸭肉制品，其中三穗血浆鸭是其代表之一。三穗血浆鸭肉质鲜嫩[3]，味道独特，鲜香醇正，风味优良，但其腌制方法多为传统民间制法，没有标准化生产体系，不利于工厂标准化生产，限制了三穗鸭产品的生产与发展[4]，故规范其腌制加工技术，对提升三穗血浆鸭产品质量及稳定性有着极其重要的意义。

在鸭肉加工和贮藏中腌制是运用较广泛的一种加工方法[5]，通过对鸭肉进行腌制，不仅能显著改善鸭肉的色泽、风味、保水性、质地[6—8]，同时能抑制微生物生长，防止其变质，使三穗血浆鸭产品达到更好的贮藏效果。高小翊等[9]研究了三穗血浆鸭的干法腌制工艺；唐雪燕等[10]研究了传统腌制方式、高压腌制和真空腌制对猪肉品质的变化影响；丁玉勇等[11]研究了超声波辅助腌制猪肉工艺，并发现超声波在不同肉类中原料中渗透速度不同。

文中实验以三穗鸭为原料，选取腌制时间、食盐浓度、料酒浓度、料液比为影响因素，在单因素试验分析后，以鸭肉综合评分为响应值，根据 Box-Benhnken 试验设计原理，对鸭肉湿法腌制工艺进行研究，以提高鸭肉腌制品质及稳定性，为三穗血浆鸭湿法腌制工艺技术提供标准化生产理论支撑。

1　实验

1.1　材料与仪器

主要材料和仪器见表 1—2。

表 1　主要原料

Tab.1 Main raw materials

序号	名称	生产厂家
1	三穗鸭白条鸭	贵州三穗翼宇鸭业有限公司
2	食盐（食用级）	广东省盐业集团有限公司
3	料酒（食用级）	广东厨邦食品有限公司

表 2　主要仪器

Tab.2 Main equipment

序号	仪器名称	规格型号	生产厂家
1	电热恒温水浴锅	HWS-26	上海一恒科学仪器有限公司
2	高速分散器	FS-2	南京娇子藤科学器材有限公司
3	食品温度计	TP300	武强县科达仪器仪表厂
4	高速多功能粉碎机	LD-Y300A	上海顶帅电器有限公司
5	pH酸度计	ST2100	上海旦鼎国际贸易有限公司
6	磁力加热搅拌器	78-1	常州博远实验分析仪器厂

1.2　方法

1.2.1　三穗血浆鸭湿法腌制工艺流程

三穗血浆鸭湿法腌制工艺流程：原料选择→整理→切分（约 30 mm×40 mm×10 mm）→腌制（加入食盐、料酒）→油炸→调味（加入调味料、鸭血）→冷却→包装→成品。

1.2.2　单因素试验设计

1）腌制时间（*A*）单因素试验。在其他条件不变的情况下，将鸭肉置于料液体积比为 1∶1，食盐质量浓度为 3 g/L，料酒体积分数为 2%的腌制液中，搅拌均匀，常温常压分别腌制 3，4，5，6，7 h，以综合评分为评价指标，进行单因素实验分析。

2）食盐浓度（*B*）单因素试验。在其他条件不变的情况下，将鸭肉置于料液体积比为 1∶1，料酒体积分数为 2%，食盐质量浓度为 1，2，3，4，5 g/L 的腌制液中，搅拌均匀，常温常压下腌制 4 h，以综合评分为评价指标，进行单因素实验分析。

3）料酒体积分数（*C*）单因素试验。将鸭肉分别置于料液体积比为 1∶1，食盐质量浓度为 3 g/L，料酒体积分数为 1%，2%，3%，4%，5%的腌制液中，搅拌均匀，常温常压下腌制 4 h，以综合评分为评价指标，进行单因素实验分析。

4）料液体积比（*D*）单因素试验。将鸭肉分别置于料酒体积分数为 3%，食盐质量浓度为 3 g/L，料液体积比为 1∶0.5，1∶1，1∶1.5，1∶2，1∶2.5 的腌制液中，搅拌均匀，常温常压下腌制 4 h，以综合评分为评价指标，进行单因素实验分析。

1.2.3　指标测定

1）鸭肉中 NaCl 含量测定。参照 GB 5009.44—2016《食品中氯化物的测定》进行测定[12]。

2）三穗血浆鸭肉蒸煮损失率测定。参照徐为民等[13]的方法进行测定。

3）三穗鸭肉 pH 的测定。参照 Ali[14]的方法进行测定。

4）三穗血浆鸭鸭肉感官评定。三穗鸭腌制后还未达到可食用状态，不利于进行感官评价，故将鸭肉油炸后由 10 名专业食品品评员采用评分法进行评定，感官评定标准见表 3。

5）鸭肉综合评分计算。为了使试验结果更加客

观，参照胡武[15]的计算方法，运用隶属度的综合评分法对该试验进行评价。感官评分、NaCl 含量、pH 隶属度(Q)按式（1）计算：

$$Q=\frac{c_{\mathrm{i}}-c_{\min}}{c_{\max}-c_{\min}} \tag{1}$$

式中：C_{i}为指标值；$C_{\min}$为指标最小值；$C_{\max}$为指标最大值。

蒸煮损失率越小越好，因此按式（2）计算：

$$Q=\frac{c_{\max}-c_{\mathrm{i}}}{c_{\max}-c_{\min}} \tag{2}$$

将试验的 4 个指标设其隶属度分别为 $Q_{\text{感官}}$，Q_{NaCl}，Q_{pH}，$Q_{\text{蒸煮}}$。以感官评分、NaCl 含量为主要指标，pH 值、蒸煮损失率为次要指标，按式（3）进行加权，则鸭肉品质的综合评分 M（满分为 1 分）：

$$M=0.5Q_{\text{感官}}+0.3Q_{\mathrm{NaCl}}+0.1Q_{\mathrm{pH}}+0.1Q_{\text{蒸煮}} \tag{3}$$

1.3 试验数据统计分析

使用 Design-Expert 8.0.6，Origin 8.0，office 2007，Excel 进行绘图及数据处理。

2 试验结果与分析

2.1 单因素试验

腌制时间单因素试验结果分析结果见表 4，可知随着腌制时间的延长，NaCl 含量增多，pH 值、蒸煮损失率则整体下降。产品感官评分先升后逐步下降，其评分在 4 h 时达到最大值，为 87 分。从表 5 中可以发现，随着腌制时间的延长，鸭肉综合评分逐步上升，在 4 h 时最高，达到了 0.67，随后达到最高点后开始下降，鸭肉综合评分在 3 h 时最低，为 0.29，综合评分在鸭肉 pH 值为 6.175 时达到最高，NaCl 的质量分数为 1.51%，口感良好，咸淡适中。湿法腌制 4 h 后鸭肉的肉质柔嫩、挺而不韧，感官评分和综合评分达到最高。如果腌制时间太短，则鸭肉的滋味平淡。如果腌制时间过长，则鸭肉的咸味会过重，色泽也会更暗淡。综合比较后，初步选择腌制时间 4 h 为宜。

表 3 产品感官评定标准

Tab.3 Sensory evaluation standard of product

项目	评分标准	
色泽（共25分）	表面金黄有光泽，颜色均匀	15~25
	颜色均匀，色泽略黄	11~20
	颜色不均，色泽发暗	0~10
气味（共25分）	具有鸭肉浓香，无鸭腥味或料酒味	15~25
	鸭肉香味清淡，略有腥味或料酒味	11~20
	无鸭肉香气，腥味或料酒味重	0~10
滋味（共25分）	滋味香酥	15~25
	味道香淡，回味短	11~20
	味道淡，味道一般，无回味	0~10
组织（共25分）	肉质细密，紧嫩酥软	15~25
	肉质弹性降低，过硬或过软	11~20
	肉质软烂，无弹性	0~10

表 4 腌制时间对鸭肉各评价指标的影响

Tab.4 Effect of curing time on evaluation indexes of duck meat

组数	腌制时间A/h	感官评分	NaCl质量分数/%	pH值	蒸煮损失率/%
1	3	74.0	1.20	6.240	33.37
2	4	87.0	1.51	6.175	34.72
3	5	73.8	1.86	6.065	30.88
4	6	73.2	2.08	5.940	26.93
5	7	66.6	2.29	5.820	24.28

食盐浓度单因素试验结果分析结果见表 6—7，可以看出，随着食盐浓度的增加，鸭肉中 NaCl 含量平稳上升，咸度加重，鸭肉感官评分和综合评分逐步上升，在达到最大值后逐渐下降，pH 值和蒸煮损失率也逐步下降；当加入 3 g/L 的食盐时感官评分、综合评分最高，分别为 86.8 和 0.73，此时产品中 NaCl 的质量分数为 1.60%，鸭肉咸淡适宜，肉质细嫩而软弹，香气浓郁且无腥味，pH 值为 6.125，感官评分较高。经综合比较后，初步选择 3 g/L 的食盐进行鸭肉腌制。

料酒浓度单因素试验结果分析结果见表 8—9，可以发现，随着料酒浓度的增加，鸭肉中 NaCl 含量逐步增多，但增幅不大，对鸭肉咸淡口感无明显影响，pH 值和蒸煮损失率逐步降低，鸭肉感官评分先增后减；在料酒的体积分数为 3%时，产品的感官评分达最高分（85.8），综合评分也达到最高值（0.81），得到的鸭肉口感细腻、风味醇正、无鸭肉腥味。因为鸭肉本身带有特殊的腥味，料酒浓度过低则腥味更突出，料酒浓度太高则料酒味太浓，因此，初步选择料酒体积分数 3%对鸭肉进行腌制。

表 5　鸭肉评价指标隶属度及综合评分

Tab.5 Duck meat evaluation index membership degree and comprehensive score

组数	腌制时间A/h	$Q_{感官}$	Q_{NaCl}	Q_{pH}	$Q_{蒸煮}$	M
1	3	0.3627	0.0000	1.0000	0.1291	0.29
2	4	1.0000	0.2833	0.8452	0.0000	0.67
3	5	0.3529	0.6080	0.5833	0.3682	0.45
4	6	0.3235	0.8092	0.2857	0.7458	0.51
5	7	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000	0.40

表 6　食盐浓度对鸭肉各评价指标的影响

Tal.6 Effect of salt concentration on evaluation indexes of duck meat

组数	食盐质量浓度B/(g·L^{-1})	感官评分	NaCl质量分数/%	pH值	蒸煮损失率/%
1	1	65.4	0.67	6.325	35.48
2	2	73.0	1.05	6.545	32.41
3	3	86.8	1.60	6.125	30.32
4	4	81.4	2.47	5.92	27.36
5	5	75.0	2.84	5.79	25.48

表 7　鸭肉评价指标隶属度及综合评分

Tab.7 Duck meat evaluation index membership degree and comprehensive score

组数	食盐质量浓度B/(g·L^{-1})	$Q_{感官}$	Q_{NaCl}	Q_{pH}	$Q_{蒸煮}$	M
1	1	0.0000	0.0000	0.7086	0.0000	0.07
2	2	0.3551	0.1760	1.0000	0.3073	0.36
3	3	1.0000	0.4292	0.4437	0.5155	0.73
4	4	0.7477	0.8304	0.1722	0.8119	0.72
5	5	0.4486	1.0000	0.0000	1.0000	0.62

表 8 料酒浓度对鸭肉各评价指标的影响

Tab.8 Effect of cooking liquor concentration on evaluation indexes of duck meat

组数	料酒体积分数C/%	感官评分	NaCl质量分数/%	pH值	蒸煮损失率/%
1	1	68.2	1.55	6.5	30.42
2	2	74.2	1.57	6.16	29.29
3	3	85.8	1.73	6.03	28.13
4	4	76.8	1.77	5.95	27.86
5	5	65.2	1.82	5.735	27.48

料液比单因素试验分析结果见表 10，可以看出，随着腌制液的增加，鸭肉感官评分变化较大，呈先升后降趋势，料液体积比为 1∶0.5 时感官评分最低。这可能是由于腌制液太少，鸭肉对腌制剂吸收不充分，导致鸭肉感官评分、NaCl 含量较低，pH 呈先升后降的趋势蒸煮损失率与之相反，呈先降后升趋势。鸭肉的感官评分在料液体积比为 1∶1.5 时最高，为 86.4。从表 11 中可以看出，鸭肉的综合评分在料液体积比为 1∶1.5 时最高，为 0.80，此时鸭肉感官评分最高，咸淡适中，腌制液用量少，加工消耗少，故初步选择湿法腌制的料液体积比为 1∶1.5。

2.2 响应面优化试验

响应面试验设计在单因素实验基础上，对鸭肉的腌制时间(A)、食盐质量浓度(B)、料酒体积分数(C)、料液比（D）进行响应面试验。试验因素编码水平见表 12。

响应面试验结果及方差分析采用 Design-Expert 试验设计软件对表 13 的数据进行多元回归拟合[16]，得到二次多项式回归方程：

$$Z=0.78+0.025A+0.028B+0.032C-0.009167D-0.043AB+0.023AC-0.04AD+0.037BC+0.0025BD+0.055CD-0.18A^2-0.13B^2-0.13C^2-0.13D^2 \quad (4)$$

表 9 鸭肉评价指标隶属度及综合评分

Tab.9 Duck meat evaluation index membership degree and comprehensive score

组数	料酒体积分数C/%	$Q_{感官}$	Q_{NaCl}	Q_{pH}	$Q_{蒸煮}$	M
1	1	0.1456	0.0000	1.0000	0.0000	0.17
2	2	0.4369	0.0747	0.5556	0.3856	0.33
3	3	1.0000	0.6550	0.3856	0.7785	0.81
4	4	0.5631	0.8289	0.2810	0.8706	0.65
5	5	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000	0.40

表 10 料液比对鸭肉各评价指标的影响

Tab.10 Effect of ratio of material to liquid on evaluation indexes of duck meat

组数	料液体积比D	感官评分	NaCl质量分数/%	pH值	蒸煮损失率/%
1	1∶0.5	67.0	0.59	6.1	28.42
2	1∶1	77.6	1.24	6.43	26.13
3	1∶1.5	86.4	1.58	6.01	27.79
4	1∶2	79.8	1.97	5.945	29.36
5	1∶2.5	77.6	2.07	5.745	30.48

表 11 鸭肉评价指标隶属度及综合评分

Tab.11 Duck meat evaluation index membership degree and comprehensive score

组数	料液体积比D	$Q_{感官}$	Q_{NaCl}	Q_{pH}	$Q_{蒸煮}$	M
1	0.5∶1	0.0000	0.0000	0.5182	0.4731	0.10
2	1∶1	0.5464	0.4394	1.0000	1.0000	0.61
3	1.5∶1	1.0000	0.6689	0.3869	0.6192	0.80
4	2∶1	0.6598	0.9351	0.2920	0.2573	0.67
5	1∶2.5	0.5464	1.0000	0.0000	0.0000	0.57

表 12 响应面试验因素及水平编码

Tab.12 Test factor and horizontal coding of response surface

水平	因素			
	腌制时间A/h	食盐质量浓度B/(g·L^{-1})	料酒体积分数C/%	料液体积比D
−1	3	2	2	1∶1
0	4	3	3	1∶1.5
1	5	4	4	1∶2

由表 13—14 可知，该二次回归模型 $P<0.0001$，即 P 值越小，表明该模型对响应值的影响越显著，失拟项 $P=0.0862$（$P>0.05$），表明试验结果和模型之间拟合良好[17]，试验所得数据可靠；方程决定系数 $R^2=0.9579$，校正决定系数 $R_{adj}=0.9157$，说明该模型能较好地反映鸭肉腌制时间、料酒体积分数、食盐质量浓度、料液比之间的关系，该模型可以用于预测实际值，4 个因素当中 C 因素对响应值影响极显著，二次项中各因素对结果均极显著。交互作用当中，AB，AD 项显著影响响应值（$P<0.05$）。CD 项影响极显著（$P<0.01$），AC，BC，BD 影响不显著（$P>0.05$），由上述分析可知，试验中两因素对响应值具有显著影响，且并非简单的线性关系，因此腌制工艺的最佳条件范围可利用此回归方程进行确定。各试验因素对鸭肉综合评分的影响顺序为 C（料酒浓度）>B（食盐质量浓度）>A（腌制时间）>D（料液体积比）。

表 13　Box-Behnken 设计试验结果

Tab.13 Box-Behnken design test results

试验序号	A	B	C	D	综合评分
1	4	3	4	1∶2	0.63
2	5	3	3	1∶1	0.52
3	5	3	3	1∶2	0.43
4	4	4	4	1∶1.5	0.61
5	3	4	3	1∶1.5	0.52
6	4	2	2	1∶1.5	0.51
7	3	3	3	1∶1	0.45
8	3	2	3	1∶1.5	0.39
9	4	3	2	1∶1	0.58
10	5	3	2	1∶1.5	0.45
11	4	3	3	1∶1.5	0.81
12	4	2	3	1∶1	0.47
13	4	2	3	1∶2	0.44
14	4	3	4	1∶1	0.54
15	4	4	3	1∶2	0.54
16	3	3	3	1∶2	0.52
17	4	3	3	1∶1.5	0.79
18	4	4	3	1∶1	0.56
19	5	2	3	1∶1.5	0.56
20	4	3	3	1∶1.5	0.79
21	3	3	4	1∶1.5	0.42
22	4	3	2	1∶2	0.45
23	5	3	4	1∶1.5	0.54
24	4	4	2	1∶1.5	0.46
25	4	3	3	1∶1.5	0.77
26	3	3	2	1∶1.5	0.42
27	5	4	3	1∶1.5	0.52
28	4	3	3	1∶1.5	0.76
29	4	2	4	1∶1.5	0.51

表 14　二次回归模型方差分析

Tab.14 Variance analysis of the quadratic regression model

来源	平方和	自由度	均方	*F*值	*P*值	显著性
模型	0.41	14	0.029	22.73	< 0.0001	**
腌制时间*A*	0.0075	1	0.0075	5.88	0.0294	*
食盐质量浓度*B*	0.009 075	1	0.009 075	7.11	0.0184	*
料酒体积分数*C*	0.012	1	0.012	9.43	0.0083	**
料液体积比*D*	0.001 008	1	0.001 008	0.79	0.389	
AB	0.007 225	1	0.007 225	5.66	0.0321	*
AC	0.002 025	1	0.002 025	1.59	0.2283	
AD	0.0064	1	0.0064	5.02	0.0419	*
BC	0.005 625	1	0.005 625	4.41	0.0544	
BD	0.000 025	1	0.000 025	0.02	0.8907	
CD	0.012	1	0.012	9.48	0.0082	**
A^2	0.2	1	0.2	157.78	< 0.0001	**
B^2	0.11	1	0.11	89.15	< 0.0001	**
C^2	0.11	1	0.11	84.17	< 0.0001	**
D^2	0.11	1	0.11	82.54	< 0.0001	**
残差	0.018	14	0.001 276			
失拟项	0.016	10	0.001 634	4.3	0.0862	
纯误差	0.001 52	4	0.000 38			
总和	0.42	28				
R^2	0.9579					
R_{adj}	0.9157					

注：*表示在 α=0.05 水平上显著（P<0.05）；**表示在 α=0.01 水平上极显著（P<0.01）

响应面交互作用分析从图 1—2 中可以看出，三维曲面陡峭，说明腌制时间与料液比，腌制时间与食盐浓度的交互作用对产品的综合评分达到显著影响水平；图 3—5 中等高线图为圆形或近似圆形，说明食盐浓度与腌制时间的交互作用对产品的综合评分影响较小，图 6 中曲面坡度较为陡峭,说明料酒浓度与料液比之间交互作用较为显著，对响应值综合评分有较大影响；这与表 14 中方差分析所得结果相同。

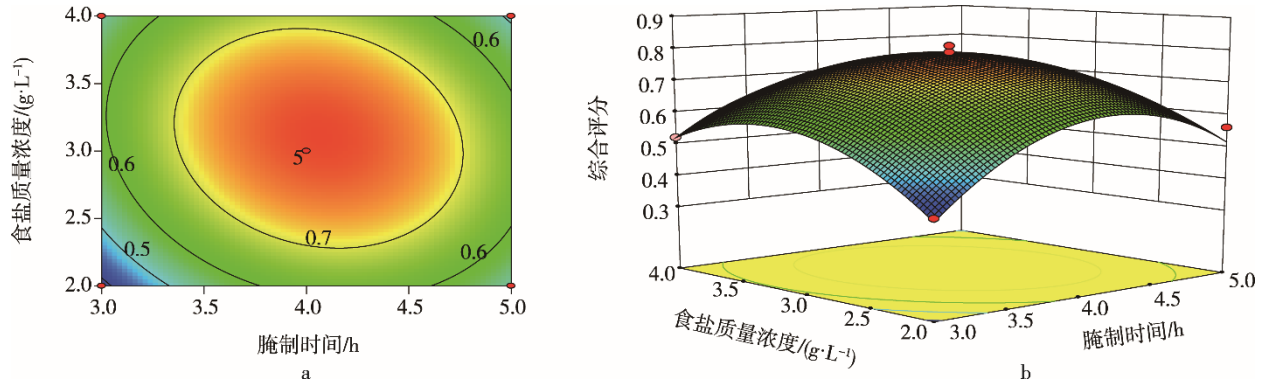

图 1　腌制时间和食盐浓度对鸭肉综合评分影响的响应面

Fig.1 Response surface of influence of curing time and salt concentration on duck meat comprehensive score

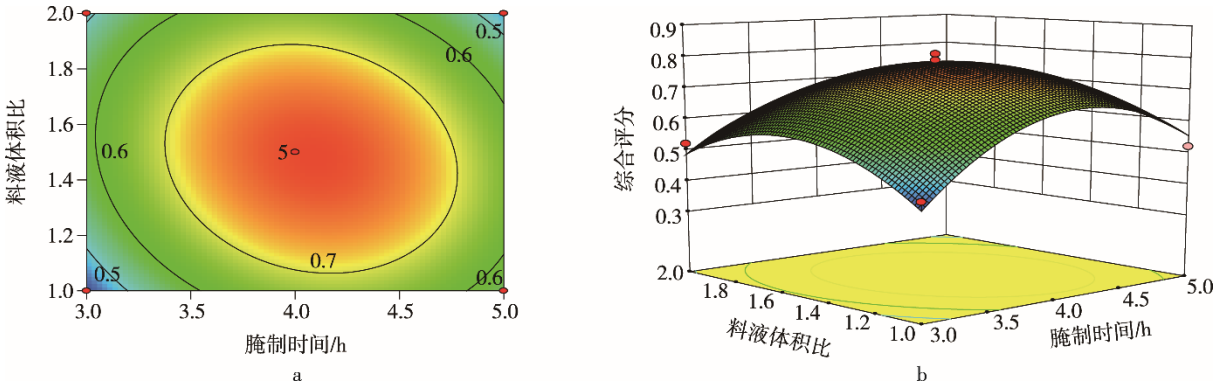

图 2　腌制时间和料液比对鸭肉综合评分影响的响应面

Fig.2 Response surface of effect of curing time and material-liquid ratio on duck meat comprehensive score

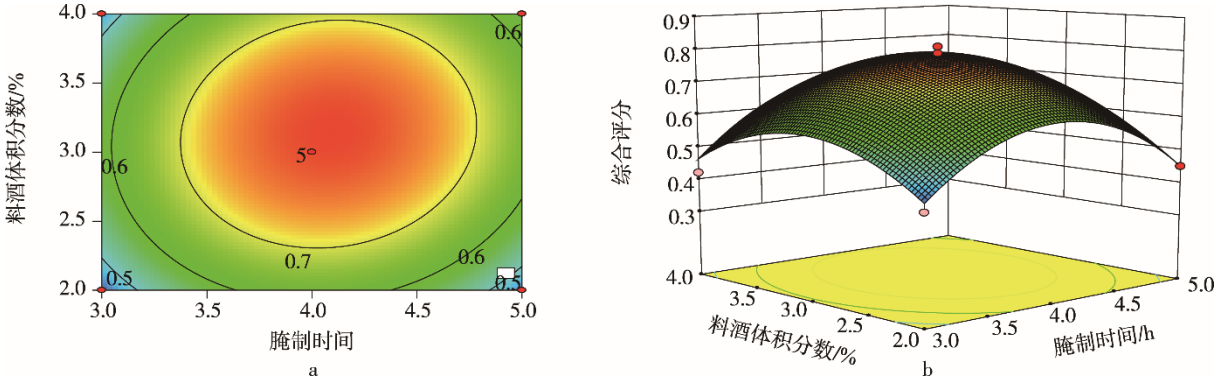

图 3　腌制时间和料酒体积分数对鸭肉综合评分影响的响应面

Fig.3 Response surface of effect of curing time and cooking liquor volume fraction on duck meat comprehensive score

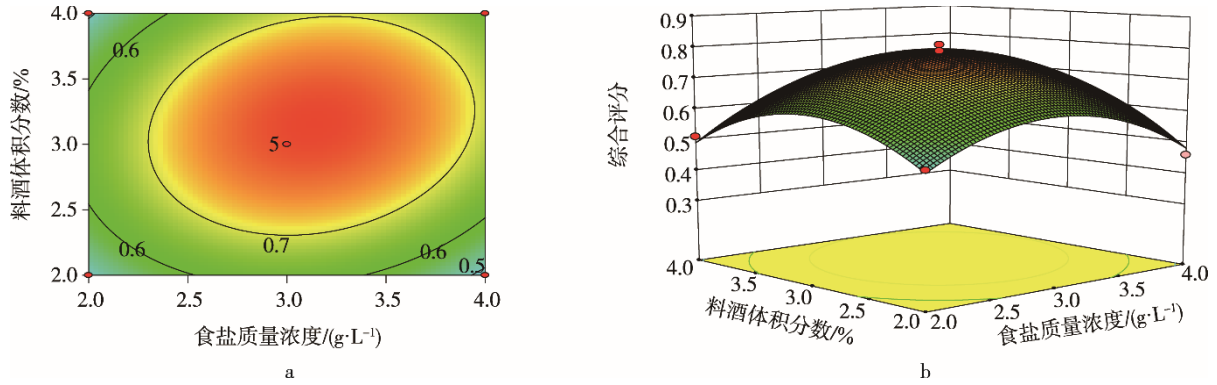

图 4　食盐浓度和料酒体积分数对鸭肉综合评分影响的响应面

Fig.4 Response surface of influence of salt concentration and cooking liquor volume fraction on duck meat comprehensive score

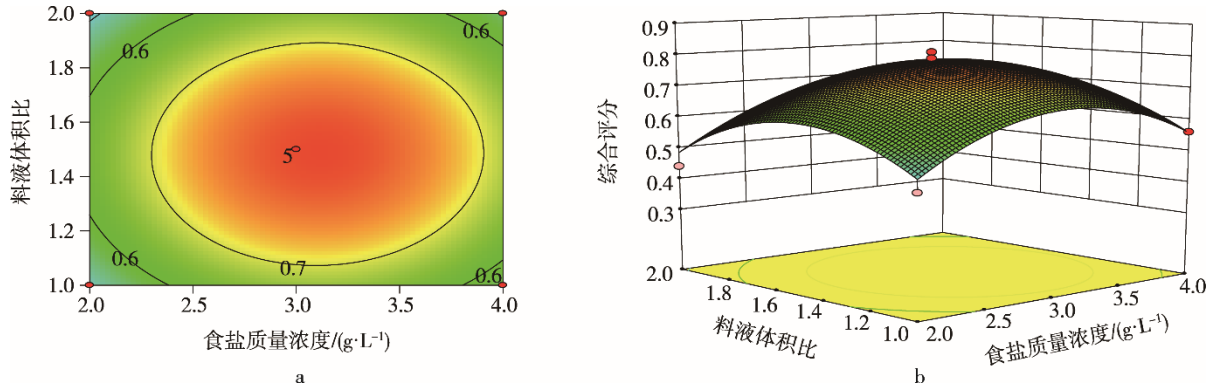

图 5　食盐浓度和料液比对鸭肉综合评分影响的响应面

Fig.5 Response surface of influence of salt concentration and material-liquid ratio on duck meat comprehensive score

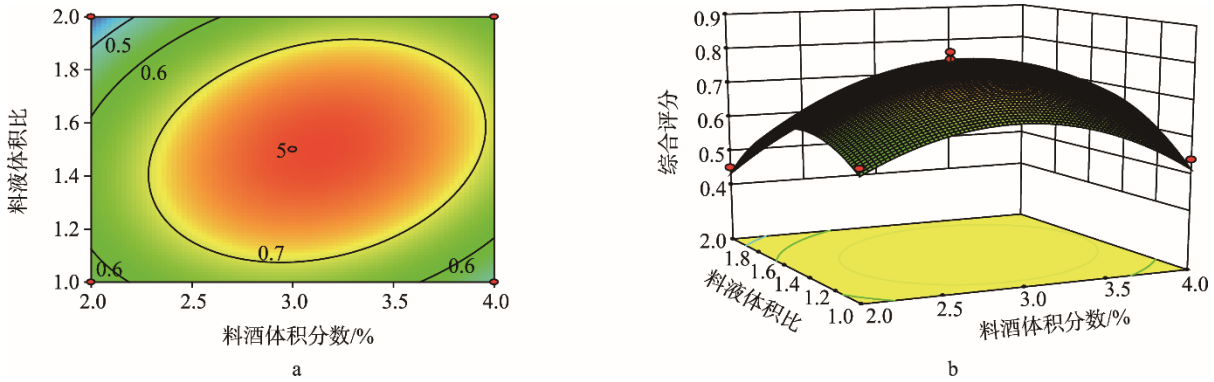

图 6　料酒浓度和料液比对鸭肉综合评分影响的响应面

Fig.6 Response surface of influence of cooking liquor concentration and material-liquid ratio on duck meat comprehensive score

通过工艺条件确定和模型验证，当腌制时间为 4.07 h、食盐质量浓度为 3.11 g/L、料酒体积分数为 3.14%、料液体积比为 1∶1.49 时，产品的综合评分值最大（为 0.7887）。从试验操作及实际生产方面考虑，将试验组合进行修正，修正后腌制时间为 4.1 h，食盐质量浓度为 3 g/L、料酒的体积分数为 3.1%、料液体积比为 1∶1.5。然后进行了试验验证，得到 3 次平行试验鸭肉的综合评分分别为 0.79，0.78，0.79，平均值 0.7867，实际测得结果在预测值 0.7887 的±5%（0.749 265，0.828 135）之间，相对误差为 0.3%。说明该二次回归方程模型与实际值拟合良好，充分验证了该模型的可靠与真实性。

3　结语

在湿法腌制过程中，腌制时间、食盐浓度、料酒体积分数、料液体积比对三穗血浆鸭的综合品质均有不同程度影响。通过单因素试验及 Box-Benhnken 中心组合试验设计优化了三穗血浆鸭湿法腌制工艺，其中各影响因素对鸭肉综合评分的影响顺序为料酒体积分数>食盐浓度>腌制时间>料液体积比，三穗血浆鸭湿法腌制标准化生产工艺条件：腌制时间为 4.1 h，食盐质量浓度为 3 g/L、料酒体积分数为 3.1%、料液体积比为 1∶1.5。在此工艺条件下，产品综合评分为 0.7867，实际测得结果在预测值 0.7887 的±5%之间，相对误差为 0.3%，说明该二次回归方程模型与实际值拟合良好，可通过响应面法优化此腌制工艺。经后续油炸，产品表面润泽、颜色金黄、肉质柔嫩、酥香四溢、品质良好。由此可见，在提高了产品的品质和稳定性的同时，为三穗血浆鸭湿法腌制的标准化生产和腌制工艺提供了可靠的理论依据。

参考文献：

[1] 林威. 中草药饲料添加剂对三穗鸭生长性能及免疫功能的影响[D]. 贵阳: 贵州大学, 2015.
LIN Wei. Effects of Chinese Herbal Medicine Feed Additives on Growth Performance and Immune Function of Three-ear Duck[D]. Guiyang: Guizhou University, 2015.

[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 Yong-jiang, TAO Yu-hang, HE Ming-cai, et al. Summary of Characteristics of Three-Panicle Duck Breeds and Current Status of Industrial Development and Countermeasures[J]. Shanghai Livestock and Veterinary Newsletter, 2013(6): 44—45.

[3] 佚名. 三穗鸭: 产业化建设正当时[J]. 中国畜牧业, 2013(19): 32—34.
Anon. Three-panicle Duck: Industrialization Construction at That Time[J]. China Animal Husbandry, 2013 (19): 32—34.

[4] 肖智, 孟立霞. 贵州“三穗鸭”产业化路径及产业发展对策研究[J]. 中国林副特产, 2014(3): 90—94.
XIAO Zhi, MENG Li-xia. Study on Industrialization Path and Industrial Development Countermeasure of Guizhou Three-Panicle Duck[J]. Chinese Forest By-product, 2014(3): 90—94.

[5] 李斌. 浅谈肉类加工的腌制工艺[J]. 肉类工业, 2016(3): 8—10.
LI Bin. A Brief Talk on The Curing Technology of Meat Processing [J]. Meat Industry, 2016 (3): 8—10.

[6] LIU Y, XU X L, OUYANG G F, et al. Changes in Volatile Compounds of Traditional Chinese Nanjing Water-boiled Salted Duck During Processing[J]. Journal of Food Science, 2010, 71(4): S371—S377.

[7] ARNAU J, SERRA X, COMAPOSADA J, et al. Technologies to Shorten the Drying Period of Dry-cured Meat Products[J]. Meat Science, 2007, 77(1): 81—89.

[8] JIN G, HE L, WANG Q, et al. Pulsed Pressure Assisted Brining of Porcine Meat[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2014, 22(4): 76—80.

[9] 高小翅, 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 Xiao-hong, WANG Xiu-jun, TIAN duo. Optimization of Dry Pickling Technology of Guizhou Three-Panicle Plasma Duck [J]. Food and Machinery, 2018,

34(2): 205—211.

[10] 唐雪燕, 任丽影, 王丽莎, 等. 不同腌制方式对猪肉品质的影响[J]. 食品研究与开发, 2016(23): 114—119.
TANG Xue-yan, REN Li-ying, WANG Li-sha, et al. Effects of Different Curing Methods on Pork Quality[J]. Food Research and Development, 2016(23): 114—119.

[11] 丁玉勇, 师文添, 吴婷婷, 等. 超声波对原料肉腌制速度的影响研究[J]. 食品工业, 2017(5): 151—153.
DING Yu-yong, SHI Wen-tian, WU Ting-ting, et al. Study on the Effect of Ultrasonic on the Pickling Speed of Raw Meat[J]. Food Industry, 2017(5): 151—153.

[12] GB 5009.44—2016, 食品安全国家标准 食品中氯化物的测定[S].
GB 5009.44—2016, National Food Safety Standard Determination of Chloride in Food[S].

[13] 徐为民, 殷燕涛, 诸永志, 等. 不同腌制方式对鸭肉腌制速率及肉质的影响[J]. 现代食品科技, 2014(8): 201—205.
XU Wei-min, YIN Yan-tao, ZHU Yong-zhi, et al. Effects of Different Curing Methods on the Pickling Rate and Meat Quality of Duck Meat[J]. Modern Food Science & Technology, 2014(8): 201—205.

[14] ALI M S, YANG H S, JEONG J Y, et al. Quality of Duck Breast and Leg Meat after Chilling Carcasses in Water at 0, 10 or 20 °C[J]. Asian Australasian Journal of Animal Sciences, 2008, 20(12): 1895—1900.

[15] 胡武. 新型食品烟熏液的制备及两种烟熏肉制品的工艺研究[D]. 湛江: 广东海洋大学, 2014.
HU Wu. Preparation of New Food Smoke Liquid and Process of Two Kinds of Smoked Meat Products[D]. Zhanjiang: Guangdong Ocean University, 2014.

[16] 刘佳慧, 王修俊, 尹爽, 等. 响应面法优化酶-超声波辅助同步提取鸭骨素工艺[J]. 保鲜与加工, 2016, 16(4): 99—106.
LIU Jia-hui, WANG Xiu-jun, YIN Shuang, et al. Optimum Enzyme-ultrasonic Assisted Simultaneous Extraction of Duck Ostein by Response Surface Method[J]. Preservation and Processing, 2016, 16(4): 99—106.

[17] SIN H N, YUSOF S, NSA H, et al. Optimization of Enzymatic Clarification of Sapodilla Juice Using Response Surface Methodology[J]. Journal of Food Engineering, 2006, 73(4): 313—319.