

# 响应面法优化泡椒猪肝超声波腌制液配方

任政伟<sup>1</sup>, 彭毅秦<sup>2</sup>, 丁捷<sup>2</sup>, 卢雪松<sup>2</sup>, 万东东<sup>2</sup>, 姜元华<sup>2\*</sup>

(1. 四川旅游学院 酒店实验实训教学中心, 四川 成都 610100; 2. 四川旅游学院 食品学院, 四川 成都 610100)

**摘要:** 以猪肝片为对象, 选取泡椒水、泡小米椒、白糖、白醋为变量, 综合得分为响应值, 通过 Box - Behnken 响应面法进行泡椒风味猪肝腌制配方优化。实验结果表明: 泡椒水、白糖的添加比例交互影响显著; 采用 Design - Expert 8.0.6 软件拟合得出最优工艺条件为: 泡椒水 50%、泡小米辣 27.50%、白醋 6.00%、白糖 0.50%, 此条件泡椒猪肝片光泽度较高, 组织致密, 富有弹性, 酸辣咸甜兼备。此条件下泡椒猪肝片的综合评分预测值为 0.93, 验证试验泡椒猪肝片的综合评分为 0.928, 表明实验结果与软件优化结果基本相符。

**关键词:** 响应面; 综合评分; 泡椒猪肝片; 工艺优化

中图分类号: TS 972.121

文献标识码: A

文章编号: 2095 - 8730(2018)01 - 0028 - 06

猪肝是猪屠宰后的主要副产品之一, 富含维生素、蛋白质、锌、硒、铁、卵磷脂及多种微量元素, 具有明目养血, 补脾胃, 益气盘, 强筋骨之功效。但猪肝血腥味较重, 加之传统加工以卤制为主,<sup>[1]</sup> 口味单一, 市场接受度较低。崔瑞颖等<sup>[2]</sup> 将感官和正交相结合, 优化猪肝酱的工艺参数, 得到符合商业要求的猪肝酱。于学萍等<sup>[3]</sup> 从质构、感官、保水、流变等方面, 研究 ADSP 对豪猪肝酱稳定性的影响。

超声波作为一种良好的食品加工技术,<sup>[4]</sup> 其穿透能力强, 方向性好, 具有嫩化、乳化食品的功能, 近年来广泛应用于食品工业中。雷辰等<sup>[5]</sup> 曾研究超声波技术在五花肉炖煮工艺中的应用; 丁玉勇等<sup>[6]</sup> 曾研究超声波对肉质制品腌制速率的影响; 师文添等<sup>[7]</sup> 以生鲜猪肉为原料, 剪切力为指标, 研究超声波协同复合嫩化剂的工艺条件。泡椒风味产品因其泡椒辣而不燥, 酸辣开胃等特点, 深受广大消费者好评。豆成林等<sup>[8]</sup> 以正交实验优化加工工艺, 得到咸鲜酸辣适中的无骨泡椒凤爪。包高良等<sup>[9]</sup> 通过四因素三水平的响应面优化得到泡椒黄喉的最佳工艺条件。目前泡椒风味制品的报道主要针对凤爪、猪皮等,<sup>[10]</sup> 猪肝制品的报道较少。

本课题组前期对泡椒猪肝的超声波辅助腌制与真空包装热处理工艺进行优化。此次试验在超声波真空热处理与超声波辅助腌制工艺研究基础上, 研究泡椒液、小米辣、白糖及白醋添加量对泡椒风味盐水猪肝片的品质影响。以超声波为辅助条件, 以感官、质构、理化的综合评分为考察指标, 运用响应曲面法优化泡椒猪肝超声波腌制液配方。为实现在真空低温烹饪与一次性熟化灭菌技术在食品加工中的应用提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

新鲜猪肝、泡二荆条、葱白、生姜、大蒜、泡姜、八角、青花椒、红花椒、桂皮: 购于成都市龙泉驿区百伦新宸百货有限公司; 泡椒水、泡小米辣: 成都凌宇食品有限公司; 白醋: 四川保宁醋有限公司; 料酒: 江苏恒顺集团有限公司; 食用盐: 四川久大制盐有限责任公司; 白糖: 成都新纪元食品有限公司; 味精: 山东阜丰集团有限公司。

氢氧化钠、亚铁氰化钾、乙酸锌、冰乙酸、硝酸、硝酸银、硫酸铁铵、硫氰酸钾、硼酸等均为分析纯; 购自成都科百瑞。

收稿日期: 2017 - 11 - 28 \* 通讯作者

基金项目: 四川省教育厅自然科学一般项目(17ZB0326); 四川省大学生创新创业训练计划项目(201611552077); 四川省教育厅自然科学一般项目(17ZB0325), 川菜发展研究中心项目(CC17Z08)

作者简介: 任政伟(1985 - ) 男(满族) 辽宁铁岭人, 四川旅游学院酒店实验实训教学中心实验师, 从事烹饪工艺研究;

姜元华(1977 - ) 男, 辽宁丹东人, 四川旅游学院食品学院讲师, 从事中西式面点与烘焙研究。

## 1.2 仪器与设备

TMS - PRO 食品物性分析仪: 美国 FTC 公司; 超声波清洗机: 波新芝; YP - N 型电子天平: 上海精密仪器仪表有限公司; pH S - 3C 型 pH 计: 上海仪电科学仪器股份有限公司; SF164 电磁炉: 广东美的生活电器电磁炉制造有限公司; BCD - 216SDCM 海尔冰箱: 佛山顺得美祥厂; XZ - 260T 台式真空包装机: 上海祥正机械有限公司; 四层 PET/AL/PA/CPE 铝箔袋、刀、盆子、锅、烧杯、铁架台、容量瓶等。

## 1.3 实验方法

### 1.3.1 基础配方

以 1000g 预处理后的猪肝片为基准, 试验所用腌制液配方为: 泡椒水(盐分 14%) 65.23%、泡小米辣 21.75%、泡二荆条 2.17%、白醋 3.70%、料酒 1.74%、葱白 1.09%、新鲜小米辣 0.87%、生姜 0.87%、蒜末 0.87%、食盐 0.65%、泡姜 0.43%、白糖 0.39%、味精 0.13%、八角 0.04%、青花椒 0.02%、红花椒 0.02%、桂皮 0.02%。

### 1.3.2 工艺流程

新鲜猪肝→清洗→冷藏→切片→流水冲洗→焯水→超声波辅助腌制→晾干→分装→真空包装→超声波灭菌→冷却→成品。

将鲜猪肝清洗 0℃ 冷藏 20min 后切成约 3cm × 5cm × 0.2cm 的柳叶片, 流水冲洗 20min。在锅中放入 10g 葱段、5g 姜片、5g 蒜片、1g 盐、10g、1300g 水料酒加热至沸腾, 猪肝焯水 20s 后, 流水(5~8℃) 冲洗 30min。然后将猪肝片放入腌制液中, 超声波辅助腌制 20min(超声强度 152W/m<sup>2</sup>、腌制温度 30℃), 后捞出晾干, 装每袋 150g, 真空处理 40s, 超声波灭菌(强度 144 W/m<sup>2</sup>、温度 65℃、时间 15min)。

### 1.3.3 实验设计

在前期预实验基础上, 选择改变基础配方的泡椒水、泡小米辣、白糖、白醋添加量, 以感官得分、质构及理化指标的综合评分为考察指标, 采用 4 因素 3 水平的响应曲面分析方法, 对腌制液配方进行优化(见表 1)。

## 1.4 检测方法

### 1.4.1 感官评价

选择 10 名经验型评价人员对给定的实验样品进行感官评价。根据 GB/T22210 - 2008《肉及肉制品感官评价规范》, 制定成品泡椒猪肝的感

官评分标准(见表 2)。

表 1 因素水平编码表

因子/%	代码	水 平		
		-1	0	1
泡椒水	A	40	50	60
泡小米辣	B	25	27.5	30
白 醋	C	5	6	7
白 糖	D	0.4	0.5	0.6

表 2 成品菜肴泡椒猪肝感官评价标准

项目	参考标准	得分	权重
色泽	猪肝呈褐色光润, 有光泽	8~10	0.2
	猪肝颜色较深, 光泽度和透明度较高, 酱体颜色稍暗, 有光泽	4~8	
	猪肝颜色过深, 光泽度和透明度较差, 酱体颜色呈暗红色, 略有光泽	1~4	
气味	带适宜泡椒气味	8~10	0.2
	泡椒气味较淡或略浓	4~8	
	无泡椒气味或有焦糊味	1~4	
滋味	酸辣咸甜酸兼备, 口感协调柔和	8~10	0.3
	酸辣咸甜酸兼备, 口感基本协调但不柔和	4~8	
	某种味道不足或太过突出, 口感不协调, 不柔和	1~4	
组织形态	组织状态致密, 猪肝口感富有弹性	8~10	0.3
	组织状态较好, 猪肝口感较有弹性	4~8	
	有少量糊状物; 组织状态不佳, 猪肝口感较硬或糊状物较多	1~4	

### 1.4.2 质构测定

将猪肝切割成 2cm × 0.22cm × 2cm 的块状, 单刀复合式剪切探头、TPA 测试程序、测试速度 60mm/min、形变量 60%, 测试样品的硬度、胶粘性、咀嚼性、弹性, 重复 3 次取平均值。

### 1.4.3 理化指标

水分含量的测定: 采用国标 GB 5009.3 - 2016 测定。总酸度的测定: 采用国标 GB/T 12456 - 2008 测定。pH 值的测定: 采用 GB 5009.237 - 2016 测定。食盐含量的测定: 采用 GB 5009.42 - 2016 测定。

### 1.4.4 品质综合评分

综合评分 = 感官评分 × a1 + 硬度 × a2 + 弹性

$\times a_3 - \text{胶黏性} \times a_4 - \text{咀嚼性} \times a_5 + \text{水分含量} \times a_6 + \text{总酸度} \times a_7 + \text{pH} \times a_8 + \text{食盐含量} \times a_9$ 。式中： $a_1、a_2、a_3、a_4、a_5、a_6、a_7、a_8、a_9$  为各评价指标在评价体系中占的权重，由加工经验结合参考文献确定，其数值分别为 0.2、0.1、0.1、0.1、0.1、0.1、0.1、0.1 和 0.1。

1.5 数据分析

所测数据采用 EXCEL 软件进行统计分析，响应面模糊综合评价法采用 Design - Expert8.0.6 软件分析。

2 单因素实验结果分析

2.1 泡椒水添加量对猪肝品质的影响

由表 3 可知，随泡椒水添加量变化，感官、硬

度、咀嚼性、水分、总酸和综合评分显著差异 ( $p < 0.05$ )；综合评分先增后显著减小，硬度先显著增后减小，均在 50% 添加量达峰值，分别较 80%、40% 添加量高 32.61%、28.51%；感官、咀嚼性呈显著减小趋势，在 40% 添加量达峰值，分别较 80%、70% 添加量高 14.53%、49.9%。

2.2 泡小米辣添加量对猪肝品质的影响

由表 4 可知，泡小米辣添加量对猪肝各品质指标影响具有差异性。水分、总酸呈显著增加，咀嚼性、综合评分先显著增加后显著减小，硬度、食盐含量等无显著变化。综合评分、咀嚼性在 25% 添加量最大，是 10% 添加量的 1.54 倍、1.61 倍；总酸、水分含量在 80% 添加量达峰值，是 10% 添加量的 1.72 倍与 1.08 倍。

表 3 泡椒水比例对泡椒猪肝片综合评分的影响

泡椒水添加量/%	40	50	60	70	80
感官评分	7.8 ± 0.100a	7.6 ± 0.265a	7.9 ± 0.361a	7.5 ± 0.361a	6.667 ± 0.153b
硬度(N)	5.561 ± 0.192b	7.779 ± 0.889a	7.384 ± 0.643a	7.208 ± 0.195a	6.905 ± 0.410a
弹性(mm)	3.18 ± 0.050a	3.44 ± 0.080a	2.76 ± 0.480a	2.84 ± 0.58a	2.84 ± 0.38a
胶黏性(N)	1.03 ± 0.35a	1.11 ± 0.03a	1.06 ± 0.15a	1.07 ± 0.16a	1.13 ± 0.30a
咀嚼性(mJ)	4.89 ± 0.11a	3.89 ± 0.51b	3.1 ± 0.50c	2.45 ± 0.26c	2.57 ± 0.18c
水分含量(%)	67.96 ± 1.47a	66.81 ± 1.09a	64.71 ± 0.23b	67.01 ± 0.21a	66.16 ± 0.31ab
总酸(g/kg)	5.37 ± 0.069c	8.52 ± 0.026a	4.77 ± 0.045c	7.17 ± 0.026b	8.67 ± 0.052a
pH 值	5.423 ± 0.025b	4.940 ± 0.036d	5.740 ± 0.085a	5.063 ± 0.015c	4.880 ± 0.046d
食盐含量(%)	3.46 ± 0.17a	3.25 ± 0.11a	3.22 ± 0.03a	3.39 ± 0.09a	3.25 ± 0.08a
综合评分	0.640 ± 0.016a	0.650 ± 0.037a	0.581 ± 0.052ab	0.515 ± 0.076b	0.438 ± 0.007b

表 4 泡小米辣比例对泡椒猪肝片综合评分的影响

泡小米辣添加量/%	10	15	20	25	30
感官评分	6.933 ± 0.153a	7.433 ± 0.451a	7.167 ± 0.551a	7.467 ± 0.208a	7.600 ± 0.200a
硬度(N)	5.950 ± 0.470a	5.617 ± 0.015a	5.665 ± 0.078a	5.378 ± 0.224a	6.008 ± 0.418a
弹性(mm)	2.8 ± 0.07a	2.99 ± 0.51a	3.21 ± 0.08a	3.32 ± 0.37a	3.55 ± 0.73a
胶黏性(N)	1.08 ± 0.06a	0.76 ± 0.21a	0.73 ± 0.01a	1.46 ± 0.98a	0.92 ± 0.25a
咀嚼性(mJ)	2.71 ± 0.12b	2.48 ± 0.58b	2.49 ± 0.56b	4.35 ± 0.38a	3.51 ± 0.48b
水分含量(%)	65.32 ± 0.48d	66.48 ± 0.50c	70.14 ± 0.12a	68.78 ± 0.40b	70.57 ± 0.34a
总酸(g/kg)	3.48 ± 0.029c	5.10 ± 0.03b	4.95 ± 0.000b	4.50 ± 0.05b	6.00 ± 0.026a
pH 值	6.357 ± 0.051a	6.047 ± 0.116b	5.790 ± 0.000c	5.597 ± 0.110d	5.660 ± 0.053cd
食盐含量(%)	3.25 ± 0.08a	3.11 ± 0.08a	3.22 ± 0.11a	3.23 ± 0.19a	3.18 ± 0.05a
综合评分	0.416 ± 0.005c	0.467 ± 0.062c	0.498 ± 0.081c	0.641 ± 0.016a	0.611 ± 0.056b

## 2.3 白醋添加量对猪肝品质的影响

白醋具有调和滋味,增香去除猪肝腥味,刺激食欲的功能,与盐在感官上可产生相乘作用。如表5所示,随白醋添加量增大各品质指标变化存在差异。硬度、水分、总酸显著增加,食盐含量呈显著减小,咀嚼性、pH呈前期显著增加后期显著

减小,综合评分先显著增加后减小,弹性、胶黏性等无显著变化。硬度、水分、总酸在添加量为7%最大,分别较4%、3%、4%添加量高出30.66%、8.23%、27.42%;水分、综合评分分别在添加量为7%、6%最大,较3%增高8.23%与16.43%。

表5 白醋比例对泡椒猪肝片综合评分的影响

白醋添加量/%	3	4	5	6	7
感官评分	6.933 ± 0.153a	7.500 ± 0.100a	7.100 ± 0.458a	7.000 ± 0.265a	6.900 ± 0.100a
硬度(N)	4.782 ± 0.093b	4.678 ± 0.569b	5.561 ± 1.286ab	6.226 ± 0.545ab	6.747 ± 0.419a
弹性(mm)	3.085 ± 0.285a	2.413 ± 0.602a	3.177 ± 0.541a	3.365 ± 0.484a	2.802 ± 0.873a
胶黏性(N)	1.379 ± 0.057a	1.583 ± 1.026a	1.025 ± 0.447a	1.093 ± 0.084a	1.085 ± 0.606a
咀嚼性(mJ)	1.379 ± 0.057b	1.583 ± 1.026ab	1.025 ± 0.447a	1.093 ± 0.084ab	1.085 ± 0.606c
水分含量(%)	64.36 ± 1.65b	67.27 ± 1.36a	68.51 ± 0.65a	69.2 ± 1.08a	70.13 ± 0.79a
总酸(g/kg)	4.65 ± 0.052bc	4.05 ± 0.000c	4.65 ± 0.052bc	5.55 ± 0.052ab	5.85 ± 0.000a
pH值	5.570 ± 0.026b	5.770 ± 0.069a	5.280 ± 0.017c	5.253 ± 0.091c	4.927 ± 0.040d
食盐含量(%)	3.22 ± 0.08a	3.16 ± 0.13a	2.97 ± 0.05b	2.92 ± 0.05b	3.00 ± 0.03b
综合评分	0.417 ± 0.012b	0.434 ± 0.009a	0.489 ± 0.040a	0.499 ± 0.087a	0.479 ± 0.017a

## 2.4 白糖添加量对综合评分的影响

糖可减弱因加盐导致的脱水,利于猪肝保持软嫩,防止硬板,适量添加利于提升产品品质,但添加量过高,影响泡椒制品特有的酸辣风味。如表6所示,硬度、弹性、水分、综合评分先显著增加后显著减小,咀嚼性先增加后显著减小。硬度、弹性、综合评分在白糖添加量为0.6%时出现峰值,分别较1%、0.2%、0.4%、1%高出29.23%、

37.48%、38.73%、31.4%。

## 3 响应面优化实验分析

## 3.1 Box - Behnken 实验设计与结果

根据响应面设计原理,在泡椒水、小米椒、白醋、白糖添加量等单因素实验基础上,以综合评分为响应值,Design - Expert 响应面实验设计及结果见表7。

表6 白糖比例对泡椒猪肝片综合评分的影响

白糖添加量/%	0.2	0.4	0.6	0.8	1
感官评分	7.600 ± 0.265a	7.500 ± 0.100a	7.800 ± 0.265a	7.600 ± 0.173a	7.500 ± 0.100a
硬度(N)	6.230 ± 0.009b	5.935 ± 0.321bc	7.295 ± 0.590a	5.364 ± 0.195cd	5.163 ± 0.168d
弹性(mm)	2.732 ± 0.254b	3.203 ± 0.205b	4.370 ± 0.392a	3.092 ± 0.332b	3.229 ± 0.108b
胶黏性(N)	0.860 ± 0.247a	1.075 ± 0.355a	1.302 ± 0.594a	0.885 ± 0.105a	0.786 ± 0.010a
咀嚼性(mJ)	3.56 ± 0.69ab	3.39 ± 0.71ab	4.26 ± 0.25a	2.61 ± 0.55b	2.29 ± 0.36b
水分含量(%)	66.81 ± 0.38bc	67.84 ± 0.41a	65.81 ± 0.23d	67.22 ± 0.26b	66.31 ± 0.04cd
总酸(g/kg)	0.585 ± 0.000ab	0.465 ± 0.052c	0.578 ± 0.012ab	0.645 ± 0.069a	0.525 ± 0.026bc
pH值	5.333 ± 0.236b	5.617 ± 0.047a	4.947 ± 0.023c	5.190 ± 0.052bc	5.130 ± 0.026bc
食盐含量(%)	3.11 ± 0.06a	3.11 ± 0.06a	3.13 ± 0.05a	3.07 ± 0.14a	3.19 ± 0.02a
综合评分	0.496 ± 0.061b	0.55 ± 0.034ab	0.621 ± 0.047a	0.471 ± 0.053b	0.426 ± 0.010b

表7 试验设计与结果

试验号	A	B	C	D	综合评分
1	0	0	0	0	0.93
2	1	0	0	1	0.79
3	1	0	0	-1	0.72
4	-1	0	-1	0	0.77
5	0	1	0	1	0.84
6	0	0	1	-1	0.75
7	0	-1	0	1	0.76
8	-1	-1	0	0	0.77
9	-1	-1	0	-1	0.73
10	0	0	1	1	0.83
11	1	0	1	0	0.82
12	-1	0	1	0	0.82
13	0	0	0	0	0.94
14	0	0	-1	1	0.8
15	1	-1	0	0	0.76
16	-1	0	0	1	0.77
17	0	1	0	-1	0.78
18	0	0	0	0	0.92
19	0	-1	1	0	0.8
20	0	0	0	0	0.94
21	0	1	1	0	0.81
22	0	0	0	0	0.95
23	0	0	-1	-1	0.78
24	1	0	-1	0	0.76
25	1	1	0	0	0.8
26	0	1	-1	0	0.76
27	-1	0	0	-1	0.82
28	0	-1	-1	0	0.76
29	-1	1	0	0	0.84

3.2 模型的建立与显著性检验

应用 Design - Expert 响应面进行回归拟合分析,得到单因素与综合得分之间的二次多项式模型为:  $Y = -12.6728 + 0.065171A + 0.626443B + 0.767803C + 3.641379D - 0.0003AB + 0.00025AC + 0.030042AD + 0.001BC + 0.070391BD + 0.15CD + 0.15CD - 0.00075A^2 - 0.01174B^2 - 0.07218C^2 - 7.83791D^2$ , 式中 Y 为综合得分。

由表8可知,回归方程显著( $P < 0.01$ ),失拟项不显著( $P = 0.0937 > 0.05$ ), $R^2 = 0.9515$ , $R^2_{Adj} = 0.9031$ ,说明该模型能解释90.31%响应值变化,因此该模型拟合程度较高,可用于因子响应值预测。模型中  $A^2$ 、 $B^2$ 、 $C^2$ 、AD 具有极显著性,A、

B、C、D 项具有显著性,表明各个自变量与因变量之间不是简单的线性关系,具有一定交互作用。因子 AB、AC、BC、BD、CD 对综合评分影响不显著( $P > 0.05$ ),模型中 AD 交互作用显著。

表8 回归模型的方差分析结果

方差来源	平方和	自由度	F	P	显著性
模型	0.114440547	14	19.63492339	<0.0001	显著
A	0.001685036	1	4.047497895	0.0369	*
B	0.003486511	1	8.374681834	0.0118	*
C	0.003333333	1	8.006746275	0.0134	*
D	0.002282806	1	5.48335439	0.0345	*
AB	0.000243119	1	0.583978481	0.4574	
AC	2.5E-05	1	0.060050597	0.8100	
AD	0.003945519	1	9.477230217	0.0082	**
BC	2.5E-05	1	0.060050597	0.8100	
BD	0.001076751	1	2.586381062	0.1301	
CD	0.0009	1	2.161821494	0.1636	
$A^2$	0.035460948	1	85.17804365	<0.0001	**
$B^2$	0.034906422	1	83.84605963	<0.0001	**
$C^2$	0.033220133	1	79.79555234	<0.0001	**
$D^2$	0.039825487	1	95.66177106	<0.0001	**
残差	0.005828418	14			
失拟项	0.005308418	10	4.083398707	0.0937	不显著
净误差	0.00052	4			
总离差	0.120268966	28			
R	0.9515				
$R^2_{Adj}$	0.9031				
CV	2.5157%				

注: \* 差异显著( $p < 0.05$ ), \*\* 差异极显著( $p < 0.01$ )。

由图1可知,响应面坡度较陡,说明 A、D 对综合评分影响较大。A 为 45% ~ 55%, D 为 0.45% ~ 0.55% 的范围内存在极值,即 A、D 间存在较好的交互作用。

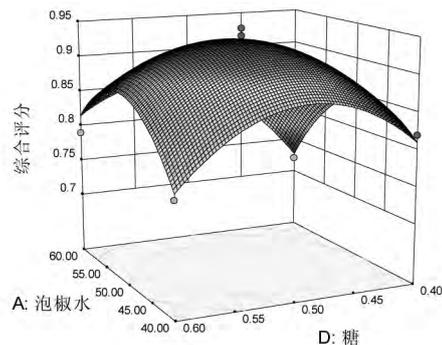


图1 单因素综合评分响应曲线

### 3.3 最佳条件的预测及验证实验

根据 Box - Behnken 响应面法试验所得结果和二次多项回归方程,拟合的最优工艺条件为:泡椒水 50%、泡小米辣 27.50%、白醋 6.00%、白糖 0.50%。此条件下泡椒猪肝片的综合评分预测值为 0.93。此条件下进行 6 次平行试验,<sup>[11]</sup>泡椒猪肝片的综合评分为  $0.928 \pm 0.03$ ,与预测值基本一致,证实了该模型的有效性。

## 4 结论

本实验采用 Box - Behnken 响应面法,以泡椒水、泡小米辣、白醋、白糖添加量为自变量,以综合评分分值为响应值,对泡椒风味盐水猪肝片腌制液配方进行配方优化。根据二次多项回归方程拟合出的最优配方为泡椒水 50%、泡小米辣 27.50%、白醋 6.00%、白糖 0.50%。此条件下泡椒猪肝片组织状态致密感富有弹性,光泽度较高,酸辣咸甜酸兼备。6 次验证实验平均得分为  $0.928 \pm 0.03$ ,与预测值基本一致,表明采用 Box - Behnken 响应面法优化泡椒风味盐水猪肝片腌制液配方准确、可行。

### 参考文献:

- [1] 吕品. 我国猪肝的供给与需求分析[D]. 北京: 中国农业科学院 2010.
- [2] 崔瑞颖, 张志胜, 任慧, 等. 猪肝酱加工工艺的优化[J]. 食品工业 2013, 34(06): 11 - 13.
- [3] 于学萍, 董群义. 乙酰化二淀粉磷酸酯对豪猪肝酱稳定性的影响研究[J]. 食品工业科技 2016, 37(1): 288 - 292.
- [4] 吴菲菲, 巢玲, 李化强, 等. 超声技术在食品工业中的应用研究进展[J]. 食品安全质量检测学报 2017, 8(7): 2670 - 2677.
- [5] 雷辰, 夏延斌, 车再全, 等. 超声波在五花猪肉炖煮工艺中的应用[J]. 肉类研究 2016, 30(6): 25 - 28.
- [6] 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, 38(5): 151 - 153.
- [7] 师文添, 丁玉勇, 吴婷婷, 等. 超声波协同复合嫩化剂对生鲜猪肉嫩度的影响[J]. 食品工业 2017, 38(5): 36 - 40.
- [8] 豆成林, 王清, 吴振业, 等. 无骨泡椒鸡爪的研制[J]. 现代食品科技 2013, 29(5): 1072 - 1075.
- [9] 包高良, 郭兆斌, 魏晋梅, 等. 响应面法优化泡椒牦牛黄喉制作工艺研究[J]. 食品工业科技 2015, 36(1): 250 - 254.
- [10] 彭毅秦, 乔明锋, 易宇文, 等. 泡椒风味休闲食品的研究进展[J]. 食品与发酵科技 2017, 53(3): 106 - 108.
- [11] 刘杨, 赵婧, 梁莉, 等. 响应面优化蒲公英多酚超声波辅助乙醇提取工艺及其抗氧化性[J]. 食品工业科技 2017, 38(2): 287 - 292.

## Optimization of marinade formula for spicy pork liver using response surface methodology

REN Zhengwei<sup>1</sup>, PENG Yiqin<sup>2</sup>, DING Jie<sup>2</sup>, LU Xuesong<sup>2</sup>, WAN Dongdong<sup>2</sup>, JIANG Yuanhua<sup>2\*</sup>

(1. Hotels Experiment and Practical Teaching Center, Sichuan Tourism University, Chengdu, Sichuan 610100, China;

2. College of Food, Sichuan Tourism University, Chengdu, Sichuan 610100, China)

**Abstract:** Formula of curing liquid for pork liver was optimized using response surface methodology with Box-Behnken design and Design-Expert 8.0.6 consisting of 50% of pepper infusion, 27.50% of pickled Capsicum frutescens, 6% of vinegar, and 0.50% of sugar to give the product with glossy appearance, dense and flexible texture, and full taste of sour, salt and sweetness. The predicted score of 0.93 was very close to the verified value of 0.928. the interaction between the amount of pepper infusion and table sugar significantly affected the evaluation score of the product.

**Key words:** response surface methodology; sensory evaluation; pickled pork slice; optimization

(责任编辑: 赵 勇)