

# 响应面法优化鱼香茄子酱加工工艺

许 莲<sup>1</sup>, 戴阳军<sup>2\*</sup>

(1. 苏州经贸职业技术学院 人文社科与旅游管理学院, 江苏 苏州 215009;

2. 常熟理工学院 生物与食品工程学院, 江苏 常熟 215500)

**摘 要:** 为探究鱼香茄子酱的最佳加工工艺, 采用新鲜紫茄为原料, 以感官评价为指标, 在单因素实验的基础上, 选择麦芽糊精浓度(%)、麦芽糊精浸泡时间(h)和微波干燥时间(min)这3个因素设计 Box-Behnken 响应面优化实验。结果表明: 鱼香茄子酱最佳加工工艺条件为麦芽糊精浓度6%、麦芽糊精浸泡时间2.2 h和微波干燥时间15 min。此工艺条件下的鱼香茄子酱组织均匀, 茄丁颗粒完好, 质感爽滑可口, 具有鱼香茄子独特的风味, 感官评价分数高达89.61。

**关键词:** 鱼香风味; 茄子; 酱; 响应面优化; 烹饪工艺

中图分类号: TS 972.112

文献标识码: A

文章编号: 2095-8730(2018)04-0026-05

茄子(*Solanum melongena* L.) , 又称“茄” , 别称落苏、昆仑瓜等, 是为数不多的紫色蔬菜之一, 在我国分布广泛, 是常见的食材。<sup>[1]</sup> 研究表明, 茄子兼具营养食用价值和药用价值, 富含蛋白质、维生素A、B、C、D以及钙等营养成分, 有助于软化人体血管, 减少老年斑; 紫茄子中的维生素P, 具有改善毛细血管脆性, 防治小血管出血、高血压、动脉硬化、咯血、紫癜等病症的功效。<sup>[2]</sup>

现阶段关于茄子的研究大都站在农业的角度, 如影响茄子幼苗培育的条件、<sup>[3]</sup> 肥料对茄子果实品质、病理、产量等的影响。<sup>[4]</sup> 另外, 有关茄子花青素的提取、功能特性和生物合成方面的研究也较为深入。<sup>[5]</sup> 但茄子相关食品加工产品的研究还相对较少, 仅见史小峰<sup>[6]</sup> 以卵圆形紫茄子为主料, 经特殊烤制、去皮切分、调味装袋、杀菌冷却等工艺, 生产加工了一款即食风味烤茄子产品; 胡启山<sup>[7]</sup> 介绍了几款风味茄子食品的加工方法, 但相对局限于菜品层面, 未将配方及工艺标准化。目前尚未见有关茄子的深加工产品面世。

鱼香茄子更是深受国内外食客喜爱的特色名菜。目前, 鱼香茄子仍以现烹现食为主, 仅存于餐桌之上, 无法长期保存。本研究从旅游食品产品研发的角度出发, 以茄子为原料, 拟将传统菜肴鱼

香茄子加工制成罐头包装, 以期开发出一款新型酱类旅游休闲食品, 方便国内外游客食用与携带。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

紫茄子、豆瓣酱、剁椒、鸡精、海天老抽、大豆油: 均购于常熟市莫城镇农贸市场; 交联变性淀粉: 河南莱宝化工产品有限公司。

LY-8KW-SD 微波光波干燥杀菌机: 湖北敏锐工业微波设备公司; C21-SC001 电磁炉: 九阳电器有限公司; DZ-400/2ES 真空包装机: 华联机械集团有限公司; R2011-0199 高压灭菌锅: 湖北永大换热设备有限公司; BCD-220E3C 冰箱: 合肥美菱股份有限公司; BSA124S 电子天平: 北京赛多利斯仪器系统有限公司。

### 1.2 实验方法

#### 1.2.1 工艺流程

鱼香茄子酱的工艺流程如下: 原料选择→清洗→切丁→焯水→麦芽糊精浸泡→微波干燥→炒制→真空包装→高温灭菌→成品。

#### 1.2.2 操作要点

原料选择和预处理: 选购成熟度适宜, 无籽、形体较大, 新鲜且肉质肥厚的紫茄子作为加工原

收稿日期: 2018-07-19 \* 通信作者

基金项目: 江苏饮食类非物质文化遗产传承与弘扬研究(18SYB-076)

作者简介: 许 莲(1976-), 女, 江苏泗阳人, 苏州经贸职业技术学院人文社科与旅游管理学院讲师, 从事酒店管理研究;

戴阳军(1972-), 男, 江苏阜宁人, 常熟理工学院生物与食品工程学院副教授, 从事食品加工研究。

料。将茄子洗净,按实验要求切成正方体小丁,注意茄丁大小均匀,保持一致。

焯水:水煮开后(95℃以上),迅速倒入茄子,煮40 s,捞出,此步骤能有效减少茄子的涩味。

麦芽糊精浸泡:将焯过水的茄子完全浸没在实验所需浓度的麦芽糊精溶液中,静置1~2 h。麦芽糊精具有填充剂和防止粘连的作用。<sup>[8]</sup>

炒制:以200 g茄子为基准用量,加入辣油10%、姜蒜末各3%、葱4%、豆瓣酱40%、剁椒2%、盐5%、糖2.5%、鸡精2.5%、交联变性淀粉8%,进行调味、炒制。

高压灭菌:将封袋的鱼香茄子酱放在高压灭菌锅中灭菌,灭菌条件为121℃、15 min。

1.2.3 单因素实验

以产品感官评价分数为指标单因素实验,分别考察切丁长度(0.6、0.8、1.0、1.2、1.4 cm)、麦芽糊精溶液浓度(2.5、5.0、7.5、10.0、12.5%)、麦芽糊精浸泡时间(0.5、1.0、1.5、2.0、2.5 h)、微波干燥时间(5、10、15、20、25 min)对鱼香茄子酱品质的影响,进行实验时固定其中一个参数,各参数水平为:切丁长度1.0 cm、麦芽糊精浓度5%、微波干燥时间15 min。

1.2.4 响应面实验设计

选择麦芽糊精溶液浓度、麦芽糊精浸泡时间、微波干燥时间为自变量,以鱼香茄子酱感官评分为响应值,进行Box-Behnken响应面优化设计,因素水平见表1。

表1 Box-Behnken 响应面设计因素及水平

因素	名称	水平		
		-1	0	1
A	糊精浓度(%)	1.0	1.2	1.4
B	浸泡时间(min)	1.5	2.0	2.5
C	微波时间(h)	10	15	20

1.3 测定方法

1.3.1 感官评定方法

感官评定主要从外观、口感、气味和色泽这4个方面的指标入手,事先针对实验目的、感官评价标准对小组成员进行适当的培训。<sup>[9]</sup>采用百分制,4个指标各占25分,每个样品进行3次评价后取平均值。评分标准见表2。

1.3.2 数据处理

使用Origin 7.5进行单因素实验的绘图,De-

sign-Expert 8.0进行响应面实验的设计、绘图以及数据分析。

表2 鱼香茄子酱感官评分标准

指标	评分标准	分值
外观 (25分)	酱体均匀,茄丁颗粒完好,有油光	21~25
	酱体较均匀,茄丁颗粒部分破碎,油光略浅	11~20
	酱体不均匀,茄丁颗粒破碎较多,无油光	1~10
口感 (25分)	质地爽滑,浓稠度良好,不油腻	21~25
	质地较为爽滑,浓稠度适中,无明显油腻感	11~20
	质地过硬或过于软烂,偏稠或偏稀,吃口油腻	1~10
气味 (25分)	鱼香味浓郁和谐,无异味	21~25
	鱼香味较浓郁,无异味	11~20
	鱼香味淡且香气不协调,有异味	1~10
色泽 (25分)	酱体呈棕黄泛白,色泽均匀,表面油润泛红光	21~25
	酱体呈棕褐色,色泽较均匀,表面油润	11~20
	酱体色泽偏浅或深且不均匀,表明无光泽	1~10

2 结果与分析

2.1 单因素实验

2.1.1 切丁长度对鱼香茄子酱品质的影响

由下页图1可知,随着茄子切丁长度的逐渐增加,长度在0.6~1.2 cm范围内时,鱼香茄子酱的感官评分呈先逐渐增大后下降的趋势,这是因为茄丁长度过短时,颗粒变性和破碎严重,完整度不高,影响了茄子酱整体形态。而当茄丁长度大于1.2 cm时,茄子酱的感官评分开始下降,这是因为若茄丁过长,一方面原料水分含量相对较高,不利于微波干燥;另一方面茄丁不易与酱体融合为一体,导致酱体不均匀。因此,确定最佳切丁长度为1.0~1.4 cm。

2.1.2 麦芽糊精浓度对鱼香茄子酱品质的影响

茄子水分含量较高,固形物较少,经微波干燥后会变薄变小,甚至收缩和塌陷,这些现象极大地影响了产品品质,可以用一定浓度的麦芽糊精作为填充剂浸泡以提高固形物含量,从而提升品质。<sup>[10]</sup>由下页图2可知,随着麦芽糊精的浓度由2.5%增加到12.5%,鱼香茄子酱产品的感官评

分先增加,在5.0%时达到最大值后开始缓慢下降。这是因为浓度太低时,茄丁质感偏软,缺少嚼劲。所以,本实验选择的最佳麦芽糊精浓度为2.5%~7.5%。

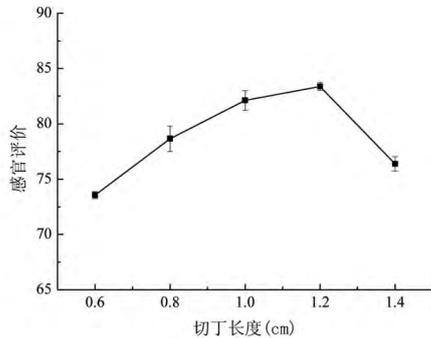


图1 切丁长度对鱼香茄子酱品质的影响

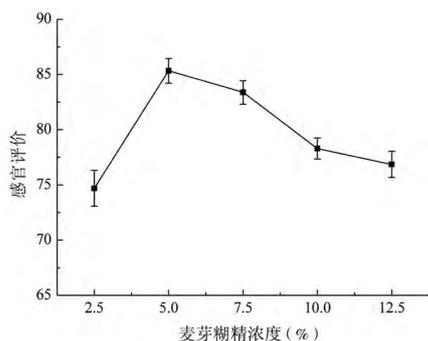


图2 麦芽糊精浓度对鱼香茄子酱品质的影响

### 2.1.3 麦芽糊精浸泡时间对鱼香茄子酱品质的影响

由图3可知,在麦芽糊精浸泡时间为0.5~2.5 h时,鱼香茄子酱感官评分呈先逐渐增加,到达2.0 h后开始下降。这是因为浸泡时间太短时,糊精无法充分渗透进原料,达不到填充效果,浸泡时间太长时,会影响茄子香味,并产生异味,同时也增加了加工成本。所以,本实验选择最佳糊精浸泡时间为1.5~2.5 h。

### 2.1.4 微波干燥时间对鱼香茄子酱品质的影响

由图4可知,随着微波干燥时间的增加,在茄子酱的微波过程中,微波时间对茄子感官评分的影响也较大。当微波时间为15 min时,感官评分最高。微波时间过短时,茄子在炒制过程中容易变形,若微波时间过长,茄丁又容易烤焦,致使质地干硬、色泽暗淡甚至产生焦糊的状态,极大地影响了产品品质。故选择微波时间为10~20 min进行实验。

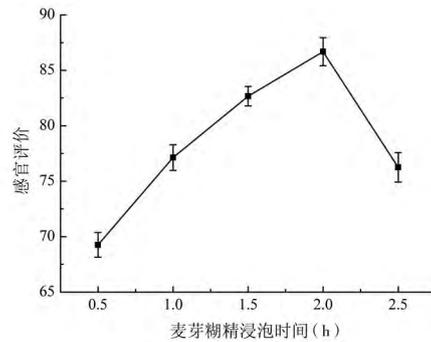


图3 麦芽糊精浸泡时间对鱼香茄子酱品质的影响

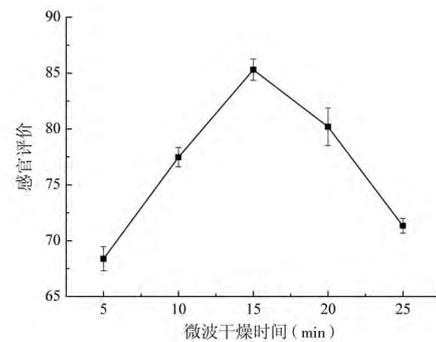


图4 微波时间对鱼香茄子酱品质的影响

## 2.2 响应面优化鱼香茄子酱加工工艺

### 2.2.1 Box-Behnken 响应面设计及结果

由单因素实验结果可知,切丁长度数据的极差仅为 $R=9.83$ ,为变化最小的一组数据,说明切丁长度对于产品的影响不如其他3个因素,故不列入下一步优化范围。本实验以麦芽糊精浓度(A)、麦芽糊精浸泡时间(B)和微波干燥时间(C)这3个因素为自变量,采用Box-Behnken试验进行3因素3水平的响应面优化实验,以鱼香茄子酱感官评价分数(Y)为响应值,探究鱼香茄子酱的最佳加工工艺。实验结果见下页表3。

### 2.2.2 回归拟合及方差分析

对表3数据进行多元回归拟合,可得鱼香茄子酱感官评价与3个因素之间的方程如下:

$$Y(\text{感官评价}) = 89.47 + 0.54A + 1.13B - 1.18C + 1.78AB - 0.39AC - 0.58BC - 11.3A^2 - 3.49B^2 - 5.71C^2.$$

方差分析和显著性检验,结果见下页表4。

据表4可知,实验构建的模型极显著( $P < 0.0001$ ),失拟项不显著( $P > 0.05$ ),由此可知该回归方程拟合度良好,能较好地解释3个因素与鱼香茄子酱感官评价之间的关系;方差 $R^2 = 0.9970$ ,调整系数 $R_{\text{Adj}}^2 = 0.9932$ ,这说明利用该模型可以解释响应曲面中99.32%的可变性,预

测值与真实值之间存在着很高的关联性,<sup>[11]</sup>可以用于鱼香茄子酱加工工艺优化。

表3 Box - Behnken 设计方案及结果

序号	A(%)	B(min)	C(min)	Y
1	0	1	-1	83.37
2	-1	0	1	70.03
3	1	1	0	77.59
4	0	0	0	89.36
5	1	0	-1	74.11
6	-1	0	-1	73.54
7	0	1	1	80.22
8	0	-1	-1	79.16
9	0	0	0	88.98
10	0	-1	1	78.33
11	-1	-1	0	75.33
12	1	0	1	72.17
13	0	0	0	90.13
14	-1	1	0	73.24
15	0	0	0	89.21
16	1	-1	0	72.58
17	0	0	0	89.67

表4 方差分析和显著性检验

方差来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值	显著性
模型	826.598	9	91.84	258.865	<0.0001	**
A	2.322	1	2.32	6.54	0.0376	*
B	10.170	1	10.17	28.67	0.0011	**
C	11.116	1	11.12	31.33	0.0008	**
AB	12.602	1	12.60	35.52	0.0006	**
AC	0.616	1	0.62	1.74	0.2290	
BC	1.346	1	1.35	3.79	0.0925	
A <sup>2</sup>	537.286	1	537.28	1514.35	<0.0001	**
B <sup>2</sup>	51.248	1	51.25	144.44	<0.0001	**
C <sup>2</sup>	137.341	1	137.34	387.10	<0.0001	**
残差	2.484	7	0.35			
失拟项	1.689	3	0.56	2.83	0.1704	
纯误差	0.795	4	0.20			
总变异	829.0812	16				
R <sup>2</sup>	=0.9970					
R <sup>2</sup> <sub>Adj</sub>	=0.9932					

注: \*\*表示差异极显著(P < 0.01); \*表示差异显著(P < 0.05)

对表4中F值的大小分析可知,各因素对鱼

香茄子酱品质的影响顺序为: C > B > A,各条目中B、C、AB、A<sup>2</sup>、B<sup>2</sup>、C<sup>2</sup>影响极显著(P < 0.01),A影响显著(P < 0.05),而交互项AC、BC影响不显著(P > 0.05)。

2.2.3 响应曲面及等高线图

响应曲面图和等高线图可以直观地反映各实验变量交互作用对响应值的影响,所选范围内3D曲面图的最高点代表着最优值,曲面坡度越陡峭,表示两因素交互作用对响应值影响越大。<sup>[12]</sup>由图5可知,图5(a)的3D曲面图在3组图中显示最为陡峭,且等高线多而密集,说明麦芽糊精浓度(A)与麦芽糊精浸泡时间(B)交互作用对鱼香茄子酱品质的影响较大,茄子酱的感官评分在所选范围内随麦芽糊精浓度和麦芽糊精浸泡时间的增加而增加,这是因为经麦芽糊精浸泡一定时间后,糊精作为填充剂渗透至茄子内部,其固形物含量有所提升,且二者并非线性关系,而是存在着一个动态平衡的最优组合。<sup>[13]</sup>图5(c)的3D曲面图最为平缓,等高线最少且稀疏,说明当麦芽糊精浓度(A)一定时,麦芽糊精浸泡时间(B)与微波干燥时间(C)二者的交互作用对产品品质影响较小。

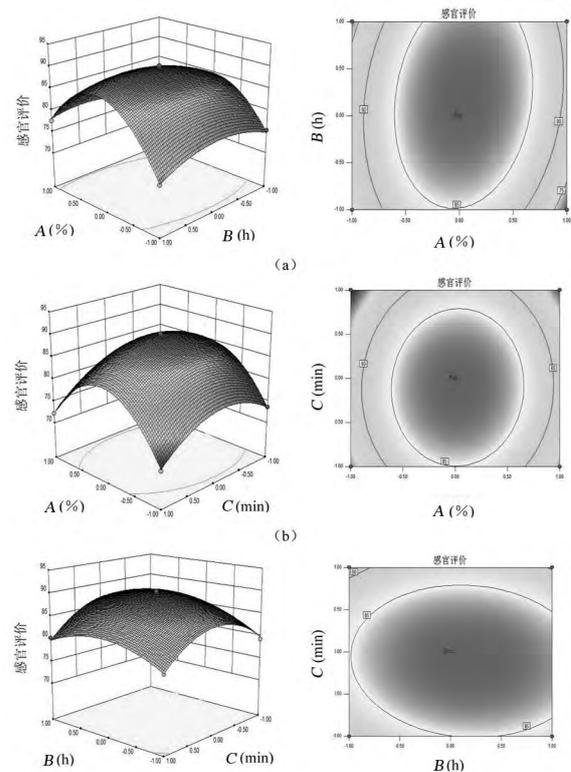


图5 各因素交互作用对鱼香茄子酱品质的响应面分析结果

响应面实验优化得出的最佳加工工艺条件为:麦芽糊精浓度 6.34%、麦芽糊精浸泡时间 2.15 h、微波干燥时间 14.5 min,此工艺条件下模型预测鱼香茄子酱感官评价分数为 88.90。

### 3 结论

实验以新鲜紫茄为原料,以麦芽糊精作为填充剂,采用微波干燥技术对茄丁进行前处理,再经炒制得到鱼香茄子酱产品。以感官评价为响应值,在单因素实验的基础上进行响应面实验,优化其加工工艺,所得模型极显著( $P < 0.0001$ )。在回归方程求解的基础上按照实际生产进行适当修正,最终确定鱼香茄子最佳加工工艺为:麦芽糊精浓度 6%、麦芽糊精浸泡时间 2.2 h 和微波干燥时间 15 min。经验证实验表明,此加工工艺条件下的鱼香茄子酱组织均匀,茄丁颗粒完好,表面油润泛红光,质感爽滑可口,具备有鱼香茄子独有的风味,感官评价分数高达 89.61。本研究为延长传统菜肴鱼香茄子的食用期提供了新的方向,同时也为酱类产品的研发提供了科学依据。

#### 参考文献:

- [1] 周宝利,张琦,叶雪凌,等.不同品种茄子果皮花青素含量及其稳定性[J].食品科学,2011,32(1):99-103.
- [2] 玉华.常吃茄子预防疾病[J].家庭医学,2005(7):40.
- [3] 赵海涛,李天鹏,姚旭,等.堆置与添加蛭石对污泥蚓粪培育茄子幼苗的影响[J].中国农业科学,2014,47(23):4668-4679.
- [4] 王菲,李银科,王正银,等.缓释复合肥对茄子产量和不同采果期品质的影响[J].土壤学报,2015(2):355-363.
- [5] 吕玲玲,冯雪峰,李威,等.茄子花青素研究进展[J].分子植物育种,2018(3):1-9.
- [6] 史小峰,钱红安.即食风味烤茄子的研究生产[J].食品研究与开发,2002,23(2):44-45.
- [7] 胡启山.几款风味茄子食品的加工方法[J].农业工程技术(农产品加工业),2008(5):30.
- [8] 卢懿,张愨,孙金才,等.改善高真空干燥梨脆片褐变及松脆性[J].食品与生物技术学报,2013,32(11):1149-1155.
- [9] 胡舰,周莹,左波,等.响应面优化无花果生姜汁嫩化狮子头工艺[J].中国调味品,2018(6):85-90.
- [10] 严启梅,牛丽影,袁春新,等.预处理对杏鲍菇脆片品质的影响[J].食品科学,2012,33(6):74-77.
- [11] 王京龙,郑丹丹,张立华,等.Box-Behnken 响应面优化银杏叶总黄酮提取物泡腾片的制备及其质量分析[J].食品工业科技,2017,38(6):288-292.
- [12] 陈新瑶,董星,陈景杰,等.响应曲面法优化猴头菇粗多糖的提取工艺[J].中国农业科技导报,2017,19(3):131-136.
- [13] 戴阳军,胡舰,周莹,等.响应面法优化鱼糜肉纸制作工艺[J].美食研究,2018,35(3):48-53.

## Optimization of fish-flavored eggplant sauce processing technology by response surface methodology

XU Lian<sup>1</sup>, DAI Yangjun<sup>2</sup>

(1. School of Humanities, Social Sciences and Tourism Management, Suzhou Institute of Trade & Commerce, Suzhou, Jiangsu 215009, China;

2. School of Biotechnology and Food Engineering, Changshu Institute of Technology, Changshu, Jiangsu 215500, China)

**Abstract:** Response surface methodology with Box-Behnken design was used to optimize the processing technology of fish-flavored eggplant sauce on the basis of single factor experiments. The results showed that soaking for 2.2 h with a 6% of maltodextrin slurry first and then drying with microwave for 15 min gave the final product with intact eggplant granules, smooth texture, delicious and unique flavor, and a high sensory score of 89.61.

**Key words:** fish-flavored; eggplant; sauce; response surface methodology; cooking process

(责任编辑:赵勇)