

清蒸鳊鱼的工艺参数优化及其风味强度分析

董芝杰

(江苏旅游职业学院 烹饪科技学院, 江苏 扬州 225127)

摘要:在单因素试验基础上,采用响应面法建立感官品质的二次回归方程,并结合电子鼻分析探究家庭式电蒸箱制作清蒸鳊鱼的最佳工艺参数。结果表明:影响清蒸鳊鱼感官品质的主次因素依次为腌渍时间、蒸制时间、腔体蒸汽温度、腌渍液浓度;经实际生产验证,当工艺参数为腌渍时间 10 min、蒸制时间 9.5 min、腔体蒸汽温度 105 ℃、腌渍液浓度 95% 时,清蒸鳊鱼表现出较好的感官性状。相比传统蒸制,电蒸箱制作的清蒸鳊鱼风味强度更佳,形成的风味品质更好。

关键词:家庭式电蒸箱;清蒸鳊鱼;响应面法;电子鼻;风味强度

中图分类号: TS 972.162.1

文献标志码: A

文章编号: 2095-8730(2021)03-0045-06

随着中餐标准化研究的不断深入,技术革新使得餐饮业正在加速对传统工艺的改造,依靠经验为主的手工制作正向规模化、经营标准化方向发展,我国传统餐饮走向厨电化的趋势越来越显著^[1-2]。

如今,厨电化烹饪设备已广泛进入餐饮企业和大众家庭,通过优化菜肴数据信息库的植入,设备可定时、定量进行传统中式菜肴的制作,大大提高了加工效率和菜肴品质的稳定性^[3-4]。值得注意的是,我国幅员辽阔、物产丰富、烹饪方法多样,造就了传统中式菜肴菜式繁多的特点。因而,厨电化烹饪设备中也难以植入所有中式菜肴的最佳工艺参数。

鳊鱼又称长春鳊、团头鲂,原产于湖北省鄂城市境的梁子湖,因鄂城市古称武昌县,故又名武昌鱼,是我国重要淡水经济鱼类之一,其肉质细嫩、鲜美,深受消费者喜爱,享有“三花五罗”的美称^[5]。大量研究表明,清蒸可有效减少菜肴内部营养成分的流失,并保留原料的本味,是一种健康的烹饪方式^[6-8]。

为丰富厨电化烹饪设备中的蒸制工艺参数,本研究利用家庭式电蒸箱进行清蒸鳊鱼的制作,结合响应面分析法,探究腌渍液浓度、腌制时间、设备腔体蒸汽温度、蒸制时间对清蒸鳊鱼感官品

质的影响,并获得最佳工艺参数。同时采用电子鼻分析技术,比较传统蒸制工艺与厨电化设备加工条件下清蒸鳊鱼的风味强度,以期为该类产品的智能化加工提供一定的科学依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

2 龄新鲜鳊鱼产于江苏高邮湖,购于扬州麦德龙超市,宰前检验均鲜活、无感官异常变化,平均体质量 0.5 kg/尾。

1.2 仪器与设备

CDX30A 型 NORITZ 电蒸箱:能率(中国)投资有限公司;PEN 3 型电子鼻:德国 Airsense 公司;BS210S(1/1000)型电子分析天平:北京赛多利斯仪器系统有限公司;MK-301 型热电偶测温仪:泰安德美机电设备有限公司。

1.3 方法

1.3.1 工艺流程

新鲜鳊鱼→洗净后控干表面水分→腌制(腌渍液)→转入设备蒸制→记录时间→成品。

腌渍液的调配:以鲜活鳊鱼 500 g 计,设定配比为葱段 10 g、姜片 10 g、食盐 4 g、味精 0.5 g、黄酒 5 mL、蒸馏水 5 mL,混匀后均质,过滤掉明显颗粒物,得到浓度为 100% 的腌渍液。试验过程中

收稿日期:2021-02-20

基金项目:四川省教育厅川菜发展研究中心项目(CC20W04)

作者简介:董芝杰,男,江苏旅游职业学院烹饪科技学院副教授,主要从事烹饪专业教育、烹调工艺学研究、创新创业政策、文旅融合政策研究,E-mail:287845572@qq.com。

采用蒸馏水稀释的方式降低腌渍液浓度。

通过设定不同腌渍液浓度,将调配好的腌渍液均匀涂抹鱼体表面。同时调节电蒸箱体中的蒸汽温度,待预热至指定温度后,将完成腌制的鳊鱼转入设备中,记录蒸制时间,获得清蒸鳊鱼成品。

1.3.2 试验设计

1.3.2.1 腌渍液浓度单因素试验

鲜活鳊鱼洗净后,分别加入60%、70%、80%、90%、100%浓度的腌渍液,4℃环境下均匀腌制10 min,在腔体蒸汽温度为100℃条件下蒸制8 min,关掉设备后,余温“虚蒸”5 min后取出,进行感官品质分析。

1.3.2.2 腌制时间单因素试验

鲜活鳊鱼洗净后,在4℃环境下,利用100%浓度的腌渍液分别均匀腌制8、10、12、14、16 min,在腔体蒸汽温度为100℃条件下蒸制8 min,关掉设备后,余温“虚蒸”5 min后取出,进行感官品质分析。

1.3.2.3 设备腔体蒸汽温度单因素试验

鲜活鳊鱼洗净后,在4℃环境下,利用100%浓度的腌渍液均匀腌制10 min,分别在腔体蒸汽温度为90、95、100、105、110℃条件下蒸制8 min,关掉设备后,余温“虚蒸”5 min后取出,进行感官品质分析。

1.3.2.4 蒸制时间单因素试验

鲜活鳊鱼洗净后,在4℃环境下,利用100%浓度的腌渍液均匀腌制10 min,在腔体蒸汽温度为100℃条件下分别蒸制6、8、10、12、14 min,关掉设备后,余温“虚蒸”5 min后取出,进行感官品质分析。

1.3.2.5 响应面优化

参照中心组合试验设计法^[9],在单因素试验基础上,进行4因素3水平的响应面试验,设计方案见表1。

表1 响应面试验设计

设计水平	设计因素			
	A:腌渍液浓度/%	B:腌制时间/min	C:腔体蒸汽温度/℃	D:蒸制时间/min
-1	80	10	100	8
0	90	12	105	10
1	100	14	110	12

1.3.3 感官评价

参照王恒鹏等^[10]方法,制定清蒸鳊鱼的感官评分标准。感官评价人员均预先经过食品感官培训,男女各半,每组10人,共20人;品评过程模拟正常进餐环境、通气良好。评价过程代码由电脑随机编码,从质地、风味、多汁性、色泽等4个方面对蒸鱼样品逐一打分,具体评分标准见表2。

表2 感官评价标准

项目	品质要求	评分标准/分					权重因子
		很好	好	一般	差	很差	
质地	鱼肉细嫩,易嚼碎,易下咽	91~100	81~90	71~80	61~70	60以下	0.25
风味	鱼香味浓郁,滋味可口,无腥味	91~100	81~90	71~80	61~70	60以下	0.30
多汁性	咀嚼能产生丰富的汁液,能润泽口腔	91~100	81~90	71~80	61~70	60以下	0.25
色泽	鱼肉雪白细密,无杂色	91~100	81~90	71~80	61~70	60以下	0.20

1.3.4 电子鼻分析

参照董福凯等^[11]方法,略做修改。在室温环境中将蒸制后的鱼肉粉碎过筛,取5 g样品于50 mL烧杯中,保鲜膜密封后顶空集气30 min,采用电子鼻传感器(S1~S10)进行样品检测。检测时间60 s,数据采集时间60 s,进样速率300 mL/min,载气速率300 mL/min,每种样品检测3次。

1.3.5 数据处理

采用 Design - Expert 8.0.6 软件进行响应面

分析处理,采用 Origin 2018 软件进行作图与数据处理,采用 WinMuster 软件对挥发性风味数据进行电子鼻分析。

2 结果与分析

2.1 腌渍液浓度单因素试验

由图1可知,腌渍液浓度对清蒸鳊鱼的感官品质具有显著影响($P < 0.05$),当腌渍液浓度为90%时,清蒸鳊鱼的感官得分最高。腌渍液浓度

过低,不但难以除去鱼本身的腥味,而且不利于入味,因此 60% 的腌渍液浓度对应的感官得分最低。当腌渍液浓度为 100% 时,清蒸鳊鱼的感官得分出现下降,表明过高的腌渍液浓度对鱼的本味有一定的覆盖作用,从而影响蒸制后鳊鱼的主体风味。因此,合理控制腌渍液的浓度对提升清蒸鳊鱼的风味品质较为重要,腌渍液浓度以选择 90% 为宜。

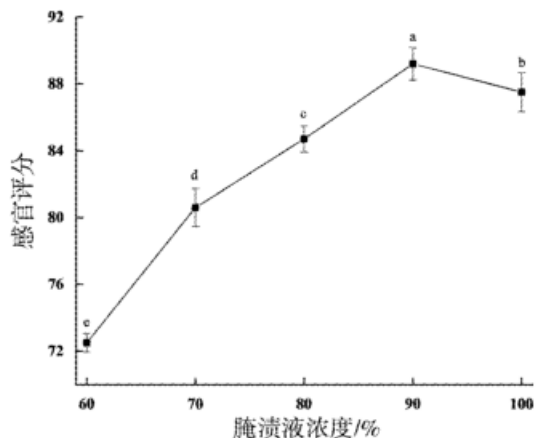


图1 腌渍液浓度对清蒸鳊鱼感官得分的影响

2.2 腌渍时间单因素试验

如图2所示,清蒸鳊鱼的感官得分随腌渍时间的延长呈先升后降趋势,腌渍 12 min 时的感官品质最佳,与其他各组差异显著($P < 0.05$)。较短时间腌渍的清蒸鳊鱼表现为香气不足、腥味突出,缺少咸鲜滋味。然而较长时间的腌渍会导致蒸制后的鳊鱼肉质偏硬,主要因为食盐的逐渐渗入会使鱼肉肌原纤维蛋白中的肌原纤维溶解并易形成凝胶^[12],使得清蒸鳊鱼的硬度增大,嫩度降低,失去细嫩口感。因此,合理控制腌渍时间对提升清蒸鳊鱼的细嫩口感与鲜美滋味较为重要,腌渍时间以选择 12 min 为宜。

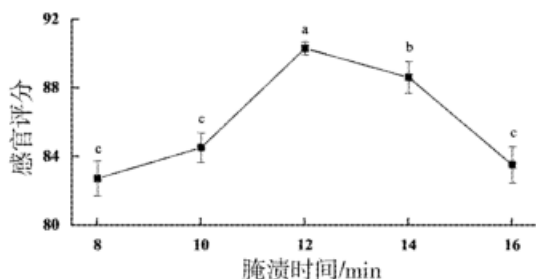


图2 腌渍时间对清蒸鳊鱼感官得分的影响

2.3 设备腔体蒸汽温度单因素试验

由图3可知,不同腔体蒸汽温度对清蒸鳊鱼

的感官品质具有显著影响($P < 0.05$),当腔体蒸汽温度为 105 °C 时,清蒸鳊鱼的感官得分最高,此时的鱼肉质地细嫩、形态完整、香气浓郁,具有较好的多汁性。当腔体蒸汽温度仅为 90 °C 时,清蒸鳊鱼的感官得分最低,主要因为较低的蒸汽温度促使鱼肉表面蛋白质变性,阻止蒸汽快速进入鱼肉内部,导致鱼肉成熟缓慢、腥味较重,仍存在部分血水,肌肉色泽微红。而较高的蒸汽温度更容易带走鱼肉中烯醛、烯醇等腥味物质^[13],并加速鱼肉肌原纤维蛋白的变性凝固,使成品富有弹性,且硬度适宜,同时释放出氨基酸、低分子肽和核苷酸等风味物质,利于鱼肉鲜美滋味的形成^[14]。但过高的蒸汽温度会造成鱼肉形态不完整,内部汁液流失等状况。因此,为提升蒸制后鳊鱼的品质,腔体蒸汽温度以选择 105 °C 为宜。

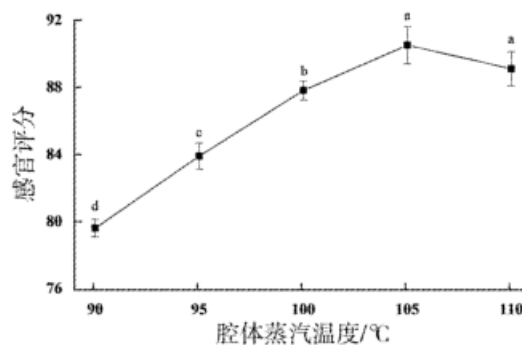


图3 腔体蒸汽温度对清蒸鳊鱼感官得分的影响

2.4 蒸制时间单因素试验

由图4可知,蒸制时间对清蒸鳊鱼的感官得分具有显著影响($P < 0.05$)。当蒸制时间为 10 min 时,清蒸鳊鱼的感官得分最高,此时鱼肉的嫩度、多汁性均达到最佳状态。较短时间的蒸制难以保证鱼肉的完全成熟,因此蒸制 6 min 的清蒸鳊鱼的感官评分最低。当蒸制时间继续延长,鱼肉的感官得分不断下降,可能与较长的加热时间使得鱼肉中的部分鲜味物质分解,从而导致风味下降有关^[15]。同时,长时间的加热会导致鱼肉质地过硬,内部水分流失较多,降低嫩度和多汁性,造成蒸制 10 min 后的清蒸鳊鱼的感官评分显著降低($P < 0.05$)。因此,为提升蒸制后鳊鱼的品质,蒸制时间以选择 10 min 为宜。

2.5 响应面优化

清蒸鳊鱼响应面试验的结果见表3、表4和表5。

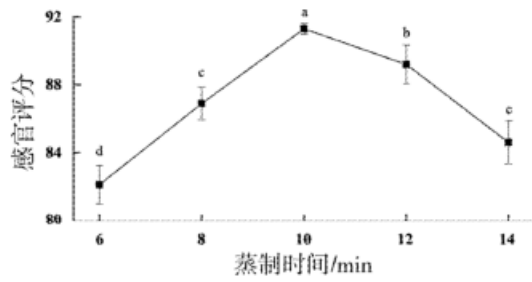


图4 蒸制时间对清蒸鳊鱼感官得分的影响

表3 响应面试验设计与结果

试验号	A/%	B/min	C/°C	D/min	Y:感官得分
1	0.00	0.00	1.00	-1.00	80.15
2	0.00	-1.00	1.00	0.00	83.22
3	-1.00	0.00	1.00	0.00	78.68
4	0.00	0.00	-1.00	-1.00	82.73
5	1.00	0.00	0.00	1.00	76.12
6	-1.00	0.00	0.00	1.00	75.05
7	1.00	0.00	0.00	-1.00	80.28
8	0.00	0.00	0.00	0.00	83.54
9	-1.00	0.00	-1.00	0.00	78.56
10	0.00	-1.00	0.00	-1.00	83.20
11	-1.00	1.00	0.00	0.00	80.31
12	-1.00	-1.00	0.00	0.00	83.35
13	0.00	-1.00	-1.00	0.00	82.76
14	-1.00	0.00	0.00	-1.00	78.34
15	0.00	0.00	-1.00	1.00	76.53
16	0.00	-1.00	0.00	1.00	80.56
17	1.00	0.00	1.00	0.00	76.37
18	0.00	0.00	0.00	0.00	84.26
19	0.00	0.00	0.00	0.00	83.72
20	1.00	0.00	-1.00	0.00	82.42
21	0.00	1.00	-1.00	0.00	78.30
22	0.00	1.00	1.00	0.00	74.15
23	0.00	1.00	0.00	1.00	74.40
24	0.00	0.00	0.00	0.00	84.18
25	0.00	0.00	1.00	1.00	75.16
26	0.00	1.00	0.00	-1.00	78.45
27	1.00	1.00	0.00	0.00	77.26
28	1.00	-1.00	0.00	0.00	86.24
29	0.00	0.00	0.00	0.00	86.50

综合单因素试验结果,采用响应面法优化清蒸鳊鱼的加工工艺,去除不显著的交互作用项,得到以感官得分(Y)为响应值,自变量为腌渍液浓度(A)、腌渍时间(B)、腔体蒸汽温度(C)、蒸制时间(D)的二元线性回归方程: $Y = 84.44 + 0.37A -$

$$3.04B - 1.13C - 2.11D - 1.49AB - 1.54AC - 2.37A^2 - 1.22B^2 - 2.87C^2 - 3.87D^2。$$

表4 响应面结果的二次回归分析

项目	平方和	自由度	均方	F值	P值	显著性
模型	345.50	14	24.68	14.82	<0.000 1	**
A/%	1.61	1	1.61	0.97	0.341 6	
B/min	110.78	1	110.78	66.54	<0.000 1	**
C/°C	15.35	1	15.35	9.22	0.008 9	**
D/min	53.47	1	53.47	32.11	<0.000 1	**
AB	8.82	1	8.82	5.30	0.037 2	*
AC	9.52	1	9.52	5.72	0.031 4	*
AD	0.19	1	0.19	0.11	0.741 0	
BC	5.31	1	5.31	3.19	0.095 7	
BD	0.50	1	0.50	0.30	0.593 4	
CD	0.37	1	0.37	0.22	0.646 4	
A ²	36.50	1	36.5	21.92	0.000 4	**
B ²	9.65	1	9.65	5.79	0.030 4	*
C ²	53.27	1	53.27	32.00	<0.000 1	**
D ²	97.31	1	97.31	58.45	<0.000 1	**
残差	23.31	14	1.66			
失拟项	17.64	10	1.76	1.24	0.450 2	
纯误差	5.67	4	1.42			
总变异	368.81	28				

*表示 $P < 0.05$; **表示 $P < 0.000 1$ 。

表5 二次模型的方差分析结果

指标	标准差	平均值	CV	模型预测值	R ²	R _{adj} ²
结果	1.29	80.17	1.61	110.45	0.936 8	0.873 6

由表4可知,建立的回归模型具有极显著相关性($P < 0.000 1$),其失拟项不显著($P > 0.05$),表明该模型成立,与实际情况拟合度较高,可用于电蒸箱制作的清蒸鳊鱼感官品质的预测。在设定的4个单因素中,影响清蒸鳊鱼感官得分的主次因素排序为腌渍时间(B)、蒸制时间(D)、腔体蒸汽温度(C)、腌渍液浓度(A),其中腌渍时间、腔体蒸汽温度、蒸制时间对试验结果均具有极显著影响($P < 0.01$)。

由表5可知,二次模型的方差分析结果显示方程的回归系数 $R^2 = 0.936 8$, $R_{adj}^2 = 0.873 6$,均大于0.8,进一步表明该模型与实际情况拟合度好,可解释响应值和各因素间的关系^[16-17]。

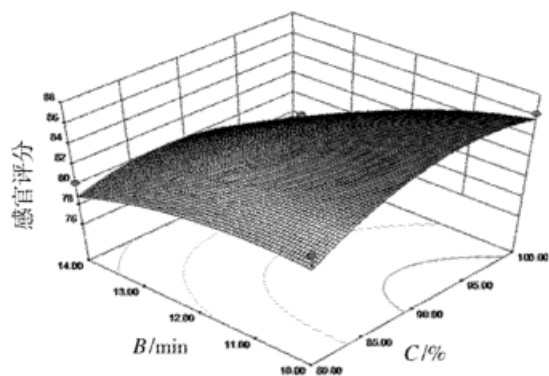


图5 腌渍液浓度和腌渍时间的交互作用对清蒸鳊鱼感官得分的影响

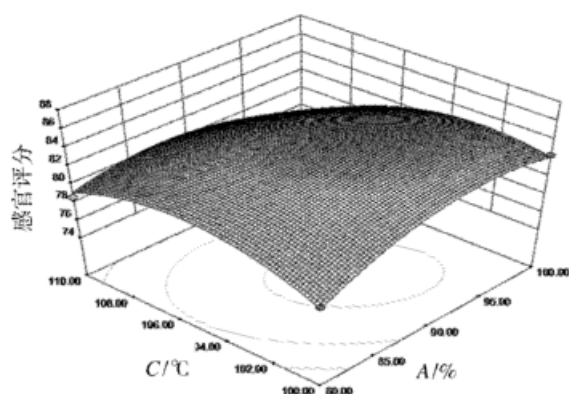


图6 腌渍液浓度和腔体蒸汽温度的交互作用对清蒸鳊鱼感官得分的影响

图5、6为显著交互作用因素的响应面图,直观显示产品的感官得分受渍液浓度的增加和腌渍时间的延长影响较大,总体呈先升后降趋势,表明过低的腌渍液浓度和较短的腌渍时间均不利于清蒸鳊鱼风味的形成。同时,腌渍液浓度和腔体蒸汽温度的交互作用引起的感官品质变化趋势与前者一致,符合单因素的结果。

由响应面结果分析可知,优化得到清蒸鳊鱼制作工艺为腌渍时间10 min、蒸制时间9.52 min、腔体蒸汽温度104.35℃、腌渍液浓度94.42%,此时感官得分为86.88。在检验响应面结果可行性的基础上进行工艺验证,结合生产实际,将电蒸箱的最佳参数调整为腌渍时间10 min、蒸制时间9.5 min、腔体蒸汽温度105℃、腌渍液浓度95%,在此条件下进行3次平行试验,得到清蒸鳊鱼感官品质的实际平均得分为85.78,与模型预测理论值接近。

2.6 电子鼻分析

为比较传统蒸制(笼屉足气蒸)和最佳工艺条件下的电蒸箱设备制作的鳊鱼产品的风味差

异,采用电子鼻进行鱼肉样品的检测。由图7可知,电子鼻可明显区分两者的挥发性风味成分,传感器对两种方式制作的清蒸鳊鱼风味具有不同的响应程度。其中对于S1(芳烃化合物)、S3(氮/芳香分子)、S5(烯烃/芳香族极性分子)、S7(含硫化物)、S8(乙醇以及部分芳香族化合物)、S9(芳烃化合物/含硫有机化合物)、S10(烷类和脂肪族),传感器对电蒸箱制作的清蒸鳊鱼响应值较大;而对于S2(氮氧化物)、S6(烷类),传感器对传统法制作的清蒸鳊鱼的响应值较大;对于S4(氢化物),传感器对两种样品的响应值并无明显差异。多项研究表明,烯烃/芳香族极性分子、醇类化合物、脂肪族化合物是鳊鱼的主体风味物质^[18-19],这几种风味化合物在电蒸箱制作的样品中的识别度更高。由此可知,电子鼻传感器阵列对厨电设备制作的清蒸鳊鱼产生的风味物质更加敏感,表明相比传统蒸制,电蒸箱制作的清蒸鳊鱼风味强度更佳,形成的风味品质更好。

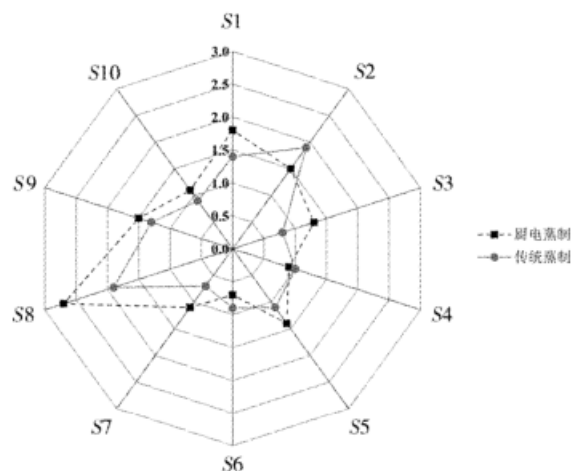


图7 家用厨电设备蒸制与传统蒸制鳊鱼的电子鼻雷达分析

3 结论

通过建立响应面回归分析模型,明确了清蒸鳊鱼的最佳制作工艺为腌渍时间10 min、蒸制时间9.5 min、腔体蒸汽温度105℃、腌渍液浓度95%,此条件下清蒸鳊鱼成品形态完整、肉质白嫩、香气浓郁、多汁性好,感官评价得分较高,该工艺参数均适合家庭与工业化清蒸鳊鱼的制作。同时,电子鼻分析结果显示电蒸箱制作清蒸鳊鱼风味品质更佳,并与传统蒸制方式有良好的区分度,可为后续厨电设备加工产品的风味优化与组配奠

定理论基础。

参考文献:

- [1] LIU Z, SU L. Studying the experience of developed countries to develop chinese food standardization [J]. China Standardization, 2009, 109(1): 20 - 24.
- [2] 严利强. 菜品标准化建设与海外中餐正宗化发展[J]. 四川旅游学院学报, 2018, 136(3): 14 - 18.
- [3] 朱东梅. 厨房电器的智能更强化体验感[J]. 现代家电, 2019, 428(8): 52 - 54.
- [4] 姜浩. 基于串口通信的智能烹饪软件系统研究[J]. 数字通信世界, 2019, 173(5): 80.
- [5] 缪凌鸿, 戈贤平, 刘波, 等. 三角鲂和长春鳊肌肉营养成分分析与品质评价[J]. 动物学杂志, 2013, 48(1): 87 - 94.
- [6] 黄静. 蒸汽温度对清蒸鲈鱼食用品质影响的研究[J]. 肉类工业, 2019, 457(5): 36 - 39.
- [7] 徐潇吟, 刘海英. 香鱼清蒸即食产品的加工工艺[J]. 食品与发酵工业, 2017, 43(4): 197 - 200.
- [8] 吴鹏, 王恒鹏, 王苏月, 等. 不同蒸制时间条件下鲈鱼片预制品品质比较[J]. 美食研究, 2017, 34(2): 57 - 60.
- [9] BOX G E P, HUNTER W G, HUNTER J S. Statistics for experiments: an introduction to design, data analysis and model building [M]. New York: Wiley, 1990: 9 - 11.
- [10] 王恒鹏, 孟祥忍, 南新月, 等. 不同压力下清蒸鳊鱼的品质研究[J]. 食品科技, 2015, 40(8): 128 - 132.
- [11] 董福凯, 周秀丽, 查恩辉. 电子鼻在掺假牛肉卷识别中的应用[J]. 食品工业科技, 2018, 39(4): 219 - 221.
- [12] 贺习耀, 曾习. 创新烹调方法对清蒸武昌鱼风味品质影响的研究[J]. 中国调味品, 2016, 41(4): 100 - 103.
- [13] 李艳. 膨化草鱼片脱腥脱水工艺及保藏品质研究[D]. 无锡: 江南大学, 2010.
- [14] 荣建华. 冷冻和热加工对脆肉鲩肌肉特性的影响及其机制[D]. 武汉: 华中农业大学, 2015.
- [15] 沈晖. 不同蒸制条件对鲈鱼肉挥发性风味化合物的影响[J]. 美食研究, 2019, 36(2): 33 - 37.
- [16] LAOHAKUNJIT N, SELAMASSAKUI O, KERDCHO-ECHUEN O. Seafood-like flavour obtained from the enzymatic hydrolysis of the protein by-products of seaweed (*Gracilaria* sp.) [J]. Food Chemistry, 2014, 158(9): 162 - 170.
- [17] 刘海梅, 陈静, 安孝宇, 等. 牡蛎酶解工艺参数优化及其产物分析与评价[J]. 食品科学, 2017, 38(14): 240 - 244.
- [18] 蔡丹丹. 我国主要淡水养殖鱼肉的风味指纹图谱初探[D]. 上海: 上海海洋大学, 2019.
- [19] 方兵, 汪之和, 施文正. 漂洗次数对鳊鱼鱼糜风味物质的影响[J]. 食品工业科技, 2018, 39(1): 11 - 16.

Optimization and flavor intensity analysis of steamed *Parabramis pekinensis*

DONG Zhijie

(Culinary Division, Jiangsu College of Tourism, Yangzhou, Jiangsu 225127, China)

Abstract: In order to explore the optimal process parameters of steamed *Parabramis pekinensis* for family electric steamer, on the basis of single factor experiments, the quadratic regression equation of sensory quality was established by response surface methodology. The electronic nose analysis for parameter verification was combined. The results showed that the extent of factors affecting the sensory quality of steamed *P. pekinensis* were curing time > steaming time > chamber temperature > concentration of pickling liquid. The steamed *P. pekinensis* with better sensory properties were verified at the actual parameters as curing time of 10 min, steaming time of 9.5 min, 105 °C of chamber temperature and 95% of pickle concentration. Compared with traditional steaming, the electric steamer could give better flavor intensity and quality to steamed *P. pekinensis*.

Key words: family electric steamer; steamed *Parabramis pekinensis*; response surface methodology; electronic nose; flavor intensity

(责任编辑:赵 勇)