

真空低温烹饪鲤鱼工艺优化及其品质

康晓风^{1,2}, 黎家奇^{1,2}, 闫寒¹, 崔震昆¹, 梁新红¹, 莫海珍^{2*}

1. 河南科技学院食品学院(新乡 453003); 2. 贺州学院食品与生物工程学院(贺州 542899)

摘要 真空低温烹饪是一种绿色、营养、便捷和安全的新型加工方法。以鲤鱼为原料,采用真空低温烹饪技术,通过单因素试验考察不同腌制时间、烹饪温度、烹饪时间3个工艺参数对真空低温烹饪鲤鱼感官评分值的影响,并利用响应面分析方法,优化试验后确定真空低温烹饪鲤鱼最佳工艺为:腌制时间56.5 min、烹饪温度71.5 °C、烹饪时间10.5 min。在此条件下,真空低温烹饪鲤鱼的感官指标,理化指标(TVB-N和TBA),微生物指标均符合规定且优于常规蒸煮鲤鱼。

关键词 真空低温烹饪; 鲤鱼; 加工工艺; 响应面法; 品质测定

Process Optimization and Quality of Sous-vide Cooking Carp

KANG Xiaofeng^{1,2}, LI Jiaqi^{1,2}, YAN Han¹, CUI Zhenkun¹, LIANG Xinhong¹, MO Haizhen^{2*}

1. School of Food Science, Henan Institute of Science and Technology (Xinxiang 453003);

2. School of Food Science and Biotechnology, Hezhou University (Hezhou 542899)

Abstract Sous-vide cooking is a new processing method which is green, nutritious, convenient and safe. With the fresh carp as raw material, by using sous-vide cooking techniques, through the single factor experiment and sensory evaluation, effects of the three key process parameters of curing time, cooking temperature, cooking time on the production of sous-vide cooking carp were studied. The optimum processing condition was determined by the response surface analysis method as follows: the curing time 56.5 min, the cooking temperature 71.5 °C, and the cooking time 10.5 min. Under this condition, sensory indicators, physical and chemical indicators (TVB-N and TBA) and microbial indicators of sous-vide cooking carp all met the requirements and were superior to conventional cooking carp.

Keywords sous-vide cooking; carp; processing technology; response surface method; quality determination

鲤鱼(*Cyprinus carpio*)俗称鲤拐子、毛子等,隶属于鲤科,其适应性强,耐寒、耐碱、耐缺氧,是淡水鱼类中品种最多、分布最广、养殖历史最悠久、产量最高者之一。鲤鱼的营养成分丰富,蛋白质含量高且品质佳,人体消化吸收率可达96%,并能供给人体必需的氨基酸、矿物质、维生素A和维生素D^[1];鲤鱼的钾含量较高,可防治低钾血症,增加肌肉强度;鲤鱼的脂肪多为不饱和脂肪酸^[2],能很好地降低胆固醇,可以防治动脉硬化、冠心病。因此,多吃鲤鱼可以促进人体健康^[3]。鲤鱼常见的烹饪方法有高温蒸煮、高温炖煮、油炸和烘烤等,而对鲤鱼进行真空低温烹饪的研究仍鲜见报道。

在快节奏生活环境下,人们对方便、美味、健康又营养的即食食品的需求日益增加,并且鲤鱼烹调时存在去鳞、去内脏等操作困难问题,表明需要快速转变鲤鱼加工方式。在此形势下,真空低温烹饪技术作为一种温和的烹饪方法,相较于传统加工方式,可最大程度地保留食品的营养品质和延长货架期^[4];真空低温烹饪技术对烹饪温度和时间精确控制,可以保证每次烹饪的结果一致,重现性近乎完美^[5-6],这是传统烹饪方法不可企及的;同时真空低温烹饪技术操作

简单,不需要聘用专业人员,可降低人力成本,这是真空低温烹饪鲤鱼的工业化生产的优势。因此真空低温烹饪鲤鱼作为一种绿色、便捷、营养、健康的新产品,会受到广泛关注,并拥有广阔市场前景。

通过使用真空低温烹饪技术,通过响应面分析方法优化真空低温烹饪鲤鱼的加工工艺,并以常规蒸煮鲤鱼为对照,对其感官、理化、微生物指标进行测定,以期为新产品的工业化生产提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 材料、设备与仪器

鲜活鲤鱼(新乡本地普通鲤鱼,市售);食品真空包装袋(使用温度-20~121 °C,材料AP+CPP,深圳市品尚烹饪技术有限公司)。

A3.2-120V-US低温慢煮设备(美国亚马逊公司);TMS-Pr质构仪(美国FTC公司);pH计(深圳新迪峰科技有限公司);XZ-400真空封口机(上海祥正机械有限公司);PT100热电偶(山东淄川三峰社会福利硅碳棒厂);AD200S-H分散匀浆机(杭州现代仪器仪表有限公司);J-HH-6A数显式恒温水浴锅(上海胜卫电子科技有限公司);UV1800分光光

*通信作者;基金项目:河南省大宗淡水鱼产业技术体系项目(项目号:S2014-10-G2)

度计(上海奥析科学仪器有限公司);DF-101S磁力加热搅拌器(苏州威尔实验用品有限公司)。

1.2 试验方法

1.2.1 真空低温烹饪鲤鱼的工艺流程

鲤鱼原料→预处理(去鱼头去内脏、去骨)→鱼肉切块 65 ± 5 g(长8 cm、宽4 cm、厚2 cm)→腌制(3%盐水)→装袋后进行真空包装→低温慢煮→快速冷却(冰水比例1:1)→食用或置于冰箱里冷藏(4℃)

1.2.2 单因素试验

探究腌制时间对真空低温烹饪鲤鱼感官评分的影响。设置25, 30, 35, 40和45 min 5个不同腌制时间梯度进行单因素试验。由绘制的图线变化得出腌制时间对感官评分的影响,得到最佳腌制时间。

探究烹饪温度对真空低温烹饪鲤鱼感官评分的影响。在最佳腌制时间的基础上,设置60, 65, 70, 75和80℃5个不同的烹饪温度水平进行单因素试验。由绘制的图线变化得出烹饪温度对感官评分的影响,得到最佳烹饪温度。

探究烹饪时间对真空低温烹饪鲤鱼感官评分的影响。在最佳腌制时间、最佳烹饪温度基础上,设置6, 8, 10, 12和14 min 5个不同的烹饪时间水平进行单因素试验。由绘制的图线变化得出烹饪时间对感官评分的影响,得到最佳的烹饪时间。

1.2.3 响应面法优化试验

按照Box-Behnken设计法,根据单因素试验结果确定中心组合试验水平,以腌制时间(X_1)、烹饪温度(X_2)和烹饪时间(X_3)为考察条件,以感官评分为响应值,通过数据分析获得优化组合。试验设计如表1所示。

表1 中心组合设计各因素及其水平

因素	代码	编码水平		
		-1	0	1
腌制时间/min	X_1	30	40	50
温度/℃	X_2	60	70	80
时间/min	X_3	5	10	15

1.3 品质指标测定

以常规蒸煮鲤鱼(3%盐水腌制56.5 min, 100℃、6 min)为对照,观察通过响应面优化得到的真空低温烹饪鲤鱼(3%盐水腌制56.5 min, 71.5℃、10.5 min)的品质变化。

1.3.1 感官评分

参考GB 2726—2016《食品安全国家标准熟肉制品》,从色泽、气味、味道和形态4个方面对烹饪过的鲤鱼肉进行感官评定,满分以100分计。选择10人成立固定的评定小组,在清洁卫生、无异味、光照和通风良好的实验室室温条件下,评定小组成员参照表2进行感官评分。

表2 鲤鱼的感官评分标准

项目	好(18~25分)	一般(9~17分)	差(0~8分)
色泽(25分)	色泽正常,白里透红,表面有光泽,色泽均匀	色泽较浅或者较深,表面无光泽	色泽不均匀,偏黄
气味(25分)	无明显腥味、有明显鱼肉的鲜味	有淡淡的腥味和异味、有鱼肉的鲜味	腥味和异味浓郁、无鱼肉的鲜味
味道(25分)	口感好入口滑嫩细腻、有弹性无异味	口感较好、表皮稍硬、有腥味出现	口感较差、表皮硬且腥味异味明显
形态(25分)	形状完整,组织紧凑,切面坚实	形状不完整,切面不齐,有裂痕	组织松散,边缘呈卷曲状态

1.3.2 烹饪损失率

参考Espinosa等^[7]的试验方法。分别称取处理前后的鲤鱼肉的质量,按照式(1)进行计算。

$$\text{烹饪损失率} = (m_1 - m_2) / m_1 \times 100\% \quad (1)$$

式中: m_1 为新鲜鲤鱼沥干水后的质量,g; m_2 为烹饪处理后的质量,g。

1.3.3 挥发性盐基氮(TVB-N)的测定

参考GB 5009.228—2016《食品中挥发性盐基氮的测定》中的方法进行测定。

1.3.4 硫代巴比妥酸(TBA)的测定

参照Salih等^[8]方法并作适当修改。准确称取20 g的鲤鱼肉于100 mL烧杯中,加入25 mL 20%三氯乙酸和15 mL蒸馏水,使用均质机打成匀浆,静置1 h。以3 000 r/min离心10 min,取上清液使用滤纸过滤,然后用蒸馏水定容至50 mL。取滤液6 mL于比色管中,加TBA溶液6 mL,盖塞摇匀,95℃水浴加热30 min,用流动水冷却后,在532 nm处测吸光度。以蒸馏水替代样品滤液为空白样。重复试验3次。

$$\text{丙二醛含量} = C \times 20 / (m \times 5) \quad (2)$$

式中: C 为丙二醛微克数, μg ; m 为样品质量,g。

1.3.5 菌落总数的测定

参考GB 4789.2—2016《食品安全国家标准食品微生物学检验菌落总数测定》中的方法进行测定。

1.4 数据处理

采用Microsoft Excel软件对试验数据进行处理。以Design Expert 8.0.6进行响应面设计及响应面结果的数据处理分析。

2 结果与讨论

2.1 单因素试验结果分析

从图1可以看出,随着腌制时间延长,真空低温烹饪鲤鱼感官评分逐渐升高,腌制时间40 min以后,随着腌制时间增加,鲤鱼肉感官评分基本保持不变。这是由于随着腌制时间延长,鱼肉由无味变得有咸味,更符合感官需要,腌制时间40 min以后,随着时间延长,感官评分几乎不变,说明鱼肉入味均匀。故选择腌制时间40 min为试验水平。

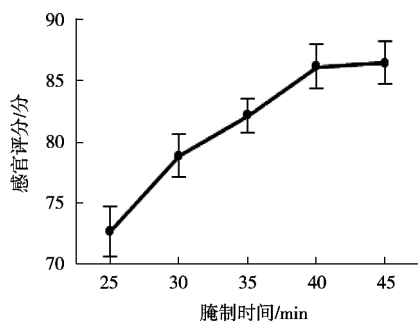


图1 不同腌制时间对真空低温烹饪鲤鱼感官评分的影响

从图2可以看出,随着烹饪温度升高,真空低温烹饪鲤鱼感官评分先升高后下降,且在70℃时鲤鱼肉感观评分达到最高。烹饪温度70℃时,鱼肉色泽和口感最佳,随着烹饪温度继续上升,鱼肉色泽开始出现不均匀且嫩度变差的情况。故选择烹饪温度70℃为试验水平。

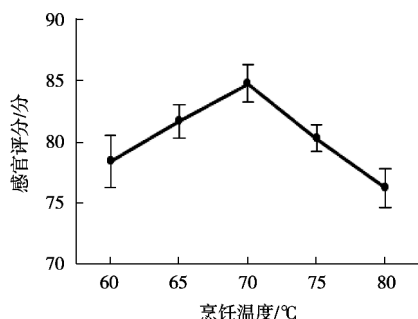


图2 不同烹饪温度对真空低温烹饪鲤鱼感官评分的影响

从图3结果中可以看出,随着烹饪时间延长,真空低温烹饪鲤鱼感官评分先升高后下降,且在10 min时鲤鱼肉的感观评分达到最高。这是因为烹饪时间10 min时,鱼肉形态完整,组织紧凑且口感最佳,随着烹饪时间继续延长,鱼肉的组织开始变得疏松。故选择烹饪时间10 min为试验水平。

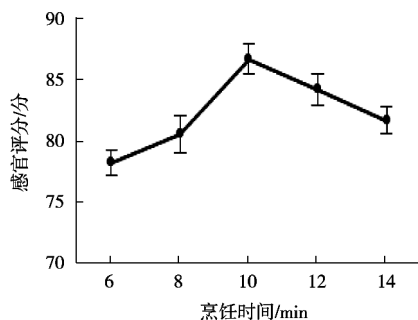


图3 不同烹饪时间对真空低温烹饪鲤鱼感官评分的影响

2.2 响应面法优化真空低温烹饪鲤鱼的试验结果分析
2.2.1 响应面法优化真空低温烹饪鲤鱼的试验设计结果分析

真空低温烹饪鲤鱼的中心组合试验设计与结果如表3所示,利用Design Expert 8.0.6对响应面设计及响应面结果进行回归拟合,得到回归方程为:感官评分=85.40+1.38A+1.63B+0.50C+0.50AB+0.25AC+0.25BC-0.45A²-7.95B²-4.20C²。

表3 中心组合试验设计与结果

编号	变量			感官评分/分
	X ₁	X ₂	X ₃	
1	0	0	0	86
2	1	0	1	83
3	1	-1	0	76
4	-1	1	0	77
5	1	0	-1	81
6	0	-1	-1	72
7	-1	0	-1	79
8	0	1	-1	74
9	0	0	0	84
10	0	0	0	85
11	0	1	1	75
12	1	1	0	81
13	-1	0	1	80
14	0	0	0	86
15	0	0	0	86
16	-1	-1	0	74
17	0	-1	1	72

通过分析回归方程系数可知^[9],各个因素影响真空低温烹饪鲤鱼感官评分的主次顺序为:烹饪温度>腌制时间>烹饪时间。对回归方程进行方差分析,结果如表4所示。

表4 响应面二次多项模型及各项的方差分析表

方差来源	平方和	自由度	均方	F值	p值	显著性
模型	401.29	9	44.59	63.05	<0.000 1	***
A腌制时间	15.13	1	15.13	0.014	0.002 4	***
B烹饪温度	21.13	1	21.13	29.87	0.000 9	***
C烹饪时间	2.00	1	2.00	2.83	0.136 5	
AB	1.00	1	1.00	1.41	0.273 1	
AC	0.25	1	0.25	0.35	0.570 8	
BC	0.25	1	0.25	0.35	0.570 8	
A ²	0.85	1	0.85	1.21	0.308 5	
B ²	266.12	1	266.12	376.33	<0.000 1	***
C ²	74.27	1	74.27	105.03	<0.000 1	***
残差	4.95	7	0.71			
失拟项	1.75	3	0.58	0.73	0.586 0	
纯误差	3.20	4	1.6			
总误差	406.24	16				

注: R²=0.987 8, R²_{adj}=0.972 1; ***为差异极显著, p<0.01

结果表明,试验模型F=63.05, p<0.000 1,模型极显著(p<0.01),即不同处理组间的差异极显著,表明试验方案可靠。模型失拟项的F=0.73, p=0.586 0>0.05,说明模型的残差可能由随机误差产生^[10-11]。函数的相关系数R²=0.987 8, R²越接近1说明误差的影响越小^[12-13]。校正系数R²=0.972 1,即97.21%的响应值变化可以用此模型来表示。数据均表明回归方程的拟合度良好,能较准确预测相应值与A、B、C之间关

系,可用于确定最优的真空低温烹饪鲤鱼的试验条件。

2.2.2 响应面结果分析

从表4结果中可以看出,模型一次项A、B和模型二次项 B^2 、 C^2 的差异极显著($p < 0.001$),交互项AB、AC、BC的差异均不显著,由此可见各因素对响应值(感官评分)的影响是线性关系,不存在交互作用。为进一步确定各因素的最优水平,固定一个因素,得到另外两个因素的交互作用对响应值的子模型^[14]。由模型得到二维等高线图及三维响应面图,由图4(a~c)所示,可以更直观看到各因素对响应值的影响。其中,等高线图的形状可以反映两因素间交互作用的强弱,圆形说明交互作用较弱,椭圆说明交互作用显著^[15]。图4(a)的等高线可以直观看出烹饪温度与烹饪时间无交互作用。图4(a)曲面陡峭,线密度大,故A、B对响应值影响都显著,但不存在交互作用($p = 0.2731 > 0.05$)。图4(b)曲面与图4(a)相比较平缓,且等高线密度小于图4(a),说明AC对响应值的影响小于AB。图4(c)曲面与图4(b)相比较陡,且等高线密度也小于AB,说明BC对响应值的影响也小于AB,与表4结果一致。各响应曲面最高点对应等高线的中心点。

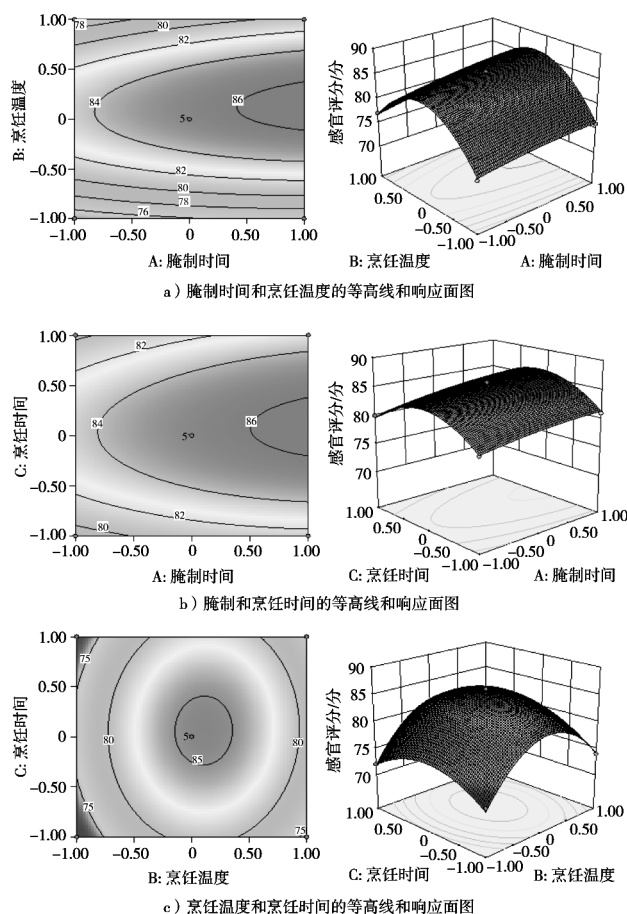


图4 因素交互作用对真空低温烹饪鲤鱼感官评分的影响

2.2.3 验证试验

通过Design Expert 8.0.6软件对经手动优化后的回归方程求解,在试验的因素水平范围内预测最佳真空低温烹饪鲤鱼的加工工艺条件为:腌制时间56.44 min、烹饪温度71.55 °C、烹饪时间10.56 min。此时产品感官评分86.69分。将最佳条件修正^[16]为:腌制时间56.5 min、烹饪温度71.5 °C、烹饪时间10.5 min。在此条件下,进行3次验证性试验,感官评分平均值为85.23分,与理论预测值基本吻合,证明采用响应面分析法优化得到的工艺条件参数准确可靠,具有实用价值。

2.3 品质指标测定的结果分析

2.3.1 常规蒸煮与真空烹饪对鲤鱼色香味形的评分结果

图5是2种烹饪方式下鲤鱼肉的感官评定结果。真空低温烹饪的鲤鱼色泽均匀,表面光亮,肉质细腻,组织紧凑,形状比较完整。而常规蒸煮的鲤鱼肉色较暗且无光泽,边缘区域呈卷曲状态,部分组织绽裂,形状不完整。两种烹饪方式下鲤鱼肉的香味大致相同。整体来看,真空低温烹饪的鲤鱼总体可接受度更高。

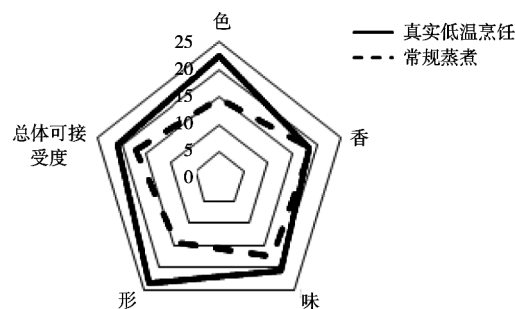


图5 不同烹饪方式下鲤鱼肉的感官评定结果

2.3.2 烹饪损失率的结果分析

由表5可以看出,真空低温烹饪鲤鱼肉的烹饪损失率明显低于常规蒸煮鲤鱼肉,这主要是因为高温蒸煮的过程中,鲤鱼肉中的水分吸收大量热能后会以沸腾形式迅速汽化,使鱼肉失水^[17];而真空低温烹饪则能较好的保留鱼肉中水分,使其持水性能增加。

表5 不同烹饪方式下鲤鱼肉的烹饪损失率

烹饪方式	烹饪损失率/%
常规蒸煮	11.85 ± 0.41
真空低温烹饪	8.42 ± 0.99

2.3.3 挥发性盐基氮(TVB-N)的测定

由表6结果可以看出,2种烹饪方式的鲤鱼肉TVB-N值(≤ 20 mg/100 g)都在安全范围内,且常规蒸煮鲤鱼肉的TVB-N值高于真空烹饪,这可能是由于常规蒸煮的温度更高,导致挥发性盐基氮含量高于真空烹饪鲤鱼,与张金彪等^[18]研究发现同一种鱼类的

TVB-N含量随温度升高而增大的结果一致。

表6 不同烹饪方式下鲤鱼的TVB-N值

烹饪方式	TVB-N值/(mg · 100 g ⁻¹)
常规蒸煮	7.53 ± 0.20
真空低温烹饪	6.51 ± 0.33

2.3.4 硫代巴比妥酸(TBA)的测定

肉类食品中脂肪氧化通常采用硫代巴比妥酸实验法(TBA值法)进行评价,脂肪的氧化产物丙二醛是反映肉类制品中氧化变质程度的直接指标,也是反映肉类食品安全性的一个重要指标^[19-20]。从表7结果可以看出,常规蒸煮的鲤鱼TBA数值大于真空烹饪,这可能是因为常规蒸煮的鲤鱼温度过高,与空气中的氧气结合快,故脂肪氧化速率增大,脂肪氧化产物多。真空烹调的鲤鱼经真空包装后隔绝氧气,脂肪氧化速率减小。

表7 不同烹饪方式下鲤鱼的TBA值

烹饪方式	TBA值/(mg · kg ⁻¹)
常规蒸煮	0.071 ± 0.001 1
真空低温烹饪	0.034 ± 0.000 7

2.3.5 菌落总数的测定

菌落总数测定是用来判定食品被细菌污染的程度及卫生质量,且菌落总数的多少在一定程度上标志着食品卫生品质的优劣。从表8数据可以看出,2种烹饪方式下鲤鱼的菌落总数都符合食品安全国家标准熟肉制品($\leq 10^4$ CFU/g),且真空低温烹饪鲤鱼的菌落总数低于常规蒸煮鲤鱼。

表8 不同烹饪方式下鲤鱼的菌落总数

烹饪方式	菌落总数/(log CFU · g ⁻¹)
常规蒸煮	2.34 ± 0.05
真空低温烹饪	1.76 ± 0.13

3 结论

通过单因素试验确定腌制时间、烹饪温度、烹饪时间烹饪鲤鱼的最佳组合分别为40 min、70 °C和10 min。采用响应面分析方法优化试验后,得到各因素影响真空低温烹饪鲤鱼感官评分的主次顺序为:烹饪温度>腌制时间>烹饪时间。最终确定真空低温烹饪鲤鱼的最佳工艺为:腌制时间56.5 min、烹饪温度71.5 °C、烹饪时间10.5 min。在此条件下,与常规蒸煮鲤鱼相比,真空低温烹饪鲤鱼的烹饪损失率更低,同时其感官指标,理化指标(TVB-N和TBA),微生物指标均符合国家食品安全标准。试验可为鲤鱼的加工提供新的烹饪方法及理论依据。

参考文献:

- [1] 华萍. 鲤鱼肉脯的生产工艺[J]. 江西食品工业, 2011(4): 27-28.
- [2] 金日天. 鲤鱼脱腥技术及其鱼丸制备的研究[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2018: 1.

- [3] 郑皎皎. 鲤鱼肌肉热加工过程中品质变化的研究[D]. 大连: 大连工业大学, 2014: 11-12.
- [4] 张凯华, 臧明伍, 李丹, 等. 真空低温蒸煮技术在动物源性食品中的应用进展[J]. 肉类研究, 2016, 30(12): 35-40.
- [5] MYHRVOLD N. Modernist cuisine: The art and science of cooking[J]. Cooking Lab, 2011, 471(7340): 574-575.
- [6] BALDWIN, DOUGLAS E. Sous vide cooking: A review[J]. International Journal of Gastronomy and Food Science, 2012, 1(1): 15-30.
- [7] ESPINOSA M C, LÓPEZ G, DÍAZ P, et al. Development of a convenience and safety chilled sous vide fish dish: Diversification of aquacultural products[J]. Food Science and Technology International, 2016, 22(3): 185.
- [8] SALIH A M, SMITH D M, PRICE J F, et al. Modified extraction 2-thiobarbituric acid method for measuring lipid oxidation in poultry[J]. Poultry Science, 1987, 66(9): 1483-1488.
- [9] 姜云北, 陶乐仁, 梅娜. 响应面法优化软冷冻肉复合保鲜剂的研究[J]. 食品与发酵科技, 2016, 52(1): 11-15.
- [10] 范光森, 朱思槌, 段盛林, 等. 基于响应面的零热量果冻粉配方优化[J]. 食品工业科技, 2016, 37(2): 296-300, 306.
- [11] 曹辰辰, 冯美琴, 孙健, 等. 响应面法优化益生发酵剂接种发酵香肠工艺[J]. 食品科学, 2019, 40(6): 69-76.
- [12] NAQASH S Y, NAZEER R A. Optimization of enzymatic hydrolysis conditions for the production of antioxidant peptides from muscles of *Nemipterus japonicus* and *Exocoetus volitans* using response surface methodology[J]. Amino Acids, 2012, 43(1): 337-345.
- [13] YOU L, REGENSTEIN J M, LIU R H. Optimization of hydrolysis conditions for the production of antioxidant peptides from fish gelatin using response surface methodology[J]. Journal of Food Science, 2010, 75(6): 582-587.
- [14] 王玮琼, 熊光权, 鄒晓艳. 响应面法优化鲈鱼鱼松加工工艺[J]. 湖北农业科学, 2017, 56(4): 716-721.
- [15] 丁立军, 王喜明, 郝一男, 等. 文冠果种仁一步法制取生物柴油的工艺优化[J]. 农业工程学报, 2013, 29(6): 202-208.
- [16] 李珈骥. 响应面法优化沙棘枸杞复合运动饮料配方[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(7): 1994-2000.
- [17] 彭景. 烹饪营养学[M]. 北京: 中国纺织出版社, 2008: 198.
- [18] 张金彪, 杨筱珍, 范朋. 两种常见海水鱼高温贮存过程中挥发性盐基氮和生物胺含量变化[J]. 水生生物学报, 2012, 36(2): 284-290.
- [19] 瞿执谦. 用改进的 α -硫代巴比妥酸(TBA)值法来测定肉类食品中脂肪的氧化[J]. 肉类工业, 1995(4): 24-25.
- [20] 吴旭增, 刘世杰, 江泉观. 用硫代巴比妥酸法测定脂质过氧化物条件的探讨[J]. 铁路节能环保与安全卫生, 1984(2): 50-53.