

鱼肉调理制品配方优化及贮藏品质研究

郭星月¹, 窦高乐¹, 艾有伟^{1,2}, 侯温甫^{1,2*}

(1. 武汉轻工大学食品科学与工程学院, 武汉 430023; 2. 湖北省生鲜食品工程技术研究中心, 武汉 430023)

摘 要: 目的 开发草鱼调理制品最佳麻辣配方并研究其贮藏品质。**方法** 以草鱼为主要原料, 感官评价为主要判别依据, 通过单因素和正交试验优化原味配方(料酒、姜粉、食盐、味精和白砂糖)的添加量, 再利用单因素和正交试验优化麻辣调味料(花椒、辣椒和胡椒)的添加量, 最后对产品在不同贮藏条件下的贮藏品质变化情况进行研究。**结果** 产品最佳原味配方为料酒 1.6%, 姜粉 0.2%, 食盐 1.5%, 味精 1.0%, 白砂糖 2.0%; 3 种麻辣调味料的最适添加量为花椒 0.3%, 辣椒 0.4%, 胡椒 0.3%; 鱼肉调理制品在-18℃冻藏条件下品质保持良好, 货架期至少可保持 2 个月, 添加聚赖氨酸后产品的品质得到了更好地保持。**结论** 本配方鱼肉调理制品麻辣鲜香且货架期长, 为鱼肉调理制品的开发和贮藏保鲜提供了参考。

关键词: 草鱼; 调理制品; 正交试验; 保鲜

Study on optimization of fish meat conditioning product formula and storage quality

GUO Xing-Yue¹, DOU Gao-Le¹, AI You-Wei^{1,2}, HOU Wen-Fu^{1,2*}

(1. College of Food Science and Engineering, Wuhan Polytechnic University, Wuhan 430023, China; 2. Fresh Food Engineering and Technology Research Center of Hubei Province, Wuhan 430023, China)

ABSTRACT: Objective To develop the best spicy recipe for grass carp conditioning products and research the storage quality. **Methods** With grass carp as the main raw material and sensory evaluation as the main discrimination basis, the original flavor formula (cooking wine, ginger powder, salt, monosodium glutamate and white granulated sugar) and the spicy seasoning (Chinese prickly ash, chilli and pepper) was optimized by single factor and orthogonal test. Finally, the change of storage quality of the product at -18 °C was studied. **Results** The best original flavor formula of the product was 1.6% of cooking wine, 0.2% of ginger powder, 1.5% of salt, 1.0% of monosodium glutamate, 2.0% of sugar. The optimal addition amount of 3 kinds of spicy seasoning was 0.3% of sichuan peppercorns, 0.4% of chili peppers and 0.3% of pepper. The quality of fish-conditioned products was maintained at -18°C, and the shelf life could be maintained for at least 2 months. The quality of the product was better maintained after the addition of polylysine. **Conclusion** The fish conditioning products of this formula are spicy and fragrant and have a long shelf life, which provides a reference for the development and storage of fish conditioning products.

KEY WORDS: grass carp; conditioning products; orthogonal experiment; keep fresh

基金项目: 湖北省高等学校优秀中青年科技创新团队计划项目(T201809)

Fund: Supported by Hubei University Excellent Young and Middle-Aged Science and Technology Innovation Team Project (T201809)

*通讯作者: 侯温甫, 博士, 副教授, 主要研究方向为生鲜畜禽产品质量控制与安全。E-mail: hwf407@163.com

*Corresponding author: HOU Wen-Fu, Ph.D, Associate Professor, College of Food Science and Engineering, Wuhan Polytechnic University, Wuhan 430023, China. E-mail: hwf407@163.com

1 引言

随着社会经济的发展,人们的消费观念逐渐向安全卫生和多样化的方向发展,调理食品应运而生。调理食品主要是指以农、畜、禽、水产品为主要加工原料,经过适当处理后,可以在常温、冷藏、冷冻等条件下进行运输、销售和贮藏,并且可以直接食用或者经过简单加工后即可食用的食品^[1-3]。调理水产品作为调理食品中的一种,目前市场上销售调理水产品按加工方式主要分为:冷冻制品、鱼糜制品、罐制品、熏制品、腌制品等。因其富含高营养价值且健康方便,受到消费者的喜爱^[4,5]。

我国是水产加工大国,渔业资源十分丰富。由于鱼肉内源酶和微生物的活动,鲜鱼非常容易腐败^[6]。因此,将鱼肉深加工成鱼糜制品在满足人们营养健康需求的同时,也促进了中国现代农业产业化发展^[7-10]。草鱼是优质蛋白的良好来源,其体型较大、肉质嫩,含有丰富的蛋白质和氨基酸等营养物质^[11-13]。草鱼养殖量大且繁殖快,近年来在“四大家鱼”中产量位居第一^[14]。目前的草鱼制品类型单一,因此,开发新型的草鱼制品对于丰富草鱼产品种类,提高鱼肉产品的附加值以及提高我国草鱼产品的发展水平有着重要意义。

为了更好地保持鱼肉调理制品的品质,冻藏保鲜成为了一种重要手段。冻藏保鲜生成的冰晶可以破坏微生物细胞,延缓微生物的生长繁殖,并且在冻藏温度下鱼体内源酶活性受到抑制,减缓产品的腐败速率。为了使产品在低温冻藏过程中保持更好的鲜度,添加保鲜剂是常见的措施。 ϵ -聚赖氨酸(ϵ -polylysine, ϵ -PL)具有良好的水溶性和热稳定性,对大肠杆菌、假单胞菌以及芽孢菌均有良好的抑菌效果^[15],已广泛应用于方便米饭、海产品、鱼片和饼干等食品中。因此,在鱼肉调理制品中加入一定量的 ϵ -聚赖氨酸有望有效地抑制产品中微生物的生长繁殖,从而维持产品品质。

近年来有关于草鱼产品的配方研究较多,但针对鱼肉调理制品麻辣风味配方的研究有待丰富。由于花椒、胡椒和辣椒含有量高且气味独特的挥发性成分,如花椒中的链状不饱和脂肪酸酰胺类物质^[16],辣椒中的辣椒碱类物质^[17],胡椒中的单萜、倍半萜类物质等^[18],容易在感官评价过程中影响对其他调味料的评判,故本研究以新鲜草鱼为原料,在获得草鱼调理制品原味配方的基础上,进一步优化花椒、胡椒和辣椒的添加量以得到麻辣风味配方,并考察了冻藏期间鱼肉调理制品的品质变化,以为鱼肉调理制品的开发和贮藏保鲜提供参考。

2 材料与方法

2.1 主要材料

新鲜草鱼购于武商量贩常青花园店(产地:武汉市

洪湖区)。

谷氨酰胺转氨酶(transglutaminase, TG, 100 U/g, 泰兴市东圣生物科技有限公司);大豆分离蛋白(soybean protein isolate, SPI, 上海源叶生物科技有限公司);食盐(久大(应城)盐矿有限责任公司);料酒(北京二商王致和食品有限公司);白砂糖(厦门绿帝生态股份有限公司);味精(武汉市劲宝食品责任有限公司);姜粉、辣椒粉、胡椒粉、花椒粉(山东易鑫源食品有限公司); ϵ -聚赖氨酸(分析纯,浙江新银象生物工程有限公司)。

2.2 仪器与设备

CP214 电子天平(奥豪斯仪器有限公司);HH-S2 数显恒温水浴锅(金坛市医疗仪器厂);IMS-20 雪科制冰机(常熟市雪科电器有限公司);BXM-30R 立式压力蒸汽灭菌器、HRP-9082MBE 型电热恒温培养箱(上海博讯实业有限公司医疗设备厂);DHG-9140A 型电热恒温鼓风干燥箱(上海一恒科学仪器有限公司);DRP-9082 型电热恒温培养箱(上海森信公司);MIR-154 型低温培养箱(日本三洋公司);BC-220SE 海尔电冰柜(青岛海尔科技有限公司);DL-1 万用电炉(北京市永光明医疗仪器有限公司);SW-CJ-2FD 型双人单面净化工作台(苏州净化公司);HBM-400D 系列样品均质器(天津恒奥公司);XHF-D 高速分散器(宁波新芝生物科技公司);FHW-450 保鲜膜封接机(浙江江南实业有限公司)。

2.3 实验方法

2.3.1 工艺流程

制作工艺流程:

品质改良剂、调味料辅料

↓
新鲜草鱼→分割清洗→采肉绞碎→漂洗去腥→擂溃→凝胶成型→熟化

2.3.2 操作要点

(1)新鲜草鱼:挑选体重为 2.5 kg 左右鲜活草鱼。

(2)分割清洗:去除草鱼的鳞、头、尾和内脏后,用流动水洗去表面的黏液及腹腔内血污。

(3)采肉绞碎:先用刀切去腹部主刺,随后去除红肉部分,手工去除肌间刺,采得肉块置于绞肉机绞碎

(4)漂洗去腥:漂洗水量为碎鱼肉质量 5 倍,先用清水漂洗 20 s,再用 0.25%盐水冲洗 1 min,保持鱼肉温度在 4~6 °C。

(5)擂溃:沿顺时针方向擂溃鱼糜,先空擂 10 min。根据前期研究结果显示谷氨酰胺转氨酶的添加对鱼糜的凝胶强度等有显著影响^[19],此处加入品质改良剂(谷氨酰胺转氨酶 3.83%和大豆分离蛋白 3.20%)及调味料,继续擂溃 20 min,控制鱼糜温度在 4~9 °C。

(6)凝胶成型:先放 40 °C 水浴锅中加热 20 min,再

放入 90℃水浴锅加热 15 min, 取出后立即将其冷却。

(7)熟化: 将凝胶成型后的鱼肉制品放入微波炉中
中火加热 3~5 min。

2.3.3 鱼肉调理制品原味配方的优化

(1)鱼肉调理制品原味配方单因素试验

在恒定条件为食盐 1.0%、味精 1.0%、料酒 1.0%、
姜粉 0.2%、白砂糖 1.5%的基础上, 通过感官评分分别考
察食盐 (0.5%~2.5%)、味精 (0.5%~1.5%)、料酒
(0.8%~2.4%)、姜粉 (0.2%~1.0%)、白砂糖 (0.5%~2.5%)
添加量对鱼肉调理制品感官品质的影响。

(2)鱼肉调理制品原味配方正交试验

在单因素试验的基础上, 对食盐添加量(A)、味精
添加量(B)、料酒添加量(C)、姜粉添加量(D)、白砂糖
添加量(E)5 个参考因素进行了探讨, 每个因素取 3 个
水平, 考虑食盐、白砂糖和料酒 3 因素之间的交互作用,
选用 $L_{27}(3^{13})$ 正交试验表进行试验, 以感官评分为评估
依据, 对产品的原味配方进行优化, 试验因素水平见
表 1。

2.3.4 鱼肉调理制品麻辣风味配方的优化

获得原味配方的基础上, 针对麻辣风味的配方进
行进一步优化。

(1)鱼肉调理制品麻辣配方单因素实验设计

在恒定条件为胡椒 0.2%、花椒 0.3%、辣椒 0.3%的
基础上, 通过感官评分分别考察胡椒(0.1%~0.5%)、花椒
(0.1%~0.5%)、辣椒(0.3%~0.7%)添加量对鱼肉调理制品
感官品质的影响。

(2)鱼肉调理制品麻辣配方正交实验设计

在单因素试验的基础上, 选用 $L_9(3^4)$ 正交试验设计
表, 以感官评分为评价指标, 对花椒添加量(A)、胡椒添
加量(B)、辣椒添加量(C)3 个因素进一步进行试验, 试验
因素水平见表 2。

2.3.5 鱼肉调理制品感官评价标准

选择 8 名具有感官评定经验的同学, 对鱼块的滋
味、组织结构、气味和色泽进行感官评定, 取平均值作
为最终结果, 评定依据如表 3 所示。

2.3.6 鱼肉调理制品保鲜处理

将所得鱼肉调理制品分为两组, 其中一组浸泡在
0.5%聚赖氨酸溶液 3 min 后沥干, 未处理组作为空白对
照组, 置于-18℃下冻藏。在第 0、15、30、45、60d 取
样, 测其挥发性盐基氮值(total volatile basic nitrogen,
TVB-N)、硫代巴比妥酸值(thiobarbituric acid value,
TBA)、感官评价和菌落总数指标。

表 1 鱼肉调理制品原味配方正交试验因素和水平
Table 1 Factors and levels of orthogonal test for basic formula

水平/因素	食盐添加量(A/%)	味精添加量(B/%)	料酒添加量(C/%)	姜粉添加量(D/%)	白砂糖添加量(E/%)
1	1	0.75	0.8	0.2	1.5
2	1.5	1	1.2	0.4	2
3	2	1.25	1.6	0.6	2.5

表 2 鱼肉调理制品麻辣配方正交试验因素和水平
Table 2 Factors and levels of orthogonal test for basic formula

因素/水平	花椒添加量(A/%)	胡椒添加量(B/%)	辣椒添加量(C/%)
1	0.2	0.2	0.3
2	0.3	0.3	0.4
3	0.4	0.4	0.5

表 3 草鱼调理配方感官评价表
Table 3 Fish conditioning formula sensory evaluation table

感官特性	评分标准			
	0~5 分	6~10 分	11~15 分	16~20 分
滋味(30%)	味道极差, 严重腥味	味道较差, 有较重腥味	味道较好, 有较少腥味	味道良好, 无腥味
组织结构 (30%)	结构松散, 无弹性, 有较 多脂肪和水析出	结构较松散, 弹性较小, 有较少脂肪和水析出	结构比较致密均匀, 有弹 性, 无脂肪或水析出	结构致密均匀, 有弹性, 无 脂肪或水析出
气味(20%)	无鱼香味, 严重腥味或不 良气味	有较少鱼香味, 较大腥味 或不良气体	有较好鱼香味, 略有腥味 或不良气味	有良好鱼香味, 无腥味或 不良气味
色泽(20%)	偏重黄色, 无光泽	偏淡黄色, 无光泽	淡白色, 略有光泽	淡白色, 有光泽

2.3.7 冻藏过程中鱼肉调理制品品质指标测定

硫代巴比妥酸值测定参 GB 5009.181-2016《食品安全国家标准 食品中丙二醛的测定》^[20]; 挥发性盐基氮值测定参照 GB 5009.228-2016《食品安全国家标准 食品中挥发性盐基氮的测定》^[21]; 菌落总数测定与判断参照 GB 4789.2-2010《食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定》^[22]与 GB 10132-2005《食品安全国家标准 鱼糜制品卫生标准》^[23]; 感官评价参考方法 2.3.5 进行。

2.3.8 数据统计分析

数据分析及图形处理采用 SPSS19.0、Excel2016 等软件进行。

3 结果与分析

3.1 鱼肉调理制品原味配方试验结果

3.1.1 鱼肉调理制品原味配方单因素试验结果

食盐不仅起到调味的作用, 而且还可以促进盐溶性蛋白的析出, 从而增强鱼糜中蛋白质的交联作用, 提高产品品质。由图 1 可看出, 当食盐添加量达到 1.5% 时产品的感官评分最高, 此时盐溶性蛋白溶出已经达到了饱和, 继续添加食盐则会导致感官品质下降。料酒能够促进水分从鱼肉细胞中渗出, 使食盐等调味料更好地进入鱼肉内部, 且适量料酒会使鱼肉上劲而变得粘稠^[24]。试验证明, 1.2% 料酒感官品质最好。姜粉中的姜精油和

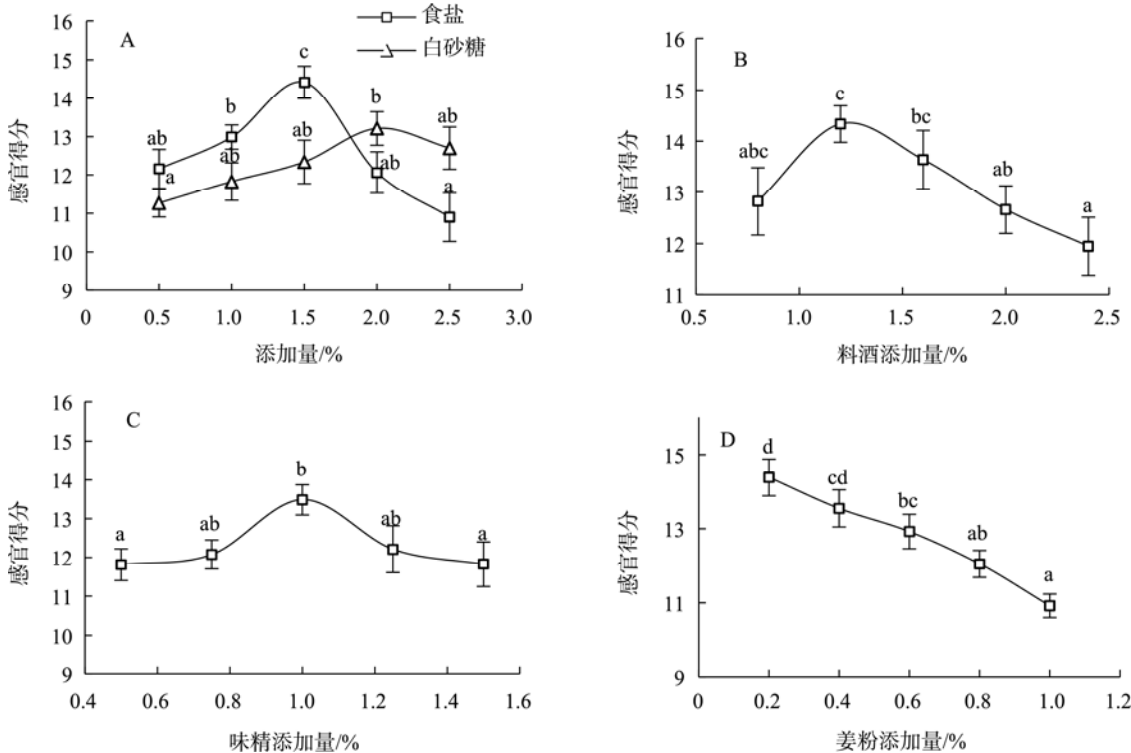
姜辣素赋予了其独特的香味和辛辣口感^[25], 姜粉添加量为 0.2% 时产品的品质最佳。味精具有肉鲜味, 当添加量 0.4% 至 0.8% 时, 感官得分变化不显著, 添加量为 1% 时的味精鱼肉鲜味充足。当白砂糖添加量达到 2% 时, 产品组织紧密, 口感鲜嫩, 继续添加则导致产品黏性过大, 破坏了整体滋味的平衡性。

综上, 食盐、料酒、姜粉、味精和白砂糖的添加量对原味鱼肉调理制品的感官评分有显著影响 ($P < 0.05$), 且添加量分别为 1.5%、1.2%、0.2%、1% 和 2% 时所得感官评分达到最高。

3.1.2 鱼肉调理制品原味配方正交试验结果

根据单因素试验的结果, 选用 $L_{27}(3^{13})$ 正交表对鱼肉调理制品的原味配方进行进一步优化, 其试验结果与极差分析见表 4, 方差分析见表 5。

从表 4、5 可以看出, 影响鱼肉调理制品原味配方感官品质的各因素的主次顺序为: $A > E > B > D > C$, 即食盐添加量 > 白砂糖添加量 > 味精添加量 > 姜粉添加量 > 料酒添加量, 其中食盐、白砂糖以及食盐与白砂糖的交互作用对鱼肉调理制品的口感有极显著影响 ($P < 0.01$), 与张如意等^[26]得出的结果相似。分析得出 5 个影响因素的最佳组合为 $A_2B_2C_3D_1E_2$, 对此配比进行验证试验, 结果表明, 在感官评定中, 此组合制备的产品品质更好, 产品结构均匀紧密且非常有弹性, 有一定的咀嚼性, 产品为淡白色, 较好地保持了鱼肉本身的颜色和光泽。



注: A: 食盐和白砂糖; B: 料酒; C: 味精; D: 姜粉。

图 1 原味配方单因素的感官评分结果(n=3)

Fig.1 Sensory score results for basic formula single factor(n=3)

表 4 鱼肉调理制品原味配方正交试验结果
Table 4 Result of basic formula orthogonal test

试验号	A	E	A×E ₁	A×E ₂	A×C ₁	C	A×C ₂	B	E×C ₁	D	空白	E×C ₂	空白	感官评分
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11.81
2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	12.08
3	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	12.35
4	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2	3	3	3	12.43
5	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3	1	1	1	12.48
6	1	2	2	2	3	3	3	1	1	1	2	2	2	12.50
7	1	3	3	3	1	1	1	3	3	3	2	2	2	12.44
8	1	3	3	3	2	2	2	1	1	1	3	3	3	12.34
9	1	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1	1	1	12.46
10	2	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	12.24
11	2	1	2	3	2	3	1	2	3	1	2	3	1	12.56
12	2	1	2	3	3	1	2	3	1	2	3	1	2	12.28
13	2	2	3	1	1	2	3	2	3	1	3	1	2	13.18
14	2	2	3	1	2	3	1	3	1	2	1	2	3	12.95
15	2	2	3	1	3	1	2	1	2	3	2	3	1	12.89
16	2	3	1	2	1	2	3	3	1	2	2	3	1	12.63
17	2	3	1	2	2	3	1	1	2	3	3	1	2	12.33
18	2	3	1	2	3	1	2	2	3	1	1	2	3	12.88
19	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	12.48
20	3	1	3	2	2	2	3	2	1	3	2	1	3	12.52
21	3	1	3	2	3	1	1	3	2	1	3	2	1	12.56
22	3	2	1	3	1	3	2	2	1	3	3	2	1	12.35
23	3	2	1	3	2	2	3	3	2	1	1	3	2	12.31
24	3	2	1	3	3	1	1	1	3	2	2	1	3	12.26
25	3	3	2	1	1	3	2	3	2	1	2	1	3	12.59
26	3	3	2	1	2	2	3	1	3	2	3	2	1	12.55
27	3	3	2	1	3	1	1	2	1	3	1	3	2	12.46
K ₁	110.9	110.9	111	112.9	112.1	112.1	111.8	111.4	111.9	112.8	112.1	111.9	112.3	
K ₂	113.9	113.3	112.2	112.8	112.1	112.2	112.3	113	111.9	112.1	112.4	112.5	112.1	
K ₃	112.1	112.7	113.8	111.2	112.6	112.6	112.7	112.6	113.1	112.1	112.3	112.4	112.5	
R	3.04	2.44	2.85	1.64	0.50	0.46	0.96	1.55	1.29	0.68	0.37	0.67	0.48	
因素 主次 最优 方案	AEBDC													
	A ₂ B ₂ C ₃ D ₁ E ₂													

表 5 鱼肉调理制品原味配方正交试验方差分析
Table 5 Variance analysis for experimental of basic formula orthogonal test

方差来源	平方和	df	均方	<i>F</i>	显著水平
<i>A</i>	0.521	2	0.260	48.601	**
<i>E</i>	0.354	2	0.177	32.985	**
<i>A</i> × <i>E</i> ₁	0.459	2	0.230	42.839	**
<i>A</i> × <i>E</i> ₂	0.192	2	0.096	17.918	*
<i>A</i> × <i>C</i> ₁	0.018	2	0.009	1.675	
<i>C</i>	0.013	2	0.007	1.255	
<i>A</i> × <i>C</i> ₂	0.052	2	0.026	4.863	
<i>B</i>	0.148	2	0.074	13.797	*
<i>E</i> × <i>C</i> ₁	0.121	2	0.061	11.326	*
<i>D</i>	0.033	2	0.016	3.057	
<i>E</i> × <i>C</i> ₂	0.029	2	0.014	2.669	
误差	0.021	4	0.005		
总计	4204.365	27			

注：**表示非常显著，*P*<0.01；*表示显著，*P*<0.05。

综上，将单因素所得各调味料最适添加量和正交试验所得最优组合进行验证试验，结果显示 *A*₂*B*₂*C*₃*D*₁*E*₂ 为最优组合，即料酒 1.6%、食盐 1.5%、姜粉 0.2%、白砂糖 2.0%、味精 1.0%。

3.2 鱼肉调理制品麻辣风味配方试验结果

花椒、胡椒和辣椒中酰胺类、辣椒碱类、半萜类等气味独特的挥发性物质赋予了产品麻辣的风味，受到消费者的青睐，但却对其他调味料的感官评判造成影响。所以在原味配方的基础上，进一步优化花椒、胡椒和辣椒的添加量。

3.2.1 鱼肉调理制品麻辣风味配方单因素试验结果

由图 2 可得，胡椒、花椒和辣椒的感官评分随着添加量的增加而先上升后下降。当花椒和胡椒的添加量为 0.3%时，产品的感官评分最高，当胡椒添加量为 0.5%时的感官评分比 0.1%时的评分更低，这可能是因为胡椒中含硫化物^[27]过量而表现出较强烈的不良气味特征。辣椒添加量为 0.4%时，产品的感官品质最好且感官评分最高，继续添加辣椒，产品品质则显著下降，此结果与甄润英等^[28]得出的结果相符合。研究表明，花椒、辣椒和胡椒的添加量对麻辣风味的鱼肉调理制品感官品质有显著影响(*P*<0.05)，且添加量分别为 0.3%、0.3%和 0.4%时的感官评分最高。

3.2.2 鱼肉调理制品麻辣配方正交试验结果

在单因素结果的基础上，选用 *L*₉(3⁴)正交表试验，

对花椒添加量(*A*)、胡椒添加量(*B*)、辣椒添加量(*C*)3 因素进行正交优化。试验结果与产品极差分析见表 6。

由表 6 可知，影响鱼肉调理制品产品品质各因素的主次顺序为 *C*>*A*>*B*(辣椒>花椒>胡椒)，且花椒、辣椒和胡椒对鱼肉调理制品均有显著影响(*P*<0.05)。综合分析，各因素的最优组合为 *A*₂*B*₂*C*₂，进一步将其与试验组中感官评分的最高组合 *A*₂*B*₂*C*₃ 进行对比试验，结果显示，组合 *A*₂*B*₂*C*₂ 更符合消费者的口感需求。

经过进一步试验得到了麻辣风味的最佳配方即胡椒 0.3%，辣椒 0.4%，花椒 0.3%，且以此配方得到的鱼肉调理制品肉质鲜美、麻辣爽口。

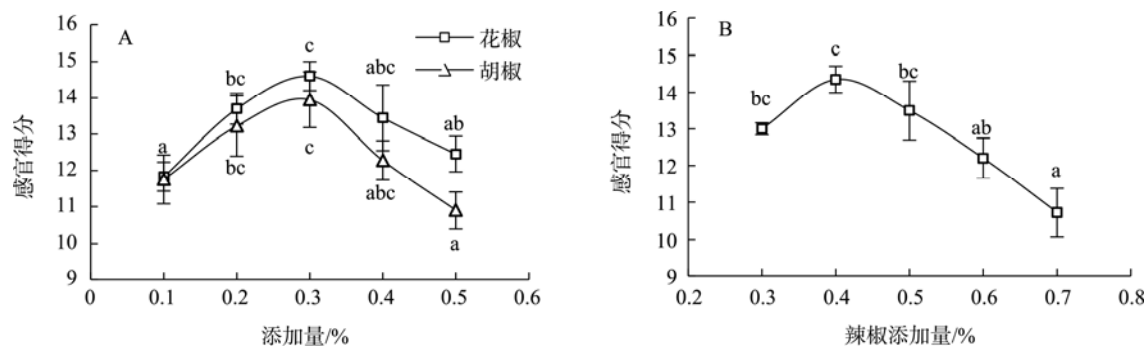
3.3 鱼肉调理制品冻藏过程中品质变化

冻藏是鱼肉调理制品常用的保藏方式，获得较长的货架期的同时还能保持产品良好的品质。将制备的鱼肉调理制品置于-18℃冷冻贮藏，贮藏期间产品的品质变化如图 3 所示。由图 3 可以看到，无论基于微生物指标，感官评价还是化学指标均表明，在贮藏过程中鱼肉调理制品的品质维持良好，且添加了保鲜剂聚赖氨酸后其品质维持的效果更加理想。在冻藏期第 60 d 时，产品空白组和聚赖氨酸处理组的菌落总数分别为 3.35 lg(CFU/g)和 3.09lg(CFU/g)，均未超出腐败标准且处理组有明显抑菌效果，聚赖氨酸能破坏革兰氏阳性菌和阴性菌的细胞膜结构，引起细胞的物质、能量和信息传递

中断,最终导致细胞死亡^[29,30],从而达到抑菌效果;贮藏时间越长,TVB-N值和TBA值虽有增加,但在贮藏60 d时空白组和聚赖氨酸组的TVB-N值均低于9 mg/100 g,TBA值均低于0.5 mg/kg,表明蛋白质水解和脂肪氧化程度较低,经过聚赖氨酸处理后的产品鲜度保持更佳;根据产品的组织状态、气味和色泽对贮藏过程中的产品进行感官评价,结果表明,感官评分与其他品质指标呈

负相关,在贮藏期间,产品的感官评分均保持在良好以上水平,与另外三个品质指标所得结果相吻合,聚赖氨酸处理组感官评分略高于未处理组。

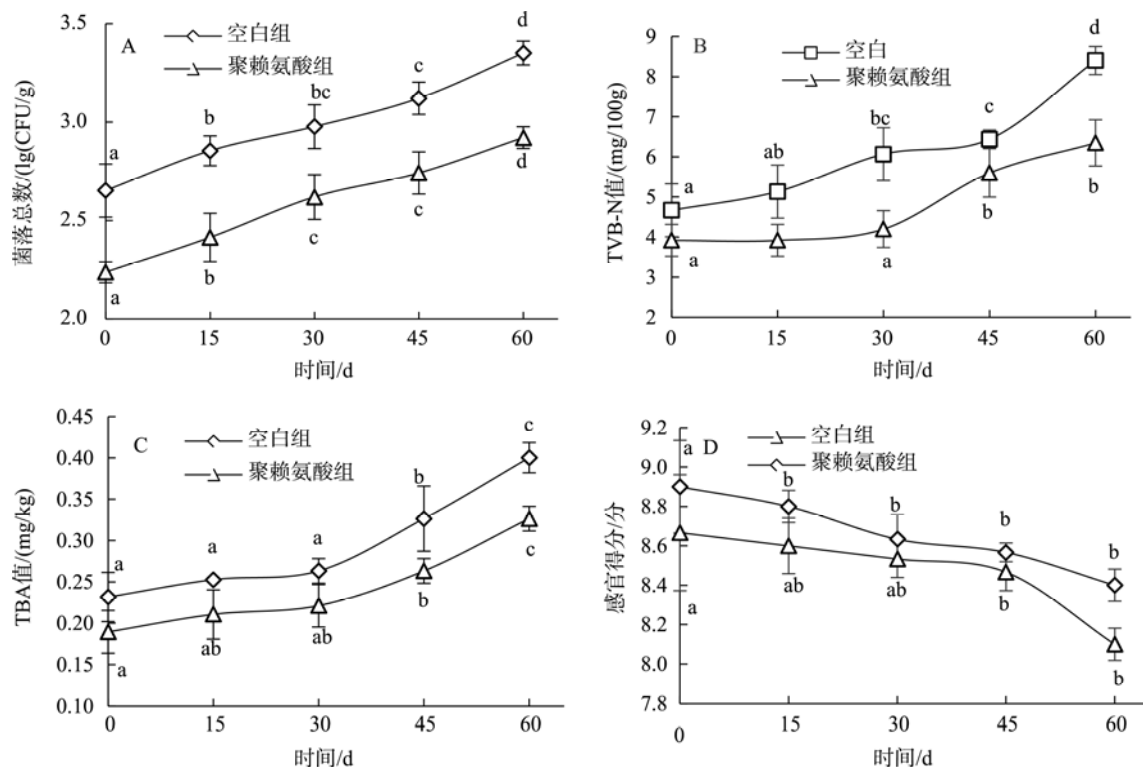
综上分析可知,鱼肉调理制品在冻藏过程中品质能够得到良好的维持,且添加聚赖氨酸后的产品品质维持更好,在冻藏条件下产品货架期最低能够保持2个月。



注: A: 花椒和胡椒; B: 辣椒。
图2 麻辣配方单因素感官评分结果(n=3)
Fig.2 Spicy formula single factor sensory score results(n=3)

表 6 鱼肉调理制品麻辣风味配方正交试验结果
Table 6 Result of flavor formula orthogonal test

试验号	因素				试验结果
	A/%	B/%	C/%	空白	感官评价
1	1	1	1	1	11.87
2	1	2	2	2	12.65
3	1	3	3	3	12.37
4	2	1	2	3	12.75
5	2	2	3	1	12.85
6	2	3	1	2	12.48
7	3	1	3	2	12.33
8	3	2	1	3	12.28
9	3	3	2	1	12.55
K ₁	36.89	36.95	36.62	37.27	
K ₂	38.08	37.78	37.95	37.45	
K ₃	37.15	37.39	37.54	37.39	
R	1.19	0.83	1.33	0.18	
因素主次	C>A>B				
最优方案	A ₂ B ₂ C ₂				



注: A: 菌落总数; B: TVB-N 值; C: TBA 值; D: 感官得分。

图 3 聚赖氨酸对产品冻藏期间品质的影响($n=3$)

Fig.3 Effect of polylysine on product quality during freezing($n=3$)

4 结 论

本研究递进优化了鱼肉调理制品麻辣风味配方,得到的最佳原味配方为料酒 1.6%,食盐 1.5%,姜粉 0.2%,白砂糖 2.0%,味精 1.0%,且食盐、白砂糖以及食盐与白砂糖的交互作用对鱼肉调理制品有极显著影响($P<0.01$);进一步优化得到的 3 种麻辣调味料最佳添加量为胡椒 0.3%,辣椒 0.4%,花椒 0.3%,各因素对产品感官得分的影响程度为辣椒>花椒>胡椒添加量,且三者对鱼肉调理制品均有显著影响($P<0.05$)。冻藏期间鱼肉调理制品品质维持良好,添加聚赖氨酸后的产品更佳,在冻藏条件下产品货架期最低能够保持 2 个月。综上,根据优化后的配方制备的鱼肉调理制品,口感独特,麻辣鲜香,且货架期较长,具备良好的应用价值。

参考文献

- [1] 冯月荣, 樊军浩, 陈松, 等. 调理食品现状及发展趋势探讨[J]. 肉类工业, 2006, (10): 36–39.
Feng YR, Fan JH, Chen S, *et al.* Discussion on the current situation and development trend of conditioned food [J]. Meat Ind, 2006, (10): 36–39.
- [2] 谢乐生. 南美白对虾即食调理食品的研制[D]. 无锡: 江南大学, 2007.
Xie LS. The development of ready to eat prawns [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2007.
- [3] 周光宏. 肉品加工学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2009.
Zhou GH. Meat processing [M]. Beijing: China Agricultural Publishing, 2009.
- [4] Costa AIA, Dekker M, Beumer RR, *et al.* Consumer-oriented classification system for home meal replacements [J]. Food Qual Prefer, 2001, 12(4): 229–242.
- [5] 刘言宁. 冷藏南美白对虾调理食品的研制[D]. 无锡: 江南大学, 2006.
Liu YN. The development of cold storage prawn conditioning food [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2006.
- [6] Mehmet B, Mahmut KBY. Dehydration kinetics of salmon and trout fillets using ultrasonic vacuum drying as a novel technique [J]. Ultrason Sonochem, 2015, 27(1): 495–502.
- [7] 谭力, 周春霞, 洪鹏志. 淡水鱼鱼糜制品加工特性及品质影响因素[J]. 食品与机械, 2018, 34(8): 165–168.
Tan L, Zhou CX, Hong PZ. Processing characteristics and quality influencing factors of freshwater fish surimi products [J]. Food Mach, 2018, 34(8): 165–168.
- [8] Jian WJ, Wu HY, Wu LL, *et al.* Effect of molecular characteristics of Konjac glucomannan on gelling and rheological properties of Tilapia myofibrillar protein [J]. Carbohydr Polym, 2016, 150: 21–31.
- [9] 秦影, 欧昌荣, 汤海青, 等. 鱼糜制品凝胶特性研究进展[J]. 核农学报, 2015, 29(9): 1766–1773.
Qin Y, Ou CR, Tang HQ, *et al.* Research progress on gel properties of

- surimi products [J]. *J Nucl Agric*, 2015, 29(9): 1766–1773.
- [10] 夏文水, 许艳顺, 葛黎红. 我国淡水鱼加工产业存在的问题与研究进展[J]. *科学养鱼*, 2014, 30(10): 1–2.
- Xia WS, Xu YS, Ge LH. Problems and research progress of freshwater fish processing industry in China [J]. *Sci Fish Farm*, 2014, 30(10): 1–2.
- [11] 王雪峰, 涂行浩, 吴佳佳, 等. 草鱼的营养评价及关键风味成分分析[J]. *中国食品学报*, 2014, 14(12): 182–189.
- Wang XF, Tu XH, Wu JJ, *et al*. Nutritional evaluation and analysis of key flavor components of grass carp [J]. *J Chin Inst Food Sci Technol*, 2014, 14 (12): 182–189.
- [12] 胡芬. 淡水鱼营养综合评价体系的建立[D]. 武汉: 华中农业大学, 2011.
- Hu F. Establishment of comprehensive evaluation system of freshwater fish nutrition [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2011.
- [13] 齐力娜, 彭荣艳, 程裕东, 等. 草鱼鱼片的微波干燥特性[J]. *食品与发酵工业*, 2016, 42(1): 119–123.
- Qi LN, Peng RY, Cheng YD, *et al*. Microwave drying characteristics of grass carp fillet [J]. *Food Ferment Ind*, 2016, 42(1): 119–123.
- [14] 孙静文. 不同漂洗对草鱼和白鲢鱼糜蛋白及其凝胶性能的影响[D]. 武汉: 华中农业大学, 2016.
- Sun JW. Effects of different rinses on grass carp and silver carp surimi and its gel properties [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2016.
- [15] 李唐飞, 范大明, 黄建联, 等. 聚赖氨酸抑制冷藏鱼糜制品优势菌及品质影响[J]. *食品研究与开发*, 2018, 39(17): 9–14.
- Li TF, Fan DM, Huang JL, *et al*. Inhibition of polylysine on superior bacteria and quality of frozen surimi products [J]. *Food Res Dev*, 2018, 39(17): 9–14.
- [16] 薛小辉, 蒲彪. 花椒风味成分研究与产品开发现状[J]. *核农学报*, 2013, 27(11): 1724–1728.
- Xue XH, Pu B. Research on flavor components and product development of prickly ash [J]. *J Nucl Agric*, 2013, 27(11): 1724–1728.
- [17] 王德振, 李佳, 张玲玲, 等. 大蒜、洋葱、生姜和辣椒四种香辛料风味成分研究进展[J]. *中国调味品*, 2019, 44(1): 179–185.
- Wang DZ, Li J, Zhang LL, *et al*. Research progress on flavor components of garlic, onion, ginger and pepper [J]. *Chin Cond*, 2019, 44(1): 179–185.
- [18] 于岚, 郝正一, 胡晓璐, 等. 胡椒的化学成分与药理作用研究进展[J/OL]. *中国实验方剂学杂志*, [2019-07-19]. <https://doi.org/10.13422/j.cnki.syfjx.20192149>.
- Yu L, Hao ZY, Hu XL, *et al*. Research progress of chemical constituents and pharmacological action of pepper [J/OL]. *Chin J Exp Pharmacol*, [2019-11-19]. <https://doi.org/10.13422/j.cnki.syfjx.20192149>.
- [19] 张语杰, 郭星月, 窦高乐, 等. 高品质草鱼调理制品工艺优化及保鲜技术[J/OL]. *食品科学*, [2020-05-06]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2206.TS.20200302.1736.038.html>.
- Zhang YJ, Guo XY, Dou GL, *et al*. Process optimization and fresh-keeping technology of high-quality grass carp conditioning products [J/OL]. *Food Sci*, [2020-05-06]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2206.TS.20200302.1736.038.html>.
- [20] GB 5009.181-2016 食品安全国家标准 食品中丙二醛的测定[S].
- GB 5009.181-2016 National food safety standard-Determination of malondialdehyde in food [S].
- [21] GB 5009.228-2016 食品安全国家标准 食品中挥发性盐基氮的测定[S].
- GB 5009.228-2016 National food safety standard-Determination of volatile base nitrogen in food [S].
- [22] GB 4789.2-2010 食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定[S].
- GB 4789.2-2010 National food safety standard-Food microbiology-Detection of aerobic bacterial count [S].
- [23] GB 10132-2005 食品安全国家标准 鱼糜制品卫生标准[S].
- GB 10132-2005 National food safety standard-Hygienic standard for aquatic products [S].
- [24] 王妍. 料酒的调味增香机理[J]. *中国调味品*, 2005, (7): 32–34.
- Wang Y. Mechanism of seasoning and aroma enhancement of cooking wine [J]. *Chin Cond*, 2005, (7): 32–34.
- [25] Young HY, Chiang CT, Huang YL, *et al*. Analytical and stability studies of ginger preparations [J]. *J Food Drug Anal*, 2002, 10(3): 149–153.
- [26] 张如意, 张小燕, 宋志强. 调味草鱼鱼片的工艺技术研究[J]. *肉类工业*, 2016, (7): 23–27.
- Zhang RY, Zhang XY, Song ZQ. Technological research on seasoning grass carp fillet [J]. *Meat Ind*, 2016, (7): 23–27.
- [27] 睦红卫, 许睦农. 天然香辛料中的植物化学物及其生理活性研究进展[J]. *中国调味品*, 2017, 42(5): 176–180.
- Sui HW, Xu MN. Research progress of phytochemicals and their physiological activities in natural spices [J]. *Chin Cond*, 2017, 42(5): 176–180.
- [28] 甄润英, 陈影, 梁静静, 等. 即食香辣秋刀鱼加工工艺及贮藏品质变化研究[J]. *食品研究与开发*, 2018, 39(18): 124–128.
- Zhen RY, Chen Y, Liang JJ, *et al*. Study on processing technology and storage quality change of instant spicy saury [J]. *Food Res Dev*, 2018, 39(18): 124–128.
- [29] Liu HX, Pei HB, Han ZN, *et al*. The antimicrobial effects and synergistic antibacterial mechanism of the combination of ϵ -polylysine and nisin against *Bacillus subtilis* [J]. *Food Control*, 2015, 47: 444–450.
- [30] Ye RS, Xu HS, Wan CX, *et al*. Antibacterial activity and mechanism of action of ϵ -poly-L-lysine [J]. *Biochem Biophys Res Commun*, 2013, 439: 148–153.

(责任编辑: 韩晓红)

作者简介



郭星月, 硕士研究生, 主要研究方向为肉品加工与质量控制。

E-mail: 973450522@qq.com



侯温甫, 博士, 副教授, 主要研究方向为生鲜畜禽产品质量控制与安全。

E-mail: hwf407@163.com