

响应面优化鱼糜藕夹夹馅加工工艺

陈志炎¹, 闵二虎²

(1. 扬州大学 旅游烹饪学院, 江苏 扬州 225127; 2. 江苏旅游职业学院, 江苏 扬州 225127)

摘要:以pH值、挥发性盐基氮、菌落总数为指标确定鱼肉的成熟时间,以持水性确定鱼肉的斩拌方法。采用单因素试验,探究魔芋胶、食盐、鸡蛋清、复合磷酸盐对鱼糜藕夹夹馅黏结性和感官评分的影响。通过响应面试验确定最佳工艺为:魔芋胶0.15%,食盐1.9%,鸡蛋清15%,复合磷酸盐0.4%,在此条件下,鱼糜的黏结性为0.588 g·cm,感官评分为88.34,为进一步研究开发速冻鱼糜藕夹提供了数据支持。

关键词:藕夹; 鲢鱼鱼糜; 黏结性; 感官评分; 响应面

中图分类号:TS254.4 文献标志码:A

doi:10.3969/j.issn.1000-9973.2021.11.016

文章编号:1000-9973(2021)11-0081-07

Optimization of Processing Technology of Surimi and Lotus Root Fillers by Response Surface Method

CHEN Zhi-yan¹, MIN Er-hu²

(1. School of Tourism and Culinary Science, Yangzhou University, Yangzhou 225127, China;

2. Jiangsu College of Tourism, Yangzhou 225127, China)

Abstract: The maturing time of fish is determined with pH value, volatile basic nitrogen and total number of colony as the indexes, the chopping method of fish is determined by water holding capacity. The single factor experiment is conducted to explore the effects of konjac gum, salt, egg white and complex phosphate on the cohesiveness and sensory score of surimi and lotus root fillers. The optimal process is determined by response surface test as follows: konjac gum is 0.15%, salt is 1.9%, egg white is 15% and complex phosphate is 0.4%. Under such conditions, the cohesiveness of surimi is 0.588 g·cm and the sensory score is 88.34, which has provided data support for further research and development of quick-frozen surimi and lotus root fillers.

Key words: lotus root; silver carp surimi; cohesiveness; sensory score; response surface

鲢鱼是我国重要的经济鱼类,其营养价值丰富,质感软嫩。国内外对鲢鱼的研究主要集中在鲢鱼的蛋白结构和性质等^[1],研究较多的是不同添加剂对鱼糜制品的影响。研究表明,可溶性淀粉或植物胶能有效改善鱼糜制品的品质,并且组合使用效果更明显^[2];鲢鱼鱼糜加入3%菊苣多糖可以减少汁液流失和pH波动,保持制品较好的硬度和弹性,同时能减少蛋白质和脂肪氧化,并抑制微生物繁殖^[3];此外,研究还发现

高强度超声波能增强0%~2%食盐浓度鱼糜的凝胶强度,但对4%~5%食盐浓度的鱼糜作用不明显^[4]。

国内对鲢鱼产品的深加工研究相对较少,市场上主要以鱼糜罐头^[5]、鱼松^[6]和鱼肉调味品^[7-9]为主,本试验研究用鲢鱼鱼糜替代传统肉糜藕夹的方法,既丰富了藕夹的品种,又提高了莲藕和鲢鱼的经济价值,为进一步研究速冻鱼糜藕夹半成品深加工提供了数据支撑。

收稿日期:2021-05-24

基金项目:国家自然科学基金项目(32001743);江苏省自然科学基金(BK20180922);烹饪科学四川省高等学校重点实验室开放基金项目(PRKX2020Z17)

作者简介:陈志炎(1982-),男,副教授,硕士,研究方向:食品(烹饪)质量与安全控制。

引文格式:陈志炎,闵二虎.响应面优化鱼糜藕夹夹馅加工工艺[J].中国调味品,2021,46(11):81-87,104.

1 材料与amp;方法

1.1 材料与amp;试剂

鲜活鲢鱼、鸡蛋、食盐：扬州麦德龙超市；黄原胶：山东阜丰发酵公司；卡拉胶：滕州市香凝生物公司；魔芋胶：南宁庞博生物公司；复合磷酸盐：广西长远食品公司。

1.2 仪器与amp;设备

WSC-S 测色色差计 上海华岩仪器设备有限公司；TMS-Pro 型质构仪 美国 FTC 公司；XJT-180 型鱼肉采肉机 广州欣加特机械设备有限公司；DRB-ZB40L 型斩拌机 上海达瑞宝食品机械有限公司；PS200 型三足式离心机 张家港市乐余润捷机械厂；723PC 分光光度计 上海菁华仪器公司；pHS-828 精密 pH 计 北京华瑞博远有限公司；BCD-257SL 海尔冰箱 青岛海尔集团；JIDI-5R 低速离心机 广州吉迪仪器有限公司；恒温水浴锅 聚创环保有限公司；BH3 高精度电子计重秤 上海英展机电企业有限公司；RE-201D-2L 旋转蒸发器 郑州科坤仪器公司。

1.3 试验方法

1.3.1 鲢鱼肉加工样品采集

取活鲢鱼，去鳞、内脏、头尾，沿脊背处一分为二，去骨、皮，留净鱼肉，清洗干净，沥干表面水分，置于 0℃ 冰箱中贮存待用。

1.3.2 鲢鱼糜样品制备工艺

以保水率为指标，选用机械和手工两种斩拌方式，时间分为 70, 80, 90, 100, 110 s，制备鱼糜样品。

1.3.2.1 机械斩拌制备工艺

流程：鱼肉样品→刀工切割→粉碎→形成溶胶→冰箱贮存。

方法：取鱼肉样品 250 g，切成 0.3 cm 厚的片，再入斩拌机搅制成鱼糜，转速 1600 r/min。

1.3.2.2 手工斩拌制备工艺

流程：鱼肉样品→刀工切割→手工斩剁→形成蓉胶→冰箱贮存。

方法：取鱼肉样品 250 g，切成 0.2 cm 见方的粒，斩剁成蓉泥，手工搅打，制成鱼糜。

1.3.3 鱼糜凝胶配方

传统鱼糜制作工艺是加入盐、葱姜水等，加热形成凝胶。本研究以鲢鱼肉糜 100 g、蛋清 15%、复合磷酸盐 0.3%、盐 1.0%、食用胶 0.1%、味精 1%、葱姜汁 8%、植物油 6%、凝胶温度 100℃、时间 6 min 为基础，通过单因素和响应面试验，最终确定鱼糜夹馅的最佳工艺配方。

1.3.4 单因素试验

1.3.4.1 食用胶的选择

选取魔芋胶、黄原胶和卡拉胶，分别添加 0.05%、

0.10%、0.15%、0.20%、0.25%，以鱼糜黏结性为评价指标，考察不同品种、不同添加量食用胶对鱼糜品质的影响。

1.3.4.2 食盐对鱼糜感官评分和黏结性的影响

选取鲢鱼糜 100 g、鸡蛋清 15%、复合磷酸盐 0.4%、魔芋胶 0.15%，分别添加 0.5%、1.0%、1.5%、2.0%、2.5% 的食盐，考察不同食盐添加量对鱼糜品质的影响。

1.3.4.3 鸡蛋清对鱼糜感官评分和黏结性的影响

选取鲢鱼糜 100 g、食盐 2.0%、复合磷酸盐 0.4%、魔芋胶 0.15%，分别添加 5%、10%、15%、20%、25%、30% 的鸡蛋清，考察不同鸡蛋清添加量对鱼糜品质的影响。

1.3.4.4 复合磷酸盐对鱼糜感官评分和黏结性的影响

选取鲢鱼糜 100 g、食盐 2.0%、鸡蛋清 15%、魔芋胶 0.15%，分别添加 0.2%、0.3%、0.4%、0.5%、0.6%、0.7% 的复合磷酸盐，考察不同复合磷酸盐添加量对鱼糜品质的影响。

1.4 鱼糜指标测定

1.4.1 鱼肉 pH 值的测定

参照 GB/T 5009.45—2003《水产品卫生标准的分析方法》的酸度计法，将成熟处理后的新鲜鲢鱼肉每间隔 1 h 称取 5 g 切碎，加 8 倍蒸馏水均质，静置后取其上清液测定 pH 值^[10]。

1.4.2 鱼肉成熟过程中挥发性盐基氮(TVB-N)的测定

参照国家标准 GB 5009.228—2016《食品中挥发性盐基氮的测定》测定鱼糜中挥发性盐基氮的含量^[11]。

1.4.3 鱼肉样品菌落总数的测定

参照 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》进行^[12]。

1.4.4 鱼糜黏结性的测定

参考杨明柳等^[13]的方法稍作修改，取生鱼糜 100 g 装入食品保鲜袋中真空密封，置于 100℃ 恒温水浴锅中，加热 6 min 取出降至室温，切成 2 cm 圆柱体。使用质构仪测定鱼糜样品的质构特性，测试参数：探头：P/0.5S 不锈钢球形探头，下行速度：3.0 mm/s；返回速度：5.0 mm/s，测试速度 1.0 mm/s。

黏结性计算公式： $G_s = B_r \times D$ 。

式中： G_s 为凝胶强度(g·cm)； B_r 为破断强度(g)； D 为凹陷度(cm)。

1.4.5 鱼糜馅持水性的测定

参考廖慧琦等^[14]的测定方法稍作改动，取鱼糜 8 g 置于 1800 r/min 转速下离心 8 min，去除表面多余汁液，记录固体样品质量，按下式计算：

$$\text{持水性}(\%) = \frac{M_2}{M_1} \times 100.$$

式中: M_1 为鱼糜初始质量(g); M_2 为去除汁液后的鱼糜质量(g)。

1.4.6 熟制鱼糜成品感官评价

将熟制鱼糜冷却至室温, 每样各取 30 g, 由 10 名专业人士组成感官评价小组(男女各 5 名), 以鱼糜气味、色泽、质感和组织形态为评价指标进行感官评价, 评分标准见表 1。

表 1 熟制鱼糜凝胶感官评分标准

Table 1 The sensory scoring criteria for cooked surimi gel

评分指标	评分标准	得分
气味 (20分)	有明显或轻微腥味	0~9
	具有清香气味	10~20
外观、色泽 (30分)	表面松软, 色灰白	0~9
	表面不光滑、褶皱, 色白灰	10~19
	表面紧致, 色乳白	20~30
口感、质感 (30分)	弹性差, 按压无回弹, 有颗粒感, 易碎	0~9
	弹性一般, 按压回弹慢, 咀嚼性一般	10~19
	弹性适中, 按压回弹较快, 咀嚼性佳	20~30
组织形态 (20分)	切面粗糙、松散、气孔较大	0~7
	切面基本光滑、较松、气孔少	8~14
	切面平整光滑, 内部基本无气孔	15~20

1.5 响应面优化鱼糜配方

在单因素试验基础上, 采用 Design-Exper 10.0.4 软件, 以鱼糜黏结性和感官评分为响应值, 进行 4 因素 3 水平共 29 个试验点响应面试验, 探究魔芋胶、食盐、鸡蛋清、复合磷酸盐对鱼糜黏结性和感官评分的影响, 以确定 4 种添加物的最佳量值, 因素水平见表 2。

表 2 响应面试验设计因素与水平

Table 2 The factors and levels of response surface test design

水平	因素			
	A 魔芋胶	B 食盐	C 鸡蛋清	D 复合磷酸盐
-1	0.10	1.5	10	0.3
0	0.15	2.0	15	0.4
I	0.20	2.5	20	0.5

1.6 数据处理

每项测定均重复 3 次及以上, 利用 Excel 2016 进行数据整理, 采用 Origin 2017 和 Design-Expert 10.0.4 Box-Behnken 进行图表制作和响应面试验设计分析。

2 结果与分析

2.1 鲢鱼肉成熟时间确定

宰杀后鲢鱼肉的持水性为 52.6%, 且整体感官品质较差, 而低温贮藏的新鲜鲢鱼肉, 由于自身醇类和挥发性羟基化合物的作用, 散发出特有的鱼肉清香^[15]。为了保证试验的科学性, 测定了宰杀后的鲢鱼肉在 7 h 内 pH 值、TVB-N 值和菌落总数的变化, 见图 1~图 3。

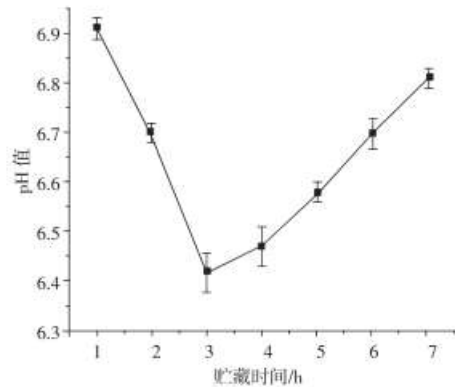


图 1 鲢鱼肉 pH 的变化

Fig. 1 The changes in pH values of silver carp

由图 1 可知, 鲜活鲢鱼宰杀后鱼肉的初始 pH 值为 6.91, 先呈下降趋势, 最低点为 3 h 的 6.42, 随后呈上升趋势, 7 h 时为 6.81。鱼肉的最佳成熟时间段约为 4~6 h。

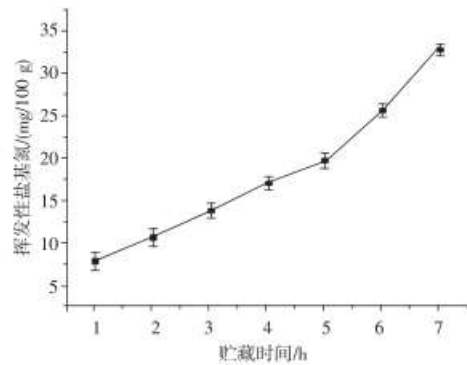


图 2 鲢鱼肉 TVB-N 值的变化

Fig. 2 The changes in TVB-N values of silver carp

由图 2 可知, 鲢鱼肉的 TVB-N 值呈缓慢上升趋势, 5 h 后 TVB-N 值超过 20 mg/100 g, 且上升速度加快。结合 pH, 可以确定鲢鱼肉的最佳成熟时间为 4~5 h^[16]。

新鲜鱼肉在 7 h 内的细菌总数变化见图 3。

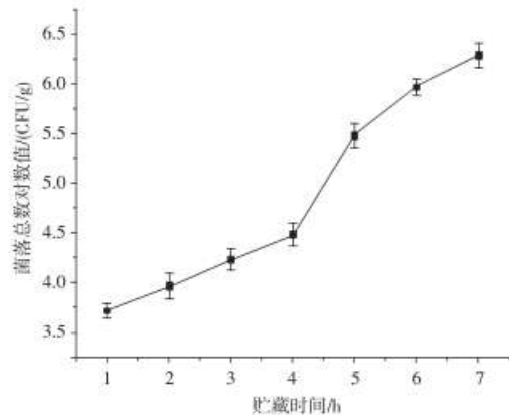


图 3 鲢鱼肉菌落总数的变化

Fig. 3 The changes in total number of bacterial colony of silver carp

由图 3 可知,前 4 h 鱼肉的菌落总数变化较为缓慢,之后增加速度明显加快,主要是因为鱼肉表面微生物繁殖加快,鱼肉的新鲜度也随之降低。综合鲑鱼肉的 pH、TVB-N 值及菌落总数 3 个指标,选定在 0~4 °C 条件下,鱼肉的佳成熟时间为 4 h,所有试验均选用此条件下的鲑鱼肉。

2.2 鱼糜制备工艺

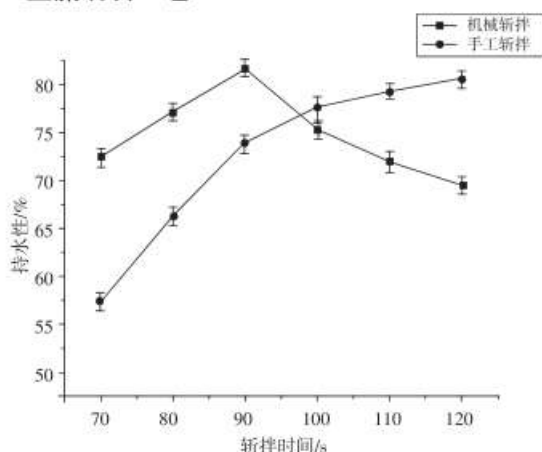


图 4 两种制备工艺对鱼糜持水性的影响

Fig. 4 The effect of two preparation processes on the water holding capacity of surimi

由图 4 可知,以持水性为指标,两种制备工艺结果截然不同,机械斩拌初始值较大,且呈先升后降的趋势,其在 90 s 时鱼糜持水性达到 81.7% 的峰值,持水性下降是因为鱼糜与刀片长时间摩擦产生热量,致使肌原纤维蛋白变性^[17];而手工斩拌则一直呈上升趋势,因为手工斩拌过程中,斩拌速率基本是相同,鱼糜不会过热。根据试验结果,手工斩拌 120 s 与机械斩拌 90 s 鱼糜持水性相近,考虑到机械斩拌的生产效率,故设定 1600 r/min,90 s 制作鱼糜。

2.3 3 种食用胶对熟制鱼糜凝胶夹馅黏结性的影响

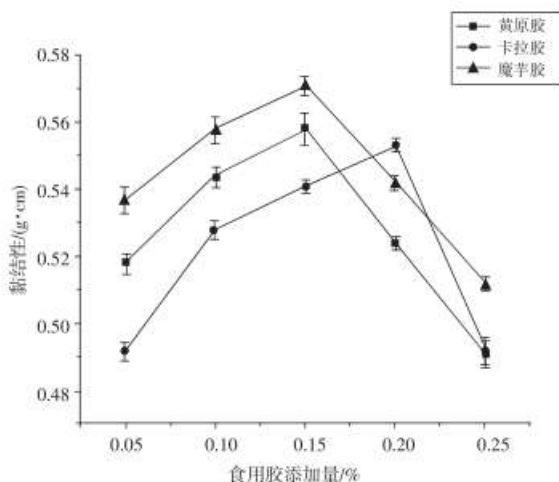


图 5 熟制鱼糜凝胶黏结性随 3 种食用胶添加量的变化

Fig. 5 The changes in cohesiveness of cooked surimi gels with the additive amount of three kinds of edible gels

食用胶广泛用于食品工业化生产需求,能有效增加食品的黏结性。考察市场上 3 种常见的食用胶(黄原胶、卡拉胶、魔芋胶)对鱼糜黏结性的影响,每种添加量分别为 0.05%、0.10%、0.15%、0.2%、0.25%。

由图 5 可知,黄原胶添加 0.15% 时熟制鱼糜的黏结性为 0.558 g·cm,鱼糜产生轻度微臭味;卡拉胶的初始值为三者中最低,仅为 0.492 g·cm,当添加到 0.20% 时鱼糜的黏结性为 0.553 g·cm;而魔芋胶的初始值最高,当添加 0.15% 时,鱼糜的黏结性峰值达到 0.571 g·cm,但随着添加量继续加大,鱼糜的黏结性逐渐下降,且口感较为黏糊。综合图 5 的试验结果,魔芋胶添加量在 0.1%~0.2% 时效果较好,最佳添加量是 0.15%。

2.4 食盐对熟制鱼糜凝胶夹馅黏结性和感官评分的影响

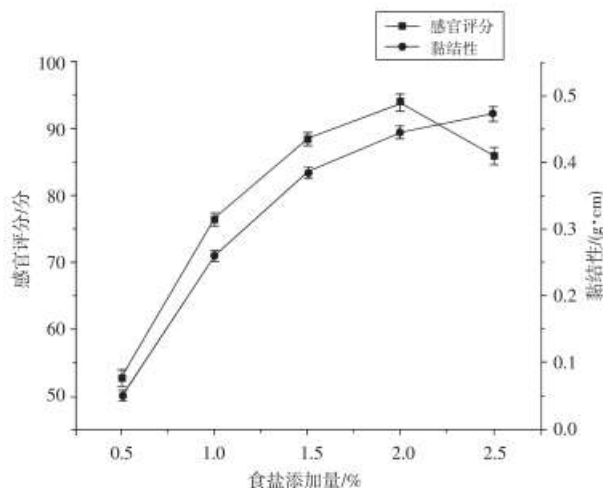


图 6 熟制鱼糜凝胶黏结性和感官评分随食盐添加量的变化

Fig. 6 The changes in cohesiveness of cooked surimi gels and sensory score with the additive amount of salt

由图 6 可知,感官评分随着食盐添加量的增加呈先上后降的趋势;93.8 的最高分在添加 2.0% 食盐时出现,之后开始下降,主要是因为鱼糜的咸度增加,且慢慢超出了部分评委的咸度阈值范围。而熟制鱼糜的黏结性峰值 0.473 g·cm 在食盐添加 2.5% 时出现,但此时鱼糜的咸味略重,所以应选择 2% 食盐添加量,此时鱼糜制品的弹性适中,结构致密,内部空洞细少,口感细腻^[18]。试验得出食盐添加量为 1.5%~2.5%。

2.5 鸡蛋清添加量对熟制鱼糜凝胶夹馅黏结性和感官评分的影响

由图 7 可知,鱼糜的黏结性和感官评分都呈先上升后下降的趋势。当鸡蛋清添加量在 5%~15% 时,鱼糜的黏结性呈逐步上升趋势,尤其是添加 15% 时峰值达到 0.442 g·cm,而此时感官评分也最高,这是

由于蛋清蛋白和鱼肉蛋白形成了较强的凝胶网络；但随着添加量继续加大，黏结性和感官评分却出现下降趋势，这是因为蛋清中水分增加影响到鱼糜凝胶网络的形成^[19]，此外，蛋清蛋白结合空气使鱼糜凝胶内部出现大量孔洞，导致感官评分降低。从试验结果看，鸡蛋清合理添加量为 10%~20%，最适添加量为 15%。

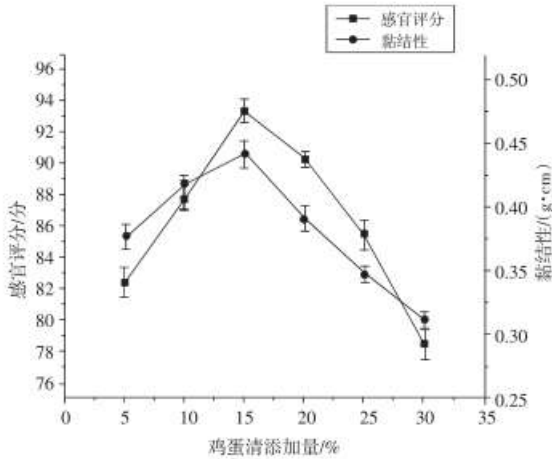


图 7 熟制鱼糜凝胶黏结性和感官评分随鸡蛋清添加量的变化

Fig. 7 The changes in cohesiveness of cooked surimi gels and sensory score with the additive amount of egg white

2.6 复合磷酸盐添加量对熟制鱼糜凝胶夹馅黏结性和感官评分影响

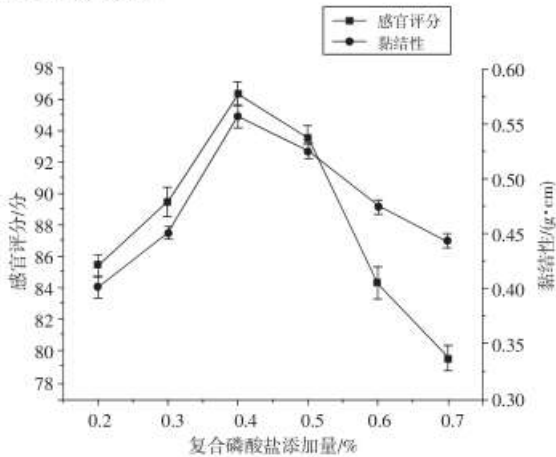


图 8 熟制鱼糜凝胶黏结性和感官评分随复合磷酸盐添加量的变化

Fig. 8 The changes in cohesiveness of cooked surimi gels and sensory score with the additive amount complex phosphate

由图 8 可知，鱼糜的感官评分和黏结性均呈先升后降的趋势，复合磷酸盐添加量为 0.3%~0.5% 时，数据相对较优，0.4% 时最佳，其极值达到 96.3 和 0.556 g·cm。复合磷酸盐与鱼糜蛋白结合后，因其自身为碱性，可提高鱼糜的 pH 值，从而提高鱼肉蛋白

质等电点，同时增强了离子强度，使原纤维蛋白和肌浆蛋白形成网状结构，聚集和锁住水分，提高了鱼糜的持水性，改善了鱼糜的感官品质，提升了鱼糜的黏结性^[20]。但添加量超过 0.5% 时熟制鱼糜的感官评分急剧下降，这是因为复合磷酸盐与脂类产生皂化反应，使鱼糜产生肥皂味及金属涩味，且其黏结性开始下降。试验结果显示，0.3%~0.5% 是复合磷酸盐的最佳添加量。

2.7 响应面优化熟制鱼糜夹馅配方

2.7.1 响应面试验结果及方差分析

为得到熟制鱼糜夹馅的最佳工艺条件，根据上述单因素试验结果，设定 4 个优化因素水平，并以熟制鱼糜凝胶黏结性和感官评分为响应值进行响应面试验，结果见表 3。

表 3 响应面设计试验结果

Table 3 The response surface design test results

试验号	A 魔芋胶 /%	B 食盐 /%	C 鸡蛋清 /%	D 复合磷酸盐 /%	黏结性 / (g·cm)	感官评分 / 分
1	0.15	2.00	10.00	0.30	0.561	81
2	0.15	1.50	20.00	0.40	0.553	81
3	0.20	2.50	15.00	0.40	0.583	80
4	0.15	2.00	20.00	0.30	0.523	82.5
5	0.10	2.00	15.00	0.30	0.553	82
6	0.15	2.00	15.00	0.40	0.617	88
7	0.15	2.50	20.00	0.40	0.591	80
8	0.15	2.00	15.00	0.40	0.587	88
9	0.20	2.00	15.00	0.30	0.517	80
10	0.15	1.50	15.00	0.30	0.553	85.5
11	0.15	2.50	15.00	0.50	0.581	78
12	0.10	2.50	15.00	0.40	0.591	78
13	0.15	2.00	15.00	0.40	0.591	90
14	0.15	2.50	15.00	0.30	0.587	78
15	0.20	2.00	15.00	0.50	0.517	82.5
16	0.10	2.00	10.00	0.40	0.565	81
17	0.10	1.50	15.00	0.40	0.537	82
18	0.15	2.00	15.00	0.40	0.603	85
19	0.20	1.50	15.00	0.40	0.497	83
20	0.20	2.00	20.00	0.40	0.503	82.5
21	0.20	2.00	10.00	0.40	0.523	81.5
22	0.15	2.00	20.00	0.50	0.543	81.5
23	0.15	2.50	10.00	0.40	0.593	78
24	0.15	2.00	15.00	0.40	0.579	89
25	0.15	1.50	15.00	0.50	0.572	82
26	0.10	2.00	15.00	0.50	0.567	81
27	0.10	2.00	20.00	0.40	0.551	81.5
28	0.15	2.00	10.00	0.50	0.535	82
29	0.15	1.50	10.00	0.40	0.561	85

利用 Design Expert 10.0.4 对表 3 中试验数据进行回归拟合，得到以黏结性 (Y_1) 和感官评分 (Y_2)

为响应值,魔芋胶添加量(A)、食盐添加量(B)、鸡蛋清添加量(C)、复合磷酸盐添加量(D)的多元二次回归方程:

$$Y_1 = 0.60 - 0.019A + 0.021B - 6.167E-003C + 1.750E-003D + 8.000E-003AB - 1.500E-003AC - 3.500E-$$

$$003AD + 1.500E-003BC - 6.250E-003BD + 0.012CD - 0.037A^2 - 2.000E-004B^2 - 0.025C^2 - 0.024D^2。$$

$$Y_2 = 88.00 + 0.33A - 2.21B + 0.042C - 0.17D + 0.25AB + 0.12AC + 0.88AD + 1.50BC + 0.88BD - 0.50CD - 3.35A^2 - 3.92B^2 - 3.04C^2 - 3.23D^2。$$

表 4 响应面方差分析

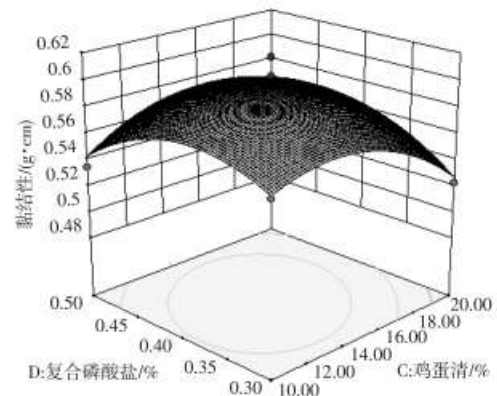
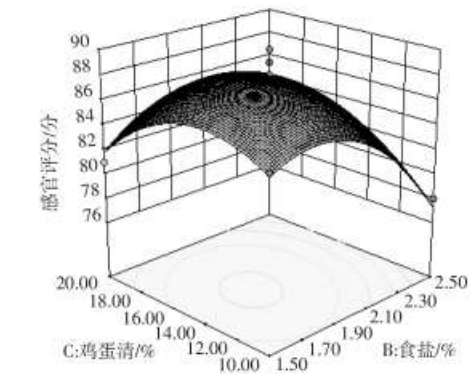
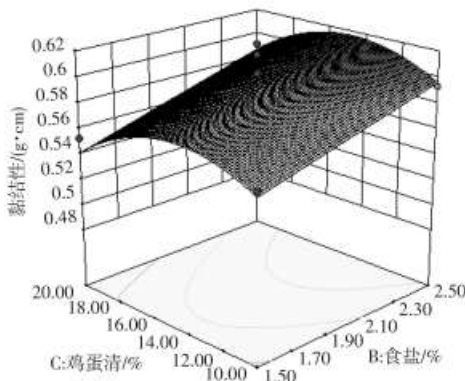
Table 4 The analysis of variance of response surface

来源	黏结性/(g·cm)					感官评分/分						
	平方和	自由度	均方	F 值	Pr>F	显著性	平方和	自由度	均方	F 值	Pr>F	显著性
模型	0.024	14	1.742E-003	8.08	0.0002	显著	269.75	14	19.27	11.51	<0.0001	显著
A 魔芋胶	4.181E-003	1	4.181E-003	19.39	0.0006	**	1.33	1	1.33	0.80	0.3872	
B 食盐	5.334E-003	1	5.334E-003	24.73	0.0002	**	58.52	1	58.52	34.96	<0.0001	**
C 鸡蛋清	4.563E-004	1	4.563E-004	2.12	0.1678		0.021	1	0.021	0.012	0.9128	
D 复合磷酸盐	3.675E-005	1	3.675E-005	0.17	0.6860		0.33	1	0.33	0.20	0.6623	
AB	2.560E-004	1	2.560E-004	1.19	0.2943		0.25	1	0.25	0.15	0.7050	
AC	9.000E-006	1	9.000E-006	0.042	0.8411		0.062	1	0.062	0.037	0.8496	
AD	4.900E-005	1	4.900E-005	0.23	0.6410		3.06	1	3.06	1.83	0.1976	
BC	9.000E-006	1	9.000E-006	0.042	0.8411		9.00	1	9.00	5.38	0.0361	*
BD	1.563E-004	1	1.563E-004	0.72	0.4090		3.06	1	3.06	1.83	0.1976	
CD	5.290E-004	1	5.290E-004	2.45	0.1396		1.00	1	1.00	0.60	0.4524	
A ²	8.916E-003	1	8.916E-003	41.34	<0.0001	**	72.98	1	72.98	43.59	<0.0001	**
B ²	2.595E-007	1	2.595E-007	1.203E-003	0.9728		99.50	1	99.50	59.44	<0.0001	**
C ²	3.997E-003	1	3.997E-003	18.53	0.0007	**	60.01	1	60.01	35.85	<0.0001	**
D ²	3.721E-003	1	3.721E-003	17.25	0.0010	**	67.64	1	67.64	40.40	<0.0001	**
残差	3.019E-003	14	2.157E-004				23.44	14	1.67			
失拟项	2.136E-003	10	2.136E-004	0.97	0.5635	不显著	9.44	10	0.94	0.27	0.9578	不显著
纯误差	8.832E-004	4	2.208E-004				14.00	4	3.50			
总和	0.027	28					293.19	28				

注:“*”为 P<0.05,具有显著性;“**”为 P<0.01,差异极显著。

由表 4 可知,对于黏结性和感官评分两个响应值,模型显著(P<0.01),失拟项不显著(P>0.05),说明模型建立成功,可用该模型对真实情况进行预测。且 R² 分别为 88.98%、92.01%,表明此模型与实际情况拟合度较好,所选因素能显著影响鱼糜的黏结性和感官评分,故该模型对鱼糜优化较为合理。4 个因素中 B、A²、C²、D² 对黏结性和感官评分的影响极显著,A 对黏结性的影响极显著,B² 对感官评分的影响极显著。

2.7.2 因素间交互分析



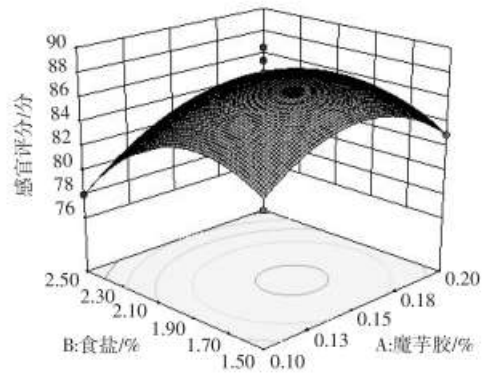
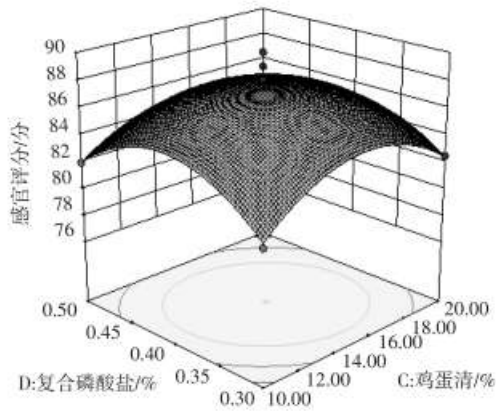


图 9 4 个主要因素交互作用对黏结性和感官评分的影响

Fig. 9 The effects of interaction of four main factors on the cohesiveness and sensory score

由图 9 可知,在食盐、鸡蛋清、复合磷酸盐固定不变的情况下,鱼糜的黏结性和感官评分都随着鸡蛋清、复合磷酸盐、魔芋胶添加量的增加呈先上升后下降的趋势;而当魔芋胶固定不变时,食盐的变化反映在黏结性和感官评分结果则有所不同,随着食盐添加量加大,鱼糜的黏结性不断增强,而食盐在 2.0% 时感官评分最高,随着食盐继续增加,感官评分下降,可能是由于鱼糜稍咸,影响了最终得分,与单因素试验结果一致。结合方差分析可知,食盐和鸡蛋清对感官评分存在显著影响。

2.7.3 验证试验

为验证模型预测的准确性,同时考虑到实际操作中的便利性,将响应面优化后的鱼糜藕夹夹馅最佳工艺条件调整为魔芋胶 0.15%,食盐 1.9%,鸡蛋清 15%,复合磷酸盐 0.4%,进行 3 次重复验证试验,鱼糜藕夹夹馅的黏结性为 $(0.582 \pm 0.002) \text{ g} \cdot \text{cm}$,感官评分为 87.83 ± 0.24 ,与预测值基本吻合,说明具有实际指导意义。

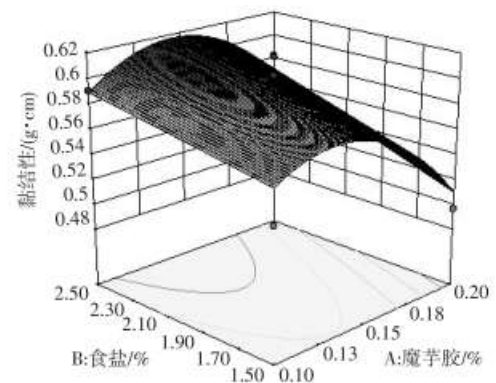
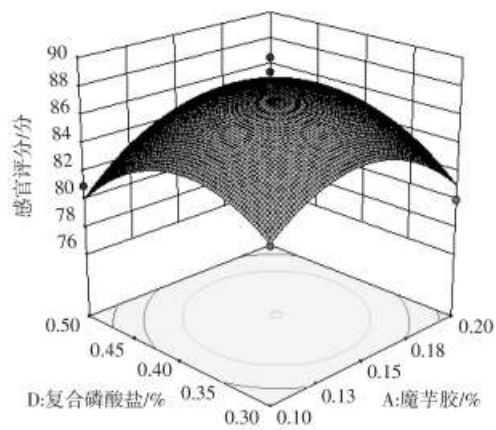
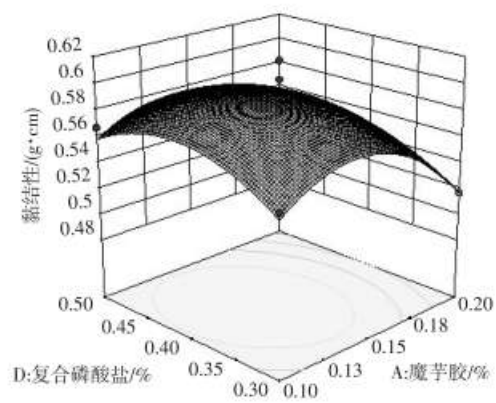
3 结论

本研究以新鲜莲藕和鲢鱼鱼糜为主要原料,以 pH 值、挥发性盐基氮、菌落总数确定鱼肉的成熟时间,经过斩拌方法的优化选择,再经过单因素试验和响应面优化,得出鱼糜藕夹夹馅的最佳配方为:魔芋胶 0.15%,食盐 1.9%,鸡蛋清 15%,复合磷酸盐 0.4%,在此条件下,鱼糜的黏结性为 $0.588 \text{ g} \cdot \text{cm}$,感官评分为 88.34。并以此为基础,做鱼糜藕夹的进一步研究,以为速冻鱼糜藕夹半成品提供理论数据。

参考文献:

- [1]NOMAN W, XIONG Zhouyi, XIONG Hanguo, et al. The effect of egg white protein and β -cyclodextrin mixture on structural and functional properties of silver carp myofibrillar proteins during frozen storage[J]. LWT-Food Science and Technology, 2021, 135: 109975.
- [2]MI Hongbo, LI Yi, WANG Cong, et al. The interaction of starch-gums and their effect on gel properties and protein conformation of silver carp surimi[J]. Food Hydrocolloids, 2020, 112(8): 106290.

(下转第 104 页)



升,总糖及蛋白质含量下降,说明样品在贮藏过程中,可能因为微生物的存在,导致其逐渐变酸,总糖及蛋白质等营养成分含量下降,另外,对比不同灭菌法,总酸、总糖、蛋白质含量的区别较小。

3 结论与讨论

在相同的前处理条件下,将真空包装的腌制韭菜根在3种杀菌条件下贮藏,使真空包装的腌制韭菜根在180 d内未发生胀袋且感官品质较好的条件是4℃低温冷藏。巴氏灭菌法的杀菌效果最好,使韭菜根的菌落总数对数值最小,但经此法处理后样品的感官品质最差,保质期最短;⁶⁰Co γ辐照的样品在贮藏期间的微生物变化较为缓慢,其感官品质逐渐变差,能使样品的保质期延长至60 d左右。

综合分析可知,巴氏灭菌虽然能有效杀灭微生物,但是经过高温处理的袋装腌制韭菜根会发生胀袋,且品质也会受到严重影响,故不宜作为真空包装腌制韭菜根的灭菌方式。低温冷藏法能最大限度保存韭菜根的品质,又是保质期最长的一种方法,是真空包装腌制韭菜根保鲜的最佳方法。

本研究是将天然防腐剂、真空包装和杀菌处理3种方法联合应用于腌制韭菜根中,在最佳条件下,3种方法联合应用能有效延长腌制韭菜根的保质期至6个月左右,可以保证产品的保存流通性和食用安全性。

参考文献:

[1]许介眉.葱属(中国植物志第十四卷)[M].北京:科学出版社,1980:208.

[2]周航,刘利,薛菲.腌韭菜根的营养价值及韭菜根开发应用研究[J].中国调味品,2017,42(9):173-176.
[3]胡秀虹,李培,邓先银,等.腌韭菜根中腐败菌的分离鉴定及防腐剂对其抑制作用[J].食品工业科技,2019,40(17):110-114,120.
[4]王绍先,吴兴祥.开发“韭菜根”带富乡亲[J].致富天地,2012(9):52-53.
[5]沪生.从韭菜根中淘出了金子[J].致富天地,2010(10):54.
[6]胡秀虹,张廷辉,李建会,等.低糖腌制韭菜根中优势腐败菌的分离与鉴定[J].中国调味品,2019,44(6):92-94.
[7]胡秀虹,韦国兰,张廷辉,等.凯里腌韭菜根中腐败细菌的生长特性研究[J].中国酿造,2020,39(3):38-42.
[8]朱莉莉,罗惠波,黄治国.大头菜等蔬菜腌制工艺研究现状与展望[J].中国酿造,2018,37(7):11-16.
[9]刘卫,董全.腌制蔬菜保脆及保藏研究现状[J].中国酿造,2015,34(1):5-9.
[10]胡秀虹,黄意,汤承浩,等.防腐剂对腌制韭菜根中腐败细菌的抑制效果研究[J].中国调味品,2020,45(3):67-72.
[11]尼海峰,熊发祥.不同杀菌方式对低盐榨菜品质的影响[J].食品与发酵科技,2011,47(2):69-73.
[12]赵东,蒲彪,黎雪梅,等.超高压处理对泡豇豆杀菌效果的影响[J].食品工业科技,2012,33(21):78-80.
[13]徐洲,施正琴,尹礼国,等.3种杀菌方式对低温大头菜品质影响的比较[J].食品研究与开发,2017,38(5):22-26.
[14]傅俊杰,沈伟桥.榨菜辐照贮藏保鲜研究[J].中国农业科学,2001,34(3):345-347.

(上接第87页)

[3]SHAN Xue, LI He. Optimization of adding polysaccharides from chicory root based on fuzzy mathematics to improve physicochemical properties of silver carp surimi balls during storage[J]. Journal of Food Processing and Preservation, 2021,45(4):15307.
[4]GAO Xia, XIE Yaru, YIN Tao, et al. Effect of high intensity ultrasound on gelation properties of silver carp surimi with different salt contents[J]. Ultrasonics Sonochemistry, 2020, 70:105326.
[5]张微,李冬梅,易宽,等.红烧鲮鱼罐头调味汁的制作工艺研究[J].中国调味品,2020,45(4):120-124.
[6]康晓风,闫寒,辛董董,等.不同菌菇粉对鲤鱼鱼松品质特性的影响研究[J].中国调味品,2020,45(8):44-49.
[7]毕继才,时娟,李洋,等.鱼肉辣椒酱开发研究[J].中国调味品,2020,45(4):141-143,157.
[8]杨贺,张彪,曹志奇,等.麻辣金枪鱼肉酱的制作工艺研究[J].中国调味品,2021,46(4):90-101.
[9]朱琨,刘春娟,刘微.利用低值白姑鱼制备柴鱼风味调味汁的研究[J].中国调味品,2021,46(5):124-127.
[10]关睿,李琳,王建辉,等.不同食盐添加量对冷藏草鱼品质的影响[J].食品科学技术学报,2020,38(5):100-108.
[11]国家卫生和计划生育委员会.食品安全国家标准 食品中挥发性盐基氮的测定:GB 5009.228-2016[S].北京:中国标准出版社,2016.

[12]国家卫生和计划生育委员会,国家食品药品监督管理总局.食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定:GB 4789.2-2016[S].北京:中国标准出版社,2016.
[13]杨明柳,周迎芹,方旭波.谷氨酰胺转氨酶对鳊鱼鱼糜凝胶的品质影响[J].食品科学,2021,42(12):37-44.
[14]廖慧琦,吕春霞,陆益钊,等.食盐添加量对养殖大黄鱼鱼糜凝胶特性的影响[J].食品与发酵工业,2020,46(20):67-71.
[15]王慧平,张欢,陈倩,等.鱼肉内源性蛋白酶对其贮藏期品质影响的研究进展[J].食品工业科技,2021,42(19):429-435.
[16]胡云峰,潘悦,王雅迪,等.基于pH值变化的冷藏草鱼肉新鲜度预测模型研究[J].食品研究与开发,2021,42(2):14-17,52.
[17]梁丽雅,王婧,王婧,等.斩拌对淡水鱼肉品质及氯霉素残留的影响[J].食品研究与开发,2014(18):38-41.
[18]郑红.复配胶体对鱼糜制品凝胶强度的影响[J].农产品加工,2017(11):22-23.
[19]常志娟,张培旗,刘永玲.红薯鱼丸的加工工艺研究[J].食品科技,2015(7):126-131.
[20]于淑池,周海英.复合无磷保水剂对冷冻金鲳鱼片的保水效果[J].食品工业,2020,41(1):120-124.