

# 响应面法优化浒苔鱼松的加工工艺

孙元芹 李翘楚 卢珺 王颖\* 吴志宏 刘天红 李晓 李红艳

(山东省海水养殖研究所, 青岛 266002)

**摘要** 以新鲜浒苔、小黄花鱼为主要原料,研究了原料预处理、调味炒制等工艺条件对浒苔鱼松产品的影响。通过正交设计和感官评定,确定小黄花鱼调味料最佳配方为:食盐3.0%,味精0.8%,白糖2.0%,料酒1.0%;小黄花鱼打浆时间4 min;应用响应面分析法得到最优生产工艺:小黄花鱼糜、浒苔粉添加量之比为3.85:1,初炒时间14.2min,炒酥时间41.5min。研制出的鱼松风味独特,营养丰富,为二者资源的深加工开辟了一条新的途径。

**关键词** 浒苔 小黄花鱼 鱼糜 鱼松 响应面

**中图分类号** S986.1 **文献标识码** A **文章编号** 1000-7075(2013)01-0166-06

## Optimization of processing techniques for *Enteromorpha prolifera* dried fish floss by response surface analysis

SUN Yuan-qin LI Qiao-chu LU Jun WANG Ying\* WU Zhi-hong

LIU Tian-hong LI Xiao LI Hong-yan

(Mariculture Institute of Shandong Province, Qingdao 266002)

**ABSTRACT** Taking fresh *Enteromorpha prolifera* and *Pseudosciaena polyactis* as raw materials, effects of pretreatment, seasoning and frying on the production of *E. prolifera* dried fish floss were studied. Through the orthogonal design and sensory evaluation, the best flavoring formula for the pressurization of *P. polyactis* was established as 3.0% salt, 0.8% monosodium glutamate, 2.0% white sugar, 1.0% cooking wine and *P. polyactis* beating time was determined as 4 min. The frying conditions were optimized by response surface analysis. The optimum conditions were as follows: weight ratio of surimi to *E. prolifera* powder 3.85:1, initial frying time 14.2min and crisp-frying time 41.5 min. The final product with special flavor and rich nutrition suggested that it is a new technique for the deep processing of both *E. prolifera* and *P. polyactis*.

**KEY WORDS** *Enteromorpha prolifera* *Pseudosciaena polyactis* Surimi  
Dried fish floss Response surface analysis

浒苔 *Enteromorpha prolifera* 自古以来就被认为是可食用和药用的藻类,在我国古代药典《本草纲目》和

国家海洋局海洋公益性行业科研专项经费项目(201105028)资助

\* 通讯作者。E-mail: yzsshipin@126.com, Tel: (0532)82683040

收稿日期: 2012-05-20; 接受日期: 2012-07-19

作者简介: 孙元芹(1980-), 女, 助理研究员, 主要从事水产品安全加工研究。E-mail: qdsyq\_003@163.com, Tel: (0532)82681667

《随息居饮食谱》中都记载了它的功效(高福成 1999),是一种高蛋白、高膳食纤维、低脂肪、低能量、富含矿物质和维生素的理想天然营养食品的原料(林文庭 2007),浒苔多糖具有免疫调节、抗肿瘤、抗凝血、抗病毒、抗氧化等多种生理活性功能(金浩良等 2011)。小黄花鱼 *Pseudosciaena polyactis* 是我国东海、黄海、南海产量较大的鱼类,含有多种营养成分和丰富的生理活性物质(刁全平等 2010),食用、药用价值高(黄 昊等 2010),《本草纲目》记载“甘平无毒,合菹菜作羹,开胃益气。晾干称为白鲞,炙食能治暴下痢,及卒腹胀不消,鲜者不及”。

鱼松营养丰富(范江平等 2005;张乾能等 2010),是提供给幼儿蛋白质和钙质的优良食品,对老人、病人的营养摄食尤有帮助(严宏忠 2002;邓后勤等 2006),市场发展前景良好。浒苔中鲜味氨基酸达总氨基酸含量的 26.19%,可作为很好的食物氨基酸的来源(徐大伦 2004),纯粉具有润肠通便和调节血脂等功能(林文庭等 2009),藻体中含量较高的无机盐能够起到对鱼味的增强作用(莫意平等 2005),其特殊清香充分协调出小黄花鱼肉的鲜美。本研究选择浒苔、小黄花鱼为主料进行新型鱼松产品的研制,以期多渠道、多样化、高附加值开发二者资源开辟一条新的途径。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验材料

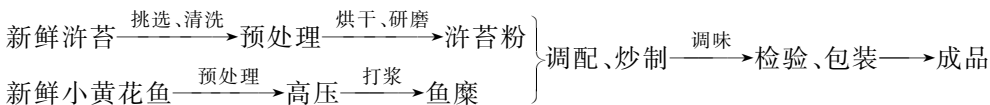
小黄花鱼:新鲜原料,鱼体 12~15cm,购于山东省青岛市八大峡农贸市场。浒苔:绿藻门、石莼目、石莼科、浒苔属,新鲜原料,2011 年 7 月采自青岛栈桥近海海域。辅料:食盐、味精、白糖、料酒,均为食用级。

### 1.2 设备

电热鼓风干燥箱:DGX-9073BC-1,上海福玛试验设备有限公司。不锈钢高压锅:YS24E,浙江苏泊尔股份有限公司。菜馅机:CP-30II,山东省章丘炊具机械总厂。真空包装机:DZ-600/2S,诸城市正泰机械有限公司。

### 1.3 实验方法

#### 1.3.1 工艺流程



#### 1.3.2 操作要点

##### 1.3.2.1 浒苔的预处理

将采集的浒苔洗净杂质后,均匀平铺于烘盘上,105±5℃烘干 3±0.5h 后,调至 70±5℃继续烘烤 2±0.5h 至水分含量 11%±2%。严格控制烘烤温度和时间,要求受热均匀。将烘干后的浒苔研磨成粉,过 80 目筛,备用。

##### 1.3.2.2 小黄花鱼的预处理

选择市售新鲜小黄花鱼,去头、鳍和内脏后冲洗干净,加入调味料放置于高压锅内 3~5 min,将煮熟的鱼趁热剥掉骨刺及腹膜等,鱼肉打浆成鱼糜备用。

##### 1.3.2.3 炒制、调配

锅热后加少许食用油,鱼糜入锅初炒,水分明显减少至 30%左右调至小火继续炒酥,至鱼糜均匀松散呈绒毛状,加入预处理得到的浒苔粉翻炒均匀后停火。

##### 1.3.2.4 待温度冷却至室温后真空包装得成品。

#### 1.3.3 实验方案设计

##### 1.3.3.1 小黄花鱼调味料的选择

以影响产品风味的调味料食盐、味精、白糖、料酒为主要因素进行 4 因素 3 水平  $L_9(3^4)$  正交试验,因素水平见表 1。

### 1.3.3.2 响应面法优化浒苔鱼松加工工艺

选择小黄花鱼糜:浒苔粉添加比例、初炒时间、炒酥时间作为影响产品品质及风味的主要因素,按照 Box-Bohnken 设计法每个因素取 3 个水平,以产品总体感官评分为响应值,借助 Design Expert 7.1.3 软件进行数据分析并建立二次响应面经验模型,从而寻找最佳生产工艺条件。实验因素水平设计如表 2 所示。

表 1 正交试验因素水平

Table 1 Factors and levels of orthogonal test

水平 Levels	A 食盐 Salt(%)	B 味精 Monosodium glutamate(%)	C 白糖 White sugar (%)	D 料酒 Cooking wine(%)
1	2.5	0.6	1.5	0.5
2	3.0	0.8	2.0	0.8
3	3.5	1.0	2.5	1.0

表 2 因素水平设计

Table 2 Factors and levels of RSM analysis

水平 Levels	鱼糜:浒苔粉 Surimi: <i>E. prolifera</i> powder	初炒时间 Initial frying time(min)	炒酥时间 Crisp-frying time(min)
1	3:1	10	35
2	4:1	15	40
3	5:1	20	45

### 1.3.4 产品感官评分标准

成立 10 人评定小组,按照各范围预期所达到的不同程度设置相应感官评分分值,经评定小组人员独立品尝打分后各取平均分。

计分标准:以满分 100 分计。对预处理后鱼糜的气味、口味进行评分,其中无腥气 30 分,咸淡适中 30 分,口感鲜香 40 分,结果见表 3。对加工后浒苔鱼松成品的色泽、状态、口味进行评分,其中色泽均匀 30 分,绒状疏松 30 分,风味良好 40 分,感官评分以总分计,根据评分结果结合响应面分析确定产品最佳配方组成,结果见表 5。

表 3 正交试验结果  $L_9(3^4)$

Table 3 Results of orthogonal test

试验号 Experiment number	A	B	C	D	无腥气 No fishiness	咸淡 Saltiness	鲜香 Fragrance	总分 Total score
1	1	1	1	1	25	20	36	81
2	1	2	2	2	24	26	36	86
3	1	3	3	3	22	25	32	79
4	2	1	2	3	26	28	36	90
5	2	2	3	1	24	26	35	85
6	2	3	1	2	28	26	32	86
7	3	1	3	2	26	23	30	79
8	3	2	1	3	24	25	35	84
9	3	3	2	1	22	22	32	76
$K_1$	246	250	251	242				
$K_2$	261	255	252	251				
$K_3$	239	241	243	253				
R	22	14	9	11				

## 2 实验结果分析

### 2.1 正交试验结果分析

综合评价结果的极差分析  $R$  值显示(表 3),4 因素的影响作用  $A > B > D > C$ ,即食盐添加量对预处理小黄花鱼整体风味影响最大,其次是味精、料酒、白糖的添加量。较优水平组合为  $A_2 B_2 C_2 D_3$ ,即食盐添加量 3.0%,味精 0.8%,白糖 2.0%,料酒 1.0%,小黄花鱼糜整体风味达到最佳。

## 2.2 小黄花鱼打浆颗粒度的控制

根据鱼松咀嚼感和感官要求,小黄花鱼在打碎过程中要保持一定的颗粒度。若打浆时间过长,炒制后降低产品咀嚼感,松度不明显;若打浆时间过短,鱼肉颗粒较大、较粗,延长炒制时间,降低产品质量和口感。小黄花鱼打浆时间对产品风味影响见表 4。

表 4 小黄花鱼打浆时间对产品风味的影响

Table 4 Effects of different beating time on flavor of *Pseudosciaena polyactis*

试验号 Experiment number	打浆时间 Beating time (min)	产品风味 Product flavor
1	3	颗粒较粗、较大,口感较差
2	4	有一定颗粒感、黏稠度,口感好
3	6	整体组织细腻、无咀嚼感、口感较黏

经反复试验,确定打浆时间为 4 min,得到的鱼糜口感松软,有一定的咀嚼感。将预处理后的小黄花鱼糜盛于干净容器中,备用。

## 2.3 浒苔鱼松加工工艺的响应面结果分析

### 2.3.1 响应面结果

表 5 Box-Bohnken 设计方案及响应值结果

Table 5 Box-Bohnken design and results of RSM

试验号 Experiment number	鱼糜:浒苔粉 Surimi : <i>E. prolifera</i> powder	初炒时间(min) Initial frying time	炒酥时间(min) Crisp-frying time	感官评分 Sensory score
1	3	15	35	80
2	3	10	40	80
3	4	15	40	93
4	4	10	35	70
5	4	15	40	93
6	5	10	40	70
7	4	15	40	95
8	4	15	40	93
9	4	20	35	75
10	5	15	45	80
11	4	20	45	72
12	5	15	35	70
13	5	20	40	68
14	4	15	40	95
15	4	10	45	85
16	3	20	40	70
17	3	15	45	83

### 2.3.2 方差分析

利用软件对试验结果进行二次多元回归拟合,对表 5 的数据进行方差分析后得到模型的二次多项回归方程为:

$$Y = +93.80 - 3.12 \times A - 2.50 \times B + 3.13 \times C + 2.00 \times AB + 1.75 \times AC - 4.50 \times BC - 9.53 \times A^2 - 12.28 \times B^2 - 6.02 \times C^2$$

由表 6 可知,失拟项不显著( $P=0.6356 > 0.05$ ),而模型的  $P$  值  $< 0.0001$ ,表明模型高度显著。因素一次项 A、C、交互项 BC、二次项  $A^2$ 、 $B^2$ 、 $C^2$  对结果影响高度显著( $P < 0.0001$ ),一次项 B、交互项 AB、AC 对结果影响显著( $P < 0.05$ );软件分析的复相关系数  $R$  的  $R_{Adj}^2$  的值为 99.00%,表明模型拟合程度良好,试验误差小,可用于对浒苔鱼松产品总体感官品质的分析和预测。

表 6 方差分析

Table 6 Analysis of variance

变异来源	自由度	平方和	均方	F 值	P 值	显著性
Source	df	Sum of squares	Mean square	F value	P value	Significance
模型 Model	9	178.72	19.86	177.45	< 0.000 1	**
A	1	78.12	78.12	77.57	< 0.000 1	**
B	1	50.00	50.00	49.65	0.000 2	*
C	1	78.13	78.13	77.57	< 0.000 1	**
AB	1	16.00	16.00	15.89	0.005 3	*
AC	1	12.25	12.25	12.16	0.010 2	*
BC	1	81.00	81.00	80.43	< 0.000 1	**
A <sup>2</sup>	1	382.00	382.00	379.29	< 0.000 1	**
B <sup>2</sup>	1	634.42	634.42	629.92	< 0.000 1	**
C <sup>2</sup>	1	152.84	152.84	151.76	< 0.000 1	**
残差 Residual	7	1.01	0.14			
失拟项 Lack of fit	3	0.75	0.25	0.62	0.635 6	
纯误差 Pure error	4	1.2	0.3			
总变异 Cor total	16	1 615.53				

注:  $P \leq 0.000 1$  为高度显著, 用 \*\* 表示;  $P \leq 0.05$  为显著, 用 \* 表示;  $P > 0.05$  为不显著

Note:  $P \leq 0.000 1$ , \*\* means highly significant difference;  $P \leq 0.05$ , \* means significant difference;  $P > 0.05$ , no significant difference

### 2.3.3 响应曲面图分析

手动优化后, 回归方程中交互项所作的响应面图, 如图 1~图 3 所示。

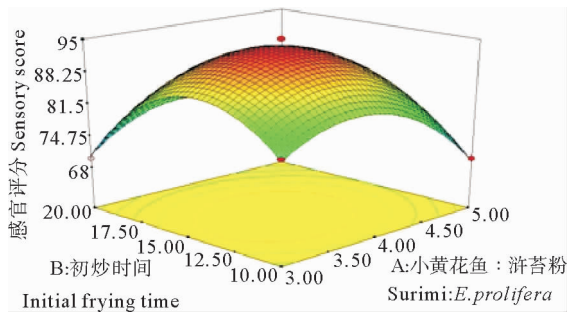


图 1 小黄花鱼糜、浒苔粉添加量比值与初炒时间对感官评分的影响

Fig. 1 Impact of weight ratio of surimi to *E. proliferata* powder and initial frying time on sensory score

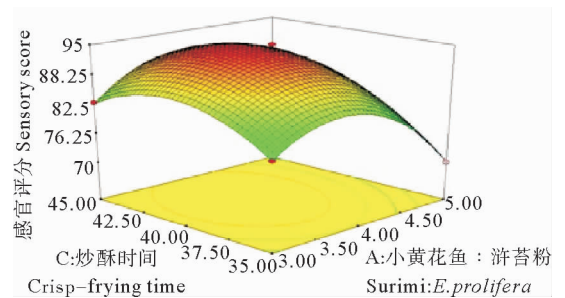


图 2 小黄花鱼糜、浒苔粉添加量比值与炒酥时间对感官评分的影响

Fig. 2 Impact of weight ratio of surimi to *E. proliferata* powder and crisp-frying time on sensory score

由图 1~图 3 可知, 在所选范围内, 随着小黄花鱼糜与浒苔粉添加比例、初炒时间及炒酥时间的增加, 感官评分均先增加后降低, 且交互作用显著, 这与表 6 所示结果一致。

### 2.3.4 验证试验

通过 Design Expert 7.1.3 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生产工艺条件为: 小黄花鱼糜、浒苔粉添加量之比 3.85 : 1, 初炒时间 14.2min, 炒酥时间 41.5min, 此时产品的感官评分可达 94.72 分。在此条件下, 进行 3 次验

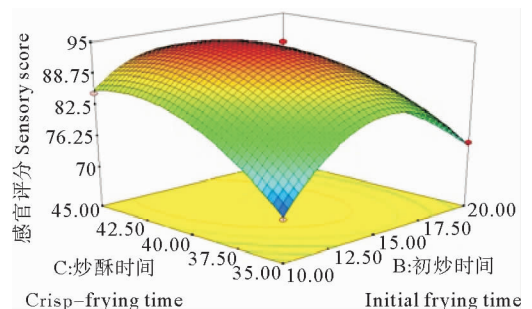


图 3 初炒时间和炒酥时间对感官评分的影响

Fig. 3 Effect of initial frying and crisp-frying time on sensory score

证性试验,感官评分平均值 93.7,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。

### 3 浒苔鱼松的质量标准(参考 GB/T23968-2009《肉松》)

#### 3.1 感官指标

取 20g 成品置于白色盘内,在自然光线下用镊子搅拌,进行观察。形态:绒状,纤维疏松;色泽:整体呈淡绿色,均匀一致;滋味与气味:浒苔清香烘托鱼肉鲜美,口味独特,咸甜适口,无其他不良气味;杂质:无杂质。

#### 3.2 理化指标

蛋白质 $\geq 35\%$ (GB 5009.5-2010 食品中蛋白质的测定);脂肪 $\leq 10\%$ (GB/T 5009.6-2003 食品中脂肪的测定);水分 $\leq 18\%$ (GB 5009.3-2010 食品中水分的测定);灰分 $\leq 7\%$ (GB 5009.4-2010 食品中灰分的测定)

#### 3.3 微生物指标

细菌总数 $\leq 3 \times 10^4$ CFU/g(GB/T 4789.2-2010 菌落总数测定);大肠菌群 $\leq 30$ MPN/100g(GB/T 4789.3-2010 大肠菌群测定);致病菌不得检出(GB/T 4789.4-2010 沙门氏菌测定、GB/T 4789.10-2010 金黄色葡萄球菌测定、GB/T 4789.5-2003 志贺氏菌测定)。

随机取 3 份产品进行测定分析,产品色泽均匀,呈绒状,纤维疏松,口感鲜香;蛋白质  $36.2\% \pm 0.54\%$ ,脂肪  $6.3\% \pm 0.36\%$ ,水分  $16.1\% \pm 0.45\%$ ,灰分  $5.7\% \pm 0.25\%$ ;细菌总数 $< 100$  CFU/g,大肠菌群 20MPN/100g,致病菌未检出。

## 4 结论

1) 预处理小黄花鱼调味料配比为:食盐 3.0%,味精 0.8%,白糖 2.0%,料酒 1.0%。2) 小黄花鱼打浆时间为 4 min。3) 响应面法优化产品加工工艺及配方,小黄花鱼糜、浒苔粉添加量之比 3.85:1,初炒时间 14.2 min,炒酥时间 41.5 min,该条件下产品感官评分 94.72。4) 制得新型即食浒苔鱼松,开发前景广阔。

本研究以健康饮食观念为切入点,将浒苔和小黄花鱼科学复配,独具特色风味;产品食用方便,大大延长货架期;并可以此为基础配方,根据消费者不同需求制成多种口味的系列产品,如选择不同品种鱼类原料或使用猪、羊肉等取代鱼肉,或添加不同蔬菜粉均衡营养,以满足日益细分的市场需求。

## 参 考 文 献

- 刁全平,侯冬岩,回瑞华,李铁纯. 2010. 小小黄花鱼不同部位脂肪酸的气相色谱-质谱分析. 鞍山师范学院学报, 12(6):51-53
- 邓后勤,夏延斌,曹小彦,危小湘,曹薇,卢琼. 2006. 麻辣风味鱼松的调味研究. 现代食品科技, 22(1):48-50
- 严宏忠. 2002. 风味淡水鱼肉松生产工艺研究. 食品科技, 3:22-23
- 张乾能,熊善柏,张京,宗力. 2010. 鱼松加工工艺参数的研究. 食品与生物技术学报, 29(6):854-858
- 林文庭. 2007. 浅论浒苔的开发与利用. 中国食物与营养, 9:23-25
- 林文庭,朱萍萍,钟礼云. 2009. 浒苔深加工产品的润肠通便和调节血脂作用研究. 营养学报, 31(6):569-573
- 金浩良,徐年军,严小军. 2011. 浒苔中生物活性物质的研究进展. 海洋科学, 35(4):100-106
- 范江平,卢昭芬,李吉云,骆莉. 2005. 不同风味鱼肉松的加工试制. 肉类工业, 10:47-48
- 莫意平,姜永江,薛长湖. 2005. 水产品风味研究综述. 水利渔业, 25(1):82-84
- 高福成. 1999. 新型海洋食品. 北京:轻工业出版社, 100-101
- 徐大伦. 2004. 浒苔主要化学组分的分析及多糖活性的研究. 见:中国海洋大学硕士研究生学位论文
- 黄昊,程启群. 2010. 小黄鱼生物学研究进展. 现代渔业信息, 25(9):9-12