

黑尾近红鲂(*Ancherythroculter nigrocauda*)

加工过程腌制工艺的优化*

胡王 陈小雷 李正荣 周蓓蓓 鲍俊杰

(安徽省农业科学院水产研究所 合肥 230031)

摘要 黑尾近红鲂(*Ancherythroculter nigrocauda*)因肉质细腻深受消费者喜爱,其鱼体扁平,适合加工成整鱼产品,所以腌制是黑尾近红鲂加工的关键环节。为缩短腌制时间、降低鱼肉含盐量、提高黑尾近红鲂制品的安全性和标准化,本研究对黑尾近红鲂的腌制工艺进行优化。试验以鱼肉含盐量和挥发性盐基氮(TVB-N)值为指标,利用单因素试验和响应面分析法对加盐量、腌制时间和腌制温度3个因素进行优化。单因素试验中,加盐量分别为3%、5%、7%和9%,腌制温度为5℃、10℃、15℃和20℃,腌制时间为24 h、48 h、72 h和96 h,并通过响应面分析软件分别得到鱼肉含盐量、TVB-N值与加盐量、腌制温度、腌制时间的二次回归方程,通过计算得出最佳腌制工艺参数为:加盐量4.5%、腌制温度7℃、腌制时间38 h,此条件下黑尾近红鲂鱼肉含盐量为3.23%、TVB-N值为32.35 mg/100 g。通过验证试验,证明模型预测与实际实验结果相差很小,说明模型能够很好地预测实际生产情况。此模型能够为黑尾近红鲂的工业化生产服务,并对其他体形扁平鱼类的腌制有指导意义。

关键词 黑尾近红鲂;腌制;响应面分析法;优化

中图分类号 S986.1 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2015)06-0139-08

黑尾近红鲂(*Ancherythroculter nigrocauda*)俗称高肩,隶属鲤科、鲂亚科、近红鲂属,属温和肉食兼杂食性鱼类,是长江上游的特有鱼类。黑尾近红鲂与其他的鲂属鱼类不同,具有较强的耐低氧能力,捕捞离水后存活时间较长,运输成活率高。作为新开发的名优淡水养殖推广品种,具有体形好、养殖成本低等特点。2010年以来,先后在南昌、赣州等地开展了黑尾近红鲂的苗种培育、成鱼养殖等,黑尾近红鲂养殖效益明显。目前,对黑尾近红鲂的研究主要集中在人工繁育、肌肉营养成分分析以及年龄和生长等方面,而加工方面的研究尚未见报道。黑尾近红鲂肉质细嫩、味道鲜美,深受消费者的喜爱,因此,开展黑尾近红鲂加工方面的研究,无论在生产、销售,还是在

人工养殖方面都有重要的意义。无论将黑尾近红鲂制成何种形式的产品,腌制调味是其不可或缺的中间环节,所以,本研究着重研究腌制工艺条件对黑尾近红鲂制品的影响,为黑尾近红鲂制品的规模化生产提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

鲜活黑尾近红鲂、食盐、味精、五香粉、黄酒、花椒、生姜、白糖、八角、桂皮、猪肉等,均购于安徽省合肥市合家福超市;氯化钠、氢氧化钠、硫氰酸钾、硝酸银、盐酸、硝酸等,均为分析纯。

* 安徽省农业科学院“淡水鱼加工增值关键技术创新团队”(15C0501)、安徽省农业科学院成果推广“大宗淡水鱼高值化加工技术产业化”(14E0513)、2014年马鞍山市科技攻关项目“复合天然抗氧化剂对鱼肉脂肪氧化的抑制作用研究与应用”(NY-2014-04)共同资助。胡王, E-mail: huwang101@sina.com

收稿日期: 2015-01-20, 收修改稿日期: 2015-04-15

1.2 仪器与设备

DHG-9243B5-Ⅲ型电热恒温鼓风干燥箱,上海新苗医疗器械有限公司;AL204型电子分析天平,梅特勒-托利多(上海)有限公司;FA25型高速分散机,弗鲁克(上海)有限公司;HITACHI CR22G型高速冷冻离心机,日本HITACHI koki公司;2300型Kjeltec™自动凯氏定氮仪,丹麦Foss公司。

1.3 试验方法

1.3.1 黑尾近红鲂的加工工艺流程 原料鱼→预处理(宰杀、剖割、去内脏、清洗、沥干)→腌制→复合增香→干燥→包装→灭菌→成品。

1.3.2 原料预处理 将新鲜黑尾近红鲂宰杀,沿背部切开,去鳃、内脏等,洗净内腔黑膜及血污,用离心机甩干表面水分。

1.3.3 腌制 将预处理后的原料鱼加入食盐滚揉5 min,并进行腌制,腌制后将鱼放入天然香辛料熬制的卤汁中浸泡增香24 h,之后用离心机甩干表面水分。

1.3.4 干燥及包装 采用循环风可控温实验装置风干后真空包装。

1.3.5 产品性质检测 氯化钠含量的测定:参照GB12457-2008的间接沉淀滴定法。挥发性盐基总氮(TVB-N)值的测定参照SC/T3032-2007的方法。

1.3.6 单因素试验 挑选外观良好且大小均匀的新鲜原料鱼进行单因素试验。黑尾近红鲂腌制过程中主要影响因素有加盐量、腌制温度、腌制时间,为了考察各因素对黑尾近红鲂制品的影响,进行单因素试验。以加盐量(3%、5%、7%、9%)、腌制温度(5℃、10℃、15℃、20℃)、腌制时间(24 h、48 h、72 h、96 h)作为考察因素,以鱼肉含盐量和TVB-N值作为试验指标,每组试验重复3次。

1.3.7 响应面试验 根据单因素试验结果,利用Box-Behnken试验设计原理,设计加盐量、腌制温度和腌制时间3因素3水平中心组合试验,每组试验重复3次(表1)。

表1 Box-Behnken试验设计因素水平

Tab.1 Factors and their levels used by Box-Behnken design

因素 Factors	水平及编码 Level and code		
	-1	0	1
A 加盐量 Salt content (%)	3	5	7
B 腌制温度 Salting temperature (°C)	5	10	15
C 腌制时间 Salting time (h)	24	48	72

1.4 数据处理

采用Excel、SPSS和Design Expert软件进行数据统计、处理。所有试验均设3次平行,测定结果以平均值±标准差表示,试验数据进行方差分析,以 $P < 0.05$ 为显著。

2 结果与分析

2.1 单因素试验

以鱼肉含盐量和TVB-N值为试验指标,分别考察腌制过程中加盐量、腌制温度和腌制时间对各指标的影响。

2.1.1 加盐量对鱼肉含盐量和TVB-N值的影响 用不同加盐量来腌制黑尾近红鲂,10℃条件下腌制48 h,各指标的测定如图1所示。

由图1可知,随着加盐量的增加,鱼肉含盐量呈增高的趋势,然而加盐量为7%时,鱼肉含盐量已超过5%,不符合消费者对现代食品低盐、健康的要求;并且含盐量过高,鱼肉质地较硬(章银良等,2007a),食用前需较长时间地浸泡,食用品质降低;另外,由于腌制时鱼体和微生物酶的作用,蛋白质、脂类被分解,游离氨基酸增加,而蛋白质和脂类的分解程度与加盐量成反比(章银良等,2006),由此,加盐量过高不利于游离氨基酸的增加,从而影响黑尾近红鲂制品的风味。加盐量过低(3%),盐的渗透速率慢,鱼体盐分达到平衡所需时间长,加剧了营养损失,且制品在腌制过程中易变质。随着加盐量的增加,鱼肉的TVB-N值呈下降趋势,在加盐量3%~5%之间下降程度最剧烈,之后随着加盐量的提高,TVB-N值下降趋于平缓。所以,综合鱼肉的盐度、营养和新鲜度考虑,初步确定加盐量为5%。

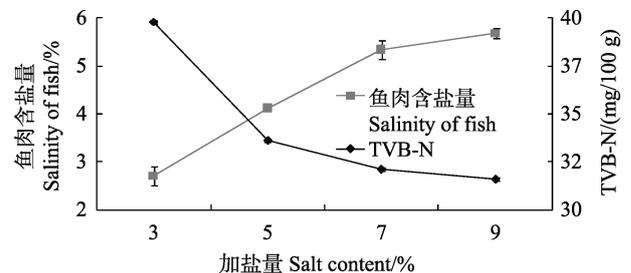


图1 加盐量对鱼肉含盐量和TVB-N值的影响
Fig.1 Effects of salt content on the salinity and TVB-N value in fish muscle

2.1.2 腌制温度对鱼肉含盐量和TVB-N值的影响

将黑尾近红鲂用5%的盐,在不同温度下腌制48 h,鱼肉含盐量和TVB-N值的变化如图2所示。

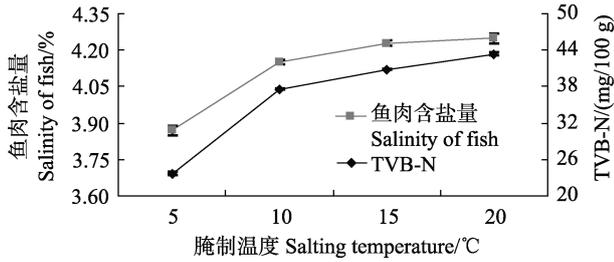


图 2 腌制温度对鱼肉含盐量和 TVB-N 值的影响
Fig.2 Effects of salting temperature on the salinity and TVB-N value in fish muscle

从图 2 可以看出,随着腌制温度的升高,鱼肉含盐量和 TVB-N 值都呈增高趋势。这是因为,随着腌制温度的提高,食盐向鱼肉的渗透速度加快(Delvalle *et al*, 1967; Telis *et al*, 2003),所以,在一定温度范围内(5–15℃),鱼肉的含盐量随着腌制温度的提高而升高;而在 15–20℃ 范围内,鱼肉含盐量趋于平稳,说明 10–15℃ 时腌制同样的时间鱼肉中的盐分已经达到平衡;另一方面,升高腌制温度会加速鱼肉的腐败变质,所以,随着腌制温度的升高,鱼肉的 TVB-N 值呈升高趋势。从图 2 可以看出,在腌制温度为 5–10℃ 时,鱼肉含盐量和 TVB-N 值升高剧烈,之后温度继续升高,鱼肉含盐量增加幅度不大,而 TVB-N 值增幅较大,所以为了尽量减少鱼肉的腐败变质,初步确定腌制温度为 10℃。

2.1.3 腌制时间对鱼肉含盐量和 TVB-N 值的影响

在加盐量为 5%、10℃ 条件下腌制黑尾近红鲷,不同腌制时间对鱼肉含盐量和 TVB-N 值的影响如图 3 所示。

从图 3 可以看出,鱼肉含盐量和 TVB-N 值与腌制时间正相关:鱼肉含盐量在 24–48 h 升高幅度较大,48 h 之后鱼肉含盐量增加不明显;TVB-N 值在 48–72 h 内升高幅度较大,说明腌制 48–72 h 内鱼肉腐败变质加剧,且腌制时间越长,鱼肉营养损失也越严重(吴晓琛等, 2007),所以腌制时间初步确定为 48 h。

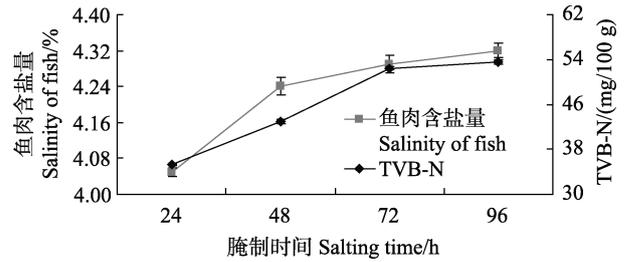


图 3 腌制时间对鱼肉含盐量和 TVB-N 值的影响
Fig.3 Effects of salting time on the salinity and TVB-N value in fish muscle

2.2 响应面分析法优化黑尾近红鲷的腌制工艺

2.2.1 Box-Behnken 试验设计及结果 根据 3 因素 3 水平的响应面试验设计共选择试验点 17 个,其中,12 个分析点、5 个零点,方案与结果见表 2。

表 2 Box-Behnken 试验设计及结果
Tab.2 Box-Behnken experiment design and results

试验号 Experiment number	A 加盐量 Salt content(%)	B 腌制温度 Salting temperature(°C)	C 腌制时间 Salting time(h)	R1 含盐量 Salinity(%)	R2 TVB-N 值 TVB-N value(mg/100 g)
1	0	0	0	3.86	30.25
2	-1	-1	0	2.24	42.05
3	1	-1	0	5.70	28.42
4	0	0	0	4.02	29.49
5	1	0	1	6.32	36.16
6	1	0	-1	5.09	30.67
7	0	0	0	3.95	31.49
8	0	1	-1	3.59	36.50
9	0	0	0	3.70	31.90
10	0	-1	-1	3.37	35.58
11	-1	0	-1	2.54	44.36
12	0	-1	1	3.57	44.76
13	1	1	0	5.92	32.47
14	0	1	1	3.81	48.31
15	-1	0	1	2.70	52.73
16	-1	1	0	2.93	43.83
17	0	0	0	4.15	30.05

2.2.2 回归模型的建立与显著性分析 用 Design Expert 8.0 软件对表 2 中的数据进行回归分析, 得出 3 个因素与鱼肉含盐量之间的二次回归方程为:

$$R1=3.94+1.58A+0.17B+0.23C-0.12AB+0.27AC+(5.000E-003)BC+0.42A^2-0.16B^2-0.19C^2$$

3 个因素与鱼肉 TVB-N 值之间的二次回归方程为:

$$R2=30.64-6.91A+1.29B+4.36C+0.57AB-0.72AC+0.66BC+2.87A^2+3.18B^2+7.47C^2$$

由上面两个方程可以看出, 对鱼肉含盐量和 TVB-N 值的影响顺序均为: A(加盐量) > C(腌制时间) > B(腌制温度)。

鱼肉含盐量回归方程的方差分析见表 3。从表 3 可以看出, 鱼肉含盐量整体模型 $P < 0.001$, 说明模型极显著, 与试验拟合较好。决定系数 $R^2=0.988$, 说明鱼肉含盐量的结果与模型回归值有良好的一致性。模型校正系数 $R_{Adj}^2=0.972$, 说明试验结果的 97.2% 受到所选因素的影响。失拟项表示模型预测值与实际值不拟合的概率(谭汝成等, 2005), $P=0.290 > 0.05$, 失拟项不显著, 说明该模型能够充分反映实际情况。变异系数(CV)反映模型的置信度, CV 越低, 模型的置信度越高。鱼肉含盐量的模型 $CV=4.92\%$, 较小, 说明该模型能够很好地反映真实的试验值, 可以用来分析响应面的

变化。从表 4 可以看出, TVB-N 值的整体模型 $P < 0.001$, $R^2=0.984$, $R_{Adj}^2=0.964$, 失拟项 $P=0.143 > 0.05$, $CV=3.85\%$, 以上数据均说明 TVB-N 值的模型也可以用来分析响应面的变化。

2.2.3 响应面分析 利用 Design Expert 8.0 软件对表 2 的数据进行二次多元回归拟合, 得到的二次回归方程的响应面如图 4、图 5 所示。从图 4 可以看出, 加盐量和腌制时间的交互作用对鱼肉含盐量影响较大。随着加盐量、腌制温度和腌制时间的提高, 鱼肉含盐量呈升高趋势, 其中加盐量对鱼肉含盐量影响最大, 腌制温度和时间影响较小。腌制过程包括两个传质过程(Fougere, 1952; Barat *et al.*, 2003): 一个是食盐从溶液进入食品结构内(鱼肌肉中), 另一个是鱼肉中的水渗透出来。所以, 随着加盐量的提高和腌制时间的延长, 鱼肉的含盐量会随之升高, 而升高腌制温度, 会加快分子的运动, 从而加快上述两个传质过程, 鱼肉含盐量也就随之升高(张娜, 2010)¹⁾。

从图 5 可以看出, 随着加盐量的提高, 鱼肉 TVB-N 值呈下降趋势; 随着腌制温度的升高和腌制时间的延长, TVB-N 值呈上升趋势, 这与曾令彬等(2009)的研究结果相符。挥发性盐基氮是鱼肉在酶和细菌的作用下, 使蛋白质分解产生氨及胺类等碱性含氮物质, 是

表 3 鱼肉含盐量回归方程的方差分析

Tab.3 Analysis of variance for the fitted quadratic polynomial model of salinity

方差来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值	显著性
Source of variation	Sum of squares	Degree of freedom	Mean squares	F value	P value	Significance
模型 Model	21.85	9	2.43	63.58	< 0.001	**
A	19.91	1	19.91	521.46	< 0.001	**
B	0.23	1	0.23	6.15	0.042	*
C	0.41	1	0.41	10.73	0.014	*
AB	0.06	1	0.06	1.45	0.268	
AC	0.29	1	0.29	7.50	0.029	*
BC	1.00×10^{-4}	1	1.000×10^{-4}	2.62×10^{-3}	0.961	
A ²	0.74	1	0.74	19.41	0.003	**
B ²	0.11	1	0.11	2.75	0.141	
C ²	0.16	1	0.16	4.11	0.082	
残差 Residual	0.27	7	0.04	—	—	
失拟项 Lack of fit	0.15	3	0.05	1.78	0.290	
误差 Error	0.11	4	0.03	—	—	
总和	22.11	16	—	—	—	
Total						$R^2=0.988$ $R_{Adj}^2=0.972$

*影响显著($P < 0.05$); **影响极显著($P < 0.01$)

* Significant influence ($P < 0.05$); ** Highly significant influence ($P < 0.01$)

1) 张娜. 低盐度腌腊鱼生产中几个安全指标的变化及评价. 华中农业大学硕士研究生学位论文, 2010, 11-15

表 4 鱼肉 TVB-N 值回归方程的方差分析

Tab.4 Analysis of variance for the fitted quadratic polynomial model of TVB-N value

方差来源 Source of variation	平方和 Sum of squares	自由度 Degree of freedom	均方 Mean squares	F 值 F value	P 值 P value	显著性 Significance
模型 Model	891.51	9	99.06	48.86	< 0.001	**
A	381.57	1	381.57	188.23	< 0.001	**
B	13.26	1	13.26	6.54	0.038	*
C	151.82	1	151.82	74.89	< 0.001	**
AB	1.29	1	1.29	0.64	0.452	
AC	2.07	1	2.07	1.02	0.346	
BC	1.73	1	1.73	0.85	0.386	
A ²	34.79	1	34.79	17.16	0.004	**
B ²	42.63	1	42.63	21.03	0.003	**
C ²	234.92	1	234.92	115.89	< 0.001	**
残差 Residual	14.19	7	2.03	—	—	
失拟项 Lack of fit	10.06	3	3.35	3.24	0.143	
误差 Error	4.13	4	1.03	—	—	
总和 Total	905.70	16	—	—	—	
		$R^2=0.984$			$R^2_{Adj}=0.964$	

*影响显著($P<0.05$); **影响极显著($P<0.01$)

* Significant influence ($P<0.05$); ** Highly significant influence ($P<0.01$)

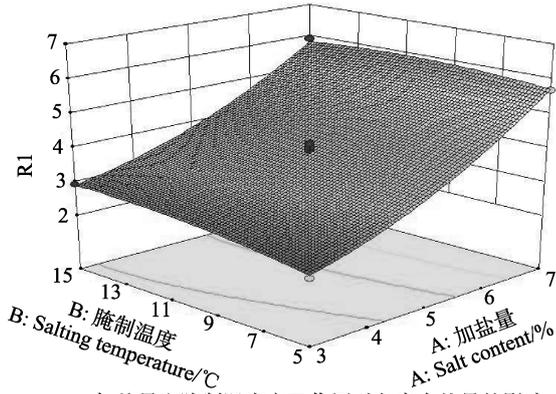
鱼肉腐败程度的一个重要指标。提高加盐量能够抑制微生物的生长和蛋白质的分解(章银良等, 2007b), 所以, 随着加盐量的升高, TVB-N 值呈下降趋势; 提高腌制温度使鱼肉中微生物生长繁殖和蛋白质分解加快, 所以, TVB-N 值与腌制温度正相关; 鱼体中的蛋白质分解产生的氨及胺类等碱性含氮物质会随着腌制时间的延长在鱼体中不断积累, 所以腌制时间延长, TVB-N 值升高(章银良, 2007b)。

2.2.4 腌制工艺的优化组合及其验证 根据 Box-Behnken 试验结果和二次多项式方程, 利用 Design Expert 8.0 软件计算出最佳的腌制工艺条件为: 加盐量 4.44%, 腌制温度 7.44℃, 腌制时间 37.92 h, 此条件下鱼肉含盐量为 3.28%, TVB-N 值为 32.61 mg/100 g。为了实际操作方便, 将上述优化工艺修正为加盐量 4.5%、腌制温度 7℃、腌制时间 38 h。根据修正后的工艺条件经过 5 次验证试验, 黑尾近红鲌鱼肉含盐量为 3.23%, TVB-N 值为 32.35 mg/100 g, 分别与理论值相差 1.5%和 0.8%, 该模型能够很好地预测试验结果。

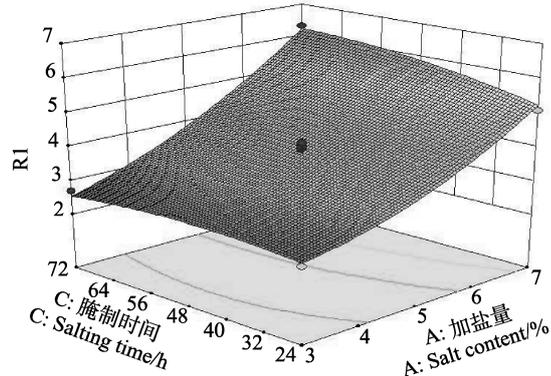
3 讨论

黑尾近红鲌作为我国长江上游江河、水库中常见的一种特有经济鱼类, 因其肉质细嫩、味道鲜美而深受消费者的喜爱。近年来, 关于黑尾近红鲌的研究多集中在人工繁殖(徐凯等, 2014; 张建铭等, 2011; 殷海成等,

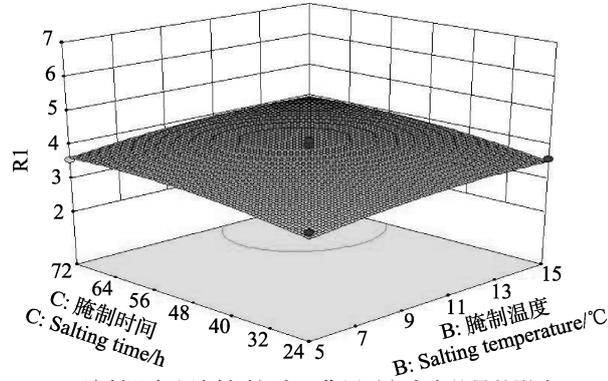
2010; 薛正楷等, 2001)、池塘养殖(曹义虎等, 2011a; 曾庆祥等, 2010; 魏辉杰等, 2010)、毒性试验(李代金等, 2010; 王贵英等, 2005)、形态学(曹义虎等, 2011b)、生物学特性(陈见等, 2014; 曹义虎等, 2014)、肌肉营养与成分分析(谭德清等, 2004)、不同年龄段消化酶(白晓慧等, 2007)及对蛋白质的营养需求(丁立云等, 2012)等。随着人工繁育和养殖技术的日渐成熟, 如何促进黑尾近红鲌产业从一产向二产、三产发展是接下来需要解决的问题, 而黑尾近红鲌加工技术水平的提高和标准化生产是促进其产业发展的重要途径。黑尾近红鲌鱼体扁平, 特别适合整条加工制成产品, 所以, 市场中黑尾近红鲌的加工以整鱼腌制、调味之后制成半干鱼制品为主, 但是, 这类产品及生产工艺存在诸多问题: 以手工作坊式生产为主, 产业规模难以扩张; 规范性差、工艺参数模糊; 产品质量不稳定、含盐量偏高等。腌制是这类制品的关键加工环节, 所以, 优化腌制工艺对黑尾近红鲌的加工具有十分重要的意义。试验优化的腌制工艺与黑尾近红鲌传统的工艺相比, 加盐量由原来的 6%降至 4.5%, 腌制时间由 48 h 缩短至 38 h, 产品的含盐量由 4.8%降低至 3.28%, TVB-N 值由 52.04 mg/100 g 降低至 32.61 mg/100 g, 且与其他鱼类的腌制研究相比, 能有效地降低腌制过程中的加盐量, 并缩短腌制时间(律佳雪等, 2007; 杨华等, 2013; 高娟等, 2013)。



a. 加盐量和腌制温度交互作用对鱼肉含盐量的影响
a. Response surface for effects of salt content and salting temperature on salinity

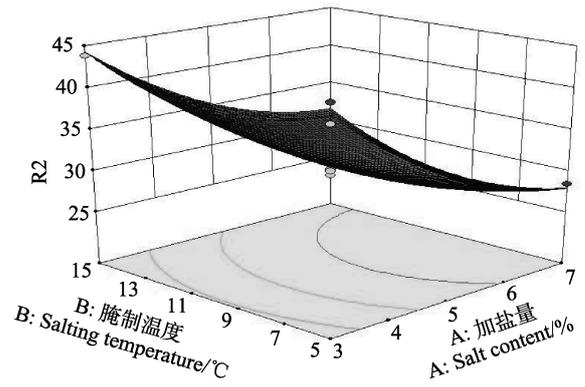


b. 加盐量和腌制时间交互作用对鱼肉含盐量的影响
b. Response surface for effects of salt content and salting time on salinity

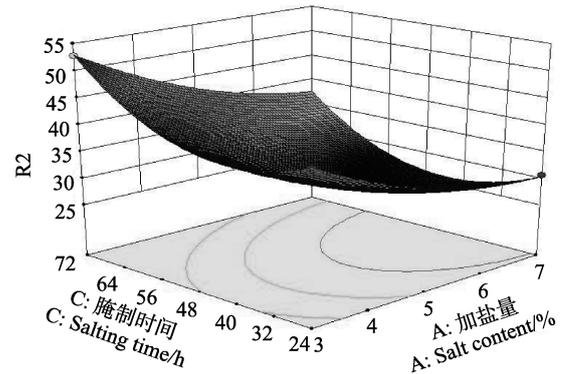


c. 腌制温度和腌制时间交互作用对鱼肉含盐量的影响
c. Response surface for effects of salting temperature and salting time on salinity

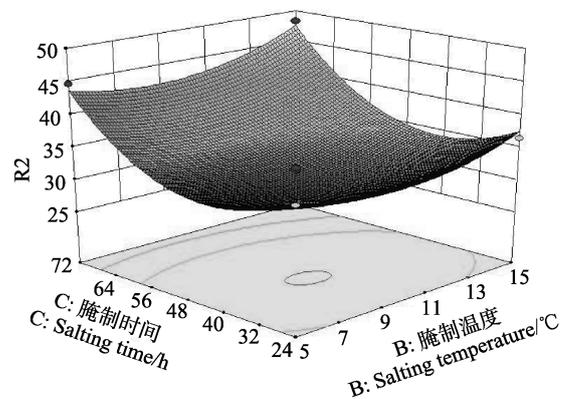
图4 影响鱼肉含盐量(R1)的两因素交互作用响应面
Fig.4 Response surface for effects of three processing parameters on salinity



a. 加盐量和腌制温度交互作用对鱼肉 TVB-N 值的影响
a. Response surface for effects of salt content and salting temperature on TVB-N value



b. 加盐量和腌制时间交互作用对鱼肉 TVB-N 值的影响
b. Response surface for effects of salt content and salting time on TVB-N value



c. 腌制温度和腌制时间交互作用对鱼肉 TVB-N 值的影响
c. Response surface for effects of salting temperature and salting time on TVB-N value

图5 影响 TVB-N 值(R2)的两因素交互作用响应面
Fig.5 Response surface for effects of three processing parameters on TVB-N value

4 结论

本研究通过单因素试验和 Box-Behnken 试验设计与响应面分析,建立了鱼肉含盐量和 TVB-N 值的二次多项式数学模型,确定最佳腌制工艺参数为:加盐量 4.5%,腌制温度 7°C,时间 38 h,此条件下,鱼

肉含盐量 3.23%, TVB-N 值 32.35 mg/100 g。

参 考 文 献

丁立云,曹义虎,周秋白,等.黑尾近红鲷幼鱼对蛋白质营养需求的初步研究.江苏农业科学,2012,40(10):216-218

- 王贵英, 李清, 童红斌, 等. 四种常用药物对黑尾近红鲌的急性毒性研究. 淡水渔业, 2005(增刊): 70-72
- 白晓慧, 王贵英, 熊传喜. 不同年龄黑尾近红鲌消化酶活性比较. 淡水渔业, 2007, 37(3): 30-33
- 李代金, 黄辉, 谭德清. 5种常用渔药对黑尾近红鲌的急性毒性试验. 四川动物, 2010, 6(2): 227-231
- 杨华, 张李玲, 梅清清. 不同腌制工艺处理对美国红鱼品质的影响. 食品科学, 2013, 34(11): 126-129
- 吴晓琛, 许学勤, 夏文水, 等. 酸浸草鱼腌制工艺研究. 食品与机械, 2007, 23(6): 105-107
- 张建铭, 曾庆祥, 张家海, 等. 黑尾近红鲌人工繁殖技术研究. 水产科技情报, 2011, 38(2): 74-76
- 陈见, 李清, 王贵英, 等. 翘嘴红鲌(♀)×黑尾近红鲌(♂)杂种F₁的 AFLP 分析. 水生生物学报, 2014, 38(5): 891-896
- 律佳雪, 陈运中. 风味醉鱼生产过程中腌制条件的优化研究. 食品科技, 2007, 7(4): 110-113
- 徐凯, 汪启华, 魏敏, 等. 安徽省黑尾近红鲌人工繁殖技术试验研究. 现代农业科技, 2014(20): 254-255
- 殷海成, 吕海英. 黑尾近红鲌人工繁殖及胚胎发育的研究. 大连水产学院学报, 2010, 25(3): 265-269
- 高娟, 朱凯悦, 武晋先, 等. 响应面分析法优化草鱼的干腌工艺. 食品工业科技, 2013, 34(6): 246-250
- 曹义虎, 陈蓉, 邓勇辉, 等. 黑尾近红鲌冬片鱼种池塘培育技术试验. 江西水产科技, 2011a(2): 30-33
- 曹义虎, 马保新, 邓勇辉, 等. 池塘养殖条件下黑尾近红鲌(0-2龄)的可量性状研究. 安徽农业科学, 2011b, 39(33): 20498-20500
- 曹义虎, 徐先栋, 邓勇辉, 等. 人工养殖黑尾近红鲌卵巢发育的周年变化. 四川动物, 2014, 33(4): 584-587
- 章银良, 夏文水. 海藻糖对盐渍海鳗肌动球蛋白的影响的研究. 食品科学, 2007a, 28(7): 39-41
- 章银良, 夏文水. 海鳗盐渍过程中的渗透脱水规律研究. 食品研究与开发, 2006, 27(11): 93-98
- 章银良, 夏文水. 腌鱼产品加工技术与理论研究进展. 中国农学通报, 2007b, 23(3): 116-120
- 曾令彬, 熊善柏, 王莉. 腊鱼加工过程中微生物及理化特性的变化. 食品科学, 2009, 30(3): 54-57
- 曾庆祥, 朱恩华, 张家海, 等. 黑尾近红鲌池塘养殖试验. 中国水产, 2010(3): 37-38
- 谭汝成, 赵思明, 熊善柏, 等. 白鲢腌制过程中鱼肉与盐卤成分的变化. 华中农业大学学报, 2005, 24(3): 300-303
- 谭德清, 王剑伟, 但胜国. 黑尾近红鲌含肉率及肌肉营养成分分析. 水生生物学报, 2004, 28(3): 240-246
- 薛正楷, 何学福. 黑尾近红鲌的年龄和生长研究. 西南师范大学学报(自然科学版), 2001, 26(6): 712-717
- 魏辉杰, 刘英武, 王艳. 黑尾近红鲌商品鱼高效养殖技术. 中国水产, 2010(11): 81-82
- Barat JM, Rodriguez-Barona S, Andres A, *et al.* Cod salting manufacturing analysis. Food Res Int, 2003, 36(5): 447-453
- Delvalle FR, Nickerson JTR. Studies on salting and drying fish I: Equilibrium consideration in salting. J Food Sci, 1967, 32(2): 173-179
- Fougere H. The water transfer in codfish muscle immersed in sodium chloride solutions. J Fish Res Board Can, 1952, 9(8): 388-392
- Telis VRN, Romanelli PF, Gabas AL, *et al.* Salting kinetics and salt diffusivities in famed pantanal caiman muscle. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 2003, 38(4): 529-535

(编辑 陈辉)

Optimization of the Salting Process of *Ancherythroculter nigrocauda*

HU Wang^①, CHEN Xiaolei, LI Zhengrong, ZHOU Beibei, BAO Junjie

(Fisheries Institute, Anhui Academy of Agricultural Science, Hefei 230031)

Abstract *Ancherythroculter nigrocauda* has been popular for the delicate texture of the meat, and is a proper material of processed food due to its flat shape. Salting is a key step in the processing of *A. nigrocauda*. In this study we aimed to optimize the conditions of the salting process, including reducing the salting time, lowering the salinity and improving the safety of the products, and hence to provide theoretical guides for the large-scale production. Using *A. nigrocauda* as the raw material, and the salinity and the total volatile basic nitrogen (TVB-N) as the indicators, we optimized parameters such as the salt concentration, the salting temperature and the salting time in single factor experiments. In these experiments, the salt concentrations were 3%, 5%, 7%, and 9%, the salting temperatures were 5°C, 10°C, 15°C, and 20°C, and the salting time was 24 h, 48 h, 72 h, and 96 h. Then the response surface methodology (based on the Box-Behnken experimental design principle) was used to optimize the salting process of *A. nigrocauda*. The response surface methodology analysis was adopted to build two second order quadratic equations between the salinity, TVB-N and salting conditions including the salt concentration, the salting temperature and the salting time. Taking the convenience into consideration, we set the optimal salting parameters as follows: salt concentration 4.5%, salting temperature 7°C, and salting time 38 h. Under these conditions, the salinity of the product was 3.23% and the total volatile basic nitrogen was 32.35 mg/100 g. The validating test showed that the actual results were very close to the predicted results from the corresponding second-order quadratic equations, thus the model may effectively predict the salt concentration and the TVB-N values of salted *A. nigrocauda* products. This technology could be applied to the large-scale production with reduced salting time, lower salinity, and improved food safety. Furthermore, it could also be employed in the salting process of other kinds of fresh water fishes.

Key words *Ancherythroculter nigrocauda*; Salting technology; Response surface methodology; Optimization

① Corresponding author: HU Wang, E-mail: huwang101@sina.com