

响应面法优化冷熏调理贻贝(*Mytilus* sp.)生产工艺*

李海波¹ 赵长江² 袁恒耀² 程国芳³ 段品芹²

(1. 浙江国际海运职业技术学院 舟山 316021; 2. 舟山佳和佳烟熏食品有限公司 舟山 316015;
3. 舟山市海洋与渔业局 舟山 316000)

摘要 以新鲜贻贝(*Mytilus* sp.)为原料,在单因素试验基础上,利用响应面法中的 Box-Behnken 程序设计,对影响冷熏调理贻贝生产加工工艺的 4 个关键参数即盐水浓度、烟熏温度、烟熏时间和成熟时间进行优化,建立并分析了各因素与贻贝加工成品感官评分关系的数学模型。结果表明:冷熏调理贻贝的最佳工艺参数为腌制用盐水浓度 17.0° Be、烟熏温度 25°C、烟熏时间 1h、成熟时间 2.5h。在此工艺条件下生产的冷熏贻贝肉色泽呈金黄色,滋味鲜美独特,并具有贻贝特有的风味。

关键词 贻贝; 烟熏; 响应面法; 工艺优化

中图分类号 TS254

贻贝(*Mytilus* sp.)俗称“海红”、“淡菜”(李庐峰等, 1996),因其营养丰富、药用价值高,享有“海中鸡蛋”的美称(王嘉祥, 1996; 王维香等, 1998; 李桂生等, 2002)。浙江舟山出产的贻贝主要有紫贻贝(*Mytilus edulis*)和厚壳贻贝(*M. coruscus*)。近年来,随着海水养殖技术的发展和人们对食物需求的提高,贻贝的产量剧增,据查,贻贝已成为舟山市最主要的海水养殖产品之一,其产量约占该市海水养殖总产量的 2/3,但大量贻贝除从生鲜市场售出外,其它大都做成冷冻品等初级加工品,因此可见其深加工和综合利用空间较大。

烟熏法是一种传统的食品加工储藏方法,其制品深受消费者喜爱。烟熏操作可使肉制品脱水,减少肉的腐烂和酸败,从而提高产品的储藏性能,此外,还能改善肉质颜色,使肉类产生独特的烟熏风味。根据处理温度的不同,烟熏法可以分为热熏法、温熏法和冷熏法三种。冷熏法指的是将原料盐腌一段时间,至盐渍溶液达 18—20° Be,进行脱盐处理,再调味浸渍后,在 15—30°C 的温度范围内进行 1—3 周烟熏干燥(王兴礼, 2005)。与热熏法、温熏法相比,冷熏法生产的烟熏品贮藏性更好,且产生的对人体有害的化学物质含量更低,更符合当前食品安全的需要。研究

表明,采用空气循环式烟熏装置时,热熏法熏制的食品中多环芳香族化合物含量为 30.0μg/100g,而冷熏法仅为 6.0—7.0 μg/100g(王新禄, 2000)。如能将冷熏技术用于贻贝加工,既可提高贻贝的利用价值,又能增加贻贝加工企业的经济效益,将具有广阔的发展前景。

响应面法是当前广泛应用于各类研究的数学分析方法,该法为回归试验设计的一种,它既能分析各因子之间的交互影响,又能建立准确合理的数学模型,能更好地处理试验数据(田洪源等, 2010)。目前,响应面法应用在水产经济动物上的研究主要有对草鱼(*Ctenopharynxodon idellus*)(任娇艳等, 2006)、缢蛏(*Sinonovacula constricta*)(孙萍萍等, 2010)、刺参(*Stichopus japonicus*)(任婷婷等, 2010)等的研究,尚未见有关贻贝的响应面法研究。而关于冷熏方面的研究也仅见尚永彪等(2009)、韩建春等(2007)和李海波等(2012)的报道。综上所述,笔者拟采用 Design-Expert 响应面分析法研究冷熏调理贻贝生产的最佳加工工艺,以感官评价为指标,对加工工艺的关键参数腌制用盐水浓度、烟熏温度、烟熏时间和成熟时间进行优化,旨在进一步提高贻贝的附加值和为贻贝深加工工艺的改进提供理论参考。

* 舟山市重点海洋类项目, 2011C22051 号; 浙江省重大科研项目, 2006C12099 号; 浙江省科技计划项目, 2011C33014 号。李海波, 副教授, E-mail: scklhb@163.com

收稿日期: 2012-06-21, 收修改稿日期: 2012-08-23

1 材料与方 法

1.1 试验材料

1.1.1 原辅料 原料: 新鲜贻贝[紫贻贝(*Mytilus edulis*)和厚壳贻贝(*M. coruscus*)]由舟山佳和佳烟熏食品有限公司提供。

辅料: 烟熏木粒、精制食盐、香辛料、味精、白砂糖等, 均符合国家食品卫生标准, 以上材料均为市购。

1.1.2 主要仪器与设备 EL303 电子天平(梅特勒-托利多仪器上海有限公司); 电热恒温烘箱: P-9162 型(海一恒科技有限公司); 生烟机: BN10025039014 型(德国 Reich 公司); 低温烟熏机: UK-10002BE 型(德国 Reich 公司)。

1.2 试验方法

1.2.1 冷熏调理贻贝加工工艺流程 新鲜贻贝清洗 去壳 蒸煮 冷冻 解冻 腌制 渗透 干燥 烟熏 成熟 包装 成品。

1.2.2 冷熏调理贻贝加工工艺操作要点

(1) 原料前处理: 选择新鲜贻贝, 洗净后蒸煮, 去壳, 将贻贝肉冻结。

(2) 原料解冻: 自然解冻, 解冻时使贻贝肉表面化冻, 控制中心温度不超过 0℃。

(3) 腌制: 将贻贝肉浸泡在一定浓度的盐水中腌制, 盐水温度在 4℃ 以下, 浸渍时间 15—30s。

(4) 摆网片: 控制产品中心温度小于 4℃。

(5) 渗透: 将贻贝肉置于网片上, 并在 4℃ 下使其渗透, 渗透时间为 1h。

(6) 烟熏: 将干燥完毕的贻贝肉放入一定温度的烟熏机中熏制适宜时间, 中途回潮。

(7) 成熟: 将熏制后的贻贝肉从烟熏机中取出, 保持在 4℃ 以下使其成熟, 控制贻贝肉中心温度不高于 4℃。

(8) 真空包装: 将成熟的贻贝肉称重后用真空包装机进行包装, 并检查包装有无漏气, 产品形状是否完好。

(9) 冷藏: 将包装完毕的成品在温度低于 -18℃ 的条件下冷藏。

1.2.3 冷熏调理贻贝加工工艺单因素试验设计

(1) 腌制用盐水浓度对产品品质的影响 盐渍时间为 30s, 盐渍温度控制在 4℃ 以下, 分别在腌制用盐水浓度 5、10、15、20°Be 条件下进行贻贝的腌制, 研究盐水浓度对产品品质的影响。每次试验设

3 个平行, 重复 3 次, 取平均值, 下同。

(2) 烟熏温度对产品品质的影响 烟熏时间为 1h, 分别在烟熏温度 15℃、20℃、25℃、30℃ 条件下进行贻贝的熏制, 研究烟熏温度对产品品质的影响。

(3) 烟熏时间对产品品质的影响 烟熏温度为 20℃, 分别在烟熏时间 0.5h、1h、1.5h、2h 条件下进行贻贝的熏制, 研究烟熏时间对产品品质的影响。

(4) 成熟时间对产品品质的影响 温度为 20℃, 分别在成熟时间 1h、2h、3h、4h 条件下进行贻贝的成熟过程, 研究成熟时间对产品品质的影响。

1.2.4 响应面法优化冷熏调理贻贝加工工艺试验设计 在单因素试验的基础上, 采用响应面法中的 Box-Behnken 试验设计方案, 选用腌制用盐水浓度、烟熏时间、烟熏温度、成熟时间作为决定变量因素, 以感官评分为响应变量, 利用 Design-Expert V8.0.6 进行二次旋转正交分析, 优化冷熏调理贻贝加工工艺, 确定冷熏调理贻贝的最佳工艺参数。试验因素与水平见表 1。

表 1 试验因素与各因素水平的选取

Tab.1 The level of experimental factors and the other factors selected

水平	因素			
	盐水浓度 (°Be)	烟熏温度 (°C)	烟熏时间 (h)	成熟时间 (h)
1	13.0	15.0	0.8	1.5
2	15.0	20.0	1.0	2.5
3	17.0	25.0	1.2	3.5

1.2.5 产品质量指标及其测定方法

(1) 产品感官品质评定 由 10 位专业评价员组成评审小组, 按 50 分法标准(50 分为产品品质最佳, 0 分最差), 以色泽、质地、鲜味、咸味和烟熏味为指标评定冷熏调理贻贝肉的品质, 评价员对每一处理组的 3 个样品分别进行评分, 取 3 个样品的平均值作为该处理组的最终感官评分, 根据评分结果进行感官品质的综合评定(王宏海等, 2008; 李梦娇等, 2012)。评定标准见表 2。

(2) 产品理化指标测定 按照文献(孙平, 2005; 赵建等, 2011)的方法进行检验, 其中 3,4-苯并芘按国标 GB/T 22509-2008 测定。

(3) 产品微生物指标测定 微生物指标检测按照国标 GB4789.2 进行。

表 2 产品感官评分标准(满分 50 分)

Tab.2 The sensory evaluation standard of the product (out of 50)

项目	评定标准			
	0—1 分	2—4 分	5—7 分	8—10 分
色泽	色泽暗淡或偏黑	稍深/色泽不均匀	稍深/色泽较均匀	金黄色/光泽感好
质地	肉质松散, 弹性、硬度差	肉质稍散, 弹性、硬度一般	肉质较紧, 弹性、硬度较好	肉质紧密、富有弹性、硬度适宜
鲜味	无	较轻	适中	明显
咸味	重/无	很重/很淡	较轻/较浓	适中
烟熏味	无烟熏味或刺鼻	烟熏味较淡	烟熏味很重	烟熏味浓郁

2 结果与分析

2.1 贻贝的一般营养成分

将贻贝肉解冻后捣碎, 对其一般营养成分进行测定, 结果见表 3。

由表 3 可以看出, 贻贝的一般营养成分中粗蛋白含量为 11.65%, 粗脂肪含量仅为 3.71%, 说明贻贝是一种高蛋白、低脂肪的水产品, 符合现代人“高蛋白和低脂肪”的饮食习惯, 具有较高的营养价值。

2.2 冷熏调理贻贝加工工艺单因素试验结果

2.2.1 腌制盐水浓度对产品品质的影响 腌制是冷熏调理贻贝加工工艺的第 1 道关键工序, 实验研究了不同腌制盐水浓度对产品品质的影响, 结果见图 1。

由图 1 可见, 盐水浓度对产品感官评定的结果影响比较明显。盐水浓度过低不利于盐分渗透, 致使贻贝肉脱水量减少, 肉质不紧密, 肉的咸味不足, 达不到咸淡适口的感官要求。随着加盐量的增加, 产品感官品质明显提高, 当盐水浓度为 15°Be 时, 产品的感官品质最佳, 之后随着盐水浓度的增加, 贻贝肉的咸味增加, 产品的适口性开始下降。

表 3 原料贻贝的基本成分含量(W%)

Tab.3 Main contents of mussel of *Mytilus* sp. (W%)

成分	水分	灰分	粗蛋白	粗脂肪
含量	77.13	2.38	11.65	3.71

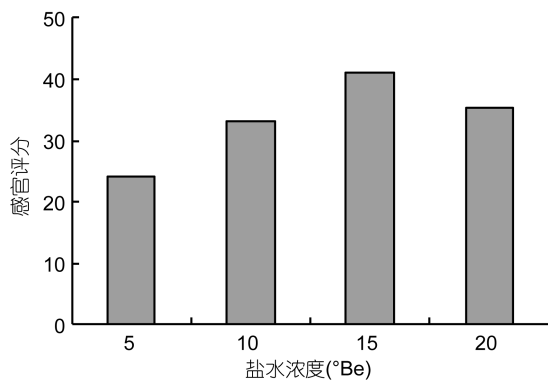


图 1 盐水浓度对冷熏调理贻贝感官品质的影响

Fig.1 Effect of brine concentration on sensory evaluations of cold smoked mussel of *Mytilus* sp.

2.2.2 烟熏温度和时间对产品品质的影响 烟熏工艺是冷熏调理贻贝加工工艺的第 2 道关键工序, 实验分别研究了不同烟熏温度和烟熏时间对产品品质的影响, 结果见图 2 和图 3。

由图 2 和图 3 可见, 不同烟熏温度和时间均对产品品质有较大影响。烟熏的最佳温度为 25°C, 温度过高或过低均会对产品品质造成不良影响(图 2)。温度过低, 对烟熏的渗透效果有一定影响, 烟熏风味略微不够浓郁且色泽偏淡; 温度过高, 容易导致微生物滋生, 产品鲜度下降, 营养丧失, 从而降低产品品质。

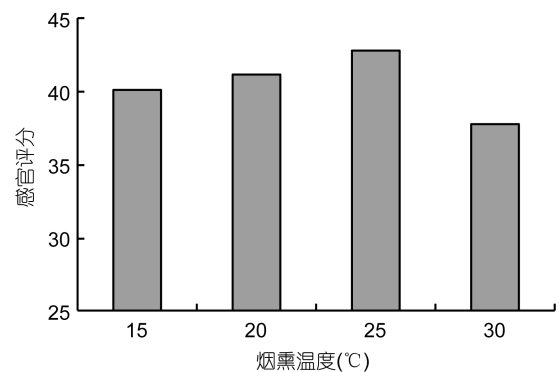


图 2 烟熏温度对冷熏调理贻贝感官品质的影响

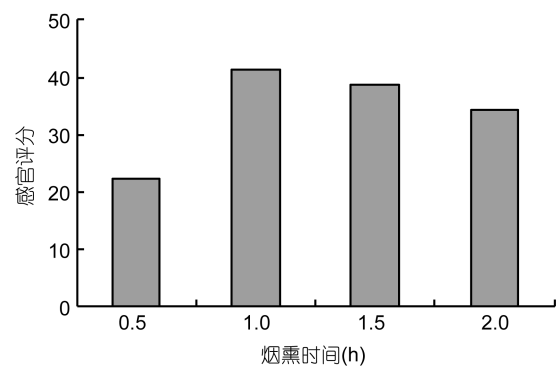
Fig.2 Effect of smoking temperature on sensory evaluations of cold smoked mussel of *Mytilus* sp.

图 3 烟熏时间对冷熏调理贻贝感官品质的影响

Fig.3 Effect of smoking time on sensory evaluations of cold smoked mussel of *Mytilus* sp.

在 0.5—2h 的时间范围内, 随着烟熏时间的延长, 产品评分呈先增加后下降的趋势, 烟熏的适宜时间为 1h, 过高或过低均会影响产品的感官效果(图 3)。烟熏时间过短, 产品上色效果差, 且烟熏风味淡; 时间过长则会使产品烟熏风味过重, 且产品过于干燥。

2.2.3 成熟时间对产品品质的影响 成熟工艺是冷熏调理贻贝加工工艺的第 3 道关键工序, 成熟是一个复杂的化学和生化反应过程, 在微生物和组织酶类的作用下, 能够使贻贝组织特性发生变化而引起产品的感官特性变化, 形成烟熏贻贝特有的鲜味和诱人的烟熏风味(章银良等, 2010; 刘昌华等, 2012)。实验研究了不同成熟时间对产品感官品质的影响, 结果见图 4。

由图 4 可见, 成熟时间对产品的感官品质有较大影响, 成熟时间为 2—3h 时, 烟熏贻贝的感官品质指标较高, 产品质量较好。

2.3 响应面法优化冷熏调理贻贝的加工工艺

2.3.1 冷熏调理贻贝加工工艺数学模型的建立及其

显著性检验 为进一步考察腌制用盐水浓度、烟熏时间、烟熏温度、成熟时间 4 个因素对产品品质的影响及其主次关系, 确定最佳生产工艺。以盐水浓度、烟熏时间、烟熏温度、成熟时间为自变量, 感官评分为响应值, 试验方案与结果见表 4。

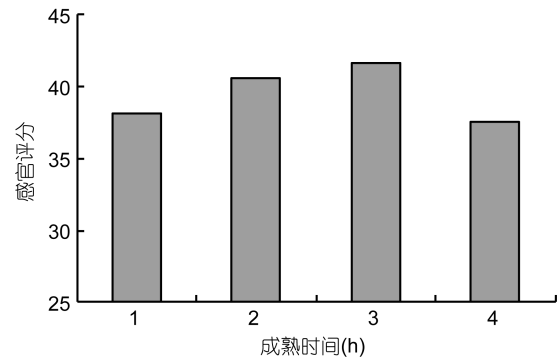


图 4 成熟时间对冷熏调理贻贝感官品质的影响

Fig.4 Effect of maturation time on sensory evaluations of cold smoked mussel of *Mytilus sp.*

表 4 冷熏调理贻贝加工工艺响应面分析方案与结果

Tab.4 The response analysis program and the results of the processing technology of cold smoked conditioning mussel of *Mytilus sp.*

试验号	盐水浓度 A(°Be)	烟熏温度 B(°C)	烟熏时间 C(h)	成熟时间 D(h)	感官评分
1	0	1	0	-1	41.8
2	-1	0	0	-1	42.7
3	-1	-1	0	0	43.4
4	-1	0	-1	0	42.1
5	0	0	0	0	45.9
6	0	0	1	1	42.1
7	0	1	-1	0	43.2
8	0	0	0	0	44.6
9	0	0	-1	-1	42.2
10	0	0	0	0	45.9
11	-1	0	1	0	42.8
12	-1	1	0	0	42.2
13	0	-1	1	0	41.8
14	0	1	0	1	42.1
15	0	-1	0	1	41.6
16	-1	0	0	1	41.6
17	0	0	1	-1	41.8
18	1	0	0	-1	41.6
19	0	0	0	0	44.9
20	1	0	0	1	42.3
21	1	-1	0	0	45.9
22	0	-1	-1	0	43.3
23	1	1	0	0	46.1
24	0	0	0	0	46.1
25	0	-1	0	-1	43.8
26	0	0	-1	1	42.6
27	1	0	1	0	41.6
28	0	1	1	0	43.3
29	1	0	-1	0	43.1
30	0	0	0	0	45.9

采用 Design-Expert 软件对表 4 数据进行回归分析, 得到的回归方程为:

$$\begin{aligned} \text{感官评分} = & 45.55000 + 0.15000A - 0.42500B \\ & - 0.25833C - 0.13333D - 0.65000AB \\ & - 0.55000AC + 0.45000AD + 0.40000BC \\ & + 0.62500BD - 0.025000CD - 1.39167A^2 \\ & - 1.00417B^2 - 1.57917C^2 - 2.04167D^2 \end{aligned}$$

其中: A 为盐水浓度($^{\circ}\text{Be}$); B 为烟熏温度($^{\circ}\text{C}$); C 为烟熏时间(h); D 为成熟时间(h)。上述三水平因子变量分析结果见 5。

由表 5 的分析结果可以看出, 整体模型的 P 值为 0.0057, 表明该回归模型较显著。从模型的失拟性方差分析可以看出, 失拟项 $P=0.0933>0.05$, 不显著, 表明该模型是稳定的。

表 5 三水平因子变量分析表
Tab.5 The three-level factorial multivariate analysis

变异来源	平方和	df	均方	F 值	P 值 Prob>F	显著性
模型	58.75	14	4.20	4.02	0.0057	显著
A(盐水浓度)	2.80	1	2.80	2.68	0.1221	
B(烟熏温度)	0.10	1	0.10	0.097	0.7603	
C(烟熏时间)	0.80	1	0.80	0.77	0.3950	
D(成熟时间)	0.21	1	0.21	0.20	0.6577	
AB	0.49	1	0.49	0.47	0.5038	
AC	1.21	1	1.21	1.16	0.2987	
AD	0.81	1	0.81	0.78	0.3923	
BC	0.64	1	0.64	0.61	0.4459	
BD	1.56	1	1.56	1.50	0.2401	
CD	2.500E-003	1	2.500E-003	3.739E-003	0.9616	
A ²	7.68	1	7.68	7.36	0.0161	
B ²	3.09	1	3.09	2.96	0.1062	
C ²	20.90	1	20.90	20.02	0.0004	
D ²	33.44	1	33.44	32.03	<0.0001	
残差	15.66	15	1.04			
失拟	13.67	10	1.37	3.43	0.0933	不显著
误差	1.99	5	0.40			
总变异	74.41	29				

2.3.2 冷熏调理贻贝加工工艺关键参数间的交互作用 冷熏调理贻贝加工工艺关键参数间的交互作用结果见图 6—图 10。由图 6—图 10 可见, 各因素的最佳值基本都落在试验范围内, 响应面存在最高点。根据软件的优化结果, 取得最高感官评分的最佳工艺条件是: 盐水浓度 17.0°Be , 烟熏温度 25°C , 烟熏时间 1h, 成熟时间 2.5h。经进一步试验验证, 在此优化工艺条件下, 产品的感官评分达 46.5 分(满分 50 分), 与 Design-Expert 软件的优化结果基本符合。

2.4 冷熏调理贻贝产品品质指标测定结果

2.4.1 感官指标 产品肉质紧密、富有弹性、硬度适宜, 具有贻贝本身的独特鲜味和诱人的烟熏风味, 色泽均匀协调, 呈金黄色, 咸度适口。

2.4.2 理化指标 蛋白质、脂肪、灰分、水分等指标均符合国家有关食品安全规定及美国 FDA 法规

(21CFR 第 123 部分)和欧盟有关指令的要求。

贝类毒素: 无检出。

3,4-苯并芘: $2.5\mu\text{g}/\text{kg}$ 。

2.4.3 产品微生物指标

细菌总数: $20000\text{ cfu}/\text{g}$ 。

大肠菌群: 6 MPN/g。

沙门氏菌: 无检出。

副溶血性弧菌: 无检出。

金黄色葡萄球菌: 无检出。

霍乱弧菌: 无检出。

3 讨论

3.1 贻贝一般营养成分的研究

本研究结果中, 贻贝的一般营养成分组成为: 水分 77.13%、灰分 2.38%、粗蛋白为 11.65%、粗脂肪

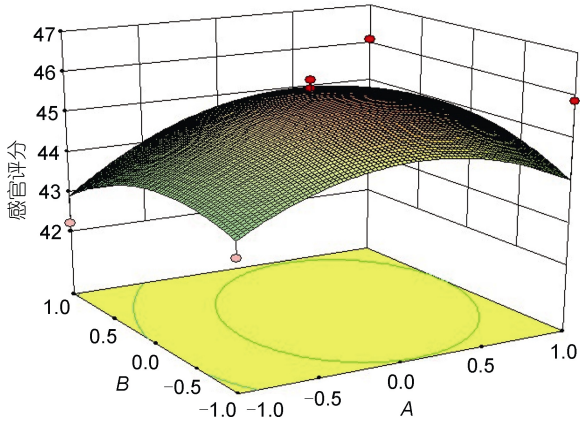


图 5 盐水浓度和烟熏温度的交互作用

Fig.5 The interaction of brine concentration and smoking temperature

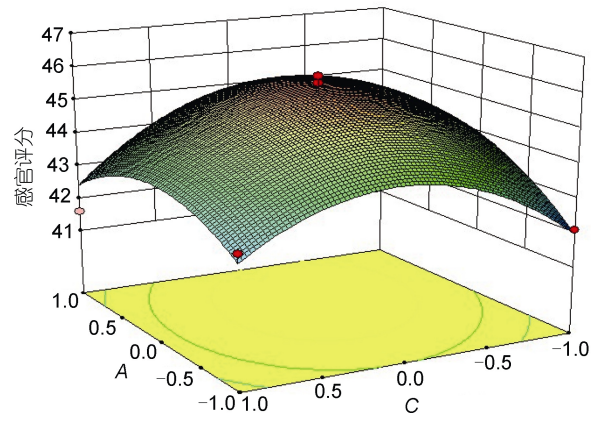


图 6 盐水浓度和烟熏时间的交互作用

Fig.6 The Interaction of brine concentration and smoking time

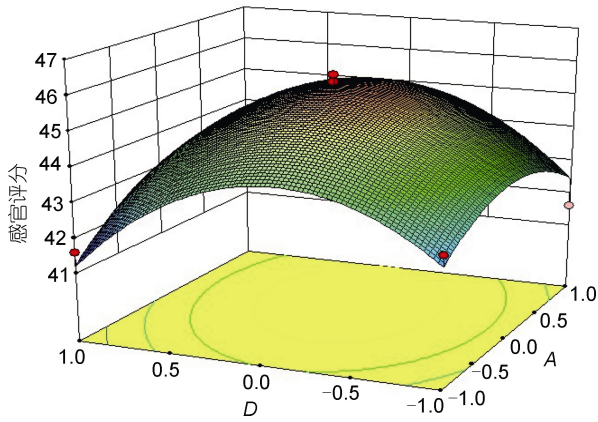


图 7 盐水浓度和成熟时间的交互作用

Fig.7 The interaction of brine concentration and the maturation time

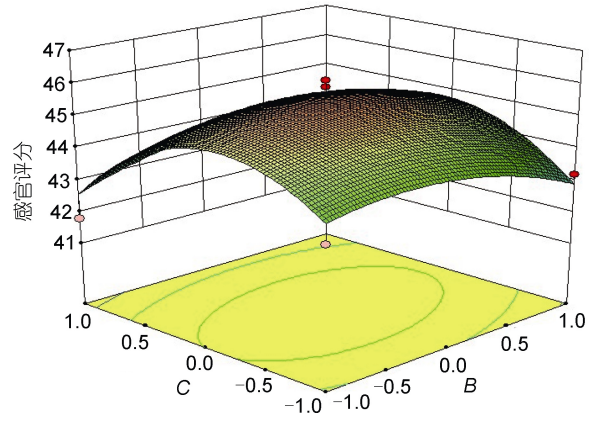


图 8 烟熏温度和烟熏时间的交互作用

Fig.8 The interaction of smoking temperature and smoking time

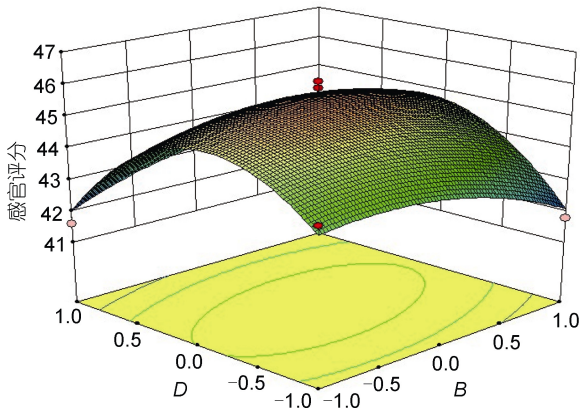


图 9 烟熏温度和成熟时间的交互作用

Fig.9 The interaction of smoking temperature and the maturation time

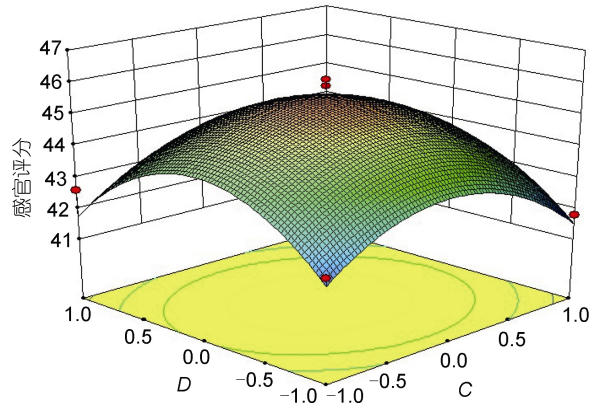


图 10 烟熏时间和成熟时间的交互作用

Fig.10 The interaction of smoking time and the maturation time

3.71%。这与李梦娇等(2012)和刘志峰等(2002)对紫贻贝一般营养成分(水分 76.22%, 灰分 2.43%, 粗蛋白 10.80%, 粗脂肪 2.47%; 水分 71.32%, 灰分 2.89%, 粗蛋白 15.82%、粗脂肪 6.08%)的研究结果相近, 而

庆宁等(2000)对另一属的翡翠贻贝(*Perna viridis*)营养成分的研究结果显示: 水分 82.27%、灰分 1.51%、粗蛋白 9.27%、粗脂肪 2.43%, 也与本研究结果相近, 从而验证了本研究结果的可靠性。

3.2 理化因子对产品品质影响的研究

3.2.1 腌制盐水浓度 腌制包括盐渍和熟成两个阶段。盐渍是将食盐渗入食品中,同时将部分水分从食品中除去,从而降低食品的水分活度,进而起到延长食品贮藏期,改善其质地的作用(夏启泉等,2006)。由于微生物和食品组织蛋白酶类的作用,在较长时间的盐渍过程中食品逐渐失去原有的组织形态,肉质逐渐变软,氨基酸氮含量逐渐增加,形成腌制食品特有的风味,此即为食品的熟成(张会丽,2009)¹⁾。

本研究中,腌制阶段的最佳工艺参数为盐水浓度 15‰, 盐水温度 4℃ 以下, 浸渍时间 15—30s, 盐水浸渍时间相对较短, 仅完成盐渍阶段, 以达到改善贝肉质地的作用。在同类研究中, 李梦娇等(2012)对贻贝的研究表明, 最佳食盐浓度为 12%; 律佳雪等(2007)的研究结果表明, 加盐量 11%, 腌制温度 10℃, 腌制时间 22h 条件下, 风味醉鱼的品质最佳; 章银良(2009)的研究结果显示, 食盐浓度 10%, 腌制温度 16℃, 腌制时间 6h 得到的腌鱼品质较好。综上可知, 低盐腌制条件有利于得到高品质腌制产品。

3.2.2 烟熏温度和时间 烟熏的目的是使食品脱水, 提高食品的硬度, 赋予食品特有的香味, 改善食品的颜色, 且起到杀菌防腐和抗氧化的作用, 进而延长产品的保质期(汤定明, 2007)。

本研究中, 烟熏温度和时间最佳工艺参数值为 25℃ 和 1h。在关于畜牧类动物的研究中, 杨书珍等(2009)的研究结果表明烟熏温度 65℃, 持续时间 30min 时, 烟熏效果最好; 在关于水产动物的研究中, 王宏海等(2009)认为烟熏鲑鱼圈的最佳烟熏工艺条件为烟熏温度 41.2℃, 烟熏时间 38.1min。综上所述, 本研究的最佳烟熏温度和时间与这 2 个研究结果均有较大差异, 笔者认为造成此种差异的原因可能是贻贝肉与其质构不同引起的。而另一个有关贻贝的研究(李梦娇等, 2012)结果表明烟熏风味贻贝加工的最佳熏制温度 55℃, 熏制时间 3.5h, 本研究与其研究结果差异更大, 造成此种差异的原因是其研究采用烟熏液浸泡法, 而本文使用木粒闷烧发烟法。

3.2.3 成熟时间 关于成熟的作用和意义, 前文 2.2.3 已述及。本研究中, 因同批贻贝肉差异不大, 故仅确定温度即可。本研究的结果为, 在温度 20℃ 条件下, 成熟时间为 2—3h 时, 贻贝肉的产品品质较

高。在其它水产动物的研究中, 章银良等(2010)的研究结果表明: 在腌制液中添加 0.4% 风味蛋白酶作用 2h 后再用间歇微波处理 1min, 使得腌鱼制品产生了多达 60 多种的挥发性风味化合物, 大大改善了鱼制品的风味, 提高了腌鱼产品的风味品质; 而刘昌华等(2012)的研究则较为深入, 其结果显示: 鲈鱼肌肉风干成熟过程中总脂肪含量显著降低($P < 0.05$), 中性脂质、磷脂含量在加工过程中显著下降($P < 0.05$), 游离脂肪酸(FFA)含量显著上升($P < 0.05$); 酸性脂肪酶、中性脂肪酶和磷脂酶活力在加工过程中总体上都呈显著下降趋势($P < 0.05$), 且磷脂酶活力下降幅度最大, 中性脂肪酶活力始终显著高于其它两种酶($P < 0.05$); 而 LOX 活力持续下降, POV 和 TBARS 值在整个加工过程中都呈现先增大后减小的变化趋势。上述结果表明, 成熟时间是生产优质产品的关键因子。

4 结论

在单因素实验的基础上, 通过响应面分析法获得最佳优化工艺参数, 即盐水浓度 17.0‰、烟熏温度 25℃、烟熏时间 1h、成熟时间 2.5h。在此工艺下条件生产的冷熏贻贝肉不仅色泽金黄, 滋味鲜美独特, 并具有贻贝特有的风味和浓郁诱人的烟熏味, 口感好, 而且更加安全卫生, 产品质量优质, 其中的贝类毒素、3,4-苯并芘、致病菌及菌落总数等重要指标均达到进入国际市场的要求。

利用贻贝为原料生产冷熏调理贻贝, 不仅可为人们提供一种色香味俱佳的食物, 提高企业的经济效益, 也可为贻贝的深加工和综合利用提供理论参考。

参 考 文 献

- 王兴礼, 2005. 淡水鱼烟熏制品的加工工艺研究. 水产品加工, (12): 71—72
- 王宏海, 戴志远, 张虹等, 2009. 改善烟熏鲑鱼圈色泽的工艺研究. 食品与发酵工业, 35(6): 91—95
- 王宏海, 戴志远, 翁丽萍, 2008. 感官评定在养殖大黄鱼烟熏加工研究中的应用. 食品与发酵工业, 34(7): 34—36
- 王维香, 吉云秀, 1998. 海鲜调味料的研制. 中国调味品, (5): 20—21, 25
- 王新禄, 2000. 烟熏烧烤类食品对人体健康的危害. 肉品卫生, (4): 41
- 王嘉祥, 1996. 贻贝加工技术. 北京: 农业出版社, 1—2

1) 张会丽, 2009. 风鱼腌制风干成熟工艺及其蛋白质水解规律的研究. 南京: 南京农业大学硕士学位论文, 1

- 田泱源, 李瑞芳, 2010. 响应面法在生物过程优化中的应用. 食品科学, 31(2): 8—11, 53
- 任娇艳, 赵谋明, 崔春等, 2006. 基于响应面分析法的草鱼蛋白酶解工艺. 华南理工大学学报(自然科学版), 34(3): 95—100
- 任婷婷, 董秀萍, 朱蓓薇等, 2010. 响应面法优化海参胶原蛋白肽的制备条件. 食品与机械, 26(3): 120—123
- 庆宁, 林岳光, 金启增, 2000. 翡翠贻贝软体部营养成分的研究. 热带海洋, 19(1): 81—84
- 刘志峰, 李桂生, 2002. 紫贻贝营养成分的分析及重金属的检测. 烟台大学学报(自然科学与工程版), 15(2): 147—150
- 刘昌华, 章建浩, 王艳章, 2012. 鲈鱼风干成熟过程中脂质分解氧化规律. 食品科学, 33(5): 13—18
- 汤定明, 2007. 肉制品加工中的烟熏技术. 肉类研究, (2): 36—37
- 孙平, 2005. 食品分析. 北京: 化学工业出版社, 74—218
- 孙萍萍, 王颀, 孙剑锋等, 2010. 响应面法对缙蛭粗多糖提取工艺的优化. 水产科学, 29(4): 203—207
- 李庐峰, 张农, 1996. 贻贝保鲜加工与综合利的现状及展望. 福建水产, (3): 75—80
- 李桂生, 刘志峰, 2002. 紫贻贝营养成分的分析及重金属的检测. 烟台大学学报(自然科学与工程版), 15(2): 147—150
- 李海波, 赵长江, 段品芹等, 2012. HACCP体系在冷熏调理贻贝肉生产中的应用研究. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 31(5): 414—419
- 李梦娇, 王燕芳, 胡静等, 2012. 烟熏风味贻贝加工工艺的研究. 安徽农业科学, 40(11): 6507—6509
- 杨书珍, 丁力, 罗婧敏等, 2009. 低温肉制品的烟熏工艺研究. 食品科技, 34(10): 126—129
- 尚永彪, 吴金凤, 夏杨毅等, 2009. 农家腊肉冷熏加工过程中挥发性风味物质的变化. 食品科学, 30(17): 79—83
- 赵建, 陈昆慈, 朱新平等, 2011. 高体革鰂肌肉营养成分的分析与评价. 大连海洋大学学报, 26(1): 93—96
- 律佳雪, 陈运中, 2007. 风味醉鱼生产过程中腌制条件的优化研究. 食品科技, (7): 11—13
- 夏启泉, 陈忠明, 鲁茂林等, 2006. 腌制和炸制工艺对酥焙鲫鱼品质的影响. 现代食品科技, (1): 133—135
- 章银良, 2009. 基于响应面分析法优化腌鱼工艺研究. 安徽农业科学, 37(7): 3234—3236
- 章银良, 姜春鹏, 2010. 加速腌鱼风味成熟新技术的研究. 中国调味品, 35(6): 111—114, 117
- 韩建春, 闫莉丽, 陈成, 2007. 冷熏虹鳟鱼生产工艺研究. 肉类研究, (11): 36—38

A METHOD OF OPTIMIZING THE PRODUCTION PROCESS OF THE COLD SMOKED MUSSEL OF *MYTILUS* sp.

LI Hai-Bo¹, ZHAO Chang-Jiang², YUAN Heng-Yao², CHENG Guo-Fang³, DUAN Pin-Qin²
(1. Zhejiang International Maritime College, Zhoushan, 316021; 2. Zhoushan Jiahejia Smoked Food Co., Ltd., Zhoushan, 316015; 3. Ocean and Fishery Bureau of Zhoushan City, Zhoushan, 316000)

Abstract On the basis of one-factor-at-a-time experiments, with fresh mussel *Mytilus* sp. as raw materials, Box-Behnken design (BBD) and response surface methodology (RSM) were applied to explore the effects of brine concentration, smoked temperature, smoked time and maturation time on sensory evaluation of mussel processing products. The results show that: the optimum process parameters marinated with brine concentration 17.0%Be, smoked temperature of 25°C, smoked 1h, maturation time 2.5h. In the production process under this conditions, the color of the cold smoked meat was golden flavor, taste delicious and unique.

Key words mussel *Mytilus* sp.; smoked; response surface methodology; process optimization