

响应面法优化鱼糜肉纸制作工艺

戴阳军¹, 胡 舰², 周 莹², 陈梦露¹

(1. 常熟理工学院 生物与食品工程学院, 江苏 常熟 215500; 2. 扬州大学 旅游烹饪学院, 江苏 扬州 225127)

摘要: 以冷冻鱼糜为原料, 在单因素实验的基础上, 选择切片厚度、热风时间、微波时间这3个因素设计 Box-Behnken 优化实验, 在感官评价为指标的基础上, 采用响应面法优化鱼糜肉纸制作工艺。结果表明: 鱼糜肉纸最佳制作工艺为切片厚度 0.9 mm、热风时间 62 min、微波时间 9 min。此工艺条件下制作的产品口感酥脆、风味独特, 感官评价高达 92.13 分, 是一款老少咸宜的新型休闲食品。

关键词: 鱼糜; 肉纸; 微波膨化; 响应面优化; 烹饪工艺

中图分类号: TS 972.126.1

文献标识码: A

文章编号: 2095-8730(2018)03-0048-06

鱼糜制品以其高蛋白、低脂肪、营养结构合理、安全健康等产品优势而深受消费者喜爱, 如今市场上种类繁多的鱼糜制品在一定程度上能满足各个层面消费者的需要。^[1-3] 但目前有关鱼糜制品的研究大都集中于冷冻鱼糜制品, 如鱼丸^[4]、鱼糕^[5]、鱼面^[6]等, 这类产品被消费者熟知的就是用来作为菜品半成品或者火锅食材, 而以鱼糜为原材料制作的休闲食品还为数不多。

肉纸, 即将肉糜经挤压、捶打再切成薄如纸片的肉制品, 起源于中国台湾地区的猪肉纸, 在口感方面比肉脯更为细腻, 不卡牙, 不涩口, 是一种老少咸宜的休闲食品。关于肉纸的制作工艺, 目前仅见以猪肉^[7]、鸡肉^[8]为原料的研究报道, 尚未见有关鱼糜肉纸制作工艺的相关研究。

微波膨化技术是利用微波的能量到达物料中心转变为热能, 进而促使物料内部水分迅速蒸发产生较高的蒸汽压力, 致使物料膨化的新型食品干燥技术。^[9] 与多数传统设备相比, 微波膨化不仅可以使原料原有的营养成分保留, 提高营养素的消化率, 而且会使淀粉彻底熟化, 使食品内部最终呈现多孔状结构, 增加产品酥脆性,^[10] 更有学者认为微波干燥可以成为冷冻干燥的合适替代品。^[11] 本实验以鱼糜为原料, 采用微波膨化技术制作鱼糜肉纸, 以响应面法优化其制作工艺, 旨在开发一款口感酥脆、风味独特的新型鱼糜休闲食

品, 在丰富了休闲食品种类的同时, 还能提高水产产品的利用率和经济附加值。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

冷冻鱼糜: 中港水产食品有限公司; 味精、白砂糖、黑胡椒: 常熟市莫城镇农贸市场购买; 番茄红素色素: 郑州天宇食品配料有限公司; 木薯变性淀粉: 万利达生物科技有限公司。

1KW-6KW 微波真空干燥机: 上海隆誉微波设备有限公司; CD7465 电子分析天平: 赛多利斯电子天平有限公司; BCD-196KF 冰箱: 青岛海尔股份有限公司; KA-1000 多功能厨师机: 广东上豪厨具有限公司; R2011-0199 高温反压蒸煮锅: 湖北永大换热设备有限公司; LC-QRJ01 电动切片刀: 顺德韩泰电器有限公司; TA.XTC 质构仪: 上海保圣科技有限公司; WGL-230B 电热鼓风干燥箱: 天津市泰斯特仪器有限公司; Palux 1011QL 万能蒸烤箱: 北京太阳河贸易有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 工艺流程

加辅料
↓
鱼糜解冻→搅拌→静置→压制成型→蒸煮→速冻→切片→热风干燥→微波膨化→包装

收稿日期: 2018-06-11

作者简介: 戴阳军(1972-) 男, 江苏盐城人, 常熟理工学院生物与食品工程学院副教授, 从事农产品加工研究;

胡 舰(1994-) 男, 湖北潜江人, 扬州大学旅游烹饪学院硕士研究生, 从事烹饪工艺标准化研究。

1.2.2 操作要点

鱼糜解冻: 取冷冻鱼糜置于流水中冲洗 20 min 至解冻完全, 备用。

搅拌: 以鱼糜重量为基准计算, 称取辅料味精 0.6%、白砂糖 2%、黑胡椒 4%、木薯变性淀粉 5%、番茄红食用色素适量。添加木薯变性淀粉能显著提升鱼糜制品的持水性和凝胶强度。^[12] 然后再用厨师机将鱼糜和辅料混合均匀。

静置、压制成型: 将搅拌好的鱼肉用保鲜膜包好, 放进冷藏冰箱中, 静置 3 h, 使鱼肉内部成稳定的状态, 再放入磨具中, 压制成长方体。

蒸煮: 将成型的鱼糜取出, 置于万能蒸烤箱中蒸煮, 设置蒸煮条件为 100 °C、15 min。

速冻: 将蒸熟的鱼糜放入速冻箱中, 设置温度为 -32 °C, 速冻 3~5 h, 速冻一是为了对鱼糜进行二次定型; 二是为了方便切片操作。

切片: 用切片机切片, 调整切片厚度。

热风干燥: 将切片好的鱼糜片放入鼓风干燥箱中进行干燥, 按照实验要求设定温度、时间, 事实上是调整微波膨化的预留水分。

微波膨化: 将预干燥完成的鱼糜片分批次放入微波隧道中, 设定不同的微波膨化时间。

1.2.3 单因素实验

采用控制变量法进行单因素实验, 以产品感官评价分数为指标, 分别考察切片厚度 (A, 0.5、1.0、1.5、2.0、2.5 mm)、热风干燥温度 (B, 30、40、50、60、70 °C)、热风干燥时间 (C, 20、25、30、35、40 min)、微波膨化时间 (D, 5、10、15、20、25 min) 这 4 个因素对鱼糜肉纸产品品质的影响, 固定参数为: 切片厚度 1.5 mm、热风干燥温度 50 °C、热风干燥时间 30 min、微波膨化时间 15 min。

1.2.4 响应面实验设计

为确定鱼糜肉纸的最佳制作工艺条件, 以单因素实验的结果为依据, 选择切片厚度、热风时间、膨化时间这 3 个影响较为明显的因素为自变量, 以鱼糜肉纸感官评价分数 (Y) 为响应值, 设计响应面优化实验组合, 因素水平见表 1。

1.3 测定方法

1.3.1 感官评价方法

邀请 10 位接受过专业培训的食品专业学生组成感官评价小组,^[13] 参考邓昌俊等^[14] 的评价方法设计鱼糜肉纸感官评价标准。分数采用百分制, 每个样品评定 3 次, 计算结果取平均值 (保留

2 位小数)。评分标准见表 2。

表 1 响应面设计因素及水平

因素	工艺条件	水 平		
		-1	0	1
A	切片厚度 (mm)	0.5	1.0	1.5
B	热风时间 (min)	50	60	70
C	微波时间 (min)	10	15	20

表 2 鱼糜肉纸感官评分标准

指标	评分标准	分值
外观 (30 分)	鱼糜肉纸表面平整不卷曲, 完整无明显破碎	21~30
	鱼糜肉纸边缘略有卷曲, 部分区域破碎	11~20
	鱼糜肉纸卷曲明显、有重叠, 破碎明显	1~10
质地 (30 分)	酥脆可口, 不卡牙, 硬度适中	21~30
	口感适中、不卡牙, 较酥脆, 偏硬或偏软	11~20
	口感干涩、卡牙, 无酥脆感, 过硬或过软	1~10
气味 (20 分)	鱼香味浓郁、无糊味, 整体香气协调	15~20
	略有鱼香味, 无明显糊味, 整体香气较协调	7~14
	鱼香味不明显, 整体香气不协调, 有异味	1~6
色泽 (20 分)	色泽黄亮偏红, 色调一致无色差	15~20
	色泽呈黄白色、略有光泽, 有部分色差	7~14
	色泽呈土黄色或过红, 暗淡无光泽、色差明显	1~6

1.3.2 数据处理

使用 IBM SPSS Statistics 21.0 进行统计分析, 用 Origin 7.5 及 Design - Expert 8.0 进行制图、实验设计与分析。

2 结果与分析

2.1 单因素实验

2.1.1 切片厚度对鱼糜肉纸品质的影响

由图 1 可知, 在固定其他条件的情况下, 随着鱼糜肉纸切片厚度的逐渐增加, 鱼糜肉纸的感官评分呈先增大后逐渐下降的趋势。当切片厚度为 1.0 mm 左右时, 产品的感官评分开始下降。这是因为若厚度太薄, 会增加产品表面卷曲和破碎的概率, 影响了产品的整体品质, 若厚度过厚, 产品水分含量相对较大, 不利于达到膨化完全的状态,

色泽变化也较小,不易达到成熟状态。所以,确定最佳切片厚度为0.5~1.5 mm。

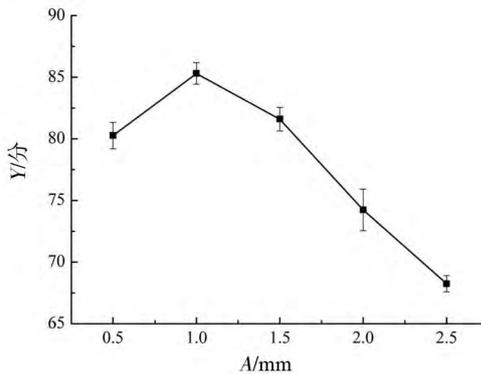


图1 切片厚度对鱼糜肉纸品质的影响

2.1.2 热风时间对鱼糜肉纸品质的影响

由图2可知,随着热风干燥时间的逐渐延长,鱼糜肉纸的感官评分先增加,达到最大值后开始呈下降趋势。当热风干燥时间达到60 min左右时,鱼糜肉纸产品的感官评分开始下降。热风干燥的目的是控制切片的肉纸进入微波膨化时的预留水分,合适的水分含量有利于鱼糜片膨化。^[15]所以,本实验最终选择的最佳热风干燥时间为50~70 min。

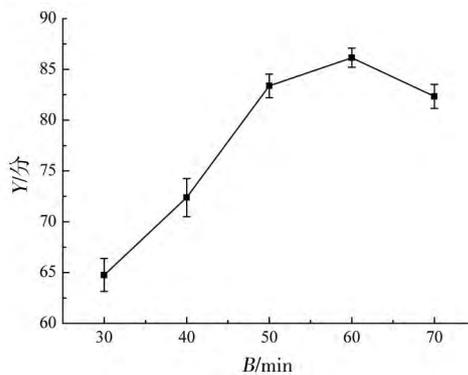


图2 热风时间对鱼糜肉纸品质的影响

2.1.3 热风温度对鱼糜肉纸品质的影响

由图3可知,在热风干燥温度为30~70℃范围内,鱼糜肉纸感官评分呈先增加后下降的趋势,热风温度过低,产品预干燥时间太长,影响生产效率,温度过高,会使鱼糜肉纸预干燥不均匀,且有部分焦糊。但综合来看,5组数据的极差R仅为12.82,总体变化不大,所以热风温度对于产品品质的影响较小,无需列入下一步优化范围。最终确定最佳热风温度为50℃。

2.1.4 微波时间对鱼糜肉纸品质的影响

由图4可知,随着真空微波膨化时间的增加,

鱼糜肉纸的水分逐渐蒸发,内部产生空隙,形成酥脆的口感和特殊的鱼香风味,其感官评分呈先增加后降低的趋势,而且趋势明显。微波膨化过程中,微波的热量使鱼糜肉纸内部的水分迅速蒸发,使得其内部产生较高的压力,促使鱼糜肉纸体积膨胀,而表面水分的蒸发使得鱼糜表面发生收缩行为,膨胀、收缩这两种相反的变化趋势使得鱼糜肉纸产生膨化效果,形成酥脆口感。当微波膨化时间大于15 min时,因为微波时间较长,产品质地变得干硬、色泽变暗淡甚至焦糊,失去了原有的风味,因此感官评分陡降。所以,选择最佳的微波时间为10~20 min。

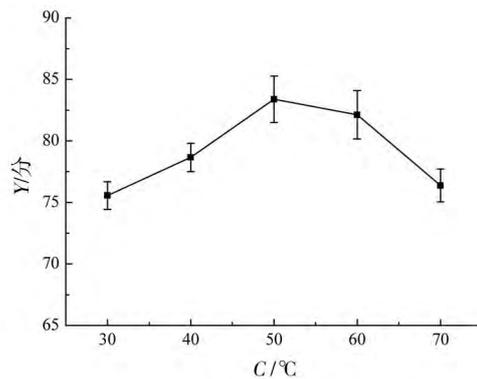


图3 热风温度对鱼糜肉纸品质的影响

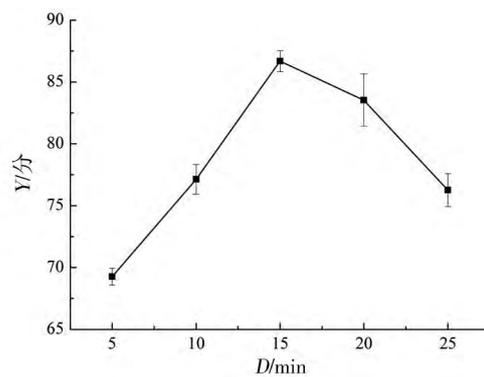


图4 微波时间对鱼糜肉纸品质的影响

2.2 响应面优化鱼糜肉纸制作工艺

2.2.1 响应面优化设计及结果

由单因素实验结果可知,4个因素中,热风干燥温度的极差最小,R仅为12.82,说明热风温度对鱼糜肉纸产品的影响较小。故本实验以A、B和C这3个对产品品质影响较大的因素为自变量,采用Box-Behnken中心组合试验设计成3因素3水平实验,实验结果见表3。

表3 Box - Behnken 设计方案及结果

实验编号	A/mm	B/min	C/min	Y
1	-1	-1	0	74.34
2	0	-1	-1	72.42
3	-1	0	1	73.26
4	-1	1	0	78.73
5	1	0	-1	72.81
6	0	1	1	72.68
7	0	0	0	90.24
8	1	-1	0	74.26
9	0	0	0	88.92
10	0	0	0	90.13
11	1	1	0	75.67
12	-1	0	-1	74.21
13	0	0	0	89.87
14	0	1	-1	72.08
15	1	0	1	69.57
16	0	-1	1	68.69
17	0	0	0	91.18

2.2.2 模型建立与方差分析

应用 Design Expert 8.0 软件对表 3 的数据进行多元回归拟合,可得出鱼糜肉纸感官评价与 3 个因素之间的多元多项二次回归拟合模型,其回归方程如下:

$$Y = 90.07 - 1.03A + 1.18B - 0.91C - 0.75AB - 0.57AC + 1.08BC - 6.66A^2 - 7.66B^2 - 10.94C^2$$

对鱼糜肉纸制作工艺模型进行方差分析和显著性检验,结果见表 4。

由表 4 可得,所构模型极显著 ($P < 0.0001$),而失拟项不显著 ($P > 0.05$),说明该回归方程拟合程度良好,此模型能很好地表示切片厚度(A)、热风时间(B)和微波时间(C)和鱼糜肉纸感官评价之间的关系;此外,方差 $R^2 = 0.9965$,调整系数 $R^2_{Adj} = 0.9919$,可见上述模型可以解释响应面中 99.19% 的可变性,说明该方程具有良好的可信度,预测值与真实值间的相关性很高,可以用于鱼糜肉纸的实际生产。由 F 值的大小可知,3 个因素对鱼糜肉纸品质的影响程度由大到小依次为 B、A、C,其中一次项 A、B、 A^2 、 B^2 、 C^2 影响极显著 ($P < 0.01$),C、BC 影响显著 ($P < 0.05$),而交互项 AB、AC 则影响不显著 ($P > 0.05$)。

表4 回归方程检验与方差分析

方差来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值	显著性
模型	1 075.78	9	119.53	218.99	<0.0001	**
A	8.47	1	8.47	15.51	0.0056	**
B	11.16	1	11.16	20.45	0.0027	**
C	6.69	1	6.70	12.27	0.0100	*
AB	2.22	1	2.22	4.07	0.0835	
AC	1.31	1	1.31	2.40	0.1651	
BC	4.68	1	4.69	8.59	0.0220	*
A^2	186.84	1	186.84	342.33	<0.0001	**
B^2	246.83	1	246.83	452.22	<0.0001	**
C^2	504.29	1	504.30	923.95	<0.0001	**
残差	3.82	7	0.54			
失拟项	1.19	3	0.39	0.61	0.6453	
纯误差	2.63	4	0.657			
总变异	1 079.59	16				
$R^2 = 0.9965$						
$R^2_{Adj} = 0.9919$						

**表示差异极显著 ($P < 0.01$); *表示差异显著 ($P < 0.05$)。

2.2.3 响应曲面及等高线分析

由方差分析可以得出各因素之间交互作用对鱼糜肉纸产品感官评价影响的显著性,而通过回归方程绘制 3D 曲面图及等高线可表达各实验变量交互作用对响应值的影响大小。3D 曲面坡度越陡,等高线越密集,说明交互作用对鱼糜肉纸感官评分的影响越大。^[16]各因素两两交互作用对鱼糜肉纸品质的影响如图 5 所示。

观察图 5 可知,图 5(c) 的 3D 响应曲面坡度在 3 组图中表现得最为陡峭,而且等高线数目达到了 6 条,最为密集并呈椭圆形,说明热风干燥时间与微波膨化时间的交互作用对鱼糜肉纸品质的影响高于其余两项交互作用,鱼糜肉纸的感官评价分数在一定范围内随着热风干燥时间和微波膨化时间的延长而升高。其原因是鱼糜中的蛋白质、糖类在微波的热量之下发生美拉德反应,而使产品获得特殊的香气和色泽。图 5(b) 的响应曲面最为平缓,等高线也较稀疏,说明当热风干燥时间一定时,微波膨化时间与切片厚度的交互作用对鱼糜肉纸感官评价影响较小。图 5(a) 的曲面陡峭程度与等高线数目均居中,当切片厚度固定时,感官评价随热风干燥时间的延长呈先快速升高后缓慢下降的趋势,原因是水分过度散失使得

肉纸硬度增大,影响口感。响应面分析结果显示与表4的方差分析相吻合。

2.2.4 最佳工艺及验证实验

利用软件对回归方程偏导求解,选出鱼糜肉纸感官评分最高时的制作工艺,可得出以下结论:切片厚度0.92 mm、热风时间61.78 min和微波时间9.42 min时,感官评分预测值最高为91.27

分。结合实际生产情况可将工艺修正为:切片厚度0.9 mm、热风时间62 min和微波时间9 min。在此工艺条件下进行3次重复实验,以验证模型预测值的稳定性,得到鱼糜肉纸产品的感官评分为92.13分,与预测值基本一致,相对误差仅0.93%。综上,说明本实验构建的模型与实际情况拟合程度良好,所得的最佳工艺具备可行性。

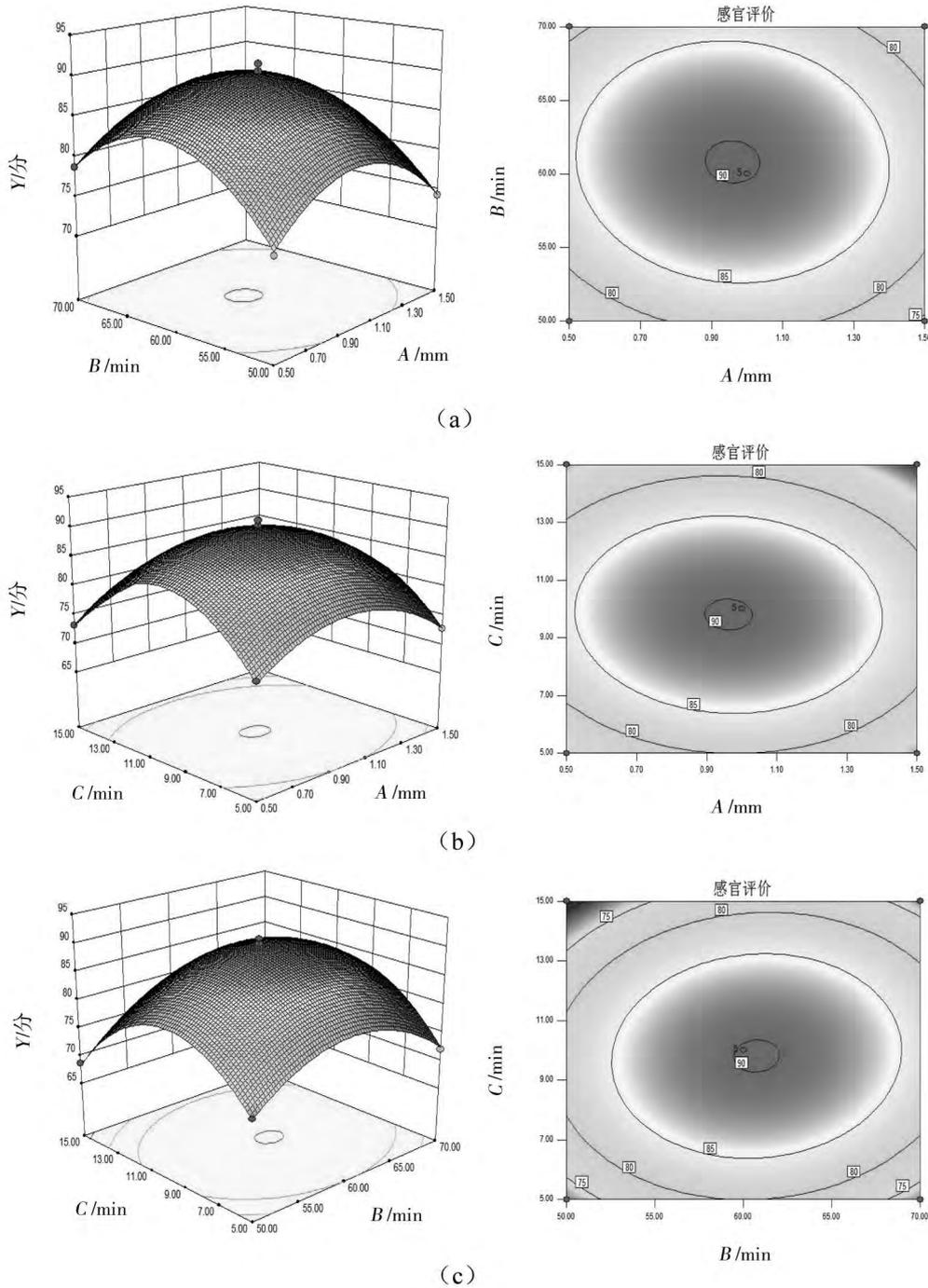


图5 各因素交互作用对鱼糜肉纸品质的响应面图

3 结论

实验以冷冻鱼糜为原料,采用微波膨化技术制作鱼糜肉纸,以单因素实验结合响应面法优化其制作工艺,所得鱼糜肉纸感官评价与各因素的多项二次回归模型极显著($P < 0.001$),在模型求解的基础上进行适当修正,最终确定鱼糜肉纸最佳制作工艺为:切片厚度 0.9 mm、热风时间 62 min 和微波时间 9 min。经过重复实验验证,此工艺条件下制作的鱼糜肉纸产品表面平整不卷曲,口感酥脆、不卡牙,具有独特的鱼香风味,整体感官评价高达 92.13 分,与预测值基本一致,是一款老少咸宜的新型休闲食品。可见通过实验所构模型能显著提高鱼糜肉纸产品的食用品质,本研究不仅丰富了休闲食品种类,还对如何提高水产品的利用率和经济附加值具有一定指导意义。

参考文献:

- [1] 顾晓慧,殷邦忠,王联珠,等.我国冷冻鱼糜生产及标准现状分析[J].食品科学,2014,35(23):303-307.
- [2] 米红波,王聪,仪淑敏,等.淀粉在鱼糜制品中的应用研究进展[J].食品与发酵工业,2018(1):291-295.
- [3] SHAVIKLO A R, RAFIPOUR F. Surimi and surimi seafood from whole ungutted myctophid mince [J]. LWT - Food Science and Technology, 2013, 54(2):463-468.
- [4] 师文添.速冻调理香菇木耳鱼丸的工艺研究[J].食品工业,2016(7):129-132.
- [5] 郑秀丽.橄榄鱼糕的加工工艺研究[J].肉类工业,2017(9):15-18.
- [6] 何江红,丁捷,黄益前,等.响应面法优化速冻青裸鱼面鱼糜加工工艺[J].美食研究,2017,34(4):42-47.
- [7] 庄沛锐,邢彦纯,陈楚锐.一种猪肉纸的加工工艺:CN, CN101904512 A[P].2010.
- [8] 代显卓.阿拉伯胶和抗坏血酸钙在鸡肉纸中应用研究[D].合肥:合肥工业大学,2017.
- [9] 王卫东,杨毅,刘全德,等.微波膨化猕猴桃脆片工艺的优化[J].食品工业科技,2014,35(20):299-302.
- [10] 赵颖,申莉丽,姜雯翔,等.3种膨化方式处理对萌芽糙米品质的影响[J].食品与发酵工业,2016,42(3):150-155.
- [11] LENAERTS S, BORGHT M V D, CALLENS A, et al. Suitability of microwave drying for mealworms (*Tenebrio molitor*) as alternative to freeze drying: Impact on nutritional quality and colour [J]. Food Chemistry, 2018, 254:129-136.
- [12] 李丹辰,陈丽娇,梁鹏,等.木薯淀粉与木薯变性淀粉鱼糜加工性质的影响[J].中国粮油学报,2014,29(8):60-64.
- [13] 胡舰,要志宏,张琛,等.鄂式熏肉辣椒酱的制作工艺[J].中国调味品,2018,43(4):140-143.
- [14] 邓昌俊,郑心怡,沈瑾烨,等.响应面法优化低温真空油炸鱼糜脆片加工工艺[J/OL].食品工业科技,2018(15):181-188.[2018-03-06].http://kns.cnki.net/cslg.vpn358.com/kcms/detail/11.1759.TS.20180306.1720.006.html.
- [15] 汪兰,付晓燕,史兆龙,等.微波膨化淡水鱼糜脆片的工艺[J].食品与生物技术学报,2016,35(10):1045-1052.
- [16] 唐英明,徐丹,辛松林,等.响应面法优化秋葵马芬的制作工艺[J].美食研究,2018,35(2):39-43.

Optimization of surimi meat paper production technology by response surface methodology

DAI Yangjun¹, HU Jian², ZHOU Ying², CHEN Menglu¹

(1. School of Biotechnology and Food Engineering, Changshu Institute of Technology, Changshu, Jiangsu 215500, China;

2. School of Tourism and Culinary Science, Yangzhou University, Yangzhou, Jiangsu 225127, China)

Abstract: Taking frozen surimi as raw material, with three factors, slice thickness, hot air time and microwave time, the Box-Behnken experiment design was exploited for processing condition optimization on the basis of single-factor experiments. The results showed that the best production process of the surimi meat paper was 0.9mm of slice thickness hot aired for 62min and microwaved for 9min. The surimi meat paper product made under this process condition had unique taste, with a sensory score as high as 92.13.

Key words: surimi; meat paper; microwave expansion; response surface optimization; cooking process

(责任编辑:赵勇)