

文章编号: 1673-1689(2011)04-0500-06

猪肉、脂肪以及淀粉含量对鱼肉肠品质的影响

吴港城¹, 张 慇^{*1}, 陈卫星²

(1. 江南大学 食品科学与工程国家重点实验室, 江苏 无锡 214122; 2. 江苏省山水食品有限公司, 江苏 宝应 225800)

摘 要: 作者主要利用响应面(RSM)研究脂肪、猪肉含量和淀粉的添加量对鱼肉肠产品品质的影响。鱼肉肠产品品质主要通过感官评定和质构来衡量。结果表明, 淀粉对鱼肉肠的硬度和咀嚼性具有显著性影响, 对鱼肉肠的内聚性和弹性影响较小。随着脂肪含量的减少, 鱼肉肠的硬度、咀嚼性和弹性都在增大。猪肉和鱼糜的质量比增大, 导致鱼肉火腿的质构和风味发生变化。经过 RSM 优化后参数为, 淀粉质量分数 8.8%, 脂肪质量分数 7.8%, 猪肉和鱼肉的质量比为 1:4。

关键词: 鱼肉肠; 淀粉; 猪肉; 脂肪; 品质

中图分类号: TS 251.65

文献标识码: A

Effect of Content of Pork, Fat and Starch on Quality of Fish Sausages

WU Gang-cheng¹, ZHANG Min^{*1}, CHEN Wei-xing²

(1. Key Laboratory of Food Science and Safety, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 2. Jiangsu Province Shanshui Food Co., Baoying 225800, China)

Abstract: Surface Response Methodology (RSM) was used to simultaneous analysis the content of pork, fat, starch on the quality of fish sausage in this study. Fish Sausage quality was determined by measuring textural and sensory acceptability. The results showed that starch addition significantly increased hardness and chewiness but has less effect on the springiness and cohesiveness. It was found that hardness, springiness and chewiness values increased with the decreasing of fat reduction. The textural and overall flavor of fish sausage was affected by increasing the proportion of meat and surimi. The optimized parameters are 8.8% starch, 7.8% fat and the proportion of meat and surimi 1:4 by RSM.

Key words: fish sausages, starch, pork, fat, quality

鱼肉火腿是以鱼糜为主要原料, 同时添加其他辅料加工而成的高营养食品。作者以白鲢鱼糜为主要原料。白鲢是常见的一种淡水鱼, 分布于中国之中部与南部的大型江河或湖泊。白鲢易于繁殖、产量大, 并且市场销售价格便宜, 鲢鱼肉中含有丰

富的二十碳五烯酸(EPA)、二十二碳六烯酸(DHA), 其含量与某些海鱼肉相近。鱼肉中还含有人体所必须的 8 种氨基酸和多种矿物元素, 例如钙、镁、磷、钾、钠以及硒、锌和铁等必需微量元素^[1-2], 是营养价值较高的动物性食品。脂肪是火

收稿日期: 2010-11-01

基金项目: 国家 863 计划重点项目(2007AA100406-1)。

* 通信作者: 张 慇(1962-), 男, 浙江平湖人, 工学博士, 教授, 博士研究生导师, 主要从事农产品加工与贮藏研究。Email: min@jiangnan.edu.cn

腿肠的重要组成部分,也是人体的重要构成部分。第一:从生理学角度来说,脂肪是必需脂肪酸和脂溶性维生素的来源;第二:脂肪可以对火腿肠中的风味、质构、润滑性和咀嚼性等产生影响,最终影响产品的可接受性和质量。如果添加过量的脂肪,会给火腿带来出油和脂肪氧化等缺点^[3]。但是脂肪添加太少,会导致火腿肠的硬度上升,口感就会干涉发硬,同时还会使火腿的表面硬化。所以适量的脂肪添加会给火腿带来润滑的口感^[4]。淀粉或变性性淀粉应用在火腿肠中,不但可以影响火腿肠的咀嚼性和硬度,而且具有非常好的膨胀性,增加产品的口感^[5-6]。

作者研究鱼肉肠中添加淀粉、脂肪及猪肉的含量,对鱼肉火腿肠的质构和感官评定的影响。并且通过响应面(RSM)分析各个变量同时对鱼肉肠产品品质的影响,最终确定最优的参数。

1 材料与 方法

1.1 材料与试剂

白鲢:购买于江苏无锡市水产品市场;猪肉:购买于江苏无锡雪浪菜场;淀粉和调味料:购买于江苏无锡市欧尚超市;亚硝酸钠:国药集团化学试剂有限公司产品;硝酸钠:国药集团化学试剂有限公司产品;多聚磷酸钠:中国药学(集团)上海化学试剂公司产品;焦磷酸钠,十水:国药集团化学试剂有限公司产品。

1.2 仪器设备

FA1104 型电子天平:上海天平仪器厂产品;LG,GR-268BTQ 冰箱:LG 电子(中国)有限公司产品;C/E22 型绞肉机:意大利 La Minerva and Omega 公司产品;CM-14 型斩拌机:西班牙 MAINLA 公司产品;EM-20 型真空灌肠机:西班牙 MAINLA 公司产品;TA-XT2 质构仪:英国 Stable Micro System Co 产品。

1.3 试验方法

1.3.1 试验工艺与实验步骤

1)试验工艺 原料肉→修整→切块、腌制→绞肉→斩拌→真空斩拌→真空灌肠→熟制→杀菌→冷却、包装→贮藏

2)试验步骤

修整:先将原料肉进行清洗,之后对猪肉去骨、筋腱和肌膜等部位,并且将瘦肉和肥肉分开;对鱼肉进行去头、去刺、去内脏和去腥处理。

腌制:将处理好的原料肉,加入腌制盐并且混合均匀。其中以食盐为主,含有硝酸盐、亚硝酸盐、

复合磷酸盐。在腌制过程中温度保持在 2~4℃,腌制时间为 2 d。因为温度低于 2℃时,会显著延缓腌制速度;高于 4℃时,易于引起腐败菌大量生长。

3)真空斩拌:除去斩拌过程中混入组织中的空气。不但可以改善产品的组织结构、防止氧化,而且可以防止在后面的蒸煮过程中产生气泡从而影响火腿肠的品质。

1.3.2 单因素试验 影响鱼肉火腿品质主要有淀粉、脂肪、猪肉和鱼肉的比例和蒸煮以及灭菌条件等。为了考察各因素对鱼肉肠品质的影响,首先进行单因素试验,作者选取了淀粉、脂肪、猪肉和鱼肉的质量比这 3 个因素作为考察因素。其中脂肪质量分数(0、3.5%、7.0%、11%、15%)、淀粉质量分数(2%、4%、6%、8%、10%)和猪肉和鱼肉的质量比例(1:5、1:4、1:3、1:2、1:1)。以鱼肉火腿的质构(包括:硬度、咀嚼性、弹性和内聚性)和感官评定作为试验指标。

1.3.3 响应面试验 通常这 3 种成分是结合在鱼肉火腿肠里面的,而鱼肉火腿的品质可能受到这 3 种成分协同效应的影响。为了达到这样优化的目的,所以用响应面来分析 3 种成分合适的浓度范围,从而达到提高火腿肠的品质的效果。本次试验分别采用 3 个因素 3 个水平,具体如表 1 所示。其中以硬度和感官评定作为响应值。该模型通过二阶经验模型对变量的响应行为进行表征,即:

$$Y = a_0 + \sum_{i=1}^k a_i X_i + \sum_{i=1}^k a_{ii} X_i^2 + \sum_{i < j}^k a_{ij} X_i X_j \quad (1)$$

式中 y 代表系统响应, a_0 、 a_i 和 a_{ii} 分别是偏移项、线性偏移和二阶偏移系数, a_{ij} 是交互效应系数, X_i 是各因素编码值。

表 1 根据实验设计鱼肉肠中各个因素的水平
Tab.1 Levels of variables in fish sausage formulated according to experimental design

水平	因素		
	脂肪 质量分数/%	淀粉 质量分数/%	猪肉与鱼肉 质量比
-1	3.5	6.0	1:5
0	7.0	8.0	1:4
1	11.0	10.0	1:3

1.4 试验指标与测定

1.4.1 质构 本次试验测定质构的指标主要是:硬度、弹性、咀嚼性和内聚性。在 TA-XT2 质构仪上进行测试,先将样品切成 2 cm 的圆柱体,并且利

用 P25 探头,测前、测试、测后速度分别为 2、10、10 mm/s,测定时间间隔为 5 s,压缩比 40%。每样品测定重复 3 次取平均值。

1.4.2 感官评定 分别从外观、质地、风味和色泽对鱼肉火腿肠进行感官评定。其中各项指标应该符合 SB10251—2000 规定,具体指标如表 2 所示。分别邀请 6 个未经训练的品尝人员对产品进行评价,根据感官评定人员的喜好对鱼肉火腿肠进行打分,并且实行 10 分制,10~ 9 分非常喜欢;8~ 7 分喜欢;6~ 5 分一般;4~ 3 分不喜欢;2~ 1 非常不喜欢^[17]。

表 2 火腿肠感官评定指标

Tab.2 Sensory acceptability of fish sausage	
项 目	指 标
外观	肠衣均匀饱满,无损伤,表面干净,密封良好,扎结牢固,肠衣的扎结部位无内容物
色泽	具有产品固有的色泽
质地	组织紧密,有弹性,切片良好,无软骨及其它杂物,无气孔
风味	咸淡适中,鲜香可口,具固有鱼肉风味,无异味

1.5 统计分析

采用 SPSS10.0 对试验数据进行 ANOVA 分析,并且利用 Design Expert 7.0 进行响应面的分析,显著性水平($p < 0.05$)由 TUKEY 多项比较检测确定。

2 结果与讨论

2.1 单因素试验

2.1.1 脂肪质量分数对鱼肉肠品质的影响 在淀粉质量分数 2%,猪肉和鱼肉的质量比为 1:4 的条件下,不同脂肪质量分数对鱼肉肠品质的影响如图 1 和图 2 所示。随着脂肪质量分数的增加,硬度值、咀嚼性和弹性都随之减小,但是内聚性却增加。Bloukas^[17]等在研究中得到相同的结果,脂肪含量低的火腿比脂肪含量高的火腿质构更加的坚硬。因为脂肪在肉中具有润滑和连接作用,并且肉中的肌纤维得活动受到脂肪的影响,从而影响到肉的嫩度和肉制品的质构特性^[8]。

图 3 是脂肪质量分数对感官评定的影响。从图中可以看出,随着脂肪质量分数的增加,感官评分整体呈现增加的趋势,但是并不是脂肪含量越高越好,适量的脂肪确实可以带给产品香味和口感,当质量分数超过 11% 时,口感油腻,难以接受。同

时结合质构的分析,最终脂肪质量分数确定在 3.5%~ 11% 之间。

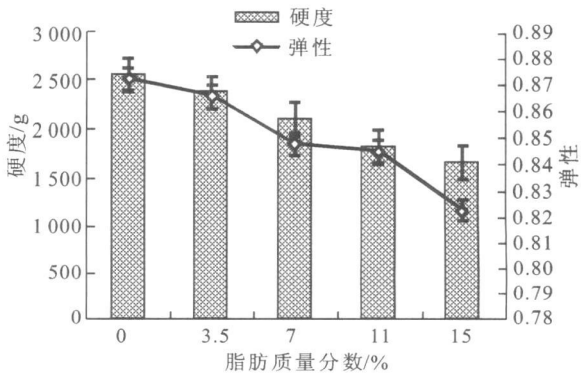


图 1 脂肪质量分数对硬度和弹性的影响

Fig.1 Effect of fat content on hardness and springiness of products

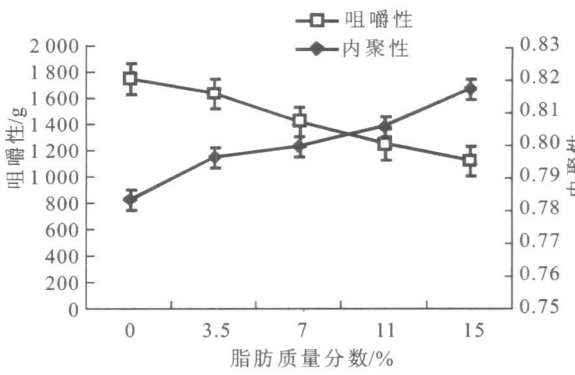


图 2 脂肪质量分数对咀嚼性和内聚性的影响

Fig.2 Effect of fat content on cohesiveness and chewiness of products

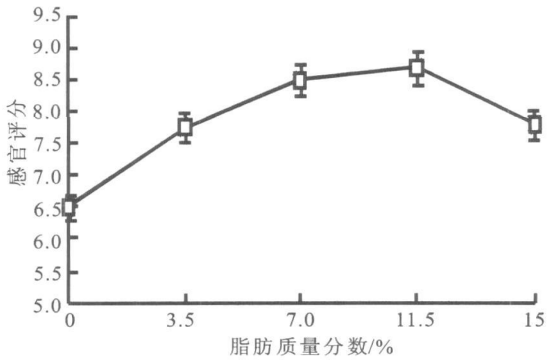


图 3 脂肪质量分数对感官评定的影响

Fig.3 Effect of fat content on sensory acceptability of products

2.1.2 淀粉含量对鱼肉肠品质的影响 在脂肪质量分数 3.5%,猪肉和鱼肉的质量比为 1:4 的条件下,不同淀粉含量对鱼肉火腿品质的影响,如图 4 和图 5 所示。随着淀粉质量分数的增加,硬度和咀嚼性显著的增加;弹性和内聚性都在减小,但是由

图可知变化的趋势不是很明显。淀粉加入到鱼肉肠中, 淀粉能够与肉质品有着较好的交融性, 并且在热处理过程中蛋白质的变形温度低于淀粉的糊化温度, 蛋白质变性在变性时形成的网络状结构, 淀粉开始糊化并且与之前形成的网络状结构相互融合、渗透, 形成更加庞大的融合混合体。使得肉制品内部的水分被固定住, 同时形成良好的组织结构从而增加产品的硬度和咀嚼性^[8]。

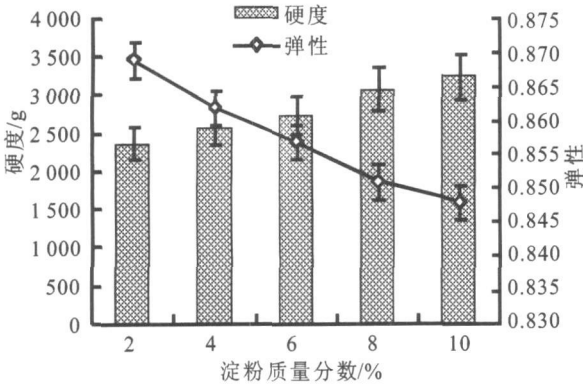


图 4 淀粉质量分数对硬度和弹性的影响

Fig. 4 Effect of starch content on hardness and springiness of products

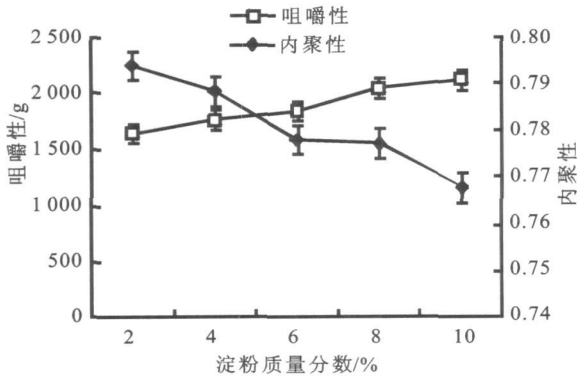


图 5 淀粉质量分数对咀嚼性和内聚性的影响

Fig. 5 Effect of starch content on cohesiveness and chewiness of products

图 6 是淀粉质量分数对感官评定的影响。从图中可以看出, 随着添加淀粉的量增加, 感官评分呈现一直增大的趋势。由前面的质构分析可知, 淀粉增加火腿肠的硬度和咀嚼性也随之增加, 火腿肠的口感得到了改善。综合以上分析, 淀粉的质量分数应不小于 6%。

2.1.3 鱼肉猪肉的质量比对鱼肉肠品质的影响
在淀粉质量分数 2%, 脂肪质量分数 3.5% 的条件下, 不同鱼肉猪肉的质量比对鱼肉肠品质的影响如图 7 和图 8 所示。从图中可以看出, 随着猪肉的比重增大, 鱼肉肠的硬度和咀嚼性都在显著的增加。因为鱼类肌肉的硬度、黏性、弹性等物理性质随着

水分质量分数、脂肪质量分数等重要成分因素而变化, 而鱼肉与猪肉间的物性差别主要取决于肌肉组织特征的差异。一般猪的肌肉比鱼肉硬且富有弹性, 即使这两类肌肉水分含量相同, 其硬度差异也很明显, 鱼肉组织很软且黏性小^[10]。

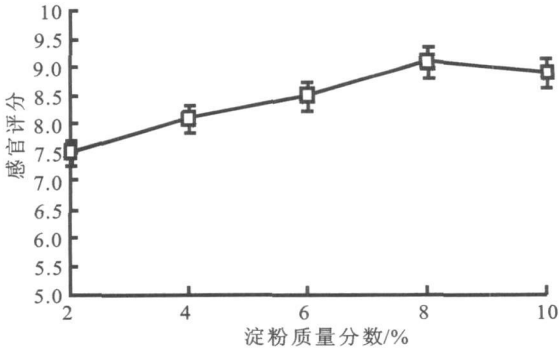


图 6 淀粉质量分数对感官评定的影响

Fig. 6 Effect of starch content on sensory acceptability of products

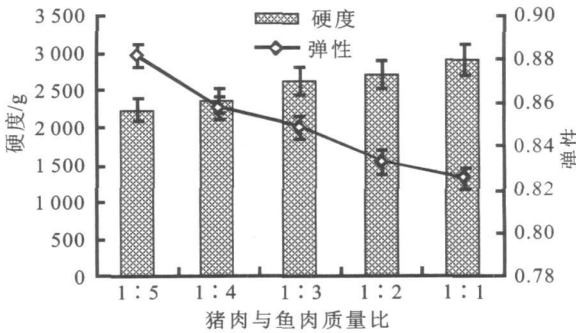


图 7 猪肉鱼肉质量比对硬度和弹性的影响

Fig. 7 Effect of the proportion of meat and surimi on hardness and springiness of products

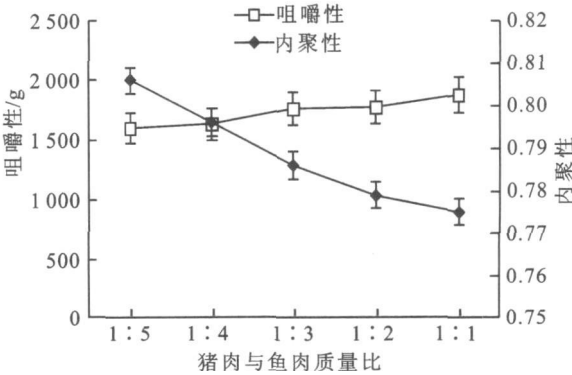


图 8 猪肉鱼肉质量比对咀嚼性和内聚性的影响

Fig. 8 Effect of the proportion of meat and surimi on cohesiveness and chewiness of products

从图 7 和图 8 中还可以看出弹性和内聚性随着猪肉比例的增加而减小。鱼肉含有丰富的蛋白质, 蛋白质及其水化层形成网状结构, 有一定的抵抗外力的能力, 这种抵抗力即表现为鱼肉的弹性^[9]。鱼肉肌肉中盐溶性蛋白质为肌原纤维蛋白质, 是鱼肉

形成弹性凝胶体的主要成分,也是形成制品弹性的重要来源。其中肌肉纤维蛋白质中的肌原纤维的粗丝和细丝在食盐的作用下开始溶解,在溶解的过程中,其主要成分肌球蛋白和肌动蛋白吸收大量的水分并结合形成肌动球蛋白的溶胶。这种溶胶并不稳定,在一定温度下会失去可塑性,形成富有弹性的凝胶体。并且这种凝胶体的形成速度跟温度有关,温度较低时凝胶体形成缓慢,而温度较高时迅速成为凝胶体^[11]。虽然鱼肉在未加热之前,其弹性比猪肉小。但是鱼肉在加热过程中,快速形成凝胶体,使得鱼肉的弹性变大。所以,随着鱼肉比例的减小,鱼肉肠的弹性逐步的减小,从图中的曲线可以看出是缓慢的下降。

图9是感官评分随着猪肉和鱼肉质量比的变化。从图中可以看出当比例超过一定的范围时,此时火腿肠的风味已经很少有鱼肉的风味,而且产品的色泽也偏向猪肉的颜色。最后确定两者的比例在1:3和1:5之间。

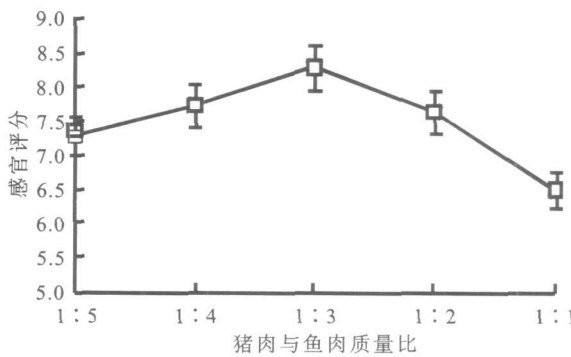


图9 猪肉鱼肉质量比对感官评定的影响

Fig.9 Effect of the proportion of meat and surimi on sensory acceptability of products

2 2 响应面优化各食品成分的含量

2 2 1 模型的建立与方差分析 模型的建立与方差分析,采用 Design Expert 7.0 软件对试验数据进行回归分析,由此可求出影响因素的一次效应、二次效应及其交互效应的关联方程,如方程(1)所示。试验的影响因素以及水平如表1所示。试验结果和分析如表3所示。

表3 质构和感官评定的回归模型方差分析

Tab.3 Regression coefficients and analysis of variance of the regression models for textural and sensory acceptability parameters

来源	硬度		弹性		内聚性		咀嚼性		感官评分	
	F 值	P 值	F 值	P 值	F 值	P 值	F 值	P 值	F 值	P 值
A	48.66	0.002 *	22.95	0.002 0 *	18.30	0.003 7 *	42.30	0.000 3 *	19.98	0.002 9 *
B	48.61	0.002 *	1.19	0.312 3	4.12	0.081 9	38.72	0.000 4 *	7.08	0.032 4 *
C	24.24	0.001 7 *	8.01	0.025 4 *	4.42	0.073 6	16.69	0.004 7 *	17.23	0.004 3 *
AB	9.91	0.016 2 *	1.52	0.257 8	5.09	0.058 7	5.99	0.044 3 *	1.83	0.217 6
AC	0.053	0.824 8	0.38	0.557 4	0.85	0.386 8	6.201E-3	0.939 4	19.05	0.003 3 *
BC	1.38	0.278 2	0.000	1.000 0	3.41	0.107 5	2.42	0.163 5	1.45	0.267 7
A ²	4.62	0.068 6	0.32	0.587 3	0.59	0.467 6	4.54	0.070 6	32.65	0.000 7 *
B ²	6.01	0.044 0 *	2.30	0.173 1	5.21	0.056 4	3.08	0.122 9	13.74	0.007 6 *
C ²	10.87	0.013 2 *	12.52	0.009 5 *	7.08	0.032 4 *	16.34	0.004 9 *	21.46	0.002 4 *
模型	17.42	0.005 *	5.40	0.018 5 *	5.39	0.018 5 *	14.71	0.000 9 *	15.79	0.000 7 *
残差	15.83	0.0110 *	2.98	0.159 3	1.21	0.413 3	17.59	0.009 1 *	2.96	0.161 0
R ²	0.957 3		0.874 0		0.873 9		0.949 8		0.953 1	
R ² _{Adj}	0.902 3		0.712 0		0.711 7		0.885 2		0.892 7	

* P 值≤0.05 具有显著性

从表3的方差分析R²和R²_{Adj}的数值可以看出,此次试验的该模型拟合程度良好、试验误差叫小。根据表3中P的数值能够准确的反映出各个影响因素对各个测定指标的影响。当P≤0.0500时,说明该因素对其有显著性影响。

2 2 2 响应面的分析 为了进一步研究相关变量之间的交互作用以及确定最优点,绘制响应面曲线图进行直观分析。从响应面分析中可以看到,无论是淀粉含量的增加还是猪肉与鱼肉的质量比增加,

其硬度值都是随之增大。同时 E. Hughes^[12]等在研究中也发现淀粉含量的增加可以增加香肠的硬度和咀嚼性。脂肪质量分数的增加,可以明显的减小火腿肠的硬度。高淀粉含量中添加高质量分数的脂肪,其硬度值要比低脂肪的要高^[13]。

实验结果显示:猪肉和鱼肉质量比对产品的弹性具有显著性的影响,总体的趋势是随着猪肉比重的增加其弹性呈现减小的趋势,但当淀粉质量分数增加的时候,产品的弹性比低质量分数淀粉的要

高。从表3中可以看出脂肪和淀粉对鱼肉火腿的弹性没有显著性的影响。国外的一些学者在研究脂肪对火腿的质构影响的过程中也得到了相同的结论^[14-15]。脂肪对产品的内聚性具有显著性影响。当脂肪质量分数增加时内聚性减小。而淀粉对于几乎没有显著性的影响,这个与J Carballo等研究得到的结论是一致的^[16]。

2.2.3 食品组分质量分数的优化 根据淀粉、脂肪和猪肉鱼肉的质量比对产品感官评定的影响,并且结合前面的质构的综合指标,在模型浓度范围内选择出发点,按照模型使用快速上升法进行优化。最终确定淀粉质量分数在8.8%,脂肪质量分数7.8%,猪肉和鱼肉的质量比为1:4,在此条件下生产出来的产品无论是质构还是感官评定都能达到相应的要求。为检验响应曲面法所得结果的可

靠性。利用上述得出的参数:淀粉质量分数8.8%,脂肪质量分数7.8%,猪肉和鱼肉的质量比为1:4,并且计算质构和感官评定的实际值与模型预测值之间的差距。经过计算其各项指标相对误差在1.8%~3.2%之间。

3 结 语

总体来说,脂肪、淀粉和猪肉鱼肉的比重对产品的硬度、咀嚼性和感官品质都有显著性影响;随着脂肪含量的增加产品的对内聚性减小,而淀粉含量对产品的内聚性没有显著性影响;猪肉鱼肉的比重对产品的弹性具有显著性影响。经过验证可知,作者建立的响应面优化模型可以很好的应用在实际过程中。

参考文献(References):

- [1] 金庆华,李桂玲,何世文. I 淡水生物中 n-3 不饱和脂肪酸含量的研究[J]. 中国海洋药物, 1997, 16(2): 36.
JIN Qing-hua, LI Gui-ling, HE Shi-wen. I The content of n-3 polyunsaturated fatty acids were studied in freshwater creatures[J]. **Chinese Journal of Marine Drugs**, 1997, 16(2): 36. (in Chinese)
- [2] 金庆华,李桂玲. 中国鲢鱼营养成分的研究[J]. 食品科学, 1998, 19(8): 41-43.
JIN Qing-hua, LI Gui-ling. Analysis the nutritional components of Chinese silver carp[J]. **Food Science**, 1998, 19(8): 41-43. (in Chinese)
- [3] Olivares A, Navarro J L, A Salvador, et al. Sensory acceptability of slow fermented sausages based on fat content and ripening time[J]. **Meat Science**, 2010, 86(2): 251-257.
- [4] 殷露琴,徐宝才,杨明. 火腿肠质构影响因素[J]. 肉类工业, 2007, 6: 13-15.
YIN Lu-qin, XU Bao-cai, YANG Ming. Influencing factors to texture properties of ham sausage [J]. **Meat Industry**, 2007, 6: 13-15. (in Chinese)
- [5] Giese J. Developing low-meat products[J]. **Food Technology**, 1992, 46(4): 100-108.
- [6] Benedito J, Gonzalez R, Rossello C, et al. Instrumental and expert assessment of Mahon cheese texture [J]. **Journal of Food Science**, 2000, 65(7): 1170-1174.
- [7] Bloukas J G, Paneras E D, Papadima S. Effect of carrageenan on processing and quality characteristics of low-fat frankfurters[J]. **Journal of Muscle Foods**, 1997, 8(1): 63-83.
- [8] 董庆利,罗欣,屠康. 熏煮香肠中脂肪、食盐、淀粉和水分含量对其质构的影响[J]. 食品发酵与工业, 2005, 31(5): 139-142.
DONG Qing-li, LUO Xin, YU Kang. Studies on the effect of texture of smoked an cooked sausage by adding different contents of fat, salt, starch and water[J]. **Food and Fermentation Industries**, 2005, 31(5): 139-142. (in Chinese)
- [9] 蒋予箭,周雁,蒋家新. 鱼肉弹性测定方法的研究[J]. 水产科学, 2003, 22(3): 41-44.
JIANG Yu-jian, ZHOU Yan, JIANG Jia-xin. Determination methods of fish springiness[J]. **Fisheries Science**, 2003, 22(3): 41-44. (in Chinese)
- [10] 夏文水. 食品工艺学[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2007.
- [11] 何阳春,洪咏平. 鱼糜制品弹性与鱼肉凝胶特性研究进展[J]. 水产科学, 2004, 23(6): 41-43.
HE Yang-chun, HONG Yong-ping. A Review: surimi product elasticity and fish flesh gel characteristics[J]. **Fisheries Science**, 2004, 23(6): 41-43. (in Chinese)
- [12] Hughes E, Mullen A M, Troy D J. Effects of Fat Level, Tapioca Starch and Whey Protein on Frankfurters Formulated with 5% and 12% Fat [J]. **Meat Science**, 1998, 48(1-2): 169-180.
- [13] Pietrasik Z. Effect of content of protein, fat and modified starch on binding textural characteristics, and colour of comminuted scalded sausages[J]. **Meat Science**, 1999, 51(1): 17-25.
- [14] Bloukas J G, Paneras E D. Quality characteristics of low-fat frankfurters manufactured with potato starch, finely ground toasted bread and rice bran[J]. **Journal of Muscle Foods**, 1996, 7(1): 109-129.
- [15] Cofrades S, Carballo J, Colmenero F J. Heating rate effects on high-fat and low-fat frankfurters with a high content of added water[J]. **Meat Science**, 1997, 47(1-2): 105-114.
- [16] Carballo J, Baretto G, Colmenero F J. Starch and egg white in uence on properties of bologna sausage as related to fat content[J]. **Journal of Food Science**, 1995, 60(4): 673-677.
- [17] Wang R, Zhang M, Mujumdar A S. Effect of food ingredient on microwave freeze drying of instant vegetable soup[J]. **LWT- Food Science and Technology**, 2010, 43(7): 1144-1150.