

响应面法优化鸡肝肠加工工艺的研究

刘安军, 郭晶, 王子健, 郑捷, 滕安国, 王姣姣

(天津科技大学食品工程与生物技术学院, 天津 300457)

摘要: 本研究以鸡肝为主要原料, 利用响应面分析法优化其加工工艺。采用物性仪对鸡肝肠硬度、弹性、胶粘性、咀嚼性等分析, 得出斩拌时间、水分添加量、大豆分离蛋白添加量对鸡肝肠质地的影响。进而采用 Box-Behnken 响应面设计试验, 得到鸡肝肠的最优工艺条件。最佳鸡肝肠的加工工艺为斩拌时间 8.3 min、大豆分离蛋白添加量为 1.99%、水分添加量 39.98 mL。采用上述方法, 以感官分值和弹性为指标, 鸡肝肠的综合品质较好, 感官分值可达到 92.90, 弹性 0.85, 工艺优化结果具有良好的生产前景。

关键词: 鸡肝肠; 质构; 响应面分析法

文章编号: 1673-9078(2013)6-1288-1292

Optimization of Processing Conditions for Chicken Liver

Sausage by Response Surface Analysis

LIU An-jun, GUO Jing, WANG Zi-jian, ZHENG Jie, TENG An-guo, WANG Jiao-jiao

(College of Food Science and Biotechnology, Tianjin University of Science and Technology, Tian Jin 300457, China)

Abstract: Chicken liver was used as main ingredients to prepare a new kinds of sausage. The physical properties of the products were analyzed, including the hardness, flexibility, adhesion and chewiness to investigate the influences of water, soy protein isolate and chopping time on the quality of the liver sausage. Then Box-Behnken design was applied to optimize the processing conditions of liver sausage. The optimal formula was determined as chopping time 8.3 minute, soy protein isolate 1.99%, water amount 39.98 mL. With the optimal formula, the liver sausage showed the best quality, with sensory scores and flexible being of 92.90 and 0.85, respectively.

Key words: liver sausage; texture; design expert analysis

鸡肝营养价值高, 每 100 g 鸡肝中含有蛋白质 17 g、钙 21 mg、磷 260 mg、铁 8.2 mg、维生素 A 50900 国际单位、硫胺素 0.38 mg、核黄素 1.63 mg、维生素 C 7 mg, 其中钙、磷、铁、维生素 A、C 的含量都较高, 除此之外, 鸡肝广泛易得、价格低廉, 其加工潜力逐渐显现, 如用于加工鸡肝酱^[1-2], 或用作辅料生产香肠^[3], 较少直接加工成鸡肝肠。由于肝肠质地较软、口味单一, 阻碍鸡肝脏的深加工。本研究从提高鸡肝肠风味和质构入手, 在普通鸡肝肠^[4]基础上, 添加培根和猪板油, 优化鸡肝肠的加工工艺, 研发出新型风味和优良品质的鸡肝肠。

本研究以鸡肝肠加工过程中的斩拌时间、水分和 大豆分离蛋白添加量等三个因素作为研究对象, 运用 Box-Behnken 响应面分析法, 以弹性和感官分值为指标, 优化鸡肝肠的加工工艺, 以研制出口感好弹性佳

收稿日期: 2013-01-21

基金项目: 国家自然科学基金 (31271975); 天津市东丽区科技型中小企业发展专项资金产学研合作项目

作者简介: 刘安军, (1963-), 男, 教授, 博士生导师, 主要从事水产品、畜产(副产)品高附加值的开发利用及功能性食品研究等。

的鸡肝肠为目的, 为鸡肝肠产业化提供参考。

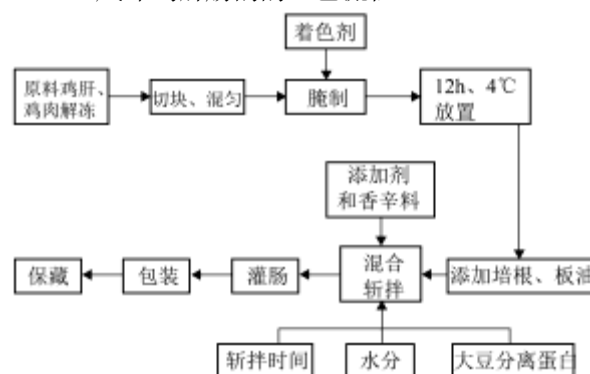
1 材料与方法

1.1 材料与试剂

鸡肝、培根、鸡肉、板油等原料与食盐、白糖、味精等调味料购于天津塘沽乐购超市; 胶原蛋白肠衣购于天津万德肠衣有限公司; 复合磷酸盐、大豆分离蛋白购于天津奥凯化工贸易有限公司; 异 Vc 钠购于天津市江天化工有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 风味鸡肝肠的的工艺流程



鸡肝肠按如下配方制备: 鸡肝600 g、培根300 g、鸡肉60 g、板油40 g、亚硝酸盐0.5 g、复合磷酸盐30 g、异Vc 0.5 g、食盐25 g、白糖30 g、复合香辛料17 g, 大豆分离蛋白添加量按单因素实验设计添加(0%、1%、2%、3%)。

1.2.2 单因素实验

本研究首先进行单因素实验, 分别对加工过程中的水分添加量、斩拌时间和大豆分离蛋白进行单因素实验, 分析其硬度、弹性、胶粘性、咀嚼性等质构特性, 以确定单因素的最佳条件。

斩拌时间单因素分析: 分别选取斩拌时间2 min、5 min、8 min、12 min、15 min, 水分添加量为40%, 大豆分离蛋白添加量2%时, 研究斩拌时间对鸡肝肠质构的影响。

水分添加量单因素分析: 当斩拌时间为8 min, 加水量分别为15%、20%、30%、40%、50%, 大豆分离蛋白添加量2%, 研究加水量对鸡肝肠质构的影响。

大豆分离蛋白单因素分析: 当斩拌时间为8 min, 水分添加量为40%, 大豆分离蛋白添加量0%、1%、2%、3%时, 研究大豆分离蛋白对鸡肝肠质构的影响。

1.2.3 鸡肝肠的感官评价

根据产品的弹性、硬度、胶粘性、咀嚼性制定了相应的感官评定标准(表1)。本试验感官评定在食品感评室完成, 由20人组成评定小组。为了减少评价过程中因嗜好与偏爱对检验结果的影响, 用双盲法进行检验, 对样品进行密码编号, 检验样品也随机化, 评定采用1~15分制, 评定后剔除异常数据。每次评定由评定成员单独进行, 相互不接触交流, 每个样品评定之间用清水漱口至无异味^[5]。

1.2.4 TPA测试

采用美国TA-XT plus质构仪进行鸡肝肠的质构测试。进行质构分析(texture profile analysis, TPA)时, 将样品切成长2 cm, 直径2.5 cm的圆柱体, 每批样选取3段用于测定。参数如下: 探头: P36/R测试前速度: 5.00 mm/s、测试中速度: 1.00 mm/s、测试后速度1.00 mm/s, 测定时间间隔5 s, 压缩比70%。

1.2.5 响应面分析法

利用响应面分析法, 以感官分值和弹性为响应值, 根据Box-Behnken模型的中心组合试验设计原理, 综合单因素试验结果, 采用响应面分析法优化工艺参数。

1.3 统计分析

单因素实验中硬度、弹性、胶粘性、咀嚼性的质构值采用Excel 2007进行分析, Design expert 7.1.6进行二次回归分析并优化工艺参数。

表1 鸡肝肠硬度、弹性、胶粘性、咀嚼性的感官评定标准

Table 1 Quality evaluation standard of hardness, flexibility, adhesion, and chewiness of liver sausage of the Chicken liver sausage

指标	评价方法	评分标准	分值
硬度	样品放置于白齿间;	样品较硬	1~5
	逐渐咬下去直	样品软硬适中	6~10
	至样品破碎	样品较软	11~15
弹性	样品放置于白齿间;	样品无弹性	1~5
	逐渐压制样品, 观察其恢复程度	样品弹性适中	6~10
		样品弹性过强	11~15
胶粘性	样品放置于白齿间;	样品易黏	1~5
	逐渐压制样品, 感受样品对牙齿和上颌的粘着情况	样品黏	6~10
		样品胶黏	11~15
咀嚼性	每秒咀嚼一次, 决定样品能够吞咽的时间或咀嚼次数	样品无咀嚼感	1~5
		样品咀嚼感适中	6~10
		样品耐咀嚼	11~15

2 结果与讨论

2.1 单因素结果分析

2.1.1 确定权重向量

权重集是各评价因素的权重系数的集合, 可根据各项指标的权重值确定一个权重向量, 设权重因素为: $X=(x_1, x_2, x_3, \dots, x_i)$, $0 \leq x_i \leq 1$, $\sum x_i = 1$, 其中 X 的因素是 U 中的一个模糊子集, X 与 U 相互对应, 每个评价因素对应一个权重系数^[6]。由于硬度(F)、弹性(H)、胶粘性(A)、咀嚼(C)四个指标对鸡肝肠质量影响的程度不同, 采用强制决定法确定各质量因素的权重, 分别为硬度(0.3)、弹性(0.4)、胶粘性(0.2)、咀嚼性(0.1), 即 $X=(x_1, x_2, x_3, x_4)=(0.3, 0.4, 0.2, 0.1)$ 。权重 $U_j=0.3F_j+0.4H_j+0.2A_j+0.1C_j$, 其中 j 为各横坐标值, F_j 表示在横坐标为 j 时, 对应的硬度值, 下同。通过比较 U_j , 确定最佳工艺条件。

2.1.2 斩拌时间对鸡肝肠质构的影响

斩拌时间是加工工艺中较为关键的一步, 实验结果表明, 不同斩拌时间直接影响鸡肝肠的质构。

如图1所示, 鸡肝肠的硬度随着斩拌时间的延长而缓慢减小。由于斩拌时间的延长, 实验原料的温度逐渐上升, 斩拌时间过长, 则肌肉蛋白质被过度搅拌、研磨, 部分发生变性, 乳化力和黏着力下降, 产品的硬度减小。对于鸡肝肠的弹性, 随着斩拌时间的延长, 弹性先逐渐增大后减小, 到8 min时达到最高值, 适当

的斩拌时间能够使肥瘦肉和鸡肝混合均匀,提高质构的均一性。由图1可知,胶粘性、咀嚼性变化与弹性变化相似,随斩拌时间的延长先小幅上升,8 min达到最高点后缓慢下降。本研究弹性,胶粘性结果与董庆利等^[7]对斩拌时间0~9 min熏煮香肠的质构进行分析结果相似。根据质构测定结果,在8 min时硬度和胶粘性适中、弹性和胶粘性最高,且权重值 U_{8min} 值最大,因此确定斩拌时间为8 min。

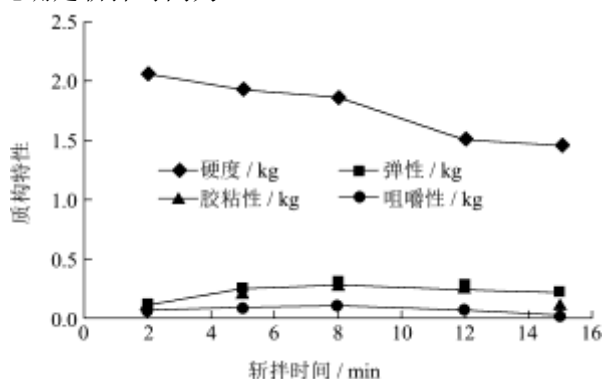


图1 不同斩拌时间对鸡肝肠质构的影响

Fig.1 Effect of t chopping time on texture of the liver sausage

2.1.3 不同加水量对鸡肝肠质构的影响

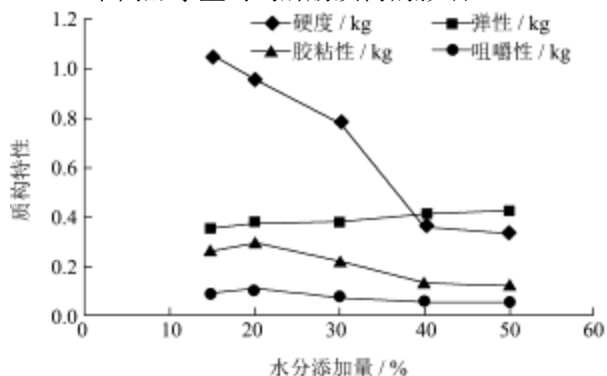


图2 加水量对鸡肝肠质构的影响

Fig.2 The effect of water addition on texture of the liver sausage

如图2可知,随着水分添加量的增高,鸡肝肠的硬度逐渐降低,且降低的趋势明显,到40%时趋于平稳。由于水分含量增加,肌肉蛋白与水相互作用,形成交叉的连接相互作用降低,因此高水分含量鸡肝肠硬度降低。由图2结果可知,鸡肝肠弹性随着水分含量的增加缓慢增加,加水量到40%后变化不明显。胶粘性随水分增加先小幅增加后逐渐降低,同样到40%后变化趋于平稳(见图2)。弹性与胶粘性变化与Meullenet等^[8]研究相似,加水量对粘聚性影响很小,原因是它不会影响蛋白模板或基质的形成。由图2可以看出,咀嚼性变化趋势与胶粘性相似,随着水分增加,质地变软导致咀嚼性下降。水分添加量为15%时权重达到最大0.5248,40%时的U值为0.3078,但考虑到加工成本等经济效益,以及斩拌过程中粘联等因

素,选择各评价指标稳定状态时的水分添加量,即为40%。

2.1.4 不同大豆分离蛋白对鸡肝肠质构的影响

大豆分离蛋白可以改善产品的营养性,且它具有持水性、吸油性、胶粘性和凝胶性,可改善产品的质构。不同大豆分离蛋白(soy protein isolate,以下简称SPI)添加量对鸡肝肠质构影响结果如图3。

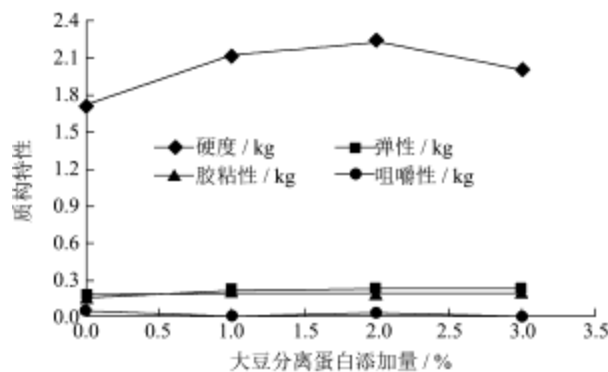


图3 大豆分离蛋白对质构的影响

Fig.3 The effect of soy protein isolates on texture of the liver sausage

由图3可知,随着SPI添加量的增加,鸡肝肠硬度呈增加趋势,添加量到3%时硬度减小。鸡肝肠的弹性随着SPI添加量增加而增加,添加组与未添加组之间差异不显著(如图3),SPI能形成缚住水分和脂肪液滴的基质,乳化肉制品中的脂肪,结合水分,改进组织结构。鸡肝肠胶粘性呈现先增加后下降趋势,且未添加组与添加组之间差异明显,添加组之间差异不显著,这种结果与林伟锋等^[9]类似。由图3可知,咀嚼性未添加组明显高于添加组,添加组之间先增高后下降,到添加量为2%时有最大值。大豆分离蛋白能协助肌肉蛋白形成较好的乳化液,所以添加组的乳化效果明显高于未添加组,且添加量达到2%时的乳化效果最好。并且当大豆分离蛋白添加量为2%时,权重值 $U_{2\%}$ 最大,所以确定SPI最佳添加量为2%。

2.2 响应面优化实验结果

表2 Box-Behnken试验因素水平表

Table 2 Factors and levels in the central composite design

水平	X ₁ (斩拌时间/min)	X ₂ (大豆分离蛋白/%)	X ₃ (加水量/%)
-1	6	1.5	35
0	8	2	40
1	10	2.5	45

根据单因素试验结果,得到加工工艺中单因素的最佳条件:斩拌时间8 min、水分添加量40%、大豆分离蛋白添加量2%。在单因素实验的基础上,进行三因素三水平的响应面分析,重点对感官分析值和评

定产品品质的重要指标弹性进行分析研究, 进一步优化加工工艺的最佳条件, 试验方案与结果见表2~4。

表3 二次回归通用旋转实验结果

Table 3 Experimental results of quadratic rotation-regression-combination design

实验号	因素			评价指标结果	
	X ₁	X ₂	X ₃	感官分值	弹性
1	-1	-1	0	80.7	0.775
2	1	-1	0	86.1	0.709
3	-1	1	0	81.2	0.796
4	1	1	0	84.3	0.821
5	-1	0	-1	75.6	0.762
6	1	0	-1	79.8	0.785
7	-1	0	1	78.4	0.719
8	1	0	1	83.5	0.752
9	0	-1	-1	82.5	0.808
10	0	1	-1	81.9	0.815
11	0	-1	1	89.8	0.772
12	0	1	1	86.6	0.769
13	0	0	0	93.6	0.845
14	0	0	0	90.7	0.862
15	0	0	0	94.2	0.858
16	0	0	0	93.8	0.849
17	0	0	0	91.4	0.852

本研究选用三因子的Box-Behnken 拟合二阶响应面三水平设计, 共有17个实验点^[10], 其中12个为分析因子, 5个为零点, 响应值Y₁为感官评定分值、Y₂为弹性, 实验结果如表3所示。

利用Design Expert 对实验数据进行回归分析, 得到二次多元回归模型。该模型通过最小二乘法拟合二次多项方程。

$$Y_1 = 92.74 + 2.23X_1 - 0.64X_2 + 2.31X_3 - 0.58X_1X_2 + 0.22X_1X_3 - 0.65X_2X_3 - 7.77X_1^2 - 1.90X_2^2 - 5.64X_3^2$$

$$Y_2 = 0.85 + 0.014X_1 + 4.625 \times 10^{-3}X_2 - 0.020X_3 - 2.250 \times 10^{-3}X_1X_2 + 2.500 \times 10^{-3}X_1X_3 - 2.500 \times 10^{-3}X_2X_3 - 0.045X_1^2 - 8.225 \times 10^{-3}X_2^2 - 0.054X_3^2$$

注: Y₁, Y₂为响应值, X₁、X₂、X₃为自变量编码值。

由方差分析可知, 鸡肝肠感官品质所建立的回归模型中F=28.10, P=0.0001<0.001, 表明研究所采用的二次模型是极显著的, 在统计学上是有意义的。失拟项P=0.6317>0.05, 说明差异不显著, 方程拟合效果较好, 因此可用该回归方程代替试验真实点对实验结果进行分析。从表4可知, 因素X₁、X₂、X₃差异性极显著 (P<0.01), X₁X₂、交互项差异显著 (P<0.05), 因而斩拌时间X₁和大豆分离蛋白添加量X₂之间存在显著

的交互效应。由回归方程可知3个一次项的回归系数绝对值大小一起为X₃、X₁、X₂。这说明不同加水量对感官的影响最大, 不同斩拌时间的影响次之, 大豆分离蛋白添加量的影响最小。

表4 回归模型及因素的方差分析

Table 4 Regression model and factor analysis of variance

变异来源	感官分值回归模型		弹性回归模型	
	比值F	显著水平P	比值F	显著水平P
模型	28.10	0.0001	72.22	<0.0001
X ₁	19.00	0.0001	38.89	0.0004
X ₂	1.56	0.0033	4.03	0.0848
X ₃	20.52	0.2519	73.41	<0.0001
X ₁ X ₂	0.63	0.0027	0.48	0.5123
X ₁ X ₃	0.097	0.4519	0.59	0.4682
X ₂ X ₃	0.81	0.7644	0.59	0.4682
X ₁ ²	121.92	0.3979	198.14	<0.0001
X ₂ ²	7.25	<0.0001	6.70	0.0360
X ₃ ²	64.35	0.0310	288.58	<0.0001
残差		<0.0001		
失拟项	0.62	0.6317	0.79	0.5591

由图4可知, 对鸡肝肠弹性所建立的回归模型及其显著。方差分析结果中, 该模型F=72.22, P<0.0001, 表明实验多采用的二次模型在统计学上是有意义的。因素X₁、X₃、X₁²、X₃²差异性极其显著 (P<0.01), 说明斩拌时间和水分添加量对鸡肝肠弹性有显著影响。交互项不显著, 失拟项亦不显著, 模型是可以接受的。

3.2.1 响应面交互与优化

3.2.1.1 各因素对鸡肝肠感官分值的响应面分析

上述回归方程所做出的响应面图如图4至图9, 各因素及其交互作用对响应值的影响结果可以通过该组图直观反应出来。

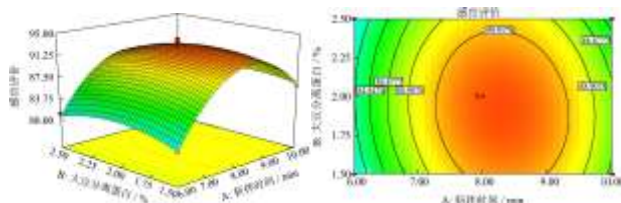


图4 斩拌时间和大豆分离蛋白对鸡肝肠感官品质影响的响应面和等高线

Fig.4 Response surface and contour plots showing the effects of chopping time and soy protein isolate on sensory quality of the sausage

如图4, 由椭圆形的等高线图可以看出斩拌时间和大豆分离蛋白之间的交互作用具有显著性, 对鸡肝肠的感官分值影响较大。由响应面图可以看出, 随着大豆分离蛋白添加量的增加感官分值先轻微上升后下

降, 斩拌时间对感官分值的影响最为显著。这与表 4 的结果一致(表 4 中交互项 X_1X_2 的 P 值最小)。

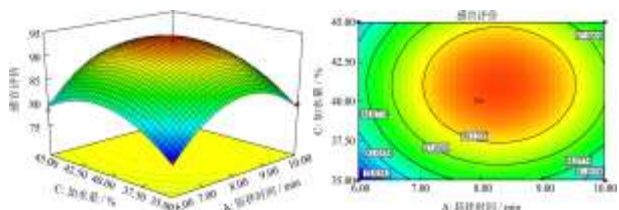


图 5 斩拌时间和加水量对鸡肝肠感官品质影响的响应面和等高线

Fig.5 Response surface and contour plots showing the effects of chopping time and water addition on sensory quality of the sausage

如图 5, 由等高图可以看出, 具有圆形的等高线说明斩拌时间和加水量之间的交互作用对鸡肝肠的感官分值影响较小。由响应面图可知, 斩拌时间和加水量对感官分值有显著影响。斩拌时间在 6~8 min 时, 随时间的增加感官分值上升, 8 min 后开始下降。当斩拌时间在 8 min, 加水量达到 40% 时获得最高评分。说明加水量和斩拌时间对口感影响很大。

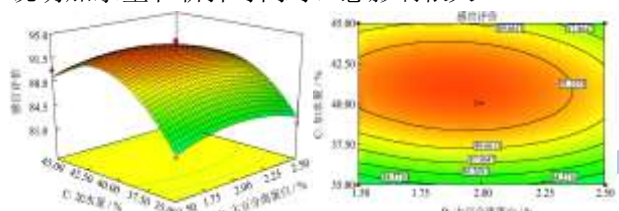


图 6 大豆分离蛋白和加水量对鸡肝肠感官品质影响的响应面和等高线

Fig.6 Response surface and contour plots showing the effects of soy protein isolate and water addition on sensory quality of the sausage

如图 6 可知, 加水量和大豆分离蛋白之间存在显著交互作用, 且加水量对感官分值的影响比大豆分离蛋白添加量显著的多。当大豆分离蛋白添加量较低时感官分值随着加水量的增加而快速增加到峰值后缓慢下降。当大豆分离蛋白添加量较高时, 感官分值随着加水量的增加而增加。

3.2.1.2 各因素对鸡肝肠弹性的响应面分析

由图 7 可知, 斩拌时间对鸡肝肠弹性的影响比大豆分离蛋白较为显著, 随着斩拌时间的延长, 弹性呈先增加后减小趋势, 且斩拌时间到 8 min 时, 弹性出现最高点。

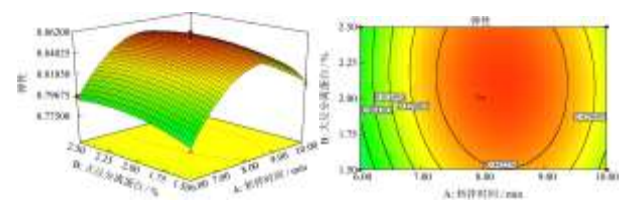


图 7 斩拌时间和大豆分离蛋白对鸡肝肠弹性影响的响应面和等高线

Fig.7 Response surface and contour plots showing the effects of chopping time and soy protein isolate on elasticity of the sausage

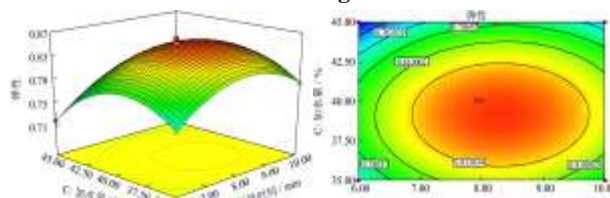


图 8 斩拌时间和加水量对鸡肝肠弹性影响的响应面和等高线
Fig.8 Response surface and contour plots showing the effects of chopping time and water addition on elasticity of the sausage

图 8 显示了斩拌时间和加水量对鸡肝肠硬度的交互影响, 随着斩拌时间的增加, 弹性缓慢降低, 当斩拌时间最低时, 弹性随着加水量的增加而增加, 斩拌时间继续升高, 弹性达到最高值后下降。

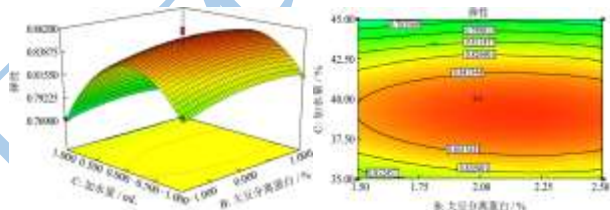


图 9 大豆分离蛋白和加水量对鸡肝肠弹性影响的响应面和等高线

Fig.9 Response surface and contour plots showing the effects of soy protein isolate and water addition on elasticity of the sausage

图 9 显示了大豆分离蛋白和加水量对鸡肝肠硬度的交互作用, 随着大豆分离蛋白的增加, 弹性变化缓慢, 当大豆分离蛋白添加量较低时, 加水量逐步增加, 弹性呈增大趋势, 大豆分离蛋白添加量较高时, 弹性达到最高值后下降。水分添加量对弹性影响较为显著。

综上所述, 各因素响应面和等高线证实了拟合面评分最高点的存在, 各因素都有各自的最佳值。利用 Design Expert 软件获得了各个因素的最佳条件为斩拌时间 8.3 min、水分添加量 39.98 mL、大豆分离蛋白添加量为 1.99%, 在此条件下, 感官分值最佳分值为 92.90, 弹性 0.85。

4 结论

本研究在鸡肝肠单因素实验的基础上, 通过响应面 Box-Behnken 分析法, 以感官评价分值和弹性为响应值, 对斩拌时间、水分添加量、大豆分离蛋白添加量等三因素进行优化。经回归分析得到斩拌时间和大

豆分离蛋白添加量、斩拌时间和水分添加量对感官评价分值和弹性的交互作用显著。最佳条件为: 时间 8.3 min、水分添加量 39.98 mL、大豆分离蛋白添加量为 1.99%, 在此最佳条件下, 生产出鸡肝肠口感好弹性佳。

参考文献

- [1] 马元元,杨雁,袁书高,等.鸡肝酱的研制[J].肉类工业,2012, 1:21-23
- [2] 鞠国泉,杨会琴,彭辉,等.面包涂抹酱-鸡肝酱的研制[J].食品工业科技,2005,26(6):142-144
- [3] 郑丽娜,龙菲,于开源,等.香菇鸡肝风味肠的研制[J].现代食品科技,2007,23(7):34-36
- [4] 张恒华.多维凤肝肠的研究[J].肉类工业,2003,9:11-13
- [5] 郝红涛,赵改名,柳艳霞,等.利用硬度、脆性和黏着性对火腿肠等级的判别分析[J],中国农业科学,2010,43(10):2182-2188
- [6] 刘学勤.牛肉风味色拉米香肠制备工艺及其风味物质分析[D].天津:天津科技大学,2009
- [7] 董庆利.TPA 及其在熏煮香肠中的应用研究[D].泰安:山东农业大学,2004
- [8] Meullenet J F, Chang H C, Carpenter J A, et al. Textural properties of chicken frankfurters with added collagen fibers [J]. Food Science, 2006, 59(4): 729-733
- [9] 林伟锋,赵谋明,杨晓泉,等.功能性添加物对低脂肉丸质构特性的影响[J].食品工业科技.2002,23(4):19-21
- [10] 赵选民.试验设计方法[M].北京:科学出版社,2006