

响应面分析法优化盐焗骨泥鸡肉肠配方的研究

刘媛¹, 阮征¹, 李沐生¹, 陈坚成¹, 郭伟波², 林光明²

(1.华南理工大学轻工与食品学院, 广东广州 510640)(2.广东无穷食品有限公司, 广东饶平 515726)

摘要: 为生产出凝胶效果更好的盐焗骨泥鸡肉肠, 本文应用响应面分析(RSA)法优化盐焗骨泥鸡肉肠的生产配方。选用骨泥干基添加量、猪肉/总肉、变性淀粉/总淀粉三因素, 其中骨泥粒度为 30~50 μm, 以鸡肉肠凝胶强度为评价指标, 在单因素工艺试验的基础上, 通过三因素三水平的 Box-Behnken 响应面分析优化鸡肉肠配方, 在基本配方(肉 40%, 淀粉 6%)基础上, 确定其最佳配方为骨泥干基加量 2.28%, 猪肉/总肉 0, 变性淀粉/总淀粉 0.47, 在此配方下, 鸡肉肠凝胶强度可达到 3787.59 g·mm。

关键词: 鸡肉肠; 凝胶强度; 骨泥; 淀粉; 响应面分析

文章编号: 1673-9078(2012)2-172-176

Optimization of Formula of Salted Bone Paste Chicken Sausage by Response Surface Analysis

LIU Yuan¹, Ruan Zheng¹, LI Bian-sheng¹, Chen Jian-cheng¹, Guo Wei-bo², Lin Guang-ming²

(1.College of Light Industry and Food Sciences, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

(2.Guangdong Wuqiong Food Co., Ltd, Raoping 515726, China)

Abstract: In order to produce better gel strength of salted bone paste chicken sausage, the effects of addition levels of bone paste butt, pork/total meat and modified starch/total starch on gel strength were explored to optimize formula of salted bone paste chicken sausage by response surface analysis (RSA) on the basis of single-factor experiments. The particle size of bone paste was 30~50 μm. On the base of the basic formula (meat 40%, starch 6%), the optimal formula was determined as bone paste butt 2.28 % (db), pork/total meat 0, and modified starch/total starch 0.47. With the optimal formula, the gel strength of salted bone paste chicken sausage was 3787.59 g·mm.

Key words: chicken sausage; gel strength; bone paste; starch; response surface analysis

盐焗鸡是具有广东特色的传统熟肉菜肴, 软包装杀菌盐焗鸡翅或鸡腿通过工业化加工将这类菜肴变成了休闲食品。由于产品风味独特、色泽诱人且肉质爽滑的特点, 深受广大消费者的欢迎。但是, 盐焗鸡肉制品在生产过程中通常会大量的副产物-鸡骨架, 目前未得到很好的利用。鸡骨中有丰富的营养成分, 骨中的蛋白质含量很高, 且骨蛋白是较为全价的可溶性蛋白质, 生物价高, 是种优质的蛋白源。另外, 鸡骨中 Ca:P 的比例接近 2:1, 非常有利于人体的吸收, 是理想的天然钙源^[1]。若能合理利用鸡骨架, 既可减少骨资源的浪费, 又可提高鸡肉加工行业副产品利用价值。

骨泥鸡肉肠是在肉肠加工过程中添加了畜禽骨骨泥, 添加骨泥一方面可以合理利用畜禽骨中丰富的营养物质, 如骨蛋白、骨钙, 另一方面降低了肉肠的生

产成本。目前添加较多的畜禽骨骨泥主要以鲜骨骨泥为主, 熟制骨骨泥还未见有利用研究报道。本文在一般鸡肉肠生产工艺基础上, 添加经超微粉碎的熟制盐焗鸡骨泥, 通过响应面法试验设计优化盐焗鸡肉肠配方, 以期盐焗鸡肉肠的生产提供理论指导。

1 材料与方法

1.1 材料与设备

盐焗鸡骨架, 广东无穷食品有限公司提供; 聚偏二氯乙烯肠衣(折径 42 mm, 成肠后直径 27 mm), 深圳希宇软包装技术开发有限公司; 鸡胸肉、猪瘦肉、肥膘、白砂糖、盐、味精、鸡精、香辛料等, 市售; 大豆分离蛋白、玉米淀粉、变性淀粉、卡拉胶、三聚磷酸盐、焦磷酸盐、偏磷酸盐等均为食品级或食品添加剂, 市售。

JS12 型绞肉机, 广东恒联食品机械有限公司; 斩拌机, 五环食品机械厂; JML50 型胶体磨, 上海市贤华集团; TA-XT plus 型质构仪, 英国 Stable Micro System 公司。

收稿日期: 2011-08-24

基金项目: 广东省教育部产学研结合项目(2011A090200041)

作者简介: 刘媛(1987-), 女, 硕士研究生, 研究方向为食品加工与保藏

通讯作者: 阮征(1972-), 博士, 副教授

1.2 制备工艺

1.2.1 超细盐焗鸡骨泥的制备工艺

原料冻鸡骨架→解冻→切块→高温蒸煮软化→粗粉碎→胶体磨磨制→超细骨泥

制得的骨泥色泽金黄，盐焗风味浓郁，经显微照相测定，骨泥的平均粒度在 30~50 μm。

1.2.2 添加盐焗鸡骨泥的火腿肠的加工工艺

原料冻鸡胸肉→解冻→修剪→切丁→腌制→绞肉→添加辅料→低温斩拌→灌肠成型→熟制杀菌→冷却→成品

斩拌过程控制温度不超过 10 °C，熟制杀菌条件为 50 °C/30 min~90 °C/30 min。

1.3 方法

1.3.1 鸡肉肠凝胶强度测定

将鸡肉肠切成 2 cm 长的圆柱体，用质构仪对其凝胶强度进行测定。采用质构仪的 Return To Start 模式测定，凝胶强度是用探头压入样品开始至凝胶结构破裂时的破裂强度乘以破裂时探头压入深度表示，单位 g·mm。其参数为：探头型号 P0.5S，穿透比 70%，测前速率 1.0 mm/s，测试速率 1.0 mm/s，返回速率 5.0 mm/s，触发力 Auto-10 g，数据获取速率 200 PPS。测定均重复 6 次^[2]。

1.3.2 数据处理方法

实验数据采用 SPSS 17.0、Excel 2003、Design expert v 7.1.6 进行统计分析，利用 LSD 多重比较各处理水平差异性。

2 结果与讨论

2.1 单因素结果分析

2.1.1 猪肉/鸡肉比例对鸡肉肠凝胶强度的影响

在配料中适量添加猪瘦肉有利于改善鸡肉肠的口感和风味。图 1 显示了猪肉/鸡肉比例对鸡肉肠凝胶强度的影响。

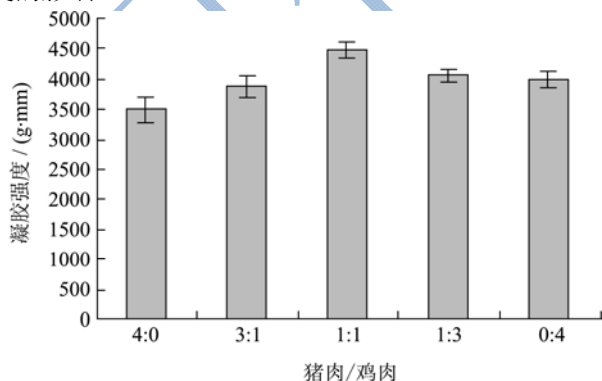


图 1 猪肉/鸡肉对鸡肉肠凝胶强度的影响

Fig.1 Effect of pork/chicken on the gel strength

王卫芳^[3]等人研究鱼糜制品的破断强度、凹陷深度和凝胶强度均随猪瘦肉添加量的增大呈现先上升后下

降的变化趋势，猪瘦肉添加量为 30%时，鱼糜制品的破断强度和凝胶强度达到最大值。由于猪瘦肉和鸡肉蛋白质组成不一样，因此猪肉/鸡肉对凝胶强度有影响。由图 1 可知，当猪肉/鸡肉为 1:1 时，鸡肉肠的凝胶强度最大，因此单因素猪肉/鸡肉为 1:1。

2.1.2 骨泥加量对鸡肉肠凝胶强度的影响

骨泥干基添加量对鸡肉肠凝胶强度的影响如图 2。

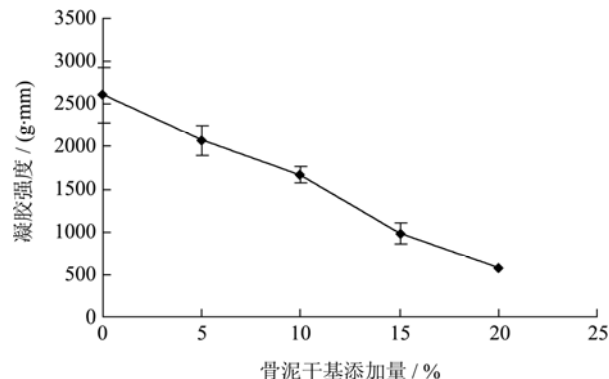


图 2 骨泥干基添加量对鸡肉肠凝胶强度的影响

Fig.2 Effect of addition levels of bone paste butt on gel strength

由图 2 可知，随着骨泥干基添加量增加，凝胶强度不断下降，当下降到一定程度，添加量为 5%的时候，下降的速度开始变快，综合考虑鸡肉肠口感和成本的问题，单因素骨泥干基添加量最优选 5%。

2.1.3 变性淀粉/总淀粉对火腿肠凝胶强度的影响

变性淀粉/总淀粉的比例对鸡肉肠凝胶强度的影响如图 3。由图 3 知，随着变性淀粉/总淀粉的增加，火腿肠的凝胶强度不断增加，当增加到变性淀粉/总淀粉为 0.5 时，上升的速度开始变缓，综合考虑鸡肉肠的成本和口感，单因素变性淀粉/总淀粉最优选 0.5。

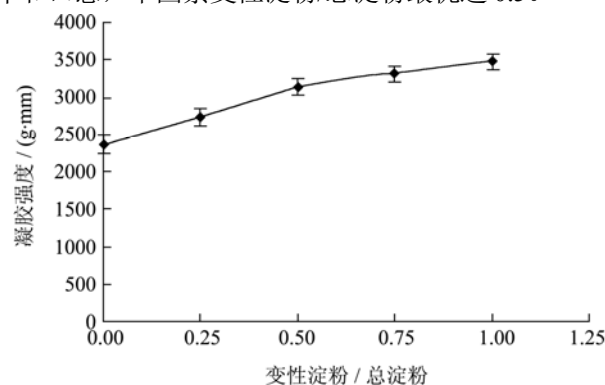


图 3 变性淀粉/总淀粉对鸡肉肠凝胶强度的影响

Fig.3 Effect of modified starch/total starch on gel strength

变性淀粉对天然淀粉进行了物理、酶和化学方法处理，改变了淀粉的天然性质，增加了其功能性或者引进新的特性^[4]。本实验中所选用的变性淀粉经过改性，适合添加于火腿肠等糜类肉制品，对于火腿肠的质构改善有比较明显的作用。

2.2 响应面优化实验结果^[5]

根据单因素试验结果,采用响应面设计试验,运用 Design expert 中的 Box-Behnken design (BBD) 中心组合试验,选择对鸡肉肠凝胶强度显著影响的因素:骨泥干基加量、猪肉/总肉、变性淀粉/总淀粉,进行三因素三水平的响应面试验,试验设计见表 1。其中,基本配方为(按总共 1000 g 计):肉 400 g,淀粉 60 g,骨泥 100~400 g。

表 1 Box-Behnken 试验因素水平表

Table 1 Factors and levels in the central composite design

水平	A	B	C
	骨泥干基加量/%	猪肉/总肉	变性淀粉/总淀粉
-1	2	0	0
0	5	0.5	0.5
1	8	1	1

表 2 二次回归通用旋转试验结果

Table 2 Experimental results of quadratic rotation-regression-combination design

实验号	因素			凝胶强度/g·mm
	A	B	C	
1	-1	-1	0	3801.81
2	1	-1	0	3390.73
3	-1	1	0	3097.57
4	1	1	0	2757.15
5	-1	0	-1	2367.57
6	1	0	-1	2593.78
7	-1	0	1	3076.12
8	1	0	1	3225.75
9	5	-1	-1	2603.54
10	0	1	-1	2236.46
11	0	-1	1	3383.62
12	0	1	1	2551.48
13	0	0	0	2942.10
14	0	0	0	3237.18
15	0	0	0	3070.79

本实验选用三因子的 Box-Behnken 拟合二阶响应面三水平设计,共有 15 个实验点^[6],其中 12 个为分析因子,3 个为零点,响应值 Y 为凝胶强度 (g·mm),实验结果如表 2 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

$$Y = \beta_0 + \beta_1 A + \beta_2 B + \beta_3 C + \beta_{11} A^2 + \beta_{22} B^2 + \beta_{33} C^2 + \beta_{12} AB + \beta_{13} AC + \beta_{23} BC$$

注: Y 为响应值,β 为方程系数, A、B、C 为自变量编码值。

对模型进行方差分析,用模型对火腿肠凝胶强度进行分析和预测,探讨三个因素对火腿肠的凝胶强度的影响。

表 3 回归方程的方差分析表

Table 3 Analysis of variance for variables on quadratic regression equation

来源	SS	DF	MS	F 值	F _{0.05}	F _{0.01}
一次项	1563743.79	3	521247.93	36.78		
二次项	730798.87	3	243599.62	17.19		
交互项	56784.92	3	18928.31	1.34		
回归	2396951.00	9	266327.90	6.26	4.70	10.16
剩余	212561.40	5	42512.29			
失拟	168788.10	3	56262.70	2.57	19.16	99.17
误差	43773.34	2	21886.67			
总和	2609513.00	14				

由表 3 可见,回归方程检验表明: F_{回归}=6.26>F_{0.05}(9,5)=4.7,差异显著。方程失拟性检验表明: F_{失拟}=2.57<F_{0.05}(3,2)=19.16,差异不显著,说明回归方程与实际情况拟合较好。

利用 Design expert 进行分析可得到二次回归方程的响应面及其等高线图如图 4~6 所示。根据二次模型所做的响应曲面及其等高线图可评价试验因素对鸡肉肠凝胶强度的两两交互作用。

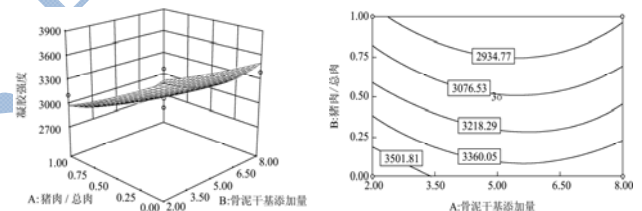


图 4 因素 A、B 交互影响凝胶强度的曲面图和等高线图

Fig.4 Response surface plot and its contour plot showing the effect of cross-interaction between factor A and B on gel strength

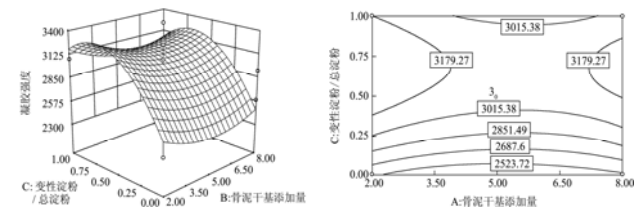


图 5 因素 A、C 交互影响凝胶强度的曲面图和等高线图

Fig.5 Response surface plot and its contour plot showing the effect of cross-interaction between factor A and C on gel strength

由图 4 可见,在一定的骨泥干基加量条件下,凝胶强度随着猪肉/总肉的增加而增加,且变化较为明显。而在一定的猪肉/总肉情况下,随着骨泥干基加量的增加,在骨泥加量较少的情况下,凝胶强度呈现减少的趋势,且变化不大明显,当骨泥加量较大时,凝胶强度呈现增加的趋势,且变化同样不明显。经回归分析

知猪肉/总肉与骨泥干基加量的交互作用并不显著，猪肉/总肉对凝胶强度的影响大于骨泥干基加量对凝胶强度的影响。

由图 5 可见，在一定的骨泥干基加量的条件下，随着变性淀粉/总淀粉的增加，凝胶强度逐渐增加，当超过一定限度后，凝胶强度开始下降，变化较为明显。而在一定的变性淀粉/总淀粉的条件下，凝胶强度随着骨泥干基加量的增加变化并不明显。经回归分析可知骨泥干基加量与变性淀粉/总淀粉的交互作用并不显著，且变性淀粉/总淀粉对凝胶强度的影响大于骨泥干基加量对凝胶强度的影响。

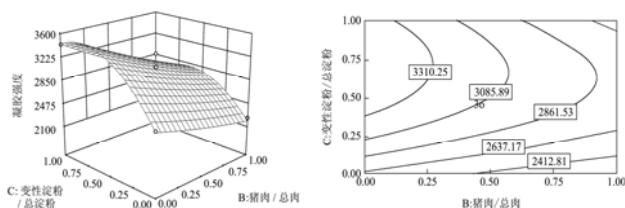


图6 因素B、C交互影响凝胶强度的曲面图和等高线图

Fig.6 Response surface plot and its contour plot showing the effect of cross-interaction between factor B and C on gel strength

由图 6 可见，当变性淀粉/总淀粉比例固定时，凝胶强度随着猪肉/总肉的增加而增加，而且变化非常明显。同样地，在猪肉/总肉比例固定的条件下，随着变性淀粉/总淀粉的增加，凝胶强度逐渐增加，而且变化同样显著。经回归分析知，变性淀粉/总淀粉和猪肉/总肉对凝胶强度的交互作用显著。凝胶强度变化的大小，受到猪肉/总肉和变性淀粉/总淀粉的共同影响，两者对凝胶强度起着关键性作用。

综上可知，添加熟制鸡骨泥的火腿肠的凝胶强度可用方程：

$Y=3083.36-46.96A-317.13B+304.45C+150.24A^2+8.21B^2-417.80C^2+17.66AB-19.14AC-116.27BC$ 进行预测。利用Design Expert软件获得了各个因素的最佳条件为骨泥干基加量2.28%，猪肉/总肉0，变性淀粉/总淀粉0.47，在此配方下，鸡肉肠凝胶强度可达3787.59 g·mm。

2.3 比较最优配方鸡肉肠与市售鸡肉肠

表4 盐焗风味鸡肉肠与市售火腿肠比较

Table 4 Comparison between salted sausages and sold sausages

品质	凝胶强度(g·mm)
最优配方盐焗风味鸡肉肠	3787.59±159.92
市售美味鸡肉火腿肠(普通级)	3062.33±144.38
市售牛肉清真肠(普通级)	4068.82±185.03
市售王中王火腿肠(优级)	3949.75±167.59

表4是最优配方鸡肉肠与市售火腿肠的比较，从比较可知，最优配方鸡肉肠在凝胶强度比旺润美味鸡肉火腿肠高，但是略低于旺润牛肉清真肠和旺润王中王

火腿肠。乳化型火腿肠由于质构均一，分子间结合紧密，使其质构具有良好的弹性^[8]，因为骨泥颗粒的存在，使分子间结合不紧密，凝胶强度下降。因为所选取的这三种市售的火腿肠均未添加骨泥，而最优配方的鸡肉肠加入了骨泥，劣化其凝胶强度。在此情况下，其凝胶强度略低于优级火腿肠，在可接受范围内，具有工业生产的价值。

3 结论

本实验在单因素试验基础上，采用Box-Behnken试验设计法以鸡肉肠凝胶强度为响应值，通过骨泥干基加量、猪肉/总肉和变性淀粉/总淀粉三因素三水平的响应分析对盐焗骨泥鸡肉肠配方进行了优化，经回归分析得知变性淀粉/总淀粉和猪肉/总肉对凝胶强度的交互作用显著，最佳配方为骨泥干基加量2.28%、猪肉/总肉0、变性淀粉/总淀粉0.47，其中骨泥粒度为30~50 μm。在此最佳配方下，凝胶强度为3787.59 g·mm。添加熟制鸡骨泥的火腿肠的凝胶强度可用方程： $Y=3083.36-46.96A-317.13B+304.45C+150.24A^2+8.21B^2-417.80C^2+17.66AB-19.14AC-116.27BC$ 进行预测。

参考文献：

- [1] 陈丽尧.猪骨骼超微粉碎工艺及新产品的开发[D].哈尔滨:东北农业大学硕士学位论文,2006
- [2] Pietrasik Z and Duda Z. Effect of fat content and soy protein/carrageenan mix in the quality characteristics of comminuted, scalded sausages [J]. Meat Science, 2000, 56(2): 181-188
- [3] 王卫芳, 李丹丹,洪艳平.猪肉添加量对鱼糜凝胶制品品质的影响[J].食品科学,2006,27(12):531-533
- [4] 邓丽,芮汉明.几种变性淀粉性能的测定及其在鸡肉糜中的应用研究[J].现代食品科技,2005,21(1):31-33
- [5] S. C. Murphy, D. Gilroy, J. F. Kerry, et al. Evaluation of surimi, fat and water content in a low/ no added pork sausage formulation using response surface methodology. Meat Science, 2004, 66(3): 689-701
- [6] 周伟伟,刘芳,朱金媛,等.无淀粉乳化香肠工艺的优化[J].食品科技,2009,34(9):116-120
- [7] Cemalettin Saroban, Mustafa Tahsin Yılmaz, Mustafa Karakaya. Response surface methodology study on the optimisation of effects of fat, wheat bran and salt on chemical, textural and sensory properties of patties [J]. Meat Science, 2009, 83(1): 610-619
- [8] 罗飞.利用 TPA 模式测试不同类型火腿肠的质构特性[J].肉类研究,2005,(6):39-40