

L-组氨酸、L-赖氨酸、柠檬酸钠复配对牛肉糜保水性的影响

李丛胜^{1,2}, 罗雨¹, 刘馨雨¹, 刘笑¹, 田佳佳¹, 刘金平¹, 尚校兰^{1,2,*}

(1. 廊坊师范学院生命科学学院, 河北廊坊 065000; 2. 河北省动物多样性重点实验室, 河北廊坊 065000)

摘要:以添加质量浓度为 1.5 % NaCl 的牛肉糜为主要原料, 采用单因素和响应面分析方法, 以无磷保水剂处理前后牛肉糜的蒸煮损失为试验指标, 考察不同的 L-组氨酸、L-赖氨酸和柠檬酸钠的添加量对牛肉糜蒸煮损失的影响, 进而优化出 3 种无磷保水剂的最佳配比, 并与磷酸盐的保水效果进行对比。结果表明, 3 种添加剂的最佳配比为: L-组氨酸 0.20 %、L-赖氨酸 0.30 %、柠檬酸钠 0.23 %。此复配保水剂可以使牛肉糜蒸煮损失显著降低至 10.85 %, 且效果优于磷酸盐保水剂。

关键词: L-组氨酸; L-赖氨酸; 柠檬酸钠; 牛肉糜; 蒸煮损失; 响应面法

Effect of Mixture of L-histidine, L-lysine and Sodium Citrate on the Water Holding Capacity of Beef Batters

LI Cong-sheng^{1,2}, LUO Yu¹, LIU Xin-yu¹, LIU Xiao¹, TIAN Jia-jia¹, LIU Jin-ping¹, SHANG Xiao-lan^{1,2,*}

(1. College of Life Science, Langfang Normal University, Langfang 065000, Hebei, China; 2. Hebei Key Laboratory of Animal Diversity, Langfang 065000, Hebei, China)

Abstract: Minced beef containing 1.5 % NaCl as main raw material, single factor and response surface analysis method was used, with cooking loss as an index of minced beef which treated with non-phosphate additive. The effects of L-histidine content, L-lysine content and sodium citrate content on cooking loss of minced beef were determined. The optimum proportion of three non-phosphate additive was obtained and the water retaining effect with phosphate were compared. The result showed that the optimum ratio of non-phosphate additive was: 0.20 % of L-histidine, 0.30 % of L-lysine, and 0.23 % of sodium citrate. The cooking loss was significantly reduced to 10.85 % with this compound water retention agent, which was better than phosphate water-retention agent.

Key words: L-histidine; L-lysine; sodium citrate; minced beef; cooking loss; response surface methodology

引文格式:

李丛胜, 罗雨, 刘馨雨, 等. L-组氨酸、L-赖氨酸、柠檬酸钠复配对牛肉糜保水性的影响[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(18): 29-34

LI Congsheng, LUO Yu, LIU Xinyu, et al. Effect of Mixture of L-histidine, L-lysine and Sodium Citrate on the Water Holding Capacity of Beef Batters [J]. Food Research and Development, 2020, 41(18): 29-34

保水性是衡量牛肉糜制品的一个重要指标, 如何提高牛肉糜保水性, 减少蒸煮损失成为研究的重点。当前, 我国食品工业大部分采用磷酸盐作为肉制品的保水剂。但过多的磷酸盐对食物和人体都存在危害。

基金项目: 河北省自然科学基金青年科学基金项目(C2017408048)

作者简介: 李丛胜(1984—), 男(汉), 实验师, 硕士, 研究方向: 分子生物学。

* 通信作者: 尚校兰(1985—), 女(汉), 副教授, 博士, 研究方向: 肉制品与水产品加工。

鉴于此, 许多研究人员将目光转向了无磷保水剂。Velde^[1]和 Pietrasik^[2]发现, 向肉制品添加多糖有利于保持肉中的水分。张杰等^[3]发现海藻酸钠、柠檬酸三钠和乳酸钠均可代替磷酸盐, 降低耗牛肉的蒸煮损失; 李雪姣等^[4]研究确定无磷保水剂最佳配比为: 苹果酸钠 4 %、醋酸钠 1.5 %、氯化钠 1.5 %、水 93 %, 此时牛肉蒸煮损失降至 14.79 %; 付丽等^[5]向牛排中添加 0.5 % 苹果酸钠、0.49 % 碳酸钠、0.49 % 柠檬酸钠以及 0.11 % 苹果

酸,保水率达到30%,提高了牛排的品质和嫩度。

目前,氨基酸作为保水剂添加到肉制品中也成为了研究的热点。张建华等^[9]发现,当加入6%氨基酸(L-组氨酸和L-赖氨酸的质量比为1:1)代替NaCl时,鸭肉的蒸煮损失显著降低。李俊^[7]的研究结果表明,添加0.8%L-赖氨酸或0.6%精氨酸均能改善猪肉肠品质。

对于食品添加剂行业来讲,研究开发复合添加剂是一种趋势,其使用效果优于单一添加剂的使用^[8]。另外,一定浓度的食盐溶液可以提高肉制品保水性^[9-10]。本试验拟采用L-组氨酸、L-赖氨酸、柠檬酸钠复配,并加入1.5%的NaCl,制成无磷保水剂,加入到牛肉糜中,提高其保水性,改善牛肉品质,顺应市场需求。

1 材料与方 法

1.1 材料与试剂

牛肉(后腿肉,宰后10h):廊坊市元辰超市;蒸煮袋:永诚包装材料有限公司;L-组氨酸、L-赖氨酸、柠檬酸钠、氯化钠、三聚磷酸钠、焦磷酸钠、六偏磷酸钠(均为食品级):河南明瑞食品添加剂有限公司。

1.2 仪器与设备

J-HH-6A精密数显恒温水浴锅:上海皓庄仪器有限公司;FA2004B电子天平:上海精密科学仪器有限公司;FR-300A塑料薄膜封口机:上海义光包装设备制造有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 牛肉糜的制备

将新鲜牛后腿肉切成边长1cm的正方体,4℃下使用斩拌机于3500r/min斩拌3min,按质量分数1.5%的添加量加入NaCl,再于4℃下使用斩拌机于3500r/min斩拌3min。

1.3.2 单因素试验

分别以L-组氨酸(含量为0.05%、0.10%、0.15%、0.20%、0.25%)、L-赖氨酸(含量为0.15%、0.20%、0.25%、0.30%、0.35%)、柠檬酸钠(含量为0.10%、0.20%、0.30%、0.40%、0.50%)进行单因素试验,测量蒸煮损失。当选取一种添加剂的添加量作为自变量时,要固定另外两种添加剂的添加量。

1.3.3 响应面法确定无磷保水剂的最佳配比

在单因素试验的基础上,选取每种添加剂蒸煮损失较低的3个浓度,进行三因素三水平的响应面分析试验,具体因素水平见表1。

1.3.4 蒸煮损失的测定

按照已经确定的试验方案,用精密天平准确称取3种添加剂。每组取已经制备好的牛肉糜100g,分别

表1 试验因素水平表

Table 1 Factors and levels for design

水平	因素		
	A L-组氨酸含量/%	B L-赖氨酸含量/%	C 柠檬酸钠含量/%
-1	0.10	0.20	0.20
0	0.15	0.25	0.30
1	0.20	0.30	0.40

加入3种不同含量的添加剂,混匀后装入大小相同的蒸煮袋中,封口机封口,称重(m_1)。水浴锅提前加温至90℃,将装好肉糜的蒸煮袋放入水浴锅加热20min。取出后至于流水中降低至室温(20℃),剪开蒸煮袋,用滤纸吸干肉糜表面水分后称重(m_2)。每个样品重复3次。按照以下公式计算蒸煮损失^[11]。

$$CL/\% = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100$$

式中:CL为蒸煮损失,%; m_1 为蒸煮前牛肉糜质量,g; m_2 为蒸煮后牛肉糜质量,g。

1.3.5 复配无磷保水剂与磷酸盐保水剂保水效果对比
响应面法优化出3种添加剂的最佳配比,按此配比复配添加剂,与磷酸盐的保水性进行对比,在相同条件下测量牛肉糜的蒸煮损失,以检验此复配无磷保水剂的保水效果。

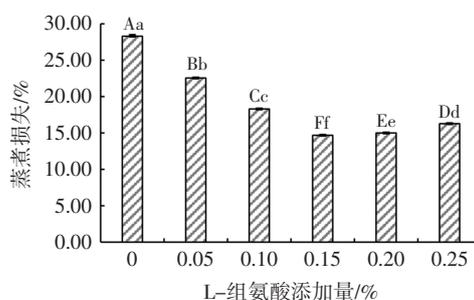
1.3.6 数据处理与分析

采用Excel 2016、SPSS16.0和Design-expert 8.0软件对数据进行分析,确定3种添加剂的最佳配比,使牛肉糜蒸煮损失降低到最小。

2 结果与分析

2.1 L-组氨酸添加量对牛肉糜保水性的影响

不同L-组氨酸添加量对牛肉糜蒸煮损失的影响见图1。



不同大写字母表示组间差异极显著($P<0.01$);不同小写字母表示组内差异显著($P<0.05$)。

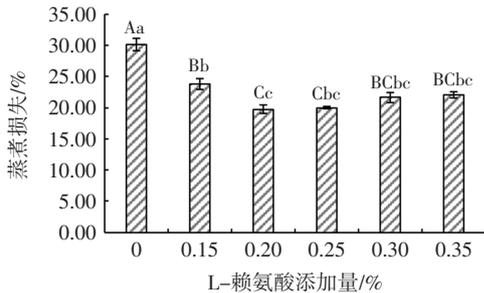
图1 不同L-组氨酸添加量对牛肉糜蒸煮损失的影响

Fig.1 Effect of different L-histidine additions on cooking loss of minced beef

由图 1 可知,随着 L-组氨酸添加量的逐渐增加,蒸煮损失降低极显著($P<0.01$)。当 L-组氨酸添加量为 0.15 %时,蒸煮损失达到 14.67 %,较空白对照组下降了 48.18 %,牛肉糜保水性极显著提高($P<0.01$)。Zhang 等^[12]研究发现,L-组氨酸的添加对热诱导的凝胶行为和增强水的结合能力有积极的影响,增加了凝胶的交联密度,有助于改善肌球蛋白的凝胶特性,特别是在低 NaCl 浓度下,其保水效果更明显。李儒仁等^[13]研究表明,L-组氨酸可以改变蛋白质的空间构象,使肌球蛋白的溶解度提高,进而提高肉制品的保水性。当 L-组氨酸添加量大于 0.15 %时,蒸煮损失升高极显著($P<0.01$),故将 L-组氨酸添加量确定为 0.15 %。

2.2 L-赖氨酸添加量对牛肉糜保水性的影响

不同 L-赖氨酸添加量对牛肉糜蒸煮损失的影响见图 2。



不同大写字母表示组间差异极显著($P<0.01$);不同小写字母表示组间差异显著($P<0.05$)。

图 2 不同 L-赖氨酸添加量对牛肉糜蒸煮损失的影响

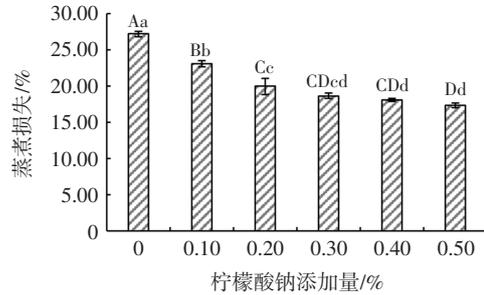
Fig.2 Effect of different L-lysine additions on cooking loss of minced beef

由图 2 可知,当 L-赖氨酸含量小于 0.20 %时,随着含量升高,蒸煮损失下降极显著($P<0.01$),较空白对照组下降 34.58 %。当添加量为 0.20 %时,牛肉糜蒸煮损失降到最小为 19.57 %。Guo 等^[14]研究发现,L-赖氨酸添加在肉制品中,使表面疏水性和反应性巯基含量增加($P<0.05$),最终增加肉的肌球蛋白的溶解度,提高肉制品保水性^[15]。李林贤等^[16]发现,L-赖氨酸可以提高肌球蛋白的溶解度,提高保水性,改善肉制品品质。当 L-赖氨酸添加量大于 0.25 %时,蒸煮损失升高,但不显著($P>0.05$),故选择 L-赖氨酸的添加量为 0.25 %。

2.3 柠檬酸钠添加量对牛肉糜保水性的影响

柠檬酸钠作为一类强碱弱酸盐,也具有提高保水性的能力。不同柠檬酸钠添加量对牛肉糜蒸煮损失的影响见图 3。

由图 3 分析可知,添加有柠檬酸钠的牛肉糜的蒸煮损失与空白对照组相比,有降低趋势。当柠檬酸钠添加量小于 0.30 %时,随添加量的增加,蒸煮损失下



不同大写字母表示组间差异极显著($P<0.01$);不同小写字母表示组间差异显著($P<0.05$)。

图 3 不同柠檬酸钠添加量对牛肉糜蒸煮损失的影响

Fig.3 Effect of different sodium citrate additions on cooking loss of minced beef

降极显著($P<0.01$)。张英等^[17]研究表明,柠檬酸钠对肉组织中的金属离子(Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 等)具有较强的络合能力,从而有效锁住组织中的水分,提高肉制品保水性。李雪蕊等^[18]研究发现,添加柠檬酸钠可以使肉制品形成紧密的三维网络结构,蛋白质受热变性,阻止水分流失,从而使蒸煮损失显著降低($P<0.05$),提高肉制品的保水能力。且在低 NaCl 添加量下,由于 Cl 提高了净电作用力,使得肉制品蛋白质的内聚力下降,组织结构松散,从而能够保留更多的水分,使肉的嫩度得到改善。当柠檬酸钠添加量大于 0.30 %时,下降不显著($P>0.05$)。故将柠檬酸钠的添加量确定为 0.30 %。

2.4 响应面法试验结果及优化分析

在单因素试验的基础上,每种添加剂选出 3 个较优添加量,进行三因素三水平的响应面试验设计,共 17 个处理组合,具体组合编码见表 2,回归方程方差分析见表 3。

表 2 响应面试验设计及结果

Table 2 Design and results of response surface analysis(RSA)

试验号	因素			蒸煮损失/%
	A	B	C	
1	-1	0	1	18.470
2	1	0	1	17.150
3	0	-1	1	23.450
4	-1	0	-1	19.600
5	0	-1	-1	24.275
6	-1	1	0	14.670
7	-1	-1	0	22.040
8	0	0	0	17.110
9	0	1	-1	13.740
10	0	0	0	15.280
11	0	1	1	16.175
12	0	0	0	17.420
13	1	0	-1	14.900
14	0	0	0	15.870
15	1	1	0	11.980
16	1	-1	0	22.010
17	0	0	0	15.620

表3 回归方程方差分析

Table 3 Variance analysis of regression models

项目	平方和	自由度	均方	F值	P值	显著性
回归模型	194.84	9	21.65	30.29	< 0.000 1	极显著
A L-组氨酸	9.55	1	9.55	13.36	0.008 1	
B L-赖氨酸	154.97	1	154.97	216.85	< 0.000 1	
C 柠檬酸钠	0.93	1	0.93	1.30	0.291 1	
AB	1.77	1	1.77	2.48	0.159 7	
AC	2.86	1	2.86	4.00	0.085 7	
BC	2.66	1	2.66	3.72	0.095 2	
A ²	0.23	1	0.23	0.32	0.590 1	
B ²	11.43	1	11.43	15.99	0.005 2	
C ²	9.51	1	9.51	13.30	0.008 2	
残差	5.00	7	0.71			
失拟	1.41	3	0.47	0.52	0.688 5	不显著
误差	3.59	4	0.90			
总回归	199.84	16				

注: $P < 0.05$ 表示差异显著; $P > 0.05$ 表示差异不显著; $P < 0.01$ 表示差异极显著。

利用 Design-expert 8.0 软件对表 2 中的数据进行二次回归拟合,得到该组数据的编码方程为: $Y = 16.62 - 1.09A - 4.40B + 0.34C - 0.66AB + 0.85AC + 0.81BC - 0.23A^2 + 1.65B^2 + 1.50C^2$ 。

由表 3 方差分析可以得出,该回归模型极显著($P < 0.000 1$),失拟项不显著($P > 0.05$),说明此模型理想可用。模型的决定系数为 $R^2 = 0.975 0$,校正决定系数为 $R^2_{adj} = 0.942 8$,表明模型中有 94.28% 可以用此方程来解释,说明该方程对试验拟合好,试验误差小。信噪比 $Adeq\ Precision = 19.694 > 4$,说明该模拟响应的信号强,可进行真实值的分析和试验结果的预测。该模型较好地反映了 L-组氨酸、L-赖氨酸以及柠檬酸钠和牛肉糜蒸煮损失之间的关系。

一次项 L-组氨酸添加量(A)和 L-赖氨酸添加量(B)对牛肉糜蒸煮损失的影响达到了极显著水平($P < 0.01$),而柠檬酸钠添加量(C)对蒸煮损失的影响不显著($P > 0.05$);L-赖氨酸和柠檬酸钠的二次项(B^2 和 C^2)对牛肉糜蒸煮损失的影响达到了极显著水平($P < 0.01$),而 L-组氨酸的二次项(A^2)不显著($P > 0.05$);两两因素的交互项(AB、AC、BC)对蒸煮损失的影响都不显著($P > 0.05$)。

2.5 两因素之间的交互作用

由软件得到各因素交互作用的等高线图和响应面图,它们直观的反映出 3 个自变量对牛肉糜蒸煮损失的影响。响应面曲面坡度陡峭,等高线图上的椭圆较扁,说明该因素对牛肉糜蒸煮损失的影响显著,反

之则不显著,由此,可分析两两因素对牛肉糜蒸煮损失的交互作用的影响。

2.5.1 L-组氨酸和 L-赖氨酸之间的交互作用

L-组氨酸和 L-赖氨酸的交互作用对蒸煮损失的影响见图 4。

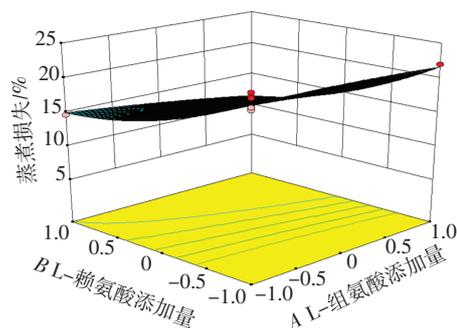


图4 L-组氨酸和 L-赖氨酸的交互作用对蒸煮损失的影响

Fig.4 Effect of interaction of L-histidine and L-lysine on cooking Loss

由图 4 观察分析可得,响应面的曲面平缓,等高线也比较稀疏,所以交互项 AB 对牛肉糜的蒸煮损失影响不显著。柠檬酸钠的添加量固定在 0.30%,当 L-组氨酸添加量较高时,随着 L-赖氨酸添加量的逐渐增加,牛肉糜蒸煮损失逐渐下降,且下降速度越来越慢。

2.5.2 L-组氨酸和柠檬酸钠之间的交互作用

L-组氨酸和柠檬酸钠的交互作用对蒸煮损失的影响见图 5。

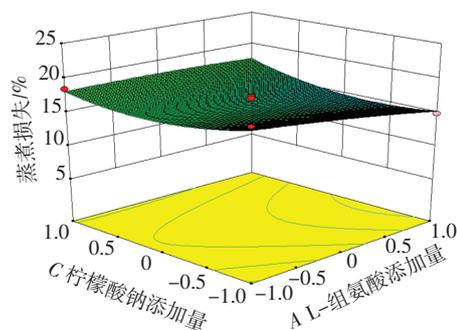


图5 L-组氨酸和柠檬酸钠的交互作用对蒸煮损失的影响

Fig.5 Effect of interaction of L-histidine and sodium citrate on cooking Loss

由图 5 观察分析可得,响应面曲面平缓,等高线稀疏,故 L-组氨酸和柠檬酸钠的二次项交互作用对牛肉糜蒸煮损失的影响不显著。L-赖氨酸添加量固定在 0.25%,L-组氨酸添加量较高时,随着柠檬酸钠添加量的逐渐增加,牛肉糜的蒸煮损失先降低后升高;L-组氨酸添加量较低时,此变化更明显。

2.5.3 L-赖氨酸和柠檬酸钠之间的交互作用

L-赖氨酸和柠檬酸钠的交互作用对蒸煮损失的影响见图6。

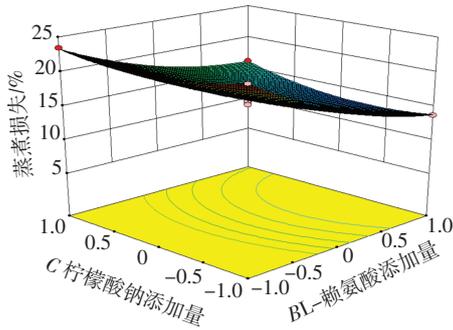


图6 L-赖氨酸和柠檬酸钠的交互作用对蒸煮损失的影响

Fig.6 Effect of interaction of L-lysine and sodium citrate on cooking Loss

由图6观察分析可得,响应面的坡度较图4、图5有所增加,等高线也比较密集,但L-赖氨酸和柠檬酸钠的二次项交互作用仍然不显著。L-组氨酸添加量固定在0.15%,当柠檬酸钠添加量较低时,随着L-赖氨酸添加量逐渐增加,蒸煮损失先降低后升高;当柠檬酸钠添加量较高时,随着L-赖氨酸添加量的逐渐增加,蒸煮损失先降低后升高,变化不是很明显。

2.6 无磷保水剂复配最佳配比的确定

本试验采用L-组氨酸、L-赖氨酸和柠檬酸钠复配制备无磷保水剂。在单因素试验基础上,探究3种添加剂的不同添加量对牛肉糜蒸煮损失的影响,筛选出较优的添加量,进行三因素三水平的响应面试验。根据软件分析得到二次回归方程,利用软件的Optimization的Numerical优化功能,对数据进一步分析,得到3种添加剂的最佳配比为:L-组氨酸0.20%,L-赖氨酸0.30%,柠檬酸钠0.23%,此时,牛肉糜的蒸煮损失达到最小值10.85%。

2.7 验证试验

为了验证试验结果的准确性,按优化出的无磷保水剂的最佳配比将3种添加剂加入牛肉糜中,测量蒸煮前后的水分损失,进行验证试验。实际测得的牛肉糜蒸煮损失为10.87%,十分接近预测值10.85%,相对误差不超过0.02%,故通过响应面所得到的牛肉糜蒸煮损失的方程适用性强,优化的复配比例准确可靠,具有实用价值。

2.8 复配无磷保水剂与磷酸盐保水剂保水效果对比

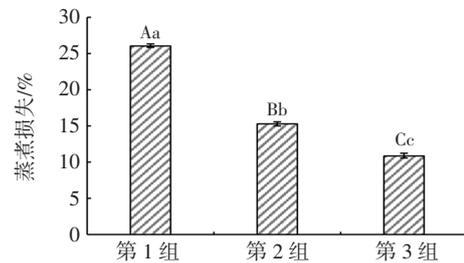
试验设计3组,使用相同的加入1.5% NaCl的牛肉糜为原料,保证同样的试验条件,每组重复3次,取平均值。

第1组,空白对照组,不添加任何保水剂,按1.3.4方法测量其蒸煮前后的失水量,测量牛肉糜蒸煮损失为26.07%。

第2组,王丽芳等^[9]研究发现,磷酸盐的添加量为0.2%,最佳配比为:三聚磷酸钠:焦磷酸钠:六偏磷酸钠=0.75:1:1(质量比)时,猪肉丸具有最好的保水效果。按此配比将复配的磷酸盐加入到牛肉糜中,得到加入磷酸盐后牛肉糜的蒸煮损失为15.32%。

第3组,按优化出的L-组氨酸、L-赖氨酸和柠檬酸钠的配比将3种添加剂加入到牛肉糜,测量其蒸煮损失,为10.87%。

不同处理对牛肉糜蒸煮损失的影响见图7。



A~C代表不同组间在 $P<0.05$ 时的显著性差异;a~c代表不同组间在 $P<0.01$ 时的极显著性差异。

图7 不同处理对牛肉糜蒸煮损失的影响

Fig.7 Effects of different treatments on cooking loss of minced beef

由图7分析可得,L-组氨酸、L-赖氨酸和柠檬酸钠复配制备的无磷保水剂能够极显著降低牛肉糜蒸煮损失($P<0.01$),且其保水效果优于磷酸盐保水剂。

3 讨论

由单因素试验分析得到,L-组氨酸和L-赖氨酸加入到牛肉糜中,都可以使其蒸煮损失降低,且随着添加量的逐渐增加,蒸煮损失先降低后升高,其原因还有待于进一步研究。牛肉糜中加入复配的无磷保水剂,可以使其pH值提高,从而远离肌原纤维蛋白的等电点,有利于组织中蛋白凝胶三维网络结构的形成,提高凝胶强度^[20-21],降低肉制品蒸煮损失,使保水性和品质得到提高。

4 结论

根据单因素试验可得,添加一定浓度的L-组氨酸、L-赖氨酸和柠檬酸钠都可以降低牛肉糜的蒸煮损失,从而提高保水性。由响应面试验建立了二次回归模型,分析得到,一次项L-组氨酸添加量(A)和L-赖氨酸添加量(B)对牛肉糜蒸煮损失的影响达到了极

著水平,L-赖氨酸和柠檬酸钠的二次项(B^2 和 C^2)对牛肉糜蒸煮损失的影响达到了极显著水平。对回归方程求导得到3种添加剂的最佳配比为:L-组氨酸0.20%,L-赖氨酸0.30%,柠檬酸钠0.23%,此时牛肉糜的蒸煮损失达到最小值10.85%。在此最优复配组合处理下,牛肉糜的蒸煮损失显著降低,且保水效果优于磷酸盐,又避免了对食品和人体的不良影响,为无磷保水剂的开发提供了依据。

参考文献:

- [1] Velde F V. Structure and function of hybrid carrageenans [J]. Food Hydrocolloid,2008,22:727-734
- [2] Pietrasik Z. Binding and textural properties of beef gels processed with κ -carrageenan, egg albumin and microbial trans-glutaminase[J]. Meat Science,2003,63:317-324
- [3] 张杰,唐善虎,李思宁,等.添加含磷与非磷保水剂对牦牛肉糜保水性的影响[J].食品工业科技,2017,38(8):306-310
- [4] 李雪姣,马悦培,谌徽,等.无磷酸盐制剂对牛肉嫩度和保水性的影响[J].食品工业科技,2010,31(3):109-111
- [5] 付丽,高雪琴,胡晓波,等.响应面法对牛排无磷保水条件的优化[J].食品研究与开发,2018,39(14):76-83
- [6] 张建华,夏杨毅,张维悦,等.L-赖氨酸、L-组氨酸部分替代 NaCl 对鸭肉食用品质的影响[J].食品与发酵工业,2019,45(11):159-165
- [7] 李俊.赖氨酸和精氨酸分别对猪肉肠品质特性影响的研究[D].合肥:合肥工业大学,2013
- [8] 范思妮.国内食品添加剂研究进展及发展趋势[J].食品安全导刊,2018(18):32-33
- [9] 李雨露,刘丽萍.提高肉制品保水性方法的研究进展[J].食品工业科技,2012,33(20):398-400
- [10] 张雅玮,郭秀云,尹敬,等.低钠盐对猪肉盐溶蛋白凝胶特性的影响[J].食品工业科技,2017,38(19):6-10,20
- [11] Ji J, Zhou L, Huang Y, et al. A whole-genome sequence based association study on pork eating quality traits and cooking loss in a specially designed heterogeneous F6 pig population [J]. Meat Science, 2018,146: 160-167
- [12] Zhang Y, Wu J, Jamali M A, et al. Heat-induced gel properties of porcine myosin in a sodium chloride solution containing L-lysine and L-histidine [J]. LWT-Food Science and Technology, 2017, 85: 16-21
- [13] 李儒仁,杨鹏,荣良燕,等. Chaotropic 离子对肌球蛋白乳化特性影响的研究进展[J].肉类研究,2018,32(9):47-54
- [14] Guo X Y, Peng Z Q, Zhang Y W, et al. The solubility and conformational characteristics of porcine myosin as affected by the presence of L-lysine and L-histidine[J]. Food Chemistry,2015,170:212-217
- [15] 周春霞,时娇娇,付苇娅,等.L-赖氨酸和精氨酸对三种离子强度下罗非鱼肌球蛋白溶解度及构象的影响 [J]. 现代食品科技, 2016,32(12):99-104,54
- [16] 李林贤,李诗义,诸晓旭,等.氯化钠与 L-精氨酸/L-赖氨酸复合提取鸡胸蛋白的凝胶性质[J].肉类研究,2018,32(6):6-11
- [17] 张英,周长民.柠檬酸钠的特性与应用[J].辽宁化工,2007(5):350-352
- [18] 李雪蕊,李聪,徐宝才.无磷钠盐对冷冻调理牛排品质的影响[J].肉类研究,2016,30(10):18-22
- [19] 王丽芳,冯廷萃,王修俊,等.复合磷酸盐食品添加剂对猪肉丸保水效果影响的研究[J].食品工业科技,2014,35(12):320-323
- [20] 董超,张松山,张丽,等.响应面法优化儿童牦牛肉排无磷保水剂工艺[J].食品与发酵科技,2018,54(4):25-32
- [21] 尚校兰,杨杨,李佳艺,等.响应面分析法优化牛肉糜保水工艺中无磷保水剂配比[J].食品工业科技,2017,38(24):176-180

收稿日期:2019-09-25

知信 用信 守信