

无磷钠盐对冷冻调理牛排品质的影响

李雪蕊^{1,2}, 李 聪^{2,3}, 徐宝才^{2,3,4,*}

(1.江南大学食品学院, 江苏 无锡 214122; 2.肉品加工与质量控制国家重点实验室, 江苏 南京 211806; 3.江苏雨润肉类产业集团有限公司, 江苏 南京 211806; 4.江苏省肉类生产与加工质量安全控制协同创新中心, 江苏 南京 210095)

摘 要:为提高牛肉保水性和嫩度, 减少磷酸盐的使用, 降低冷冻调理牛排中的磷含量, 研究无磷添加剂替代磷酸盐在牛排中的使用。以蒸煮损失率、剪切力和色泽为指标, 通过单因素试验分析柠檬酸钠、NaCl、Na₂CO₃、NaHCO₃对牛肉品质的影响, 在单因素基础上进行正交试验, 确定4种无磷保水剂复合作用的最佳配比和用量。结果表明: 柠檬酸钠、NaCl、Na₂CO₃、NaHCO₃ 4种钠盐均可显著提高牛排保水性和嫩度, 添加量分别为0.5%、2.5%、0.4%和0.6%时, 牛肉保水性最好, 与对照组相比提高了15.14%, 对剪切力没有影响。

关键词: 牛排; 无磷钠盐; 保水性; 嫩度

Effects of Non-Phosphate Sodium Salts to the Quality of Frozen Prepared Steaks

LI Xuerui^{1,2}, LI Cong^{2,3}, XU Baocai^{2,3,4,*}

(1.School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 2.State Key Laboratory of Meat Processing and Quality Control, Nanjing 211806, China; 3. Jiangsu Yurun Meat Industry Co. Ltd., Nanjing 211806, China; 4.Collaborative Innovation Center of Meat Production and Processing, Nanjing 210095, China)

Abstract: In order to improve the water-holding capacity and tenderness of beef, reduce the use of phosphates and decrease the phosphorus content of frozen prepared steaks, experiments were carried out to investigate the use of non-phosphate sodium salts in steaks in replacement of phosphates in steaks. One-factor-at-a-time method and orthogonal array design were employed to analyze the individual and combined effects of sodium chloride, sodium carbonate, sodium bicarbonate and sodium citrate on quality characteristics of steaks such as cooking loss, shear force and color. Results indicated that all the four sodium salts significantly improved the water-holding capacity and shear force of steaks, and their optimum combination was 2.5% sodium chloride, 0.5% sodium citrate, 0.4% sodium bicarbonate and 0.6% sodium carbonate. Compared to the control group, water-holding capacity was improved by 15.14%, but shear force was not changed.

Key words: steak; non-phosphate sodium salts; water-holding capacity; tenderness

DOI:10.15922/j.cnki.rlyj.2016.10.004

中图分类号: TS251.5

文献标志码: A

文章编号: 1001-8123 (2016) 10-0018-05

引文格式:

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. DOI:10.15922/j.cnki.rlyj.2016.10.004. <http://rlyj.cbpt.cnki.net>

LI Xuerui, LI Cong, XU Baocai. Effects of non-phosphate sodium salts to the quality of frozen prepared steaks[J]. Meat Research, 2016, 30(10): 18-22. (in Chinese with English abstract) DOI:10.15922/j.cnki.rlyj.2016.10.004. <http://rlyj.cbpt.cnki.net>

嫩度和多汁性是对肉制品感官评价和消费者接受程度的一个重要指标, 与肉制品的保水性联系紧密。牛肉的品质, 尤其是与感官特性有关的嫩度和多汁性极易出现变化, 肉品工业中采取了很多措施来减少这种不利的影响^[1], 其中之一就是保水剂的使用。磷酸盐是肉制品中广泛使用的保水剂, 使肉制品中pH值升高, 进而可以提

高保水性、色泽稳定性和风味, 然而磷的过量摄入对人体健康有害, 目前由于饲料等因素导致市场上原料肉中磷的残留量偏高, 增加了肉制品中的含磷量^[2], 在追求天然健康产品的需求下, 降低肉制品中磷含量日渐成为肉制品生产商需要解决的问题。

国内外研究者已经研究了用大豆蛋白^[3-5]、卡拉胶^[6-8]、

收稿日期: 2016-04-15

基金项目: 国家自然科学基金青年科学基金项目 (30471225); “十二五”农村领域国家科技计划项目 (2012BAD28B04)

作者简介: 李雪蕊 (1989—), 女, 硕士研究生, 研究方向为食品组分与物性。E-mail: lixr1234@126.com

*通信作者: 徐宝才 (1973—), 男, 研究员级高级工程师, 博士研究生, 研究方向为食品科学与工程。E-mail: baocaixu@163.com



海藻酸钠^[9]、变性淀粉^[10-11]、酪蛋白酸钠^[12]、柠檬酸钠^[13-14]、NaHCO₃、NaCl^[15-17]等来替代磷酸盐，达到提高肉制品保水性、黏结力，改善嫩度、风味的作用，并取得了一定的成果，但是对无磷钠盐单独、复配作用的研究还较少。

因此，本实验研究了柠檬酸钠、NaCl、Na₂CO₃和NaHCO₃作为无磷保水剂对于牛排保水性和品质的影响，为食品工业中替代复合磷酸盐提供一种新选择。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

牛小黄瓜条（生产日期为2016年1月，产地为乌拉圭） 江苏雨润股份有限公司。

Na₂CO₃、NaHCO₃ 南京甘汁园糖业有限公司；食盐 江苏井神盐化股份有限公司；柠檬酸钠 连云港友进食品添加剂技术开发有限公司；KCl（分析纯）上海凌峰化学试剂有限公司。

1.2 仪器与设备

WS20-30盐水注射机、VT50真空滚揉机 瑞士Suhner AG公司；DZ-400/2S真空包装机 山东小康机械有限公司；TA.XT.Plus物性仪 英国SMS公司；HH-6数显恒温水浴锅 国华电器有限公司；testo105食品温度计 德国Testo公司；CR-400色差仪 日本尼卡美能公司；JINGHRI电子天平 上海菁海仪器有限公司；Seven Easy酸度计 梅特勒-托利多仪器（上海）有限公司。

1.3 方法

1.3.1 牛排的制作流程

保水剂配制



牛后臀肉解冻→剔除油脂、肌膜→盐水注射→滚揉腌制→成型→冷冻→切片→真空包装→冷冻贮藏

操作要点：修整时剔除脂肪、肌膜和结缔组织，将牛肉黄瓜条去掉两端，修整为1 kg左右的柱形。称取注射前后牛肉质量，使盐水注射率为原料肉质量的20%，注射率不足时，在滚揉机中添加少量盐水补充。滚揉腌制温度为0~4℃，真空度<-0.7 bar，滚揉20 min暂停10 min，转速20 r/min，滚揉时长2 h。

1.3.2 单独添加不同保水剂对速冻牛排的保水效果

根据预实验结果，在牛肉中分别注射柠檬酸钠、氯化钠、碳酸钠和碳酸氢钠作为单因素，研究不同钠盐对速冻牛排的保水效果。4种保水剂添加水平分别设置为（质量分数）：氯化钠0、1%、2%、3%、4%、5%；碳酸钠0、0.4%、0.6%、0.8%、1.0%、1.2%；碳酸氢钠0、0.4%、0.6%、0.8%、1.0%、1.2%；柠檬酸钠0、0.2%、0.4%、0.6%、0.8%、1.0%。

1.3.3 复配无磷保水剂对速冻牛排的保水效果

根据单因素试验结果，以柠檬酸钠、NaCl、Na₂CO₃和NaHCO₃为因素，每个因素设置3个水平，做四因素三水平的正交试验，以蒸煮损失和压榨损失为指标，确定4种无磷添加剂的最佳用量。

表1 正交试验因素水平设计表

Table 1 Levels of factors used in the orthogonal array design

水平	A 柠檬酸钠 添加量/%	B NaCl 添加量/%	C Na ₂ CO ₃ 添加量/%	D NaHCO ₃ 添加量/%
1	0.4	2.0	0.3	0.4
2	0.5	2.5	0.4	0.5
3	0.6	3.0	0.5	0.6

注：添加量为最终牛排中含量。

1.3.4 验证实验

由正交试验得出的最优结果作为处理组，注射相同量的水作为对照组，验证保水剂的保水效果。

1.4 指标测定

1.4.1 pH值

按照GB/T 9695.5—2008《肉与肉制品 pH的测定》所描述的方法进行测定。

1.4.2 蒸煮损失率的测定

取解冻后的样品，放入蒸煮袋中，（85±2）℃准确称量蒸煮前后牛排的质量，按照式（1）计算蒸煮损失率^[18]。

$$\text{蒸煮损失率}/\% = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100 \quad (1)$$

式中： m_1 为蒸煮前牛排质量/g； m_2 为蒸煮后牛排质量/g。

1.4.3 压榨损失

采用贾小翠等^[19]方法改进的加压滤纸法测定，将牛排切成（10±1）g大小，肉样在35 kg压力条件下保持5 min，准确称量肉样加压前后的质量，按照式（2）计算压榨损失。

$$\text{压榨损失}/\% = \frac{m_3 - m_4}{m_4} \times 100 \quad (2)$$

式中： m_3 为加压前牛排质量/g； m_4 为加压后牛排质量/g。

1.4.4 剪切力

按照Pivotto等^[20]描述的方法并作修改后测定。沿着肌肉纤维的方向切1 cm×1 cm×1 cm的小块，用HDP/BS刀具沿肌纤维纵向切割，用物性仪测定剪切力值。测量参数为：测试前速率1.50 mm/s，测试中速率1.50 mm/s，测试后速率10.00 mm/s，触发力10 g，每秒采集数据200个，单位以牛顿（N）表示。每个样品测7次平行。

1.4.5 色差

牛肉解冻后用滤纸吸取表面水分，用CR400色差仪测定牛肉表层颜色。仪器测定前用白板校准，D65光

源 (10°), 8 mm测量区域, 测定结果用CIE L^* (明度)、 a^* (红/绿)、 b^* (黄/蓝) 表示, 每个样品测4个观测点的均值。

1.5 数据处理

用Excel和SPSS 19.0对数据进行统计和方差分析, 数据以平均值±标准差表示。

2 结果与分析

2.1 钠盐单因素试验结果与分析

2.1.1 钠盐对牛肉保水性的影响

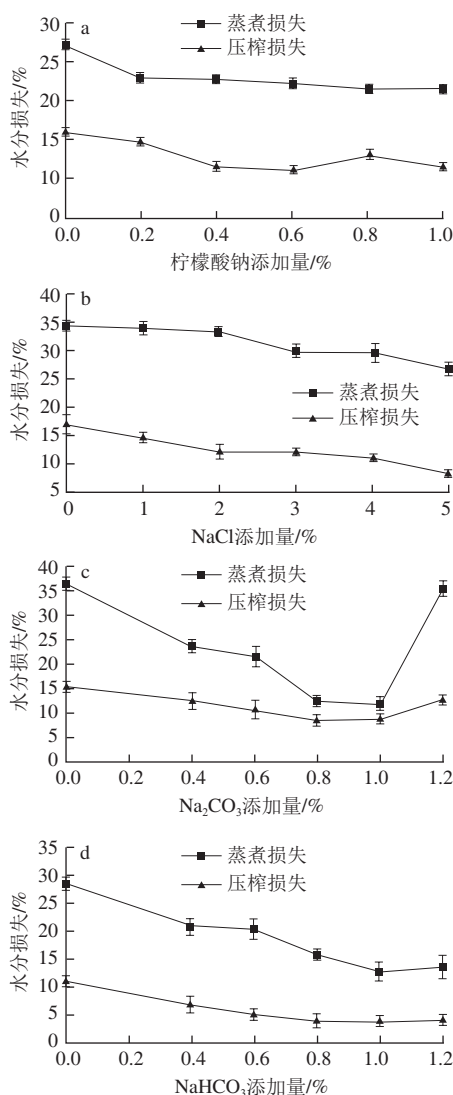


图1 单一添加4种钠盐对牛肉保水性的影响

Fig. 1 Effects of four salts added individually on the water-holding capacity of beef steaks

由图1可知, 单独添加几种添加剂对牛肉的保水性有很大影响。在牛肉中添加几种钠盐可以使牛肉的保水性大大提高。添加柠檬酸钠使蒸煮损失显著降低

($P<0.05$), 压榨损失先减小后增大。柠檬酸钠作为酸度调节剂还可以螯合 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 等离子, 形成紧密的三维网络结构。蛋白质受热变性, 阻止水分流失, 提高保水能力^[21-23]。当NaCl添加量超过1%时, 蒸煮损失和压榨损失显著降低($P<0.05$)。由于 Cl^- 提高了净电作用力, 使蛋白质内聚力下降, 结构松散, 进而保留更多的水分使嫩度和多汁性得到改善^[24]。食盐的添加量在5.6%以内, 保水性较强, 超过此值, 保水性下降^[25]。单独添加 NaHCO_3 和 Na_2CO_3 时, 在低于1.0%时, 随着添加量的增加, 保水性增大($P<0.05$), 过量添加时, 保水性会降低。

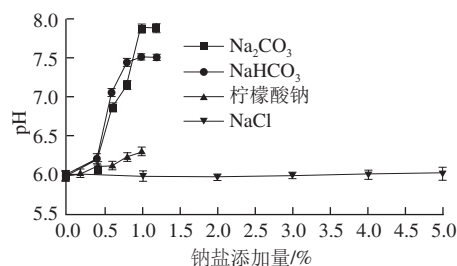
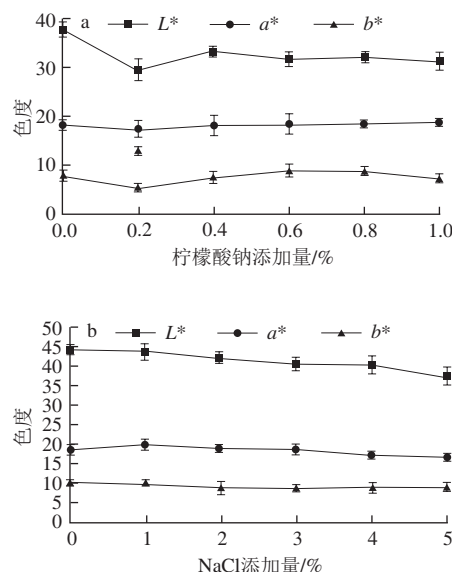


图2 不同钠盐添加量对牛肉pH值得影响

Fig. 2 Effects of different addition of sodium salts to the pH-value of beef steaks

由图2可知, NaHCO_3 和 Na_2CO_3 能够很大程度地改变肉制品的pH值。碳酸盐可与蛋白质结合, 具有缓冲、螯合、乳化的作用, 使蛋白质偏离等电点, 呈电负性, 溶解性增加, 增大了保水性。但由于 NaHCO_3 和 Na_2CO_3 均是碱性物质, 添加过量会使蛋白质变性^[26], 这也可能是添加量为1.2%时保水性降低的原因。李楠等^[27]通过实验得出 NaHCO_3 确实很大程度提高鸡肉的保水性。NaCl对牛排pH值影响不显著。

2.1.2 钠盐对牛肉色泽的影响



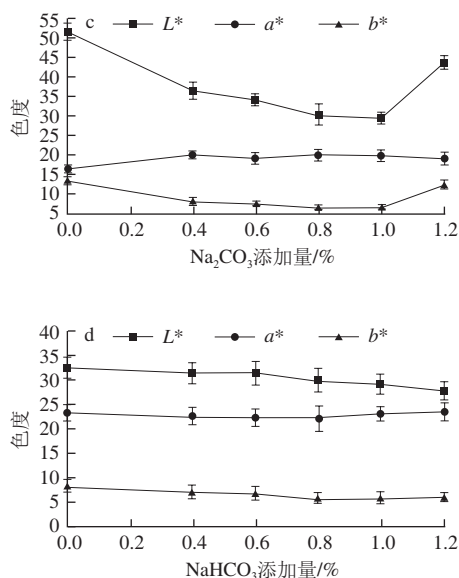


图3 单一添加4种钠盐对牛肉色泽的影响

Fig. 3 Effects of four salts added individually on the color of beef steaks

由图3可知,单一添加 NaHCO_3 、 Na_2CO_3 ,随着添加量的增加, L^* 、 b^* 逐渐减小, a^* 先减小后增大,两者分别在0.8%和0.6%处出现最低值。通过单因素分析,添加 Na_2CO_3 对牛肉的 L^* 、 a^* 及 b^* 均有显著影响($P<0.05$),而添加 NaHCO_3 ,对 L^* 有显著影响($P<0.05$), a^* 及 b^* 的差异不显著($P>0.05$)。单一添加 NaCl ,随着添加量增加,牛肉 b^* 变化不大($P>0.05$), L^* 显著下降($P<0.05$), a^* 在4%和5%时显著降低($P<0.05$)。单一添加柠檬酸钠虽然对牛肉的 L^* 有显著降低($P<0.05$)的作用,但对 a^* 和 b^* 影响不大。 NaCl 的添加可能会导致肌红蛋白体系的氧化,进而对肌肉色泽产生不利影响,而Mancini等^[28]认为柠檬酸钠可以起到改善色泽的作用,这与本实验结果相反。

2.1.3 钠盐对牛肉剪切力的影响

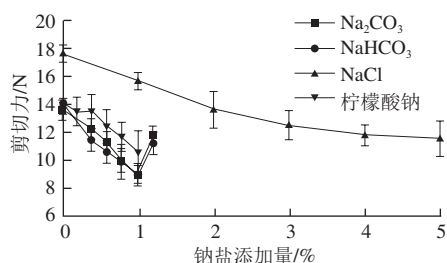


图4 单一添加4种钠盐对牛肉剪切力的影响

Fig. 4 Effects of four salts added individually on the shear force of beef steaks

由图4可知,随着 NaHCO_3 、 Na_2CO_3 添加量的增大,牛肉的剪切力值降低,在添加量为1.0%时有最低值,此时当添加量再增加时,牛肉的剪切力值增大。可见

NaHCO_3 、 Na_2CO_3 具有提高牛肉嫩度的作用,这主要是因为一方面 NaHCO_3 、 Na_2CO_3 的添加提高了牛肉的保水性,另一方面作为碱性盐,提高结缔组织的热变性,使肌原纤维蛋白对热变性有较大的抵抗能力,起到嫩化作用^[29]。Saleem等^[30]通过实验证实了 NaHCO_3 具有弱化肌球蛋白和肌动蛋白之间交联的作用。 NaHCO_3 受热分解出 CO_2 ,使肉制品结构疏松,也会使嫩度下降。过量添加 NaHCO_3 、 Na_2CO_3 会使蛋白质变性,品质变差。Sheard等^[10]的研究中, NaHCO_3 单独作用或和 NaCl 同时作用会使剪切力降低一半。在1%~5%的添加范围内, NaCl 的添加显著降低了牛肉的剪切力,起到嫩化牛肉的作用。添加柠檬酸钠后剪切力降低,增大添加量后剪切力增大,但并不显著。Stephens等^[31]认为柠檬酸钠作为糖酵解抑制剂提高牛肉嫩度,并通过实验得出柠檬酸盐可以使猪肉最长肌的水分提高大约10%。

2.2 正交试验

根据单因素试验的结果,虽然 NaHCO_3 、 Na_2CO_3 的添加量在1.0%时牛肉嫩度和保水性最好,但是由于其对肉制品口感有不利作用,添加过量会有碱味。 NaCl 在5.6%以内,随着添加量增加保水性增大,但口味不宜过咸或过淡。各因素选取添加水平如表1所示。试验得出9组不同处理组的剪切力差异不显著,因此只用水分损失作为计算指标。

表2 正交试验结果

Table 2 Orthogonal array design with experimental results

试验号	A	B	C	D	y_1 (蒸煮损失/%)	y_2 (压榨损失/%)
1	1	1	1	1	19.18	12.39
2	1	2	2	2	16.94	13.49
3	1	3	3	3	17.32	11.98
4	2	1	2	3	15.33	9.32
5	2	2	3	1	15.38	8.99
6	2	3	1	2	18.92	11.15
7	3	1	3	2	18.14	13.05
8	3	2	1	3	19.22	11.97
9	3	3	2	1	18.22	11.96
K_{j1}	53.44	52.65	57.32	52.78	因素主次: $C>A>B>D$ 最优组合: $A_2B_2C_2D_3$	
K_{j2}	49.62	51.53	50.48	54.00		
K_{j3}	55.58	54.46	50.84	51.86		
k_{j1}	17.81	17.55	19.11	17.59		
k_{j2}	16.54	17.18	16.83	18.00	因素主次: $C>A>D>B$ 最优组合: $A_2B_2C_2D_3$	
k_{j3}	18.53	18.15	16.95	17.29		
R	1.98	0.98	2.28	0.71		
K_{j1}	37.85	34.76	35.51	33.33	因素主次: $C>A>D>B$ 最优组合: $A_2B_2C_2D_3$	
K_{j2}	29.46	34.45	23.28	37.69		
K_{j3}	36.99	35.08	34.02	33.28		
k_{j1}	12.62	11.59	11.84	11.11		
k_{j2}	9.82	11.48	7.76	12.56	因素主次: $C>A>D>B$ 最优组合: $A_2B_2C_2D_3$	
k_{j3}	12.33	11.69	11.34	11.09		
R_j	2.80	0.21	4.08	1.45		



表3 验证实验结果

Table 3 Results of verification experiments

组别	<i>L</i> *	<i>a</i> *	<i>b</i> *	蒸煮损失/%	剪切力/N	pH
对照组	49.81±0.47 ^a	19.40±1.68 ^a	13.93±1.16 ^a	32.37±1.60 ^a	10.19±1.28 ^a	5.99±0.03 ^a
处理组	29.02±0.57 ^b	15.65±1.25 ^b	5.83±0.86 ^b	17.23±1.35 ^b	10.12±0.78 ^a	8.13±0.04 ^b

由表2极差分析可知, 4种钠盐对牛排蒸煮损失的影响顺序为: $C(\text{Na}_2\text{CO}_3) > A(\text{柠檬酸钠}) > B(\text{NaCl}) > D(\text{NaHCO}_3)$, 对牛排压榨损失的影响次序为: $C(\text{Na}_2\text{CO}_3) > A(\text{柠檬酸钠}) > D(\text{NaHCO}_3) > B(\text{NaCl})$ 。4种钠盐添加量的最优组合为 $A_2B_2C_2D_3$, 即 Na_2CO_3 用量0.4%, 柠檬酸钠用量0.5%, NaCl 用量2.5%, NaHCO_3 用量0.6%时保水性最高。由表3可知, 对最佳保水剂配比进行验证实验, 蒸煮损失由32.37%降至17.23%, 但嫩度没有差异。

3 结论

通过单因素分析可知, 添加一定量 NaHCO_3 、 Na_2CO_3 、 NaCl 和柠檬酸钠显著提高牛排的保水性和嫩度, NaHCO_3 和 Na_2CO_3 可以起到改善肉制品色泽的作用, 而 NaCl 会对色泽产生不利影响。通过正交试验确定了4种无磷添加剂作用于牛排时, 分别添加0.5%、2.5%、0.4%、0.6%的柠檬酸钠、 NaCl 、 Na_2CO_3 、 NaHCO_3 , 可以使牛排保水性达到最佳, 蒸煮损失由32.37%降至17.23%, 但嫩度无显著差异。

参考文献:

- [1] HOFFMAN LC, MULLER M, VERMAAK A. Sensory and preference testing of selected beef muscles infused with a phosphate and lactate blend[J]. Meat Science, 2008, 80(4): 1055-1060. DOI:10.1016/j.meatsci.2008.04.025.
- [2] 张颖颖, 高红亮, 常忠义, 等. 无磷酸盐贡丸品质改良剂[J]. 食品工业科技, 2010, 31(12): 289-293. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2010.12.028.
- [3] 景慧. 羊肉无磷保水剂和粘结剂的研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2008.
- [4] 聂晓开, 邓绍林, 周光宏, 等. 复合磷酸盐、谷氨酰胺转氨酶、大豆分离蛋白对新型鸭肉火腿保水特性和感官品质的影响[J]. 食品科学, 2016, 37(1): 50-55.
- [5] 方红美, 陈从贵, 马力量, 等. 大豆分离蛋白及超高压对鸡肉凝胶色泽、保水和质构的影响[J]. 食品科学, 2008, 29(10): 129-132.
- [6] UTTARO B, AALBUS J L. Effect of thawing rate on distribution of an injected salt and phosphate brine in beef[J]. Meat Science, 2007, 75(3): 480-486. DOI:10.1016/j.meatsci.2008.04.025.
- [7] 邓念想, 徐业顺. BLW保水型卡拉胶的应用[J]. 肉类工业, 2007(7): 36-37.
- [8] 陈从贵, 姜绍通, 张慧慧, 等. 高静压与κ-卡拉胶对低脂猪肉凝胶保水和质构的影响[J]. 农业工程学报, 2007, 23(10): 35-40.
- [9] PETRACCIA M, BIANCHIBI M, MYDALALA S, et al. Functional ingredients for poultry meat products[J]. Trends in Food Science and Technology, 2013, 33(1): 27-39. DOI:10.1016/j.tifs.2013.06.004.
- [10] SHEARD P R, TALH A. Injection of salt, tripolyphosphate and bicarbonate marinade solutions to improve the yield and tenderness of cooked pork loin[J]. Meat Science, 2004, 68(2): 305-311. DOI:10.1016/j.meatsci.2004.03.012.

- [11] 赵改名, 孙灵霞, 柳艳霞, 等. 木薯变性淀粉和蔗糖酯对冷却肉保水效果的影响[J]. 食品科学, 2009, 30(16): 286-289.
- [12] HOFFMAN L C. Sensory and physical characteristics of enhanced vs non-enhanced meat from mature cows[J]. Meat Science, 2006, 72(2): 195-202. DOI:10.1016/j.meatsci.2005.06.015.
- [13] STETZER A J, TUCKER E, MCKEITH F K, et al. Quality changes in beef *gluteus medius*, *infraspinatus*, *psaos major*, *rectus femoris*, and *teres major* enhanced prior to aging[J]. Journal of Food Science, 2007, 72(4): S242-S246. DOI:10.1111/j.1750-3841.2007.00343.x.
- [14] 张英, 周长民. 柠檬酸钠的特性与应用[J]. 辽宁工业, 2007, 36(5): 350-352. DOI:10.3969/j.issn.1004-0935.2007.05.022.
- [15] SINDELARA J J, PROCHASKAB F, BRITT J, et al. Strategies to eliminate atypical flavours and aromas in sow loins. I. optimization of sodium tripolyphosphate, sodium bicarbonate and injection level[J]. Meat Science, 2003, 65(4): 1211-1222. DOI:10.1016/S0309-1740(03)00027-5.
- [16] 宋佳, 淑英, 敖冉, 等. 几种添加剂对南美白对虾保水性的研究[J]. 食品工业科技, 2016, 37(1): 293-296; 373. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2016.01.050.
- [17] 祖铁红, 张志胜, 淑英, 等. 无磷保水剂提高海湾扇贝闭壳肌保水性的研究[J]. 中国食品学报, 2014, 14(5): 157-162. DOI:10.16429/j.1009-7848.2014.05.030.
- [18] 李苗云, 赵改名, 张秋会, 等. 复合磷酸盐对肉制品加工中的保水性优化研究[J]. 食品科学, 2009, 30(8): 80-85.
- [19] 贾小翠, 李春保, 徐幸莲, 等. 禁食对僵直前后鸡肉加工特性的影响[J]. 食品科学, 2011, 31(19): 23-27.
- [20] PIVOTTO L M, CAMPBELL C P, SWANSON K, et al. Effects of hot boning and moisture enhancement on the eating quality of cull cow beef[J]. Meat Science, 2013, 96(1): 237-246. DOI:10.1016/j.meatsci.2013.07.015.
- [21] 马路凯, 张宾, 王强, 等. 海藻糖、海藻胶及寡糖对南美白对虾蛋白质冷冻变性的抑制作用[J]. 现代食品科技, 2014(6): 140-145. DOI:10.13982/j.mfst.1673-9078.2014.06.033.
- [22] 张雪莹, 申铨日, 朱念, 等. 罗非鱼片无磷保水剂的工艺配方优化[J]. 肉类研究, 2015, 29(6): 163-168. DOI:10.13684/j.cnki.spkj.2015.06.039.
- [23] 曾恩辉. 冷冻凡纳滨对虾仁无磷保水剂的研究[D]. 湛江: 广东海洋大学, 2012.
- [24] 吴海舟, 张迎阳, 唐静, 等. 降低肉制品中氯化钠含量研究进展[J]. 肉类研究, 2014, 28(6): 22-25.
- [25] 梁海燕. 几种添加剂对肉制品保水性的影响[J]. 山西食品工业, 2003(3): 15-16.
- [26] 龚院生, 卢艳杰, 牛广武, 等. 肉制品加工中提高保水率的研究[J]. 郑州粮食学院学报, 1995(3): 74-78. DOI:10.16433/j.cnki.issn1673-2383.1995.03.014.
- [27] 李楠, 张艳芳, 韩剑飞, 等. 滚揉过程中添加碳酸氢钠对鸡胸肉品质的影响[J]. 肉类工业, 2015(2): 13-15.
- [28] MANCINI R A, HUNT M C, SEYFERT M, et al. Effects of ascorbic and citric acid on beef lumbar vertebrae marrow colour[J]. Meat Science, 2007, 76(3): 568-573. DOI:10.1016/j.meatsci.2007.01.015.
- [29] 周光宏, 张兰威. 畜产食品加工学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2002: 125.
- [30] SALEEM R, ABSARUL H, AHMAD R. Changes in some biochemical indices of stability of broiler chicken actomyosin at different levels of sodium bicarbonate in presence and absence of sodium chloride[J]. International Journal of Food Properties, 2015, 18(6): 1373-1384. DOI:10.1080/10942912.2014.917661.
- [31] STEPHENS J W, DIKEMAN M E, UNRUB J A, et al. Effects of pre-rigor injection of sodium citrate or acetate, or post-rigor injection of phosphate plus salt on post-mortem glycolysis, pH, and pork quality attributes[J]. Meat Science, 2006, 74(4): 727-737. DOI:10.1016/j.meatsci.2006.05.025.